

Bus Express Pellegrin – Thouars - Malartic

**DOSSIER D'ENQUETE PUBLIQUE PREALABLE A LA DECLARATION D'UTILITE PUBLIQUE
EMPORTANT MISE EN COMPATIBILITE DU PLU**

Pièce H – Etude d'impact

Chapitre 6 : Chapitre spécifique aux infrastructures de transports

Chapitre 6 : Chapitre spécifique aux infrastructures de transport ----- 3

1. Préambule4

2. Analyse des conséquences du projet sur le développement éventuel de l’urbanisation5

3. Analyse des enjeux écologiques et des risques potentiels liés aux aménagements fonciers, agricoles et forestiers6

4. Analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits par le projet.....8

5. Description des hypothèses de trafic..... 11

6. Principes de mesures de protection contre les nuisances sonores13

7. Bilan des émissions de GES14

8. Estimation de la consommation énergétique résultant de l’exploitation du projet.20

CHAPITRE 6 : CHAPITRE SPECIFIQUE AUX INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

1. Préambule

Conformément l'article R. 122-5 III du code de l'environnement, l'étude d'impact doit comporter une partie spécifique aux infrastructures si celles-ci sont visées aux rubriques 5 à 9 du tableau annexé à l'article R.122-2 du même code.

Le projet objet de la présente étude d'impact est visé à la Rubrique 6° Infrastructures routières (les ponts, tunnels et tranchées couvertes supportant des infrastructures routières doivent être étudiés au titre de cette rubrique) : *c) Construction, élargissement d'une route par ajout d'au moins une voie, extension d'une route ou d'une section de route, lorsque la nouvelle route ou la section de route élargie ou étendue a une longueur ininterrompue supérieure ou égale à 10 kilomètres.*

Conformément à la réglementation, 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 ;
- ♦ 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 du code de l'environnement ;
- ♦ un bilan des émissions de gaz à effet de serre (GES).

2. Analyse des conséquences du projet sur le développement éventuel de l'urbanisation

L'arrivée d'infrastructures de transport collectif telle que celles du projet de bus express sur un territoire, en facilitant les déplacements et en diminuant les coûts de transport pour les usagers, peut induire une modification de l'urbanisation sur son périmètre d'influence. L'offre et la qualité de desserte du territoire étant améliorées, des modifications de l'occupation actuelle des sols pourraient apparaître, qu'elle soit résidentielle, liée à des activités économiques culturelles, éducatives, sportives...

Comme nous le rappelle l'appel à projet « 50 000 logements autour des axes de transport collectif » initié en 2010 par la Communauté Urbaine de Bordeaux, le développement de l'urbanisation le long des corridors structurants de transports en commun a été régulièrement encouragé et observé sur Bordeaux Métropole, que ce soit pour les projets de tramway ou de bus express. Centrée sur les principes d'urbanisation dans des corridors de déplacements et de développement de lieux d'intermodalité, elle a permis de revisiter l'articulation entre urbanisme et mobilité.

Le projet permettra de rendre plus attractif les territoires desservis par la ligne Lianes 8 à laquelle il va se substituer, en passant à un service de bus express. Desservant à la fois le CHU Pellegrin, la future halte ferroviaire Talence Médoquine, le campus universitaire et les équipements de loisirs (Centre nautique Henri Deschamps, le stade Chaban Delmas) et de tourisme (château de Thouars, domaine de Raba) ainsi que les secteurs résidentiels, les nouvelles infrastructures de transport du projet pourront être utilisées pour des déplacements professionnels, personnels et touristiques.

L'aire d'étude s'inscrit dans un milieu déjà fortement urbanisé à dominante d'habitats collectifs (nord) et pavillonnaires (sud) dans lesquels s'insèrent quelques commerces et activités ainsi que de grands ensembles éducatifs et hospitaliers.

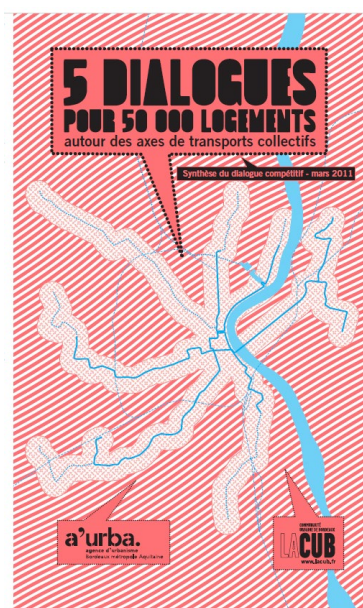
Dans cet espace densément occupé, les seuls « espaces libres » sont constitués par les squares et jardins publics et privés ou par des équipements sportifs ou historiques et culturels (château de Thouars). Enfin, la troisième occupation du sol majeure est constituée du réseau viaire que sont les boulevards (Malartic, Pompidou), les avenues (Thouars, Mission Haut Brion, de la Vieille Tour, avenue de l'université, cours de la libération) et la rocade.

Deux espaces naturels d'envergure sont situés à proximité immédiate du projet :

- ♦ Le bois de Thouars, d'une superficie de 60ha dont 30 boisés, inscrit en Espace boisé Classé (EBC) et en zone naturelle d'intérêt national ;
- ♦ la forêt du parc du bois de Papaye à Gradignan, le long du boulevard Malartic, qui est en partie dans un site inscrit dans le secteur de la vallée de l'Eau Bourde.

La majorité des « espaces libres » précités ne permettent pas une urbanisation ou artificialisation non réfléchie de ces secteurs et, ainsi, la préservation de ces espaces de respiration au sein d'un contexte urbain dense.

Les développements potentiels de l'urbanisation se traduiront donc par la requalification d'espaces déjà bâtis, le renouvellement urbain et la construction de la ville sur elle-même en valorisant le foncier déjà artificialisé et équipé.



3. Analyse des enjeux écologiques et des risques potentiels liés aux aménagements fonciers, agricoles et forestiers

Les impacts du projet sur les milieux naturels et sur les continuités écologiques sont présentés dans le chapitre impacts et mesures (chapitre 5) de l'étude d'impact.

Le projet s'inscrit dans une démarche végétale ambitieuse dans le cadre de la politique « 1 million d'arbres » de Bordeaux Métropole, avec notamment comme objectifs :

- ♦ Renforcer la présence du végétal,
- ♦ Végétaliser sans dénaturer (composer avec les essences locales et/ou existantes),
- ♦ Utiliser le végétal comme élément repère et maillage conducteur des déplacements,
- ♦ Améliorer la qualité de vie des quartiers grâce à un apport végétal source d'aménité et de fraîcheur,
- ♦ Amener de la biodiversité.



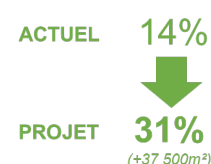
La végétalisation de l'espace public vise à renforcer la présence du végétal et à en faire un élément structurant des quartiers. Les enjeux sont de :

- ♦ Végétaliser sans dénaturer (composer avec les essences locales et/ou existantes, puiser dans la charte de Bordeaux Métropole et des autres communes concernées),
- ♦ Utiliser le végétal comme élément repère et maillage conducteur des déplacements,
- ♦ Améliorer la qualité de vie des quartiers grâce à un apport végétal source d'aménité et de fraîcheur.

Le réaménagement des voiries prévu dans le cadre du projet favorise la mise en terre d'un lien végétal, participant au cadre de vie, support de biodiversité, notamment dans les secteurs disposant de sujets remarquables (rue de Canolle, rue Antoine Bourdelle, place Mozart, le talus des Arts & Métiers, avenue de l'Université, avenue de Thouars et le boulevard Malartic). Une attention particulière est portée sur la préservation et la conservation des arbres existants, tout en mettant en œuvre de nouvelles plantations.



Le projet a également pour ambition de planter des arbres sur les quais de station, les arbres étant de véritables vecteurs de rafraîchissement de l'espace en apportant un ombrage bienfaisant. Les essences d'arbres qui seront plantées ont été sélectionnées en fonction de plusieurs critères : leur résistance au réchauffement climatique, leur durabilité dans le temps, une croissance rapide, et leur intérêt aussi bien écologique qu'esthétique.



Afin d'avoir un maximum d'espace perméable, les stationnements seront en pavés engazonnés afin de supporter le stationnement tout en s'intégrant au mieux dans la continuité végétale créée sur le linéaire. Cette conception du projet nous permet d'augmenter la part de surfaces perméables ou infiltrées de 14% à 31% sur l'ensemble du linéaire.

La requalification des espaces publics liée au bus express se fera par la mise en place d'une plantation structurante d'arbres, à même de générer des continuités écologiques. Le projet vise à végétaliser au maximum selon les dispositifs imaginés : plates-bandes et cercles végétalisés de diamètres variables, dans une logique de maintien d'alignements d'arbres bilatéraux, de part et d'autre de la chaussée, les vides étant le plus souvent comblés par de nouvelles plantations.

Lorsque les plantations arborées ne seront pas envisageables, du fait des réseaux ou des contraintes d'accessibilité pompiers par exemple, elles seront remplacées par des plantations arbustives ou de vivaces qui maintiendront la continuité végétale dans les aménagements.

Le parti paysager consistera à accompagner les voies autant que possible. Il instaure une trame végétale fondée sur les principes de plantation des villes traversées par le projet : Bordeaux, Talence, Villenave d'Ornon et Gradignan. Les principes de plantation retenus sont des alignements ou une ponctuation d'arbres diversifiés accompagnés de massifs arbustifs.



Figure 1 : Végétalisation projetée à Arts et Métiers (photomontage non contractuel)

La palette végétale est diversifiée, suivant la charte des végétaux telle qu'approuvée par le bureau de Bordeaux Métropole et relative au Plan Paysage Métropolitain afin d'offrir un paysage végétal riche et parfaitement adapté au climat bordelais. La diversité des essences est un enjeu essentiel pour réduire la sensibilité du patrimoine aux maladies et ravageurs présents ou potentiels et favoriser un biotope riche et fertile. Les arbres existants sur les secteurs d'étude seront conservés au mieux, en respectant leur ZPR (zone de protection racinaire).

Certification HQE Infrastructures Durables

Le projet du bus express Pellegrin-Thouars-Malartic est également en cours de certification HQE Infrastructures Durables, portée par Certivéa. Cette certification atteste qu'une infrastructure répond à l'ensemble des enjeux du développement durable.

La démarche HQE™ Infrastructures, piloté par Certivéa, assure une prise en compte du Développement Durable dans toutes ses composantes et garantit un suivi en continu des objectifs initiaux tout au long du projet. La démarche HQE™ Infrastructures durables structure un processus souple et totalement contextualisé qui répond aux enjeux locaux. Elle optimise le dialogue avec les acteurs locaux et permet de mobiliser les parties prenantes.

La certification HQE™ Infrastructures est une approche multicritère dans une perspective de développement durable. Les objectifs de performance définis par le référentiel s'organisent autour de quatre engagements :

- ♦ Engagement 1 : Qualité de vie ;
- ♦ Engagement 2 : Respect de l'environnement ;
- ♦ Engagement 3 : Performance économique ;

♦ Engagement 4 : Management responsable.

Les quatre engagements sont déclinés en 19 thèmes complémentaires :



Figure 2 : Thématiques de la certification – Source : Certivea

Le référentiel distingue des exigences récurrentes (gestion documentaire, compétences et pilotage) et des exigences spécifiques aux quatre phases du projet depuis la programmation jusqu’à la mise en service.

La démarche est centrée sur un SMO (Système de management de l’opération) qui prend en compte les enjeux du développement durable en intégrant des préoccupations environnementales, économiques et sociétales.

Pour conclure sur les enjeux écologiques et les risques potentiels liés aux aménagements fonciers, agricoles et forestiers, le projet n’engendre pas d’impact sur des surfaces agricoles ou forestières. De plus les démarches de végétalisation et de certification HQE mise en œuvre participent à l’intégration du projet dans une démarche de développement durable.

Ainsi le projet n’est 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

4.1. Pollution atmosphérique

Le coût de la pollution atmosphérique vise à valoriser sur le plan socio-économique le volume de pollution locale généré par un déplacement. Il permet ainsi de valoriser les reports depuis la voiture vers le Bus Express qui émet moins de polluants par voyageur.

Les coûts de la pollution locale pour le transport routier sont donnés par la fiche outil « V - Valeurs de référence prescrites pour le calcul V 03 05 2019 »¹. Ils dépendent de la motorisation des véhicules et du tissu urbain traversé. Il est considéré qu'un véhicule électrique n'émet pas de polluant en phase d'exploitation.

€2015/100 véh.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
Voiture essence	4,4	1,3	0,6	0,4	0,3
Voiture diesel	14,2	3,9	1,6	1,3	1,0

Tableau 1 : Valeurs unitaires pour la valorisation de la pollution atmosphérique

Ces valeurs unitaires suivent une évolution précisée selon deux composantes :

- Selon le PIB (impact sur la vie humaine)
- Selon une évolution prévue dans la fiche-outil « Cadrage du scénario de référence » et dépend du scénario considéré, prenant en compte les évolutions technologiques sur le parc

4.2. Émissions de gaz à effet de serre

Pour le mode routier, la consommation unitaire moyenne des voitures, le facteur d'émission associé et leur évolution dans le temps sont issus de la Fiche-Outil DGITM² « Cadrage du scénario de référence » et résumées dans le tableau ci-dessous pour chacun des scénarios AMS et AME :

Emission de CO2 (gCO2/km)	2015	2030	2050	2070
Scénario AMS	157,2	94,0	0	0
Scénario AME	157,2	120,9	87,2	0

Tableau 2 : Evolution des facteurs d'émission des carburants en moyenne selon scénario AMS/AME (source Fiche Outil DGITM, 2019)

Le scénario AME « avec mesures existantes », reflète l'impact des politiques et mesures adoptées en matière de lutte pour le changement climatique jusqu'à une certaine date passée, et un scénario « avec mesures supplémentaires » (AMS), qui traduit l'impact de nouvelles mesures qui seraient mises en œuvre dans le futur de manière à atteindre un certain objectif.³

4.3. Nuisances sonores

Les coûts des nuisances sonores utilisées dans les bilans sur la base des valeurs recommandées par la DGITM (Direction générale des infrastructures, des transports et des mobilités). Les valeurs considérées dans le bilan socio-économique sont les suivantes :

- Pour les voitures : 2,44 €2015 /1000 veh.km en 2015 ;
- Pour le Bus Express et les bus, on utilise la valeur de référence pour un poids-lourd : 24,4 €2015 /1000 veh.km en 2015.

Cependant en urbain très dense, les valeurs de référence sont :

- Pour les voitures en urbain très dense : 2,76€ /1000 veh.km en 2015 pour les voies communales
- Pour le Bus Express et les bus, la valeur de référence poids-lourd est de 27,6€ /1000 veh.km en 2015.

Ces valeurs unitaires suivent l'évolution du PIB.

4.4. Avantages induits par le projet

Le secteur des transports représente le deuxième plus fort consommateur d'énergie finale en Aquitaine en 2008 avec 28 453 GWh (28%) contre 31% en France. Il émet plus de Gaz à Effet de Serre (GES) à l'échelle départementale (53,3%) qu'à l'échelle métropolitaine (39%).

Le projet d'amélioration de la desserte en transport en commun de la zone contribue à augmenter le nombre d'utilisateurs des transports en commun avec des reports depuis la voiture particulière (VP). Les pistes cyclables et trottoirs favorisent les modes doux, non polluants.

Ainsi, le projet permet une réduction des émissions de gaz à effet de serre grâce à :

- Une utilisation du bus électrique qui n'émet pas directement des gaz à effet de serre ;
- Un report modal de la voiture particulière vers les transports en commun.

Le projet permet de réduire le trafic routier et des effets pour les riverains, les usagers de la voiture, la collectivité dans son ensemble et la puissance publique

La mise en place de la ligne de bus express convainc des usagers de la route de se reporter vers d'autres modes, d'une part grâce à l'attractivité accrue des transports en communs et du réseau cyclable réalisée par le projet, et d'autre part par la pénalisation plus importante du mode routier (réductions de capacité et plus grande difficulté de stationnement sur certains secteurs). Cela a pour effet de réduire le trafic routier de manière significative. Ce sont au total 72 300 véhicules.kilomètres qui sont économisées chaque jour, soit 19 299 300 véhicules.kilomètres par an. Le détail de ces économies par type de densité est le suivant :

Classe de densité	Véhicules.kilomètres par jour	Véhicules.kilomètres par an
Interurbain	-4 400	-1,2 millions
Urbain diffus	-20 900	-5,6 millions
Urbain	-6 600	-1,7 millions
Urbain dense	-20 300	-5,4 millions
Urbain très dense	-20 200	-5,4 millions
Total	-72 300	-19,3 millions

Tableau 3 : Economies de véhicules.kilomètres par classe de densité

¹ Fiches outils accompagnant la note technique du 27 juin 2014 de la direction générale des infrastructures, des transports et de la mer présentant la méthode d'évaluation issue de l'instruction du Gouvernement du 16 juin 2014 relatif au cadre général de l'évaluation des projets d'infrastructures et de services de transport, en application des articles L1511-1 à L1511-6 et R1511-1 à R1511-16 du code des transports.

² Direction générale des infrastructures, des transports et des mobilités
³ Plus d'information sur : [Scénarios prospectifs énergie-climat-air | Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires \(ecologie.gouv.fr\)](#)

Cette différenciation par classe de densité est justifiée car l’impact est plus important (bruit, pollution) dans un secteur dense.

Cette réduction du trafic entraîne notamment :

- Une baisse des nuisances sonores pour les riverains des secteurs concernés
- Une baisse de la pollution locale pour les riverains des secteurs concernés
- Une baisse des émissions de gaz à effet de serre pour l’ensemble de la collectivité

Le bilan socioéconomique du projet présente une Valeur Actualisée Nette Socio-Economique (VAN-SE) largement positive qui s’établit à 314 M€₂₀₂₃. La VAN par euro investi est de 1.71 ce qui est très satisfaisant. Ces indicateurs traduisent la rentabilité socioéconomique du projet.

Bilan actualisé à 4,5% (en M€ ₂₀₂₃)	Indicateurs
VAN-SE	314 M€ ₂₀₂₃
VAN-SE par euro investi	1.71
Taux de rentabilité interne	11,5%

Tableau 4 : indicateurs socio-économiques

Un test AMS/AME a été réalisé afin de comparer les résultats du bilan socio-économique entre le scénario AMS (le scénario principal) prenant en compte les évolutions dues aux politiques de déplacement et de réduction des gaz à effet de serre mises en place par l’Etat et le scénario AME se basant sur une non-intervention de l’Etat dans les politiques de mobilité et de pollution.

Le bilan actualisé des coûts et des gains est synthétisé dans le tableau suivant sur l’ensemble de la durée de l’évaluation :

Bilan pour la collectivité Taux actualisation à 4,5% Période d’évaluation : 2028-2070 Résultats en M€ ₂₀₂₃	Scénario AMS
Bilan pour les acteurs du projet	
Usagers	516 M€ ₂₀₂₃
Gain de temps des anciens usagers	311 M€ ₂₀₂₃
Gains pour les usagers reportés de la route	110M€ ₂₀₂₃
Gains pour les usagers de la route (décongestion routière)	96 M€ ₂₀₂₃
Riverains	10,5 M€ ₂₀₂₃
Pollution locale et régionale	9 373 k€ ₂₀₂₃
Nuisances sonores	1 137 k€ ₂₀₂₃
Exploitant Transport en Commun Urbain (TCU)	0 k€ ₂₀₂₃
Recettes voyageurs Hors Taxe	39 514 k€ ₂₀₂₃
Coût d’exploitation du bus express	-151 709 k€ ₂₀₂₃
Economie d’exploitation bus	74 466 k€ ₂₀₂₃
Subvention d’exploitation de l’Autorité Organisatrice des Ttransport	37 729 k€ ₂₀₂₃
Puissance publique ⁴	-66,3 M€ ₂₀₂₃
Taxes	-23 877 k€ ₂₀₂₃
Insécurité	36 272 k€ ₂₀₂₃
Effet de serre	1 024 k€ ₂₀₂₃
Gestionnaire d’infrastructure routière	3 092 k€ ₂₀₂₃
Subvention d’exploitation de l’Autorité Organisatrice des Ttransport	-37 729 k€ ₂₀₂₃
Effet amont-aval	6 244 k€ ₂₀₂₃
COFP et PFRFP	-51 328 k€ ₂₀₂₃
Coût du projet	-146,8 M€ ₂₀₂₃
Investissements infrastructure et matériel roulant	-125 M ₂₀₂₃
Investissements éludés	18,5 M ₂₀₂₃
Renouvellements	41 M ₂₀₂₃
Indicateurs socio-économique	
VAN-SE	314 M€
TRI	11.5%
VAN SE par euro investi	1.7

En particulier pour les riverains, on note une amélioration de la qualité de vie avec une baisse des nuisances sonores et une baisse des émissions de gaz à effet de serre à proximité de leur domicile.

Coûts et avantages pour les riverains (en k€ ₂₀₂₃)	Somme actualisée
Pollution locale et régionale	9 373 k€ ₂₀₂₃
Nuisances sonores	1 137 k€ ₂₀₂₃
Bilan Riverains	10,5 M€ ₂₀₂₃

Tableau 5 : Bilan pour les riverains

⁴ Les taxes baissent du fait de la diminution de l'utilisation de la voiture. Cependant l'amélioration de la sécurité routière, la baisse des émissions de gaz à effet de serre, la réduction des besoins de maintenance de la voirie permettent de compenser en partie la baisse de taxe. La puissance publique au travers de l'Autorité Organisatrice des Transports subventionne l'exploitant pour absorber la hausse des coûts d'exploitation du réseau de transports en communs

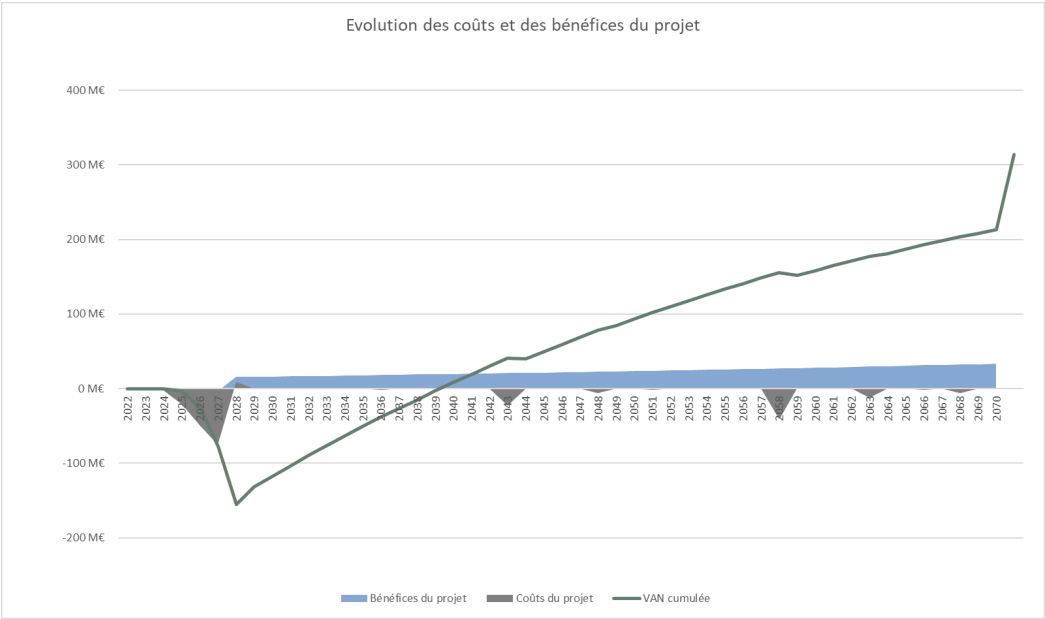


Tableau 6 : Valeur actualisée nette socio-économique cumulée (jusqu'en 2070)

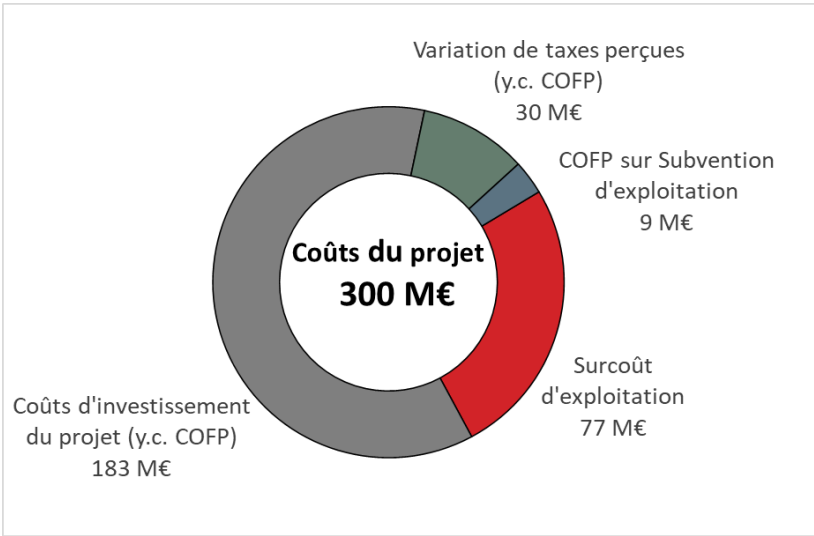


Figure 3 : Répartition des coûts du projet par poste de dépense

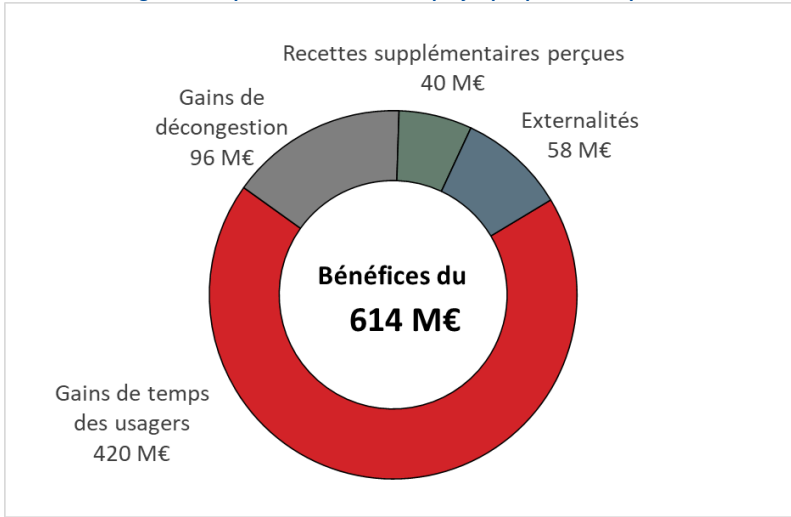


Figure 4 : Répartition des bénéfices du projet par poste de bénéfice

5. Description des hypothèses de trafic

5.1. La modélisation des trafics

La réalisation d'une étude socio-économique passe par l'estimation des trafics générés par le projet, et le calcul d'un certain nombre d'indicateurs sur les impacts du projet pour les usagers (gains de temps, etc.).

Bordeaux Métropole utilise pour cela le Modèle Multimodal Multipartenarial (MMM), qui couvre tout le département de la Gironde, et qui est développé et maintenu par la Métropole avec ses partenaires, à savoir l'Etat (via la DREAL), la Région et le Département. Il s'agit d'un modèle multimodal (piéton, vélo, voiture particulière - VP, transports collectifs - TC) sur l'ensemble du département de la Gironde, dont le zonage est particulièrement fin sur la métropole bordelaise.

Le MMM présente l'intérêt de restituer précisément les générations et distributions Origine-Destination (O-D) de flux sur le territoire (en respectant les critères de calage définis par rapport aux enquêtes sur lesquelles il est basé - à l'échelle de l'ensemble de son périmètre), les niveaux de service offerts par chaque mode de transport sur chaque O-D, ainsi que les répartitions modales et d'itinéraires sur ces mêmes O-D en fonction des niveaux de services proposés par mode. La mobilisation de cet outil, qui comprend tous ces calculs détaillés sur un zonage très fin (jusqu'à l'IRIS notamment sur la Métropole) et à une échelle dépassant largement la Métropole de Bordeaux (échelle du département), est donc totalement pertinente pour cette étude. Développé sous le logiciel Visum, le MMM simule les trafics jusqu'à un horizon 2030, compatible avec la date de mise en service envisagée du projet de Bus Express.

Par sa simulation jusqu'aux itinéraires empruntés sur les différents réseaux TC pour chaque couple O-D du territoire, l'outil permet notamment d'estimer pour chaque ligne et notamment le futur Bus Express :

- ♦ Les volumes de fréquentation journalière (jour ouvrable de base) ;
- ♦ Les montées-descentes par station, et donc les serpents de charge ;
- ♦ Les origines-destinations des voyages ;
- ♦ Les correspondances entre lignes ;
- ♦ Les déplacements supplémentaires sur le réseau TC, et les évolutions de parts modales ;
- ♦ Les évolutions de volumes de VP en circulation et de distances parcourues (véhicules.kilomètres) ;
- ♦ Les évolutions de temps et coûts de trajet pour l'ensemble de la demande de transport, entre la situation prospective de référence sans Bus Express et la situation de projet avec Bus Express, permettant d'alimenter le bilan socio-économique du projet.

Le MMM a été développé à partir notamment de l'Enquête Ménage Déplacements de 2009. Un premier calage a été réalisé pour l'année 2009, puis différents recalages ont été réalisés au fur et à mesure de l'obtention de données plus récentes. Le dernier recalage prend en compte notamment les résultats de l'Enquête Ménage Déplacements Bordeaux/Gironde de 2021 (8021 ménages enquêtés, 11 814 individus interrogés).

La version du modèle utilisée pour cette étude est la version 10.3.

Un recalage partiel a été réalisé autour du projet pour représenter au mieux la situation actuelle : montées dans la Lianes 8, charges sur le réseau viaire, temps de parcours en bus et en voiture.

5.2. Contexte de l'intervention : description de l'évolution attendue du territoire

L'évolution attendue du territoire jusqu'à la date de mise en service du bus express (2027) est appelée « scénario de référence ». Ce scénario décrit les évolutions du territoire, tant dans sa composante socio-démographique que des projets connexes mis en service sur le territoire.

5.2.1. Hypothèses socio-économiques : une croissance encore soutenue du territoire

Les hypothèses de croissance démographique retenues pour le projet sont celles intégrées dans le modèle des déplacements de Bordeaux Métropole, appelé Modèle Multimodal Multipartenarial, qui couvre tout le département de la Gironde. Les hypothèses contenues dans le modèle font l'objet d'une validation par les partenaires, à savoir l'Etat (via la DREAL), Bordeaux Métropole, la Région et le Département.

Une croissance soutenue est ainsi prévue jusqu'en 2030, où la métropole atteindrait 959 400 habitants. En 2020, la métropole totalisait 819 600 habitants, cela représente donc une croissance de 1,59% par an pendant 10 ans. En 2027, à la mise en service du bus express, la population serait de 939 000 habitants.

Le long du linéaire on retrouve plusieurs projets immobiliers qui créeront des logements, des commerces et des locaux d'entreprises, dynamisant ainsi les quartiers traversés par le bus express. Ces projets sont les suivants (liste non exhaustive) :

- ♦ Projet « Monadey », avenue de l'Université, 27 logements. Le projet Monadey a une interface directe avec la ligne du Bus Express Pellegrin-Thouars-Malartic sur l'avenue de l'Université. Il se situe à proximité de l'arrêt Lycée Kastler ;
- ♦ Projet « Central Parc », 249 logements + commerces + tertiaire, à proximité du CREPS et de la future station de la ligne de Bus Express Pellegrin-Thouars-Malartic ;
- ♦ Projet de résidence sociale pour jeunes actifs « MESOLIA », 142 logements au total. La future résidence aura un accès direct sur le cours de la Libération.

Une croissance soutenue du territoire

Sur l'ensemble de Bordeaux Métropole, une croissance soutenue du nombre d'habitants est attendue, dans la continuité des tendances passées, créant une demande toujours plus importante de déplacements, notamment en transports en commun.

Cette croissance générale se concrétise le long de l'itinéraire de la ligne de Bus Express Pellegrin-Thouars-Malartic, avec des programmes de construction de logements, notamment à Talence.

5.2.2. Projets de mobilités sur le territoire pris en compte dans les hypothèses de trafic

5.2.2.1. Le RER métropolitain et la création du son pôle d’échanges multimodal Talence Médoquine (PEM)

Afin d’offrir des solutions de transports en commun efficaces à tous les habitants des zones urbaine et péri-urbaine de Bordeaux, de réduire l’usage de la voiture et de baisser les émissions de gaz à effet de serre et de polluants, Bordeaux Métropole et la Région Nouvelle-Aquitaine ont adopté une feuille de route en 2018 qui prévoit :

- Des horaires de TER qui s’améliorent avec plus de fréquence et une desserte adaptée aux besoins ;
- Une tarification TER adaptée à l’utilisation de différents modes de transport pour se déplacer dans la périphérie urbaine bordelaise ;
- La création de lignes de car express pour une desserte de proximité performante ;
- La création de deux haltes ferroviaires pour améliorer la desserte en TER ;
- La création de lignes de TER qui traversent Bordeaux sans changement de train à travers des dessertes allant de bout-en-bout entre Arcachon et Libourne et Langon et Saint-Mariens-Saint-Yzan.

Ce projet sera mis en place progressivement entre 2020 et 2030 suivant une méthode laissant une large place à l’expérimentation et à la mise en service progressive de nouveaux services.

En 2030 le réseau TER constituant le RER Métropolitain de Bordeaux sera le suivant :

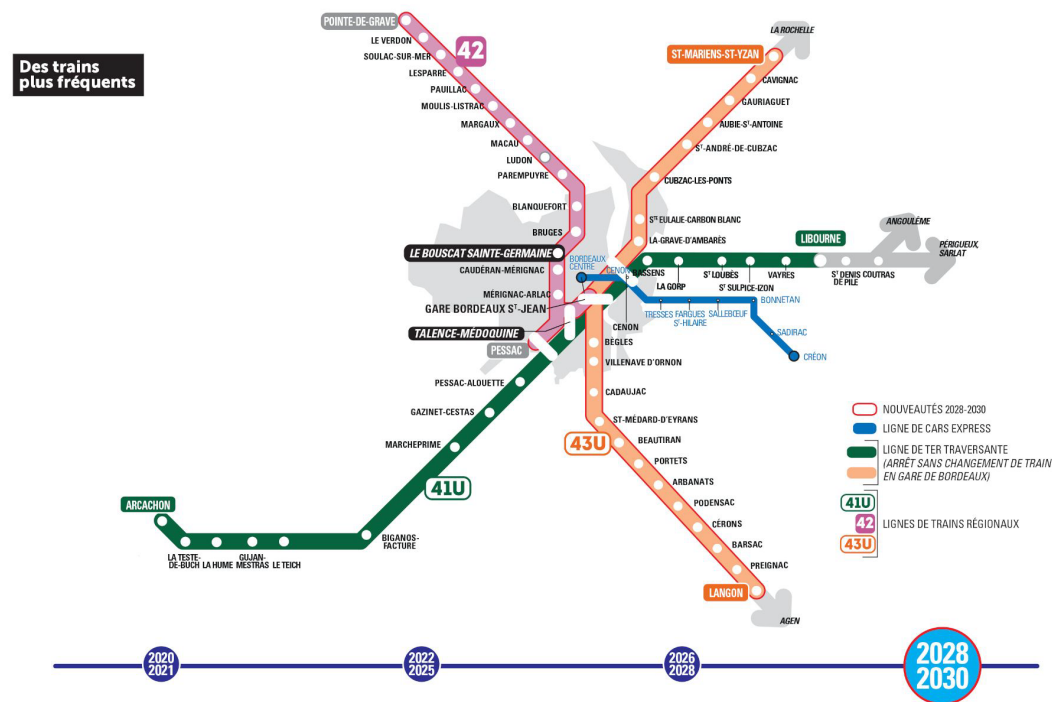


Figure 5 : Plan du réseau RERM de Bordeaux Nouvelle-Aquitaine en 2030

Dans le cadre de ce projet, un nouveau PEM sera ouvert sur le réseau : la halte de Talence-Médoquine..

Le PEM Talence-Médoquine sera central dans les déplacements au sein de l’agglomération bordelaise. En effet ce dernier sera au croisement de deux des trois lignes du RER (41U et 42) et sera en interconnexion avec la Lianes 8 dans un premier temps, puis avec le Bus Express. Ainsi il sera possible de se rendre à :

- Libourne via la ligne 41U, en passant par la gare de Bordeaux Saint-Jean qui permet une connexion avec les réseaux TGV, TER et Intercités ;
- Arcachon via la ligne 41U, en passant par la gare de Pessac ;
- Le Verdon par la ligne 42, qui dessert un certain nombre de gares de l’agglomération bordelaise.

L’interconnexion avec le bus express Pellegrin Thouars Malartic permettra de relier l’hôpital Pellegrin à Gradignan en passant par le campus universitaire et en connexion avec les lignes de tramway A et B, permettant de desservir une large partie de l’agglomération.

Les hypothèses d’offre sur le réseau RER métropolitain prises en compte pour le projet sont les suivantes :

- Ligne 41U : un train toutes les 30 minutes en heure de pointe entre Arcachon et Libourne, avec un renfort entre Arcachon et Bordeaux (1 train toutes les 15 minutes) en heure de pointe du matin.
- 43U : la ligne n’est pas encore diamétralisée à l’horizon 2027 – même offre qu’actuellement
- 42 : même offre qu’actuellement

5.2.2.2. Autres projets de mobilité

D’autres projets de mobilités sont prévus le long du linéaire du bus express, ces projets concernent les transports en commun et la voirie, ce sont les projets suivants :

- Projets de mobilité :
 - Restructuration du dépôt de bus de Lescure à Bordeaux ;
 - Voie verte Chouiney à Gradignan ;
 - PEM Campus Arts & Métiers à Talence ;
 - Les 6 nouvelles lignes de bus express :
 - o Bordeaux-Saint Aubin ;
 - o Intrarocade ;
 - o Circulaire des boulevards ;
 - o Liaison gare Saint Jean-Artigues ;
 - o Liaison Presqu’île Campus ;
 - o Technobus extrarocade.
- Requalification routière :
 - Cours de la Libération ;
 - Modification giratoire Université-Libération ;
 - Giratoire Thouars-Rabelais ;
 - Aménagement de la place Gauguin ;
 - Giratoire Thouars-Rimbaud ;
 - Rue Pierre Corneille ;
 - Réaménagement du boulevard Malartic.

5.2.3. Projet d’équipements

D’autres projets d’aménagement sont prévus le long du linéaire du bus express, de nouveaux équipements et la rénovation de certains permettront de dynamiser la zone et de créer à terme des pôles d’attraction important sur la ligne du bus express. Ce sont les projets suivants :

- Projets sur les équipements :
 - Agrandissement et restructuration du lycée hôtelier ;
 - Restructuration de la prison de Gradignan ;
 - Projet de résidence sociale Jeunes Actifs, cours de la libération, Talence – MOA : MESOLIA.

La description détaillée de l’ensemble de ces projets est disponible dans la pièce J : Evaluation socio-économique du présent dossier.

6. Principes de mesures de protection contre les nuisances sonores

La modification d’une infrastructure existante est considérée comme significative si la contribution sonore qui en résulterait à terme, pour au moins une des périodes, est supérieure de plus de 2 dB(A) à la contribution sonore à terme de l’infrastructure avant cette modification ou transformation.

Le contexte réglementaire de modification significative implique une analyse de l’évolution des niveaux sonores entre la situation de référence et la situation projet puis une vérification du dépassement de seuil. Ces seuils sont définis en fonction des ambiances sonores préexistantes calculées lors de l’état initial. Les résultats sont rappelés ici :

- ♦ 292 bâtiments sont en ambiance sonore préexistante modérée,
- ♦ 99 bâtiments sont en ambiance sonore préexistante modérée de nuit
- ♦ 122 bâtiments sont en ambiance sonore préexistante non modérée.

Pour déterminer si la modification est significative, la situation de référence à terme et la situation projet à terme sont modélisées. On compare ensuite les niveaux des deux situations pour chaque récepteur.

Le site d’étude a été modélisé à l’aide du logiciel CadnaA version 2022 conformément à la Nouvelle Méthode de Prédiction du Bruit (NMPB 08) normalisée sous la référence NF S 31-133 de février 2011 intégrant notamment la prise en compte de l’influence des données météorologiques de long terme dans le calcul de la propagation (conformité aux 2 guides SETRA de 2009).

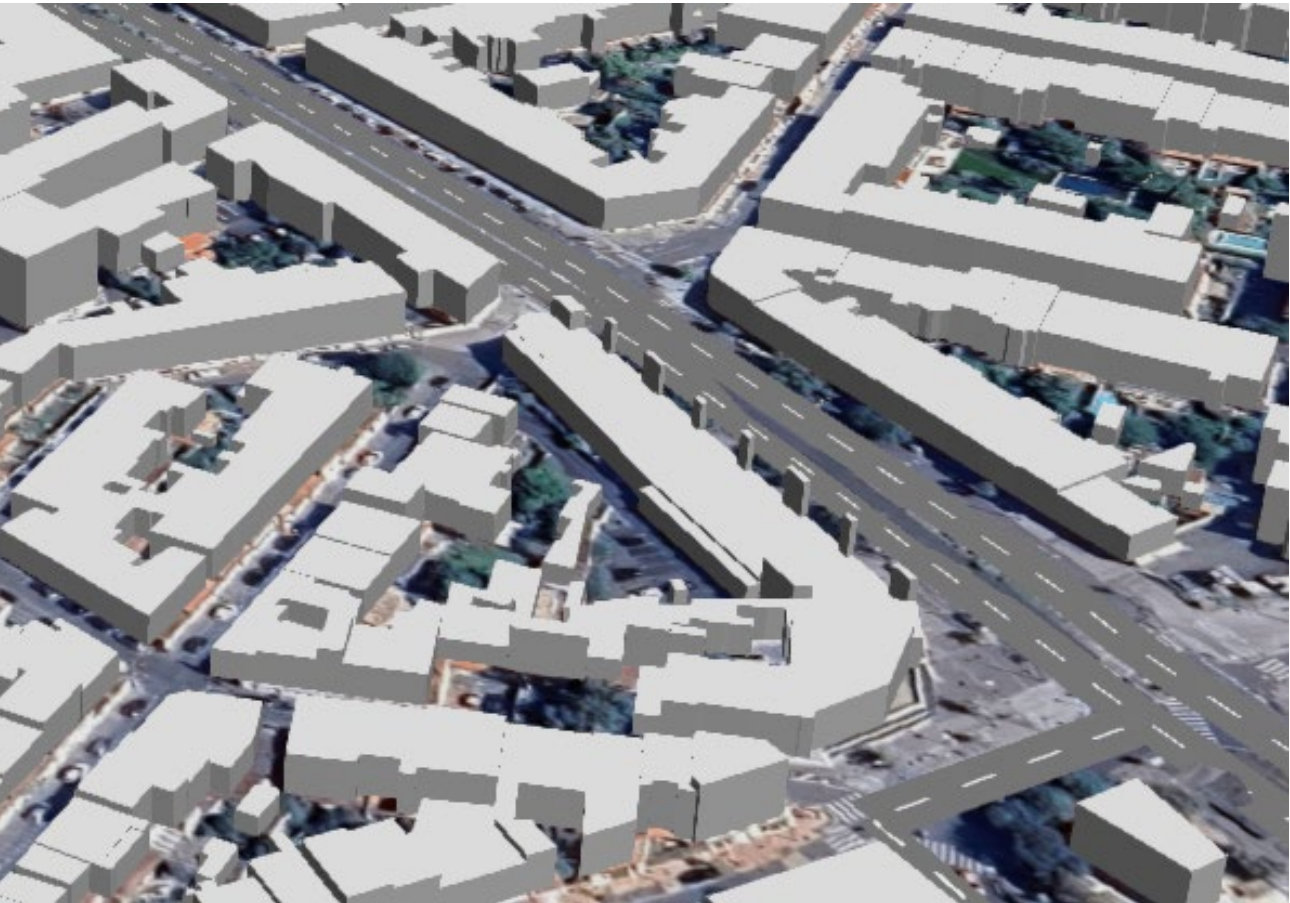


Figure 6 : Vue 3D du modèle acoustique pour la situation de référence avant projet, source : Etude acoustique SIXENSE Engineering

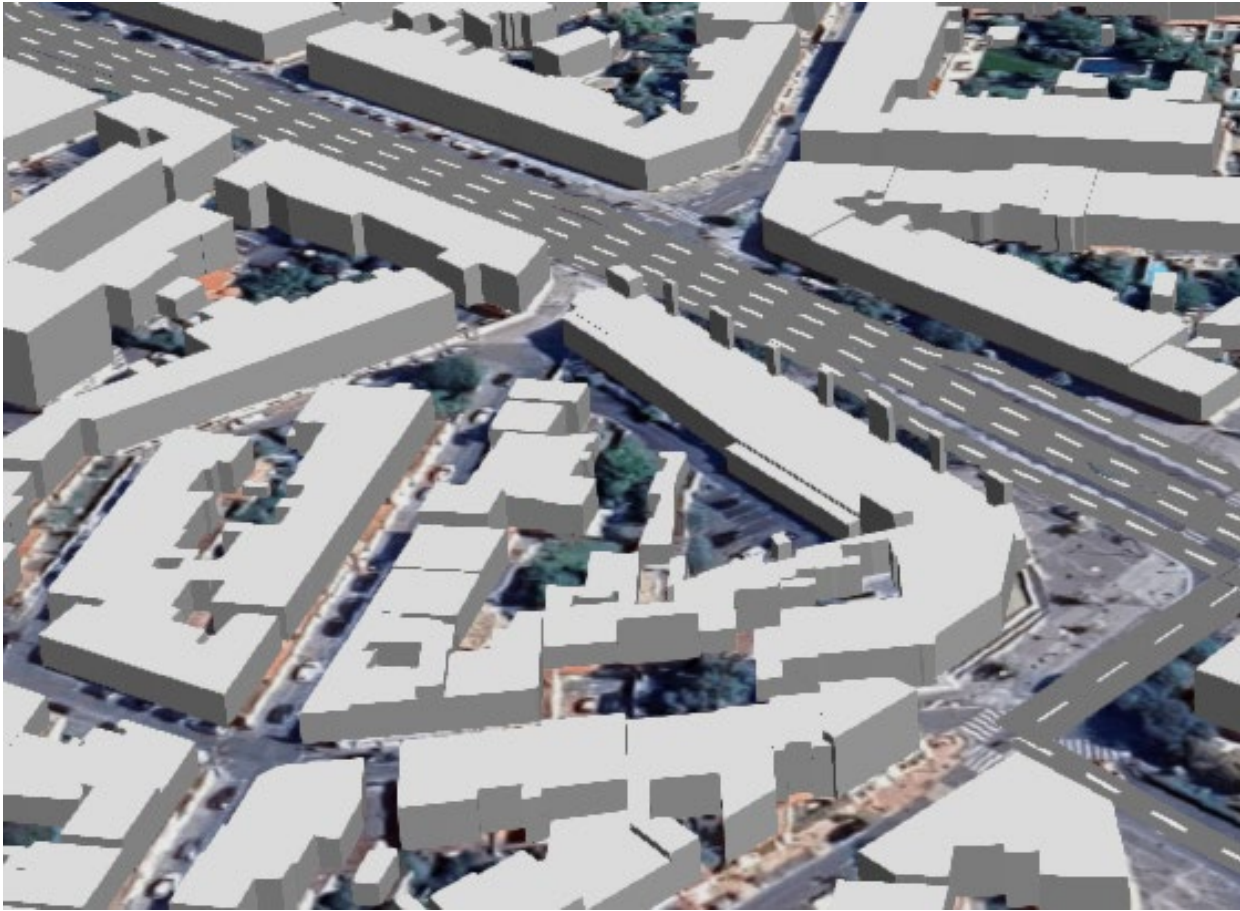


Figure 7 : Vue 3D du modèle acoustique pour la situation projetée, source : Etude acoustique SIXENSE Engineering

L’écart entre la situation de référence et la situation projet est toujours inférieur à 2 dB(A) sauf au niveau du boulevard Georges Pompidou entre la rue Edouard Larroque et la rue Frantz Despagne où la voie Est se rapproche des habitations. Le seuil réglementaire est dépassé pour 4 bâtiments.

Le tableau suivant présente le détail des résultats pour les 4 bâtiments :

Réf.	Situation actuelle		Ambiance préexistante	Objectif		Référence 2027		Projet 2027		Ecart ref/proj		A protéger
	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h		LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	LAeq 6h-22h	LAeq 22h-6h	
B055	69,5	63,0	Non modérée	65	60	70,0	62,0	72,0	64,0	2,0	2,0	OUI
B056	69,5	63,0	Non modérée	65	60	70,0	62,0	72,0	63,5	2,0	1,5	OUI
B058	69,5	62,5	Non modérée	65	60	70,0	61,5	71,5	63,5	1,5	2,0	OUI
B059	69,0	62,5	Non modérée	65	60	69,5	61,5	71,5	63,0	2,0	1,5	OUI

Cet écart est lié à l’augmentation du trafic envisagée sur le secteur et le rapprochement de la voie dédiée aux véhicules particuliers de la façade des immeubles. Une campagne de mesures réalisées par un acousticien sera menée sur le quartier avant les travaux et après les travaux afin de quantifier précisément la nuisance sonore générée par le projet. Le cas échéant des mesures de protection seront mises en œuvre en concertation avec les riverains.

7. Bilan des émissions de GES

7.1. Objet

Cette section présente le bilan carbone du projet de la nouvelle ligne de bus express Pellegrin-Thouars-Malartic pour les deux phases suivantes :

- ♦ La phase travaux, qu'on appellera « **Bilan carbone chantier** » ;
- ♦ La phase d'exploitation, qu'on appellera « **Bilan carbone exploitation** » pour une estimation des émissions KgCO₂eq liées à la consommation énergétique et aux émissions évitées.

7.2. Cadre législatif

La réalisation d'un bilan des émissions de gaz à effet de serre dans le cadre du présent projet répond aux exigences telles que définies à l'article **R122-5 du code de l'environnement** comme explicité ci-dessous :

« II. – En application du 2° du II de l'article L. 122-3, l'étude d'impact comporte les éléments suivants, en fonction des caractéristiques spécifiques du projet et du type d'incidences sur l'environnement qu'il est susceptible de produire : [...]

5° Une description des incidences notables que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement résultant, entre autres : [...]

f) Des **incidences du projet sur le climat et de la vulnérabilité du projet au changement climatique.** »

Ce même code de l'environnement définit également le contenu d'un bilan des émissions de gaz à effet de serre à l'article D222-1-G :

« I. – Le calcul des émissions de gaz à effet de serre mentionné au deuxième alinéa du III de l'article L. 222-1 B porte sur les **quantités de gaz à effet de serre** dont la liste est fixée par l'arrêté pris en application de l'article R. 229-45, **émises pour un ensemble comprenant au moins les phases de réalisation et de fonctionnement du projet public ainsi que la phase amont de production des sources d'énergie et des matériaux et équipements nécessaires à chaque phase lorsque les données sur les facteurs d'émission de la phase amont sont disponibles.** Le maître d'ouvrage peut inclure dans le calcul mentionné au deuxième alinéa du III de l'article L. 222-1 B, les quantités de gaz à effet de serre émises lors de la phase de fin de vie du projet public s'il le juge pertinent au vu des données disponibles.

II. – L'évaluation mentionne les émissions pour chacune des différentes phases susmentionnées, en précisant, s'il y a lieu, les émissions liées à l'artificialisation du sol et les émissions liées aux déplacements de personnes et de marchandises. [...] »

7.3. Présentation de la méthodologie

La réalisation du bilan des émissions de gaz à effet de serre consiste en premier lieu à quantifier les émissions de CO₂ liées à la construction et l'exploitation sur le cycle de vie du projet. Il est primordial de mettre en place une méthodologie claire et construite en présentant :

- ♦ Le périmètre de l'étude ainsi que les données collectées ;
- ♦ Les hypothèses utilisées en complément des données ;
- ♦ La méthode de calcul et les outils employés.

7.3.1. Périmètre

L'évaluation des émissions de CO₂ prend en compte deux principaux périmètres opérationnels :

- ♦ La phase chantier
 - Travaux de démolition de chaussée + structure sur 20cm
 - Les travaux de voirie (terrassements, chaussée, assainissement, VRD)
 - Création des stations (23 x 2) et son équipement mobilier
 - Modification/création d'éclairage public
 - Signalisation lumineuse de trafic
 - Emissions CO₂ dues à la fabrication du matériel roulant et des batteries
- ♦ L'exploitation de l'infrastructure
 - Exploitation de l'éclairage public
 - Exploitation des stations
 - Exploitation des recharges électriques des bus

Le schéma suivant présente le cycle de vie d'un projet par étape de vie dès l'extraction/fabrication des produits jusqu'à leurs fin de vie :

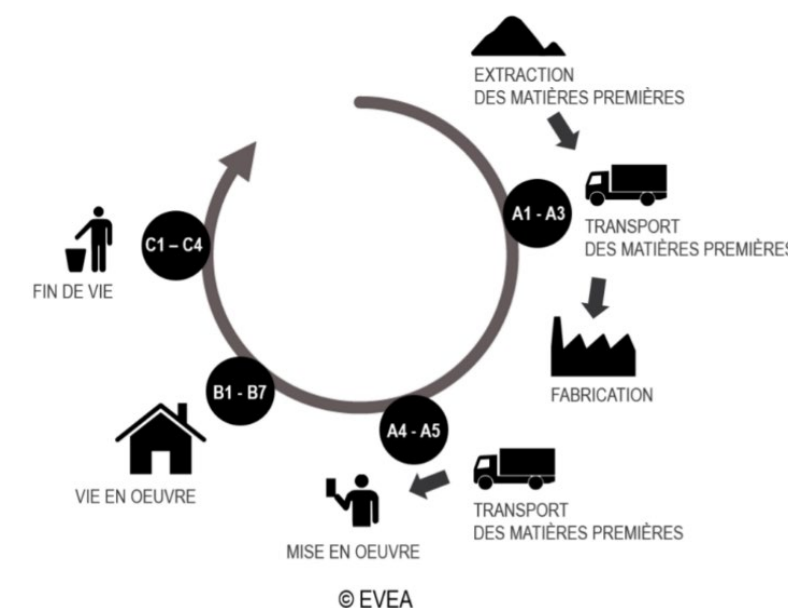


Figure 8 Le cycle de vie d'une construction (EVEA)

Dans le cadre du projet de ligne de bus express de Bordeaux Métropole, les émissions générées seront quantifiées sur les étapes de vie suivantes :

- ♦ **A1-A3** : extraction et transport des matières premières puis fabrication ;
- ♦ **A4** : transport des produits sur le chantier ;
- ♦ **A5** : mise en œuvre sur le chantier (énergie de construction principalement) ;
- ♦ **B2/B4** : Maintenance et renouvellement de composants
- ♦ **C1** : fin de vie – démolition.

L'évaluation a été réalisée à partir de la méthodologie Bilan Carbone® de l'ADEME et des facteurs d'émission de la Base Carbone. Il a également été utilisé en complément les facteurs d'émission de base de données INIES et des autres bases de données reconnues, comme le CESMM4 et l'ICE V3.

L'outil « CarbonTracker » développé par Systra a été utilisé pour réaliser le **calcul du bilan carbone de la phase chantier**. Le calcul du bilan carbone de l'exploitation est réalisé en utilisant un outil Excel.

L'outil CarbonTracker permet d'identifier les postes d'émission de CO₂ les plus émissifs par lot technique (ex : lot voirie), par matériau et par poste d'émissions (ex : poste d'émissions de transport).



Figure 9 CarbonTracker : Outil de suivi carbone développé par Systra

En phase exploitation, les éléments suivants sont pris en compte sur une période de 50 ans d’exploitation à partir de la mise en service :

- ♦ Exploitation :
 - différentiel entre la situation de référence et les circulations supplémentaires annuelles de la ligne de bus express
 - Fonctionnement des stations
- ♦ Émissions évitées grâce au report modal depuis la route

Le calcul des émissions de la phase exploitation s’appuie sur une approche similaire à celle déployée pour la phase chantier. Le principe de calcul demeure le suivant :

[Données de l’activité] x [Facteur d’émission] = [Émissions de GES]

Les facteurs d’émission convertissent les données techniques (données d’activité) introduites par l’utilisateur de l’outil en équivalent carbone.

7.3.2. Données d’entrée et hypothèses de calcul

7.3.2.1. Périmètre de la phase travaux

La réalisation d’un bilan carbone nécessite la collecte d’un nombre important de données. C’est la première étape, primordiale et potentiellement chronophage, de la réalisation d’un bilan carbone. Les informations suivantes sont alors nécessaires, non exhaustives :

- ♦ La quantité et le type de matériaux des différents postes
- ♦ Les volumes de déchets de démolition
- ♦ Les volumes de déblais/remblais
- ♦ Les distances parcourues pour le transport (acheminement dans le cas des matériaux ou évacuation dans le cas des déchets/déblais) ainsi que les modes de transport (ferroviaire, fluvial ou routier)
- ♦ Les surfaces et la typologie de sols dans le cadre d’un changement d’affectation des sols (libération des emprises)
- ♦ Le nombre du matériel roulant
- ♦ Le taux de renouvellement du matériel roulant et des batteries.

Ci-dessous, listées les données d’entrée utilisées à ce stade de l’étude :

DONNEE	UNITE	QUANTITE
Matériaux/produits		
Démolition de chaussée, bordures, caniveaux	m³	27911
Petit ouvrage de soutènement	m³	13,5
Déblais	m³	70576
Purge	m³	2416
Structure plateforme	m³	11056
Enrobé hydro-décapé/BBSG	m³	10383
Granulat clair	m³	3008
Revêtement Béton	m³	1120
Bordures béton	ml	52576
Caniveau coulé en place	m³	6075
Pavés îlot central	m²	6670
Collecteur béton	ml	606
Canalisation Ø315-400 PVC	ml	1366
Canalisation Ø600 béton	ml	7
Regard de visite Ø1000	U	61
Regard à grille font	U	16
Abris vélos – panneaux bois	m3	9
Abris vélos – ossature en tube acier	tonne	1,5
Arceaux (aluminium) – 8kg/unité	tonne	2,8
Potelet (acier) – 8kg/unité	tonne	61,5
Câble de signalisation 3Ø90	ml	9167
Nb d’abris à vélos à 20 places	U	4
Nb d’abris à vélos 40 places	U	1
Résine gravillonnée	m²	5700
Matériel roulants		
nombre du matériel roulant – bus express	U	20
longueur du matériel roulant – bus express	m	18

Tableau 7 Données d’entrées – études AVP

Pour les données manquantes, des hypothèses ont été utilisées pour compléter les entrants nécessaires à la réalisation du bilan carbone.

Les hypothèses suivantes sont utilisées pour pouvoir quantifier les quantités de matériaux :

- ♦ Abris de vélos à 20 places : 1,5m3 de bois + ossature en tube acier galvanisé 24,5 kg/ml
- ♦ Arceaux : 8 kg d’aluminium par unité
- ♦ Potelet de 1,5m : 8 kg d’acier par unité
- ♦ Densité béton de caniveaux coulé en place : 0,3 m3/ml
- ♦ Une couche d’enrobé de 7 cm pour les pistes cyclables, les trottoirs
- ♦ L’épaisseur de la structure de chaussées de 15 cm
- ♦ Revêtement béton en station sur une épaisseur de 7cm



Figure 10 Exemples d'abri et arceaux vélo utilisés dans l'estimation de matériaux

Kilométrage d’approvisionnement et d’évacuation :

A ce stade, les études de conception ne permettent pas d’établir une hypothèse sur les moyens de transport ou les distances parcourues pour l’approvisionnement des matériaux et l’évacuation de déchets. L’hypothèse retenue est celle de 50km (moyenne constatée sur d’autres projets similaires).

émissions co2 dues à la fabrication du matériel roulant et des batteries :

- ♦ fabrication d’un seul bus express de 18 mètres : **52 377 kgco2e/bus express** (source : carbone 4)
- ♦ fabrication des batteries (bus express) : **70 000 kgco2e/batterie** (hypothèse retour d’expérience sur la base de projets similaires notamment Mon réseau grandit, Brest Métropole)

7.3.2.2. Périmètre de la phase exploitation

Pour réaliser le calcul du bilan carbone de l’exploitation, un certain nombre de données sont nécessaires. Les données suivantes ont été collectées des différentes notices techniques (sources : Notice Exploitation et Matériel Roulant & Notice Système de l’étude AVP du bus express Pellegrin Thouars Malartic):

- ♦ Consommation électrique du bus express
 - Consommation du bus électrique modèle **Citéa de VDL** (modèle qui sera en service sur la ligne de bus express Bordeaux Saint Aubin) de 12,2ml : **1,6 – 3,1 kWh/km**
 - Circulation annuelle : deux branches 600 980 véh.km + 406 564 véh.km = **1 007 544 véh.km/an**
 - Capacité de la batterie : **490 kWh**
 - Autonome de la batterie : **500 km**
 - Taux de renouvellement du matériel roulant : **15 ans**
 - Taux de renouvellement des batteries : **7,5 ans**

La durée de vie de référence prise en compte pour les calculs de la phase d’exploitation est 50 ans à partir de l’année de la mise en service entre 2028 – 2077.

Les hypothèses de calcul suivantes ont été utilisées pour réaliser les calculs de l’exploitation :

- ♦ Facteur d’émission du réseau électrique pour le secteur du transport : **0,0513 kgeqCO2/KWh**
- ♦ Niveau d’éclairage recommandé : **0,52 W/m²** (équivalent à 20 lux ADEME)
- ♦ Durée de l’éclairage des stations du bus express : **8 heures/jour**
- ♦ Puissance d’éclairage de la voie publique selon la norme Européenne NF EN 13201 doit être inférieure à **0,045 W/lx.m²**
- ♦ Consommation surfacique moyenne de l’éclairage LED de la voie publique : **3,2 kWh/m²**.

Les facteurs d’émission utilisés pour réaliser le calcul de la phase exploitation sont issus de la Base Carbone ADEME/DGITM (V23) pour les véhicules de transport :

ORIGINE	UNITE DE MESURE	FACTEUR D’EMISSIONS	
		FE	SOURCE
VP Electrique	Kg CO2e/véh.km	0,01198	mobilitverte.engie.fr
VP Hybride	Kg CO2e/véh.km	0,2245	Base carbone v23
VP Essence	Kg CO2e/véh.km	0,197	Base carbone v23
VP Diesel	Kg CO2e/véh.km	0,186	Base carbone v23

Tableau 8 Facteurs d’émission pour les trafics

7.4. Bilan des émissions de gaz à effet de serre dues aux phases travaux et exploitation

7.4.1. Estimation des émissions de CO2 dues aux travaux

7.4.1.1. Emissions de CO2 du chantier

Les travaux dus à la construction de la nouvelle ligne de bus express sont responsables à l’émission de **17 990 téq.CO2**. sur une durée de vie de référence de 50 ans.

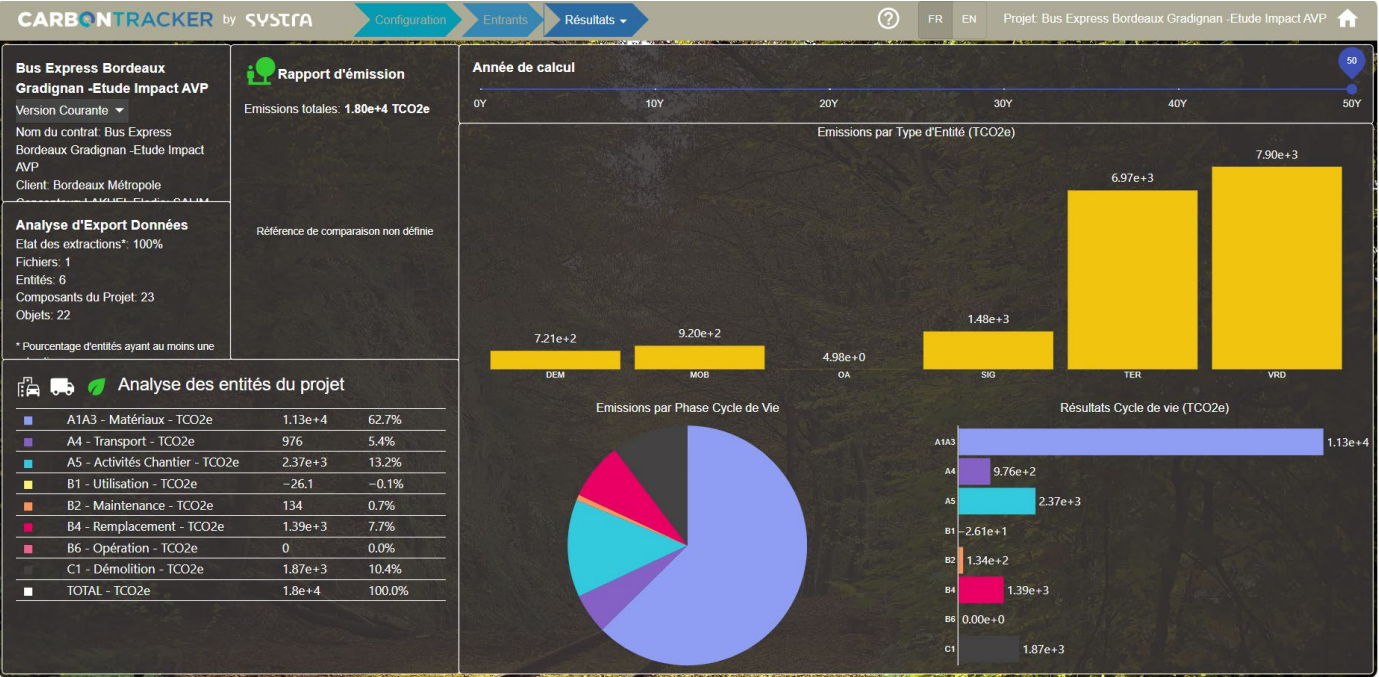


Figure 11 Résultats du bilan carbone : Tableau de bord de l'outil CarbonTracker (SYSTRA)

Equivalence des émissions CO2 de la phase travaux

Selon la référence de la direction générale de l'Aviation civile (DGAC), **504 kg.CO2e** d’émission de CO2 est l’équivalent d’un voyage d’une personne de Paris à New-York en avion.
La somme des émissions des travaux dues au développement de la nouvelle ligne de bus express de bordeaux représente **17 990 téq.CO2** qui est équivalent aux émissions produites par les voyages en avion de **35 694 personnes** de Paris à New-York (<https://eco-calculateur.dta.aviation-civile.gouv.fr/>).

Résultats par lot technique

Ci-après nous listons les résultats du bilan carbone travaux par lot technique :

- ♦ Voirie : 7 890 tCO₂éq. soit 44% des émissions totales
- ♦ Terrassement : 6 970 tCO₂éq. soit 39% des émissions totales
- ♦ Signalisation : 1 480 tCO₂éq. soit 8% des émissions totales
- ♦ Mobilier : 920 tCO₂éq. soit 5% des émissions totales
- ♦ Démolition : 725 tCO₂éq. soit 4% des émissions totales
- ♦ Ouvrage d’art : 5 tCO₂éq. soit 0% des émissions totales

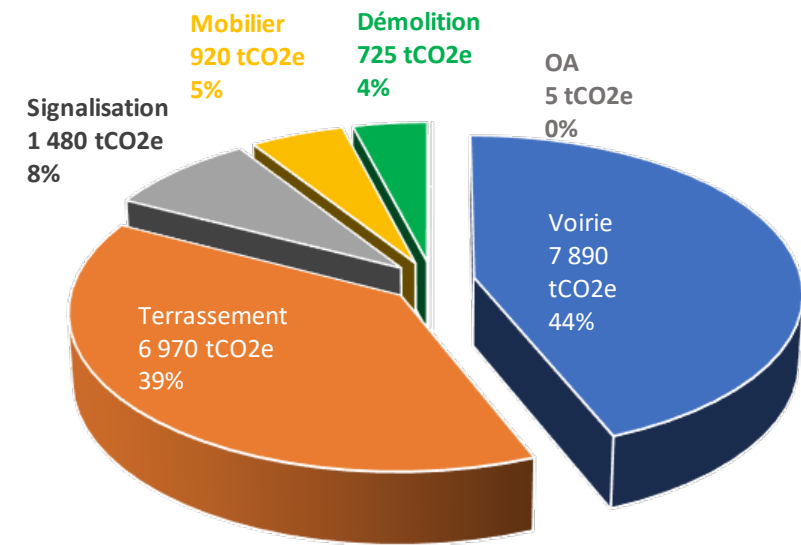


Figure 12 Synthèse - Bilan carbone chantier par lot technique

Résultats par poste d’émissions

Ci-après nous listons les résultats du bilan carbone travaux par poste d’émission :

- ♦ Matériaux : 11 265 tCO₂éq. soit 63% des émissions totales
- ♦ Energie chantier : 2 375 tCO₂éq. soit 13% des émissions totales
- ♦ Transport : 975 tCO₂éq. soit 5% des émissions totales
- ♦ Maintenance/remplacement (sur 50ans) : 1 505 tCO₂éq. soit 8% des émissions totales
- ♦ Démolition (fin de vie théorique) : 1 870 tCO₂éq. soit 10% des émissions totales

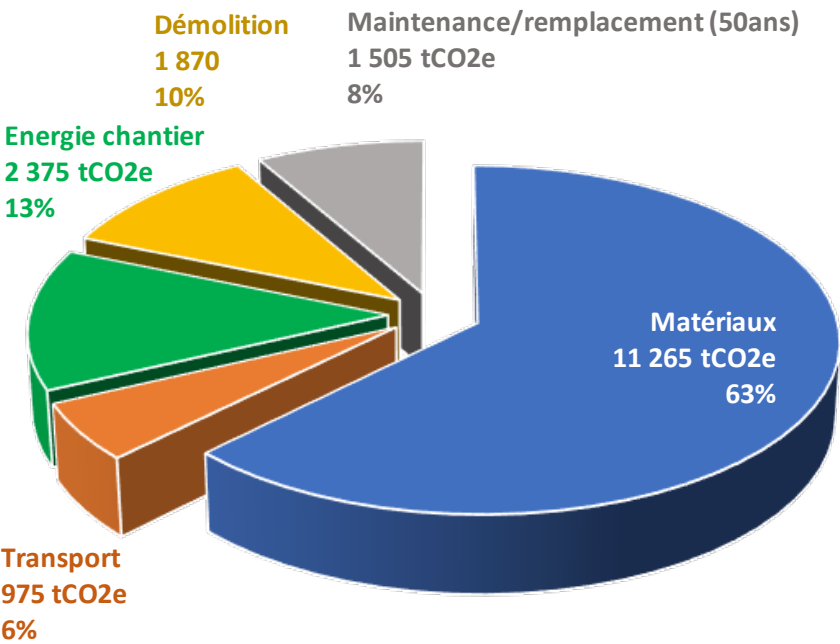


Figure 13 Synthèse - Bilan carbone chantier par poste d’émissions

Résultats par matériau

Ci-après nous listons les résultats du bilan carbone travaux par matériau :

- ♦ Béton : 8 875 tCO₂éq. soit 49% des émissions totales
- ♦ Enrobé : 3 135 tCO₂éq. soit 17% des émissions totales
- ♦ Autres : 5 980 tCO₂éq. soit 33% des émissions totales

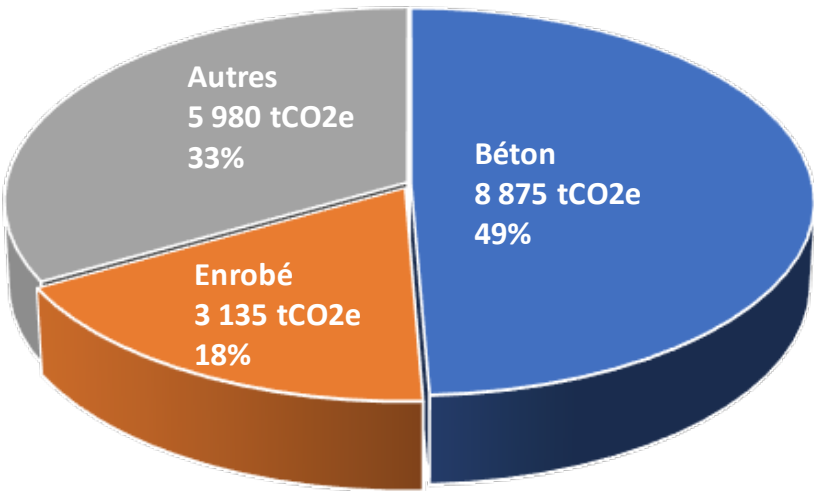


Figure 14 Synthèse - Bilan carbone chantier par matériau

7.4.2. Emissions CO₂ du matériel roulant

Le projet prévoit l’utilisation de 20 bus express d’une longueur 18 mètres.
Sur la période de référence du bilan carbone de 50 ans, en l’état actuel des connaissances, un taux de renouvellement est identifié pour les bus express et les batteries de 15 ans et 7,5 ans respectivement. ci-après, nous précisons le bilan carbone dû à la fabrication des bus express et des batteries sur l’année de la mise en service de la ligne en 2028 et sur les années de renouvellement :

BILAN CARBONE		ANNEE	EQUIPEMENT
Bilan carbone du matériel roulant & des batteries sur 50 ans	2 448	tCO ₂ e	2028 20 bus express + 20 batteries
	1 400	tCO ₂ e	2036 20 batteries
	2 448	tCO ₂ e	2043 20 bus express + 20 batteries
	1 400	tCO ₂ e	2051 20 batteries
	2 448	tCO ₂ e	2058 20 bus express + 20 batteries
	1 400	tCO ₂ e	2066 20 batteries
	2 448	tCO ₂ e	2073 20 bus express + 20 batteries
Total sur 50 ans		13 990 tCO ₂ e	

Tableau 9 Bilan carbone du matériel roulant et des batteries

7.4.3. Estimation des émissions de gaz à effet de serre de l’exploitation

L’évaluation des émissions liées au fonctionnement de la nouvelle ligne de bus express porte sur les quatre postes de consommations suivantes :

POSTE DE CONSOMMATION ELECTRIQUE	UNITE	QUANTITE
[1] CONSOMMATION ELECTRIQUE DU BUS EXPRESS		
circulation annuelle du bus express	[km]	1 007 544
consommation électrique annuelle du bus express	[kWh]	2 518 860
[2] CONSOMMATION ELECTRIQUE DE RECHARGE DES BUS EXPRESS		
capacité brute d'un bus express	[kWh]	490
autonomie du bus express	[km]	500
Consommation annuelle de recharge	[kWh]	987 393
[3] CONSOMMATION ELECTRIQUE - ECLAIRAGE DES STATIONS DU BUS EXPRESS		
nombre de stations	[nb]	23 (x2)
Niveau d'éclairage recommandé (équivalent à 20 lux ADEME)	[W/m²]	0,52
Consommation électrique de l'éclairage des stations de bus (pendant 8h/j)	[kWh]	419
consommation totale de l'électricité - du bus express	[kWh]	3 506 672
émissions co ₂ totale exploitation du bus express	[tCO ₂ e]	180
consommation totale de l'électricité - bus express - 50 ans	[kWh]	175 333 610
émissions CO ₂ totale exploitation bus express - 50 ans	[tCO ₂ e]	8 995

La nouvelle ligne de bus express émet **8 995 tCO₂e** dues à la consommation électrique sur une période de référence de 50 ans soit **180 tCO₂e/an**.

Ci-après présentée la synthèse des émissions CO₂ des phases travaux et exploitation du bus express sur 50 ans :

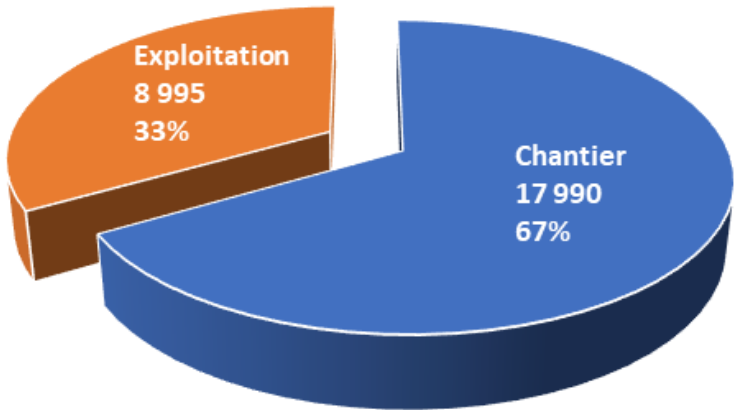


Figure 15 Synthèse - Bilan carbone chantier et exploitation (50ans)

7.4.4. Estimation des émissions CO₂ évitées par le report modal

Issues des études socio-économiques, les distances annuelles supprimées grâce au report modal sont exprimées en véh.km. Introduite par la loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV), la stratégie nationale bas-carbone (SNBC) est la feuille de route de la France pour lutter contre le changement climatique. Deux scénarios principaux sont en général construits : un dit « avec mesures existantes » (**AME**), qui reflète l’impact des politiques et mesures adoptées jusqu’à une certaine date passée, et un scénario « avec mesures supplémentaires » (**AMS**), qui traduit l’impact de nouvelles mesures qui seraient mises en œuvre dans le futur de manière à atteindre un certain objectif. L’**AMS** vise à respecter les objectifs énergétiques et climatiques de la France.

La nouvelle stratégie nationale bas-carbone **SNBC-2** est en vigueur depuis 2020, pour intégrer l’objectif de neutralité carbone en 2050.

L’évolution du parc de véhicules a été établie par la Direction générale de l’énergie et du climat (DGEC) sur la base de projections du Commissariat général au développement durable (CGDD). Dans le scénario **AME**, la part des véhicules thermiques passe de 99 % en 2015 à 69 % en 2050. Dans le scénario **AMS**, le parc s’électrifie de façon beaucoup plus importante en atteignant une part de 93 % en 2050. L’objectif de neutralité carbone est donc bien atteint en 2050. (Source : *Projections de la demande de transport sur le long terme pour la SNBC2, Octobre 2021*)

La répartition des pourcentages de l’énergie utilisée dans le parc véhicule français au 1^{er} janvier 2022 (Source : *Service des données et études statistiques (SDES)*) :

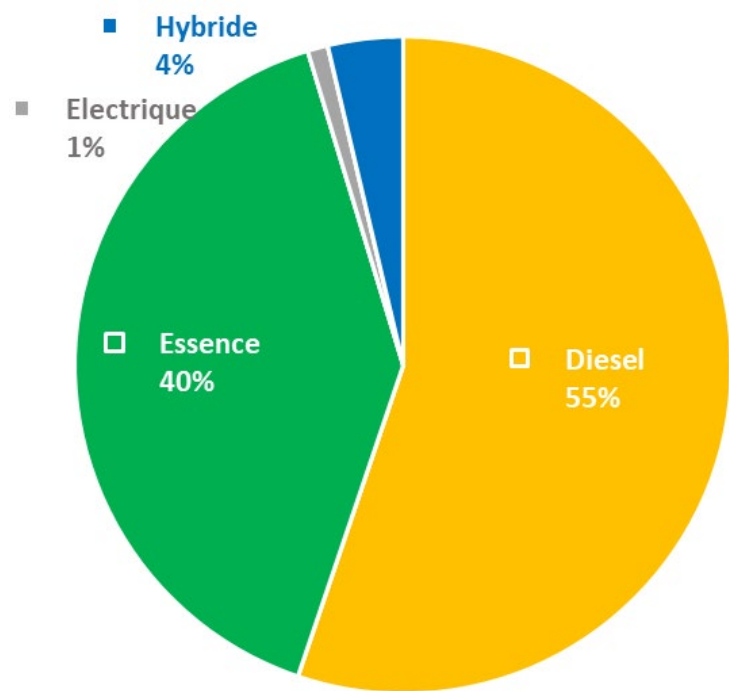


Figure 16 Voitures particulières en circulation (1er janvier 2022)

Ci-après, est listée l'évolution des parts de marché en énergies dans le parc des véhicules en % selon les deux scénarios de la SNBC -2 (AMS et AME). Ces pourcentages ont été utilisé pour réaliser les calculs des émissions évitées liées au report modal :

MOTORISATION	STRUCTURE DU PARC AUTOMOBILE VP - AMS			SOURCE
	2021	2030	2050	
Diesel	55%	24%	3%	(2021 : Situation actuelle) - (2030 et 2050 Scénario AMS - SNBC-2)
Essence	40%	42%	2%	
Electrique	1%	22%	93%	
Hybride	4%	12%	2%	
MOTORISATION	STRUCTURE DU PARC AUTOMOBILE VP - AME			SOURCE
	2021	2030	2050	
Diesel	55%	24%	18%	(2021 : Situation actuelle) - (2030 et 2050 Scénario AME - SNBC-2)
Essence	40%	65%	51%	
Electrique	1%	9%	29%	
Hybride	4%	3%	2%	

Tableau 10 Evolution du parc véhicule selon les deux scénarios de la SNBC

Évolution de la demande de transport :

Le taux de croissance annuel moyen (TCAM) permet de calculer un taux d'évolution moyen sur une durée de n périodes. Les taux de croissance de la demande de transport sont décomposés entre la courte distance (< 100 km), la longue distance (> 100 km) et le transport de marchandises. Ils sont indiqués en véhicules-kilomètres pour le mode routier.

Afin d'estimer l'impact de la croissance du trafic routier sur les calculs de report modal pour les deux scénarios SNBC (AMS et AME), les coefficients du trafic routier de courte distance (< 100km) ont été utilisés. Ci-après, listés les taux de croissance (TCAM) concernés par la circulation routière de courte distance :

SCENARIO (SNBC)	SCENARIO TCAM	CIRCULATION ROUTIERE* (VEH.KM) PERIODE 2015-2070
AMS	Courte distance (< 100km)	-0,7%
AME	Courte distance (< 100km)	0,5%

Tableau 11 Taux de croissance annuels moyens (TCAM) de la demande courte distance du trafic routier scénarios AMS et AMS de la SNBC (période 2015-2070)

[*] Les taux de croissance annuels moyens (TCAM) sont considérés constants au sein de la période 2015-2070.

[Voir sous l'annexe '8.4.Reports modaux par scénario SNBC' les calculs détaillés du report modal par an et par scénario.]

Pour réaliser les calculs des émissions évitées par type de carburant, les facteurs d'émissions suivants issus de la base carbone V23 (en kgCO2e/km) ont été utilisés :

ENERGIE	FE (kgCO2e/km)	REFERENCE
Diesel	0,186	BASE CARBONE V.23
Essence	0,197	BASE CARBONE V.23
Electrique	0,01198	Mobiliteverte.engie.fr
Hybride	0,2245	BASE CARBONE V.23

Tableau 12 Facteurs d'émissions par type de carburant

Ci-après sont détaillés les calculs du report modal en véh.km et les émissions évitées sur une période de 50 ans pour le scénario AMS (le scénario principal de référence de la stratégie bas-carbone) :

Scénario AMS (période 2028-2077)	ANNEE	ENERGIE	%	REPORT MODAL (VEH.KM)	EMISSIONS EVITEES (TCO2)	%
	2028-2030 (3 ans après l'année de la mise en service de la nouvelle ligne)	Diesel	55%	-24 329 417	-5 903	
		Essence	40%	-17 674 087	-4 542	
		Electrique	1%	-440 750	-6,9	
		Hybride	4%	-1 630 776	-478	
	2030-2050	Diesel	24%	-65 099 557	-15 795	
		Essence	42%	-113 924 225	-29 275	
		Electrique	22%	-59 674 594	-933	
		Hybride	12%	-32 549 779	-9 532	
	Après 2050	Diesel	3%	-9 320 148	-2 277	
		Essence	2%	-6 213 432	-1 608	
		Electrique	93%	-288 924 578	-4 546	
		Hybride	2%	-6 213 432	-1 832	
	Diesel (total - 50ans)			-98 749 121	-23 974	31%
	Essence (total - 50ans)			-137 811 744	-35 425	46%
	Electrique (total - 50ans)			-349 039 922	-5 485	7%
	Hybride (total - 50ans)			-40 393 986	-11 842	15%
	Total			-625 994 773	-76 726	

Tableau 13 Emissions évitées par le report modal selon le scenario AMS du SNBC

Grâce au report modal de la route vers la nouvelle ligne de bus express, le projet a la capacité de compenser **76 726 tco2e** de l'empreinte carbone des travaux et de l'exploitation de nouvelle ligne de bus express sur une durée de vie de 50 ans du projet (durée de référence de l'étude).

Nous avons également réalisé les calculs pour le scénario SNBC avec les mesures existants (AME). Ci-dessous sont détaillés les résultats du report modal en véh.km et les émissions évitées sur une période de 50 ans pour le scénario AME :

Scénario AME (période 2028-2077)	ANNEE	ENERGIE	%	REPORT MODAL (VEH.KM)	EMISSIONS EVITEES (TCO2)	%
	2028-2030 (3 ans après l'année de la mise en service de la nouvelle ligne)	Diesel	55%	-24 623 227	-4 580	
		Essence	40%	-17 887 525	-3 524	
		Electrique	1%	-446 073	-5	
		Hybride	4%	-1 650 470	-371	
	2030-2050	Diesel	24%	-75 615 629	-14 065	
		Essence	64%	-201 641 677	-39 723	
		Electrique	9%	-28 355 861	-340	
		Hybride	3%	-9 451 954	-2 122	
	Après 2050	Diesel	18%	-86 110 699	-16 017	
		Essence	51%	-243 980 313	-48 064	
		Electrique	29%	-138 733 903	-1 662	
		Hybride	2%	-9 567 855	-2 148	
	Diesel (total - 50ans)			-186 349 554	-34 661	26%
	Essence (total - 50ans)			-463 509 516	-91 311	69%
	Electrique (total - 50ans)			-167 535 837	-2 007	2%
	Hybride (total - 50ans)			-20 670 279	-4 640	4%
	Total			-838 065 186	-172 516	

Le scénario SNBC avec les mesures existantes (AME) permet de compenser **172 516 tCO₂e** de l’empreinte carbone des travaux et de l’exploitation de nouvelle ligne sur une durée de référence de 50 ans.

Il sera précisé ci-dessous l’année où le projet est considéré comme rentable en carbone lorsque les émissions de la phase travaux et de l’exploitation de la nouvelle ligne seront entièrement compensées.

En comparant les résultats des deux scénarios par rapport aux émissions évitées sur la période de référence (50 ans), nous pouvons constater que le scénario avec mesures existantes (AME) permet évidemment d’avoir un meilleur bilan des émissions évitées du fait que :

- Le scénario AME conserve une part élevée des véhicules utilisant du diesel et de l’essence avec 18% et 51% contre 3% et 2% dans le scénario AMS.
- Ainsi, le scénario AMS permet de réduire le taux de croissance moyen annuel (TCAM) de la demande de transport sur les distances courtes (< 100km) de -0,7% contre 0,5% dans le scénario AME ce qui permet de réaliser un report modal sur la période de référence (de 50ans) de **-819 341 681 veh.km** pour l’AMS contre **-1 089 829 995 veh.km** de l’AME. Donc une réduction significative de circulation de 25% sur les distances courtes sera prévue pour le scénario AMS par rapport au scénario AME.

Zoom sur la neutralité carbone des deux scenarios de la stratégie SNBC

La neutralité carbone correspond à l'année théorique où les émissions évitées par le projet dépassent les émissions engendrées par le projet (travaux et exploitation). C’est à partir de cet horizon que le projet peut être considéré comme « **carbone rentable** ».

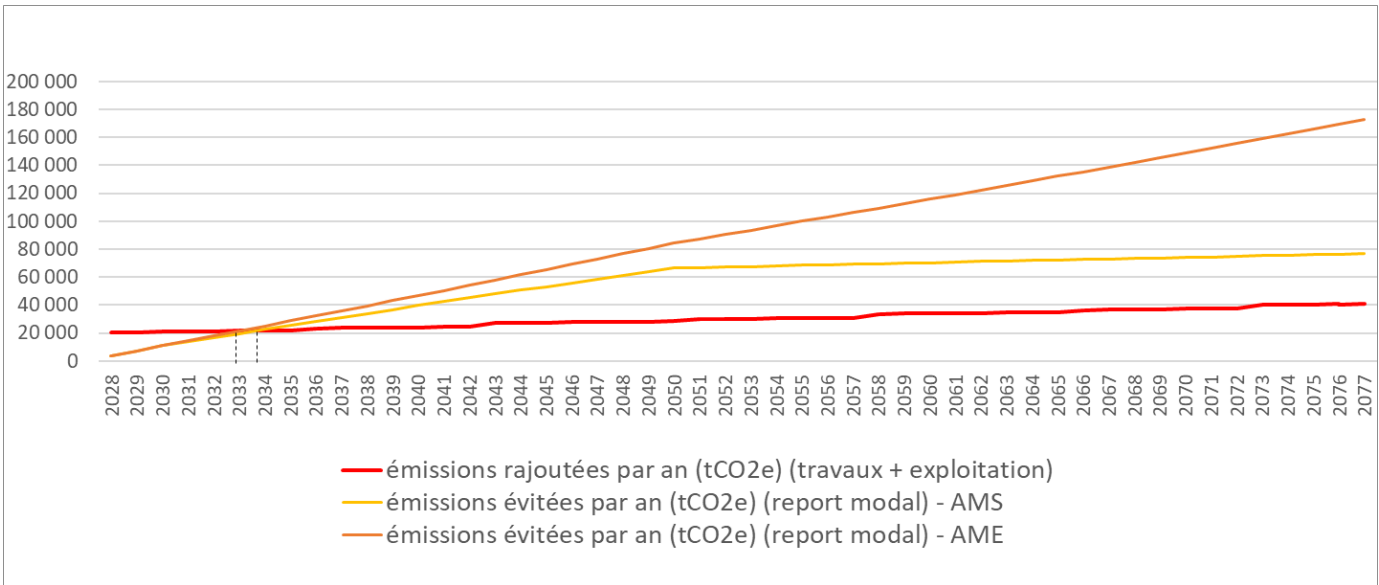


Figure 17 Neutralité carbone des scénarios AMS et AME

La neutralité carbone des scenarii AME et AMS est atteinte en 2033 et 2034 soit 5 et 6 ans après la mise en service de la nouvelle ligne de bus express en 2028.

Après l’année où un scénario est considéré comme rentable en carbone, le projet continue d’être carbone positif comme le justifie le graphique même avec l’augmentation des émissions ajoutées liées à l’exploitation de la ligne et au renouvellement du matériel roulant et des batteries.

Compléments apportés suite à l’avis de l’Autorité environnementale du 29 janvier 2025

Le bilan des émissions de gaz à effet de serre présenté a été réalisé en prenant en compte les données de référence de la SNBC et répond aux règles de l’art des évaluations des gaz à effet de serre.

Cette stratégie nationale a fait l’objet de plusieurs mises à jour dont la SNBC-2 adoptée le 21 avril 2020 afin d’intégrer les objectifs fixés par les accords de Paris.

Le scénario de la SNBC-2 est ambitieux et présente des hypothèses optimistes en considérant 0% d’émissions de GES dans le secteur des transports terrestres en 2050 pour le scénario AMS de la SNBC-2.

Dans le cadre du dossier de DUP, le choix a été fait de réaliser une évaluation des gaz à effet de serre en prenant la version la plus réaliste de la SNBC.

Afin de préciser la neutralité carbone du projet, une nouvelle estimation a été réalisée sur la base de la SNBC-2 selon les hypothèses suivantes :

- Hypothèses de la SNBC-2 : Il n’y aura plus d’émissions de gaz à effet de serre dans le secteur des transports terrestres à partir de 2050 à la fois pour le scénario AMS et à partir de 2070 pour le scénario AME ;
- Les données d’entrées de base du bilan socio-économique sont identiques à savoir :
 - Report modal annuel : -14 795 000 véh.km
 - Taux d’évolution annuelle de la valeur du report modal : -0,7% (AMS) et +0,5% (AME)

Pour réaliser les calculs des émissions évitées par type de carburant, les facteurs d’émissions suivants ont été utilisé qui sont issus de la base carbone V21 (en kgCO2e/km) pour la période avant 2030 et les facteurs d’émissions de la SNBC-2 pour la période après 20240 :

Motorisation	Facteurs d'émissions par type d'énergie				Source
	< 2030	2030	2050	2070	
Diesel	2,49	2,37	-	-	(<2030 : Base Carbone V21) (2030, 2050 & 2070 : Scénario AMS – SNBC-2)
Essence	2,24	2,13	-	-	
Electrique	0,049	0,049	-	-	

Tableau 14 : Facteurs d’émissions du scénario AMS de la SNBC-2 - sans les effets amonts

Motorisation	Facteurs d'émissions par type d'énergie				Source
	< 2030	2030	2050	2070	
Diesel	2,49	2,49	2,49	-	(<2030 : Base Carbone V21) (2030, 2050 & 2070 : Scénario AME – SNBC-2)
Essence	2,24	2,24	2,24	-	
Electrique	0,049	0,049	0,049	-	

Tableau 15 : Facteurs d’émissions du scénario AME de la SNBC-2 - sans les effets amonts

Pour le calcul des émissions de gaz à effet de serre d’un projet, les facteurs d’émission à prendre en compte sont les facteurs d’émissions « du puits à la roue* » intégrant les effets amont. Les facteurs d’émission intégrant les effets amont selon la Base Carbone V23 sont :

Facteurs d’émission des carburants - effets amonts		
Essence – Facteur d’émissions des effets amonts	0,504	kgCO2e/litre
Diesel – Facteur d’émissions des effets amonts	0,423	kgCO2e/litre

Figure 18 : Facteurs d’émissions des carburants - uniquement les effets amonts

(*) prenant en compte la production et l'utilisation des carburants

Selon la stratégie SNBC-2, il n’y aura plus d’émissions de gaz à effet de serre dans le secteur des transports terrestres à partir de 2050 à la fois pour le scénario AMS et à partir de 2070 pour le scénario AME.

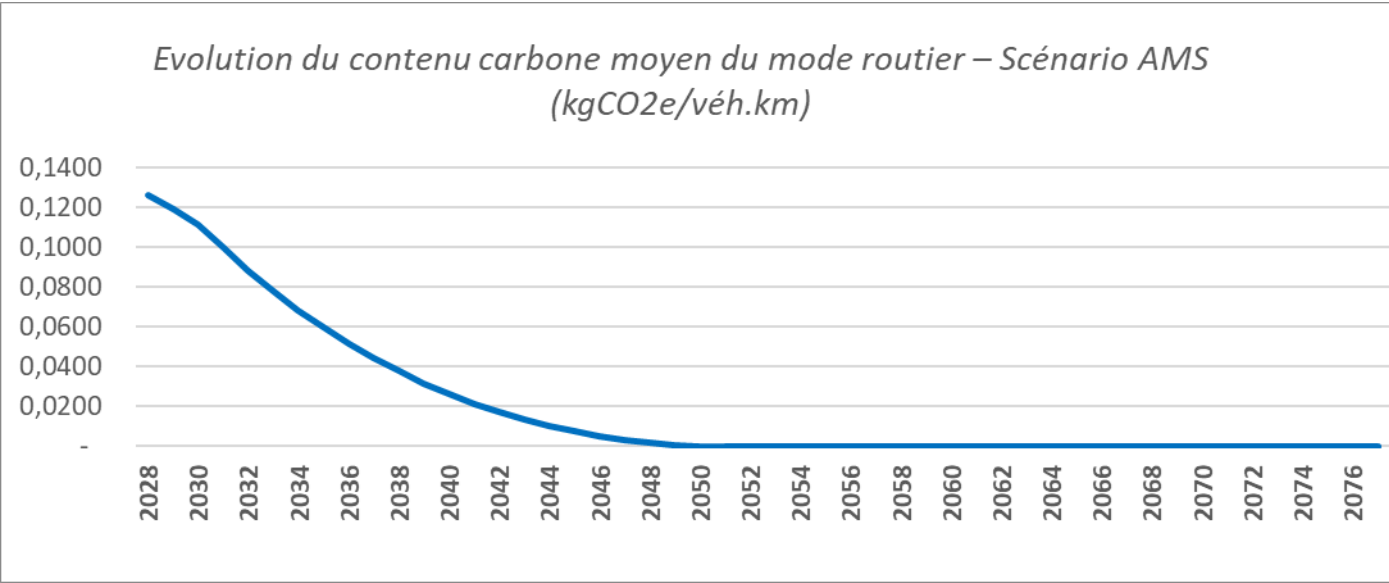


Figure 19 : Evolution du contenu carbone moyen du mode routier – Scénario AMS

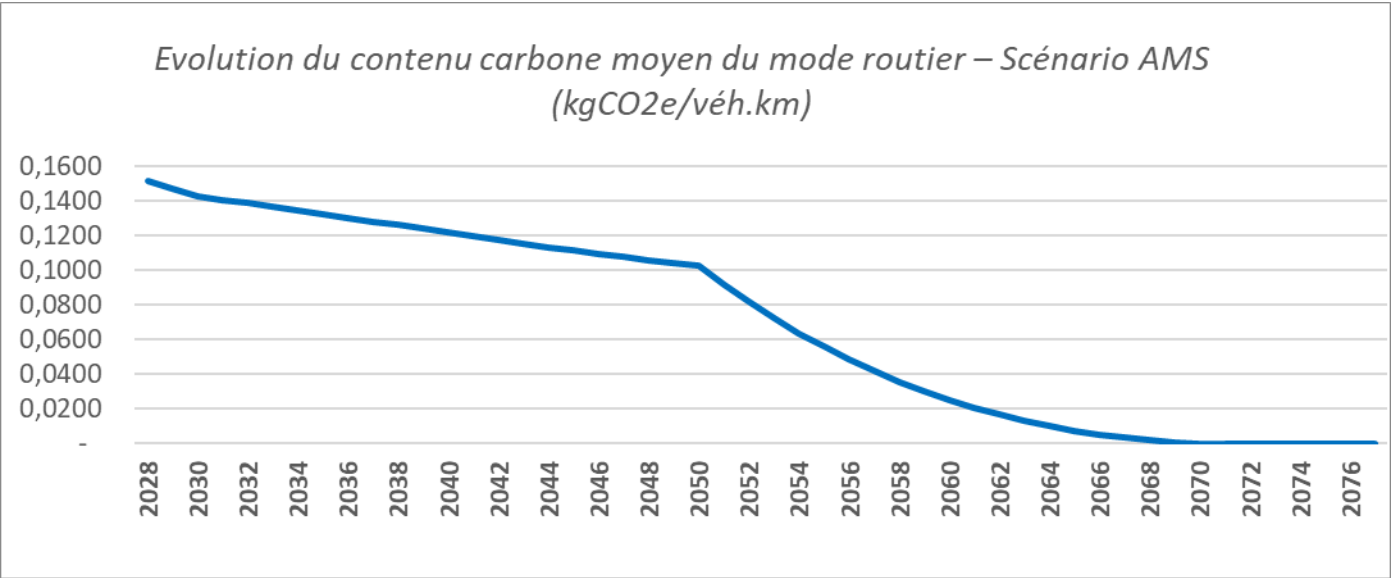


Figure 20 : Evolution du contenu carbone moyen du mode routier – Scénario AME

Sur 50 ans, la mise en place du nouveau BHNS permet d’éviter les émissions de 14 544 TeqCO2 dans le cas du scénario AMS, soit l’équivalent des émissions d’environ 1 580 français sur la même période (environ 9,2 TeqCO2 par habitant par an selon les données statistiques par le ministère de la Transition écologique (MTE)). Pour le scénario AME, les émissions de 55 125 TeqCO2 sont évitées sur la route soit l’équivalent des émissions de 5 992 français.

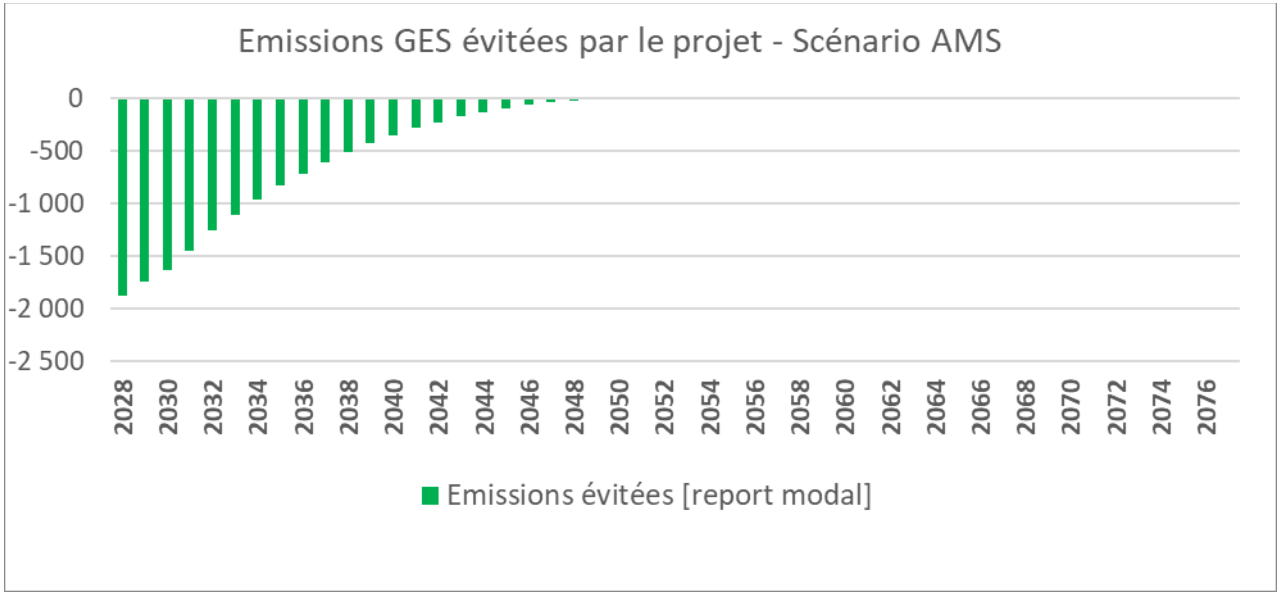


Figure 21 : Emissions de gaz à effet de serre annuelles évitées par le projet - Scénario AMS

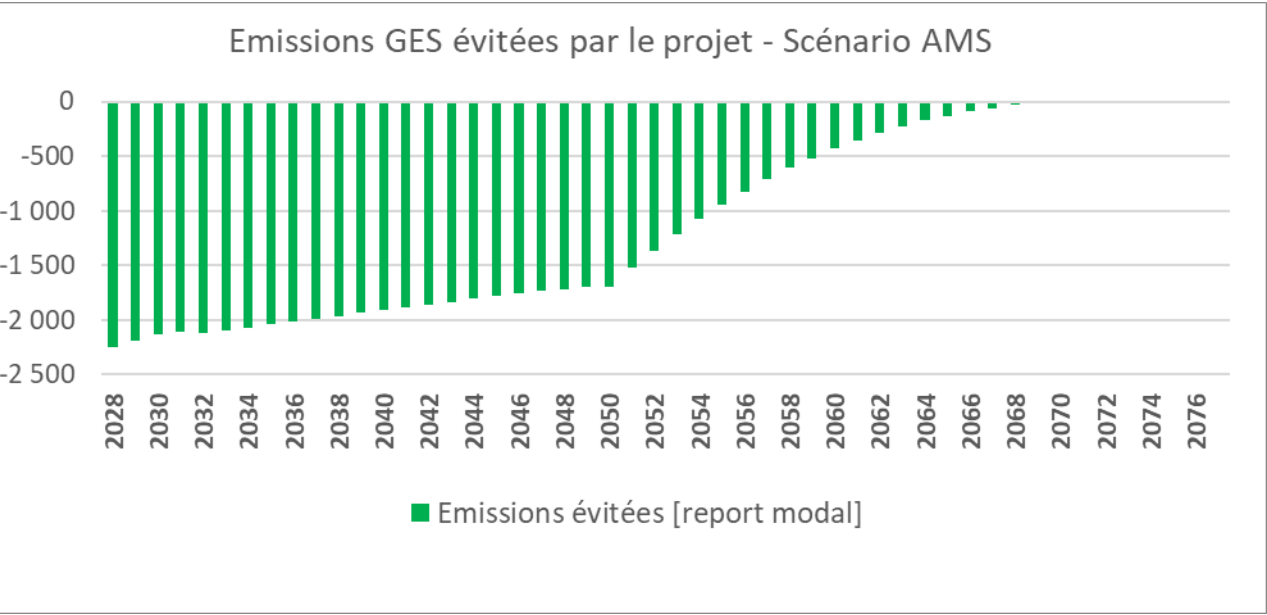


Figure 22 : Emissions de gaz à effet de serre annuelles évitées par le projet - Scénario AME

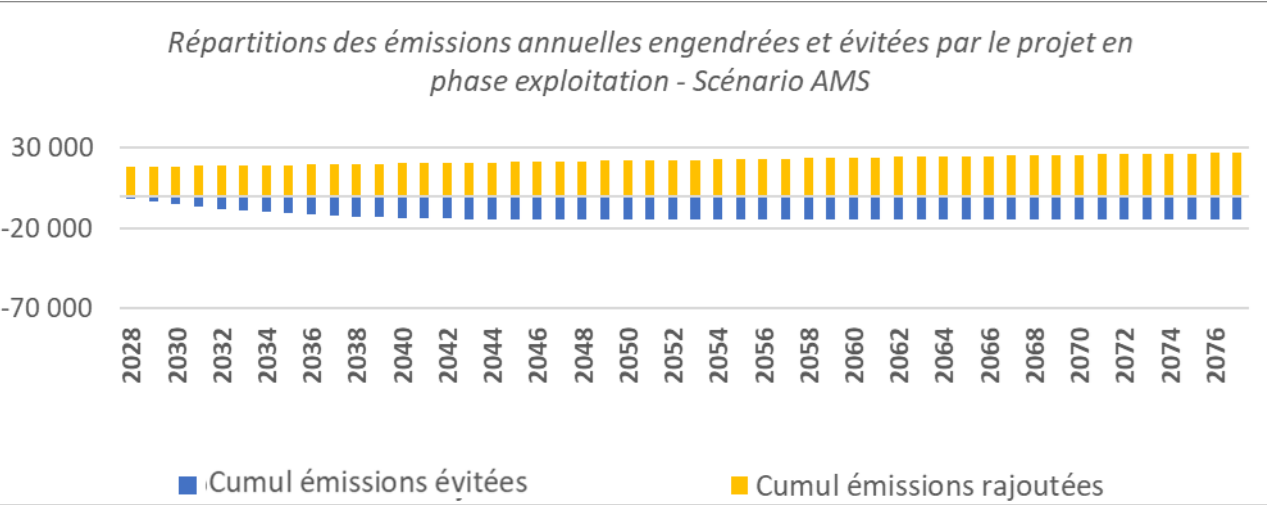


Figure 23 : Répartitions des émissions annuelles engendrées et évitées par le projet en phase exploitation - Scénario AMS

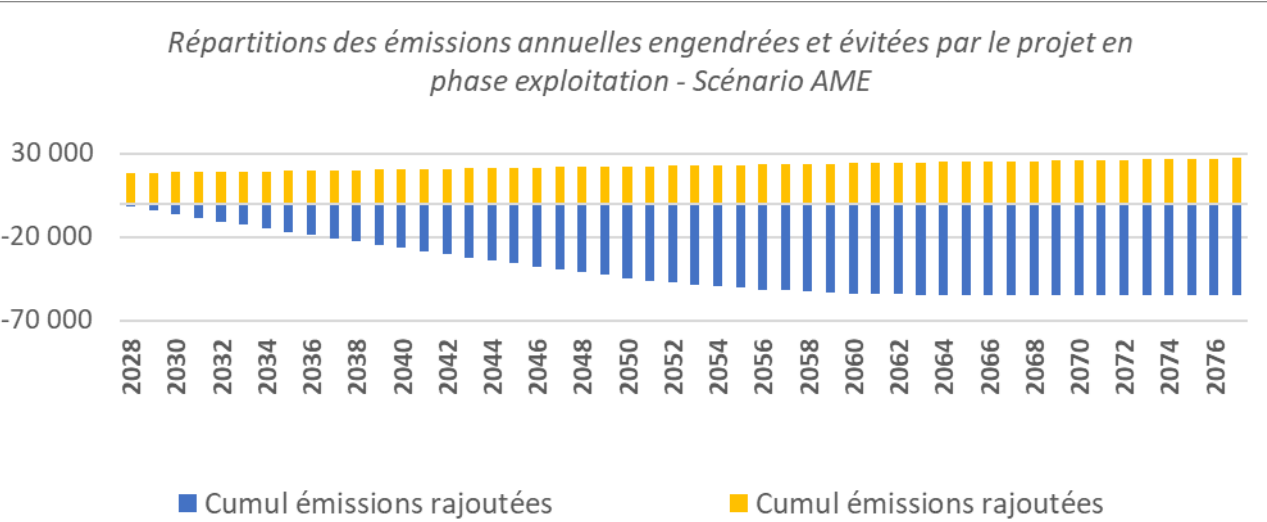
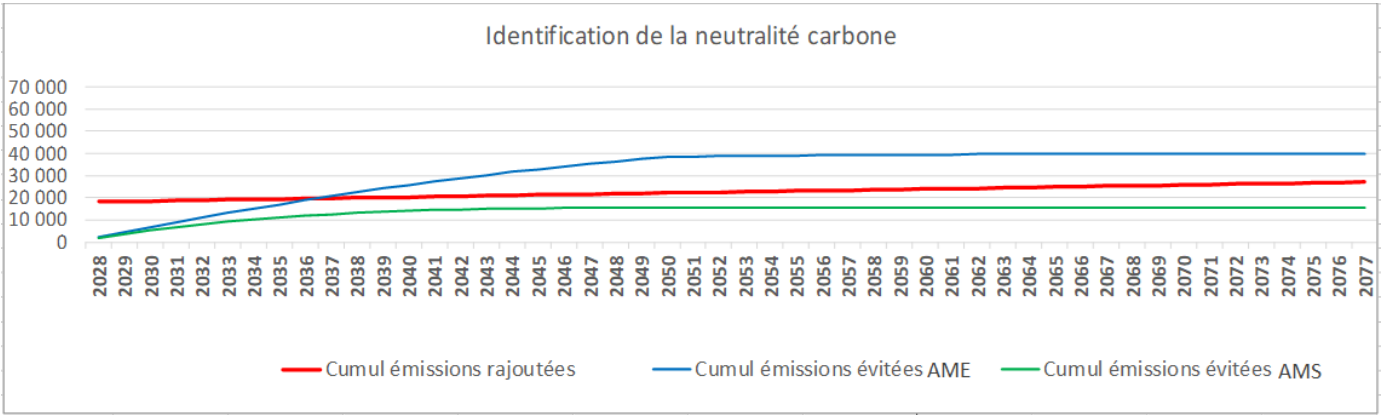


Figure 24 : Répartitions des émissions annuelles engendrées et évitées par le projet en phase exploitation - Scénario AME

La neutralité carbone correspond à l'année théorique où les émissions évitées par le projet dépassent les émissions engendrées par le projet. C'est à partir de cet horizon que le projet est considéré comme « carbone rentable ».



Selon ces résultats intégrant le scénario SNBC-2, la neutralité carbone du projet n'est pas atteinte à la fin de la période analysée de 50 ans d'exploitation pour le scénario AMS, expliquée par :

- ♦ le scénario avec Mesures Supplémentaires (AMS) prévoit une diminution des consommations d'énergie de manière importante et durable ;
- ♦ il n'y aura plus d'émissions de gaz à effet de serre dans le secteur des transports terrestres (selon la stratégie SNBC-2) à partir de 2050 à la fois pour le scénario AMS ;
- ♦ le taux d'évolution du report modal proposé par le bilan socio-économique diminue avec un taux annuel -0,7%.

En revanche, le scénario avec les mesures existantes AME montre la possibilité d'atteindre la neutralité carbone 9 années après la mise en service de la ligne de bus express. Cette neutralité carbone est atteinte grâce à plusieurs facteurs :

- ♦ le taux d'évolution positif du report modal (+0,5%) après l'année de la mise en service du bus express ;
- ♦ le décalage de la remise à zéro des émissions de gaz à effet de serre pour le secteur des transports terrestres est désormais fixé à 2070, au lieu de 2050, dans le cadre du scénario AMS ;
- ♦ le scénario AME prévoit une diminution des consommations d'énergie de manière progressive vers l'année 2070 moins importante par rapport au scénario AMS.

Par ailleurs, les évaluations des émissions de gaz à effet de serre réalisées dans le cadre du projet, n'intègrent pas les pistes d'optimisation mises en place pendant la phase chantier. En intégrant ces pistes d'optimisation des émissions de gaz à effet de serre en phase chantier par la mise en œuvre notamment des mesures d'économie circulaire, il est possible de réduire l'écart entre la courbe présentant les émissions cumulées du projet (en rouge sur le graphique) et les émissions évitées dans le cadre du scénario AMS.

En effet, le projet prévoit d'obtenir la certification HQE Infrastructures Durables, pour laquelle les mesures envisagées sont les suivantes :

- ♦ mise en œuvre d'enrobés tièdes ;
- ♦ utilisation de granulats locaux ;
- ♦ conservation au maximum des structures des voiries existantes ;
- ♦ favoriser le réemploi de matériaux.

L'ensemble de ces leviers permettra de réduire l'écart entre les émissions du projet et les émissions évitées selon le scénario AME. Un test de sensibilité a été réalisé afin d'évaluer les potentiels gains d'émissions de GES en phase chantier grâce à la mise en œuvre de ces mesures.

Etude de sensibilité

L’ étude de sensibilité a été réalisé à partir du bilan carbone du scénario AMS, qui est le scénario principal de référence de la stratégie nationale bas-carbone, auquel on a appliqué les mesures d’économie circulaire afin d’optimiser l’empreinte carbone. Les hypothèses prises en compte pour ce test de sensibilité sont les suivantes :

- ♦ Optimisation des distances en km pour l’approvisionnement en des matériaux (déblais, remblais, GNT, enrobé, etc) venant principalement de source locale de proximité. La distance prise en compte est donc de 15km au lieu de 50 km.
- ♦ Intégration d’une part recyclée dans l’enrobé des voiries (30%)

Cette optimisation permet de réduire l’empreinte carbone globale de la phase travaux en passant de 17 990 à 15 880 téq.CO2 soit 12% de réduction.

Ce gain significatif en émissions CO2 ne permet pas néanmoins d’atteindre la neutralité carbone. Les émissions évitées jusqu’à l’année 2050 ne permet pas de compenser toutes les émissions CO2 induites par le chantier et l’exploitation à une année donnée.

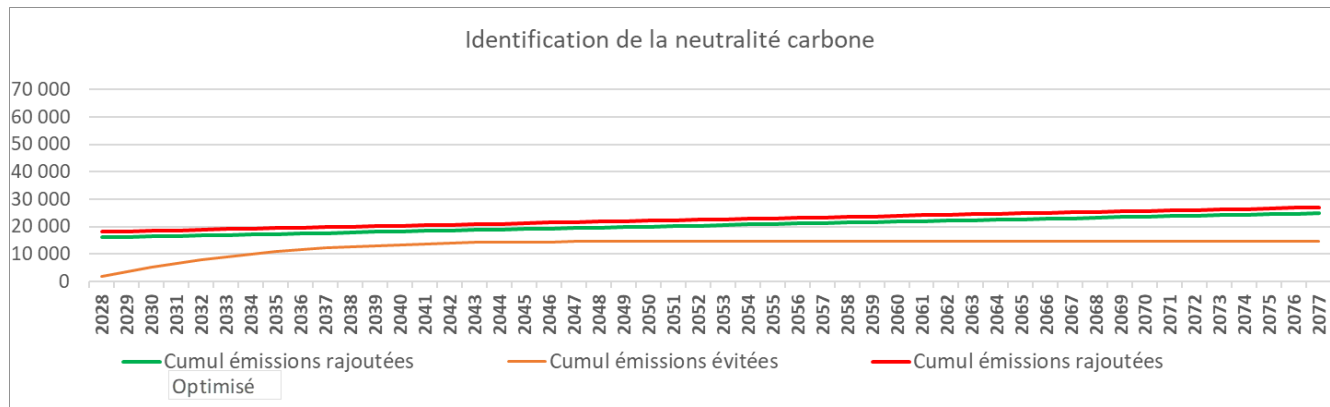


Figure 25 : Optimisation du bilan carbone global par l'application d'enrobé à 30% matière recyclée et par l'optimisation des distances d'acheminement des matériaux

8. Estimation de la consommation énergétique résultant de l’exploitation du projet

8.1. Périmètre de l’étude

Cette partie du document présente les résultats du bilan énergétique de la phase exploitation de la nouvelle ligne de bus express Pellegrin-Thouars-Malartic. L’étude s’appuie sur la modélisation des évolutions de circulation issue de l’étude socio-économique, présentée dans la partie « Bilan des émissions de gaz à effet de serre » et consiste à calculer d’une part les **consommations d’énergie évitées par le projet**, grâce au report modal des véhicules particuliers vers la nouvelle ligne de bus express, et d’autre part à calculer les **consommations d’énergie supplémentaires générées par l’augmentation du trafic** liée à la création de cette nouvelle ligne de bus.

Le périmètre de l’étude s’étend pour inclure les **consommations électriques des stations** et du **dépôt** Lescure.

8.2. Méthodologie

Le bilan énergétique est réalisé pour la phase d’exploitation de la nouvelle ligne de bus express et permet de quantifier en kWh des consommations énergétiques et en équivalent pétrole puis de monétariser l’évolution des consommations issues de :

- ♦ l’augmentation du trafic de la ligne de bus express ;
- ♦ reports des autres modes de transport (véhicules particuliers principalement) vers la nouvelle ligne ;
- ♦ autres usages de l’électricité (recharges & éclairage)

Le bilan est réalisé sur les 50 premières années suivant la mise en service de la ligne de bus express à partir de l’année 2028.

Pour pouvoir monétariser les gains en énergie, le bilan des énergies évitées sera exprimé en tonne d’équivalent pétrole.

Physiquement, la Tep est une unité adaptée à la mesure des énergies calorifiques primaires, en particulier fossiles, alors que le kWh est utilisé pour mesurer des énergies finales consommées par l’utilisateur, essentiellement mécaniques et électriques.

La tonne d’équivalent pétrole (Tep) est une unité d’énergie d’un point de vue économique et industriel. Les économistes de l’énergie y recourent à l’occasion de comparaisons entre différentes formes d’énergie, les équivalences sont calculées en fonction du contenu énergétique. Cette unité (Tep) est utilisée pour exprimer, dans une unité commune, la valeur énergétique des diverses sources d’énergie.

8.3. Hypothèses et estimations

8.3.1. Consommations générées par la ligne de bus express

[1] Consommations électriques générées par le trafic supplémentaire de la ligne de bus express

Dans un premier temps, la consommation d’énergie de la phase exploitation calculée dans cette étude correspond à celle liée à l’augmentation du trafic générée par la création de la nouvelle ligne. La consommation énergétique de la nouvelle ligne de bus express exprimée en kWh/km est présentée dans le tableau suivant :

CONSOMMATION ELECTRIQUE	UNITE	QUANTITE	SOURCE
bus express de Bordeaux Métropole	[kWh/km]	1,6-3,1	Notice Matériel roulant

La circulation annuelle estimée sur les deux branches de la nouvelle ligne bus express est présentée dans ce tableau ci-dessous :

KILOMETRAGE	UNITE	QUANTITE	SOURCE
Kilométrage annuel total pour la branche Pellegrin - Malartic	[véh.km]	600 980	Notice Exploitation
Kilométrage annuel total pour la branche Pellegrin - Thouars	[véh.km]	406 564	Notice Exploitation
Kilométrage total sur le périmètre bus express	[véh.km]	1 007 544	

En utilisant des données de la circulation annuelle totale sur l’ensemble du périmètre de la ligne de bus express et la consommation électrique par kilomètre, nous avons pu estimer la consommation annuelle et celle sur 50 ans à partir de l’année de la mise en service de la ligne (période de référence).

CONSOMMATION ENERGETIQUE	UNITE	QUANTITE
consommation électrique annuelle des bus express	[kWh]	2 518 860
consommation électrique des bus express – 50 ans	[kWh]	125 943 000

[2] Autres consommations électriques générées par le projet

L’évaluation des consommations électriques liées au fonctionnement de la nouvelle ligne de bus express porte sur les trois postes de consommations suivantes :

- ♦ Consommation électrique de recharge des bus de bus express (Parking Gautier)
- ♦ Consommation électrique des stations du bus express.

Ci-après, nous récapitulons les consommations énergétiques de chaque poste de consommations identifiées dans le périmètre du projet :

POSTE DE CONSOMMATION ELECTRIQUE	UNITE	QUANTITE
[1] Consommation annuelle de recharge	[kWh]	987 393
[2] Consommation électrique de l'éclairage des stations (pendant 8h/j)	[kWh]	419
consommation totale de l'électricité - bus express	[kWh]	987 812
consommation totale de l'électricité - bus express - 50 ans	[kWh]	49 390 609

[3] Synthèse des consommations électriques et équivalence en tonnes pétrole – 50 ans (2028-2077)

POSTE DE CONSOMMATION ELECTRIQUE	UNITE	QUANTITE
Consommation totale de l'électricité - 50 ans	[kWh]	175 333 610
Tonnes équivalents de pétrole – 50 ans	[Tep]	15 079

Tableau 16 Synthèse des consommations électriques générées par le projet et l'équivalence Tep

Le projet sur une durée de référence de 50 ans consomme de l’électricité équivalente à **15 079** tonnes de pétrole.

8.3.2. Consommations évitées par le report modal

La consommation unitaire moyenne des voitures repose sur les hypothèses de structure du parc automobile des scénarios **AMS** et **AME** présentés au chapitre bilan carbone phase exploitation. La valeur de consommation énergétique par véhicule.kilomètre (véh.km) ainsi obtenue pour les horizons cibles fixés dans le rapport du CGDD est :

MOTORISATION	STRUCTURE DU PARC AUTOMOBILE VP - AMS			SOURCE
	2021	2030-2050	Après 2050	
Diesel	55%	24%	3%	(2021 : Situation actuelle) - (2030 et 2050 Scénario AMS - SNBC-2)
Essence	40%	42%	2%	
Electrique	1%	22%	93%	
Hybride	4%	12%	2%	
MOTORISATION	STRUCTURE DU PARC AUTOMOBILE VP - AME			SOURCE
	2021	2030-2050	Après 2050	
Diesel	55%	24%	18%	(2021 : Situation actuelle) - (2030 et 2050 Scénario AME - SNBC-2)
Essence	40%	65%	51%	
Electrique	1%	9%	29%	
Hybride	4%	3%	2%	

Tableau 17 Consommation énergétique du parc véhicule français aux horizons définis par le SNBC-2

Le périmètre de l’étude se limite aux 50 ans après la mise en service de la nouvelle ligne de bus express entre 2028-2077.

En utilisant la donnée d’entrée du report modal issue du bilan socio-économique (BSE), nous avons pu évaluer les consommations énergétiques évitées par le report modal des véhicules particuliers vers la nouvelle ligne de bus express, puis l’équivalence en tonnes pétrole a été estimée :

ANNEE	ENERGIE	%	TRAJETS SUPPRIMES	CONSOMMATION S UNITAIRES DES VP		CONSOMMATION S EVITEES	Tep EVITEES
			[km]				[Tep]
2028-2030 (3 ans après l'année de la mise en service de la nouvelle ligne)	Diesel	55%	-31 735 952	0,078	L/km	-2 533 478 litres	-2 483
	Essence	40%	-23 054 559	0,066	L/km	-1 570 740 litres	-1 351
	Electrique	1%	-574 927	0,15	kWh/km	-197 919 kWh	-17
	Hybride	4%	-2 127 229	0,05	N/A		
2030-2050	Diesel	24%	-84 917 631	0,053	L/km	-4 190 685 litres	-4 107
	Essence	42%	-148 605 854	0,048	L/km	-7 519 456 litres	-6 467
	Electrique	22%	-77 841 162	0,163	kWh/km	-14 554 174 kWh	-1 252
	Hybride	12%	-42 458 816	0,033	N/A		
Après 2050	Diesel	3%	-12 240 767	0,034	L/km	-377 424 litres	-370
	Essence	2%	-8 160 511	0,033	L/km	-275 417 litres	-237
	Electrique	93%	-379 463 763	0,135	kWh/km	-49 701 592 kWh	-4 274
	Hybride	2%	-8 160 511	0,028	N/A		
Diesel (total sur 50 ans)			-128 894 350			-7 101 586 litres	-6 960
Essence (total sur 50 ans)			-179 820 925			-9 365 613 litres	-8 054
Electrique (total sur 50 ans)			-457 879 851			-64 453 685 kWh	-5 543
Hybride (total sur 50 ans)			-52 746 555				
Total			-819 341 681 km				-20 557 Tep

Tableau 18 Estimation des tonnes équivalentes de pétrole évitées par le report modal

Grâce au report modal, le projet a la capacité d’éviter **20 557 tep** de consommation énergétique.

Monétarisation des économies en énergie

Suite à la conversion du bilan énergétique du projet en tonne d’équivalent pétrole (Tep), la monétarisation du bilan énergétique est ensuite réalisée en utilisant :

- Le facteur de conversion de la tep (tonne équivalent pétrole) en baril, soit 7,33 barils/Tep selon la database documentation de l’agence internationale de l’énergie (AIE). Les projections du prix du baril de pétrole fournis par le rapport des **projections de la demande de transport sur le long terme** pour la SNBC-2 (la version en vigueur) publié en octobre 2021, sont :
 - 2030-2050 : 94,5 €(2015) par baril ;
 - A partir de l’année 2050 : 109,2 €(2015) par baril.

La valorisation des économies d’énergie potentiellement à réaliser par le report modal s’élève à **16 millions d'euros**.

Table des illustrations

Figure 1 : Végétalisation projetée à Arts et Métiers (photomontage non contractuel)6

Figure 2 : Thématiques de la certification – Source : Certivea7

Figure 3 : Répartition des coûts du projet par poste de dépense10

Figure 4 : Répartition des bénéfices du projet par poste de bénéfice10

Figure 5 : Plan du réseau RERM de Bordeaux Nouvelle-Aquitaine en 2030.....12

Figure 6 : Vue 3D du modèle acoustique pour la situation de référence avant projet, source : Etude acoustique SIXENSE Engineering13

Figure 7 : Vue 3D du modèle acoustique pour la situation projetée, source : Etude acoustique SIXENSE Engineering.....13

Figure 8 Le cycle de vie d’une construction (EVEA).....14

Figure 9 CarbonTracker : Outil de suivi carbone développé par Systra15

Figure 10 Exemples d'abri et arceaux vélo utilisés dans l'estimation de matériaux.....16

Figure 11 Résultats du bilan carbone : Tableau de bord de l'outil CarbonTracker (SYSTRA) ..16

Figure 12 Synthèse - Bilan carbone chantier par lot technique17

Figure 13 Synthèse - Bilan carbone chantier par poste d’émissions17

Figure 14 Synthèse - Bilan carbone chantier par matériau17

Figure 15 Synthèse - Bilan carbone chantier et exploitation (50ans)18

Figure 16 Voitures particulières en circulation (1er janvier 2022).....19

Figure 17 Neutralité carbone des scénarios AMS et AME20

Figure 18 : Facteurs d'émissions des carburants - uniquement les effets amonts21

Figure 19 : Evolution du contenu carbone moyen du mode routier – Scénario AMS21

Figure 20 : Evolution du contenu carbone moyen du mode routier – Scénario AME21

Figure 21 : Emissions de gaz à effet de serre annuelles évitées par le projet - Scénario AMS 21

Figure 22 : Emissions de gaz à effet de serre annuelles évitées par le projet - Scénario AME 22

Figure 23 : Répartitions des émissions annuelles engendrées et évitées par le projet en phase exploitation - Scénario AMS 22

Figure 24 : Répartitions des émissions annuelles engendrées et évitées par le projet en phase exploitation - Scénario AME 22

Figure 25 : Optimisation du bilan carbone global par l'application d'enrobé à 30% matière recyclée et par l’optimisation des distances d’acheminement des matériaux23

Annexe

8.1. Reports modaux et émissions évitées par scénario de la stratégie SNBC

Scénario SNBC	AMS		AME	
	Report modal	Emissions évitées (cumulative)	Report modal	Emissions évitées (cumulative)
Taux de croissance annuels moyens	(TCAM -0,7%)		(TCAM 0,5%)	
	(Veh.km)	(tonnes.CO2.ég)	(Veh.km)	(tonnes.CO2.ég)
(Données BSE) 2028	-19 299 000	-3 669	-19 299 000	-3 669
2029	-19 163 907	-7 312	-19 395 495	-7 356
2030	-19 029 760	-10 929	-19 492 472	-11 061
2031	-18 896 551	-13 895	-19 589 935	-14 559
2032	-18 764 275	-16 840	-19 687 885	-18 073
2033	-18 632 926	-19 765	-19 786 324	-21 606
2034	-18 502 495	-22 669	-19 885 256	-25 156
2035	-18 372 978	-25 553	-19 984 682	-28 724
2036	-18 244 367	-28 416	-20 084 605	-32 310
2037	-18 116 656	-31 260	-20 185 028	-35 914
2038	-17 989 840	-34 083	-20 285 953	-39 535
2039	-17 863 911	-36 887	-20 387 383	-43 175
2040	-17 738 863	-39 671	-20 489 320	-46 833
2041	-17 614 691	-42 436	-20 591 767	-50 509
2042	-17 491 388	-45 181	-20 694 726	-54 204
2043	-17 368 949	-47 907	-20 798 199	-57 917
2044	-17 247 366	-50 615	-20 902 190	-61 649
2045	-17 126 635	-53 303	-21 006 701	-65 399
2046	-17 006 748	-55 972	-21 111 735	-69 169
2047	-16 887 701	-58 623	-21 217 293	-72 957
2048	-16 769 487	-61 255	-21 323 380	-76 763
2049	-16 652 101	-63 868	-21 429 997	-80 589
2050	-16 535 536	-66 464	-21 537 147	-84 435
2051	-16 419 787	-66 877	-21 644 832	-87 506
2052	-16 304 849	-67 287	-21 753 057	-90 593
2053	-16 190 715	-67 694	-21 861 822	-93 696
2054	-16 077 380	-68 098	-21 971 131	-96 814
2055	-15 964 838	-68 500	-22 080 987	-99 947
2056	-15 853 084	-68 899	-22 191 392	-103 097
2057	-15 742 113	-69 295	-22 302 348	-106 262
2058	-15 631 918	-69 688	-22 413 860	-109 443
2059	-15 522 494	-70 078	-22 525 930	-112 639

2060	-15 413 837	-70 466	-22 638 559	-115 852
2061	-15 305 940	-70 851	-22 751 752	-119 081
2062	-15 198 798	-71 233	-22 865 511	-122 326
2063	-15 092 407	-71 613	-22 979 838	-125 587
2064	-14 986 760	-71 990	-23 094 737	-128 864
2065	-14 881 853	-72 364	-23 210 211	-132 158
2066	-14 777 680	-72 736	-23 326 262	-135 469
2067	-14 674 236	-73 105	-23 442 894	-138 796
2068	-14 571 516	-73 471	-23 560 108	-142 139
2069	-14 469 516	-73 835	-23 677 909	-145 499
2070	-14 368 229	-74 196	-23 796 298	-148 876
2071	-14 368 229	-74 558	-23 796 298	-152 253
2072	-14 368 229	-74 919	-23 796 298	-155 630
2073	-14 368 229	-75 281	-23 796 298	-159 007
2074	-14 368 229	-75 642	-23 796 298	-162 384
2075	-14 368 229	-76 003	-23 796 298	-165 761
2076	-14 368 229	-76 365	-23 796 298	-169 138
2077	-14 368 229	-76 726	-23 796 298	-172 516
Reports modaux sur 50 ans	-819 341 681		-1 089 829 995	