



Tram

1

PROLONGEMENT

Nanterre > Rueil-Malmaison

Dossier d'enquête publique

Pièce G – Etude d'impact

Chapitre 8 - Chapitre spécifique aux infrastructures de transport

www.nanterre-rueil.tram1.fr





Sommaire

1. Préambule	3	6.7 Bilan global pour le projet	24
2. Analyse des conséquences du projet sur le développement éventuel de l'urbanisation	3	6.8 Conclusion et pistes d'amélioration.....	25
2.1 Définition des périmètres d'influence.....	3	7. Description des hypothèses de trafic	25
2.2 Appréciation du potentiel d'évolution du territoire	6	7.1 Hypothèses d'évolution du réseau de transports collectifs	25
2.3 Identification des secteurs potentiels de développement	8	7.2 Hypothèses d'évolution du trafic routier	26
3. Analyse des enjeux écologiques et des risques potentiels liés aux aménagements fonciers, agricoles et forestiers.....	10	8. Principes de mesures de protection contre les nuisances sonores.....	29
4. Analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits par le projet.....	10	9. Figures et tableaux	30
4.1 Méthodologie.....	10		
4.2 Résultats	11		
5. Estimation de la consommation énergétique résultant de l'exploitation du projet.....	12		
5.1 Estimation des émissions.....	12		
5.2 Evaluation des consommations énergétiques résultant de l'exploitation du projet	17		
5.3 Conclusion.....	19		
6. Bilan carbone	19		
6.1 Objectifs de l'étude.....	19		
6.2 Méthodologie.....	19		
6.3 Périmètre de l'évaluation	20		
6.4 Hypothèses et facteurs d'émission	20		
6.5 Résultats de l'étude.....	23		
6.6 Phase exploitation	24		

Nota : L'ensemble des illustrations présentées dans le cadre de ce document ont été produites (sauf mention contraire) par les maîtres d'ouvrage du projet (Ile-de-France Mobilités et Département des Hauts-de-Seine) ou leurs prestataires

1. PREAMBULE

L'article R122-5 du Code de l'Environnement précise que l'étude d'impact doit comporter une partie spécifique aux infrastructures de transport si celles-ci sont visées aux rubriques 5 à 9 du tableau annexé à l'article R.122-2 du même Code.

Le projet Tram 1 Nanterre - Rueil-Malmaison est concerné par la rubrique n°7 « *Transports guidés de personnes* ».

Il est à noter que les informations de ce chapitre peuvent être redondantes avec celles des chapitres précédents. Cependant, l'objectif de cette partie est de regrouper en un seul chapitre les éléments spécifiques aux infrastructures de transport.

Conformément à la réglementation (article R.122-5 du Code de l'Environnement), cette partie comprend :

- > Une analyse des conséquences prévisibles du projet sur le développement éventuel de l'urbanisation ;
- > Une analyse des enjeux écologiques et des risques potentiels liés aux aménagements fonciers, agricoles et forestiers portant notamment sur la consommation des espaces agricoles, naturels ou forestiers induits par le projet, en fonction de l'ampleur des travaux prévisibles et de la sensibilité des milieux concernés ;
- > Une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité. Cette analyse comprendra les principaux résultats commentés de l'analyse socio-économique lorsqu'elle est requise par l'article L.1511-2 du code des transports ;
- > Une évaluation des consommations énergétiques résultant de l'exploitation du projet, notamment du fait des déplacements qu'elle entraîne ou permet d'éviter ;
- > Une description des hypothèses de trafic, des conditions de circulation et des méthodes de calcul utilisées pour les évaluer et en étudier les conséquences.

Elle comprend également les principes des mesures de protection contre les nuisances sonores qui seront mis en œuvre en application des dispositions des articles R.571-44 à R.571-52.

2. ANALYSE DES CONSEQUENCES DU PROJET SUR LE DEVELOPPEMENT EVENTUEL DE L'URBANISATION

Le projet Tram 1 Nanterre - Rueil-Malmaison permettra d'assurer un maillage avec les lignes structurantes du réseau (correspondance avec le RER A, le Train L et la future ligne 15 de métro), et de créer de nouvelles possibilités de desserte de banlieue à banlieue.

Desservant à la fois les centres-villes des communes, l'université Paris-Nanterre, le Centre d'Accueil et de Soins Hospitaliers, des bâtiments administratifs et de nombreux équipements de loisirs, le Tram 1 pourra être utilisé pour des déplacements professionnels, personnels et touristiques.

2.1 Définition des périmètres d'influence

La définition de périmètres d'influence potentielle permet de disposer d'une première approche spatialisée des territoires qui pourraient être soumis à un développement en lien avec le projet d'infrastructure. Compte tenu de la nature des thématiques (topographie, nature des territoires...), deux échelles peuvent être différenciées :

- > Un périmètre d'influence rapproché ;
- > Un périmètre d'influence éloigné.

Cette distinction permet une meilleure qualification des enjeux propres à chaque échelle et d'adapter les méthodes et outils à développer pour la suite de l'analyse.

Le périmètre d'influence rapproché

Il s'inscrit au contact de l'infrastructure, ou des secteurs directement influencés par la nouvelle offre de transport, et permet d'appréhender les évolutions en lien direct avec l'infrastructure, notamment ses conséquences sur l'organisation des déplacements, voire du territoire.

Dans le cadre du projet, le périmètre d'influence rapproché est le chemin qu'est capable de parcourir un piéton en 10 mn à partir des stations du tramway. La méthode de construction est détaillée dans le chapitre « Description des méthodes de prévision ou des éléments probants utilisés pour identifier les incidences notables sur l'environnement ».

Il est représenté sur la carte en page suivante.

Le périmètre d'influence éloigné

Le périmètre d'influence éloigné concerne un territoire plus large que le périmètre d'influence rapproché, au sein duquel la nouvelle offre de mobilité est toujours susceptible de contribuer au développement de l'urbanisation, mais de façon moins directe et sous l'influence de plusieurs caractéristiques physiques (géographiques, climatiques...), urbaines (spatialisation des fonctions, continuité d'espaces...) et sociales (bassin de vie, pratiques urbaines...)

Dans le cadre du projet, ce périmètre a été défini en tenant compte des différents rabattements possibles vers les stations de tramways (RER, métro, bus). La méthode de construction est détaillée dans le chapitre « Description des méthodes de prévision ou des éléments probants utilisés pour identifier les incidences notables sur l'environnement ».

Il est représenté sur la carte en page suivante.

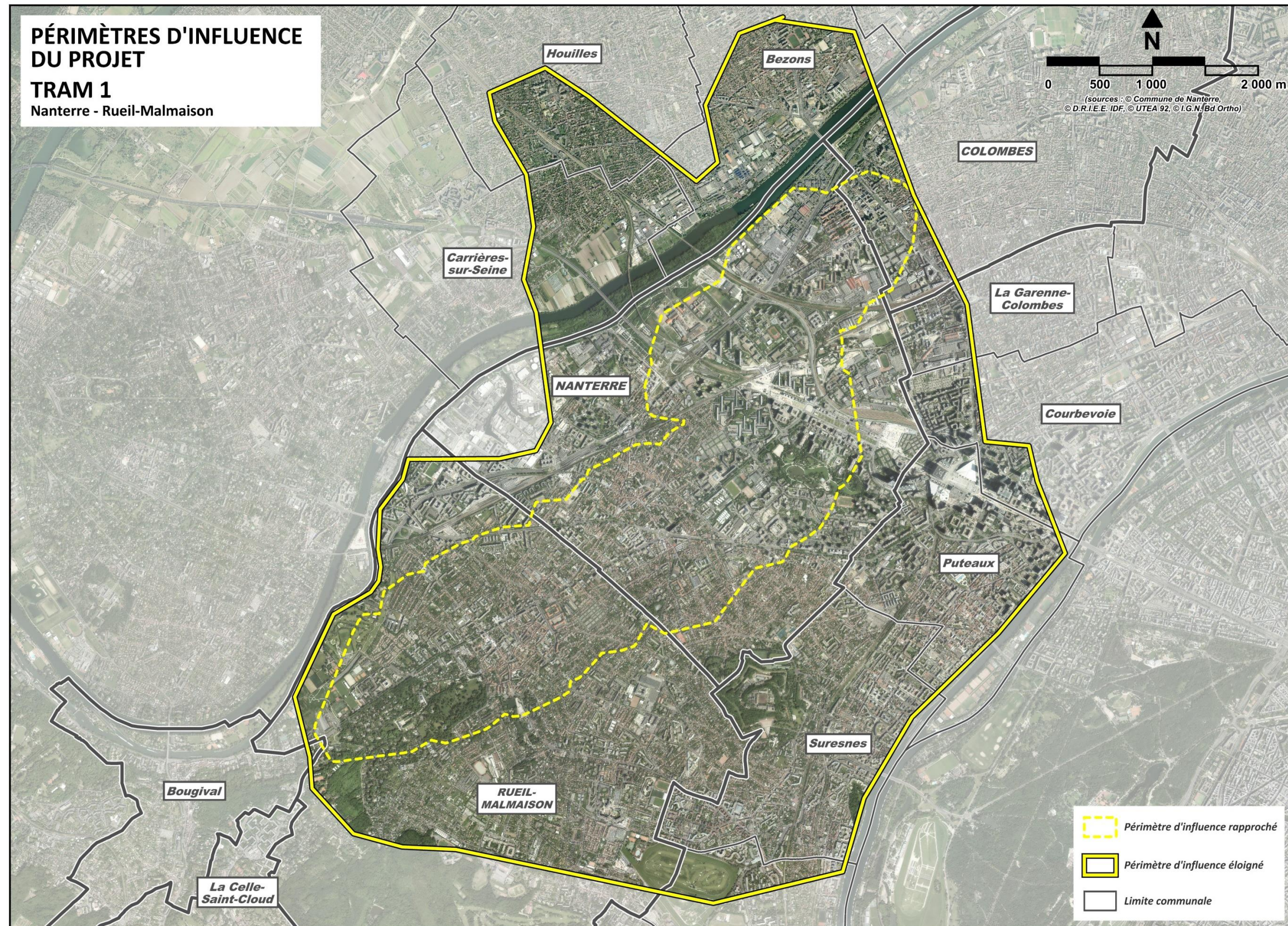


Figure 1. Périmètres d'influence du projet dans le cadre de l'analyse du développement de l'urbanisation

2.2 Appréciation du potentiel d'évolution du territoire

A l'échelle du périmètre d'influence rapproché

Le périmètre d'influence rapproché est marqué par des enjeux environnementaux notables, entraînant des contraintes réglementaires.

Ces dernières sont principalement liées au zonage C du PPRI* de la Seine (secteur Petit Nanterre et Rueil-Malmaison), au PPRMT* anciennes carrières (Petit Nanterre et Nanterre Université) et au patrimoine historique et naturel.

Ces enjeux sont cartographiés dans l'état initial de l'environnement de la présente étude d'impact.

Le périmètre d'influence rapproché s'inscrit essentiellement sur les communes de Nanterre et Rueil-Malmaison, des communes dynamiques marquées par de nombreux projets d'urbanisme.

PPRI : Plan de Prévention du Risque Inondation

PPRMT : Plan de Prévention des Risques Mouvement de Terrain

Nanterre vise un développement de la ville réfléchi et maîtrisé, bénéficiant à tous les habitants. Elle défend dans ses choix d'aménagement et d'équipement la mise en œuvre et la promotion d'une ville mixte. Il s'agit ainsi pour Nanterre de contribuer à relever les défis de la crise du logement et du renforcement économique de la métropole du Grand Paris, partagées avec l'Etat et la Région, sans abandonner ses valeurs sociales et ses exigences de haute qualité urbaine et environnementale pour tous.

Les projections aux horizons 2030 et 2040 font état d'une importante croissance de la population s'élevant à 10 % à Nanterre. Elle sera particulièrement dense (> 25 000 hab/km²) au sein du Petit Nanterre et à proximité de l'Université.

L'emploi suit la même tendance, avec une augmentation globale de 7% sur la commune. Les secteurs d'emploi les plus denses sont concentrés au nord de la Défense, à proximité de l'Université.

Au sein du Plan Local d'Urbanisme (PLU), plusieurs secteurs sont identifiés comme amenés à évoluer dans les prochaines années :

> Secteur échangeur A14/A86 – Papèteries

Le secteur s'inscrit dans un dynamisme lié à un environnement en forte mutation, notamment l'achèvement des aménagements de l'Ecoquartier Hoche et ses 640 logements, le projet d'extension du parc du Chemin de l'Ile, le prolongement des Terrasses, le projet de développement de fronts urbains de qualité avenue de la République.

> Secteur Boule/Grands axes

La future gare de métro du réseau Grand Paris Express Place de la Boule (horizon 2030), de rayonnement intercommunal, est appelée, avec le projet Tram 1 Nanterre – Rueil-Malmaison, à renforcer l'attractivité et l'intensité d'animation et d'usages de l'ensemble du secteur de la Boule, des avenues et du Centre ancien.

Il s'agit de profiter de l'opportunité que représente l'arrivée de ces infrastructures de transport pour affirmer le rôle et l'avenir du territoire de la Boule et du centre ancien comme une polarité majeure dans le territoire de l'ouest francilien, et pour poursuivre le

renouvellement urbain engagé, en accompagnant les mutations du secteur et en prenant en compte l'ensemble des préoccupations environnementales.

A **Rueil-Malmaison**, les choix portent sur plusieurs exigences :

- > Maîtriser le développement urbain, et maintenir une évolution démographique mesurée ;
- > Conserver les grands équilibres entre les secteurs bâtis et les secteurs naturels ;
- > Offrir un environnement favorable à la pérennisation des grands pôles d'emploi ;
- > Diversifier les fonctions urbaines, préserver la mixité sociale en réalisation des logements sociaux.

La commune de Rueil-Malmaison est située dans un contexte géographique et temporel favorable. Elle peut en effet bénéficier des opportunités liées à sa situation géographique ou aux projets menés par des communes proches, comme le développement du pôle tertiaire de La Défense.

Elle peut aussi subir les contraintes d'une pression foncière, portant notamment sur les espaces verts.

La population de Rueil-Malmaison est également amenée à croître de 5% d'ici 2040. Elle est globalement moins dense qu'à Nanterre. Le secteur le plus peuplé étant le centre-ville (entre 15 000 et 25 000 hab/km²). C'est également à cet endroit que se concentre la majorité des emplois.

L'intérêt du projet Tram 1 Nanterre – Rueil-Malmaison dans l'évolution du territoire est reconnu dans les documents d'urbanisme. Le PLU de Nanterre insiste particulièrement sur son intérêt dans la liaison inter-quartiers « Cette ligne permettra un désenclavement du quartier du Petit-Nanterre et un accès plus facile des Nanterriens aux grands équipements régionaux. Elle assurera une desserte fine de banlieue et desservira, sur Nanterre, la gare Nanterre Université et la future station de métro du grand Paris de la Place de la Boule. »

Le Tram 1 s'inscrit ainsi au cœur de communes dynamiques, et vient structurer le territoire en reliant plusieurs secteurs en mutation.

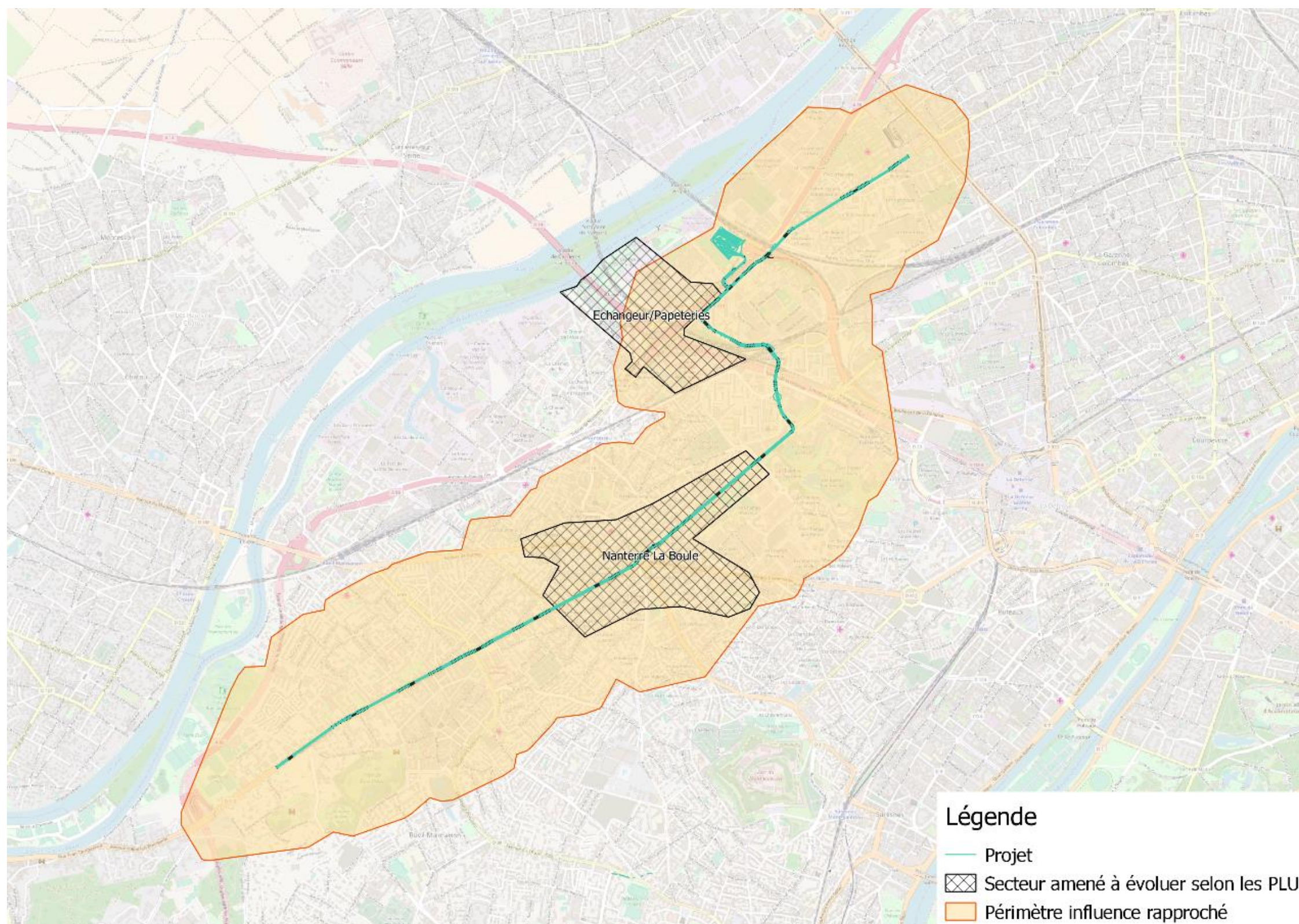


Figure 2. Les secteurs d'évolution au sein du périmètre d'influence rapproché selon les documents d'urbanisme (Sources : PLU Nanterre, PLU Rueil-Malmaison)

A l'échelle du périmètre d'influence éloigné

Le Schéma Directeur de la Région Ile-de-France (SDRIF), document de planification stratégique visant à maîtriser l'utilisation de l'espace, identifie le périmètre d'influence éloigné comme carencé en espaces verts (au moins 1000 habitants non desservis). Certains secteurs sont également identifiés comme insuffisamment desservis en transport collectif vers les pôles d'emploi.

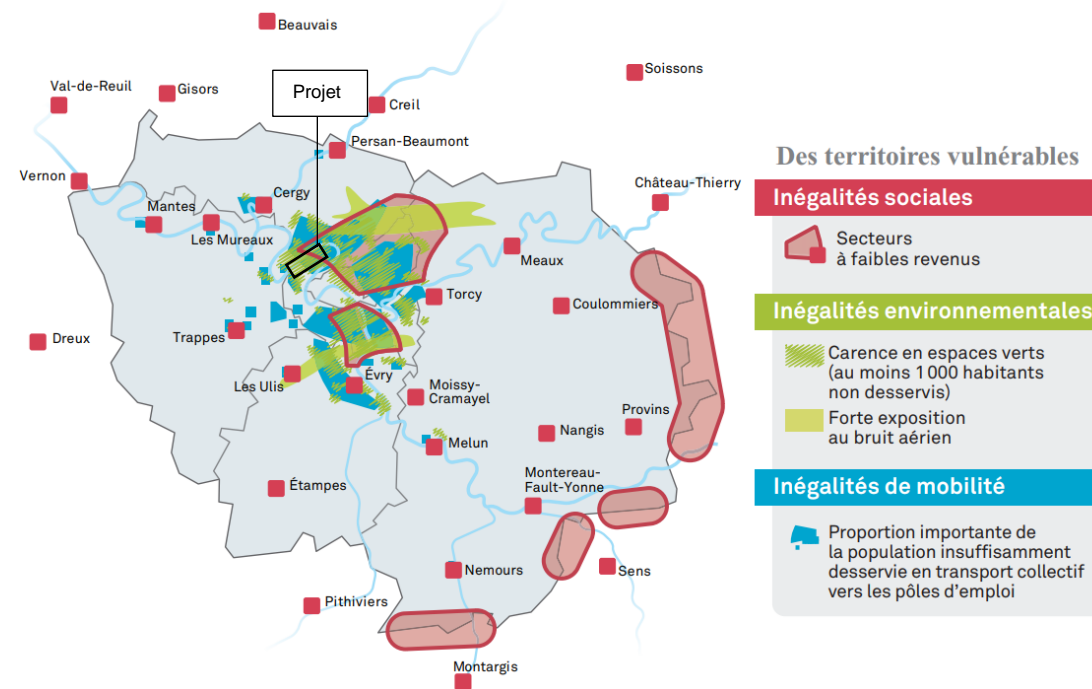


Figure 3. Inégalités au sein de territoires d'Ile-de-France (Source : SDRIF)

Plus localement, les espaces proches des gares, actuelles ou futures, sont définis comme **des quartiers à densifier**. Il est attendu une augmentation minimale de 15% de la densité humaine et de la densité moyenne des espaces d'habitat d'ici 2030, à l'échelle communale ou intercommunale.

Plusieurs secteurs du périmètre sont identifiés comme **des secteurs à fort potentiel de densification**. Il s'agit notamment des gares de La Défense, Nanterre préfecture, Nanterre-Ville, Rueil-Malmaison, Houilles, de la place de la Boule et de l'avenue Joliot-Curie. Il s'agit de secteurs comprenant des emprises mutables importantes ou disposant d'un fort potentiel de valorisation.

Ils doivent être le lieu d'efforts accrus en matière de densification du tissu urbain, tant dans les secteurs d'habitat que dans ceux réservés aux activités. Ils doivent contribuer de façon significative à l'augmentation et à la diversification de l'offre de logements pour répondre aux besoins locaux et participer à la satisfaction des besoins régionaux.

Enfin, Rueil-Malmaison concentre **des « espaces urbanisés à optimiser »**. A l'horizon 2030, il y est attendu une augmentation minimale de 10% de la densité humaine et de la densité moyenne des espaces d'habitat.

Par ailleurs, les projets d'infrastructures de transport sont intégrés au SDRIF (Tram 1, Grand Paris Express, EOLE).

Ainsi, le périmètre d'influence éloigné est composé d'un territoire dynamique économiquement et démographiquement, qui sera amené à se densifier en termes de population et d'habitat dans les prochaines années. Le manque de desserte actuel y est pointé, mais tend à être amélioré avec les nombreux projets d'infrastructure de transport, dont le projet Tram 1 Nanterre - Rueil-Malmaison.

2.3 Identification des secteurs potentiels de développement

Le périmètre d'influence éloigné est amené à se densifier en termes de population, d'habitat et d'emploi suite au développement de plusieurs projets d'infrastructure de transport.

Les impacts du projet de Tram 1 sur le développement de l'urbanisation seront plus marqués à l'échelle du périmètre d'influence de proximité.

Le schéma suivant illustre les secteurs potentiels de développement de l'urbanisation, par le croisement possible des zones de pression urbaine et des zones de sensibilités environnementales.

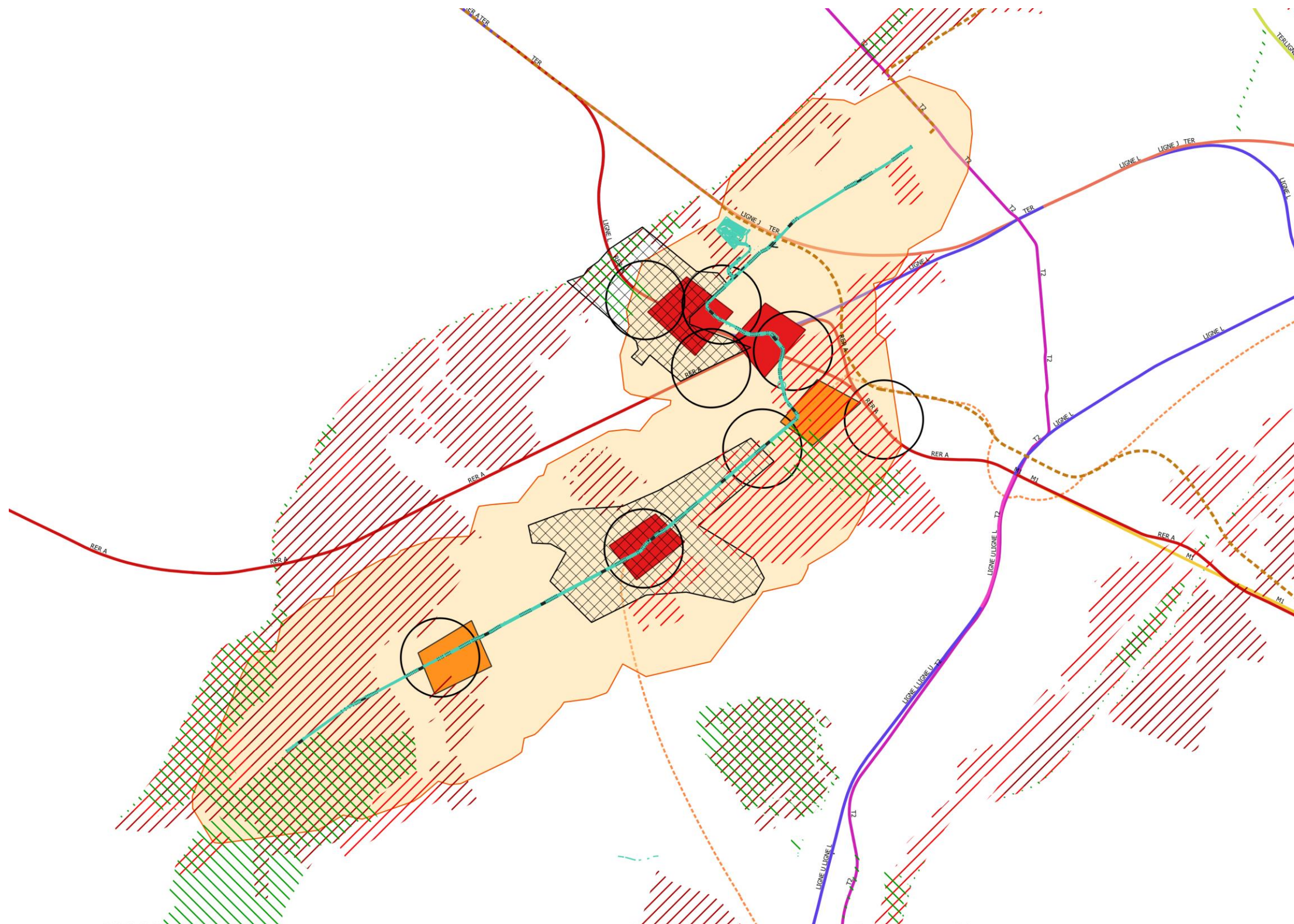


Figure 4. Secteur potentiels de développement dans le périmètre d'influence rapproché

3. ANALYSE DES ENJEUX ÉCOLOGIQUES ET DES RISQUES POTENTIELS LIÉS AUX AMÉNAGEMENTS FONCIERS, AGRICLES ET FORESTIERS

Les impacts sur les milieux naturels et sur les continuités écologiques sont présentés dans le chapitre 4 de l'étude d'impact.

L'article L.123-24 et suivants du Code rural et de la pêche maritime précise que «*Lorsque les expropriations en vue de la réalisation des aménagements ou ouvrages mentionnés aux articles L. 122-1 à L. 122-3 du code de l'environnement sont susceptibles de compromettre la structure des exploitations dans une zone déterminée, l'obligation est faite au maître de l'ouvrage, dans l'acte déclaratif d'utilité publique, de remédier aux dommages causés en participant financièrement à l'exécution d'opérations d'aménagement foncier mentionnées au 1° de l'article L. 121-1 et de travaux connexes.*

La même obligation est faite au maître de l'ouvrage dans l'acte déclaratif d'utilité publique en cas de création de zones industrielles ou à urbaniser, ou de constitution de réserves foncières»

Cette procédure a pour but d'améliorer les conditions d'exploitation des propriétés rurales agricoles ou forestières.

Le projet n'impacte aucune parcelle agricole ou forestière. Il n'est donc pas soumis à la procédure d'Aménagement Foncier Agricole et Forestier (AFAF).

4. ANALYSE DES COÛTS COLLECTIFS DES POLLUTIONS ET NUISANCES ET DES AVANTAGES INDUITS PAR LE PROJET

Les coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité sont présentés dans l'évaluation socio-économique du projet menée au titre du code des Transports, pièce H du dossier d'enquête publique. Le contenu de ce chapitre est une synthèse du bilan monétarisé de l'évaluation socio-économique sur les externalités environnementales.

4.1 Méthodologie

Pour les dossiers de schéma de principe, enquête publique et avant-projet des nouvelles infrastructures de transports collectifs présentées au conseil d'Île-de-France Mobilités pour approbation, le calcul des coûts collectifs est réalisé selon une méthode spécifique à ces projets.

L'instruction ministérielle en vigueur depuis le 1^{er} octobre 2014 préconise l'utilisation d'autres valeurs tutélaires et conventions de calcul.

Afin de rendre possible la comparaison de l'évaluation socio-économique du projet Tram 1 Nanterre – Rueil-Malmaison avec l'évaluation des autres projets présentés au conseil d'Île-de-France Mobilités d'une part, et avec d'autres projets de transport en France d'autre part, deux méthodes de calcul ont donc été mises en œuvre et leurs résultats sont exposés ci-après :

- > La méthode francilienne ;
- > La méthode de l'instruction ministérielle.

Les paramètres pris en compte dans les deux méthodes sont listés dans le tableau ci-après :

	Méthode Francilienne		Méthode Instruction ministérielle	
	Valeur conventionnelle pour l'année 2016 (en euros 2016)	Evolution au-delà de 2016 (en monnaie constante)	Valeur conventionnelle pour l'année 2016 (en euros 2016)	Evolution au-delà de 2016 (en monnaie constante)
Période de calcul	Depuis la première année de décaissement, jusqu'à 30 ans après mise en service		Depuis la première année de décaissement jusqu'en 2070	
Diminution des effets externes environnementaux négatifs liés à la circulation automobile	Bruit : 4,17 € / 100 véh,km	+2% par an	Bruit : 1,79 € / 1000 véh,km*	Evolution prévue du PIB/tête
	Pollution : 3,21 € / 100 véh,km	+2% par an	Pollution : 15,80 € / 100 véh,km*	-6% par an avant 2020 ; 0% après
	Effet de serre : 1,28 € / 100 véh,km	+2% par an	Effet de serre : 0,53 € / 100 véh,km*	+6% par an avant 2030 ; +4,5% par an après

* Valeurs issues de l'instruction adaptées au contexte francilien

Tableau 1. Paramètres considérés pour l'estimation des coûts de pollutions et nuisances

4.2 Résultats

Le projet présente un gain pour la collectivité en termes de pollutions et de nuisances. Le projet présente les gains suivants, par rapport à la situation sans projet :

Gains en M€ 2016	Méthode francilienne		
	En 2027	En 2030	Gains cumulés en 2060
Nuisances sonores	0,3	0,5	7,7
Pollution	0,3	0,5	7,1
Emissions de gaz à effets de serre	0,1	0,2	2,9
Total - Gains en termes de pollutions et de nuisances	0.7	1.2	17.7

Tableau 2. Gains monétarisés du projet en termes de pollutions et nuisances (méthode francilienne)

Gains en M€ 2016	Méthode Instruction ministérielle		
	En 2027	En 2030	Gains cumulés en 2070
Nuisances sonores	0,0	0,0	0,6
Pollution	0,7	1.4	49,9
Emissions de gaz à effets de serre	0,1	0,1	12,3
Total - Gains en termes de pollutions et de nuisances	0,8	1,5	62,8

Tableau 3. Gains monétarisés du projet en termes de pollutions et nuisances (méthode instruction ministérielle)

Les coûts collectifs liés à la pollution et aux nuisances diminuent de 0,7 à 0,8 M€ entre la situation future avec projet par rapport à la situation sans projet en 2027.

De même pour la situation future avec projet en 2030, les coûts collectifs diminuent de -1,2 à 1,5 M€ par rapport à la situation future sans projet.

Au global, le projet présente un impact positif en termes de coûts collectifs pour la collectivité.

5. ESTIMATION DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE RESULTANT DE L' EXPLOITATION DU PROJET

Ce paragraphe présente les résultats du calcul des émissions de polluants atmosphériques et de la consommation énergétique pour le scénario actuel en 2017 et les scénarios futurs avec et sans projet en 2027 (phase 1), 2030 et 2040 (phase 1+phase2).

5.1 Estimation des émissions

La circulaire de février 2005 (Note méthodologique sur l'évaluation des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact routières) prévoit un inventaire des émissions du réseau routier étudié. Les émissions ont été estimées à l'aide du logiciel TREFIC 4. Ce logiciel a été développé par ARIA Technologies. Ce logiciel calcule les émissions de polluants et la consommation énergétique en fonction : du trafic, de la vitesse, des projections INRETS (Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité) pour le parc roulant (motorisation essence ou diesel, cylindrée, renouvellement du parc roulant en fonction des avancées technologiques) et des facteurs d'émissions COPERT 4 de chaque catégorie de véhicule.

COPERT (COMputer Programme to calculate Emissions from Road Transport) est une méthodologie européenne permettant le calcul des émissions du transport routier.

La méthodologie utilisée dans cette étude est COPERT 4. C'est la méthodologie en vigueur qui propose des facteurs d'émissions pour les technologies Euro 5 et Euro 6.

Les calculs des émissions de polluants et des consommations énergétiques seront réalisés pour les sept scénarios suivants :

- > Situation actuelle en 2017 ;
- > Situation future, SANS projet en 2027 (phase 1) ;
- > Situation future, AVEC projet en 2027 (phase 1) ;
- > Situation future, SANS projet en 2030 (phase 1+ phase 2) ;
- > Situation future, AVEC projet en 2030 (phase 1+ phase 2) ;
- > Situation future, SANS projet en 2040 (phase 1+ phase 2) ;
- > Situation future, AVEC projet en 2040 (phase 1+ phase 2).

Le niveau d'étude est déterminé en fonction des trafics attendus au niveau du projet et de la densité de population à proximité de ce dernier.

L'étude est de niveau 1 donc, conformément à la note méthodologique, les polluants étudiés sont :

- > L'acroléine (C₃H₄O) ;
- > Les oxydes d'azote (NO_x) ;
- > Le dioxyde de soufre (SO₂) ;
- > Le benzène (C₆H₆) ;
- > Les particules PM10 (particules en suspension avec diamètre inférieur à 10 micromètres) ;
- > Le chrome (Cr) ;
- > Le formaldéhyde (CH₂O) ;
- > Le 1,3-butadiène (C₄H₆) ;
- > L'acétaldéhyde (C₂H₄O) ;
- > Le nickel (Ni) ;
- > Le cadmium (Cd) ;
- > Le benzo(a)pyrène (BaP) ;
- > L'arsenic (As) ;
- > Le plomb (Pb) ;
- > Le mercure (Hg) ;
- > Le baryum (Ba).

Bilans des émissions sur la bande d'étude

Le bilan des émissions polluantes sur la bande d'étude pour le scénario actuel en 2017 et les scénarios futurs avec et sans projet en 2027 (phase 1) et 2040 (phase 1+ phase2) sont présentés dans les tableaux suivants :

RESULTATS DES EMISSIONS		NO _x (kg/j)	SO ₂ (kg/j)	PM10 (kg/j)	PM2.5 (kg/j)	Plomb (g/j)	Cadmium (g/j)	Chrome (g/j)	Nickel (g/j)	Baryum (g/j)	Arsenic (g/j)	Mercure (g/j)	Formaldéhyde (kg/j)	Acétaldéhyde (kg/j)	Acroléine (kg/j)	Benzène (kg/j)	1,3-Butadiène (kg/j)	Benzo(a)pyrène (g/j)
SITUATION ACTUELLE	En 2017	320,91	2,77	17,88	13,89	0,00	0,35	1,73	2,43	5,48	0,03	0,53	1,06	0,49	0,19	1,73	0,42	0,31
PHASE 1	SANS PROJET en 2027	127,34	2,77	14,55	10,53	0,00	0,35	1,73	2,42	5,64	0,03	0,33	0,33	0,08	0,17	0,36	0,09	0,28
	AVEC PROJET en 2027	123,05	2,68	14,03	10,17	0,00	0,33	1,67	2,34	5,45	0,03	0,33	0,32	0,07	0,16	0,35	0,08	0,27
	IMPACT PROJET en 2027	-3,4%	-3,5%	-3,5%	-3,5%	0,0%	-3,4%	-3,4%	-3,4%	-3,5%	-3,5%	-0,1%	-3,3%	-3,5%	-3,3%	-2,4%	-2,9%	-3,6%
PHASE 1+PHASE 2	SANS PROJET en 2030	115,17	3,27	16,57	11,84	0,00	0,41	2,05	2,86	6,83	0,03	0,57	0,35	0,08	0,18	0,39	0,10	0,33
	AVEC PROJET en 2030	105,45	3,02	15,30	10,93	0,00	0,38	1,89	2,64	6,31	0,03	0,56	0,32	0,07	0,17	0,36	0,09	0,30
	IMPACT PROJET en 2030	-8,4%	-7,8%	-7,7%	-7,7%	0,0%	-7,8%	-7,8%	-7,8%	-7,5%	-7,5%	-1,2%	-7,9%	-7,9%	-7,9%	-7,8%	-7,9%	-7,5%
	SANS PROJET en 2040	123,64	3,51	17,75	12,68	0,00	0,44	2,19	3,07	7,31	0,04	0,57	0,38	0,09	0,19	0,42	0,10	0,35
	AVEC PROJET en 2040	107,87	3,08	15,61	11,15	0,00	0,39	1,93	2,70	6,44	0,03	0,56	0,33	0,08	0,17	0,37	0,09	0,31
	IMPACT PROJET en 2040	-12,8%	-12,2%	-12,1%	-12,1%	0,0%	-12,2%	-12,2%	-12,2%	-11,9%	-11,9%	-1,2%	-12,1%	-12,0%	-12,1%	-12,5%	-12,4%	-11,9%

Tableau 4. Résultats des émissions sur la bande d'étude et l'impact du projet

D'après les résultats, nous observons :

Pour la phase 1 : une diminution des émissions polluantes d'environ 3,5% en situation avec projet par rapport à la situation sans projet à l'horizon 2027. Ces diminutions sont proportionnelles à la diminution du trafic.

Pour la phase 1+ phase 2 : une diminution des émissions polluantes d'environ 8% et 12% en situation avec projet par rapport à la situation sans projet à l'horizon 2030 et 2040 respectivement. Ces diminutions sont cohérentes avec la baisse du nombre de trafic total sur la bande d'étude.

Analyse des émissions polluantes à l'échelle de la bande d'étude

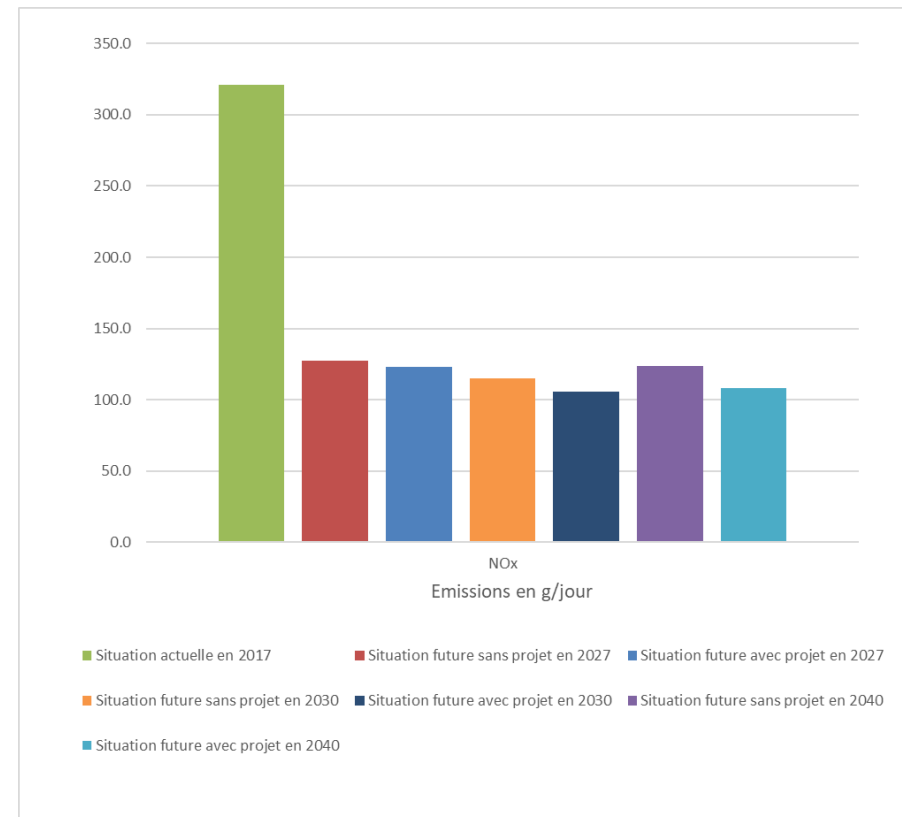


Figure 5. Graphique des émissions des oxydes d'azote NO_x

Pour les oxydes d'azote NO_x, Les émissions seront en diminution en situations futures avec projet en 2027, 2030 et en 2040 par rapport aux situations futures sans projet en 2027, 2030 et en 2040. Ces diminutions sont dues à la baisse du nombre de véhicules sur la bande d'étude.

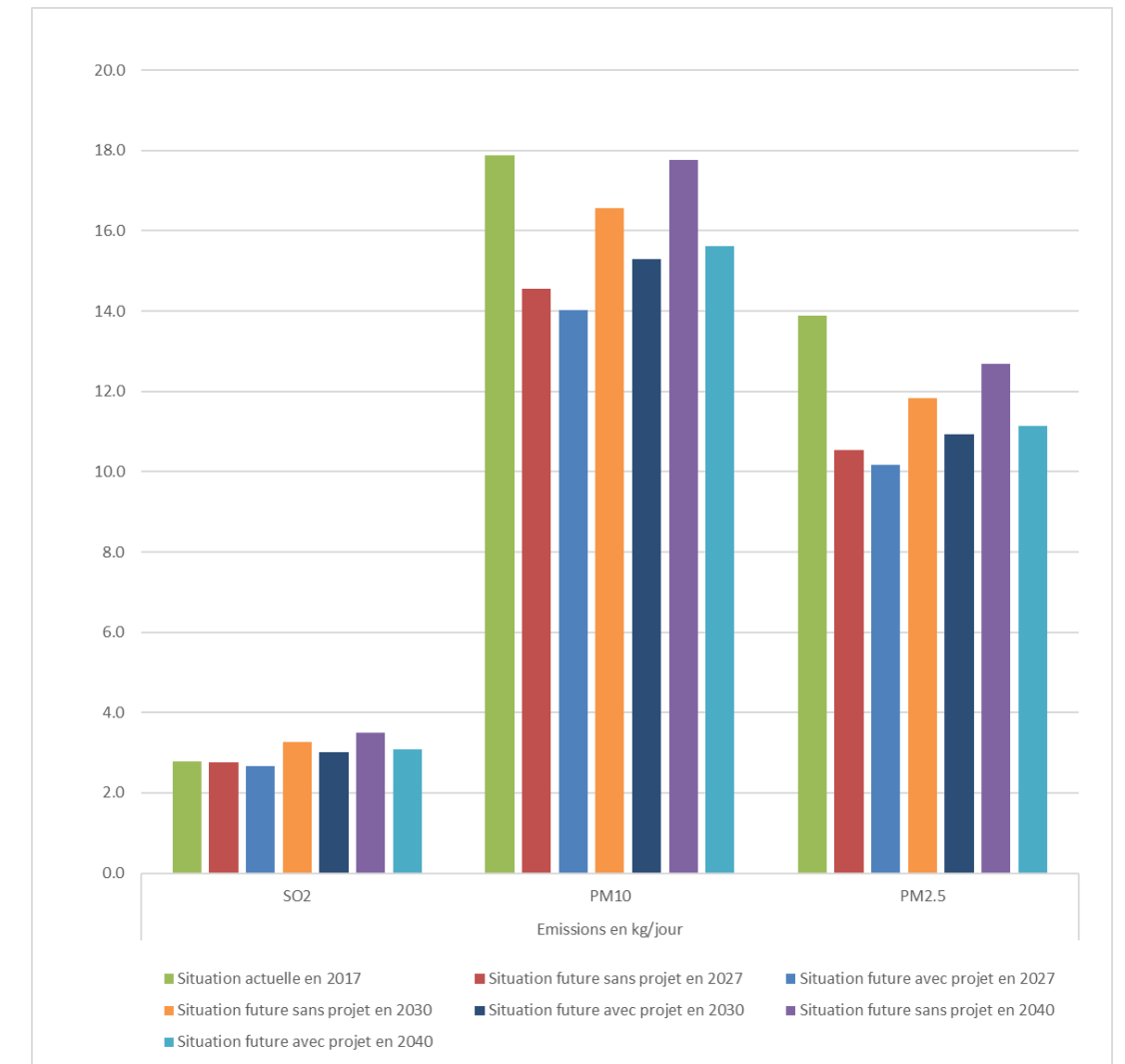


Figure 6. Graphique des émissions du SO₂ et des particules

Pour le dioxyde de soufre SO₂, les particules PM₁₀ et PM_{2.5}, en situation future avec projet en 2027, 2030 et en 2040, les émissions seront en diminution par rapport à la situation future sans projet en 2027, 2030 et en 2040 car le trafic diminue.

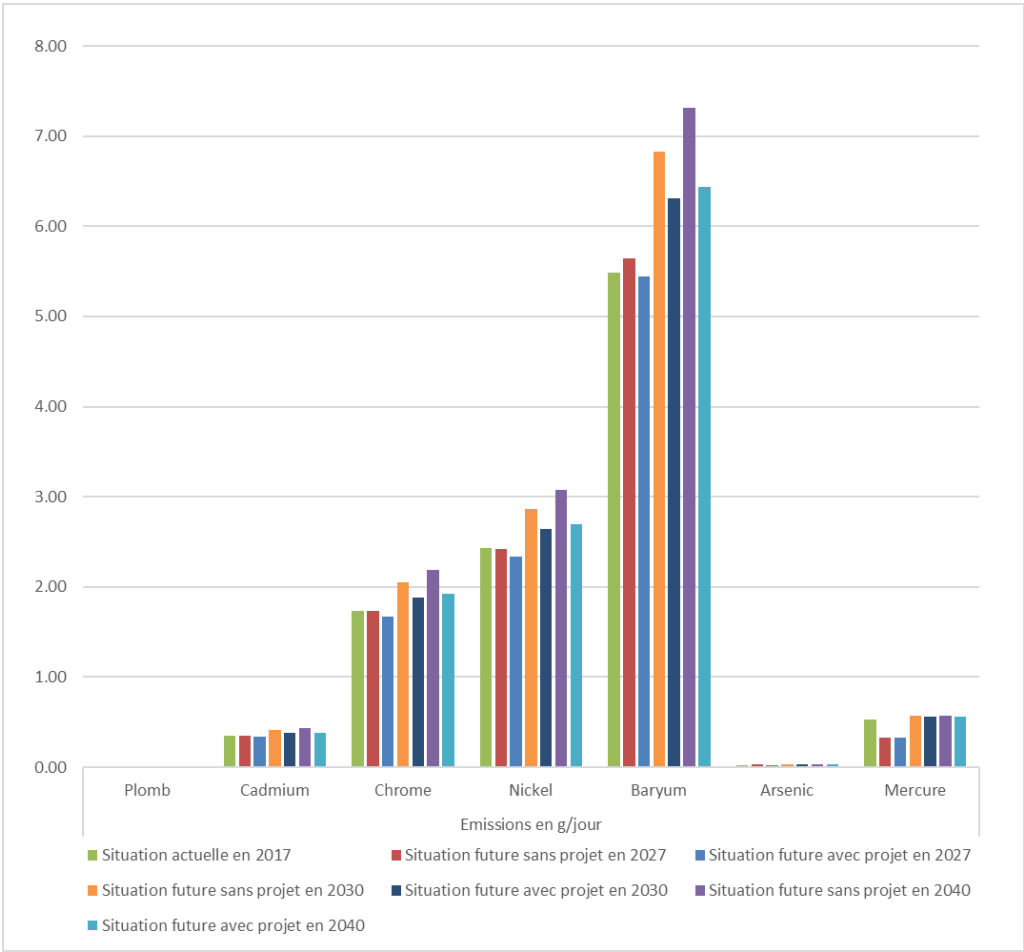


Figure 7. Graphique des émissions des métaux lourds

Pour le plomb Pb, il n'y a plus d'émission de ce polluant car il a été retiré de la composition des carburants (essence sans plomb).

Pour le nickel Ni, chrome Cr, arsenic As, baryum Ba, mercure Hg et le cadmium Cd, nous observons des diminutions de leurs émissions en situation future avec projet en 2027, 2030 et en 2040 par rapport à la situation future sans projet en 2027, 2030 et en 2040. Ces polluants sont présents dans les freins et pneus. Leurs émissions sont proportionnelles au trafic automobile qui est en diminution.

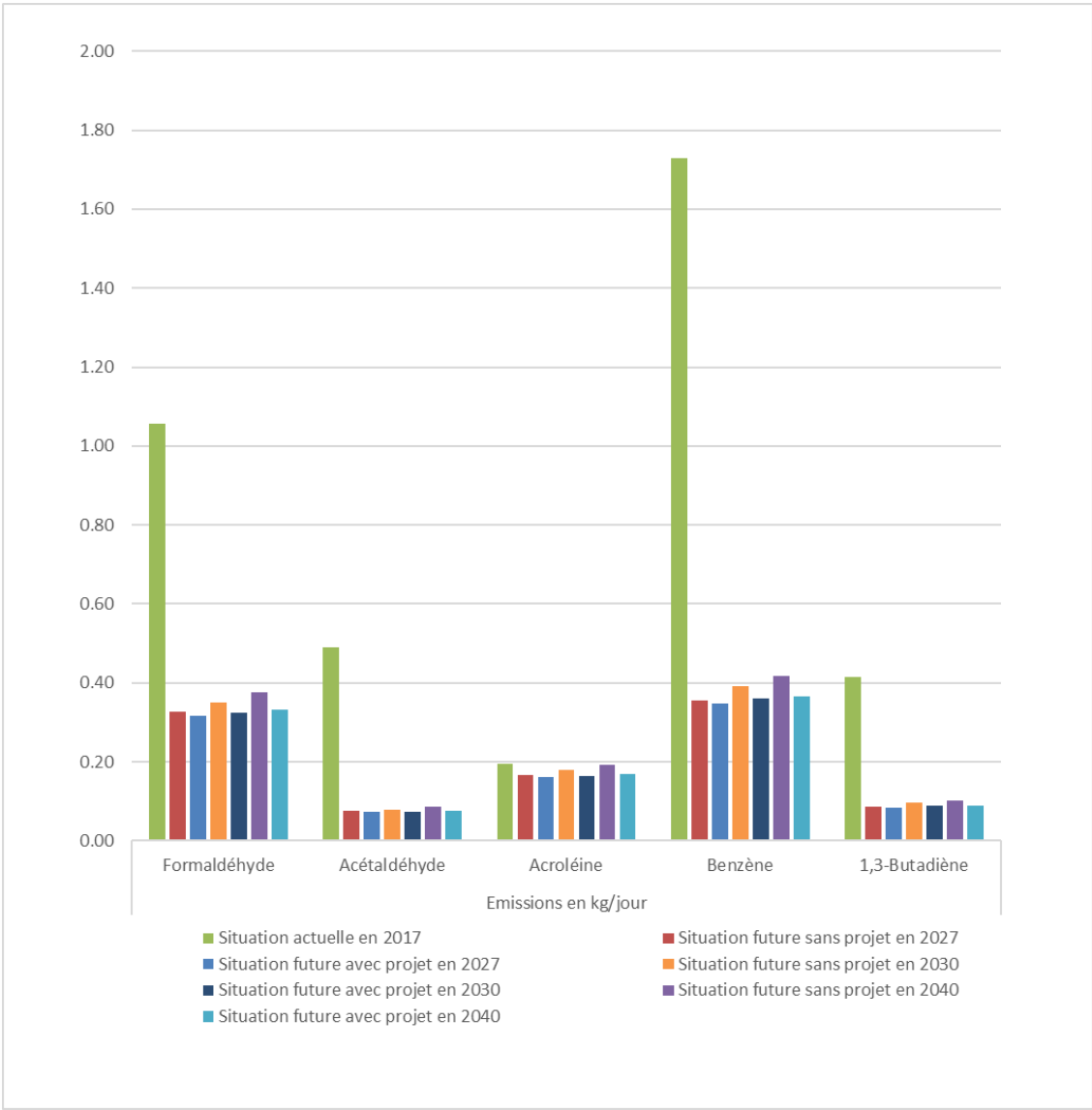


Figure 8. Graphique des émissions des Composés Organiques Volatils

Pour les composés organiques volatils, nous observons une diminution de leurs émissions en situation future avec le projet en 2027, 2030 et en 2040 par rapport à la situation future sans projet en 2027, 2030 et en 2040. Ces diminutions sont dues à une diminution du trafic aux horizons futurs avec projet (2027, 2030 et 2040).

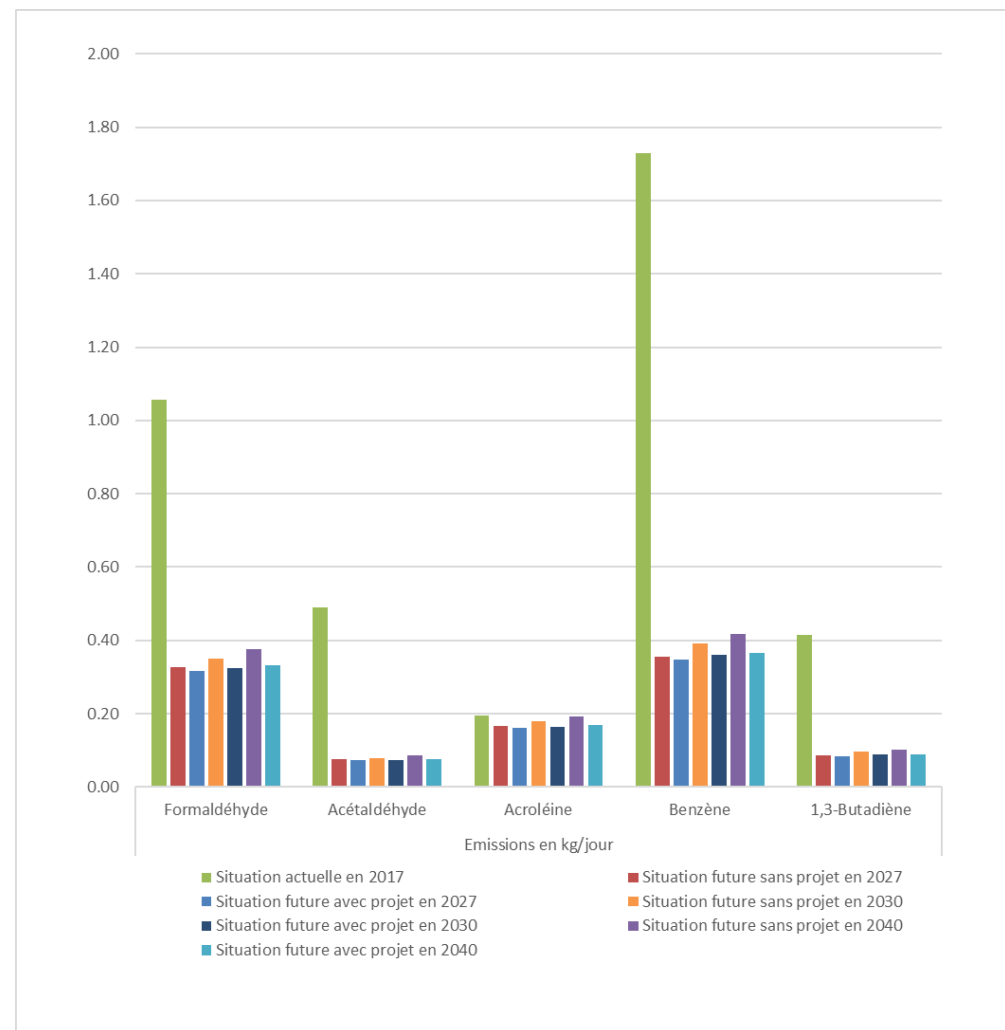


Figure 9. Graphique des émissions des Composés Organiques Volatils

Pour les composés organiques volatils, nous observons une diminution de leurs émissions en situation future avec le projet en 2027, 2030 et en 2040 par rapport à la situation future sans projet en 2027, 2030 et en 2040. Ces diminutions sont dues à une diminution du trafic aux horizons futurs avec projet (2027, 2030 et 2040).

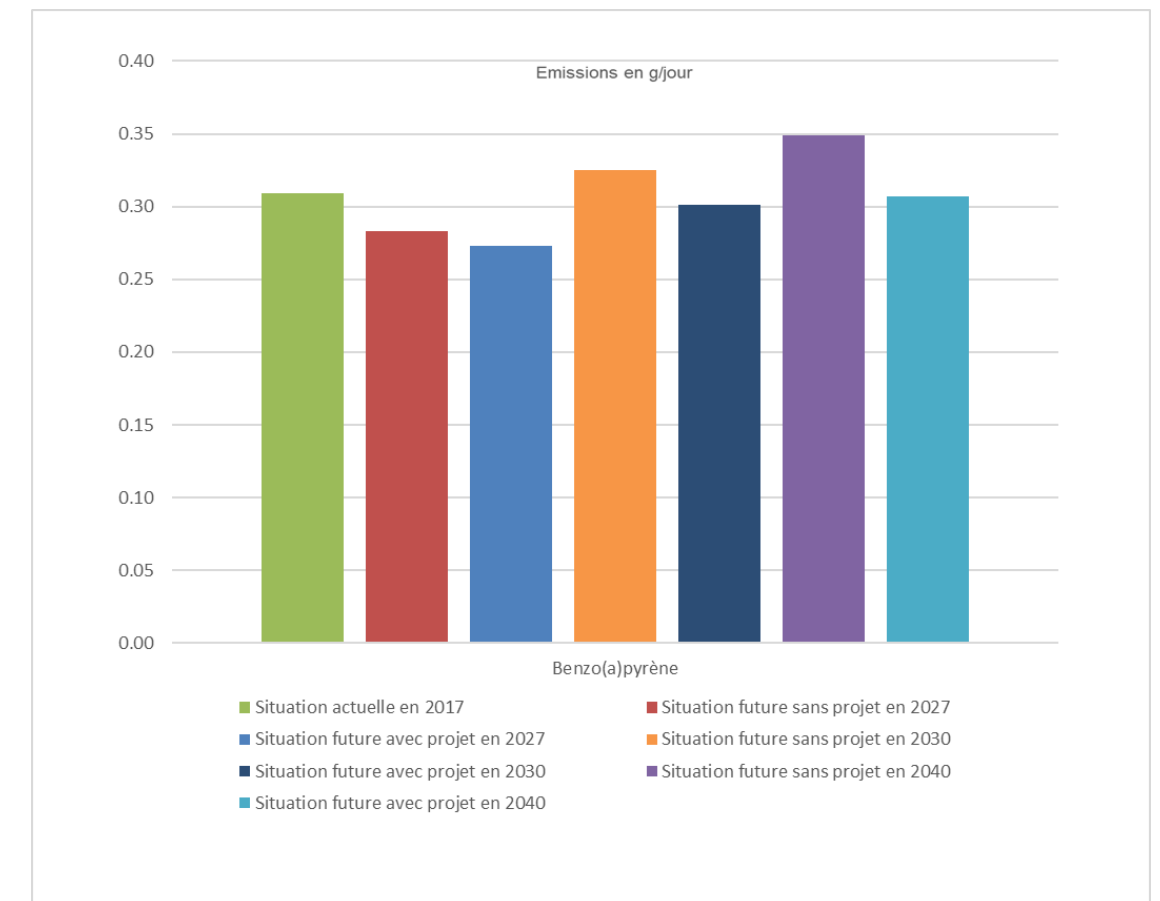


Figure 10. Graphique des émissions du BaP

Pour le Benzo(a)pyrène, Les émissions seront en diminution en situations futures avec projet en 2027, 2030 et en 2040 par rapport aux situations futures sans projet en 2027, 2030 et en 2040, car le trafic diminue.

5.2 Evaluation des consommations énergétiques résultant de l'exploitation du projet

L'objectif de cette étude est d'évaluer les gains potentiels en termes de consommations d'énergies engendrés par la mise en place du nouveau service de tramway, notamment grâce aux reports modaux, durant sa phase exploitation, conformément à la méthodologie pour l'évaluation de l'impact énergie des projets de TCSP de l'Observatoire Energie Environnement des Transports (OEET). Il s'agit d'une réflexion uniquement axée sur la traction et le transfert modal, les consommations d'énergie liées au fonctionnement et à la maintenance des infrastructures ne sont pas prises en compte.

Méthodologie

Les consommations énergétiques liées au projet ont été évaluées à partir des données de trafic fournies par le Département des Hauts-de-Seine et les données de circulation du tramway pendant sa phase d'exploitation.

L'étude prend en compte les consommations engendrées par les circulations du tramway, et celles évitées grâce aux reports de la route vers le fer et par la suppression et la modification des lignes de bus.

Les consommations énergétiques sont calculées pour les trois scénarios 2027, 2030 et 2040.

L'étude a été menée selon deux angles, en énergie primaire (EP) et en énergie finale (EF). L'énergie primaire est l'énergie contenue dans les ressources naturelles, avant une éventuelle transformation. Le fioul, le gaz ou le bois sont des exemples d'énergie primaire. L'énergie finale est l'énergie utilisée par le consommateur, c'est-à-dire après transformation des ressources en énergie et après le transport.

L'électricité est l'énergie la plus utilisée en France (environ 42% des consommations totales). Mais c'est aussi l'énergie qui nécessite le plus de transformation. Actuellement, en France, un facteur de 2,58 est utilisé (rendement global de la production d'électricité de 38,5%). Cela signifie qu'un 1 kWhEF=2,58 kWhEP.

Pour les carburants issus d'énergie fossile tels que l'essence et le diesel, bien que les procédés de raffinage consomment de l'énergie et nécessitent du transport jusqu'à l'utilisateur final, le coefficient de conversion est par convention de 1, c'est-à-dire : énergie finale = énergie primaire.

Le but de tout rapporter en énergie primaire est de pouvoir mieux comparer les différentes sources d'énergies entre elles et leur impact réel sur l'environnement.

Tous les résultats sont exprimés en TEP (tonne équivalent pétrole), unité commune fréquemment utilisée pour les calculs énergétiques. Ils sont assortis d'un fort degré d'incertitude inhérent à la méthodologie et aux différents coefficients utilisés.

Hypothèses de travail

Le tableau ci-après présente les données d'entrée utilisées en 2027, 2030 et 2040 (supposées constantes pendant toute la durée d'exploitation)

DONNEES D'ENTREE (EN VEH.KM)	2027	2030	2040
Circulations tramway supplémentaires	435 834	797 257	797 257
Reports modaux route => fer	-6 800 000	-12 100 000	-12 100 000
Modification des lignes de bus		-986 003	-986 003

Tableau 5. Données d'entrée sur l'évolution du trafic

Concernant les ratios et coefficients utilisés pour le calcul, un scénario est proposé en considérant l'efficacité énergétique des véhicules prenant en compte l'évolution des technologies et notamment la diminution des consommations des véhicules d'ici à 2020. Ce scénario est basé sur un exercice de prospective réalisé par l'ADEME dans son rapport « Vision 2030-2050 » dans lequel elle propose un scénario d'évolution du contexte énergétique en France à plus ou moins long terme.

Le tableau suivant précise les coefficients utilisés pour les calculs :

COEFFICIENT	VALEUR 2020	UNITE	SOURCE
Tramway	7	kWh/véh.km	Retour d'expérience sur des projets similaires
Voiture particulière	53	gep/véh.km	Rapport sur l'efficacité énergétique des modes de transport (Deloitte) + Rapport « Vision 2030-2050 » de l'ADEME
Bus	332	gep/véh.km	
Conversion kWh en gep*	86	gep/kWh	Agence Internationale de l'Energie
Rapport kWh _{ef} /kWh _{ep} ** pour l'électricité française	2.36	kWh _{ef} /kWh _{ep}	ADEME – Observatoire de l'énergie – Légifrance + Rapport « Vision 2030- 2050 » de l'ADEME

Tableau 6. Ratios et coefficients utilisés pour l'étude énergétique

* gep=gramme équivalent pétrole ** kWh d'énergie finale et kWh d'énergie primaire

Résultats

BILAN DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES	2027		2030		2040	
	Energie finale (tep)	Energie primaire (tep)	Energie finale (tep)	Energie primaire (tep)	Energie finale (tep)	Energie primaire (tep)
Circulations tramway supplémentaires	262	619	480	1 133	480	1 133
Reports modaux route ->fer	-360		-641		-641	
Modification des lignes de bus	-		-327		-327	
Gain (TEP)	98	-259	489	-164	489	-164

Tableau 7. Résultats de l'étude énergétique pour les scénarios 2027, 2030 et 2040

Remarque : Les résultats sont identiques en énergie finale et en énergie primaire pour les véhicules thermiques. En effet, les rendements de production des carburants étant très élevés (95% en moyenne), par convention le rapport entre énergie finale et énergie primaire est considéré égal à 1.

5.3 Conclusion

Le gain en énergie primaire engendré par le projet est négatif, c'est à dire qu'il induit une consommation d'énergie inférieure par rapport à une situation de référence sans projet. Le phasage de l'opération induit une consommation plus forte entre 2027 et 2030.

En revanche, le gain est positif en énergie finale.

Les principaux facteurs influençant le résultat sont le volume du report modal, la consommation unitaire des rames de tramways et le rendement du processus de fabrication de l'électricité (aujourd'hui faible car majoritairement d'origine nucléaire).

Les leviers d'action, à l'échelle du projet, pour améliorer ce bilan peuvent être les suivants :

- > La mise en place de systèmes de récupération d'énergie au freinage (jusqu'à 15% d'économie) ;
- > Le choix d'un matériel roulant le moins consommateur possible ;
- > La formation des conducteurs de tramway à l'éco-conduite (jusqu'à 30% de gain annuel sur l'énergie de traction) ;
- > Pratiquer une politique d'incitation à l'utilisation du tramway (coût attractif du billet) pour augmenter le report de la route vers le nouveau service mis en place ;
- > L'achat d'électricité verte, c'est-à-dire produite (en totalité ou en partie) à partir d'énergies renouvelables. Plusieurs fournisseurs d'énergie proposent des offres 100% ou partiellement vertes. En effet, en augmentant la part des énergies renouvelables dans le mix électrique, le rendement de production est nettement amélioré, puisque les énergies renouvelables sont, par définition, inépuisables (une électricité produite à 100% à partir d'énergie renouvelable a donc un rendement théorique de 1). Le facteur actuel de 2,58 permettant de passer de l'énergie finale à l'énergie primaire pour l'électricité serait nettement amélioré.

Remarque : Ces pistes et les gains potentiels associés sont donnés à titre indicatif. Des études spécifiques dans les phases ultérieures seraient nécessaires pour juger de la pertinence ou non de mettre en place de telles mesures.

6. BILAN CARBONE

6.1 Objectifs de l'étude

L'objet de la présente étude est d'évaluer l'impact en termes de gaz à effet de serre (GES) du projet de Tram 1 Nanterre - Rueil-Malmaison.

L'évaluation prend en compte les émissions de GES générées par les travaux et les émissions évitées du fait de l'évolution des trafics, notamment les reports modaux de la voiture et du bus vers le nouveau service de transport en commun.

L'objectif est d'estimer la pertinence du projet du point de vue de la lutte contre le changement climatique et de calculer le temps de retour sur investissement carbone. En d'autres termes, il s'agit d'évaluer l'année à partir de laquelle le projet aura permis d'éviter plus d'émissions qu'il n'en n'aura générées.

Par ailleurs, cette étude est faite sur l'état d'avancement actuel des études (études préliminaires). Elle permet d'identifier les postes les plus importants en termes d'émission et donc les axes sur lesquels il pourra être recherché des optimisations durant la suite des études

6.2 Méthodologie

L'évaluation est réalisée à partir de la méthodologie Bilan Carbone® de l'ADEME et de la Base Carbone de l'association bilan carbone. Les facteurs d'émission de l'Arrêté du 10 avril 2012 pris pour l'application des articles 5, 6 et 8 du décret n°2011-1336 du 24 octobre 2011 relatif à l'information sur la quantité de dioxyde de carbone émise à l'occasion d'une prestation de transport et ceux issus de la méthodologie pour l'évaluation de l'impact énergie/CO₂ des projets de TCSP (Transport Collectif en Site Propre) de l'OEET (Observatoire Energie Environnement des Transports), ont également été utilisés. Enfin, le retour d'expérience sur des études similaires (T10) a été mis à profit pour l'évaluation, notamment pour la phase travaux.

L'essentiel des données d'entrée nécessaires à l'évaluation est issu des études préliminaires réalisées pour le compte d'Ile-de-France Mobilités et du Département des Hauts-de-Seine.

L'intégralité des résultats est présentée en tonnes équivalent CO₂ (t_{eq}CO₂), conformément à la méthodologie de l'ADEME.

Remarque : Au vu du caractère très amont de l'étude, les émissions ont été estimées en ordre de grandeur et les résultats proposés sont assortis d'un fort degré d'incertitude.

6.3 Périmètre de l'évaluation

Le périmètre de l'étude comprend l'ensemble des travaux de création d'infrastructure et d'aménagement de l'existant, ainsi que l'évolution des déplacements multimodaux sur 30 années d'exploitation.

Phase travaux

Les opérations suivantes ont été prises en compte pour la phase travaux :

- > Les opérations de démolition préalable des bâtiments situés au droit du tracé ;
- > Les travaux préparatoires et libérations des emprises ;
- > Les opérations de dévoiement de réseaux, d'assainissement et de terrassement ;
- > La pose de la plateforme et des voies, y compris au niveau du Site de Maintenance et de Remisage (SMR) ;
- > La création des stations (quais et équipements) ;
- > Les locaux techniques et installations électriques (sous-stations et alimentation en énergie du tramway) ;
- > Les travaux d'ouvrages d'art ;
- > La création du SMR ;
- > Les opérations d'accompagnement (création ou réfection de voirie, stationnements, trottoirs, pistes cyclables, plantations, etc.) ;
- > La construction du matériel roulant neuf acheté au titre du projet.

Pour chacune de ces opérations, sont pris en compte dans l'évaluation, les éléments suivants :

- > Les émissions dues à la fabrication des matériaux nécessaires aux travaux ;
- > Les émissions liées à leur acheminement ou leur évacuation (déblais par exemple) ;
- > Les émissions dues aux consommations de carburant pour leur mise en œuvre (trains travaux, engins de chantier, etc.) ;
- > Les émissions générées par les bases travaux et les déplacements des salariés (appelées « Organisation générale du chantier »).

Phase exploitation

En phase exploitation l'évaluation prend en compte, sur une période de 30 ans à partir de la mise en service, les éléments suivants :

- > Les émissions générées par la consommation d'électricité des rames de tramway ;
- > Les émissions dues au fonctionnement des stations et de la signalisation ;
- > Les émissions dues à la maintenance des rames et de l'infrastructure ;
- > Les émissions générées par les déplacements domicile-travail du personnel ;
- > Les émissions évitées grâce aux reports modaux de la voiture particulière (VP) et du bus vers le tramway.

6.4 Hypothèses et facteurs d'émission

Phase travaux

Le tableau ci-après présente les hypothèses posées pour la phase travaux :

Postes		Données / Hypothèses
Démolitions préalables	Surfaces de bâtiments démolis ou d'ouvrages d'art	Bâtiments en ligne : 119 m ² Ouvrages d'art : 3 470 m ² Bâtiments dans SMR : 9 400 m ² Total : 12 989 m ²
Travaux préparatoires	Remblais + déblais + démolition voirie et trottoirs	298 203 m ³
	Canalisation DN300	800 ml
	Canalisation DN500	6 839 ml
	Mise en œuvre	1 litre de gazole par m ³ de terre déplacé
Plateforme et voie	Plateforme structure classique revêtement minéral	15% du linéaire
	Plateforme structure classique revêtement végétalisé (hypothèse prise pour le calcul du bilan carbone à confirmer dans les études ultérieures)	85% du linéaire
	Pose de voie double	Longueur du tracé 7,5 km
Ouvrage d'art	Volume de béton ou béton armé Volume acier si ouvrage métal ou mixte par exemple	Franchissement A86 : 734 m ³ Franchissement Pont de Rouen : 586 m ³ Murs de soutènement : 55 m ³ Trémie Joffre : 132 m ³
Stations tramway	Quais	Quais latéraux sur 13 stations Quais centraux sur 2 stations
	Signalisation, équipements urbains des stations, billettique	2,5% du poste plateforme et voie
Energie	Ligne aérienne de contact (LAC)	16 100 m de LAC
	Sous stations de traction	9 bâtiments (SST/LTS/LEX) pour surface au sol de 870 m ²
	Poteaux caténaire	2 poteaux tous les 30 m sur 7,5 km : 260 poteaux
SMR	Type de bâtiment (structure béton, acier ou bois)	Non bâti : 20 600 m ² Bâti : 9 400 m ²
Matériel roulant	Nombre de rames	16 rames de type tramway 40 tonnes par rame
Opération d'accompagnement	Parking	4 203 m ²
	Voirie	92 623 m ²
	Trottoir	91 469 m ² (incluant piste cyclable sur trottoir)
	Caniveau	Environ 2.4 fois la longueur totale du tracé (côté trottoir uniquement + raccordements)
	Bordures	Bordures IU : 28 684 ml / Bordures GLO : 15 707 ml
Organisation générale du chantier	Déplacements domicile travail	36 hommes. Mois/M€ de coût brut de construction des infrastructures.
	Energie des bases de vie	Des bases vie : administrative et travaux pour les entreprises titulaires des marchés de travaux, réparties sur le linéaire du projet.

Tableau 8. Données d'entrée et hypothèses pour la phase travaux

Le tableau ci-après présente les facteurs d'émissions associés aux travaux précédents :

POSTE	FE	VALEUR	UNITE	SOURCE
Acheminement/évacuation/mise en œuvre	Diesel	3.07	KgégCO ₂ /l	Base carbone camion d'un PTAC compris entre 11 et 19 t
	Transport en camion	0.25	kgégCO ₂ /T	Base carbone
Démolitions	Bâtiment démolition (structure béton)	82.5	kgégCO ₂ /m ²	ADEME et CSTB
Travaux préparatoires / Terrassement / assainissement	Remblais et remblais	14	kgégCO ₂ /T	Base carbone
	Canalisation DN300	0.152	Tonnes /ml	Base carbone
	Canalisation DN500	0.313	Tonnes /ml	Base carbone
Plateforme et voie	Plateforme structure classique revêtement minéral	1470	kgégCO ₂ /ml	REX (Retour d'expérience)
	Plateforme structure classique revêtement végétalisé (hypothèse prise pour le calcul du bilan carbone à confirmer dans les études ultérieures)	1280	kgégCO ₂ /ml	REX
	Pose de voie double	1224	kgégCO ₂ /ml	REX
Ouvrages d'art	Béton	176	kgégCO ₂ /m ³	Base carbone
	Béton armé	916.6	kgégCO ₂ /m ³	Base carbone
	Acier	3190	kgégCO ₂ /T	Base carbone
	Gabions	30	kgégCO ₂ /T	REX
	PRA	422	tégCO ₂	REX
Stations	Section type quai latéral	782.58	kgégCO ₂ /ml	REX
	Section type quai central	1042.02	kgégCO ₂ /ml	REX
	Signalisation, équipements urbains des stations, billettique	2.5	% du poste plateforme et voie	REX
Energie	Bâtiment (structure béton)	825	kgégCO ₂ /m ²	Base carbone
	Bâtiment (structure acier)	275	kgégCO ₂ /m ²	Base carbone
	LAC	4.11	kgégCO ₂ /ml	REX
	Béton	176	kgégCO ₂ /m ³	Base carbone
	Acier (poteaux caténaire)	3190	kgégCO ₂ /T	Base carbone
SMR	Bâtiment structure béton	825	kgégCO ₂ /m2	Base carbone
	Bâtiment structure acier	275	kgégCO ₂ /m2	Base carbone
Opérations d'accompagnement	Parking	73.3	kgégCO ₂ /m ²	Base carbone
	Voirie	117	kgégCO ₂ /m ²	Base carbone
	Trottoir	58.5	kgégCO ₂ /m ²	REX T10
	Caniveau	100	Kg/ml	Site constructeur (Sotubema)
	Bordures	80	Kg/ml	Site constructeur (Sotubema)
Matériel roulant	Matériel roulant	6966.67	kégCO ₂ /T	REX
Organisation générale du chantier	Organisation chantier	150	kgégCO ₂ /H. Mois	REX
		36	H. Mois/Meurs	REX
	Électricité bâtiment	283	KWh/m²/an	Base carbone
		0.09	kgégCO ₂ /kWh	Base carbone

Tableau 9. Facteurs d'émission pour la phase travaux

Phase exploitation

L'étude a été menée sur 30 années d'exploitation à partir de la mise en service complète du projet prévue en 2030. Le tableau ci-après présente les trafics considérés en 2030 et les évolutions en cumulé au bout de 30 ans d'exploitation. Ces données proviennent d'Ile-de-France Mobilités.

EVOLUTION DU TRAFIC (EN MILLIERS DE VEH.KM)	2030	CUMUL APRES 30 ANS	SOURCE
Circulations du tramway	797 257	23 917 710	Études d'exploitation
Reports de la voiture particulière vers le tramway	-12 100 000	-363 000 000	Dossier d'enquête publique
Modification lignes de bus	-986 003	-29 580 090	réflexions sur les principes de restructuration du réseau menées par Ile-de-France Mobilités

Tableau 10. Données d'entrée pour la phase exploitation

Les 797 257 véh.km sont le nombre total de km parcourus par l'ensemble des rames de tramway par an, ce chiffre est issu de l'étude d'exploitation tramway.
Remarque : Les évolutions de trafic présentées ci-dessus sont considérées constantes durant les 30 années d'exploitation.

Le tableau suivant présente les facteurs d'émission en 2030

FACTEURS D'EMISSION (EN GEQCO ₂ /VEH.KM)	2030	SOURCE
Tramway	232	Rapport « Vision 2030-2050 » de l'ADEME
Voiture Particulière	142	
Bus	1 150	

Tableau 11. Facteurs d'émission pour la phase exploitation

Pour les opérations de maintenance et de fonctionnement, le facteur proposé est de 400 téqCO₂/an.

Ce facteur comprend la maintenance des rames et de l'infrastructure, l'énergie de fonctionnement des stations, de la signalisation et du SMR et les déplacements des agents.

6.5 Résultats de l'étude

Phase travaux

Le tableau ci-après présente les résultats pour la phase de construction des infrastructures :

PHASE TRAVAUX		
POSTES	TEQCO ₂	%
Démolitions	1072	1%
Déviation réseaux/terrassement/assainissement	10 397	14%
Plateforme et voie	29 828	41%
Ouvrages d'arts	2 827	4%
Stations	1 359	2%
Energie	1 061	1%
Création du SMR	4 950	7%
Matériel roulant	4 180	6%
Opérations d'accompagnement	16 496	22%
Organisation du chantier	1 360	2%
Total	73 528	100%

Tableau 12. Résultats pour la phase travaux

Le graphique ci-après présente la répartition des émissions par poste

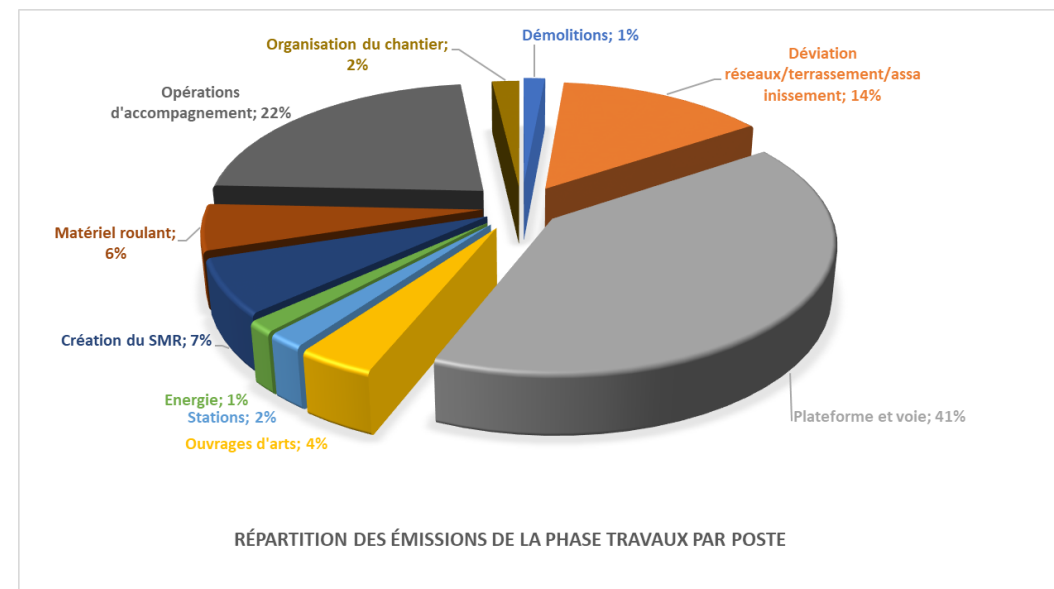


Figure 11. Répartition des émissions de la phase travaux par poste

Environ 80% des émissions totales générées sont dues à 3 principaux postes. La pose de la voie en tant que telle (plateforme, voie et revêtement) représente le premier poste avec presque la moitié des émissions. Un quart des émissions sont générées par les opérations de voiries connexes (création de voirie, de pistes cyclables de trottoirs, etc.). Une part non négligeable (14%) est également due aux travaux de terrassements.

6.6 Phase exploitation

Le tableau ci-après présente les résultats pour la phase exploitation :

RESULTAT TRAFIC (TEQCO ₂)	2030	APRES-30-ANS	APRES-33-ANS
Tramways supplémentaires	185	5549	6104
Report de la voiture particulière vers le tramway	-1718	-51-546	-56701
Bus supprimés/modifiés	-1134	-34-017	-37419
Maintenance et fonctionnement	400	12-000	12-000
Bilan	-2-267	-68014	-76-016

Tableau 13. Résultats pour la phase exploitation

Ainsi, le projet en **phase exploitation** permettra un gain d'environ 76 016 téqCO₂ à l'issue de 33 années d'exploitation, par rapport à la situation de référence.

Le projet est donc largement positif en termes de réduction des émissions de GES pour la phase exploitation.

6.7 Bilan global pour le projet

Le tableau ci-après présent le bilan global des émissions du projet comprenant la phase travaux et la phase exploitation :

BILAN GLOBAL (TEQCO ₂)		2030	2063
Phase exploitation	Total émissions générées	17-549	18-104
	Total émissions évitées	-85-563	-94-119
Phase travaux	Total émissions générées	73-528	73-528
Bilan global		5-514	-2-488

Tableau 14. Bilan des résultats phases travaux et exploitation

Au bout de 33 années d'exploitation, **les émissions évitées en phase exploitation vont permettre de compenser celles générées par les travaux.**

Pour le scénario 2030, le projet dans sa globalité est légèrement excédentaire de +5 514 teqCO₂.

Au niveau global, le projet est positif en termes d'émissions de gaz à effet de serre en 33 ans d'exploitation.

6.8 Conclusion et pistes d'amélioration

D'après les résultats obtenus, le projet présente un bénéfice du point de vue de la lutte contre le changement climatique au bout de 33 ans d'exploitation.

Pendant la phase exploitation, le projet permettra localement d'améliorer la qualité de l'air ambiant et la qualité de vie des riverains. En effet, il permettra en phase exploitation, de décongestionner en partie les axes routiers et par là même d'occasionner une baisse des émissions de polluants atmosphériques locaux.

Plusieurs pistes d'amélioration existent pour améliorer le bilan carbone d'un projet de tramway. Il s'agit notamment de :

Phase travaux

La réduction des distances d'acheminement et d'évacuation des matériaux, notamment pour les terrassements (volumes de déblais/remblais importants pour le projet Tram 1). Plus de la moitié des émissions liées aux terrassements sont en général dues au fret, le potentiel d'amélioration est donc très significatif.

Pour les opérations de voirie (voirie, parkings, pistes cyclables, etc.), l'utilisation de graves non traitées recyclées, un abaissement de la température de mise en œuvre des enrobés et l'incorporation d'agréats recyclés dans les couches d'enrobés permettent de diminuer sensiblement les émissions du poste (jusqu'à 10%).

Phase exploitation

La récupération d'énergie au freinage au niveau des sous-stations permet une économie substantielle des consommations liées à la traction et donc des émissions de gaz à effet de serre (jusqu'à 15%, selon le profil en long de la ligne).

L'implantation d'énergies renouvelables, notamment de panneaux solaires photovoltaïques au niveau du SMR par exemple (le potentiel d'amélioration dépendra des surfaces installées).

La formation des conducteurs de tramway à l'éco-conduite (jusqu'à 30% de gain annuel sur l'énergie de traction).

Pratiquer une politique d'incitation à l'utilisation du tramway (coût attractif du billet) pour augmenter le report de la route vers le nouveau service mis en place.

L'achat d'électricité verte, c'est-à-dire produite (en totalité ou en partie) à partir d'énergies renouvelables. Plusieurs fournisseurs d'énergie proposent des offres 100% ou partiellement vertes.

7. DESCRIPTION DES HYPOTHESES DE TRAFIC

7.1 Hypothèses d'évolution du réseau de transports collectifs

Horizons de modélisation

Les modélisations de trafic du projet Tram 1 Nanterre - Rueil-Malmaison intègrent des hypothèses d'évolution du réseau de transports collectifs francilien à deux horizons.

Horizon 2027 : Petit Colombes – Nanterre Mairie (Phase 1)

À l'horizon 2027, première année de pleine exploitation du Tram 1 à Nanterre Mairie, le réseau de transports collectifs francilien pris pour hypothèse de modélisation est le réseau existant en 2018 complété par les projets dont la réalisation est prévue à cet horizon.

Les principales évolutions qui auront une interaction avec le projet Tram 1 sont les suivantes :

- > Prolongement du Tram 1 à Petit Colombes ;
- > Réalisation de la ligne 15 sud du Grand Paris Express entre Noisy-Champs et Pont de Sèvres ;
- > Prolongement du RER E à l'ouest jusqu'à Mantes-la-Jolie.

Horizon 2030 : Nanterre Mairie – Rueil-Malmaison (Phase 2) et Grand Paris Express

À l'horizon 2030, l'intégralité du prolongement à Rueil Malmaison sera mise en service avec un terminus au Château de Malmaison. Les projets de transport en commun bénéficiant d'une programmation financière et dont la mise en service est prévue à cet horizon sont modélisés, en particulier le bouclage de la ligne 15 permettant une correspondance avec le Tram 1 au niveau de la place de la Boule.

Restructuration du réseau bus

Le réseau bus du secteur d'étude sera restructuré à la mise en service du Tram 1 et du Métro 15. Cette restructuration permettra d'améliorer les rabattements en bus vers les nouvelles lignes de transport dans une logique de complémentarité tout en maintenant du mieux possible les liaisons directes existantes.

La modélisation se fonde sur les hypothèses de restructuration bus issues du schéma cible de principe présenté par Île-de-France Mobilités aux collectivités et autres partenaires lors du Comité de Pilotage sur la restructuration du réseau de bus du 1^{er} février 2017. Cette restructuration bus est liée à la fois au prolongement du Tram 1 et à la réalisation de la ligne 15 ouest. Il est fait l'hypothèse que les sections de lignes de bus qui doublonnent l'itinéraire du tramway sont supprimées ou restructurées pour emprunter de nouveaux itinéraires. C'est notamment le cas des lignes RATP 258, 259 et 304 qui partagent une partie de leur tracé avec le prolongement du Tram 1.

À l'horizon 2027, la ligne 15 ouest n'étant pas encore en service et le Tram 1 ayant pour terminus Nanterre - Mairie, la restructuration prise pour hypothèse n'est que partielle.

Niveau de service sur le réseau de transport

Le tracé

Le Tram 1 Nanterre - Rueil Malmaison comprend 15 nouvelles stations entre Petit Colombes et le château de Malmaison le long d'un tracé de 7,5 km, portant ainsi la longueur totale du Tram 1 à 38,4 km.

Les temps de parcours

Il est prévu sur Tram 1 prolongé un passage toutes les 4 minutes à l'heure de pointe. La capacité théorique de la ligne sera ainsi de 3 000 voyageurs par heure et par sens.

Le temps de parcours pour rejoindre Nanterre Mairie depuis Petit Colombes est de 14 minutes, il est de 26 minutes pour rejoindre le terminus au Château de Malmaison.

Les temps de correspondance

Plusieurs stations du Tram 1 Nanterre - Rueil-Malmaison seront en correspondance avec d'autres lignes du réseau ferré. Les hypothèses de correspondance considérées sont les suivantes :

Stations en correspondance avec le Tram 1	Ligne	Temps de correspondance
Nanterre Université	RER A / Train L	4 min
Nanterre La Boule	Métro 15	6 min

Tableau 15. Temps de correspondance du projet Tram 1 Nanterre - Rueil-Malmaison à Nanterre Universités et Nanterre La Boule

7.2 Hypothèses d'évolution du trafic routier

Les réaménagements routiers pris en compte

L'insertion du tramway entre Petit Colombes et Rueil-Malmaison (Château de Malmaison) suppose des réaménagements de voirie significatifs ayant un impact sur les conditions de circulation des flux routiers (réduction du nombre de voies de circulation, mise en sens unique, création d'un échangeur, reconfiguration d'un carrefour...)

L'étude de trafic a été réalisée avec le modèle de simulation du Conseil Départemental des Hauts-de-Seine, lui-même basé sur le modèle global de trafic à l'échelle de l'Île-de-France (modèle MODUS) généré par la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Équipement et de l'Aménagement (DRIEA).

À l'échelle du modèle, ces aménagements vont modifier les capacités des axes routiers, leurs sens et éventuellement les vitesses pratiquées sur celles-ci. In fine, des modifications des itinéraires empruntés par les usagers de la route et donc des charges sur les différents axes sont à attendre.

Les différents aménagements liés à l'insertion du tramway entre Colombes et Rueil-Malmaison sont les suivants :

La limitation de capacité des tronçons routiers sur le long et à proximité du tracé du Tram 1 entre Colombes et Rueil-Malmaison :

- > Rue Gabriel Péri – RD986 (Colombes) ;
- > Avenue de la République – RD986 (Nanterre) ;
- > Rue du 11 Novembre (Nanterre) ;
- > Avenue Frédéric et Irène Joliot-Curie – RD131 (Nanterre) ;
- > Avenue du Maréchal Joffre – RD913 (Nanterre) ;
- > Avenue Paul Doumer – RD913 (Rueil-Malmaison) ;
- > Avenue Napoléon Bonaparte – RD913 (Rueil-Malmaison).

Le changement de configuration de certains carrefours du périmètre d'étude :

- > Place de la Boule (Nanterre) ;
- > Le carrefour rue du 11 Novembre x A86.

Les déplacements modélisés

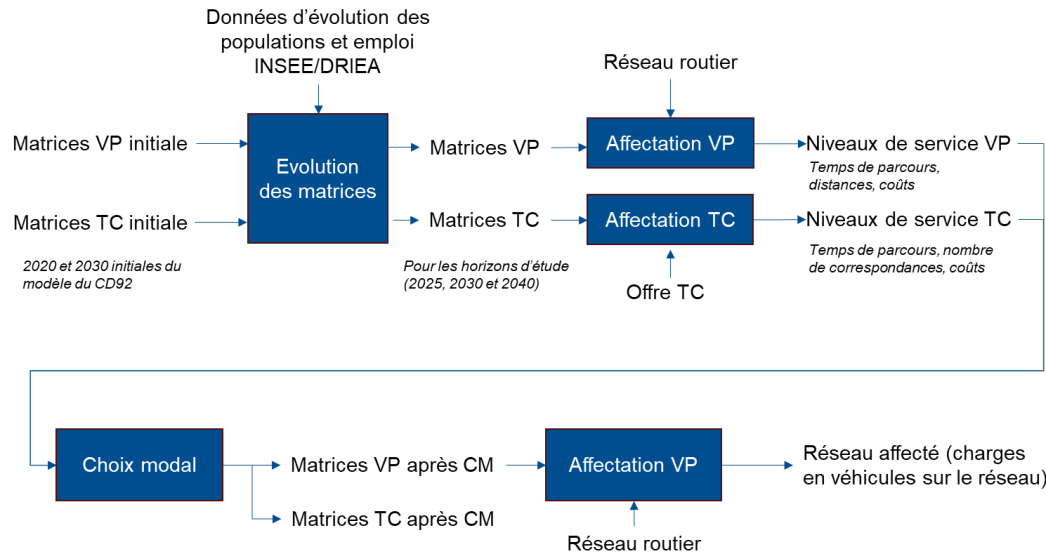


Figure 12. Méthode de construction des déplacements routiers

L'évolution des déplacements de 2017 à 2040

Les volumes de déplacements estimés pour l'horizon 2025 et 2030 ont été réalisés à partir de la structure de déplacements issue du modèle de simulation des déplacements du département des Hauts de Seine à horizon 2020. Elles tiennent compte des hypothèses d'évolutions de population et emploi établies par l'IAU. L'horizon 2025 a été utilisé pour modéliser la fréquentation du projet à la mise en service du prolongement à Nanterre Mairie en 2027. A partir de cette matrice à horizon 2020, les volumes de déplacements en 2027 et en 2030 ont été reconstruits en respectant les évolutions suivantes :

- > Les émissions de chaque zone (total des volumes émis, c'est-à-dire partant de la zone) évoluent proportionnellement à la population active en heure de pointe du matin et au nombre d'emplois en heure de pointe du soir.
- > Les attractions de chaque zone (total des volumes reçus, c'est-à-dire à destination de la zone) évoluent proportionnellement au nombre d'emploi en heure de pointe du matin et à la population active en heure de pointe du soir.

Cette méthodologie s'appuie sur le fait que les déplacements sont principalement constitués par des déplacements de type domicile vers lieu de travail en heure de pointe du matin et lieu de travail vers domicile en heure de pointe du soir. Une évolution structurelle proportionnelle à l'évolution des volumes de populations actives et du nombre d'emploi est donc pertinente.

Les évolutions des populations et des emplois ont été supposées sur la base des prévisions de la DRIEA pour l'horizon 2027.

Pour l'horizon 2040, une méthodologie équivalente a été réalisée mais à partir de la matrice de déplacement à horizon 2030 du modèle du département des Hauts-de-Seine. Les évolutions de matrices (en émissions et en attractions) ont été basées sur l'évolution des populations actives uniquement, issues des prévisions OMPHALE de l'INSEE (pour les horizons 2030 et 2040).

Ces évolutions ont été reconstruites à partir des matrices tous modes, elles-mêmes reconstruites à partir des matrices VP et TC, en supposant un taux de remplissage par véhicule de 1,27 personnes par véhicule (véhicule particulier et véhicule utilitaire).

Département	2018	2020	2027	2030	2040
Paris	1,51	1,49	1,47	1,46	1,44
Seine-et-Marne	0,92	0,93	0,95	0,96	0,96
Yvelines	0,91	0,91	0,92	0,92	0,92
Essonne	0,83	0,83	0,84	0,85	0,85
Hauts-de-Seine	1,08	1,09	1,11	1,12	1,12
Seine-Saint-Denis	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03
Val-de-Marne	0,9	0,9	0,91	0,91	0,91
Val d'Oise	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78

Tableau 16. Populations actives (en millions) de 2018 à 2040

Les évolutions de la population active ci-dessus sont utilisées pour déterminer les variations de la demande de déplacements depuis ou vers les zones pour lesquelles aucune donnée plus précise n'est à disposition. Les communes disposant d'informations plus précises sur l'évolution de la population active sont les communes des Hauts-de-Seine ainsi que les communes de Bougival et de la Celle-Saint-Cloud.

Au global, les variations de population active sont très limitées sur le territoire francilien (+0,8%) entre 2018 et 2040. Des différences existent cependant entre les différents départements de la Région (allant d'une baisse de 4,7% dans Paris à une augmentation de 4,3% en Seine-et-Marne).

Les évolutions des déplacements sur le territoire francilien sont donc elles aussi limitées.

La répartition modale de déplacements

Les volumes générés avec la méthode détaillée dans la section précédente correspondent à des déplacements tous modes. Ces volumes sont ensuite répartis entre déplacements en voiture et déplacements en transport en commun grâce à une procédure de choix modal. Pour chaque origine-destination, cette procédure compare les niveaux de service offert en voiture et en transport en commun pour en déduire une répartition modale entre les deux modes. Les niveaux de service qui servent d'élément de comparaison dépendent des éléments suivants :

- > Pour les VP :
 - Le temps de déplacement
 - La vitesse moyenne de déplacement
 - La distance parcourue
 - Le coût monétaire du déplacement
- > Pour les TC :
 - Le temps généralisé (pondéré en fonction du confort du mode emprunté)
 - Le temps de déplacement brut
 - Le nombre de zone(s) tarifaire(s) traversée(s)
 - Le nombre de correspondance(s) réalisée(s)

Ainsi sur un trajet disposant d'une bonne offre de transport et pour lequel les itinéraires routiers sont particulièrement congestionnés, la procédure orientera la répartition des déplacements en faveur des transports en commun.

La procédure a préalablement été calée sur les déplacements existants afin de reproduire le plus fidèlement possible les choix de mode des usagers alto-séquanais en fonction des différentes alternatives à leur disposition.

Dans le cadre du projet Tram 1, cette procédure permet de quantifier les impacts du projet (ainsi que l'impact des autres évolutions des transports collectifs en Ile-de-France avec le Grand Paris Express) sur les choix de modes de transport des usagers, notamment concernant les usagers de la route.

Volumes d'émissions + attractions par zone		HPM			
Commune	Référence 2027	Projet 2027	Projet 2030	Projet 2040	
Bougival	1 320	1 420	1 240	1 250	
Colombes	13 420	13 060	13 340	13 590	
Courbevoie	24 690	24 660	22 890	23 180	
La Garenne-Colombes	5 180	5 010	4 360	4 450	
La Celle-Saint-Cloud	3 140	3 320	2 870	2 910	
Nanterre	32 700	32 730	31 750	32 100	
Puteaux	29 390	28 760	25 380	25 570	
Rueil-Malmaison	17 630	18 120	18 150	18 450	
Suresnes	10 040	10 490	9 430	9 570	
TOTAL	137 510	137 570	129 410	131 070	
<i>Evolution par rapport à la Référence 2027</i>		0.0%	-5.9%	-4.7%	

Tableau 17. Volumes d'émissions + attractions VP par zone en HPM

En heure de pointe du matin, le tracé du Tram 1 (Scénario « Projet 2027 ») à un impact négligeable sur les modes de transport empruntés (en comparaison avec le scénario « Référence 2027 »). Avec la mise en place complète du projet (« Projet 2030 » et « Projet 2040 »), les trafics reportés sont plus importants (de l'ordre de -5%). Enfin, entre 2030 et 2040, l'évolution des déplacements est très faible en lien avec la faible variation de la population active prévue (environ 1% de variation).

Volumes d'émissions + attractions par zone		HPS			
Commune	Référence 2027	Projet 2027	Projet 2030	Projet 2040	
Bougival	1 680	1 680	1 620	1 580	
Colombes	13 910	13 920	12 630	12 500	
Courbevoie	26 460	26 440	24 410	24 330	
La Garenne-Colombes	5 590	5 580	5 160	5 120	
La Celle-Saint-Cloud	3 950	3 950	3 820	3 740	
Nanterre	37 100	37 030	36 200	36 190	
Puteaux	29 970	29 950	28 570	28 640	
Rueil-Malmaison	18 680	18 680	17 630	17 510	
Suresnes	10 470	10 470	9 570	9 520	
TOTAL	147 810	147 700	139 610	139 130	
<i>Evolution par rapport à la Référence 2027</i>		-0.1%	-5.5%	-5.9%	

Tableau 18. Volumes d'émissions + attractions VP par zone en HPS

En heure de pointe du soir, les effets sont similaires à l'heure de pointe du matin. La mise en place du Tram 1 partiel n'impacte que très faiblement le volume de déplacement en voiture. A horizon 2030, l'amélioration globale de l'offre en transport en commun en Ile-de-France permet de diminuer le volume de déplacement en voiture de près de 5%. Enfin, l'évolution entre 2030 et 2040 est quasiment nulle.

8. PRINCIPES DE MESURES DE PROTECTION CONTRE LES NUISANCES SONORES

L'étude acoustique présentée dans la partie Impacts et Mesures démontre que la contribution sonore du tramway seul ne dépasse pas les seuils réglementaires sur l'ensemble de son parcours.

Néanmoins, les niveaux acoustiques augmentent entre la situation avec projet (aménagements de voiries + tramway) et la situation actuelle pour 14 bâtiments.

Il s'agit des bâtiments :

- > R04 (au RdC), R06 (au RdC) et R07 (au RdC) situés avenue de la République. L'augmentation des niveaux de bruit est liée au rapprochement de la route des façades des bâtiments ;
- > R22 (au RdC et 1er étage) et R23 (au RdC) situés également avenue de la République. L'augmentation des niveaux acoustiques est liée au rapprochement de la voirie vers les façades de ces bâtiments ;
- > R29 (du RdC au 2ème), R30 (du RdC au 5ème), R31 (du RdC au 13ème), R32 (du RdC au 3ème), R33 (au RdC et 1er), R34 (du RdC au 12ème), R35 (du RdC au 5ème), R36 (du 5ème au 7ème) et R38 (du RdC au 2ème) situés rue Anatole France. L'élévation des niveaux sonores est liée au rapprochement de la chaussée et aussi de l'accroissement du trafic automobile entre les deux scénarios.

Ces bâtiments sont localisés sur les cartes du chapitre 4, dans la partie « Cadre de vie et santé publique ».

L'isolement minimal à obtenir après travaux d'isolation des façades doit ainsi respecter l'ensemble des conditions suivantes :

- > $DnAT \geq LAeq - Obj + 25 \text{ dB(A)}$;
- > $DnAT \geq 30 \text{ dB(A)}$.

Où, DnAT est le degré d'isolement de façade, LAeq est la contribution sonore de l'infrastructure obtenue en façade des bâtiments et Obj est le seuil correspondant aux objectifs réglementaires.

Les objectifs réglementaires sont de 60 dB(A) pour la période diurne et 55 dB(A) pour la période nocturne car les bâtiments à protéger sont actuellement en zone d'ambiance sonore modérée.

En appliquant la formule, les isollements à atteindre sont les suivants :

Récepteur	DnAT	Nombre de fenêtres
R04	32	2
R06	30	0 (RdC = commerces)
R07	30	0 (RdC = commerces)
R22	30	5
R23	30	0 (car objectif est respecté)
R29	30	23
R30	33	90
R31	30	16
R32	30	8
R33	30	12
R34	30	16
R35	30	50
R36	30	0 (car objectif est respecté)
R38	30	Bureaux en construction

Tableau 19. Isolation phonique à mettre en place dans le cadre du projet

Pour les bâtiments concernés, il faut tout d'abord vérifier si les isollements actuels respectent les isollements définis dans le tableau ci-dessus ; si ce n'est pas le cas, le maître d'ouvrage mettra en place une solution adéquate.

Pour ces 14 bâtiments, la réglementation oblige de mettre en œuvre des protections acoustiques.

Etant donné l'environnement urbain, la protection phonique envisageable est l'isolation acoustique des façades c'est-à-dire le remplacement des fenêtres existantes par des fenêtres plus performantes.

Par ailleurs, la circulation d'un tramway peut être source de crissements trouvant leur origine dans le contact rail-route là où les courbes sont les plus serrées.

Bien qu'identifié, le crissement reste difficilement maîtrisable car il dépend de paramètres dont l'influence n'est pas clairement établie. Les mesures suivantes peuvent cependant être préconisées :

- > Dans les phases de conception ultérieures, les zones identifiées comme à risque pourront bénéficier d'un sous-écartement des rails afin de réduire l'occurrence des crissements ;
- > En phase exploitation, une maintenance soignée du profil des roues sera de rigueur (pouvant aller jusqu'à leur reprofilage) ainsi qu'un usinage des rails ;
- > En phase exploitation, les conducteurs pourront réduire leur vitesse dans les zones à risque identifiées ;
- > Les zones en courbes seront graissées depuis la rame.

A noter que les roues vont, au fil de l'exploitation du projet, s'usiner à la forme des rails et ainsi limiter les crissements.

9. FIGURES ET TABLEAUX

Figures

Figure 1.	Périmètres d'influence du projet dans le cadre de l'analyse du développement de l'urbanisation.	5
Figure 2.	Les secteurs d'évolution au sein du périmètre d'influence rapproché selon les documents d'urbanisme (Sources : PLU Nanterre, PLU Rueil-Malmaison)	7
Figure 3.	Inégalités au sein de territoires d'Ile-de-France (Source : SDRIF)	8
Figure 4.	Secteur potentiels de développement dans le périmètre d'influence rapproché	9
Figure 5.	Graphique des émissions des oxydes d'azote NO _x	14
Figure 6.	Graphique des émissions du SO ₂ et des particules	14
Figure 7.	Graphique des émissions des métaux lourds	15
Figure 8.	Graphique des émissions des Composés Organiques Volatils	15
Figure 9.	Graphique des émissions des Composés Organiques Volatils	16
Figure 10.	Graphique des émissions du BaP	16
Figure 11.	Répartition des émissions de la phase travaux par poste	24
Figure 12.	Méthode de construction des déplacements routiers	27

Tableaux

Tableau 1.	Paramètres considérés pour l'estimation des coûts de pollutions et nuisances	11
Tableau 2.	Gains monétarisés du projet en termes de pollutions et nuisances (méthode francilienne)	11
Tableau 3.	Gains monétarisés du projet en termes de pollutions et nuisances (méthode instruction ministérielle)	11
Tableau 4.	Résultats des émissions sur la bande d'étude et l'impact du projet	13
Tableau 5.	Données d'entrée sur l'évolution du trafic	17
Tableau 6.	Ratios et coefficients utilisés pour l'étude énergétique	18
Tableau 7.	Résultats de l'étude énergétique pour les scénarios 2027, 2030 et 2040	18
Tableau 8.	Données d'entrée et hypothèses pour la phase travaux	21
Tableau 9.	Facteurs d'émission pour la phase travaux	22
Tableau 10.	Données d'entrée pour la phase exploitation	23
Tableau 11.	Facteurs d'émission pour la phase exploitation	23
Tableau 12.	Résultats pour la phase travaux	23
Tableau 13.	Résultats pour la phase exploitation	24
Tableau 14.	Bilan des résultats phases travaux et exploitation	24
Tableau 15.	Temps de parcours du projet Tram 1 Nanterre - Rueil-Malmaison	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 16.	Temps de correspondance du projet Tram 1 Nanterre - Rueil-Malmaison à Nanterre Universités et Nanterre La Boule	26
Tableau 17.	Populations actives (en millions) de 2018 à 2040	27
Tableau 18.	Volumes d'émissions + attractions VP par zone en HPM	28
Tableau 19.	Volumes d'émissions + attractions VP par zone en HPS	28
Tableau 20.	Isolation phonique à mettre en place dans le cadre du projet	29

