PARTIE 4. PRÉSENTATION DES VARIANTES ÉTUDIÉES ET JUSTIFICATION DU CHOIX DU PROJET RETENU

1. LA SITUATION AU FIL DE L'EAU (SANS MISE EN ŒUVRE DU PROJET)

Le scénario de référence correspond au scénario le plus probable en l'absence de réalisation du projet tramway. Il est constitué de l'ensemble des hypothèses d'évolution les plus plausibles à 2028, y compris le contexte économique, social et environnemental et des aménagements qui verront le jour (réseaux de transport, localisation des habitats et des activités) et qui sont susceptibles d'agir sur la demande.

Dans le cas présent, l'analyse de la situation au fil de l'eau revêt différents aspects :

- L'évolution des transports (transports en commun / modes actifs) sans la mise en service du projet d'extension du tramway ;
- L'évolution du territoire (urbanisme/paysage) sans la mise en service du projet.

Le présent chapitre détaille ces différents volets.

1.1. LA SITUATION AU FIL DE L'EAU PAR RAPPORT AUX TRANSPORTS

Un des principaux objectifs de Caen la mer en termes de déplacements, en lien direct avec la loi Solidarité et Renouvellement Urbains, est de réduire la part modale de la voiture individuelle pour l'ensemble des déplacements des résidents de l'agglomération et d'augmenter celle des modes alternatifs.

Dans les quartiers Ouest de Caen, de nombreux projets d'aménagement sont identifiés, qui amèneront à une croissance de la population à moyen terme, pour certains dès l'horizon 2028.

Sans alternative à la voiture individuelle attractive et efficace, les demandes de déplacements continueront dans une tendance à l'augmentation avec les projets urbains prévus ces prochaines années. Il est alors attendu une congestion des voiries routières, accrue par la croissance démographique. De plus, considérant les voiries de centre-ville, celles-ci servent actuellement de voies de shunt. En l'absence de réalisation du projet, cette situation serait amenée à se poursuivre.

Sans la réalisation du projet, le réseau de tramway reste en l'état. Les transports en commun existants n'offrent pas une qualité de service suffisante pour inciter au report modal.

Ainsi, globalement, la situation au fil de l'eau risque de voir se dégrader les conditions de déplacements, que ce soit par l'utilisation de la voiture individuelle ou par l'usage des transports en commun.

Il peut être précisé toutefois, qu'en 2029, le réseau Flex sera mis en place sur tout le territoire, avec une restructuration associée de certaines lignes. Six zones Flex sont identifiées. Dans ces zones, une navette à la demande viendra récupérer les usagers et les transporter à des points de rabattement sur le réseau.



Réseau de transport de l'agglomération caennaise avec identification des six zones Flex (horizon 2029)

En ce qui concerne la circulation des modes actifs, sans réalisation du projet de tramway, il est attendu peu d'amélioration, il n'est pas prévu de développement d'un maillage dédié aux modes actifs. Des projets de mise en œuvre de bandes cyclables pourraient être localement mis en œuvre, mais ce type d'aménagement serait moins attractif et moins sécurisé que des aménagements cyclables dédiés et généralisés sur l'ensemble du périmètre de l'extension.

1.2. LA SITUATION AU FIL DE L'EAU PAR RAPPORT À L'URBANISME ET AU PAYSAGE

Sans mise en œuvre du projet de tramway, le paysage urbain évoluerait peu en ne considérant aucun autre projet d'amélioration des espaces publics.

La situation au fil de l'eau ne contribue pas à accompagner la requalification urbaine, comme dans le cas de la création d'un tramway avec un réaménagement de façade à façade, et n'entraine pas d'amélioration du cadre de vie. L'architecture des espaces publics de Caen reste en l'état.

Sans réalisation du projet, la ligne aérienne de contact serait maintenue en place en centre-ville de Caen, comme c'est le cas actuellement.

Par ailleurs, Caen est marqué par la présence de nombreux sites historiques enclavés par de hauts murs d'enceinte. En situation fil de l'eau, plusieurs enclaves dans la ville restent telles quelles (Cité de l'air, maison du Général). Le périphérique continue à jouer un effet barrière sur le développement urbain. Les axes routiers congestionnés accentuent leur effet barrière, y compris en termes d'obstacle écologique.

Enfin, Caen la mer est un territoire très arboré, mais avec plusieurs arbres en fin de vie ou peu adaptés au changement climatique. Les aménagements paysagers sont anciens (monoculture, monostrate) et à faible plus-value écologique. En situation au fil de l'eau, certains arbres poursuivraient leur évolution normale au fil des ans, tandis que d'autres devraient être coupés au motif d'un mauvais état phytosanitaire ou d'un risque potentiel qu'ils pourraient présenter aux abords de voies circulées ou au sein d'espaces publics.

Globalement, le paysage urbain est vieillissant, le parc arboré vieillit et dépérit localement (une espérance de vie de 15 ans maximum est relevée pour des arbres d'alignement de part et d'autre de plusieurs axes).

2. LE CHOIX DU MODE

Le déploiement d'une offre en transport en commun maillée et attractive en accompagnement d'une urbanisation croissante sur le secteur Ouest de l'agglomération de Caen est nécessaire.

La nouvelle infrastructure de transport en commun doit être le levier fort d'attractivité, d'accessibilité et d'image du secteur et, au-delà de son rôle de développement de la mobilité, doit être conçue comme un outil d'aménagement et de développement économique.

La Communauté urbaine Caen la mer a réalisé une étude afin d'analyser les besoins en transports en commun et de définir les orientations sur les prochaines années.

Plusieurs solutions ont été étudiées : bus classiques (amélioration de la desserte existante), bus avec couloirs réservés (bus à haut niveau de service - BHNS) ou tramways.

Les critères pris en compte dans le choix du parti technologique du mode sont les suivants :

- un mode de transport peu voire non polluant ;
- une offre de transport fiable et efficace en temps de déplacement, ce qui implique une infrastructure de transport en site propre pour échapper aux contraintes de circulation générale ;
- une accessibilité accrue pour tous ;
- des logiques d'aménagement et logiques fonctionnelles impulsées par le réseau actuel de transport en commun.

Option 1 : amélioration de la desserte en bus

Systèmes de transports urbains par excellence, les bus sont assujettis au Code de la route qui définit en particulier leurs dimensions maximales, soit 2,55 m en largeur et 24,50 m en longueur. Celle-ci peut varier de 12 m pour les bus standards à une caisse, à 18 m pour les bus articulés à deux caisses, et à 24,50 m pour les articulés à trois caisses.

De capacité modulable en fonction des besoins, ils font l'objet d'améliorations constantes en termes de confort, d'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite, et de réduction des émissions polluantes.

Toutefois, la solution d'amélioration de la desserte bus actuelle, sans ligne de voie réservée, ne répond pas aux objectifs de l'opération. Ce mode, soumis aux aléas de la circulation, n'est pas assez fiable ni suffisamment performant pour assurer une réduction des temps de déplacement et encourager un report modal de la voiture sur les transports en commun.

Option 2 : le bus à haut niveau de service

Les Bus à Haut Niveau de Service (BHNS) sont des matériels roulants de type bus ou trolleybus qui circulent sur une plateforme réservée (site propre). Le BHNS peut bénéficier d'aménagements améliorés : quais et stations au même niveau que les bus pour permettre une montée dans le bus de plein pied, équipements en station élaborés, design élaboré du matériel roulant, système d'aide à l'exploitation, système billettique.

La traction de ces véhicules peut être électrique (batterie ou trolleybus) ou thermique (moteur diesel ou gaz naturel véhicule - GNV). Les bus et trolleybus sont assujettis au Code de la route qui définit en particulier leurs dimensions maximales, soit 2,55 m en largeur et 24,50 m en longueur. De capacité modulable en fonction des besoins, ils font l'objet d'améliorations constantes en termes de confort, d'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite et de réduction des émissions polluantes. Ils sont toutefois larges et leur insertion est plus complexe dans les corps de rue.

La solution de BHNS ne pourrait pas répondre aux besoins de fréquentation en hyperpointe en 2028. Cette saturation irait en s'aggravant les années suivantes du fait de l'augmentation des besoins en transport liés à l'augmentation de la population.

Option 3 : le tramway

La mise en œuvre d'un système de tramway a pour objectifs :

- de s'affranchir des aléas de circulation très pénalisants en termes d'attractivité pour les transports en commun (sites propres) ;
- de proposer une meilleure capacité d'emport par rapport aux lignes de bus actuelles ;
- d'améliorer fortement l'image des transports en commun (matériel roulant spécifique assurant un certain confort à l'usager, etc.), avec un gain d'attractivité par rapport au système bus avéré sur le territoire de Caen la mer.

Le mode tramway est aujourd'hui bien connu dans bon nombre de villes françaises.

La mise en œuvre d'un système de tramway sur ce secteur Ouest de l'agglomération caennaise présente des intérêts certains.

Les progrès technologiques en matière de roulement fer sur fer lui confèrent un confort élevé et ont permis de réduire fortement les nuisances phoniques pour les riverains. La plateforme est isolée par rapport au terrain naturel et évite les transmissions de vibrations par le sol.

Le tramway fer offre la possibilité d'une végétalisation de la plateforme tramway sur la plus grande part de son linéaire, souvent accompagnée de plantations d'arbres, même si certains arbres existants sont amenés à être coupés, modifiant localement quelque peu le paysage traversé par le projet.

Enfin, ce mode de transport présente un intérêt en matière de limitation de la pollution de l'air et d'impact sur l'environnement, en particulier par rapport aux émissions de gaz à effet de serre.

Le choix du mode par Caen la mer

Par délibération du 21 octobre 2021, les élus du Bureau communautaire ont décidé **de retenir la solution du tramway** pour l'extension du réseau de transports urbains.

En effet, les densités de population, emplois et scolaires (PES) dans un corridor de 500 mètres sont identiques à celles des secteurs déjà desservis par les lignes tramway existantes (environ 10 000 PES par km²). Ce mode de transport est donc le plus adapté.

Par ailleurs, un tramway propose une capacité d'emport de voyageurs bien plus importante qu'un bus (plus de 200 passagers contre une centaine dans un bus articulé), ce qui permet d'apporter davantage de confort aux usagers, notamment aux heures de pointe.

Le tramway présente d'autres atouts : c'est un système de transport confortable, avec une durée de vie d'au moins 30 ans et qui nécessite une emprise au sol réduite grâce à son guidage matériel réalisé par les rails.

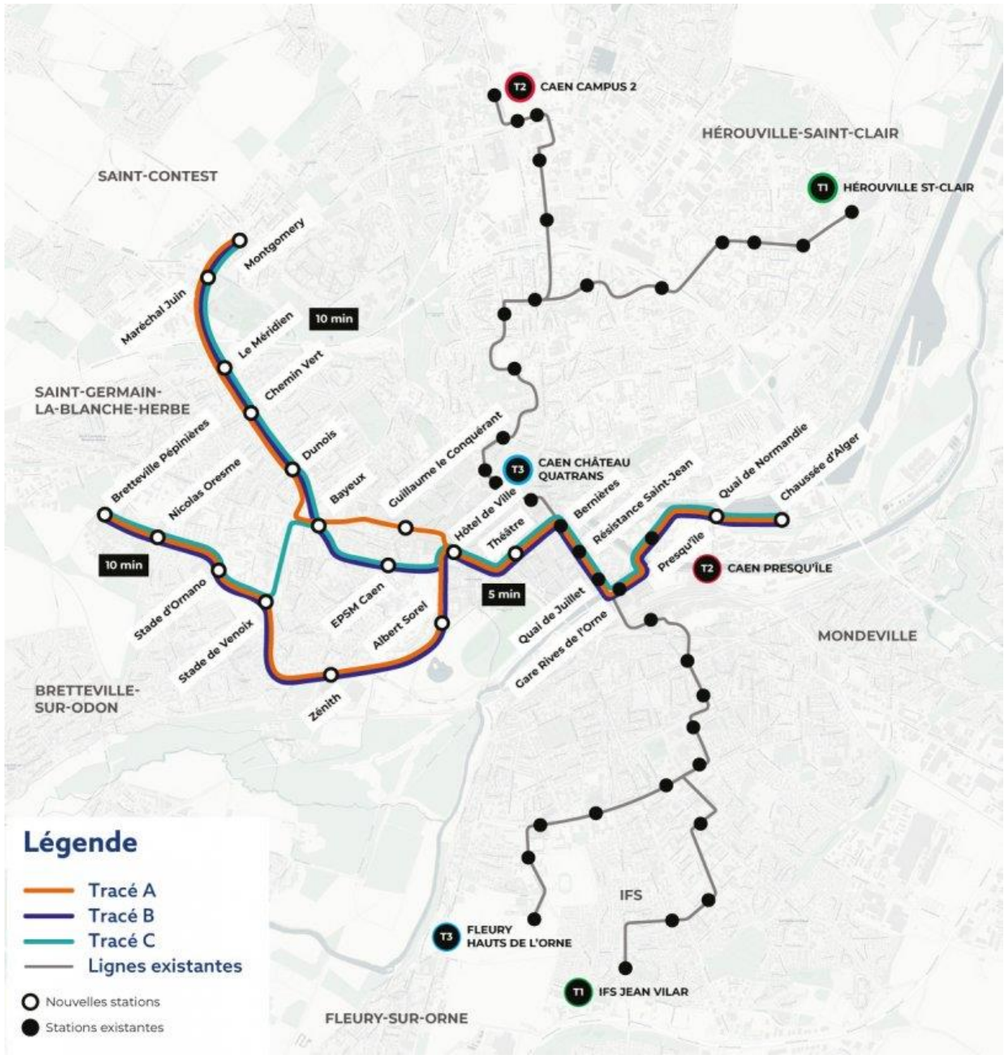
Le choix du même mode de transport permet également de limiter les correspondances sur des trajets en provenance des nouvelles zones desservies et à destination de celles desservies par les lignes de tramway existantes.

Enfin, choisir ce mode permet d'optimiser globalement la stratégie de maintenance du parc des transports en commun, par l'utilisation d'infrastructures existantes, telles que le Centre d'Exploitation et de Maintenance du Tramway (CEMT) de Fleury sur Orne, qui peut notamment accueillir jusqu'à 40 rames de tramway. Tout autre mode aurait nécessité la construction d'un nouveau centre de maintenance, le dépôt bus situé à Hérouville Saint-Clair étant aujourd'hui déjà saturé.

3. LE CHOIX DE L'ITINERAIRE DE DESSERTE

3.1. VARIANTES DE TRACÉS ÉTUDIÉES POUR LES EXTENSIONS DES LIGNES DE TRAMWAY

Trois variantes de tracés ont été étudiées lors des études préliminaires du projet d'extension du tramway de Caen la mer et soumises à concertation du public.



Trois variantes de tracés étudiées lors des études préliminaires (source : Caen la mer)

Ces trois variantes s'étendent sur un corridor Est-Ouest. Elles relient le secteur de la Presqu'île au quartier du Chemin Vert et à Saint-Contest par une première branche orientée Nord-Ouest, et au quartier de Beaulieu par une seconde branche orientée Ouest.

Les trois variantes comptent un tronc commun qui permet de desservir le centre-ville de Caen, ainsi que ses principaux équipements. Il s'étend de l'Hôtel de Ville jusqu'à la Presqu'île et emprunte 1,3 km d'infrastructures existantes entre les stations existantes « Bernières » et « Presqu'île ».

3.1.1. Le tracé A

La première branche (Branche Nord : Chaussée d'Alger – Montgomery) permet de desservir Saint-Contest et le quartier du Chemin Vert via la rue éponyme, en empruntant les rues Guillaume le Conquérant et de Bayeux.

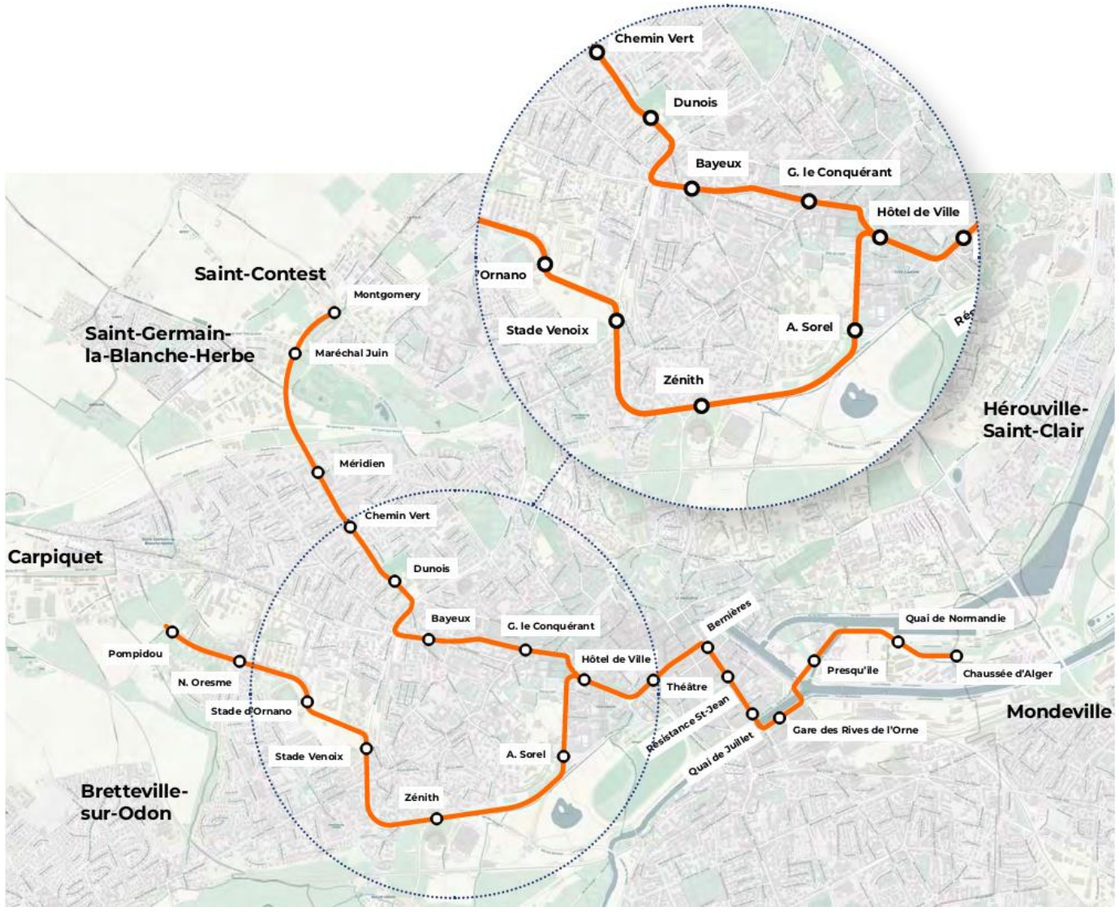
La seconde branche (Branche Sud : Chaussée d'Alger – Bretteville Pépinières) permet la desserte du quartier de Beaulieu via le boulevard Georges Pompidou, ainsi que de grands équipements comme le Stade d'Ornano, le Palais des Sports et le Zénith via le boulevard Yves Guillou.

Les rues empruntées d'Est en Ouest sont les suivantes :

- Chaussée d'Alger ;
- Quai de Normandie ;
- Avenue Victor Hugo ;
- Quai Hamelin ;
- Avenue du 6 juin ;
- Rue de Bernières ;
- Boulevard Maréchal Leclerc ;
- Boulevard Bertrand ;
- Place Guillouard ;
- Rue Guillaume le Conquérant ;
- Rue de Bayeux ;
- Boulevard Dunois ;
- Rue du Chemin-Vert ;
- Boulevard Maréchal Juin ;
- Avenue Albert Sorel ;
- Boulevard Yves Guillou ;
- Boulevard Detolle ;
- Boulevard Georges Pompidou.

Cette ligne compte 11,6 km d'infrastructures dont 1,3 km d'infrastructures existantes, 10,3 km d'infrastructures nouvelles (dont 1,1 km de voie unique). De plus, 22 stations sont réparties tout le long de son itinéraire, dont 5 existantes et 17 nouvelles.

La plateforme dédiée au tramway dispose d'un revêtement en gazon, partout où cela est possible, et en béton. Un réaménagement de façade à façade est prévu sur tout le linéaire, sauf sur le boulevard Pompidou, situé au sein du quartier de Beaulieu déjà aménagé pour accueillir un transport en commun en site propre.



Présentation du tracé A (source : Dossier de concertation préalable, juillet 2022)

3.1.2. Le tracé B

La branche au Nord-Ouest permet de desservir le quartier du Chemin Vert et Saint-Contest via la rue du Carel, l'Établissement Public de Santé Mentale (EPSM) Bon Sauveur et la rue Damozanne.

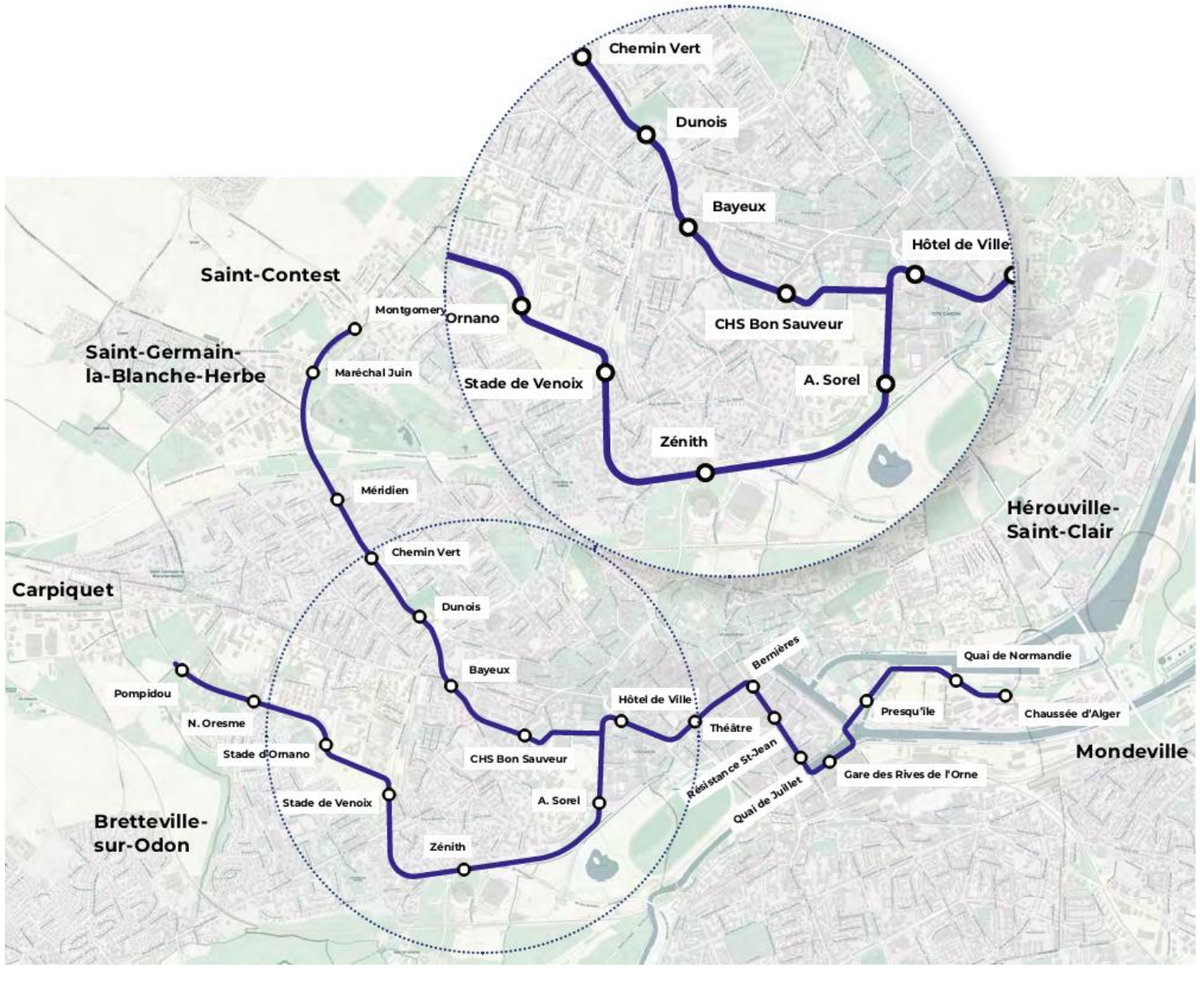
La branche Ouest vers Bretteville Pépinières permet la desserte du quartier de Beaulieu via le boulevard Georges Pompidou, ainsi que de grands équipements comme le stade d'Ornano, le Palais des Sports et le Zénith via le boulevard Yves Guillou.

Les rues empruntées d'Est en Ouest sont les suivantes :

- Chaussée d'Alger ;
- Quai de Normandie ;
- Avenue Victor Hugo ;
- Quai Hamelin ;
- Avenue du 6 juin ;
- Rue de Bernières ;
- Boulevard Maréchal Leclerc ;
- Boulevard Bertrand ;
- Avenue Albert Sorel ;
- Rue du Carel ;
- EPSM Bon Sauveur ;
- Rue du Capitaine Boualam ;
- Rue Damozanne ;
- Rue du Chemin-Vert ;
- Boulevard Maréchal Juin ;
- Avenue Albert Sorel ;
- Boulevard Yves Guillou ;
- Boulevard Detolle ;
- Boulevard Georges Pompidou.

Cette ligne compte 11,5 km d'infrastructures dont 1,3 km d'infrastructures existantes et 10,2 km d'infrastructures nouvelles (dont 1,1 km de voie unique). De plus, 22 stations sont réparties tout le long de son itinéraire, dont 5 existantes et 17 nouvelles.

Le tramway circule sur une plateforme dédiée en site propre intégral dont le revêtement est prévu en gazon, partout où cela est possible, et en béton. Un réaménagement de façade à façade est prévu sur tout le linéaire, sauf sur le boulevard Pompidou, situé au sein du quartier de Beaulieu déjà aménagé pour accueillir un transport en commun en site propre.



Présentation du tracé B (source : Dossier de concertation préalable, juillet 2022)

3.1.3. Le tracé C

La branche Nord (Chaussée d'Alger – Montgomery) permet de desservir Saint-Contest et le quartier du Chemin Vert via la rue du Carel, l'Établissement Public de Santé Mentale (EPSM) Bon Sauveur et la rue Damozanne.

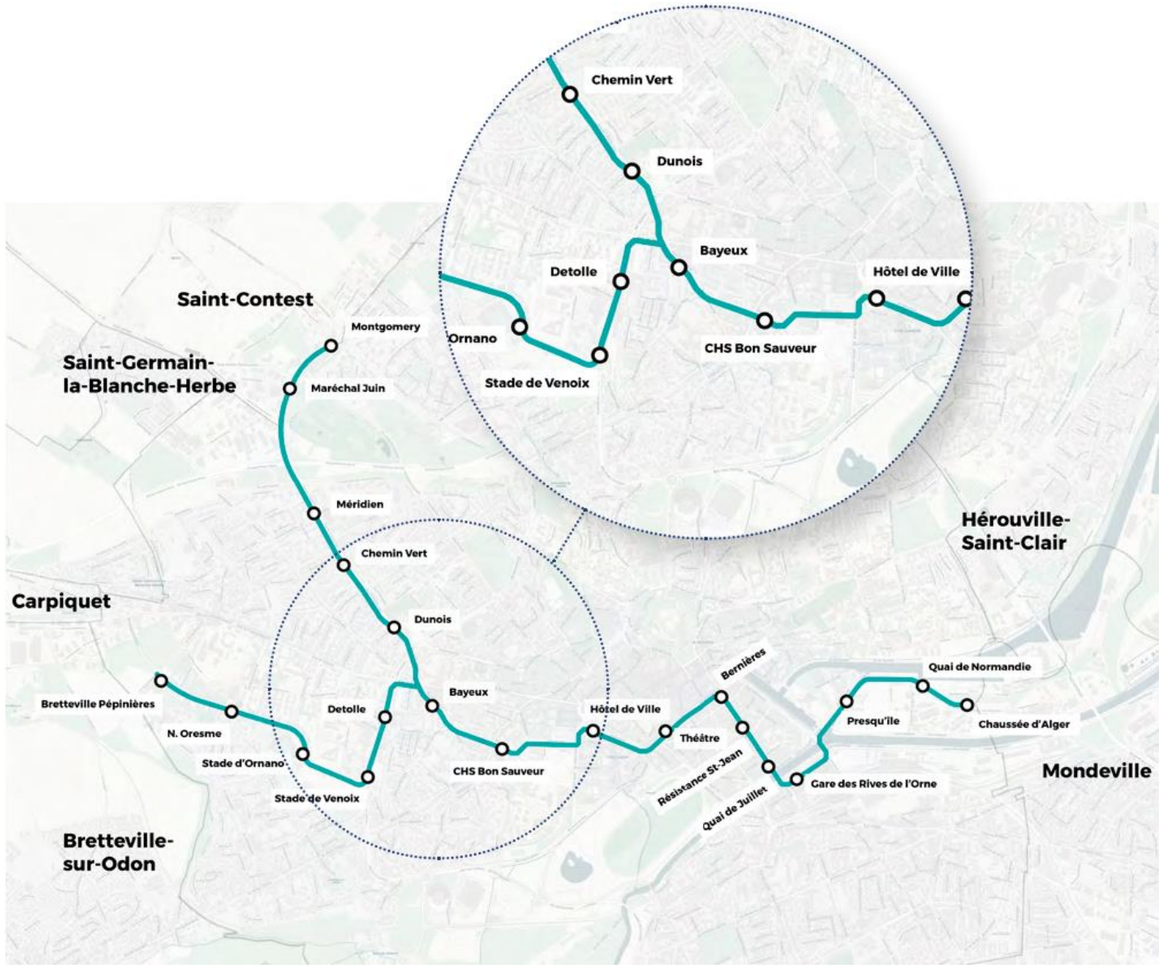
La branche Sud (Chaussée d'Alger – Bretteville Pépinières) permet la desserte du quartier de Beaulieu via le boulevard Georges Pompidou, ainsi que de grands équipements comme le Stade d'Ornano, le Palais des Sports et le Zénith via le boulevard Yves Guillou.

Les rues empruntées d'Est en Ouest sont les suivantes :

- Chaussée d'Alger ;
- Quai de Normandie ;
- Avenue Victor Hugo ;
- Quai Hamelin ;
- Avenue du 6 juin ;
- Rue de Bernières ;
- Boulevard Maréchal Leclerc ;
- Boulevard Bertrand ;
- Avenue Albert Sorel ;
- Rue du Carel ;
- EPSM Bon Sauveur ;
- Rue du Capitaine Boualam ;
- Rue Damozanne ;
- Rue du Chemin-Vert ;
- Boulevard Maréchal Juin ;
- Rue de Bayeux
- Boulevard Detolle ;
- Boulevard Georges Pompidou.

Cette ligne compte 9,8 km d'infrastructures dont 1,3 km d'infrastructures existantes et 8,5 km d'infrastructures nouvelles (dont 1,1 km de voie unique). 21 stations sont réparties tout le long de son itinéraire, dont 5 existantes et 16 nouvelles.

Le tramway circule sur une plateforme dédiée en site propre intégral dont le revêtement est prévu en gazon, partout où cela est possible, et en béton. Un réaménagement de façade à façade est prévu sur tout le linéaire, sauf sur le boulevard Pompidou, situé au sein du quartier de Beaulieu déjà aménagé pour accueillir un transport en commun en site propre.



Présentation du tracé C (source : Dossier de concertation préalable, juillet 2022)

3.2. JUSTIFICATION DU CHOIX DU TRACÉ POUR LA POURSUITE DES ÉTUDES

Le tracé C est écarté pour 3 raisons principales :

- **Potentiel de desserte plus faible que les tracés A et B (environ -6%) :**

	Population + Emplois + Scolaires (PES)
Tracé A	87 000
Tracé B	87 000
Tracé C	82 000

- **Coût de fonctionnement à peine inférieur aux autres tracés (environ -3%) :**

	Production kilométrique annuelle
Tracé A	931 000 km
Tracé B	929 000 km
Tracé C	902 000 km

- **Il ne dessert pas d'importants générateurs de déplacements** d'intérêt communautaire : lycée Malherbe, stade nautique et patinoire, palais des sports, Zénith, parc des expositions.

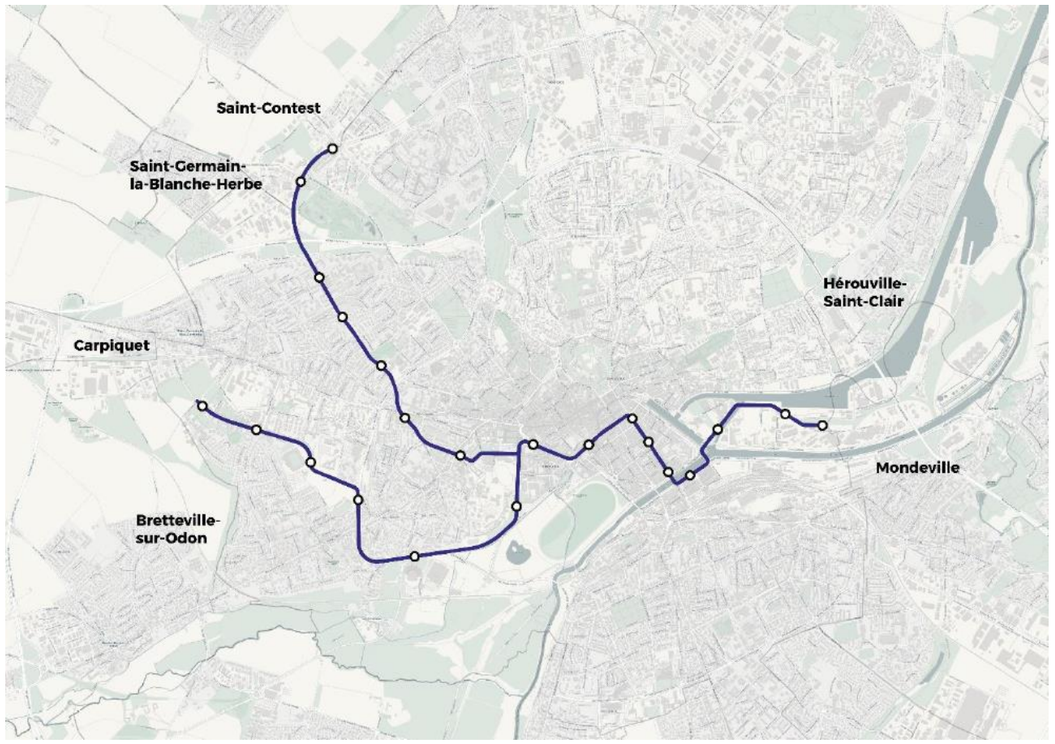
Afin de statuer entre le tracé A ou le tracé B, le tableau suivant permet de comparer le coût d'investissement/fonctionnement, la fréquence maximale, la réorganisation du réseau de bus, l'aménagement urbain et la circulation au niveau des deux tracés :

	Tracé A	Tracé B
Coût investissement – fonctionnement	291 M€ et 931 000 km/an	288 M€ et 929 000 km/an
Fréquence maximale	8 minutes (en raison de la voie unique)	Inférieure à 8 minutes (pas de voie unique)
Réorganisation bus	Très complexe rue Caponière	Maintien d'une bonne desserte sur tous les secteurs
Aménagement urbain	Requalification d'une entrée de ville	Mutation du secteur Quartier Loge
Circulation	Risque de report au cœur des quartiers	Moindre impact

3.3. CHOIX DU TRACÉ POUR LA POURSUITE DES ÉTUDES

Suite aux avis exprimés en concertation publique, d'une part, et à l'analyse des contraintes d'exploitation, d'autre part, **le choix retenu par les élus de la Communauté urbaine Caen la mer est celui du tracé B** (délibération du Bureau communautaire du 28 février 2023).

En effet, pour l'exploitabilité de la ligne avec une infrastructure en voie double, pour son évolutivité qui permettra d'augmenter la fréquence, pour le maintien de la bonne desserte en bus sur tous les secteurs et pour l'accompagnement de la mutation du secteur du centre-ville (Cité de l'Air, Quartier Lorge), ce tracé B est le plus approprié pour l'extension du réseau du tramway de Caen la mer.



Tracé B retenu pour le projet d'extension du tramway de Caen la mer
(source : Dossier de concertation préalable, juillet 2022)

3.4. ADAPTATIONS DU TRACÉ SUITE AU CHOIX DE LA SOLUTION RETENUE ET AU COURS DE LA CONCERTATION CONTINUE

Le projet a évolué pour intégrer au fil des études la meilleure solution possible pour le territoire. Plusieurs mesures d'évitement d'impacts environnementaux ont ainsi été prises pour aboutir au meilleur projet possible. Ce chapitre présente les principales mesures d'adaptation du projet adoptées depuis la concertation réglementaire.

3.4.1. La suspension de l'extension Est de la ligne de tramway au-delà du terminus « Presqu'île »

Le tracé B présenté en concertation préalable comprenait une extension Est de la ligne de tramway au-delà du terminus « Presqu'île » vers le Quai de Normandie, puis la Chaussée d'Alger.

Toutefois, la réalisation de cette extension Est a été suspendue en raison d'enjeux forts liés au risque d'inondation dans le secteur. En effet, suite au rapport du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) de mars 2023, il est évoqué une élévation du niveau des mers de 1 m à l'horizon 2100. L'État et la Communauté urbaine vont engager une étude destinée à simuler l'impact de cette hausse, les effets attendus devant se faire sentir jusque dans l'agglomération caennaise, dont notamment la presqu'île située entre le canal et l'Orne, dont la desserte par la branche Est du futur tramway était prévue. En septembre 2023, la Communauté urbaine a donc annoncé sa décision de suspendre le projet d'aménagement de cette presqu'île (2 500 logements prévus) en l'attente des résultats de cette étude, et en conséquence, de ne pas engager les travaux prévus de prolongation Est de la ligne de tramway.

Par conséquent, deux stations initialement prévues ne seront pas aménagées : il s'agit des stations « Quai de Normandie » et « Chaussée d'Alger ».

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer conserve donc son terminus Est existant à l'arrêt « Presqu'île ».

Toutefois, le projet prévoit le réaménagement du terminus « Presqu'île », pour permettre le fonctionnement avec deux lignes et le remisage de deux rames supplémentaires. Ainsi, les voies existantes sont prolongées vers l'Est sur une longueur d'environ 130 mètres.

3.4.2. L'adaptation du tracé au niveau du lycée Malherbe

Afin d'éviter tout impact sur le site de la Prairie de Caen qui constitue un milieu naturel d'intérêt en cœur de ville, le tracé de la plateforme tramway a été décalé du côté du lycée Malherbe,

La Prairie est en effet un site qui abrite une biodiversité remarquable et constitue un site inscrit. Son évolution en site classé est en cours de réflexion. De plus, des arbres d'alignement sont présents en bordure du site de la Prairie, qu'il convient de préserver.

3.4.3. La modification du tracé boulevard Pompidou

Le projet présenté lors de la concertation préalable prévoyait que le tramway soit positionné dans la contre-allée côté stade d'Ornano sans empiéter sur les voies de circulation actuelles. Cette disposition aurait nécessité que les riverains traversent les voies pour accéder à leur parking résidentiel et aurait posé des difficultés pour la dépose des résidents de la maison de retraite.

La Communauté urbaine a modifié sensiblement son projet en choisissant de positionner les voies en axial du boulevard, les voies de circulation étant réparties de chaque côté du tramway, ce qui facilite les accès riverains et évite les conflits riverains/déplacements cyclables.

3.4.4. L'ouvrage de franchissement du périphérique (RN814)

Au niveau de la branche Nord-Ouest de l'extension du tramway, le projet doit franchir le périphérique de Caen (RN814) en passage supérieur.

Deux variantes ont été étudiées : l'élargissement de l'ouvrage routier existant ou la construction d'un nouvel ouvrage d'art accolé à l'ouvrage existant.

La solution de construction d'un nouvel ouvrage d'art accolé au passage supérieur existant a été retenue, car elle permet de limiter fortement l'impact du projet sur la circulation en phase travaux (plusieurs mois de travaux) et de réduire le coût d'opération.

3.4.5. L'insertion du tramway au niveau de la rue du Capitaine Boualam

La rue du Capitaine Boualam a fait l'objet de l'étude de différentes variantes d'insertion. Pour permettre le passage de différents usages sur cette voirie, la solution de voies entrelacées (voie unique de tramway pour les deux sens de circulation) a été retenue. Cette solution rend possible l'aménagement de pistes cyclables en plus des voies de tramway, alors que le secteur est très contraint d'un point de vue foncier. De plus, les voies entrelacées ne limitent pas la fréquence atteignable sur la ligne.

3.4.6. L'insertion du tramway au niveau de la rue de Bernières et du boulevard du Maréchal Leclerc

Le projet d'extension du tramway rejoint le boulevard Bertrand, par la rue de Bernières et le boulevard du Maréchal Leclerc, depuis le débranchement existant après la station « Bernières » sur l'avenue du Six juin.

Plusieurs contraintes ont été identifiées dans ce secteur. La position du débranchement insère la plateforme côté Nord de l'avenue. La rue de Bernières est plantée et les alignements d'arbres doivent être conservés. La place du Théâtre est plantée d'un immense platane qu'il faut conserver. Enfin, sous le boulevard du Maréchal Leclerc se trouve la Rigole Alimentaire, vieil ouvrage de plusieurs mètres de large canalisant le Petit Odon jusqu'à la Prairie. Sur cet ouvrage, il n'est pas possible de poser la plateforme tramway, il faut la ponter. Or à l'angle où la Rigole rejoint la rue de Bernières-le boulevard du Maréchal Leclerc, la Rigole est très proche d'un bâtiment et ce serait très risqué d'insérer la plateforme côté Nord. Cela implique donc la nécessité de passer la plateforme du Nord au Sud de la rue, au niveau du croisement Bernières/Leclerc.

De plus, le projet a pour ambition de s'accompagner d'un apaisement de la circulation sur cet axe, avec à terme un projet de piétonnisation possible. La circulation automobile n'est donc plus que de desserte.

Après l'élaboration de multiples scenarios, la solution retenue permet de conserver les alignements d'arbres et le grand platane. Les circulations cyclables sont sécurisées et la desserte riveraine est bien assurée.

3.4.7. L'insertion du tramway au niveau de la rue du Chemin Vert

Au Sud de la rue du Chemin Vert, entre la rue de Secqueville et le boulevard Dunois, le profil de voirie actuel est constitué d'une voie pour véhicules légers dans le sens descendant Nord-Sud, d'une voie dédiée aux bus dans le sens montant, et d'une piste cyclable bidirectionnelle avec trottoirs séparés par une haie d'arbres et d'arbustes de la voirie.

Dans cette configuration, il n'est pas possible de faire passer la plateforme tramway et une voie pour véhicules légers à sens unique sans détruire la haie.

Une configuration a donc été recherchée permettant de conserver la haie. La possibilité de passer la voie tramway en site mixte sur cette dernière partie a été étudiée.

Cette variante en site mixte présente cependant des défauts. La haie constitue un obstacle visuel pour le conducteur du tramway. Ainsi, au niveau des carrefours, il aurait fallu supprimer plusieurs mètres de haie pour assurer un minimum de visibilité pour des questions de sécurité. Par ailleurs, la nécessité de créer des refuges piétons et les largeurs minimum de voies pour le tramway et la voie mixte ne permet pas d'avoir des stationnements, plantations et trottoirs confortables côté Ouest.

Enfin, le site mixte est pénalisant pour l'exploitation du tramway. L'analyse circulation montre que les remontées de files du carrefour Dunois iraient au-delà du site mixte. Les phases de feux ne permettraient pas un écoulement satisfaisant des véhicules sur la rue du Chemin Vert sauf à bloquer la circulation du boulevard Dunois qui est un axe structurant de circulation pour Caen.

3.5. LE CHOIX DES STATIONS

3.5.1. Le choix de la localisation des stations

La localisation des stations a fait l'objet d'un travail approfondi de manière à proposer des stations qui répondent au mieux aux enjeux d'attractivité, d'environnement, de limitation des emprises et de prise en compte des autres usages locaux.

3.5.1.1. Branche Sud-Ouest vers Pompidou

- **L'implantation d'une nouvelle station au niveau du parking-relais « Chemin Vert »**

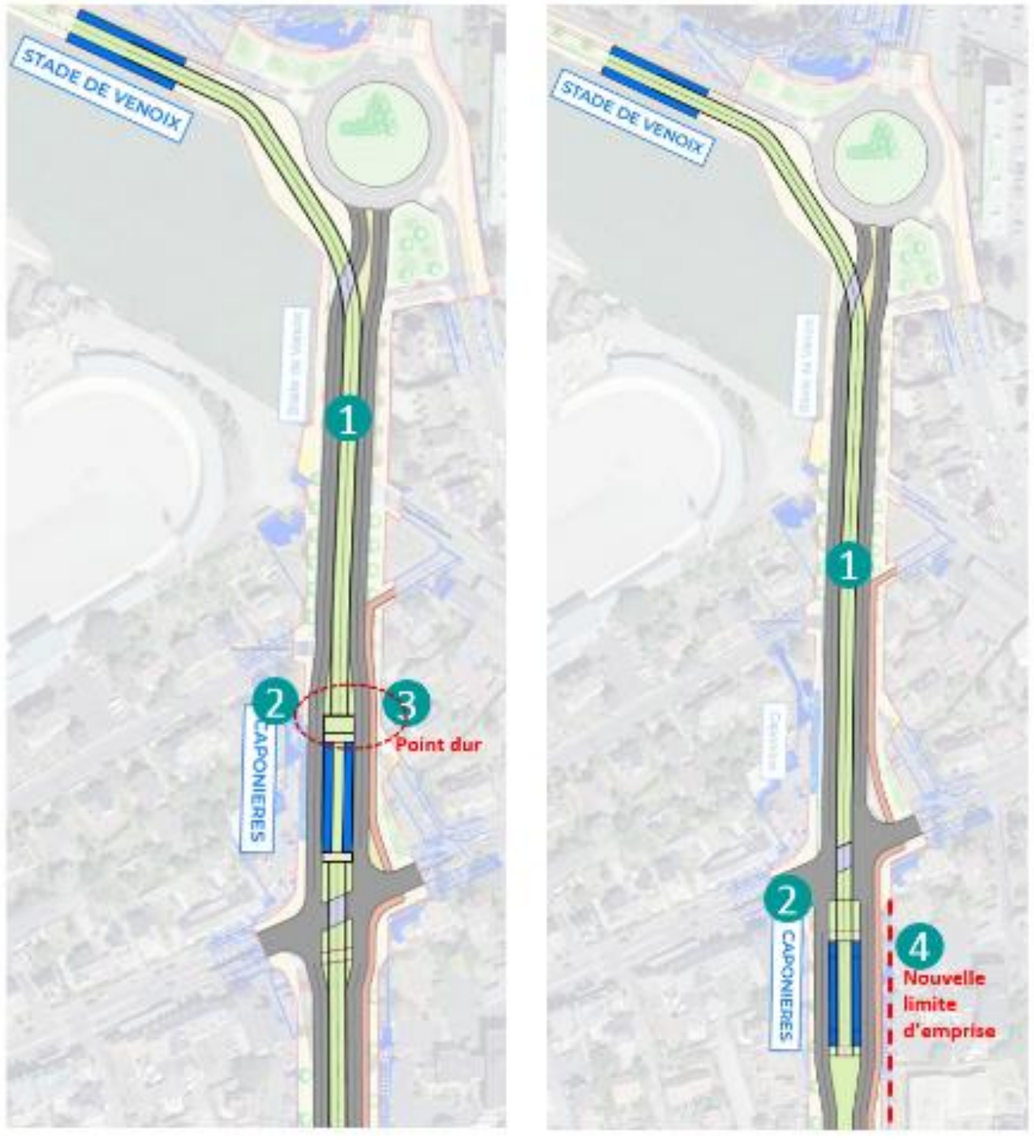
À la suite de la concertation préalable, la Communauté urbaine a décidé de prévoir une nouvelle station au droit du futur parking-relais « Chemin Vert », afin de favoriser le report modal malgré la proximité de celle-ci avec la station prévue centrée sur la zone résidentielle.

- **Station « Venoix »**

La station « Venoix » a été ajoutée suite à la concertation publique de fin 2022. Deux localisations possibles pour cette station ont été étudiées : au Nord (version 1 sur la figure ci-après) et au Sud (version 2 sur la figure ci-après) du carrefour avec la rue Caponière.

Suite à une étude comparative de ces deux variantes, il a été décidé de retenir la position Sud. Les raisons de ce choix sont notamment motivées par les éléments suivants :

- une meilleure intermodalité et une meilleure répartition avec les stations de part et d'autre (stations « Detolle » et « Zénith ») ;
- un trottoir plus large sur le boulevard Detolle au Nord du carrefour Caponière ;
- un meilleur potentiel de replantation d'arbres et d'aménagements cyclables ;
- la variante Nord ne permettait pas de proposer une continuité cyclable au niveau du point dur sans incidence foncière ni les traversées piétonnes.



Variantes de localisation de la station « Venoix » (à droite, solution retenue) (source : Trameo)

- **Station « Stade d'Ornano »**

Initialement, la station était positionnée au Sud du parvis vers l'espace Beaulieu. Il a été décidé de la déplacer vers le Nord, devant la rue Claude Chappe pour les raisons suivantes :

- nouvelle position devant l'entrée du public Caennais du stade, l'ancienne position étant face à l'entrée visiteurs ;
- meilleure gestion des flux piétons transport en commun / stade ;
- positionnement plus proche des générateurs de flux du quartier (rue Claude Chappe notamment) ;
- tracé mieux adapté (alignement droit) ;
- moindre impact foncier sur le parvis du stade ;
- station plus centrale.

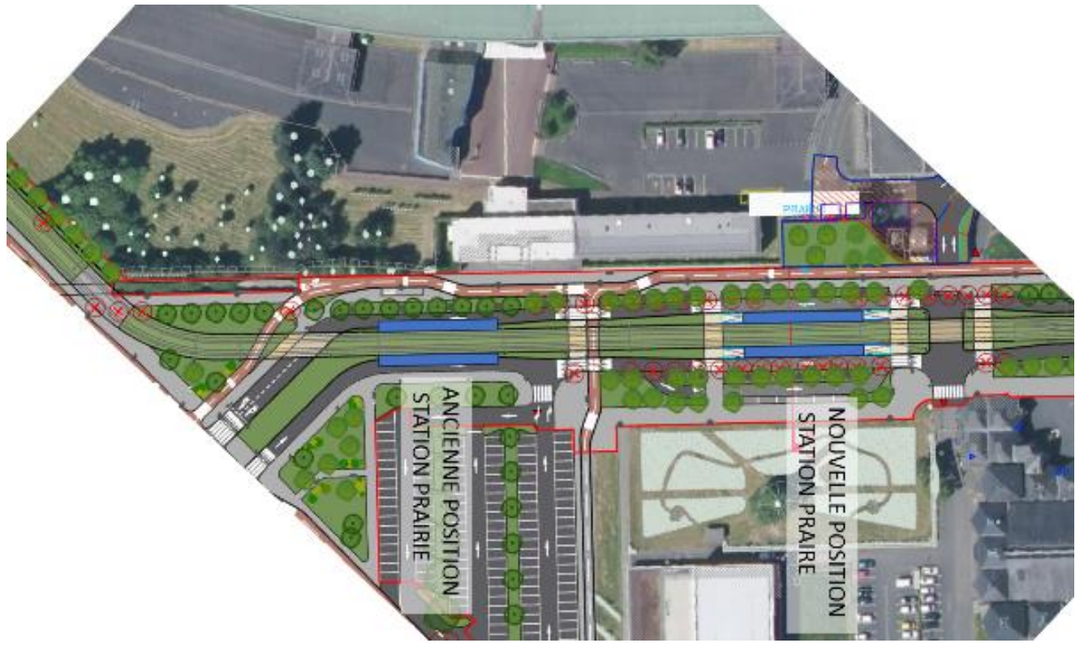


Variantes de localisation de la station « Stade d'Ornano » (à gauche, solution retenue) (source : Trameo)

- **Station « Prairie »**

La station « Prairie » a été repositionnée plus au Nord par rapport à sa localisation initiale. Cette modification fait suite à une demande du lycée Malherbe pour limiter les conflits de flux entrées/sorties du lycée et d'attente du tramway.

Le positionnement retenu pour la station « Prairie » est plus proche des générateurs de flux.



Variantes de localisation de la station « Prairie » (à droite, solution retenue) (source : Trameo)

3.5.1.2. Branche Nord-Ouest vers Saint-Contest via le quartier du Chemin Vert

- **Station « Caponière »**

La station « Caponière » a fait l'objet d'une étude en quais décalés ou quais alignés.

La solution en quais alignés a été retenue, car elle permet une meilleure gestion des flux piétons, une emprise moindre sur l'espace urbain et une meilleure lisibilité de l'aménagement.

- **Station « Haie Vigné »**

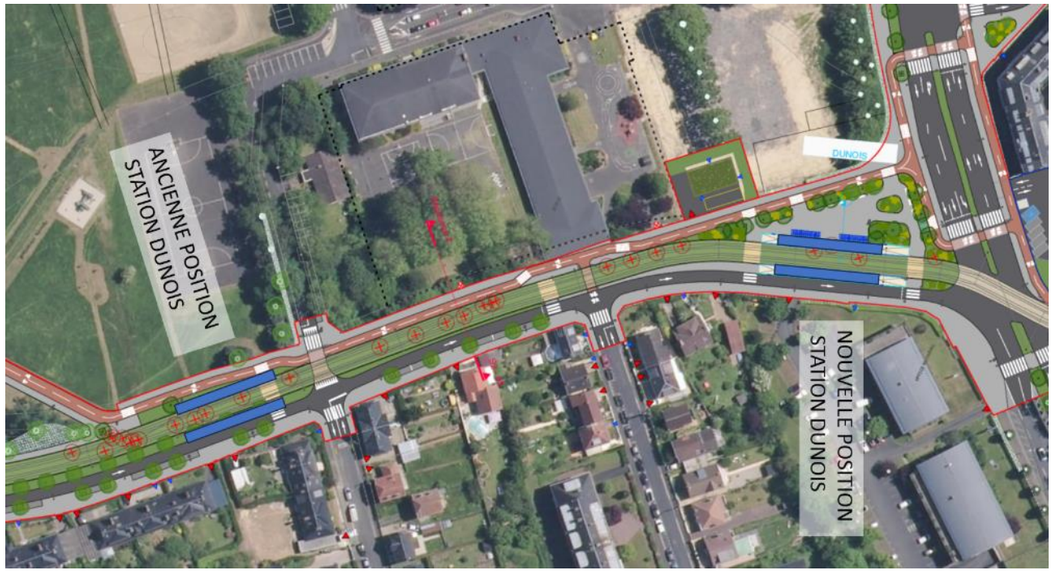
Deux variantes ont été étudiées au niveau de la station « Haie Vigné » : en quai latéral ou en quai central.

La position en quai central a été retenue car elle permet son insertion dans cette rue étroite, et présente par conséquent un impact moindre sur le foncier. Elle permet une meilleure préservation des flux automobiles/piétons et donne l'opportunité d'ajouter une infrastructure cyclable. Ainsi, au cours des études d'avant-projet, une piste cyclable bidirectionnelle a été positionnée entre la station « Haie Vigné » et le mur du gymnase en contrebas.

- **Station « Dunois »**

Deux variantes ont été étudiées et le choix du positionnement de la station « Dunois » s'est fait à l'angle du boulevard plutôt qu'au Nord dans la rue.

Cette localisation permet une meilleure visibilité, une aire d'influence jusqu'au quartier Hastings et un impact moindre sur les alentours (parc de Secqueville). Elle permet également de maintenir une infrastructure cyclable dédiée rue du Chemin Vert.



Variantes de localisation de la station « Dunois » (à droite, solution retenue) (source : Trameo)

Station « Stockholm »

La station « Stockholm » a été recalée suite au choix de la localisation de la station « Dunois » de manière à mieux répartir les distances entre stations. Cette nouvelle position nécessite la reprise de l'emplacement bus actuel.

Station « Molière »

Les contraintes altimétriques ont orienté les études de localisation de la station « Molière ».

Deux positions ont été étudiées :

- scénario 1 : station centrée sur la rue du Président Coty, accès difficile altimétriquement d'un côté de la station ;
- scénario 2 : station excentrée, plus accessible altimétriquement.



Variantes de localisation de la station « Molière » (source : Trameo)

La station « Molière » a été repositionnée face au centre commercial du Chemin Vert.

Station « Chemin Vert »

À la suite de la concertation préalable, la Communauté urbaine a décidé de prévoir une nouvelle station à proximité immédiate du futur parking-relais « Chemin Vert », proposé en haut du quartier du Chemin Vert. La station « Chemin Vert » sera donc attenante au P+R « Chemin Vert », ce qui favorisera l'intermodalité et l'attractivité du P+R.

Station « Saint-Contest Athéna »

Un travail sur le positionnement de la station « Saint-Contest Athéna » au plus près du rond-point du Débarquement a été réalisé. La localisation retenue permet de limiter l'incidence du projet sur les arbres au Sud (côté Unicité) et d'envisager un prolongement futur éventuel vers le Nord ou vers l'Ouest.

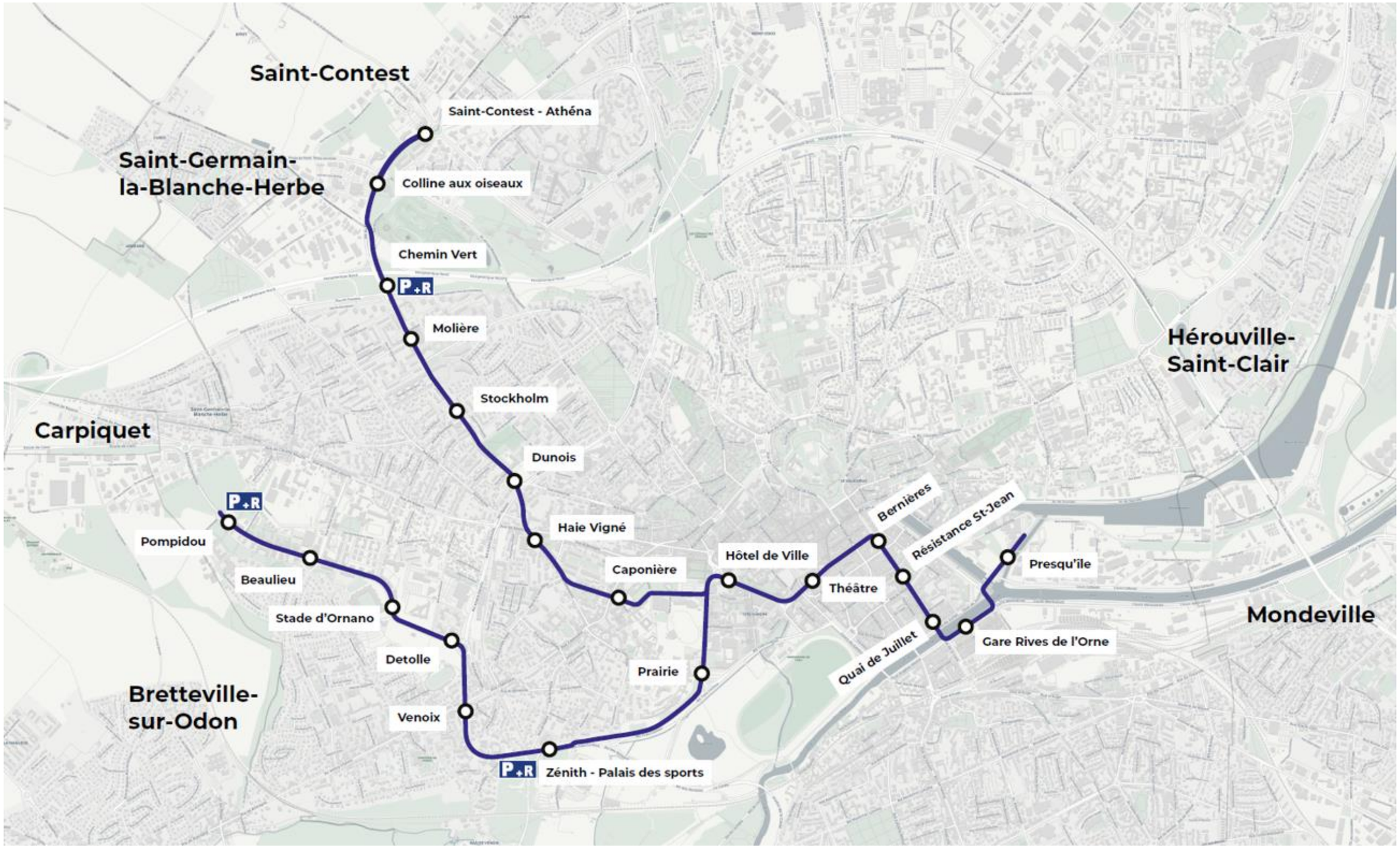
3.5.2. Le choix du nom des stations

Le nom des stations a fait l'objet d'une consultation du public. Après deux mois de consultation à l'été 2023, 4 665 personnes ont participé en ligne pour choisir les noms des nouvelles stations du projet d'extension du tramway de Caen la mer.

Le tableau suivant présente l'évolution des noms des stations, entre ceux présentés lors de la concertation préalable et les noms finalement retenus.

Nom donné aux stations lors de la concertation publique préalable	Nom définitif donné aux stations
Branche Nord-Ouest vers Saint-Contest via le quartier du Chemin Vert	
Montgomery	Saint-Contest - Athéna
Maréchal Juin	Colline aux oiseaux
Méridien	Chemin Vert
Molière	Molière
Stockholm	Stockholm
Dunois	Dunois
Bayeux	Haie Vigné
CHS Bon Sauveur	Caponière
Branche Ouest vers Pompidou	
A. Sorel	Prairie
Zénith	Zénith – Palais des Sports
-	Venoix (nouvelle station)
Stade de Venoix	Detolle
Stade d'Ornano	Stade d'Ornano
N. Oresme	Beaulieu
Pompidou	Pompidou
Tronc commun (centre-ville / Presqu'île)	
Hôtel de Ville	Hôtel de Ville
Théâtre	Théâtre

La figure en page suivante présente le tracé de l'extension du tramway de Caen la mer avec les noms définitifs attribués aux stations.



Localisation et nom des stations du projet d'extension du tramway de Caen la mer (source : Caen la mer)

3.6. LA PRISE EN COMPTE DES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX, PAYSAGERS ET DE L'INTERMODALITÉ

3.6.1. Paysage et urbanisme

La ligne de tramway est un projet de transport public, mais aussi un projet de recomposition de la ville. Le tramway s'insère dans une logique globale de déplacement avec l'ensemble des autres modes. Le projet d'extension du tramway vient compléter le réseau de transport en commun existant en permettant de mieux desservir l'Ouest de la communauté urbaine Caen la mer tout en favorisant le report modal des voitures vers les transports en commun et les modes actifs.

Ce moyen de transport efficace et capacitaire va être un formidable outil pour la mise en valeur et le développement de ce territoire. Ce projet s'insère dans une vision commune du territoire et de son développement, où se mêlent les transports, l'aménagement du territoire, l'aménagement des espaces publics, développement urbain et environnement.

Il s'agit ici de proposer des aménagements à même de préserver les spécificités locales pour améliorer la vie des quartiers traversés tout en fédérant une identité commune. Le réaménagement des espaces publics de façade à façade sur les voiries empruntées par la nouvelle infrastructure de tramway permet de valoriser un aménagement urbain et une insertion paysagère qualitatifs :

- La ligne aérienne de contact (LAC) sera déployée sur la majorité du tracé à l'exception du centre-ville. Les élus de Caen la mer ont fait le choix d'effacer la LAC en centre-ville. Les rames de tramway fonctionneront alors sur batterie, impliquant une réadaptation des rames existantes. Ce choix est guidé par une volonté de préserver et mettre en valeur le patrimoine historique et architectural du centre-ville de Caen. Une partie de la LAC actuellement en place entre les stations existantes « Bernières » et « Place de la Mare » sera également déposée dans le cadre du projet.
- Afin de contribuer localement à la lutte contre le changement climatique et d'améliorer le confort en ville, la végétalisation de l'espace urbain est un objectif à atteindre. L'insertion de la plateforme de tramway est une opportunité pour apporter de la végétation grâce à la mise en place d'une plateforme végétalisée : sur 10,5 km de plateforme de tramway, de 70 à 80 % du linéaire sera végétalisé.

  La gestion classique des plateformes par de l'engazonnement entraine souvent une banalisation des espaces au prix d'un entretien coûteux en temps, en argent et traitements divers. L'utilisation de variétés de graminées locales ou de plantes vivaces, autres que les gazons traditionnels, peuvent répondre à une démarche environnementale de projet. Cette démarche a pour vocation de développer la diversité végétale pour permettre d'être le plus adapté aux lieux traversés en offrant une identité supplémentaire à ces espaces. Cette diversification végétale permet de favoriser l'installation d'une biodiversité en ville et de constituer de nouveaux corridors biologiques. La proposition est d'implanter autant que possible un mélange herbacé issu de collecte en milieu naturel, constitués de plantes vivaces, annuelles et bisannuelles d'origine locale/endémique, plus résistant aux variations climatiques et plus pérenne.
- Le développement de la ligne de tramway s'accompagne d'une mise en valeur et d'une requalification du paysage des espaces environnants. L'objectif est de préserver au maximum les arbres existants. Les aménagements paysagers du tramway sont pensés pour valoriser la biodiversité et le confort d'usage. L'implantation et le développement de strates végétales sont primordiales pour valoriser et favoriser la biodiversité. Le végétal joue également un rôle d'animation urbaine. Le projet paysager prévoit la plantation de trois strates (herbacée, arbustive, arborée) qui permet d'avoir une gestion saisonnière des floraisons avec en premier lieu une alternance d'espaces caducs et persistants, ainsi que des périodes de floraisons apportant différentes ambiances paysagères au fil des saisons. L'implantation de ces trois strates s'accompagne d'un objectif de désimperméabilisation des sols : les pieds d'arbres seront ouverts de façon à implanter la strate basse et moyenne dans le but de créer de espaces verts généreux le long de la ligne de tramway.
- La gestion durable et intégrée des eaux pluviales constitue actuellement un enjeu majeur de manière à prévenir les inondations, apporter des ilots de fraicheur en milieu urbain, favoriser la nature en ville et contribuer à l'adaptation au changement climatique. Les modalités de gestion des eaux pluviales du projet ont fait l'objet d'une étude comparative afin de tenir compte des spécificités locales de terrain. La solution d'infiltration et de rétention des eaux pluviales sous la plateforme du tramway, dans les zones favorables à l'infiltration, a été retenue. Cette solution permet de réduire les débits de rejet sous plateforme à 1 l/s, soit une diminution de 90% des rejets par rapport à la situation actuelle. Elle permet également d'infiltrer une partie de l'eau au moyen d'une structure réservoir de 50 cm d'épaisseur en moyenne constituée de matériaux granuleux avec une capacité de stocker de 30% environ. Cette structure est positionnée sous la voie du tramway, à une profondeur maximale de 1,50 m.

3.6.2. Intermodalité

Proposer un transport en commun en site propre, c'est avant tout desservir un territoire et ses points névralgiques. L'ensemble du linéaire, que ce soit dans le choix du tracé lui-même ou des stations, est destiné à permettre au plus grand nombre de bénéficier de l'effet tramway. L'extension du tramway de Caen la mer constitue un nouveau chaînon du réseau de transport en commun qui permettra, au-delà de la desserte locale, le rabattement des populations périphériques et proposera une offre complémentaire plus fine au réseau Twisto existant.

L'insertion d'un nouveau mode de transport doit forcément tenir compte des infrastructures actuelles, ainsi que du réseau de transports en commun existant, en étant connectée à ce dernier. Les connexions engendrées par le croisement de ces transports permettent de ce fait de simplifier les déplacements et assurent une meilleure accessibilité aux lieux d'emploi, d'études, d'affaires et de loisirs.

Ce nouveau mode de transport en commun s'accompagne d'un projet dédié aux modes actifs (piétons, cycles). Plutôt que de restituer à l'identique les fonctionnalités piétonnes et cyclables impactées par le projet de tramway, la communauté urbaine Caen la mer a fait le choix de développer des itinéraires cyclables et dédiés aux piétons continus, sécurisés, confortables et attractifs.

Dans l'optique de développement de l'intermodalité, Caen la mer a également la volonté de proposer des aires de stationnement localisées aux points d'entrées dans la ville de Caen, qui permettent de favoriser l'usage des transports en commun et les déplacements doux pour les déplacements urbains.

Ainsi, un parking-relais accompagne le projet de tramway, le P+R « Chemin Vert ». Ce parking-relais a fait l'objet d'une réflexion quant à sa localisation. Initialement implanté sur une aire inscrite en zone naturelle au Plan Local d'Urbanisme de Caen, dans un parc arboré, ce P+R a été repositionné au droit d'une zone de stationnement existante, pour éviter une imperméabilisation supplémentaire, de plus en zone naturelle. Ce parking-relais bénéficie d'une position stratégique, à proximité du périphérique Nord et de la future station de tramway « Chemin Vert ». L'aménagement pourra évoluer à moyen/long terme avec une transformation possible du parking de surface en parking silo.

L'extension du tramway pourra bénéficier de la proximité de deux autres zones de stationnement réalisées dans le cadre d'opérations connexes, et qui serviront également de parkings-relais : les P+R « Zénith - Palais des sports » et « Pompidou ». Ces parkings-relais sont placés au niveau des terminus et des points d'entrées dans la ville de Caen. Ils favorisent ainsi les changements de mode de déplacements. Les automobilistes venant des communes voisines, n'ayant d'autres choix que d'utiliser leurs voitures pour se rendre dans l'aire urbaine de Caen peuvent, de ce fait, stationner dans ces stationnements incitatifs. Ils ont ensuite la possibilité de se déplacer en utilisant le réseau de transport en commun pour circuler dans l'agglomération. C'est une solution simple et flexible pour inciter les citadins à réduire l'utilisation de l'automobile au sein même de la ville.

Enfin, il était envisagé l'aménagement d'un pôle d'échanges multimodal à proximité de la Prairie de Caen, en face de l'avenue Albert Sorel. Localisé à proximité de nombreux équipements sportifs, culturels et institutionnels, il pouvait proposer une interface entre les lignes de bus et la ligne de tramway, ainsi que des connexions avec le parking automobile existant, conservé en l'état. Toutefois, l'étude du réseau de transport à terme amène à privilégier une desserte sur le boulevard Yves Guillou plus en adéquation avec le besoin.

De plus, afin de préserver un espace vert qualitatif sur lequel le pôle d'échanges multimodal se serait implanté, il a été retenu de préserver cet espace dégagé situé devant le stade nautique et de ne pas aménager de pôle d'échanges multimodal.

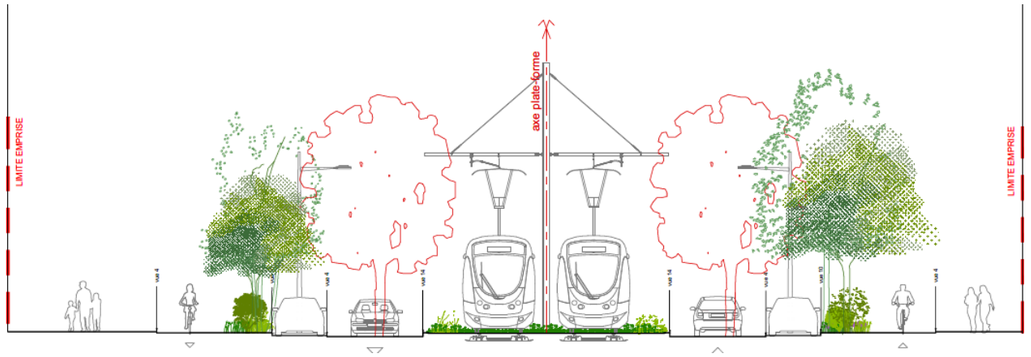
3.7. LE CHOIX DE L'INSERTION URBAINE

3.7.1.1. Branche Ouest vers Pompidou

Insertion boulevard Georges Pompidou

Aux études préliminaires, la plateforme du tramway était calée en site latéral Sud dans la contre-allée existante. Ceci imposait de fortes contraintes pour les accès riverains qui étaient situés à 2,5 m seulement de la plateforme et pour les cycles qui étaient collés à la plateforme. Cette insertion permettait d'impacter seulement la moitié du boulevard, mais était très contraignante pour les cycles et pour les riverains.

Au cours des études d'avant-projet, l'insertion de la plateforme en site axial a été étudiée. Cet aménagement est plus coûteux que la solution en site latéral Sud, car les travaux sont à réaliser de façade à façade, mais il permet de proposer des accès facilités aux riverains et d'avoir des trottoirs plus larges avec des pistes cyclables confortables du fait de la suppression des contre-allées. Le cheminement des cycles est amélioré car ils ne sont plus accolés à la plateforme. Cette modification concerne un linéaire de 840 m.



Coupe d'insertion boulevard Georges Pompidou (source : Trameo)

Insertion boulevard Yves Guillou

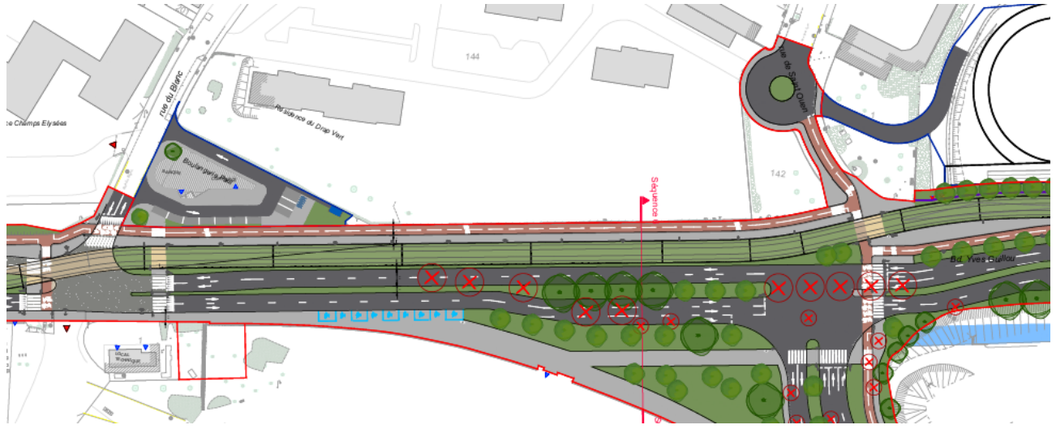
Deux variantes d'aménagement ont été étudiées le long du boulevard Yves Guillou entre la rue du Blanc et le lycée Malherbe (longueur d'environ 280 m).

- Variante 1 : tramway calé côté Nord du boulevard Guillou, piste cyclable et trottoir entre la plateforme du tramway et le boulevard ;

- Variante 2 : tramway calé côté Nord du boulevard Guillou, piste cyclable et trottoir au Nord de la plateforme.

La variante 1 était celle proposée aux études préliminaires, mais présentait l'inconvénient pour la piste cyclable de devoir traverser la plateforme au droit de la rue du Blanc, puis d'avoir une piste cyclable et des trottoirs coincés entre la plateforme et le boulevard Guillou.

La variante 2 proposée au cours des études d'avant-projet a permis aux cycles et aux piétons d'avoir un couloir plus éloigné du boulevard et donc plus apaisé. L'aménagement côté rue du Bac a été simplifié. La variante 2 a été retenue.



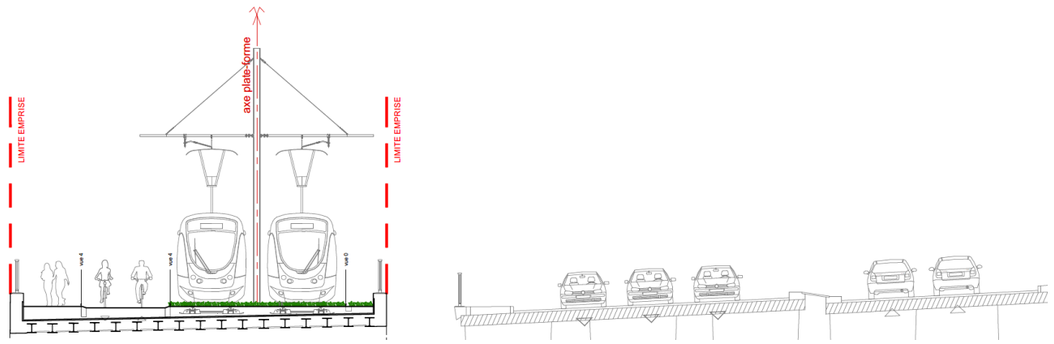
Insertion boulevard Yves Guillou entre la rue du Bac et le lycée Malherbe (source : Trameo)

3.7.1.2. Branche Nord-Ouest vers Saint-Contest via le quartier du Chemin Vert

Ouvrage d'art de franchissement de la RN814

Sur toute la longueur de la rue du Chemin Vert, le tramway est positionné en site latéral Est depuis la station « Dunois » jusqu'à la station « Chemin Vert ». Il se prolonge donc vers Saint-Contest naturellement sur le côté Est de la voirie au niveau du franchissement de la RN814. Il n'a pas été possible de positionner le tramway sur l'ouvrage existant, car cela aurait eu pour conséquence de réduire le nombre total de files de circulation de 5 à 3. Cela n'était pas envisageable compte tenu des niveaux de trafics existants et prévus à terme sur l'ouvrage, liés aux risques de remontée de file sur la RN814. Un élargissement de l'ouvrage existant n'était pas intéressant financièrement et aurait nécessité des phasages de réalisation complexes et très contraignants pour le maintien de la circulation existante.

Pour ces différentes raisons, il a été décidé de réaliser un ouvrage neuf dédié au tramway et aux modes actifs, situé à l'Est de l'ouvrage routier existant.



Coupe sur l'ouvrage d'art de franchissement de la RN814 (source : Trameo)

Insertion de la piste cyclable au Nord de la rue du Chemin Vert (entre les stations « Molière » et « Chemin Vert »)

Deux variantes d'aménagement ont été étudiées au Nord de la rue du Chemin Vert entre la rue de Bourgogne et l'avenue Robert Schumann.

- Variante 1 : tramway calé côté Est, voirie de 7 m et 4 m d'îlot entre la voirie et le tramway ;
- Variante 2 : tramway décalé vers l'Ouest, voirie de 6 m et 3 m d'îlot entre la voirie et le tramway.

La variante 1 était celle proposée aux études préliminaires, mais présentait l'inconvénient d'impacter la rangée d'arbres existants à l'Est de l'avenue.

La variante 2 proposée au cours des études d'avant-projet a permis d'épargner ces arbres et a donc été retenue.



Solution d'insertion au Nord de la rue du Chemin Vert (entre les stations « Molière » et « Chemin Vert ») (source : Trameo)

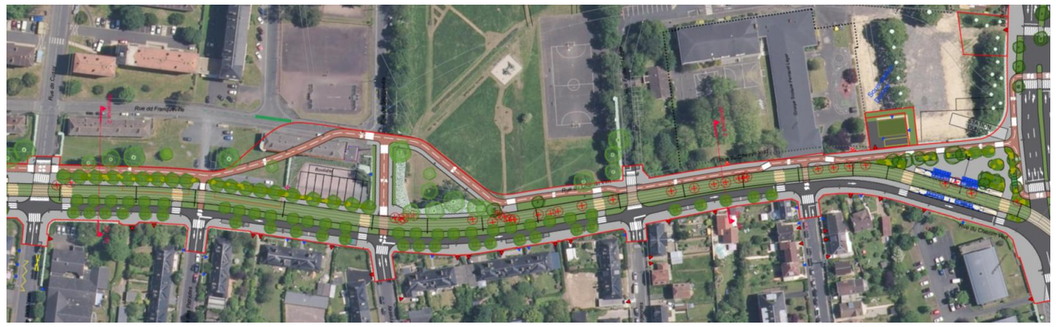
Rue du Chemin Vert Sud

Trois variantes d'aménagement ont été étudiées au Sud de la rue du Chemin Vert entre la rue de Cussy et le boulevard Dunois.

- Variante 1 : tramway en site propre, voie verte de 3 m, haie abattue ;
- Variante 2 : tramway en site mixte court (130 m) sur une voie, piste cyclable, trottoir, haie conservée ;
- Variante 3 : tramway en site mixte long (260 m) sur une voie, piste cyclable, trottoir, haie conservée.

Après une analyse multicritère et une étude détaillée, il a été décidé de retenir la variante 1.

En effet, les variantes 2 et 3, en site mixte, rendaient l'accès aux propriétés privées très complexe du fait de la proximité de la plateforme avec ces accès, et présentaient de fortes contraintes au niveau du carrefour rue du Chemin Vert / boulevard Dunois. Des risques de blocage de ce carrefour, et donc du tramway, et des problèmes de régulation de la circulation sur cette section de la rue du Chemin Vert pouvaient subvenir. De plus, l'offre en stationnement était la meilleure avec la variante 1 qui a été retravaillée par la suite pour remplacer la voie verte par une piste cyclable bidirectionnelle plus un trottoir.



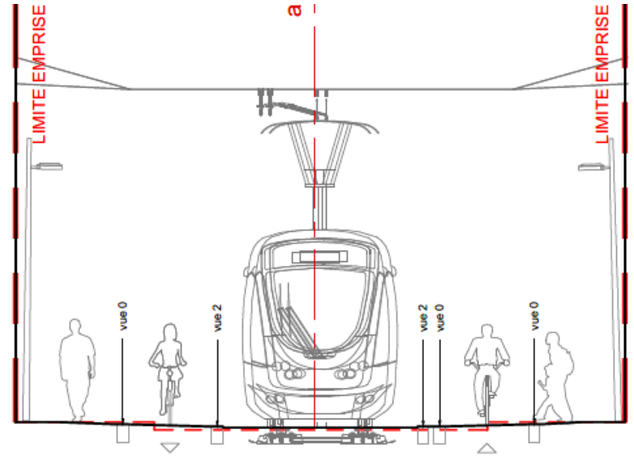
Solution d'insertion au Sud de la rue du Chemin Vert entre la rue de Cussy et le boulevard Dunois (source : Trameo)

Insertion rue du Capitaine Boualam

Le tramway présente des voies entrelacées dans la rue du Capitaine Boualam en raison de la largeur réduite disponible dans cette rue. En effet, la rue présente une distance de façade à façade de 11 m (voire localement de 9,5 m), ce qui avec une voie double classique de 7 m aurait induit des trottoirs réduits à 1 m de part et d'autre de la plateforme. Compte tenu du nombre important d'entrées charretières dans cette rue, du manque de visibilité en sortie de résidence et des problèmes de giration des particuliers sur la plateforme, il a été décidé de passer en voies entrelacées. Les voies entrelacées permettent de réduire la largeur de la plateforme à 3,25 m en croisant les rails des deux voies.

Les tramways n'ont pas la possibilité ponctuellement de se croiser, ce qui leur impose donc de circuler en mode alterné. La voie entrelacée, appliquée sur une longueur réduite de 160 m, fonctionne un peu comme une voie unique, mais ne nécessite pas d'aiguillage coûteux et pénalisant la vitesse. Cette longueur réduite permet également de ne pas contraindre la fréquence d'exploitation de la ligne.

L'utilisation de cette voie entrelacée libère un espace de 3,0 m de part et d'autre de la plateforme au point le plus contraignant, ce qui permet à la fois d'améliorer grandement la visibilité en sortie d'accès riverains, mais aussi de passer une piste cyclable monodirectionnelle de chaque côté de la plateforme.



Coupe sur voies entrelacées dans la rue du Capitaine Boualam (source : Trameo)

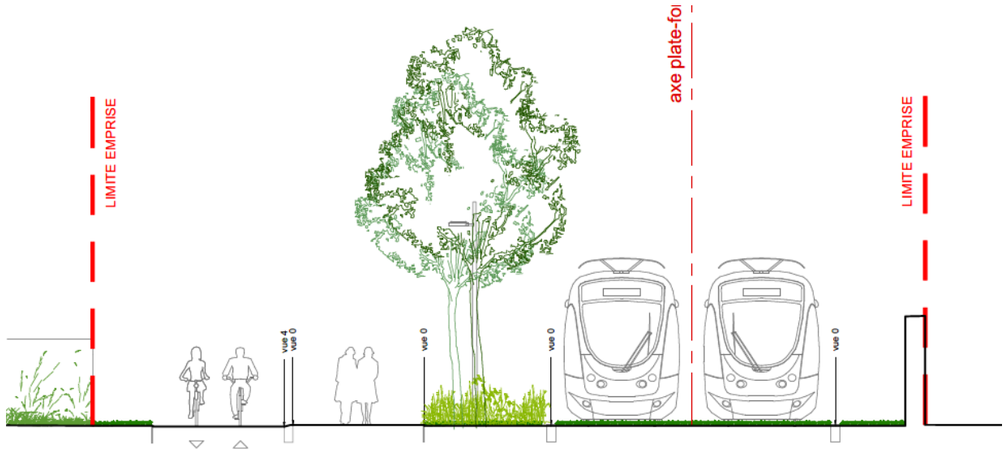
Insertion dans les emprises actuelles de l'Établissement Public de Santé Mentale de Caen

Le tramway traverse l'EPSM sur une longueur totale de 180 m depuis le carrefour avec le chemin du Petit Odon à l'Ouest jusqu'à la rue du Carrel à l'Est. Une station (station « Caponière ») est prévue dans l'enceinte de l'EPSM au croisement du chemin du Petit Odon et de l'allée du Père Jamet.

Le passage du tramway nécessite l'acquisition d'une bande de 19 m incluant la voie du tramway, une piste cyclable, un trottoir et une bande plantée. Cette acquisition se fait à la fois sur deux parkings de surface, sur une partie de voirie interne, ainsi que sur le fond du jardin de la résidence du Père Jamet, appartenant à l'EPSM.

Un mur d'enceinte de l'EPSM sera reconstruit au Sud du tramway.

La résidence du Père Jamet et son jardin sont séparés du reste de l'EPSM par le tramway et seront à terme relocalisés sur une autre parcelle à l'intérieur de l'EPSM.



Coupe d'insertion à l'intérieur de l'EPSM (source : Trameo)

Insertion du débranchement rue du Carel

Deux variantes de tracé ont été étudiées au niveau du débranchement sur l'avenue Albert Sorel :

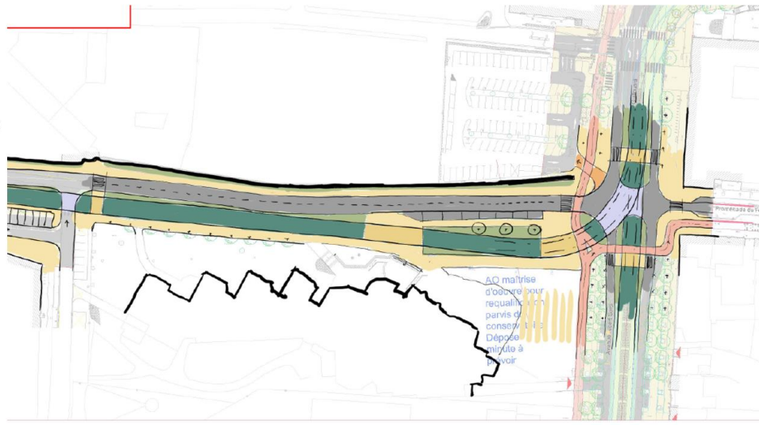
- Variante 1 : débranchement en rayon en plan de 25 m, appareil de voie R50-R25m ;
- Variante 2 : débranchement en rayon en plan de 35 m, appareil de voie R50-R35m.

La variante 1 permet à la voie du tramway d'être un peu plus éloignée du conservatoire de musique, mais présente l'inconvénient d'être en rayon 25 m impliquant des risques de crissement, une faible vitesse, une usure importante.

La variante 2 présente un rayon de 35 m impliquant moins de risques de crissement, une vitesse plus importante du tramway et une usure acceptable des appareils de voies. Cette variante a été retenue considérant que la distance au conservatoire restait acceptable (distance de 12 m) vis-à-vis des risques de vibrations. Elle permet également la mise en place d'une zone de dépose-minute le long de la rue du Carel.

Solution avec R 35m
+ Valeur de rayon plus confortable
+ permet de libérer une zone pour la dépose minute le long de la rue du Carel
+ AD unique le long de Carel

- plateforme plus proche du conservatoire de musique (plateforme à 12m)
- Plateforme par parallèle à la voirie dans la rue du Carel



Débranchement sur l'avenue Albert Sorel depuis la rue du Carel (source : Trameo)

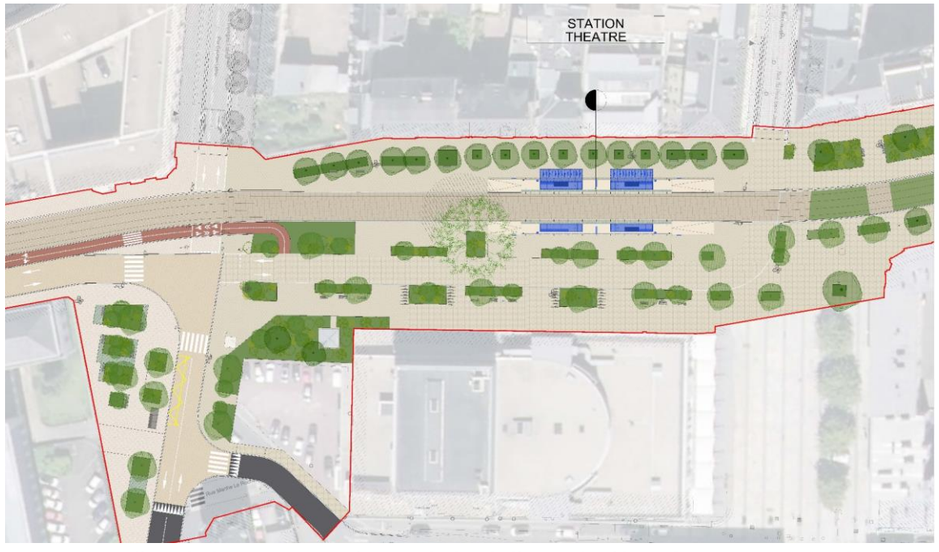
3.7.1.3. Tronc commun

Insertion Bernières/Leclerc

Plusieurs variantes de tracé ont été étudiées au niveau de la station « Théâtre » afin d'éviter l'arbre remarquable situé sur le boulevard du Maréchal Leclerc, ainsi que de limiter l'impact sur la rigole alimentaire, ouvrage hydraulique situé sous le boulevard Leclerc.

- Variante 1 : tracé du tramway au Sud de l'arbre remarquable ;
- Variante 2 : tracé du tramway au Nord de l'arbre remarquable, circulation automobile à l'Est du boulevard du Maréchal Leclerc ;
- Variante 3 : tracé du tramway au Nord de l'arbre remarquable, zone piétonne à l'Est du boulevard du Maréchal Leclerc.

En conclusion de ces études, la variante 3 a été retenue, car elle permet une mise en valeur et une extension du plateau piétonnier de l'hyper centre-ville, tout en limitant les enjeux techniques liés à la rigole alimentaire en évitant la zone la plus contrainte dans la courbe du boulevard du Maréchal Leclerc, et en préservant la desserte locale des parkings, commerces et résidences de la zone.



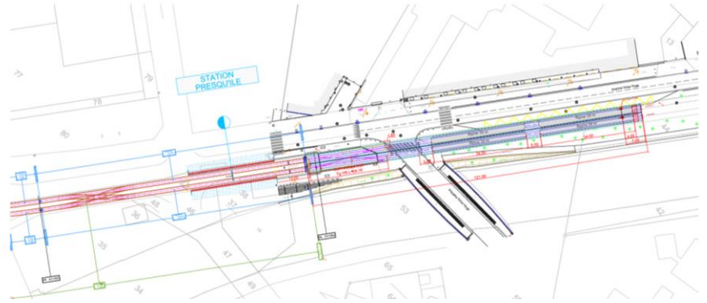
Insertion du tramway au niveau de la station « Théâtre » (source : Trameo)

Aménagement du terminus « Presqu'île »

Le projet du terminus « Presqu'île » consiste à rajouter une communication croisée et quatre positions de remisage en arrière-gare. L'étude a porté sur la position de la communication croisée d'arrière-gare avec l'analyse de deux variantes :

- Variante 1 : communication croisée avant le carrefour de l'impasse Victor Hugo ;

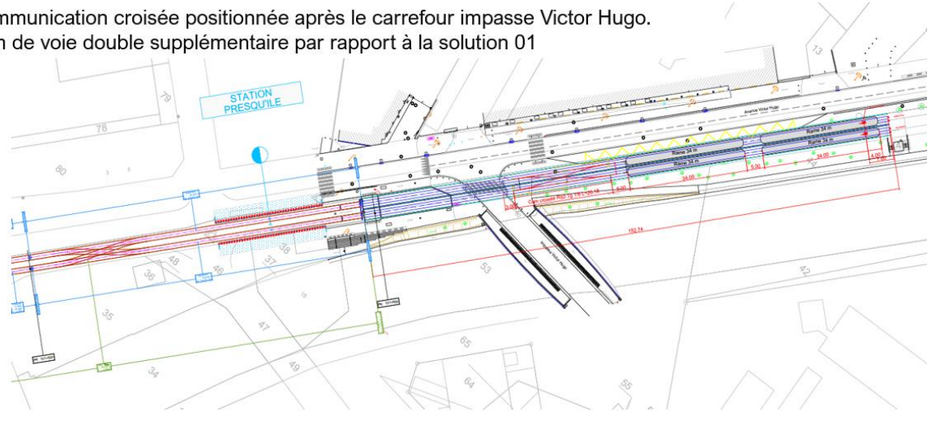
Communication croisée positionnée avant le carrefour impasse Victor Hugo



Aménagement du terminus « Presqu'île » - Variante 1 (source : Trameo)

- Variante 2 : communication croisée après le carrefour de l'impasse Victor Hugo.

Communication croisée positionnée après le carrefour impasse Victor Hugo.
50m de voie double supplémentaire par rapport à la solution 01



Aménagement du terminus « Presqu'île » - Variante 2 (source : Trameo)

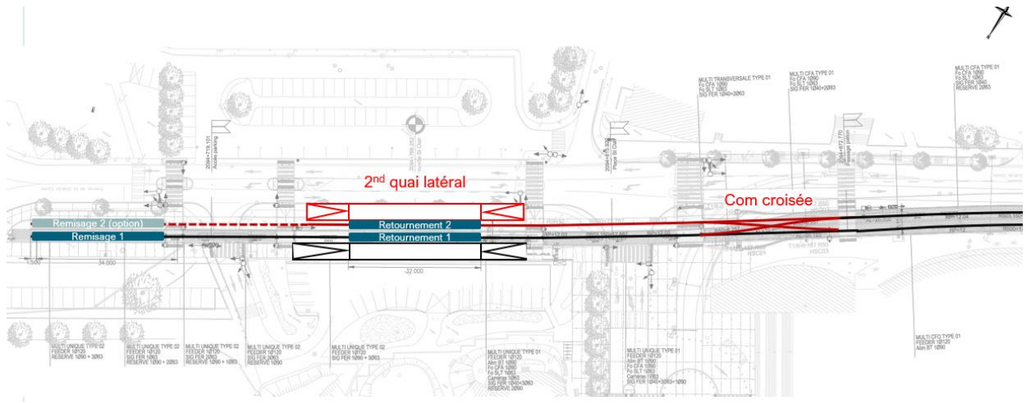
La variante 1 a été retenue car elle nécessite moins de longueur de voie nouvelle et permet donc d'épargner quelques arbres existants. La signalisation ferroviaire et routière sera adaptée en conséquence.

Aménagement du terminus « Saint-Clair » à Hérouville Saint-Clair

L'aménagement du terminus « Saint-Clair » à Hérouville Saint-Clair consiste à rajouter un ou des appareils de voie, un deuxième quai en face du quai existant et un certain linéaire de voie nouvelle pour manœuvrer des rames et ainsi permettre d'augmenter à terme la fréquence des tramways à ce terminus. L'étude a porté sur la position des appareils de voie ainsi que le linéaire de voie supplémentaire à réaliser :

- Variante 1 : deux communications en avant-gare, un quai supplémentaire côté Sud et une voie supplémentaire jusqu'au quai avec une option pour prolonger cette voie en une position d'arrière-gare ;
- Variante 2 : une communication croisée en avant-gare, un quai supplémentaire côté Sud et une voie supplémentaire jusqu'au quai avec une option pour prolonger cette voie en une position d'arrière-gare ;
- Variante 3 : une communication en avant-gare et un branchement en arrière-gare, un quai supplémentaire côté Sud et une voie supplémentaire jusqu'au quai.

La variante 2 a été retenue sans l'option de position d'arrière-gare supplémentaire, car elle répond au mieux à la demande d'exploitation et présente les travaux les plus concentrés.



Aménagement du terminus « Saint-Clair » à Hérouville Saint-Clair - Variante 2 retenue (source : Trameo)

PARTIE 5. ÉVOLUTION PROBABLE DE L'ENVIRONNEMENT EN CAS DE MISE EN ŒUVRE ET EN CAS DE NON MISE EN ŒUVRE DU PROJET

L'objectif de ce chapitre est d'établir l'évolution probable de l'environnement, à l'horizon de mise en service du nouveau système d'exploitation du réseau de transport en commun, soit 2028, en l'absence et en cas de mise en œuvre du projet.

L'évaluation des incidences du projet sur l'environnement est traitée de manière précise en Partie 6 « Incidences notables du projet et des travaux sur l'environnement et mesures en faveur de l'environnement » de la présente étude d'impact.

1. POPULATION ET SANTE HUMAINE

	Évolution de l'état initial sans projet de tramway	Évolution de l'état initial avec projet de tramway
Démographie	En l'absence de mise en œuvre du projet, la population de la communauté urbaine de Caen la mer va continuer à croître, indépendamment du projet d'extension de la ligne de tramway. Soixante-trois projets de développement urbain générant des habitants ont été identifiés à l'échelle de l'agglomération autour du tracé, représentant environ 9 380 logements à terme. À ce stade de l'étude, une hypothèse de 1,82 personnes par logement a été retenue par Caen la mer, ces 9 380 logements représentent donc une augmentation de 17 000 habitants.	De même que dans le cadre du scénario de référence, il est attendu une évolution à la hausse de la population et de l'emploi dans le cadre du scénario projet. Le projet d'extension du tramway de Caen la mer vers le Nord (Saint-Contest via le Chemin Vert) et l'Ouest (Beaulieu-Pompidou) facilitera l'accès aux équipements et projets urbains le long de son tracé et sera à l'origine d'une meilleure attractivité et desserte. Ainsi, avec le scénario projet, il est attendu une évolution positive plus marquée en terme de population et d'emplois. Le projet d'extension du tramway de Caen la mer répond à un besoin grandissant de déplacements venant en accompagnement des projets urbains et facilitant ainsi la desserte et améliorant l'attractivité à l'Ouest de l'agglomération caennaise.
Santé humaine	Les projets programmés à l'échelle du territoire seront générateurs de déplacements, sources de nouvelles nuisances sonores, vibratoires et atmosphériques. Il en sera de même en ce qui concerne les nuisances sonores qui tendront à augmenter en raison d'une augmentation des trafics liés à l'urbanisation des quartiers. Les transports en commun existants n'offrent pas une qualité de service suffisante pour inciter au report modal. Ainsi, la situation au fil de l'eau risque de voir se dégrader les conditions de déplacements que ce soit par l'utilisation de la voiture individuelle ou par l'usage des transports en commun. Ainsi, à l'échelle de l'agglomération, il peut être attendu une dégradation de la qualité de l'air et des nuisances acoustiques liées à l'augmentation du trafic routier.	Les projets urbains de l'agglomération vont entraîner une augmentation des déplacements. La mise en service du nouveau système d'exploitation du réseau de transport en commun de Caen la mer permettra d'offrir un transport en commun efficace, fiable et attractif du fait de la mise à disposition de nouvelles lignes et de lignes de tramway modifiées. Ceci incitera au report modal et donc à une réduction des émissions atmosphériques et des nuisances acoustiques liées au trafic routier. Les déplacements modes doux seront également plus conséquents du fait de la réalisation d'aménagements cyclables et destinés aux piétons dédiés et sécurisés. Le projet d'extension du tramway de Caen la mer réduit donc globalement les émissions de de polluants atmosphériques et les nuisances acoustiques, ce qui est positif au regard de la santé humaine.

2. BIODIVERSITE

	Évolution de l'état initial sans projet de tramway	Évolution de l'état initial avec projet de tramway
Habitats / faune / flore	Le projet s'inscrit en milieu fortement urbanisé, en grande partie sur des axes imperméabilisés, en enrobés. Les secteurs urbains, le long des axes déjà existants, sont très largement aménagés et ne présentent pas d'enjeu particulier au niveau des habitats naturels et/ou des espèces. En l'absence de mise en œuvre du projet de tramway, ces secteurs ne changeront pas, le paysage urbain évoluerait peu en ne considérant aucun autre projet d'amélioration des espaces publics. Concernant les arbres, certains d'entre eux poursuivraient leur évolution normale au fil des ans, tandis que d'autres devraient être coupés au motif d'un mauvais état phytosanitaire ou d'un risque potentiel qu'ils pourraient présenter aux abords de voies circulées ou au sein d'espaces publics.	Le projet d'extension du tramway de Caen la mer implique une réduction des voiries et un engazonnement du site propre, c'est-à-dire une amélioration du milieu de vie (acoustique, air) et la création de nouveaux habitats d'alimentation, notamment pour les pollinisateurs. Aussi, le projet préserve les alignements d'arbres ayant une fonction de corridor écologique, permettant de fait d'améliorer les continuités écologiques. À cela s'ajoute la mise en œuvre de davantage d'enherbement (plateforme du tramway majoritairement végétalisée) et la plantation d'arbres en compensation des arbres coupés dans une logique d'amélioration éco-paysagère. D'un point de vue qualitatif, les essences d'arbres et d'arbustes plantés seront adaptées au contexte local (caractéristiques biogéographiques, écologiques et climatiques typiques de la région du Bassin parisien Nord). Les essences seront également choisies en fonction de leur capacité d'adaptation au changement climatique (essences qui résistent aux épisodes de sécheresse notamment). Les aménagements paysagers associés au projet d'extension du tramway proposent en outre la plantation d'espèces arbustives et d'une strate herbacée qui permettent d'offrir de nouveaux milieux favorables à la biodiversité. Le projet renforce donc la biodiversité en ville avec de nouveaux habitats, de nouveaux axes structurants de la trame verte et bleue (TVB) et un apaisement du cadre de vie.

3. TERRES, SOLS, EAU ET CLIMAT

	Évolution de l'état actuel <u>sans</u> projet de tramway	Évolution de l'état actuel <u>avec</u> projet de tramway
Relief	Aucune évolution significative de ces thématiques n'est à prévoir à l'échelle de temps de la réalisation du projet (2028) et de son exploitation.	
Géologie		
Sol		
Eaux souterraines	L'évolution quantitative de la ressource en eau souterraine est fonction des conditions climatiques et des aménagements anthropiques. L'évolution qualitative est complexe, mais notamment liée aux usages de surface. Il s'agit de paramètres dont l'évolution est délicate à déterminer.	Le projet occasionnera des perturbations réduites sur le sous-sol qui n'entraîneront aucune conséquence directe sur les écoulements souterrains sous-jacents. Le projet consiste en la création d'une plateforme de tramway et des aménagements accompagnant cette nouvelle infrastructure. Les risques de pollutions chroniques ou encore accidentelles ne sont pas augmentés, ces différents aménagements étant accompagnés d'ouvrages de récupération et d'infiltration des eaux pluviales lorsqu'ils le nécessitent. Le fonctionnement normal de l'infrastructure de tramway n'occasionne que peu de rejet (ruissellement) susceptible de polluer les eaux souterraines en direction du sol et du sous-sol.
Eaux superficielles	La réalisation des projets urbains va tendre à une artificialisation des sols et donc à une augmentation des surfaces imperméabilisées. Ces projets appliqueront une gestion de eaux pluviales adaptée de manière à limiter leur impact quantitatif et qualitatif sur les eaux superficielles.	La situation sera améliorée par rapport à l'existant, du fait de la réduction globale des surfaces imperméabilisées (réduction des surfaces de voiries actuellement en enrobés du fait de l'aménagement de la plateforme de tramway majoritairement végétalisée). Une gestion des eaux pluviales du projet sera mise en œuvre permettant de favoriser l'infiltration dans les secteurs où cela est techniquement réalisable et en limitant le débit de rejet dans le réseau de collecte des eaux pluviales de Caen la mer. Des structures de rétention des eaux pluviales seront mises en place.
Climat	L'évolution la plus évidente concerne celle liée au changement climatique. Celui-ci a pour conséquence une augmentation de la moyenne annuelle des températures et des précipitations, même si de nombreuses incertitudes existent quant à la vitesse prévisionnelle des changements, ainsi que leurs intensités. Sur l'échelle de temporalité considérée, soit l'horizon 2028, il est toutefois difficile d'évaluer les évolutions réelles liées au changement climatique. En l'absence de mise en œuvre du projet, les déplacements en voiture individuelle augmenteront en lien avec la réalisation des projets urbains du secteur, ce qui augmentera les émissions de gaz à effet de serre.	L'évolution avec projet est similaire à celle sans projet et concerne donc celle liée au changement climatique. La mise en place du projet favorise l'utilisation des transports en commun et permettra donc une diminution des émissions de gaz à effet de serre par rapport à la situation de référence (situation future sans projet de tramway)..

4. BIENS MATERIELS ET ACTIVITES

	Évolution de l'état initial sans projet de tramway	Évolution de l'état initial avec projet de tramway
Urbanisation, habitat, équipements, activités et réseaux	Les secteurs concernés par le projet s'inscrivent dans un contexte urbanisé. Dans les quartiers Ouest de Caen, de nombreux projets d'aménagement sont identifiés, qui amèneront à une croissance de la population à moyen terme, pour certains dès l'horizon 2028. Les déplacements pourront s'avérer compliqués dans certains secteurs et les temps de parcours souffriront par conséquent de régularité pour la desserte des principaux équipements publics, sportifs et culturels, communautaires et de la ville de Caen.	Le projet d'extension du tramway de Caen la mer va permettre de mieux desservir le Nord de l'agglomération (Saint-Contest via le Chemin Vert) et l'Ouest (vers Beaulieu-Pompidou via le boulevard Yves Guillou). Ces nouvelles dessertes par le tramway augmenteront l'attractivité et le dynamisme des quartiers traversés. Outre le bus actuellement, le projet permettra une meilleure desserte de l'ensemble des équipements situés à proximité des futures stations, comme le Théâtre de Caen, l'Hôtel de Ville, le Conservatoire à rayonnement régional, l'Établissement Public de Santé Mentale (EPSM) de Caen, le lycée Malherbe, le parc des Expositions, le Zénith, le palais des sports, le stade d'Ornano, etc.) et les zones d'activités économiques (zone d'activités de Saint-Contest, Halle Molière, etc.). Le développement du réseau de tramway jouera un rôle de liaison vers ces équipements et les commerces pour les habitants des quartiers traversés et pour les habitants venant du Nord et de l'Ouest. Les habitants au Sud de l'agglomération et à l'Est, déjà desservis par le réseau existant du tramway, pourront aussi rallier plus facilement ces lieux.
Infrastructures de transport et trafic	Sans alternative à la voiture individuelle attractive et efficace, les demandes de déplacements continueront dans une tendance à l'augmentation avec les projets urbains prévus ces prochaines années. Les transports en commun existants n'offrent pas une qualité de service suffisante pour inciter au report modal. Ainsi, la situation au fil de l'eau risque de voir se dégrader les conditions de déplacements que ce soit par l'utilisation de la voiture individuelle ou par l'usage des transports en commun. En 2029, le réseau Flex sera mis en place sur tout le territoire, avec une restructuration associée de certaines lignes. Six zones Flex sont identifiées. Dans ces zones, une navette à la demande viendra récupérer les usagers et les transporter à des points de rabattement sur le réseau. Enfin, sans réalisation du projet de tramway, il est attendu peu d'amélioration en ce qui concerne la circulation des modes actifs. Des projets de mise en œuvre de bandes cyclables pourraient être localement projetés, mais ce type d'aménagement serait moins attractif et moins sécurisé que des pistes cyclables dédiées.	Un projet de tramway, tel que celui proposé, entraîne différents types de modifications directes sur le réseau routier initial : • Le changement du plan de circulation sur certains axes qui seront empruntés par le tramway ; • Le réaménagement de certains carrefours du tracé, pour permettre le passage du tramway ou l'accueil d'un trafic de report ; • La reprogrammation de carrefours pour assurer la priorité au tramway ; • La création de nouveaux carrefours avec les voies existantes. Ces modifications sont susceptibles de provoquer des impacts indirects consistant en des perturbations sur la circulation automobile : • Certaines voies perdent du trafic routier, alors que d'autres en gagnent selon un processus de report de trafic vers de nouveaux itinéraires ; • Des points durs capacitaires peuvent se créer au niveau de zones de circulations sensibles, notamment au niveau des carrefours ;

	Évolution de l'état initial sans projet de tramway	Évolution de l'état initial avec projet de tramway
		• Sur d'autres secteurs, le projet de tramway en réduisant les trafics, permet de créer des conditions de circulation apaisées. Les aménagements de voirie et des carrefours, ainsi que les nouveaux équipements de régulation du trafic, qui seront réalisés dans le cadre du projet, permettront de mettre en œuvre un nouveau concept de déplacement multimodal. De plus, l'exploitation du réseau de transport en commun sera améliorée étant donné la modification des terminus « Saint-Clair » à Hérouville Saint-Clair et « Presqu'île » à Caen, qui permettra le stockage de rames au niveau de ces terminus. Enfin, du fait de l'aménagement de pistes cyclables dédiées et d'aménagements sécurisés pour les piétons, le projet encourage les mobilités douces.

5. PAYSAGE ET PATRIMOINE

	Évolution de l'état initial sans projet de tramway	Évolution de l'état initial avec projet de tramway
Contexte paysager et urbain	L'évolution du paysage est un phénomène complexe, fonction de facteurs naturels, humains et de leurs interrelations. La perception du paysage peut également varier selon la sensibilité des populations et l'époque. Sans la mise en place du projet, la présence de la ligne aérienne de contact au niveau des lignes de tramway actuelles sera maintenue et continuera de marquer le paysage en traversée du centre-ville de Caen.	Le projet va faire évoluer le paysage urbain du Nord et de l'Ouest caennais, et plus généralement de l'entrée de ville de Caen par le Nord (Saint-Contest/Chemin Vert) et l'Ouest (Beaulieu/Pompidou), de manière qualitative et positive par l'intégration d'espaces verts, d'arbres plantés et par le traitement paysager de l'espace public en cohérence avec les aménagements urbains prévus sur le secteur et le patrimoine architectural en place. Une modification importante du paysage urbain en cœur de ville de Caen est attendue du fait de la suppression de la ligne aérienne de contact entre les stations « Bernières » et « Place de la Mare », situées sur les actuelles lignes de tramway. Le projet d'extension du tramway de Caen la mer prévoit également le renforcement de cheminements doux pour les cycles et les piétons, qui permet de réorganiser les usages au sein de l'espace public, tout en améliorant la sécurisation des modes doux. Ainsi, une évolution positive du paysage urbain est attendue dans le cas du scénario projet.
Patrimoine archéologique et historique	Dans le cadre des aménagements urbains, des diagnostics archéologiques pouvant aboutir sur des fouilles préventives peuvent être demandés par le service régional de l'archéologie de la Direction Régionale des Affaires Culturelles (DRAC). Dans le cas de fouilles préventives, des vestiges archéologiques peuvent être découverts, ce qui aurait un effet positif en ce qui concerne les connaissances sur les richesses archéologiques de l'agglomération.	Concernant l'archéologie, le projet fait l'objet d'un diagnostic archéologique, qui conclura sur la nécessité ou non d'engager des fouilles préventives. Dans ce cas, des vestiges archéologiques pourraient être découverts, ce qui aurait un effet positif par rapport aux connaissances sur les richesses archéologiques de l'agglomération. Le projet d'extension du tramway de Caen la mer s'inscrit en partie dans le périmètre du site patrimonial remarquable de Caen et recoupe de nombreux périmètres de protection de monuments historiques. Il a été conçu afin de mettre en valeur la qualité architecturale et les prescriptions appliquées à ces secteurs. Ainsi, il est attendu une évolution positive de la thématique « Patrimoine » dans le cas du scénario projet.

6. RISQUES NATURELS ET TECHNOLOGIQUES

	Évolution de l'état initial sans projet de tramway	Évolution de l'état initial avec projet de tramway
Risques naturels	L'évolution des risques naturels est complexe à évaluer, fonction des conditions climatiques, mais également des actions de l'Homme. Le secteur de projet présente surtout des enjeux vis-à-vis des risques d'inondation par débordements et par remontée de nappes, ainsi que de mouvements de terrain. En l'absence de projet, ces risques ne subiront pas d'évolution notable. La réalisation des projet urbains d'ores et déjà programmés, tiendront donc des risques naturels dans leur conception.	La réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer tient compte des risques naturels identifiés dans le secteur. En ce qui concerne le risque d'inondation par débordement, le projet a recherché dans sa conception un impact minimal sur des secteurs inscrits en zone bleue du Plan de Prévention des Risques Majeurs de la basse vallée de l'Orne. Des adaptions de tracé ont donc été étudiées et une solution technique à l'aide de la mise en place d'un mur de soutènement limitant le remblai dans le lit majeur de l'Orne a été retenue.
Risques technologiques	De manière générale, les risques technologiques devraient diminuer grâce à une meilleure maîtrise axée sur la prévention et le principe de précaution.	Le projet d'extension du tramway n'a pas d'effet sur les risques technologiques.

PARTIE 6. INCIDENCES NOTABLES DU PROJET ET DES TRAVAUX ; MESURES D'EVITEMENT, DE REDUCTION ET DE COMPENSATION EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT

1. DEMARCHE GENERALE D'EVALUATION DES IMPACTS ET DE PROPOSITION DE MESURES

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer s'inscrit dans une démarche de développement durable, consistant à rechercher dans la définition des fonctionnalités et des possibilités d'aménagement à éviter les principaux enjeux environnementaux, puis lorsque cela n'était pas possible, rechercher une moindre incidence des ouvrages et des aménagements sur les milieux.

Développée dans le respect de la réglementation environnementale en vigueur, cette démarche repose sur trois principes :

- d'abord **Éviter** les impacts potentiels, grâce à une conception prenant en compte les enjeux environnementaux en présence et la moins impactante possible ;
- ensuite **Réduire** les impacts qui n'ont pu être évités ;
- et, si nécessaire, **Compenser** les impacts résiduels, après application des mesures de réduction.

1.1. LES EFFETS, LES IMPACTS : UNE ANALYSE DES CONSÉQUENCES DU PROJET D'EXTENSION DU TRAMWAY DE CAEN LA MER

Après avoir analysé l'état actuel de l'environnement (cf. partie 3 de la présente étude d'impact), l'analyse des effets du projet s'attache à déterminer les conséquences positives et négatives de la réalisation du projet sur cet environnement.

Les différents types d'effets

L'une des étapes clés de l'étude d'impact présentée ici consiste à déterminer la nature, l'intensité, l'étendue et la durée de tous les impacts que le projet risque d'engendrer. Ces impacts pourront être positifs ou négatifs, directs ou indirects, temporaires ou permanents.

Les **impacts directs** sont directement liés au projet, à sa réalisation (travaux) et à son exploitation.

Les **impacts indirects** sont des conséquences secondaires du projet. Ils résultent le plus souvent d'interactions entre différentes composantes de l'environnement ou de mesures de correction des impacts directs. Dans ce cas, ils proviennent souvent d'aménagements accompagnant le projet, mais dont la consistance n'est pas exclusivement liée à celui-ci.

Les **impacts permanents** correspondent à des impacts irréversibles dans le temps. Ils peuvent néanmoins avoir une origine dont l'action est temporellement limitée (par exemple des travaux ponctuels).

Les **impacts temporaires** sont réversibles dans le temps. Ils sont appelés à régresser, voire disparaître totalement, plus ou moins rapidement, soit parce que leur cause aura disparu, soit parce que la situation se sera restaurée, naturellement ou après travaux d'aménagement. Il s'agit essentiellement des impacts de la phase de travaux.

Les impacts qui seront identifiés dans le cadre de la présente étude seront soit jugés **négatifs**, signifiant leur effet néfaste sur un ou plusieurs compartiments de l'environnement, soit jugés **positifs**, traduisant un effet bénéfique du projet par rapport à la situation décrite dans l'état initial.

Conformément à une pratique commune en matière d'analyse des effets, il a été adopté une présentation pour cette étude sous deux angles :

- les **effets temporaires :** il s'agit d'analyser les effets temporaires, liés au déroulement des travaux d'aménagement du projet, avant sa mise en service, hors effets d'emprise définitifs du projet ;
- les **effets permanents** : il s'agit d'analyser les effets permanents, liés à l'emprise du projet et à son exploitation.

Méthodologie d'analyse des effets du projet sur l'environnement

L'analyse des impacts, résultant du croisement entre un effet et une sensibilité locale, a été réalisée en superposant l'emprise du projet avec les cartographies des différents facteurs de l'environnement.

L'appréciation du niveau d'impact s'effectue selon l'échelle ci-après :

Impact positif	
Impact non significatif	
Impact faible	
Impact modéré	
Impact fort	

Cette partie d'analyse des effets présente les impacts généraux et localisés du projet, en indiquant, thème par thème, les effets liés à la phase travaux et ceux liés à la phase d'exploitation, c'est-à-dire lorsque le projet d'extension du tramway de Caen la mer sera mis en service.

À l'intérieur de ces deux catégories d'effets, il est précisé, chaque fois que possible, s'il s'agit d'effets directs ou indirects, ainsi que leur temporalité (à court, moyen ou long terme).

1.2. DES DISPOSITIFS EN RÉPONSE AUX EFFETS : LES MESURES PRÉVUES DANS LE CADRE DU PROJET

En réponse aux effets déterminés, des mesures environnementales adaptées sont proposées pour être mises en œuvre, c'est-à-dire des dispositifs, actions ou organisations dont l'objectif est de supprimer, réduire, et le cas échéant compenser un effet négatif des aménagements. Ces mesures sont considérées sur toutes les phases de déroulement du projet :

Les **mesures d'évitement** sont prises lors de la conception du projet. Elles peuvent consister à renoncer à certains éléments de projets qui pourraient avoir des impacts négatifs, ou à modifier la conception du projet de manière à éviter les zones fragiles du point de vue de l'environnement. Il peut également s'agir de mettre en place des mesures préventives, afin d'éviter que les impacts potentiels se produisent. Ce dernier point est couramment mis en œuvre dans le cadre d'impacts potentiels liés à des risques accidentels ou à des dysfonctionnements.

Les **mesures de réduction** des impacts sont mises en œuvre dès lors qu'un effet négatif ou dommageable ne peut être supprimé totalement lors de la conception du projet et visent à atténuer les effets négatifs du projet sur le lieu et au moment où ils se développent. Les mesures de réduction portent aussi bien sur les dimensions géographiques et temporelles des impacts que sur la force des effets induits. Elles peuvent consister à réduire la taille de l'élément impactant du projet, modifier la conception de certains éléments de projet, ou prendre des mesures supplémentaires de gestion des impacts.

Les **mesures de compensation** interviennent lorsqu'un impact ne peut être supprimé ou réduit. Elles n'agissent pas directement sur les effets dommageables du projet, mais offrent une contrepartie lorsque subsistent des impacts non réductibles. Elles peuvent consister en :

- la réhabilitation ou la reconstruction ailleurs d'éléments de l'environnement affectés par le projet ;
- la protection ou la mise en valeur d'éléments de l'environnement d'intérêt comparable à celui affecté par le projet.

Les mesures de compensation peuvent ainsi être intégrées au projet, mais peuvent aussi être localisées hors de l'emprise finale du projet et de ses aménagements connexes.

À noter que les mesures de compensation peuvent ne pas agir directement sur les effets dommageables du projet, mais offrent une contrepartie lorsque subsistent des impacts non réductibles.

Le schéma ci-dessous illustre les trois types de mesures qui peuvent être mises en œuvre face aux impacts identifiés :

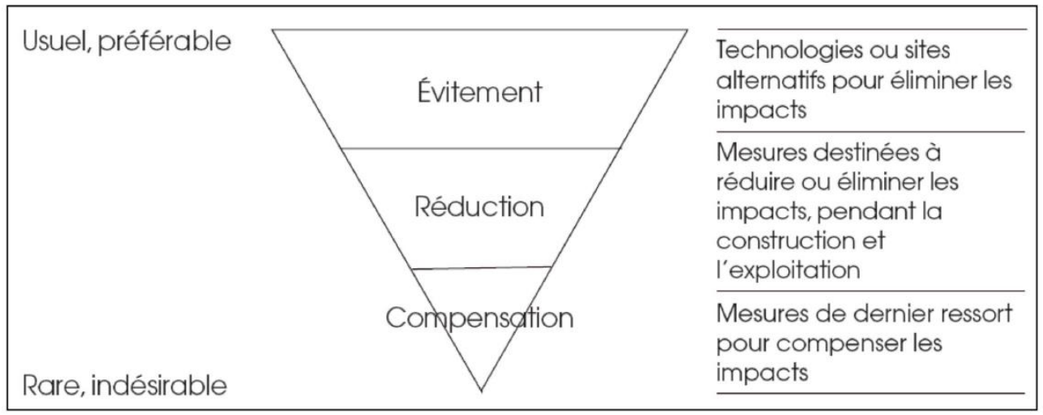


Schéma du principe et de la hiérarchisation des mesures en faveur de l'environnement

Ce schéma traduit bien le principe général qui est de privilégier les mesures d'évitement et de réduction des incidences du projet par rapport aux mesures de compensation.

En complément des types de mesures précitées, des **mesures d'accompagnement** sont également ponctuellement proposées, en complément des mesures d'évitement, de réduction, de compensation. Ces mesures permettent de renforcer leur pertinence et leur efficacité, mais ne sont pas en elles-mêmes suffisantes pour assurer une compensation.

L'ensemble de ces mesures fera l'objet de suivis.

1.3. RÉDACTION DES FICHES MESURES ERC

Pour chacune des thématiques environnementales, une analyse des impacts est présentée en différenciant la phase travaux de la phase exploitation. Les impacts permanents, qui perdurent en phase d'exploitation, mais dont les effets débutent dès la phase travaux, sont présentés dans les chapitres relatifs aux impacts de la phase d'exploitation.

L'analyse des impacts comprend :

- une présentation des impacts bruts et potentiels ;
- une évaluation des impacts du chantier puis de l'exploitation propre au projet d'extension du tramway de Caen la mer : en cas d'impact notable, des mesures sont proposées. Elles sont présentées dans l'ordre suivant : évitement (E), réduction (R) ;
- une analyse des impacts résiduels, aboutissant à la justification de mesures compensatoires (C). Ces dernières sont présentées dans un volet spécifique.

Un texte générique présente l'analyse environnementale. Les impacts et mesures présentant un enjeu significatif dans le cadre du projet sont présentées dans des **fiches de mesures ERC** dédiées et numérotées. Le référencement de ces fiches suit les principes suivants :

- d'abord une première lettre pour définir la catégorie de mesure : E pour évitement, R pour réduction et C pour compensation, les modalités de suivi sont décrites dans la fiche ;
- puis un numéro de référence pour définir le type dans lequel s'inscrit la mesure :
  - E.1. pour un Évitement « amont » (stade anticipé) ;
  - E.2. pour un Évitement géographique ;
  - E.3. pour un Évitement technique ;
  - E.4. pour un Évitement temporal ;
  - R.1. pour une Réduction géographique,
  - R.2. pour une Réduction technique ;
  - R.3. pour une Réduction temporelle ;
  - C.1. pour une Compensation création/renaturation de milieux ;
  - C.2. pour une Compensation restauration/réhabilitation ;
  - C.3. pour une Compensation évolution des pratiques.
- puis un numéro pour identifier la catégorie dans laquelle s'inscrit la mesure : « 1. » pour la phase de conception du dossier de demande ou la phase travaux, « 2. » pour la phase exploitation/fonctionnement ;
- enfin une lettre qui indique la sous-catégorie de la mesure.

Ces codes sont élaborés d'après le « Guide d'aide à la définition des mesures ERC » développé par le Commissariat général au développement durable et le CEREMA.

L'évaluation environnementale du projet a été établie selon les recommandations du guide de la DREAL Normandie : « *Prise en compte de la biodiversité dans les projets terrestres normands / Livret 3 : éviter/réduire/compenser* » paru en février 2023.

Les fiches mesures ERC identifient des cibles d'application de la mesure.

La correspondance avec les facteurs de l'environnement présentés en partie 3 de la présente étude d'impact est détaillée dans le tableau ci-dessous.

Facteur environnement	Cible de la mesure
Population et santé humaine	Population
	Bruit & vibrations
	Air
	Autres pollutions / nuisances
Biodiversité	Habitats naturels
	Faune et flore
	Continuités écologiques
Terres, sol, eau, climat	Eau
	Sol
	Facteur climatique
Biens matériels et activités	Population
	Biens matériels
	Espaces agricoles, forestiers ou de loisirs
	Activités économiques
Paysage et patrimoine	Sites et paysages
	Patrimoine culturel et archéologique
Risques	Risques naturels
	Risques technologiques

2. EFFETS ET MESURES D'ORDRE GENERAL EN PHASE TRAVAUX

2.1. PRINCIPES GÉNÉRAUX D'ORGANISATION DES CHANTIERS

2.1.1. Durée des travaux

Le démarrage des travaux de l'extension du réseau tram est prévu à l'horizon du deuxième trimestre 2025 pour une mise en service à l'été 2028.

La durée des travaux est estimée à 33 mois à compter de la maîtrise foncière de l'ensemble des emprises nécessaires à l'aménagement.

Les premiers travaux concerneront :

- les travaux préparatoires (libérations des emprises, abattages des arbres) ;
- les dévoiements des réseaux ;
- les travaux d'ouvrages d'art (franchissement du périphérique, mur de soutènement du lycée Malherbe et pontage de la rigole alimentaire) ;
- les travaux de reconstitution riveraine (par exemple, la restitution de la piste d'athlétisme du lycée Malherbe).

Les premiers travaux d'infrastructure commenceront en janvier 2026.

Les travaux de plateforme débuteront en mai 2026, suivis à l'été 2026 des premières poses de voies.

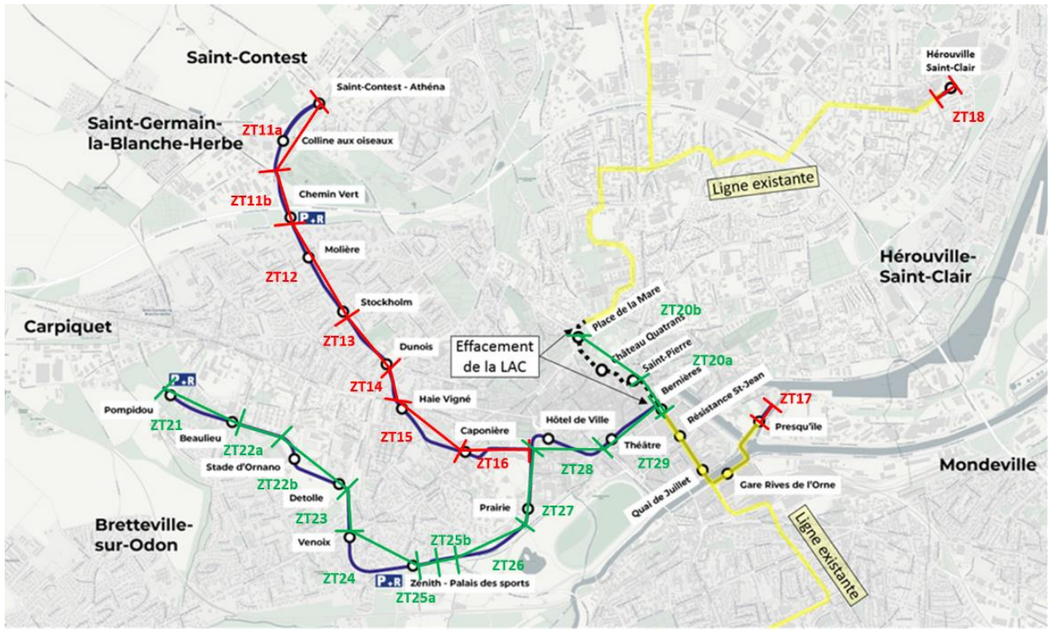
Les travaux se termineront en fin d'année 2027, date à partir de laquelle se dérouleront les essais et la marche à blanc nécessaires pour une mise en service de la nouvelle infrastructure tramway à l'été 2028.

2.1.2. Principes sommaires de phasage des travaux

Afin de former des emprises de chantier cohérentes et indépendantes les unes des autres, le projet est décomposé en 22 tronçons de travaux.

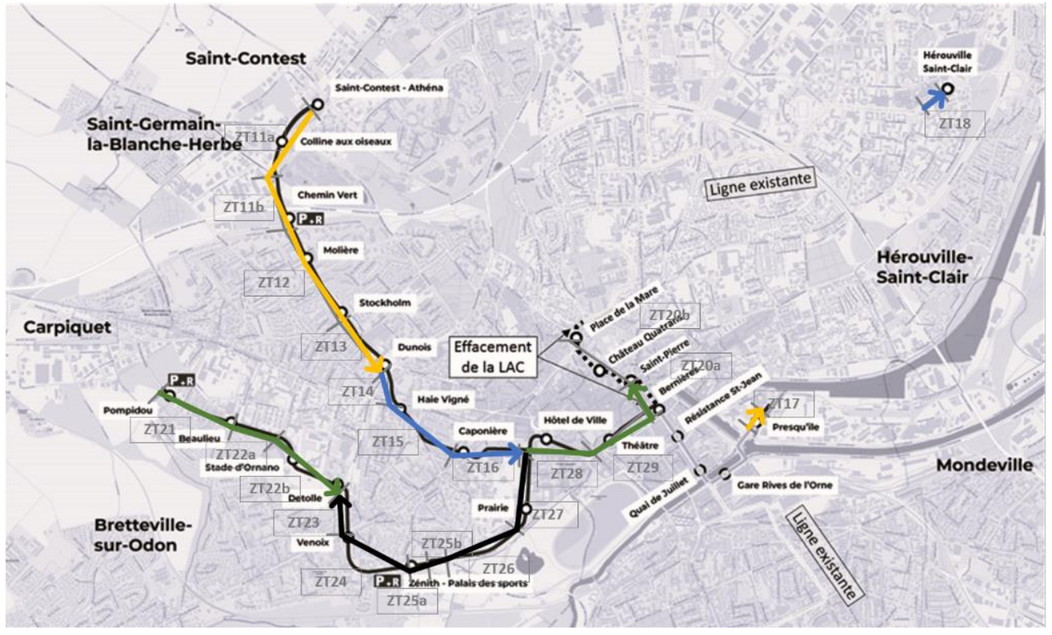
Ces tronçons sont déterminés en fonction :

- des carrefours structurants afin de pouvoir organiser la circulation autour de ces tronçons de travaux ;
- de l'insertion de la plateforme car celle-ci modifie le phasage et l'organisation de la circulation.



Découpage du projet en tronçons de travaux

Le délai relativement court de l'opération nécessite de mettre en place 4 fronts de travaux.



Emplacement et orientation des différents fronts de travaux du projet – à titre indicatif (source : Trameo)

Le projet nécessite la réalisation des différents travaux tels que décrits ci-après.

Travaux préparatoires

Les travaux préparatoires consistent à libérer, dès que nécessaire, les emprises dans lesquelles vont se situer les interventions, afin de disposer des espaces nécessaires et de pouvoir organiser les chantiers tout en maintenant toutes les fonctions urbaines, ainsi que des conditions générales de circulation acceptables.

Les travaux préparatoires concernent notamment les opérations suivantes : abattage d'arbres et arbustes (à anticiper selon période requise), aménagements mineurs de voirie, création ou déplacement d'arrêts de bus, dépose et/ou (re)pose de mobilier urbain, dépose des panneaux publicitaires sur trottoirs, mise en place provisoire de l'éclairage public.

Dévoiement et renouvellement des réseaux

Les travaux de dévoiement et de renouvellement des réseaux concernent le déplacement des canalisations et des câbles enterrés qui vont se retrouver directement sous la plateforme ou dans une zone qui change de régime en passant de trottoir à chaussée par exemple.

Sont concernés les réseaux d'assainissement, d'adduction d'eau potable, de gaz, d'électricité, de télécommunication, d'éclairage public… Chaque gestionnaire de réseau fait appel à des entreprises spécialisées, ce qui amène à coordonner entre-elles de nombreuses entreprises. Les réseaux entre eux ont de plus des contraintes techniques de profondeur, de superposition et de voisinage qui imposent un ordre précis d'exécution.

Restitutions riveraines

Les restitutions riveraines consistent à rendre à un riverain une fonctionnalité impactée par le projet de tramway. La nature de ces travaux est donc très diverse, pouvant aller de la plantation d'arbres à la reconstitution de la piste d'athlétisme au niveau du lycée Malherbe.

Travaux de voirie

Les travaux de voirie comprennent notamment :

- la réalisation des trottoirs, pistes cyclables et zones de stationnements ;
- les structures de chaussée ;
- l'assainissement de surface, les réseaux d'éclairage ;
- les revêtements minéraux de plateforme.

Ces travaux sont généralement organisés en deux phases. La première phase est effectuée avant le début des travaux tramway afin d'élargir la voirie. Cela permet de maintenir un certain niveau de circulation durant toute la période des travaux. La deuxième phase est effectuée après les travaux de tramway afin de finaliser l'aménagement de l'espace public.

Les revêtements de chaussée définitifs seront réalisés en pleine largeur, donc en fin de chantier, par un travail en horaire de jour ou de nuit selon les contraintes de circulation. Les revêtements définitifs doivent être réalisés avant le démarrage des essais afin de permettre la réalisation des marquages définitifs au niveau des carrefours, ainsi que la réalisation des boucles de détection sous voirie.

Les espaces verts, le mobilier urbain et l'éclairage sont posés en temps masqué à l'achèvement des travaux de voirie sur les zones considérées.

Travaux spécifiques au tramway (multitubulaire, plateforme, voie ferrée)

Les travaux de plateforme comprennent les terrassements, la réalisation du « support » de la future voie ferrée (y compris la période de séchage) et la réalisation de la multitubulaire. La réalisation des massifs pour les lignes aériennes de contact est généralement intégrée dans cette phase.

Les travaux de voie ferrée comprennent, pour une pose classique, la distribution des traverses, la pose des rails, leur soudure et le réglage de la voie, puis le béton de calage. Les travaux de voie ferrée constituent la « véritable colonne vertébrale » du planning, autour de laquelle sont organisés les autres travaux, afin de garantir un avancement linéaire de l'entreprise sur les fronts de travaux identifiés.

Travaux de bâtiments

Les travaux de bâtiments concernent la réalisation des bâtiments techniques réalisés dans le cadre du projet.

La construction des locaux techniques tels que les sous-stations est organisée en chantiers indépendants. Leur construction doit être suffisamment anticipée pour permettre l'installation des équipements électriques nécessaires aux essais des équipements qu'ils alimentent.

Les sous-stations électriques doivent être opérationnelles suffisamment en amont de la mise en service du système de transport pour alimenter les équipements basse tension (signalisation ferroviaire, équipements courants faibles) et pour la traction lors des essais.

Travaux d'ouvrages d'art

Les travaux d'ouvrages d'art sont organisés en chantiers indépendants et sont commencés au plus tôt. Cela afin de permettre le passage de la voie ferrée.

Les ouvrages d'art réalisés sur le projet sont de différents types :

- un ouvrage de franchissement supérieur du périphérique (RN814) au niveau de l'échangeur du Chemin Vert ;
- des murs de soutènement au niveau du lycée Malherbe, du centre sportif de la Haie Vigné et du quartier Lorge ;
- des renforcements d'ouvrages d'art existants au niveau du passage souterrain cycles Sorel-Guillou, du passage de la bibliothèque (au niveau de l'Hôtel de Ville) et de la Rigole Alimentaire au niveau du boulevard du Maréchal Leclerc.

2.1.3. Principes généraux d'organisation des chantiers

Les voies parcourues par le projet de tramway ayant des profils très différents, les phasages suivront des logiques bien particulières pour chacune.

Cependant, des principes généraux s'appliquent :

- maintien de la circulation routière (réduction possible à un sens de circulation sur certaines voies) ;
- travaux d'aménagement successifs de la plateforme tramway, puis des voiries définitives, ou inversement, permettant de mettre en place une emprise travaux sans bloquer complétement l'axe.

2.2. NATURE ET QUANTITÉ DE MATÉRIAUX UTILISÉS ET ESTIMATION DES ÉMISSIONS ATTENDUES

2.2.1. Phase travaux

Nature et quantité des matériaux et des ressources utilisés

La phase travaux entraîne la consommation :

- d'eau (nettoyage, arrosage du chantier, eau de boisson, fonctionnement des locaux sanitaires…) ;
- de matériaux de construction de la plateforme de tramway et de l'aménagement des espaces publics ;
- de végétaux pour la réalisation des plantations ;
- d'énergies et carburants pour l'alimentation des engins de chantier et des véhicules de transports de matériaux. Cette énergie pourra être électrique (réseau électrique ou groupe électrogène) ou thermique (engins de chantier).

La réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer nécessite une quantité importante de matériaux de construction, dont les principaux matériaux utilisés sont le béton, le sable, la pierre, les graves/bitume et enrobés, l'acier (rail/poteaux).

L'aménagement de la plateforme, des voiries et des espaces publics nécessite également des mouvements de terres (déblais/remblais). La conception du projet veille à se caler au plus près du terrain naturel afin de limiter l'incidence du projet et les besoins en matériaux.

Le bilan des terrassements (déblais / remblais) à réaliser dans le cadre du projet d'extension du tramway de Caen la mer a été évalué. À ce stade des études, les volumes estimés sont de :

- Déblais : environ 140 000 m³ (dont environ 20 000 m³ de terre végétale) auxquels s'ajoutent environ 31 000 m³ de voirie démolie ;
- Remblais : environ 136 000 m³, dont environ 80 000 m³ de couche de forme d'apport, environ 18 000 m³ de remblais d'apport et environ 38 000 m³ de terre végétale.

Production de déchets

La réalisation du projet sera à l'origine de production de déchets de chantier comme pour tout chantier de terrassement et de génie civil. Les déchets et émissions pourront être notamment :

- Des **déchets de démolition de voiries** : enrobés de voiries pouvant contenir de l'amiante et des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), couches de formes, collecteurs, regards, descentes d'eau, bordures, trottoirs, équipements de signalisation routière, etc. ;

- Des **déchets de démolition de canalisations et équipements associés** : dépose de canalisations diverses (alimentation en eau potable, assainissement, etc.), dépose du Réseaux Mixtes Technologiques (RMT), etc. ;
- Des **déchets de Bâtiments et Travaux Publics (BTP)** liés à la démolition des bâtiments : des **déchets inertes** (bétons, verre -partie vitrage uniquement-, matériaux bitumineux sans goudron, terres et pierres -y compris déblais mais hors terre végétale-, des **déchets non dangereux non inertes** (métaux et leurs alliages, bois bruts ou faiblement adjuvantés, papiers, cartons, plastiques, laines minérales, mélanges de ces différents déchets, y compris les mélanges contenant des déchets inertes), et des **déchets dangereux** (bois traité avec des substances dangereuses, emballages souillés par des substances dangereuses, produits contenant du goudron, lampes à économie d'énergie, Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques (DEEE) contenant des substances dangereuses, de l'amiante friable et liée et tous matériaux amiantés, etc.) ;
- Des éventuels terres et sols pollués à évacuer ;
- Des déchets solides divers liés à la réalisation des travaux de voirie, du génie-civil : coulis de ciments ou bétons, ferrailles, bois, etc. ;
- Des rejets ou émissions liquides : eaux pluviales de lessivage de terrassements ou de chantiers, assainissement de chantiers, hydrocarbures… ;
- Des déchets verts : terre végétale, arbres coupés, espaces verts ;
- Des déchets alimentaires liés à la vie sur le chantier.

Les déchets liés à toute activité humaine dans la base vie (déchets non liés au chantier) font l'objet d'un tri sélectif au moyen de containers mis à disposition dans la base vie. Ces derniers seront évacués selon le mode de collecte actuel. Les déchets du personnel seront mis en sacs et collectés via le système de collecte des ordures ménagères.

Les déchets industriels banals (bois, cartons, papiers), ainsi que les résidus métalliques, sont collectés et récupérés par une filière adaptée.

Les déchets polluants seront rassemblés dans des containers étanches et évacués par une entreprise agréée sur un site autorisé.

Les déchets de chantier seront évacués vers des décharges établies conformément à la réglementation générale en vigueur.

Les déblais, notamment ceux provenant des déconstructions de voiries existantes, seront évacués par poids-lourds. Les enrobés et bétons seront recyclés au maximum selon leur qualité.

Autres résidus générés en phase travaux

La construction du projet d'extension du tramway de Caen la mer générera plusieurs types de résidus, liés à l'activité humaine et à l'activité du chantier, qu'il conviendra de traiter afin de limiter la nuisance visuelle et olfactive, mais également le risque de pollution qu'ils pourront engendrer.

Chaque type de résidus, généré par le projet, sera pris en charge par une filière adaptée.

- Gestion des matériaux : Les principes généraux retenus résident en premier lieu dans la recherche de réutilisation (valorisation) au maximum : équilibre déblais/remblais dans les zones de terrassement, réutilisation d'une partie des matériaux d'excavation des réseaux ou des voiries pour les besoins du projet (remblais et granulats à béton par exemple).
- Dépôts provisoires : Les matériaux issus des « purges » de terrassement ou de démolition des réseaux et voiries existants, nécessitent parfois une mise en dépôt provisoire avant leur lieu de destination définitif (qu'ils soient valorisés ou mis en dépôt définitif).
- Dépôts définitifs : Les matériaux qui seront mis en dépôts définitifs, si besoin après traitement, sont des matériaux naturels extraits du milieu, inertes et ne représentant aucun danger pour l'environnement et les populations. À ce jour, aucun matériau potentiellement amiantifère ou anormalement radioactif n'a été mis en évidence par les reconnaissances réalisées.
- Transports de matériaux : Du point de vue des échanges de matériaux, le projet est proche d'infrastructures structurantes permettant une circulation facilitée des camions. Cela permettra de limiter l'impact de ces transports. Cependant, sur tout le linéaire du projet, les voiries locales seront également utilisées pour les approvisionnements extérieurs et pour les transports de déblais vers certains sites de dépôts.

Les autres principales émissions attendues lors de la phase de construction sont les émissions de poussières et le bruit. L'évaluation des effets temporaires liés à la phase de construction, ainsi que les mesures mises en œuvre pour réduire ces effets, sont traitées plus précisément à partir du chapitre 2.3 de la présente partie 6 de l'étude d'impact.

2.2.2. Phase d'exploitation

Ressources naturelles utilisées en phase d'exploitation

En phase opérationnelle, divers matériaux et ressources naturelles sont susceptibles d'être utilisés (eau potable, papier, plastique, verre, bois, …) pour l'exploitation et l'entretien des équipements des futures lignes de tramway :

- Récupération et réutilisation des eaux pluviales pour l'arrosage des espaces végétalisés. Cet arrosage sera fortement limité par l'utilisation d'essences végétales ne nécessitant pas ou très peu d'arrosage ;
- Besoins en eau pour les locaux techniques (dont le nettoyage des rames) ;
- Consommation de bois, en faible quantité : des palettes et caisses en bois pour la livraison et le stockage des pièces de rechange.

Pour les apports en eau potable, les locaux du tramway seront raccordés au réseau d'alimentation en eau potable de Caen la mer.

Émissions en phase d'exploitation

Le projet, en favorisant les déplacements en transports collectifs et les modes de déplacement actifs, en alternative à la voiture particulière, s'inscrit dans une logique de développement durable. Ces conceptions de la mobilité urbaine, destinées à réduire la nécessité du recours aux énergies fossiles génératrices de gaz à effet de serre, concourent à réduire les comportements anthropiques à l'origine du réchauffement climatique et n'engendrent pas d'émissions atmosphériques.

Les principales émissions liées au projet d'extension du tramway de Caen la mer sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Eaux pluviales	Mise en place d'un système d'assainissement pour traiter les eaux pluviales avant leur rejet dans le milieu naturel, destiné à protéger les écoulements superficiels naturels et les eaux souterraines de toute pollution liée à l'infrastructure.
Émissions lumineuses	Éclairage de milieu urbain, adapté et limité
Émissions sonores	Émissions sonores provenant de la circulation des tramways et de la circulation routière

2.2.3. Bilan des émissions de gaz à effet de serre

Les gaz à effet de serre (GES) sont des constituants gazeux de l'atmosphère qui absorbent et renvoient certains rayonnements émis par la surface de la terre, l'atmosphère et les nuages. L'augmentation exagérée de ces gaz, en raison des activités humaines, est responsable du réchauffement climatique actuel.

Les principaux gaz à effet de serre sont : le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4), le protoxyde d'azote (N_2O), l'hexafluorure de soufre (SF_6), les hydrochlorofluorocarbures (HFC), les perfluorocarbures (PFC) et le trifluorure d'azote (NF_3).

L'évaluation, réalisée à partir de la méthodologie Bilan Carbone® de l'ADEME, prend en compte les émissions de gaz à effet de serre (GES) :

- générées par les travaux d'infrastructures ;
- générées et évitées en phase d'exploitation suite aux évolutions des circulations et des consommations énergétiques.

Périmètre de l'évaluation

Afin d'évaluer les impacts potentiels sur le changement climatique générés par le projet, il est indispensable de définir précisément le périmètre de l'évaluation.

La présente évaluation prend en compte la phase de construction et d'exploitation du projet :

- Études et conception :
  - L'exécution des études : études topographiques, géotechniques, environnementales, etc. ;
  - La mobilisation de la maîtrise d'ouvrage hors installations sur chantier ;
  - La mobilisation de la maîtrise d'œuvre hors installations sur chantier ;
- La construction du projet :

Les facteurs d'émissions de cette partie intègrent la production des matériaux (déblais, granulats, bitume, ciment, etc.), le transport des matériaux et des matériels et l'utilisation des engins pour la mise en œuvre.

  - Les acquisitions foncières et libérations d'emprises, comprenant les démolitions et reconstruction associées ;
  - L'exécution des travaux préliminaires et des dévoiements de réseaux (y compris ceux comptabilisés à la charge des concessionnaires réseaux) ;
  - Les installations de chantier ;
  - La réalisation de l'infrastructure et du système de transport et des aménagements urbains associés ;
  - Les travaux d'ouvrages d'art ;
  - Les travaux d'extension du Centre d'Exploitation et de Maintenance du Tramway (CEMT) de Fleury-sur-Orne ;
- L'exploitation du projet :

Comprend les émissions de GES imputables à l'exploitation et à la maintenance du système de transport pendant une période donnée, nous prenons ici une hypothèse de 50 ans d'exploitation, cette hypothèse peut être considérée comme une durée de vie moyenne de l'ensemble du projet.

  - L'exploitation, la consommation et la maintenance du système de transport ;
  - L'évolution des trafics, notamment les reports modaux de la voiture et du bus vers le nouveau service de transport en commun ;

- La restructuration du réseau de transport associée à la mise en œuvre du projet ;
- La captation carbone des arbres plantés.

Estimation de l'empreinte carbone en phase d'étude et de construction des infrastructures

Sur la base des données et hypothèses présentées ci-après, les émissions de gaz à effet de serre générées lors de la phase d'étude et de construction des infrastructures seraient d'environ 66 790 téqCO_2, soit un coût carbone comparé à la durée de vie de l'infrastructure (50 ans) d'environ 1 335 téqCO_2 par an.

Ce total, équivaut à environ 7 560 téqCO_2 par kilomètre de tracé.

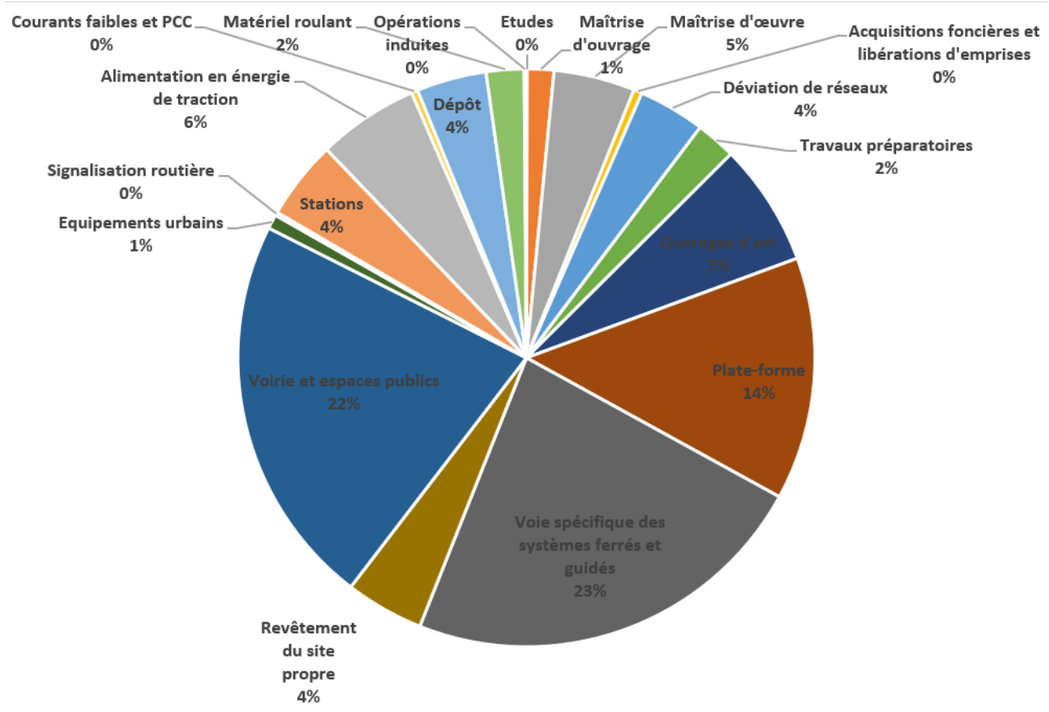
Ces émissions sont détaillées par poste dans le tableau ci-après.

		Coût carbone de l'opération en (TeqCO2)	
n°	Poste	Coût yc chantier	%
1	Etudes	27	0,0%
2	Maîtrise d'ouvrage	996	1,5%
3	Maîtrise d'œuvre	3 040	4,6%
4	Acquisitions foncières et libérations d'emprises	312	0,5%
5	Déviation de réseaux	2 500	3,7%
6	Travaux préparatoires	1 499	2,2%
7	Ouvrages d'art	4 584	6,9%
8	Plate-forme	9 075	13,6%
9	Voie spécifique des systèmes ferrés et guidés	15 386	23,0%
10	Revêtement du site propre	2 936	4,4%
11	Voirie et espaces publics	14 690	22,0%
12	Equipements urbains	534	0,8%
13	Signalisation routière	124	0,2%
14	Stations	2 955	4,4%
15	Alimentation en énergie de traction	3 784	5,7%
16	Courants faibles et PCC	236	0,4%
17	Dépôt	2 615	3,9%
18	Matériel roulant	1 413	2,1%
19	Opérations induites	83	0,1%
	Total phase de construction	66 790	100%

Émissions de GES en phase d'étude et de construction

Parmi les postes les plus émissifs en GES liés aux travaux :

- La plateforme du tramway (postes n°8, 9 et 10) représente environ 40% des émissions. Les terrassements (engins, évacuation des terres), la pose de béton (multitubulaire, fondation et plateforme bétonnée) et la production des rails en acier sont les principaux postes d'émissions de GES. ;
- Les travaux de voirie et espaces publics représentent environ 22% des émissions ;
- Les ouvrages d'art et de confortement génèrent environ 7% des émissions.



Répartition des émissions induites du projet par postes

Les principaux éléments considérés pour chacun des postes sont explicités dans le tableau ci-après.

N°	Poste	Descriptif contenu	Hypothèses générales
0	**Chantier**	Base-vie, engins de chantier, gestions des déchets, des transports de la main d'œuvre, etc.	Émissions (6% du total) réparties dans l'ensemble des catégories 4 à 19
1	**Études**	Études hors maîtrise d'œuvre et d'ouvrage : relevés topographiques, géotechniques et de reconnaissance des sols, acoustiques et air. Missions OQA, contrôle technique et SPS.	Durée de la notification de la MOE à la mise en service : 52 mois
2	**Maîtrise d'ouvrage**	Direction de la maîtrise d'ouvrage (directeur, adjoint, administratif, financier, technique, etc.) et mission d'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage (procédure, exploitabilité, et juridique).	Durée de la notification de la MOE à la mise en service : 52 mois
3	**Maîtrise d'œuvre**	Direction de la maitrise d'œuvre (y compris technique, administrative, financière et juridique) et ensemble du personnel de suivi technique.	Durée de la notification de la MOE à la mise en service : 52 mois
4	**Acquisitions foncières et libérations d'emprises**	Démolitions et reconstruction des bâtis et clôtures des parcelles impactées.	Démolition de plusieurs bâtiments et mur de soutènement. Restitutions urbaines complémentaires (VRD et terrain d'athlétisme)
5	**Déviation de réseaux**	Totalité des dévoiements de tous types de réseaux (assainissement, eau potable, gaz, électricité, télécom, chauffage) associés au projet : fabrication, transports des nouveaux câbles et conduites et émergences et terrassements.	Totalité du linéaire de l'extension concerné : 9,1 km d'infrastructure nouvelle
6	**Travaux préparatoires**	Dépose de mobilier urbain, éclairage et signalisation.	Surface projet de façade à façade : 305 000 m²
7	**Ouvrages d'art**	Travaux de terrassement, confortations, fondations et gros-œuvre.	Construction de 7 nouveaux ouvrages d'art : franchissement du périphérique de Caen (RN814), passage souterrain parking Hôtel de Ville, passage souterrain piste cyclable Yves Guillou, canalisation de l'Odon en souterrain Rigole Alimentaire, mur de soutènement Quartier Lorge, mur de soutènement rue Damozanne, mur de soutènement lycée Malherbe
8	**Plateforme**	Purges locales, terrassement et couche drainante localisée de la plateforme. Assainissement et raccords à la voirie, multitubulaire et chambres de tirages.	Linéaire de plateforme de 9,1 km Multitubulaire 2x6 fourreaux
9	**Voie ferrée**	Pose de voie et appareils de voies de toutes natures	Linéaire de voies : 9,1 km de voie double 5 communications simples 5 communications croisées 6 branchements simples
10	**Revêtement du site propre**	Fabrication, transport et pose de revêtements de tous types : enherbement, pavés pierre, enrobés coloré ou grenaillé, béton.	Prise en compte des surfaces en béton désactivé, béton armé, pavé pierre et plateforme végétalisée

11	**Voirie et espaces publics**	Terrassements de réseaux, structure et revêtement de chaussée et trottoir.	Environ 90 000 m³ de terrassement
12	**Équipements urbains**	Plantation d'arbres et mobilier urbain : bancs, potelets, arceaux, corbeille, etc.	
13	**Signalisation routière**	Signalisation horizontale et verticale et Signalisation Lumineuse Tricolore (SLT).	52 carrefours équivalent simples
14	**Stations**	Terrassement, génie civil, gros œuvre, second œuvre et équipements (mobilier, éclairage et panneaux d'informations) des stations.	14 stations type : quais latéraux de 3,20 m de large en finition béton 1 station en finition béton à quai central 2 stations à quais latéraux de 3,20 m de large en finition minérale Modification de la station terminus « Saint-Clair » à Hérouville Saint-Clair
15	**Alimentation en énergie de traction**	Construction des postes de redressement (sous-stations électrique) et installations de Lignes Aériennes de Contact (fondations, amenée, pose et armement).	5 postes de redressement en ligne Modification d'une sous-station existante Approximativement 290 poteaux LAC
16	**Courants faibles et PCC**	Bâtiments et systèmes de contrôle et d'exploitation de la ligne de tramway : SAEIV, distribution et oblitération des titres de transport, signalisation et commandes spécifiques à la gestion d'un tramway, poste de commande en ligne correspondant.	Extension des systèmes existants
17	**Dépôt**	Construction de l'extension du Centre d'Exploitation et de Maintenance du Tramway (CEMT) de Fleury-sur-Orne	1 300 m² supplémentaire et 2 voies de remisage à l'extérieur
18	**Matériel roulant**	Les émissions liées à la fabrication des rames de tramway supplémentaires nécessaires, y compris frais de mise en service du matériel et formation du personnel.	10 rames supplémentaires
19	**Opérations induites**	Opérations induites par le projet, indirectement générées par l'exploitation du système de transports ou par l'aménagement de voirie.	Parking-relais « Chemin Vert »

Principaux éléments considérés pour chacun des postes de l'évaluation

Estimation de l'empreinte carbone en phase d'exploitation

Les hypothèses issues du bilan socio-économique du projet sont les suivantes :

- Veh.km produits par l'ensemble du réseau tram : **737 000 veh.km/an ;**
- Veh.km économisés grâce au projet par le report modal à la première année de mise en service : **15 188 624 veh.km** ;
- Veh.km économisés grâce à la restructuration du réseau bus : **556 000 veh.km/an** ;

Sur cette base :

- Les émissions de gaz à effet de serre générées lors de la phase exploitation seraient d'environ **441 téqCO_2/an**, soit **22 503 téqCO_2** sur toute la période.

  Ces émissions sont essentiellement dues aux émissions (évaluées en cycle de vie) du matériel roulant, composées majoritairement de sa consommation électrique. Environ 12% des émissions liées à l'exploitation proviennent de la part de l'extension du CEMT de Fleury-sur-Orne.

  De plus, l'extension comprenant une partie du linéaire sans ligne aérienne de contact (LAC), ainsi qu'une opération d'effacement de la LAC sur le réseau existant en centre-ville, il est nécessaire de chiffrer l'empreinte carbone d'un fonctionnement des tramways sur batterie. Cette opération nécessite d'équiper l'entièreté du parc, soit 36 rames qui disposeraient chacune d'une batterie de 25 kWh, soit un coût carbone de 90 tCO2e pour l'équipement de tout le parc.

  Une durée de vie de 8 ans est considérée pour les batteries, ce qui implique au total 7 acquisitions complètes des 36 batteries sur la période 2028-2078. Le coût carbone des batteries est donc estimé à **630 téqCO_2**.

  Enfin, on considère que 704 arbres seront conservés dans le périmètre de l'opération et 810 nouveaux arbres seront plantés. Environ **2 033 téqCO_2** sont ainsi captés jusqu'en 2078 (comptées négativement).

  Pour conclure, **le tableau suivant récapitule l'estimation de l'ensemble des émissions imputables au projet pendant sa période d'exploitation**.

	Émissions entre 2028 et 2078 (téqCO_2)
Exploitation du système tramway et du SMR	22 503
Acquisitions et renouvellements des batteries	630
Captation des arbres	-2 033
TOTAL	**21 100**

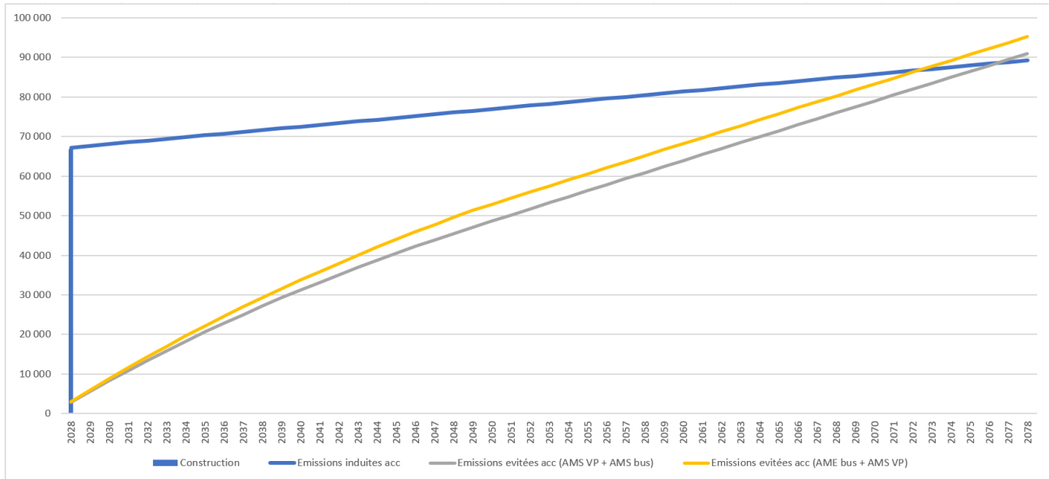
Émissions induites par le projet en phase d'exploitation (sur 50 ans - en téqCO_2)

- Les émissions de GES évitées et captées annuelles sur la période 2028-2078 sont estimées à :
  - Report modal : environ **83 934 téqCO_2** évitées
  - Restructuration bus :
    - Environ **7 032 téqCO_2** évitées selon le scénario AMS
    - Environ **11 300 téqCO_2** évitées selon le scénario AME
  - Captation carbone des arbres : 358 arbres supplémentaires par rapport à l'existant : environ **418 téqCO_2 captées**.

Par conséquent, le bilan d'émissions de GES en phase d'exploitation est de -70 284 téqCO_2 pour le scénario AMS et -74 552 téqCO_2 pour le scénario AME.

Le graphique suivant représente les émissions carbone estimées sur la période 2028-2078, dont leur évolution au cours du temps sur la base de 66 790 téqCO_2 émises lors de la construction de l'extension du tramway.

Les courbes grises et jaunes correspondent respectivement aux émissions évitées par les scénarios AMS et AME.



Évolution des émissions carbone du projet sur 50 ans en téqCO_2

Selon ces estimations, le temps de retour carbone est estimé entre 45 (scénario AMS) et 49 (scénario AME) années.

Ces estimations tiennent compte des dernières tendances et hypothèses prises en compte pour le calcul des émissions de gaz à effet de serre (forte révision à la baisse des émissions carbone des véhicules particuliers et bus en partie liée à l'évolution de la composition du parc automobile et nouvelles hypothèses d'intégration de bus roulant au gaz naturel et électriques).

Synthèse

D'après cette estimation des émissions carbone, sur la base des hypothèses et entrants considérés à ce stade et présentés ci-avant, le projet génèrerait environ :

- Coût carbone de l'infrastructure et des travaux : **66 790 téqCO_2** ;
- Coût carbone de l'exploitation/maintenance : **21 100 téqCO_2** ;
- Gain carbone par km évité de véhicule particulier et de bus : **entre - 90 966 et - 95 234 téqCO_2** ;
- Gain carbone capté par les arbres plantés en supplément de l'existant :**- 418 téqCO_2/an.**

Au terme de la période 2028-2078, l'ensemble des émissions carbone émises lors de la construction auront été évitées ou captées.

Pistes d'amélioration

Plusieurs pistes d'amélioration existent pour améliorer l'empreinte carbone du projet :

- Phase travaux :
  - L'optimisation et la réduction des distances d'acheminement et d'évacuation des matériaux, en particulier pour les terrassements (volumes de déblais/remblais importants). Plus de la moitié des émissions liées aux terrassements sont en général dues au fret, le potentiel d'amélioration est donc très significatif ;
  - L'usage de matériaux moins émissifs en GES, pour les opérations de voirie (voirie, pistes cyclables, etc.) : graves non traitées recyclées, béton bas carbone, etc.
- Phase exploitation :
  - La récupération d'énergie sur le réseau, en ligne entre les rames, permet une économie substantielle des consommations liées à la traction et donc des émissions de gaz à effet de serre ;
  - La diminution des consommations énergétiques des matériels roulants. Ce point reste à pondérer face aux enjeux climatiques : les épisodes de fortes chaleurs nécessiteront une augmentation de la climatisation afin d'assurer un maintien du confort voyageur ;
  - La formation des conducteurs de tramway à l'éco-conduite (jusqu'à 30% de gain annuel sur l'énergie de traction) ;
  - La mise en place d'une politique d'incitation à l'utilisation du tramway (coût attractif du billet) pour augmenter le report de la voiture individuelle vers le nouveau service de transport ;
  - L'achat d'électricité verte, c'est-à-dire produite (en totalité ou en partie) à partir d'énergies renouvelables.

2.3. EFFETS GÉNÉRAUX EN PHASE TRAVAUX ET MESURES ASSOCIÉES

Les effets temporaires regroupent les contraintes générales qui découlent des travaux d'aménagement nécessaires à la construction de la plateforme tramway vers Saint-Contest et le quartier de Beaulieu, mais aussi en lien avec la dépose des lignes aériennes de contact entre les stations existantes « Bernières » et « Place de la Mare », ainsi que la modification du terminus existant de la ligne T1 « Saint-Clair » à Hérouville Saint-Clair et la modification du terminus existant de la ligne T2 « Presqu'île » à Caen. Il faut aussi prendre en compte les aménagements des espaces publics prévus au projet (voiries, pistes cyclables, cheminements piétons, mobilier urbain, etc.).

Ces effets temporaires peuvent se traduire notamment par des interruptions momentanées de réseaux, des modifications et allongements de parcours pour les utilisateurs de l'espace public (riverains notamment), des restrictions de stationnement (notamment aux abords des commerces), des nuisances acoustiques, des envols de poussières, etc.

Les recommandations environnementales énumérées dans le cadre des mesures en phase travaux doivent servir à établir un cahier des prescriptions relatives à l'environnement listant les mesures techniques à prendre pendant le chantier pour supprimer ou réduire ces effets.

Chaque entreprise consultée justifiera ses méthodes de travail au regard des nuisances sur l'environnement dans son SOPAE (Schéma Organisationnel du Plan Assurance Environnement) et incorporera le coût afférent à son devis. L'entreprise retenue fera ensuite évoluer son SOPAE en PAE (Plan Assurance Environnement) pendant la période de préparation du marché pour traduire ses mesures de façon opérationnelle.

Les effets et mesures développés ci-après concernent des effets généraux et des mesures générales à mettre en œuvre en phase travaux. Les effets et mesures spécifiques aux différentes thématiques environnementales sont présentées au chapitre 4 de la présente partie 6 de l'étude d'impact.

2.3.1. Emprises des travaux

2.3.1.1. Effets

Le principe type constructif du tramway s'articule autour de la plateforme selon le schéma ci-dessous :

- la plateforme du tramway (insertion centrale ou latérale) ;
- une voie de service de chantier ;
- deux voies de circulation routière (le plus souvent regroupées d'un même côté de la plateforme tramway).

Des effets d'emprises sont également liés à la modification du terminus existant de la ligne T1 « Saint-Clair » à Hérouville Saint-Clair et à la modification du terminus existant de la ligne T2 « Presqu'île » à Caen, ainsi que les aménagements des espaces publics prévus au projet (pistes cyclables, cheminements piétons, aménagements paysagers).

Impact direct et temporaire avant proposition de mesures : modéré

2.3.1.2. Mesures

Afin de réduire les effets liés aux emprises travaux, plusieurs mesures sont définies :

- R1.1a Limitation / adaptation des emprises des travaux et/ou des zones d'accès et/ou des zones de circulation des engins de chantier : cette mesure vise à travailler les emprises pour réduire autant possible les incidences sur les espaces publics et privés ;
- R2.1j – Dispositif de limitation des nuisances paysagères en phase travaux : cette mesure vise à limiter l'impact paysager du chantier en veillant notamment à la propreté du site et à sa remise en état à la fin des travaux ;
- R2.1r – Dispositif de repli du chantier : cette mesure vise à remettre en état les emprises travaux une fois ces derniers terminés.

Ces mesures sont détaillées au chapitre 2.3.5. de la présente Partie 6.

2.3.1.3. Effets résiduels

Après la mise en place des mesures de réduction, les effets résiduels liés aux emprises chantier sont faibles.

Impact résiduel : faible

2.3.2. Sécurité du chantier

2.3.2.1. Effets

La sécurité du chantier concerne aussi bien les usagers de l'espace public que le personnel travaillant sur le chantier.

Les causes d'insécurité sont principalement dues à la cohabitation entre engins de chantier, circulation automobile et circulation cycliste-piétonne. Cette insécurité est liée aux problématiques d'accessibilité, ainsi qu'aux multiples usages qui cohabitent sur les zones concernées par les travaux : riverains, activités des commerces, accès à des pôles d'emploi, activités propres au chantier.

Les voies empruntées par les poids-lourds lors des phases de terrassements ou de nivellement peuvent être rendues glissantes ou salies lors du transport des déblais ou matériaux.

Les principaux risques pour les piétons sont dus à la circulation des engins de chantier, à l'état des revêtements provisoires, à la présence de nombreuses tranchées et à la mise en place de nouveaux itinéraires. Les risques pour les usagers des voies (voitures, véhicules légers, cycles, ...) sont liés à la signalisation provisoire des carrefours, au rétrécissement des chaussées, qu'il s'agisse de la diminution du nombre de voies ou de la réduction d'emprise de la chaussée. Ils sont également liés à la circulation des engins de chantier.

Pendant la période de travaux, des problèmes de sécurité pourront se poser, essentiellement, lorsque les travaux seront localisés sur les axes fréquentés (boulevard Yves Guillou, boulevard André Detolle, rue du Chemin Vert, etc.).

Impact direct et temporaire avant proposition de mesures : modéré

2.3.2.2. Mesures

Afin de réduire les risques pour les usagers de l'espace public et pour le personnel travaillant sur le chantier, la mesure suivante est définie :

- R2.1j Dispositifs de limitation des nuisances sur le cadre de vie en phase travaux : cette mesure présente en détails les dispositions prises par le maître d'ouvrage afin de limiter les nuisances sur le cadre de vie de la population.

Cette mesure est détaillée au chapitre 2.3.5. de la présente Partie 6.

2.3.2.3. Effets résiduels

Après la mise en place de la mesure de réduction, les effets résiduels liées à la sécurité du chantier sont faibles.

Impact résiduel : faible

2.3.3. Risque d'interférence avec les projets connexes

2.3.3.1. Effets

La réalisation des travaux peut engendrer des contraintes, notamment liées à l'encombrement des voiries, aux déviations de la circulation. Ces contraintes, ainsi que la nature des opérations projetées durant la phase de travaux, peuvent présenter des incompatibilités avec d'autres projets connexes qui pourraient également avoir lieu dans à proximité.

Comme spécifié dans la partie 8 de la présente étude d'impact, relative à l'analyse des effets cumulés avec d'autres projets connus, plusieurs projets ont été identifiés dans l'aire d'étude rapprochée, dont certains à proximité immédiate du projet d'extension du tramway de Caen la mer. Il s'agit par exemple de l'aménagement de la Zone

d'Aménagement Concerté (ZAC) « Nouveau Bassin » à Caen ou de l'aménagement de l'écoquartier des Hauts-de-l'Orne à Fleury-sur-Orne.

Les risques d'interférences du développement du réseau de tramway sont liés au transport des matériaux et matériels nécessaires à ces projets connexes qui pourra être perturbé par les travaux de réalisation de l'infrastructure au droit d'axes routiers importants.

Impact indirect et temporaire avant proposition de mesures : faible

2.3.3.2. Mesures

Afin de réduire le risque d'interférence avec les projets connexes, la mesure suivante est définie :

- R2.1z – Concertation des maîtres d'ouvrages des projets connexes : cette mesure consiste à recenser les projets connexes et à assurer la cohérence entre chaque projet afin de limiter le risque d'interférence.

Cette mesure est détaillée au chapitre 2.3.5. de la présente Partie 6.

2.3.3.3. Effets résiduels

Après la mise en place de la mesure de réduction, les effets résiduels liés aux risques d'interférence avec les projets connexes sont négligeables.

Impact résiduel : négligeable

2.3.4. Stockage des matériaux

2.3.4.1. Effets

Les travaux, qui mobilisent des matériaux (fourniture en pierre naturelle, fourniture en nez de quai et bordures, etc.) nécessitent des zones de stockage de ces derniers, qui peuvent engendrer des nuisances comme de l'encombrement, des pollutions (fuite, envol de poussières, etc.), en fonction du type de matériau entreposé et de la localisation de la zone de stockage.

À ce stade des études, une zone de stockage des matériaux est envisagée au Sud du palais des sports, au droit d'un terrain qui est actuellement inoccupé, mais qui a déjà servi de base-vie dans le cadre d'une autre opération.

Impact direct et temporaire avant proposition de mesures : modéré

2.3.4.2. Mesures

Afin de réduire les effets du stockage des matériaux, les mesures suivantes sont définies :

- R1.1a – Limitation /adaptation des emprises des travaux et/ou des zones d'accès et/ou des zones de circulation des engins de chantier ;
- R2.1c – Optimisation de la gestion des matériaux (déblais et remblais) : cette mesure consiste à optimiser les mouvements de terre afin de minimiser les volumes à extraire ou à apporter.

Ces mesures sont détaillées au chapitre 2.3.5. de la présente Partie 6.

2.3.4.3. Effets résiduels

Après la mise en place des mesures de réduction, les effets résiduels liés au stockage des matériaux sont faibles.

Impact résiduel : faible

2.3.5. Présentation détaillée des mesures d'ordre général en phase travaux

2.3.5.1. A6.1a – Management environnemental du chantier

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Management environnemental du chantier	**Code mesure : A61a**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase : Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

✔ Faune et flore	✔ Sites et paysages	✔ Air
✔ Bruit & vibrations	✔ Population	✔ Sol
✔ Eau	✔ Habitats Naturels	✔ Biens matériels
✔ Patrimoine culturel et archéologique	✔ Continuités écologiques	✔ Activités économiques
✔ Facteurs climatiques	✔ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	✔ Risques technologiques
✔ Autres pollutions/ nuisances		

Description de la mesure

Le Maître d'ouvrage mettra en place un système basé sur le management environnemental, se traduisant par une organisation particulière vis-à-vis de la protection de l'environnement.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Management environnemental du chantier	**Code mesure : A61a**

Les Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE) élaborés avant le début des travaux doivent comporter des exigences particulières en matière de protection de l'environnement durant la phase chantier.

Des dispositions particulières de cadrage seront prises, comme :

- La mise en place de prescriptions particulières dans les cahiers des charges des entreprises (justification du contrôle technique des véhicules, gestion des déchets de chantier et des eaux de ruissellement, protection des riverains vis-à-vis du travail des engins de chantier et des nuisances acoustiques…) ;
- L'établissement d'un Cahier des Contraintes Fonctionnelles de Chantier (CCFC) rédigé par la maîtrise d'œuvre et prescrit aux entreprises adjudicataires des travaux : il décrit, pour chaque marché, les dispositions à prendre par l'entreprise pour protéger et respecter l'environnement ;
- Le contrôle et le suivi par le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre du respect des prescriptions et moyens prévus au CCFC.
- La présence d'un ingénieur écologue qui vérifiera la bonne mise en œuvre des mesures écologiques prévues au CCFC.

Afin de réduire les nuisances et désagréments générés par le projet vis-à-vis des riverains, des usagers et de leur environnement, les mesures générales suivantes sont prévues et formalisées par un CCFC :

- Sensibilisation du personnel ;
- Limitation des emprises en périphérie du chantier par piquetage précis ;
- Mise en place de dispositifs de rétention pour les stockages d'engins et de produits (huiles, hydrocarbures) et aménagement de places de stationnement en retrait des zones sensibles ;
- Nettoyage régulier des voies de desserte de proximité, afin de garantir en permanence des conditions de circulation satisfaisantes ;
- Pendant les terrassements et en période sèche, aspersion d'eau sur le sol afin de fixer les poussières soulevées par les véhicules de chantier circulant sur les accès et aires non revêtues ;
- Mise en place d'écrans de protection lors des opérations de soudure alumino-thermique, afin d'éviter les projections et l'éblouissement des passants ;
- Évacuation des déchets produits sur le chantier sur des filières de valorisation ou d'élimination dûment autorisées, et remise en état du site à l'achèvement des travaux ;
- Installation de panneaux de signalisation et d'information du public et des riverains, adaptés à tous les mouvements de véhicules et évolutifs, afin de tenir compte de l'avancement des travaux. Le phasage de travaux fera l'objet d'une signalisation spécifique pour assurer des conditions de déplacement satisfaisantes durant les travaux (alternatives, ...) ;

Afin de limiter les émissions de poussières, les recommandations suivantes seront à mettre en œuvre :

- Stocker les produits pulvérulents tels que le ciment, en silos avec un filtre à manches ;
- Utiliser la technique d'humidification pour réduire la production et la diffusion des grosses poussières lors des travaux de terrassements. En effet, un temps sec et venteux accroîtra le développement des poussières et la diffusion de celles-ci ;
- Bâcher les camions qui transportent des terres ou des matériaux poussiéreux.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Management environnemental du chantier	**Code mesure : A61a**

Afin de limiter la gêne sonore chez les riverains, des protections à la source peuvent être mises en place :

- Lorsqu'une activité ou un équipement bruyant est clairement identifié et localisé, son impact peut être réduit par la mise en œuvre de protections à la source de type écrans acoustiques amovibles tout autour du périmètre. Ces écrans (de type palissades ou bâches) devront posséder des propriétés d'absorption acoustique en plus d'assurer une atténuation des nuisances sonores transmises ;
- Le capotage des groupes électrogènes et autres engins, à l'aide de tôle d'acier doublée d'un matériau absorbant, peut également être utilisé. Ces capotages permettent de réduire considérablement les niveaux de bruits émis dans l'environnement ;
- Respect de la réglementation en vigueur sur le bruit émis par les véhicules de chantier ou les camions devant emprunter les axes de circulation proches des habitations ;
- Utiliser des engins de chantier disposant d'un avertisseur de recul à fréquence mélangée (cri du lynx plutôt que bip sonore) ;
- Limitation des périodes de travaux à certaines plages horaires (jours ouvrables et limitation des interventions nocturnes) ;

Afin de limiter les nuisances lumineuses, les mesures suivantes seront prises :

- Niveaux d'éclairage basés sur le minimum de la règlementation en termes de sécurité des personnes ;
- Éclairages orientés vers le sol avec un cône d'émission de 70° (éclairage directionnel) ;
- Éclairage non permanent, par détecteur de mouvement ;

En ce qui concerne les engins de chantier :

- Éteindre les moteurs dès que c'est possible ;
- Utiliser des véhicules conformes à la règlementation en vigueur et régulièrement entretenus (limitation des GES) ;
- S'assurer de la présence et du bon fonctionnement des filtres à particules ;
- Privilégier des équipements fonctionnant à l'électricité plutôt qu'aux hydrocarbures.

L'emprise des travaux sera balisée à l'aide d'un dispositif clair et adapté, assurant la sécurité des riverains, des ouvriers et des usagers des voies publiques. Cet espace sera également isolé et interdit au public. Pendant les travaux, le Maître d'ouvrage assurera une information régulière du public.

Lors des opérations d'abattage d'arbres, un agent du service des Espaces Verts de Caen la mer sera présent, afin de s'assurer du bon déroulement des abattages. Un expert arboricole sera présent lors de toutes les phases de terrassement à proximité des arbres existants et sera la seule personne habilitée à prendre des décisions quant au maintien ou non des arbres (possibilité de couper des racines, nécessité de mettre en place un suivi spécifique de l'arbre, possibilité d'abattre).

Le coût de la mesure est intégré au coût global des prestations de travaux.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Présence d'un ingénieur écologue et reconnaissance de ce dernier auprès du personnel des différentes entreprises présentes sur le chantier.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Management environnemental du chantier	**Code mesure : A61a**
Présence d'un expert arboricole pendant toutes les phases de chantier. Les actions de sensibilisation et de formation du personnel seront réalisées de manière régulière.	
Modalités de suivi de la mesure	
Schéma d'Organisation et de Gestion pour l'Élimination des Déchets (SOGED). Dossier Bruit de chantier. Réalisation des comptes rendus, tableaux de bord et suivi des documents des entreprises. Comptes rendus des réunions de chantier et suivis menés par l'ingénieur écologue. Constat de fin de chantier.	
	egis

2.3.5.2. R1.1a – Limitation /adaptation des emprises des travaux et/ou des zones d'accès et/ou des zones de circulation des engins de chantier

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Limitation / adaptation des emprises de travaux et/ou des zones d'accès et/ou des zones de circulation des engins de chantier	**Code mesure : R1.1a**
Opération : **Projet d'extension du tramway de Caen la mer**	**Phase :** **Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

- ☑ Faune et flore
- ☑ Bruit & vibrations
- ☑ Eau
- ☑ Patrimoine culturel et archéologique
- ☐ Facteurs climatiques
- ☑ Autres pollutions/ nuisances
- ☑ Sites et paysages
- ☑ Population
- ☑ Habitats Naturels
- ☑ Continuités écologiques
- ☑ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs
- ☑ Air
- ☑ Sol
- ☑ Biens matériels
- ☑ Activités économiques
- ☑ Risques technologiques

Description de la mesure

Le stockage des divers matériaux et produits doit se faire dans le respect de tous les textes réglementaires en vigueur.

L'environnement très urbanisé des futurs secteurs concernés par les travaux ne présente pas de surfaces disponibles de grande taille pour y implanter des bases vie. À ce jour, la localisation des bases vie n'est pas déterminée.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Limitation / adaptation des emprises de travaux et/ou des zones d'accès et/ou des zones de circulation des engins de chantier	**Code mesure : R1.1a**

➢ ***Matérialisation des emprises***

Les travaux de construction de la plateforme de tramway comprennent des terrassements, du bétonnage de support, de la distribution des traverses, de la pose des rails, des soudures et du réglage de voie, puis du béton de calage. Ces travaux feront systématiquement l'objet de barrières de chantier, sauf cas particuliers soumis à accord du maître d'ouvrage.

L'emprise du chantier occupe toute la largeur du futur site de tramway, multitubulaires comprises et sur toutes les zones de travaux, il existera une voie latérale dite « de service » qui permet de desservir le chantier pour les approvisionnements. Avant tout début d'intervention, les emprises sont entourées de barrières continues, avec des points fixes d'accès. Ces points d'entrée et de sortie sont organisés de manière que l'irruption des engins à l'extérieur de l'emprise se fasse toujours dans le sens de la circulation environnante, et de même pour les entrées.

Dès que possible et toutes les fois que les activités le permettent, les emprises sont réduites. Des passerelles pourront être mis en place pour permettre les traversées du chantier au droit de certaines intersections et pour les accès de certains riverains (à pied et en voiture).

➢ ***Pistes de chantier***

Dans la mesure du possible, les engins emprunteront les zones de circulations existantes ou circuleront sur les zones de travaux.

En cas de nécessité, des pistes de circulation provisoires pourront être créées en dehors des pistes existantes ou zones de travaux, mais sur des surfaces limitées au strict nécessaire et en-dehors des zones à enjeux forts.

Ces pistes seront soigneusement balisées afin d'empêcher tout débordement.

➢ ***Localisation des bases-vie***

Les bases de vie seront destinées à l'accueil du personnel de chantier. Leur superficie est liée au nombre de personnes concernées et à la distance séparant les ouvriers de leur poste de travail. Le stockage sera géré depuis ces bases, la gestion du stock sur le site même du chantier se faisant en flux tendu, c'est-à-dire via un ramassage quotidien

Six secteurs de bases-vie, localisés sur des zones ne présentant pas d'enjeux environnementaux, sont prévus dans le cadre du présent projet :

- une base-vie au niveau de la branche Nord-Ouest, sur un parking existant localisé le long de la rue de Villons-les-Buissons ;
- une base-vie à l'extrémité Ouest de la branche Ouest, le long de l'avenue Nelson Mandela ;
- une base-vie au Sud du palais des sports ;
- une base-vie à l'extrémité Est, à proximité du terminus « Presqu'île » ;
- une base-vie centrale au projet, à proximité de la sous-station « Dunois » ;
- une base-vie, à proximité de la sous-station « Prairie ».

➢ ***Zones de stockage***

Les entreprises exprimeront leurs besoins en ce domaine au moment de la présentation de leurs plans d'installation de chantier et proposeront des aires de stockage secondaires pour leurs

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Limitation / adaptation des emprises de travaux et/ou des zones d'accès et/ou des zones de circulation des engins de chantier	**Code mesure : R1.1a**

besoins propres de réalisation des chantiers. Le stockage des divers matériaux et produits doit se faire dans le respect de tous les textes réglementaires en vigueur.

À ce stade des études, une zone de stockage des matériaux est envisagée au Sud du palais des sports, au droit d'un terrain qui est actuellement inoccupé, mais qui a déjà servi de base-vie dans le cadre d'une autre opération.

➢ ***Accès riverains***

Les accès riverains pourront être perturbés en période de travaux. Des passerelles munies de garde-corps permettront de maintenir des cheminements matérialisés. Les accès aux parkings seront maintenus ou, s'ils ne peuvent l'être, des parkings provisoires pourront être mis à la disposition des riverains.

L'organisation des travaux garantira l'accessibilité aux équipements, commerces et logements situés aux abords immédiats du projet dans les meilleures conditions de sécurité.

Ces principes seront affinés lors des phases ultérieures d'études du projet.

➢ ***Modification des conditions de circulation liées aux travaux***

Afin de limiter les impacts sur les conditions de circulations liées aux emprises des travaux sur les voiries concernées, les mesures suivantes seront mises en place :

- Demande de permission de voiries et/ou d'arrêtés de circulation nécessaires auprès des gestionnaires des voiries concernées ;
- Mises en place de déviations ou d'alternats de circulation ;
- Limitation des emprises de travaux au strict nécessaire ;
- Mise en place de dispositifs de sécurité (panneaux de chantiers…).

Le coût de la mesure est intégré au coût global des prestations de travaux.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Mise en place de fiches descriptives présentant les emprises travaux et les sites écologiques à enjeu à éviter sur chaque zone de chantier, intégrées dans les exigences demandées aux entreprises travaux.

L'évitement des sites sensibles doit être total, sinon il s'agit d'une mesure de réduction.

Cette mesure est complétée par le déploiement d'un plan de circulation des engins de chantier.

Modalités de suivi de la mesure

Mode opératoire des travaux.

Visites de chantier régulières pour constat de mise en œuvre effective et appropriée de la matérialisation et du respect des prescriptions associées.

egis

2.3.5.3. R2.1c – Optimisation de la gestion des matériaux (déblais et remblais)

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Nom de la mesure : Optimisation de la gestion des matériaux (déblais et remblais)	**Code mesure : R21c**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase : Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

☑ **Faune et flore**	☑ **Sites et paysages**	☑ **Air**
☐ Bruit & vibrations	☑ **Population**	☑ **Sol**
☑ **Eau**	☑ **Habitats Naturels**	☑ **Biens matériels**
☑ **Patrimoine culturel et archéologique**	☑ **Continuités écologiques**	☑ **Activités économiques**
☐ Facteurs climatiques	☑ **Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs**	☑ **Risques technologiques**
☐ Autres pollutions/ nuisances		

Description de la mesure

La gestion des déblais / remblais constitue une part importante de la préparation et de l'organisation du chantier. Les mouvements de terre seront dans tous les cas optimisés, afin de minimiser les volumes à extraire ou à apporter.

Pour cela, les mesures suivantes sont envisagées :

- Dans le cadre des études de détail liées au projet, des études géotechniques continueront à être menées sur l'ensemble du tracé, afin de vérifier les caractéristiques mécaniques du sol (portance, compressibilité ou sensibilité à la présence d'eau, etc.) et la présence de cavités souterraines (carrières secteur Beaulieu notamment).
- En début de chantier, une reconnaissance par des sondages à la pelle peu profonds devra être réalisée après décapage de l'emprise pour bien identifier les zones de purges, ainsi que les éventuels dépôts de matériaux impropres à la réutilisation qui auraient pu être faits lors de travaux antérieurs.
- La provenance des matériaux d'apports sera surveillée, afin de s'assurer de l'adéquation de leur qualité avec leur usage de destination dans le cadre du projet.
- Les apports de matériaux de remblais seront limités aux besoins spécifiques du projet, afin de limiter la consommation, en particulier de matériaux nobles issus des gravières locales. La réutilisation des matériaux issus des déblais sera dans la mesure du possible privilégiée. A ce stade des études, les volumes estimés de déblais sont d'environ 170 000 m³ et les volumes estimés de remblais sont d'environ 136 000 m³.
- Les déblais seront donc majoritainement réutilisés pour le projet, sur site, et l'excédent sera évacué.
- Le phasage du chantier sera programmé de façon à limiter l'importance des éventuels dépôts temporaires de matériaux. Les excédents de matériaux seront, à chaque fois que cela est possible, disposés à l'intérieur des emprises du projet.
- Le projet étant situé en zone très urbanisée, la gestion des stockages sera faite afin de réduire au maximum les besoins de stockage et de fonctionner en « flux tendu » sur le

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Nom de la mesure : Optimisation de la gestion des matériaux (déblais et remblais)	**Code mesure : R21c**

chantier. Les entreprises exprimeront leurs besoins en ce domaine au moment de la présentation de leurs plans d'installation de chantier et proposeront des aires de stockage secondaires pour leurs besoins propres de réalisation des chantiers.

- Les zones de stockage doivent aussi permettre le stationnement des engins qui ne stationnent jamais sur la voie publique en-dehors des heures de travail et de l'emprise des chantiers. Ces zones comportent également un espace permettant les travaux de soudure, d'assemblage, de petit usinage et de petit entretien d'engins. Les zones de stockage seront mutualisées au même endroit que les bases vie du chantier afin de limiter l'impact surfacique du chantier dans un environnement très urbanisé ne laissant que peu de place disponible.
- Le plan des installations des entreprises indique les aires réservées au stockage d'agrégats, ciments, agglomérés, éléments de coffrage, et autres. L'implantation de ces surfaces est préalablement proposée à la maîtrise d'œuvre et au maître d'ouvrage. Les matériaux à reprendre, tels que déblais, pavages, bordures, mobiliers divers et autres, sont sélectionnés dans les conditions définies au marché de l'entreprise et entreposés exceptionnellement sur site.
- Les stockages de produits combustibles ou explosifs (carburants, huiles, etc.) sont proscrits à priori, ou accordés exceptionnellement par les maîtrises d'œuvre et d'ouvrage, sous réserve du respect de tous les textes réglementaires en vigueur.
- Les déblais, gravats, matériaux refusés par le maître d'œuvre ou l'organisme de contrôle sont immédiatement évacués, sans entreposage sur site, même de courte durée.
- Excepté pour les ouvrages ponctuels (sous-stations…) dans les zones sensibles et dans tous les cas soumis à accord du maître d'ouvrage, les stocks de matériaux sont limités au strict minimum nécessaire (2-3 journées d'activité). Ces stocks sont constitués par des éléments préfabriqués ou manufacturés (tuyaux ciment, acier, fonte, regards, bordures, pavés, rails, fers béton...).
- Les stocks volumineux d'agrégats ou remblais sont limités, par jour de consommation. Les bétons prêts à l'emploi sont acheminés par camion malaxeur stationné seulement aux points de livraison et évacués immédiatement. Les déblais et les matériaux défectueux ou refusés sont évacués au jour le jour.

Des dispositions particulières de cadrage seront prises, comme :

- La mise en place de prescriptions particulières dans les cahiers des charges des entreprises ;
- L'établissement d'un Cahier des Contraintes Fonctionnelles de Chantier (CCFC) rédigé par la maîtrise d'œuvre et prescrit aux entreprises adjudicataires des travaux : il décrit, pour chaque marché, les dispositions à prendre par l'entreprise pour protéger et respecter l'environnement ;
- Le contrôle et le suivi par le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre du respect des prescriptions et moyens prévus au CCFC ;
- L'évacuation des déchets produits sur le chantier sur des filières de valorisation ou d'élimination dûment autorisées, et remise en état du site à l'achèvement des travaux.

Le coût de la mesure est intégré dans le coût global des prestations de travaux.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Nom de la mesure : Optimisation de la gestion des matériaux (déblais et remblais)	**Code mesure : R21c**

Le scénario proposé par l'entreprise devra tenir compte des enjeux environnementaux recensés et justifier des raisons techniques ou organisationnelles pour le positionnement proposé des installations.

Modalités de suivi de la mesure

Validation des modes opératoires des entreprises.

Vérification du respect des prescriptions par des visites de chantier pour s'assurer de la conformité des travaux aux modes opératoires.

Tableau de suivi de la gestion des matériaux et déblais (date, volume, destination, etc.).

egis

2.3.5.4. R2.1z – Concertation des maîtres d'ouvrage des projets connexes

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Concertation des maîtres d'ouvrage des projets connexes	**Code mesure : R21z**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase : Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

☐ Faune et flore	☐ Sites et paysages	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☑ **Population**	☐ Sol
☐ Eau	☐ Habitats Naturels	☑ **Biens matériels**
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☐ Continuités écologiques	☑ **Activités économiques**
☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques
☐ Autres pollutions/ nuisances		

Description de la mesure

Afin de réduire les interférences avec des projets connexes liées à l'encombrement des voiries ou aux déviations de circulation durant la phase de travaux, un recensement des opérations prévues dans le secteur concerné par les travaux sera réalisé, puis une concertation avec les différents maîtres d'ouvrage sera entreprise.

Des réunions régulières seront réalisées permettant aux différents maîtres d'ouvrage de s'informer mutuellement et de s'assurer de la cohérence de la mise en œuvre de chaque projet connexe.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Concertation des maîtres d'ouvrage des projets connexes	**Code mesure : R21z**
Les maîtres d'ouvrage des opérations connexes seront conviés autant que nécessaire aux réunions de coordination du chantier tramway pour être informés des conditions de circulation et de l'organisation de l'interface avec leur chantier. Le coût de la mesure est intégré au coût global des prestations de travaux.	
Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance	
Mise en place de fiches descriptives présentant les emprises travaux et les sites à enjeu à éviter sur chaque zone de chantier, intégrées dans les exigences demandées aux entreprises travaux.	
Modalités de suivi de la mesure	
Comptes rendus des concertations réalisées avec les maîtres d'ouvrage de projets connexes. Validation des modes opératoires des entreprises. Visites de chantier régulières pour s'assurer de la conformité des travaux aux modes opératoires prévus.	
	egis

2.3.5.5. R2.1j – Dispositifs de limitation des nuisances sur le cadre de vie en phase travaux

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Dispositifs de limitation des nuisances sur le cadre de vie en phase travaux	**Code mesure : R21j**
Opération : **Projet d'extension du tramway de Caen la mer**	**Phase :** **Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	
Cible(s) de la mesure : ☐ Faune et flore ☑ **Bruit & vibrations** ☑ **Eau** ☑ **Patrimoine culturel et archéologique** ☑ **Facteurs climatiques** ☑ **Autres pollutions/ nuisances** ☑ **Sites et paysages** ☑ **Population** ☐ Habitats Naturels ☐ Continuités écologiques ☑ **Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs** ☑ **Air** ☑ **Sol** ☑ **Biens matériels** ☑ **Activités économiques** ☑ **Risques technologiques**	
Description de la mesure	

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Dispositifs de limitation des nuisances sur le cadre de vie en phase travaux	**Code mesure : R21j**

Afin de minimiser la gêne occasionnée aux riverains et aux usagers des voiries et de coordonner les interventions sur le domaine public, un calendrier prévisionnel des travaux sera établi.

Un Cahier des Contraintes Fonctionnelles des Chantiers (CCFC) définira les mesures à prendre par les entreprises pour délimiter les chantiers, sécuriser les abords et pour garantir l'accessibilité aux propriétés riveraines.

Des clôtures solides et régulièrement entretenues seront mises en place, afin de délimiter le chantier. Toutes les propriétés riveraines devront rester accessibles tant aux véhicules qu'aux piétons.

De manière à réduire les effets sur les usagers des voies, il est essentiel que :

- les limites de la chaussée disponible soient bien identifiées ;
- la signalisation prévienne à temps les usagers ;
- de nuit, les zones de transition soient suffisamment éclairées.

En cas d'intervention nocturne, le chantier sera éclairé et les riverains systématiquement informés. Une signalisation de chantier spécifique sera mise en place. Les engins utilisés seront systématiquement pourvus de signaux sonores déclenchés lors de certaines manœuvres.

Les riverains seront avisés des plannings prévisionnels des chantiers qui s'ouvriront devant chez eux, de leur organisation pratique, des dispositions prises pour garantir le maintien des diverses fonctions de l'espace public : conservation des circulations générales, accès aux commerces, aux logements, aux garages, etc.

Les riverains recevront une information sur l'ensemble du dispositif de communication et d'écoute qui sera mis en place durant la période des travaux, et plus particulièrement sur les moyens mis à leur disposition pour apporter des solutions aux difficultés qui pourraient survenir du fait des travaux ou de la présence du chantier.

➢ ***Pollution atmosphérique***

L'emploi d'engins et d'équipements conformes à la réglementation en vigueur relative aux émissions de gaz d'échappement permettra de limiter la charge polluante supplémentaire à l'atmosphère.

Du point de vue des émissions de poussières, l'aspersion du sol durant les terrassements réduit notablement l'envol des poussières. Cette manœuvre contribue non seulement au confort des usagers, mais également à la sécurité des ouvriers.

D'une manière générale, l'adoption des techniques d'intervention de bonne conduite du chantier est également à privilégier pour réduire ces nuisances temporaires.

Pour limiter la dégradation de la qualité de l'air :

- Les opérations de brûlage seront interdites ;
- L'envol de poussières depuis la zone de travaux sera limité par le compactage rapide des terres. Les chaussées souillées seront nettoyées par des balayeuses afin d'éviter l'accumulation de poussières ;
- Les camions de chantier seront bâchés lors des mouvements de terre et autres matériaux, de manière à éviter l'envol des poussières et de réduire les risques de déversement sur les voies ;

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Dispositifs de limitation des nuisances sur le cadre de vie en phase travaux	**Code mesure : R21j**

- Les entreprises œuvrant sur le chantier devront justifier du contrôle technique des véhicules utilisés afin de garantir, entre autres, le respect des normes d'émissions gazeuses en vigueur ;
- Les vitesses aux abords du chantier seront limitées à 30 km/h.

Ces obligations de prestations figureront dans le cahier des charges des entreprises retenues pour les travaux.

➢ ***Nuisances sonores***

Le bruit des engins de travaux publics sera limité en application de la réglementation en vigueur et en informant les communes (respect du niveau sonore relatif aux bruits aériens émis par les moteurs à explosion ou combustion interne selon l'arrêté du 2 janvier 1886).

L'arrêté du 22 mai 2006 modifiant l'arrêté du 18 mars 2002, relatif aux émissions sonores dans l'environnement des matériels destinés à être utilisés à l'extérieur des bâtiments, indique le niveau de puissance nette installée et la catégorie de matériel concernée (compresseurs, pelles, …).

D'une manière générale, les engins de chantier devront présenter un bon état et les limitations de vitesses de circulation en charge devront être respectées. En effet, il est fait obligation aux entreprises d'utiliser du matériel insonorisé répondant aux normes et règlements en vigueur (possession des certificats de contrôle). Tous les engins présents sur le chantier seront tenus de respecter ces prescriptions et un contrôle rigoureux sera assuré par le maître d'œuvre.

Le travail de nuit et durant les jours fériés sera limité, sauf situation exceptionnelle, notamment pour limiter les contraintes du chantier pendant la journée.

Le matériel fixe bruyant sera implanté à l'extérieur des zones sensibles (petits quartiers, zones naturelles).

Un autocontrôle du chantier pourra être effectué par l'entreprise afin de bannir tout comportement anormalement bruyant non strictement nécessaire au bon déroulement du chantier.

➢ ***Nuisances vibratoires***

Afin d'éviter les problèmes de vibrations liés aux engins de chantier, les opérations de compactage seront réalisées, en évitant dans la mesure du possible le compactage dynamique.

Un autocontrôle de chantier sera mis en place, ainsi qu'un suivi des vibrations dans les bâtiments susceptibles d'être impactés et situés le long des travaux de la nouvelle infrastructure. Les engins de chantier devront également respecter les normes en vigueur et les horaires seront adaptés.

Une attention particulière sera portée aux effets des vibrations en phase travaux sur les établissements sensibles à proximité immédiate des zones de travaux, tels que les écoles et les établissements de santé.

➢ ***Nuisances lumineuses***

De manière générale, les travaux ne se dérouleront pas durant la nuit afin de ne pas perturber la tranquillité des riverains et de la faune. Si des interventions nocturnes ponctuelles devaient avoir lieu exceptionnellement, les dispositifs d'éclairage public provisoires qui pourraient éventuellement être nécessaires seront choisis de manière à rendre leur impact visuel minime et à s'intégrer au mieux au milieu environnant.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Dispositifs de limitation des nuisances sur le cadre de vie en phase travaux	**Code mesure : R21j**

Les dispositions des articles R.583-1 et suivants du Code de l'environnement sur la prévention des nuisances lumineuses de chantier seront respectées.

Ainsi, les infractions des entreprises de travaux relèvent de l'article R.583-7 du Code de l'environnement, qui dispose qu'en cas de constatation d'une installation lumineuse irrégulière au regard des prescriptions techniques fixées par le ministre en charge de l'environnement, une amende est encourue.

➢ ***Maintien des circulations modes doux***

La chronologie de déroulement des travaux est construite de façon à respecter les cheminements doux lorsque ceux-ci existent, le long des emprises de travaux. Ainsi, les fonctionnalités existantes seront reconstituées autant que faire se peut pour permettre aux piétons et cycles de circuler dans de bonnes conditions de sécurité tout au long du chantier. Les configurations concrètes seront adaptées en cours de chantier, en étroite relation avec les services concernés de la communauté urbaine Caen la mer.

Toutes les demandes de nouvelles emprises de travaux sera conditionnée à la réalisation d'un cheminement protégé et sécurisé des modes actifs.

➢ ***Maintien des circulations/fonctionnement des véhicules particuliers***

Le principe de déroulement du chantier est un phasage visant à perturber le moins possible la circulation routière. Ainsi, le tracé envisagé va perturber le trafic routier, puisqu'il emprunte sur une majeure partie de son linéaire des axes fréquentés comme le boulevard du Maréchal Juin, la rue du Chemin Vert, le boulevard André Detolle ou encore le boulevard Yves Guillou.

Afin de conduire le chantier avec le moins de nuisances possibles pour les usagers de la route notamment, le phasage des travaux prévoit de réaliser les modifications des accès à certains axes routiers (rues, boulevards, avenues) de manière anticipée, avant la réalisation des travaux lourds sur chaussée, de manière à pouvoir le plus vite possible mettre en place le plan de circulation définitif et ainsi offrir des itinéraires de desserte des quartiers fonctionnels malgré les travaux en cours.

Les carrefours les plus sensibles seront phasés de manière plus fine : ces phasages seront instruits lors des phases ultérieures d'études et des déviations provisoires seront mises en place.

➢ ***Maintien de circulation des transports en commun***

En phase de travaux, il est important de conserver en toute circonstance un service lisible et efficace pour l'usager, afin de le fidéliser sur le réseau.

La gêne occasionnée par les travaux du tramway au niveau de l'important pôle de correspondance de l'Hôtel de Ville notamment sera atténuée par la mise en place d'itinéraires de substitution.

➢ ***Gestion des déchets***

La présente mesure se rapporte notamment à l'article L.541-2 du Code de l'environnement relatif à l'élimination des déchets, qui stipule que « *toute personne qui produit ou détient des déchets est tenue d'en assurer ou d'en faire assurer leur élimination* ».

Les travaux seront à l'origine de la production de déchets spéciaux (câblages, huiles, etc.), de déchets industriels banals (plastiques, métaux, etc.), de déchets verts et de déchets ménagers.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Dispositifs de limitation des nuisances sur le cadre de vie en phase travaux	**Code mesure : R21j**

Les déchets liés à toute activité humaine dans la base vie (déchets non liés au chantier) font l'objet d'un tri sélectif au moyen de containers mis à disposition dans la base vie. Ces derniers seront évacués selon le mode de collecte actuel. Les déchets du personnel seront mis en sacs et collectés via le système de collecte des ordures ménagères.

Les déchets industriels banals (bois, cartons, papiers), ainsi que les résidus métalliques, sont collectés et récupérés par une filière adaptée.

Les déchets polluants seront rassemblés dans des containers étanches et évacués par une entreprise agréée sur un site autorisé.

Les déchets de chantier seront évacués vers des décharges établies conformément à la réglementation générale en vigueur.

Les déblais, notamment ceux provenant des déconstructions de voiries existantes, seront évacués par poids-lourds. Les enrobés et bétons seront recyclés au maximum selon leur qualité.

La récupération des huiles usagées de vidange et des liquides hydrauliques, ainsi que leur évacuation au fur et à mesure dans des réservoirs étanches, devront se faire conformément à la réglementation en vigueur (articles L.512-1 et suivants du Code de l'environnement).

Un Schéma d'Organisation et de Gestion pour l'Élimination des Déchets (SOGED) pourra être établi pour l'opération et s'appliquera à toutes les entreprises intervenant sur le projet. Ce schéma définira notamment le travail à réaliser dans le cadre :

- De la valorisation possible des différents types de déchets ;
- Du tri des déchets à la source ;
- Du transport et des conditions d'acceptation dans les centres de regroupement, traitement ou stockage contrôlés.

La gestion des déchets de chantier sera prise en compte dans la rédaction des marchés de travaux des entreprises. Chaque acteur devra être incité à rechercher la valorisation ou les solutions les plus économiques pour l'élimination des déchets produits dans le respect de la réglementation.

Le coût de la mesure est intégré au coût global des prestations de travaux.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Identifier dans le planning des travaux la temporalité de la mise en œuvre de ces mesures au regard de l'impact considéré. Ces dispositifs seront temporaires (phase travaux).

Définition précise des modalités de chantier.

Information des riverains sur les périodes de travaux.

Établissement d'un Cahier des Contraintes Fonctionnelles de Chantier (CCFC) rédigé par la maîtrise d'œuvre et prescrit aux entreprises adjudicataires des travaux : il décrit, pour chaque marché, les dispositions à prendre par l'entreprise pour protéger et respecter l'environnement ;

Contrôle et suivi par le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre du respect des prescriptions et moyens prévus au CCFC.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Dispositifs de limitation des nuisances sur le cadre de vie en phase travaux	**Code mesure : R21j**

Modalités de suivi de la mesure

Vérification du respect des prescriptions (dispositifs présents et conformes).

Suivis et mises à jour des plans.

Réalisation des comptes rendus et tableaux de bord et suivi des documents des entreprises.

Maintien et suivi du registre de questions / réponses du site internet dédié

Contrôles inopinés des émissions sonores, notamment en cas de plaintes des riverains.

egis

2.3.5.6. R2.1j – Dispositifs de limitation des nuisances paysagères en phase travaux

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Dispositif de limitation des nuisances paysagères en phase travaux	**Code mesure : R21j**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase : Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

☐ Faune et flore	☑ **Sites et paysages**	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☑ **Population**	☐ Sol
☐ Eau	☐ Habitats Naturels	☑ **Biens matériels**
☑ **Patrimoine culturel et archéologique**	☐ Continuités écologiques	☐ Activités économiques
☐ Facteurs climatiques	☑ **Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs**	☐ Risques technologiques
☐ Autres pollutions/ nuisances		

Description de la mesure

Le respect du périmètre strict des emprises travaux permettra de limiter l'impact sur le paysage.

Une grande partie du projet se situe sur des voiries passantes. Sur certains tronçons, des barrières uniformes et occultantes de 1 m de haut seront mises en place pour masquer le chantier. Des palissades peuvent également être mises en place au niveau des P+R afin de limiter la covisibilité avec le chantier depuis les axes avoisinants. Ces palissades pourraient aussi être l'occasion de communiquer sur le projet d'extension du tramway de Caen la mer.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Dispositif de limitation des nuisances paysagères en phase travaux	**Code mesure : R21j**

Des prescriptions relatives à la propreté et à la gestion des chantiers seront incluses dans les procédures de consultation des entreprises afin de préserver l'environnement naturel ou urbain. En effet, les entreprises devront assurer un entretien quotidien du site par le ramassage des débris de matériaux ou d'éventuels détritus. Les véhicules des ouvriers seront entreposés à l'entrée des bases chantier de manière ordonnée. Le personnel sera également sensibilisé à la bonne organisation du chantier pour limiter les impacts paysagers.

Un soin particulier sera apporté à l'entretien quotidien des chantiers, notamment en fin de période d'activité des entreprises.

À la fin des travaux, l'ensemble du matériel de chantier sera évacué et les zones de chantier seront remises en état. La remise en état comprendra : nettoyage des zones d'installation de matériel, ainsi que des zones de stockage des matériaux.

Des prescriptions relatives à la propreté et à la gestion des chantiers seront incluses dans les procédures de consultation des entreprises, afin de préserver l'environnement naturel ou urbain.

Le coût de la mesure est intégré au coût global des prestations de travaux.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Établissement d'un Cahier des Contraintes Fonctionnelles de Chantier (CCFC) rédigé par la maîtrise d'œuvre et prescrit aux entreprises adjudicataires des travaux : il décrit, pour chaque marché, les dispositions à prendre par l'entreprise pour protéger et respecter l'environnement ;

Contrôle et suivi par le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre du respect des prescriptions et moyens prévus au CCFC.

Modalités de suivi de la mesure

La bonne mise en œuvre de la mesure et son respect pendant les travaux seront contrôlés par le maître d'œuvre.

De plus, durant toute la phase de chantier et de façon hebdomadaire, un contrôle de l'état de propreté du chantier sera effectué par le maître d'œuvre, suivi par un contrôle de la remise en état du site en fin de chantier.

egis

2.3.5.7. R2.1r – Dispositif de repli du chantier

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Dispositif de repli du chantier	**Code mesure : R21r**
Opération : **Projet d'extension du tramway de Caen la mer**	**Phase :** **Études - Avant-Projet**

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Dispositif de repli du chantier	**Code mesure : R21r**

Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER

Cible(s) de la mesure :

☐ Faune et flore	☑ **Sites et paysages**	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☑ **Population**	☑ **Sol**
☐ Eau	☐ Habitats Naturels	☑ **Biens matériels**
☑ **Patrimoine culturel et archéologique**	☐ Continuités écologiques	☑ **Activités économiques**
☐ Facteurs climatiques	☑ **Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs**	☐ Risques technologiques
☐ Autres pollutions/ nuisances		

Description de la mesure

Cette mesure vise la suppression de tous les équipements de chantier (pistes d'accès, déconstruction d'installations temporaires, de tout système d'assainissement provisoire) et la remise en état des terrains concernés.

À l'issue du chantier :

- L'ensemble des matériaux et déchets sera évacué des sites ;
- La terre végétale déplacée sera remise en place pour permettre la reprise de la végétation préexistante.

Le coût de la mesure est intégré au coût global des prestations de travaux.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Cette phase spécifique de déconstruction sera intégrée dans le marché de réalisation.

Le maître d'ouvrage s'assurera que les éléments construits ne seront pas simplement recouverts de terre en fin de chantier.

Des aménagements de renaturation de ces espaces seront prévus.

Il s'agira d'être vigilant sur le stockage des terres végétales

- En évitant le mélange des terres et leur compactage ;
- En balisant et identifiant les stockages en vue de leur remise en place.

Modalités de suivi de la mesure

Vérification du respect des prescriptions (actions réalisées et conformes).

Travaux de parachèvement au même titre que les autres travaux d'aménagements paysagers du projet.

Constat de fin de chantier.

egis

3. MESURES D'EVITEMENT PRISES LORS DE LA CONCEPTION DU PROJET

Lors de la conception du projet, des réflexions ont été menées de manière à intégrer le maximum de mesures d'évitement au projet, afin de tenir compte des enjeux environnementaux identifiés au stade de la détermination des facteurs de l'état actuel de l'environnement.

Le présent chapitre a pour objet de présenter ces mesures d'évitement.

3.1. SUPPRESSION DES AMÉNAGEMENTS DANS LE SECTEUR DE LA PRESQU'ÎLE (SUSPENSION DE L'EXTENSION EST DU TRAMWAY) POUR TENIR COMPTE DU RISQUE D'INONDATION

Le tracé présenté en concertation préalable comprenait une extension Est de la ligne de tramway au-delà du terminus « Presqu'île » vers le Quai de Normandie, puis la Chaussée d'Alger.

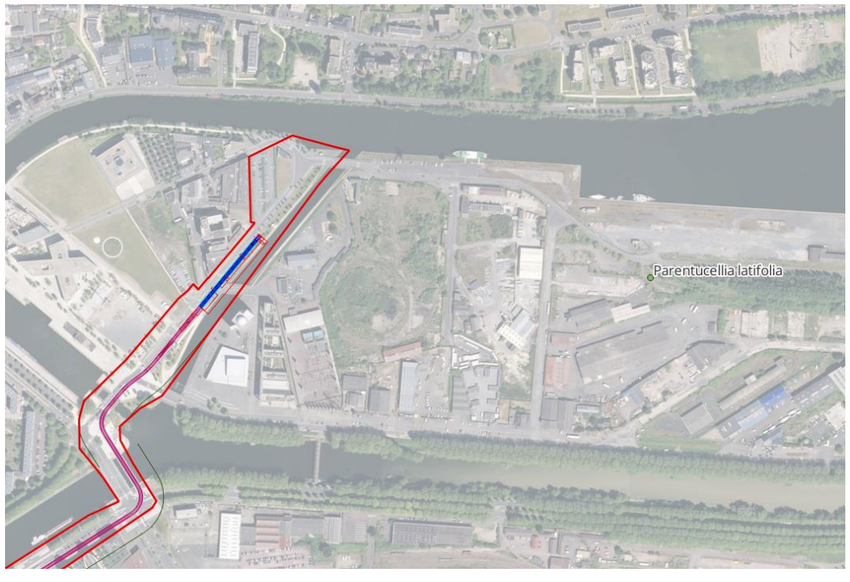
Par la suite, cette extension Est a été suspendue en raison d'enjeux forts liés au risque d'inondation dans le secteur de la Presqu'île. En effet, suite au rapport du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) de mars 2023, il est évalué une élévation du niveau des mers d'un mètre à l'horizon 2100.

Par conséquent, l'État et la Communauté urbaine Caen la mer ont engagé une étude destinée à simuler l'impact de cette hausse, les effets attendus devant se faire sentir jusque dans l'agglomération caennaise, dont notamment la Presqu'île située entre le canal et l'Orne. En septembre 2023, la Communauté urbaine a annoncé sa décision de suspendre le projet d'aménagement de cette Presqu'île (2 500 logements prévus) en l'attente des résultats de cette étude relative au risque d'inondation, et en conséquence, de ne pas engager les travaux prévus de prolongation Est de la ligne de tramway. Deux stations initialement prévues ne seront donc pas aménagées : il s'agit des stations « Quai de Normandie » et « Chaussée d'Alger ».

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer conserve donc son terminus Est existant au terminus actuel de la ligne T2 « Presqu'île » à Caen.

Toutefois, le projet prévoit le réaménagement de ce terminus « Presqu'île », pour permettre le fonctionnement avec deux lignes et le remisage de deux rames supplémentaires. Ainsi, les voies existantes sont prolongées vers l'Est sur une longueur d'environ 130 mètres.

Il est à noter que le fait de suspendre l'extension Est du tramway a également permis d'éviter un impact sur une station florale (*Parentucellia latifolia*, espèce « très rare » au niveau local, mais non protégée), recensée lors des inventaires de la première saison.



Situation du terminus sur la Presqu'île et localisation de la flore patrimoniale (source : ExEco Environnement)

3.2. ÉVITEMENT DU SITE INSCRIT DE LA PRAIRIE DE CAEN

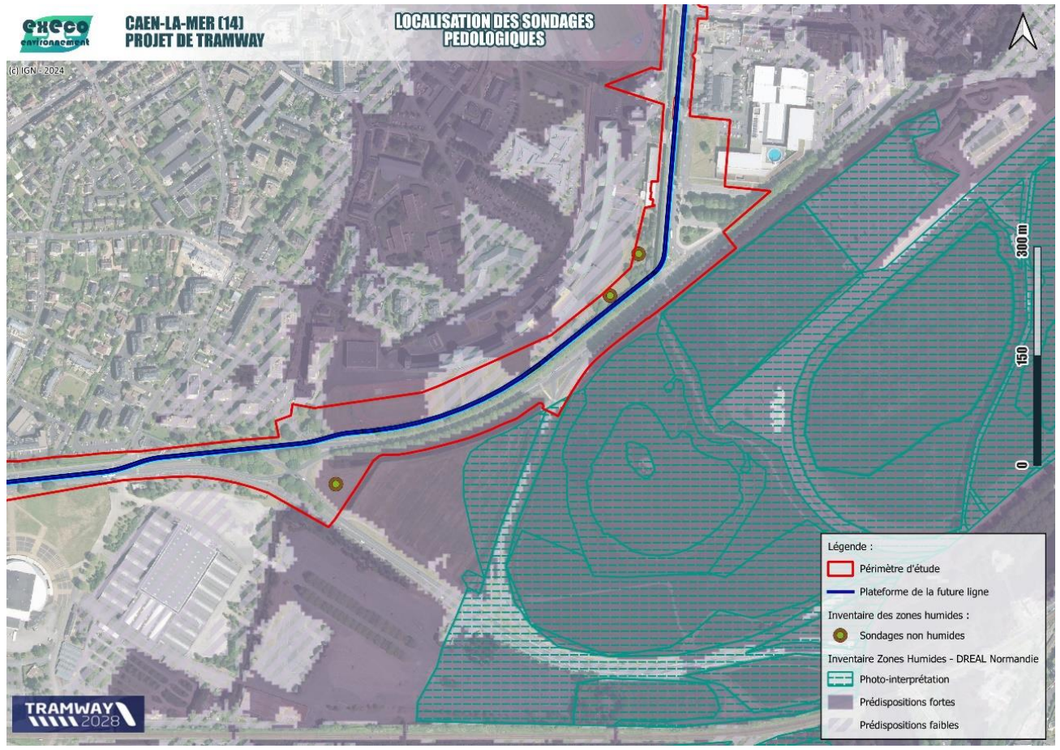
Afin d'éviter tout impact sur le site de la Prairie de Caen qui constitue un milieu naturel d'intérêt en cœur de ville, le tracé de la plateforme tramway a été décalé vers le Nord, du côté du lycée Malherbe. La Prairie est en effet un site qui abrite une biodiversité remarquable et fait l'objet d'une protection réglementaire en site inscrit.

3.3. CHOIX D'UN TRACÉ ÉVITANT LES ZONES HUMIDES

Au droit de l'aire d'étude du projet, les zones humides potentielles sont uniquement localisées au niveau de la Prairie.

De plus, l'état des lieux (sur la base des critères habitats / pédologie) a démontré l'absence de zone humide au niveau de l'aire d'étude immédiate, et donc de la zone de projet.

L'insertion retenue du projet dans le lycée Malherbe permet d'éviter tout impact sur la zone humide de la Prairie, ainsi que la modification du cours d'eau La Noé et de sa berge.

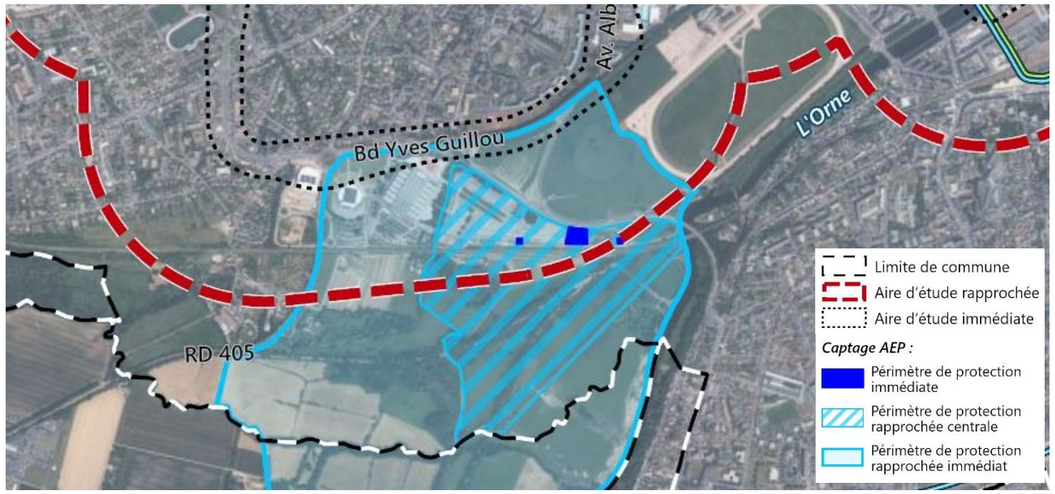


Localisation des sondages pédologiques non humides et des emprises projet (source : Trameo/ExEco Environnement)

3.4. Choix d'un tracé évitant les captages d'alimentation en eau potable situés au niveau de la Prairie de Caen

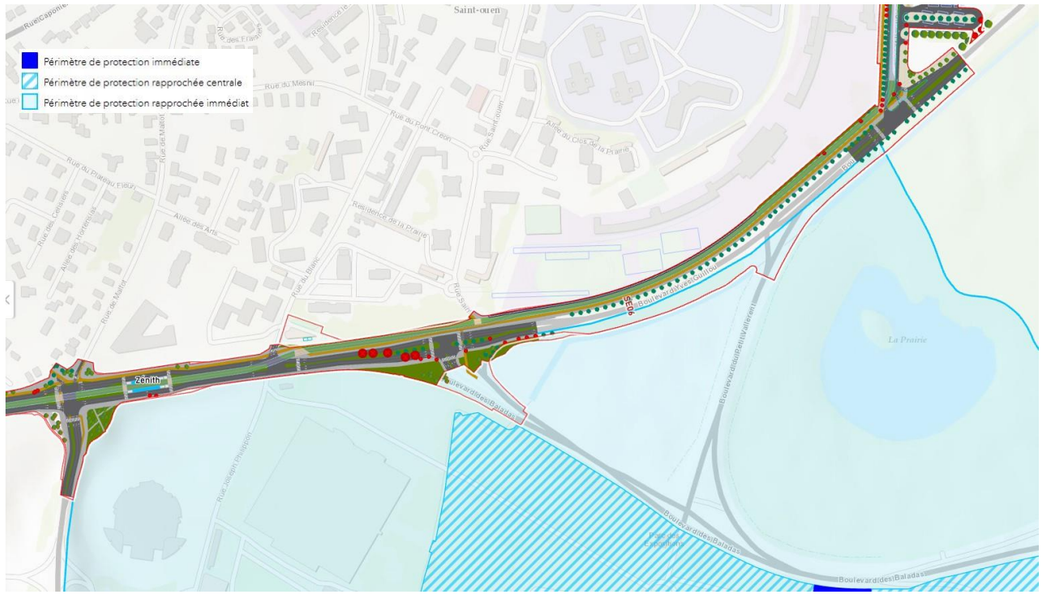
La zone des captages d'alimentation en eau potable de Prairie 1, constituée de trois forages, se situe au niveau de la Prairie de Caen.

Lors de la conception du projet, un tracé évitant le périmètre de protection rapprochée immédiat a été recherché au niveau de son passage au niveau du boulevard Yves Guillou.



Localisation des périmètres de protection associés aux captages Prairie 1 (source : ARS/Trameo)

Le projet s'inscrit à présent à proximité immédiate du périmètre de protection rapprochée immédiat des captages Prairie 1.



Superposition du projet aux périmètres de protection des captages Prairie 1 (source : Trameo)

3.5. Mise en place d'un mur de soutènement qui limite le volume de remblai en zone inondable de l'Orne

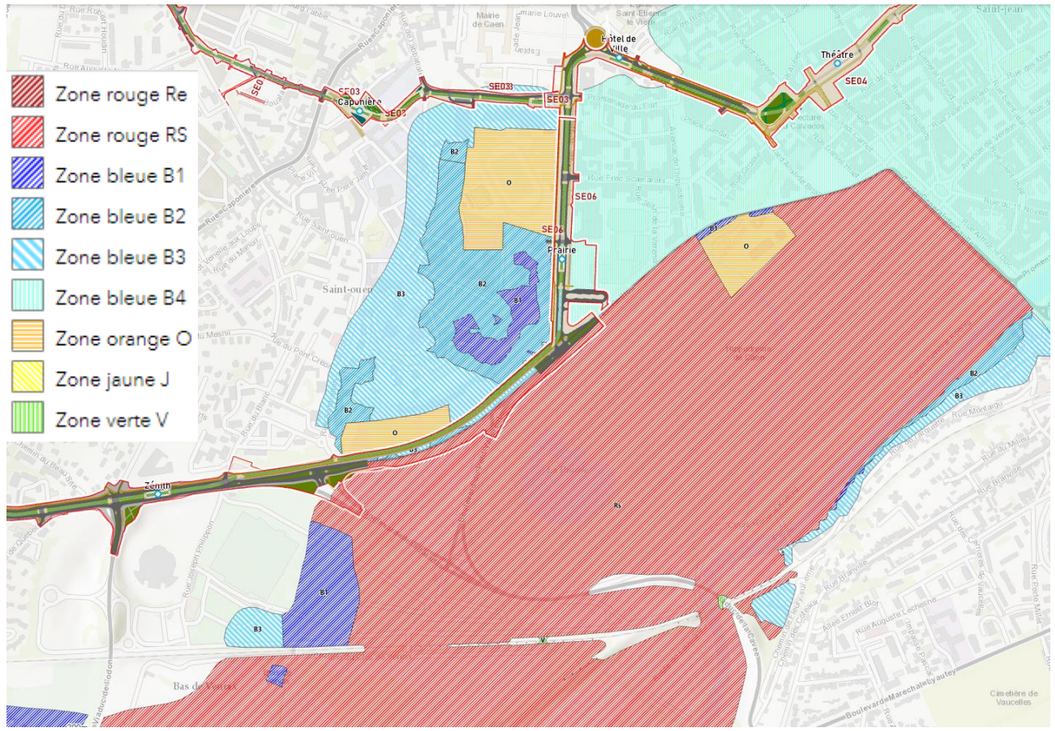
L'aire d'étude du projet d'extension du tramway de Caen la mer est concernée par le risque inondation par débordement lent de cours d'eau identifié au sein du Plan de Prévention des Risques Majeurs de la Basse Vallée de l'Orne, approuvé le 10 août 2021.

La partie Sud de l'aire d'étude recoupe en particulier les zonages rouges, au niveau de la Prairie de Caen, et bleus de ce PPRM.

Le tracé de l'infrastructure du tramway évite le site de la Prairie de Caen, en rouge rouge.

Il s'inscrit toutefois sur ou à proximité d'emprises de voiries inscrites en zone bleue du PPRM de la Basse Vallée de l'Orne :

- « Zone bleue B2 », au niveau des espaces publics du lycée Malherbe ;
- « Zone bleue B4 ».



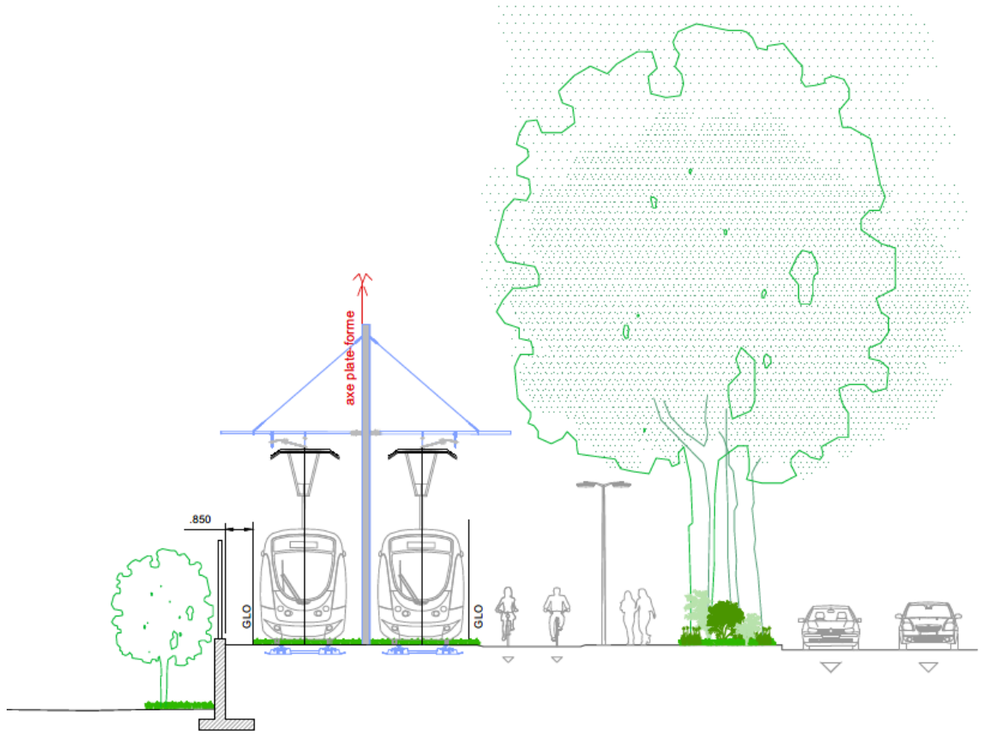
Superposition du projet au zonage réglementaire du PPRM de la Basse Vallée de l'Orne

Deux variantes ont été étudiées dans ce secteur pour permettre le passage de la nouvelle infrastructure tramway :

- Une variante qui consiste à remblayer sur l'ensemble du linéaire ;
- Une variante qui prévoit la mise en œuvre d'un mur de soutènement sur la partie du linéaire présentant une dénivellation significative.

La solution avec mur de soutènement a été retenue étant donné que le volume soustrait à la zone inondable est nettement moindre que pour la solution de remblaiement.

La position du mur par rapport au projet est illustrée ci-dessous :



Position du mur par rapport aux aménagements projetés dans le cadre du projet d'extension du tramway de Caen la mer (source : Egis)

3.6. Positionnement du parking-relais « Chemin Vert » en-dehors d'une zone enherbée et boisée

Le parking-relais « Chemin Vert » est positionné à proximité immédiate de l'échangeur du Chemin Vert du périphérique de Caen (RN814) et de la station « Chemin Vert ».

Initialement, il était envisagé d'aménager ce parking-relais sur des terrains situés dans les délaissés de cet échangeur. Cette zone, définie en parc arboré en contexte urbain, représente un espace assez peu fréquenté par l'Homme (gestion et fréquentation ponctuelle). Elle accueille une certaine diversité d'espèce de chiroptères et des espèces d'oiseaux patrimoniales cependant communes (Mésange charbonnière et Mésange huppée).

Afin d'éviter une nouvelle imperméabilisation de terrains, de plus situés en zone naturelle, les études ont permis de déterminer un positionnement moins impactant, en réutilisant un terrain faisant déjà office de zone de stationnement.

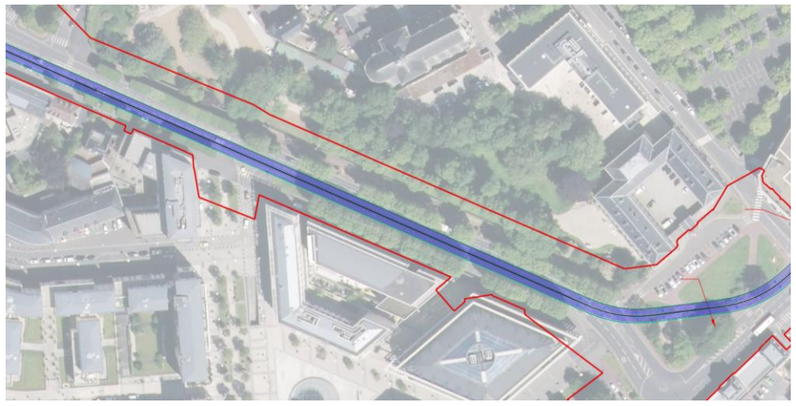


Localisation du P+R « Chemin Vert » à proximité immédiate de la station « Chemin Vert »

3.7. Adaptation du tracé pour conserver des alignements d'arbres localisés le long de voies circulées

De nombreux axes viaires qui seront empruntés par les futures voies de tramway sont bordés d'arbres d'alignement. Le projet évite plusieurs alignements, dont l'ensemble des alignements identifiés comme corridors écologiques lors des études faune-flore du projet.

En particulier, de part et d'autre de la rue de Bernières et du boulevard Bertrand, un travail en phase de conception du projet a été réalisé afin de conserver ces arbres d'alignement (Tilleuls, Platanes à feuilles d'érable, Érable plane). Avec un seul sens de circulation pour les véhicules au lieu de deux, les arbres ont pu être sauvés.



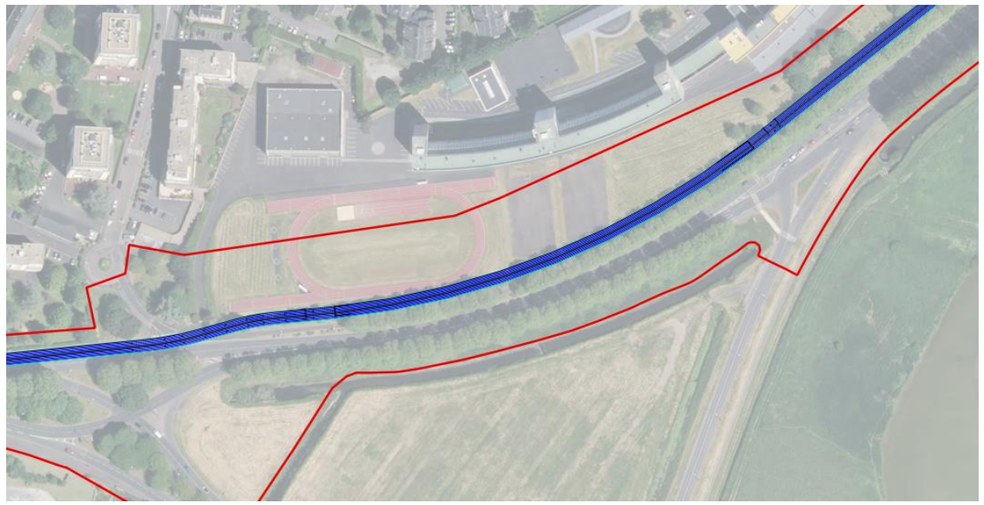
Passage de l'infrastructure tramway au niveau du boulevard Bertrand (source : Trameo)

Les arbres initialement supprimés au niveau de la station « Hôtel de Ville » sont finalement conservés et intégrés au quai de la station, qui est adaptée.

Le Nord de la rue du Chemin Vert et le boulevard du Maréchal Juin ont également fait l'objet d'un travail particulier de conservation. L'optimisation des profils, la réduction de la largeur de la piste cyclable et le décalage de la plateforme a permis de conserver les deux alignements d'arbres existants

Sur le tronçon entre le carrefour Rosel et le rond-point du Débarquement, les études affinées ont permis d'épargner l'alignement d'arbres à l'Est.

Le projet évite par ailleurs les alignements d'arbres du boulevard Yves Guillou (le long de la Prairie), qui représentent des axes de déplacement pour la faune volante. Ces arbres sont de plus intégrés au projet de classement du site de la Prairie.



Passage de l'infrastructure tramway au niveau du boulevard Guillou (source : Trameo)

4. EFFETS DU PROJET SUR LA POPULATION ET LA SANTE HUMAINE, ET MESURES

4.1. POPULATION / RIVERAINS

4.1.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

4.1.1.1. Effets

La population des quartiers traversés par le projet (centre ancien de Caen, Saint-Ouen, Haie Vigné, Beaulieu, Chemin Vert, Venoix, Bas-Venoix et Prairie) sera impactée par les travaux et les circulations induites des engins de chantier. L'impact du projet sera fort à proximité des secteurs habités, mais limité dans le temps à la période de travaux.

Les riverains les plus impactés temporairement par les travaux sont ceux dont l'habitation est localisée à proximité immédiate des travaux (impacts directs).

L'impact pour les autres habitants se limitera à une gêne concernant la circulation à proximité du chantier :

- Section commune aux deux branches :
  - Avenue Victor Hugo ;
  - Avenue du Six Juin ;
  - Rue de Bernières ;
  - Boulevard du Maréchal Leclerc ;
  - Place Gambetta ;
  - Boulevard Bertrand ;
  - Place Guillouard ;
  - Avenue Albert Sorel ;
- Branche Nord-Ouest vers le quartier du Chemin Vert :
  - Rue du Carel ;
  - EPSM Bon Sauveur ;
  - Esplanade Chaunu ;
  - Rue du Capitaine Boualam ;
  - Rue Damozanne ;
  - Rue de Bayeux ;
  - Boulevard Dunois ;
  - Rue d'Authie ;
  - Rue du Chemin Vert ;
  - Rue de Touraine ;
  - Rue de Champagne ;
  - Boulevard du Maréchal Juin ;
- Branche Ouest vers le quartier de Beaulieu :
  - Boulevard Yves Guillou ;
  - Boulevard André Detolle ;
  - Boulevard Georges Pompidou.

Les effets sont à court terme et liés aux phénomènes suivants, qui peuvent intervenir de façon momentanée ou prolongée selon les cas :

- Déviation de la circulation générale ;
- Limitation des accès des véhicules, notamment les poids-lourds et les véhicules de livraison ;
- Modification des lignes ou des arrêts de bus ;
- Réduction ou suppression de places de stationnement ;
- Détérioration provisoire des voiries engendrant des difficultés d'accès pour les piétons, les vélos et les véhicules des clients ;
- Modification des itinéraires modes doux(le maintien des pistes cyclables n'est pas toujours possible et les cycles peuvent être amenés à circuler sur les voiries) ;
- Présence des engins de chantier ;
- Modification de la visibilité des commerces.

Impact direct et temporaire avant proposition de mesures : modéré

4.1.1.2. Mesures

Afin de réduire les effets sur les populations riveraines, plusieurs mesures sont définies :

- R1.1a – Limitation / adaptation des emprises des travaux et/ou des zones d'accès et/ou des zones de circulation des engins de chantier : cette mesure vise à travailler les emprises pour réduire autant possible les incidences sur les espaces publics et privés ;
- R3.1a – Adaptation de la période de travaux (calendrier et horaires) : l'objectif est de réduire autant que possible la gêne ressentie en travaillant le calendrier et les horaires des travaux ;
- R2.1j – Dispositif de limitation des nuisances sur le cadre de vie en phase travaux : cette mesure présente en détail les dispositions prises par le maître d'ouvrage afin de limiter les nuisances sur le cadre de vie de la population ;

- R2.1a – Plan de circulation en phase travaux : cette mesure vise notamment à garantir l'accessibilité aux équipements, commerces et logements situés aux abords du projet.

Ces mesures sont détaillées aux chapitres 2.3.5.2. et 4.3. de la partie 6 de la présente étude d'impact.

4.1.1.3. Effets résiduels

Les effets résiduels sur les populations riveraines du projet sont considérés comme faibles suivant la phase de chantier.

Impact résiduel : faible

4.1.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

4.1.2.1. Effets

L'amélioration globale de l'offre de transport au sein de l'agglomération de Caen, ainsi que du cadre de vie, induit par le développement du réseau de tramway au Nord (Saint-Contest via le Chemin Vert) et l'Ouest (vers Beaulieu-Pompidou via le boulevard Yves Guillou), augmentera l'attractivité et le dynamisme des quartiers traversés et de leurs équipements qui ne sont pour l'instant desservis que par le bus. La mise en service de l'extension du tramway de Caen la mer peut donc être un élément majorant dans l'évolution future des usages et pratiques des habitants de l'agglomération caennaise, et ce particulièrement dans les secteurs nouvellement desservis par le tramway.

Aussi, en tant que mode de transport efficace, le tramway joue un rôle moteur en contribuant à l'installation de nouveaux ménages.

Des retours d'expérience ont démontré une attractivité démographique accrue dans les secteurs desservis par un tramway. La population augmente plus rapidement aux abords d'un tramway que dans les quartiers environnants qui ne disposent pas de ce type de desserte. Il apparaît notamment que les abords des lignes de tramway attirent une part croissante de ménages sans voiture.

De plus, la partie Ouest et Nord de l'agglomération caennaise vont bénéficier d'une amélioration de leur desserte et de leur accessibilité depuis le secteur de la Presqu'Île et des grands pôles déjà desservis par le tramway (gare SNCF, centre ancien, etc.). La modification du terminus existant de la ligne T1 « Hérouville Saint-Clair – Saint-Clair » va aussi permettre de répondre à une hausse de la fréquence des tramways et permettre un meilleur roulement des rames de tramway sur le réseau pour répondre à cette augmentation du trafic.

De plus, la transformation de voies exclusivement réservées aux voitures en voies partagées (voire uniquement dédiées au tramway sur certains tronçons) avec le tramway et les déplacements modes doux va améliorer le cadre de vie des riverains de par la baisse des nuisances sonores, atmosphériques et olfactives liées à une baisse du trafic routier, sans nuire toutefois au fonctionnement de la vie locale au quotidien (livraisons, accès voiture pour certaines professions, usagers, services régulés par contrôle d'accès).

Impact direct et permanent avant proposition de mesures : positif

4.1.2.2. Mesures

Les incidences permanentes sur les populations riveraines étant positives, aucune mesure n'est définie.

4.2. EMPLOI

4.2.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

4.2.1.1. Effets

Les travaux permettront le maintien voire la création d'emplois nécessaires à la construction des nouvelles infrastructures (emplois directs) et impliqués par les industries amont pour la fabrication des fournitures de chantier (emplois indirects).

Impact direct et temporaire avant proposition de mesures : positif

4.2.1.2. Mesures

Les incidences temporaires sur l'emploi étant positives, aucune mesure n'est définie.

4.2.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

4.2.2.1. Effets

Le projet aura des conséquences positives pour l'emploi. Le nouveau système de transport de Caen la mer permettra directement de générer plusieurs types d'emplois (conducteurs, agents de maintenance, agents d'exploitation, …).

Aussi, lors de la phase exploitation, l'extension du réseau de tramway permettra aux personnes non munies d'un véhiculer particulier d'avoir un accès facilité aux zones d'emplois grâce à des fréquences et des horaires étendus par rapport au réseau de bus existant et pour un temps de parcours plus rapide.

Impact direct et indirect, permanent avant proposition de mesures : positif

4.2.2.2. Mesures

Les incidences permanentes sur l'emploi étant positives, aucune mesure n'est définie.

4.3. QUALITÉ DE L'AIR ET SANTÉ

4.3.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

4.3.1.1. Effets

En phase chantier, les principales sources d'émissions polluantes sont :

- Les émissions des moteurs thermiques des matériels roulants, compresseurs, groupes électrogènes, etc. ;
- Les rejets des centrales à bitume, centrales d'enrobage, etc. ;
- Les émissions de poussières produites par la circulation des engins, les mouvements des terres (notamment lors du terrassement) et les matériaux (transport, stockage, mise en œuvre) ;
- Les émissions de poussières issues des opérations d'épandage de liants hydrauliques ; ces poussières sont susceptibles de véhiculer des composés nocifs pour la santé.

Les émissions des matériels, compresseurs, etc. sont fortement dépendantes des stratégies qui seront mises en œuvre par les entreprises lors des travaux.

Les centrales font l'objet d'une procédure de déclaration ou d'autorisation qui imposent des valeurs limites à l'émission.

Les poussières produites lors de la phase de chantier sont susceptibles de se déposer sur les végétaux et les bâtiments situés à proximité. Elles peuvent être à l'origine de salissures sur les bâtiments, mais surtout de risques sanitaires par inhalation et par ingestion (contamination des végétaux et de la chaine alimentaire).

Impact direct et temporaire avant proposition de mesures : faible

4.3.1.2. Mesures

Afin de réduire les effets sur la qualité de l'air, plusieurs mesures sont définies :

- R2.1j – Dispositif de limitation des nuisances sur le cadre de vie en phase travaux : cette mesure présente en détails les dispositions prises par le maître d'ouvrage afin de limiter les émissions atmosphériques en phase travaux ;
- R3.1a – Adaptation de la période de travaux (calendrier et horaires) : l'objectif est de réduire autant que possible la gêne ressentie en travaillant le calendrier et les horaires des travaux ;
- R2.1z – Communication et information aux riverains et aux usagers des voiries impactées par les travaux : l'objectif de cette mesure est de prévenir les riverains afin d'avoir une meilleure acceptation des nuisances engendrées par le projet.

Ces mesures sont détaillées aux chapitres 2.3.5 et 4.8.1.

4.3.1.3. Effets résiduels

Les effets résiduels sur la qualité de l'air pendant les travaux sont considérés comme négligeables.

Impact résiduel : négligeable

4.3.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

Une étude spécifique air et santé de niveau II a été réalisée dans le cadre du projet d'extension du tramway de Caen la mer. La méthodologie de cette étude est spécifiée au chapitre 4.2 de la Partie 11 de la présente étude d'impact.

L'étude air et santé dans son intégralité est présentée en pièce C3 du présent dossier d'enquête publique.

4.3.2.1. Bilan des émissions routières

Les émissions routières ont été évaluées pour chacun des tronçons du réseau routier, aux horizons 2023 pour ***l'État initial*** (EI23), 2028 pour le ***Fil de l'eau 2028*** (FE28) et ***l'État projeté 2028*** (EP28), et 2048 (mise en service + 20 ans) pour le ***Fil de l'eau 2048*** (FE48) et ***l'État projeté 2048*** (EP48).

Le réseau routier retenu pour l'étude comprend les tronçons définis par :

- Les voies empruntées par le futur tramway et sur lesquelles il y aura du trafic routier ;
- l'ensemble des voies dont le trafic est affecté significativement par le projet :
  - Pour un TMJA > 5 000 véh/j, les tronçons dont le trafic varie au minimum de ±10 % à l'horizon de mise en service ;
  - Pour un TMJA < 5 000 véh/j, les tronçons dont le trafic varie au minimum de ±500 véh/j.

L'ensemble des tronçons retenus est ensuite réparti en 9 groupes :

- Le groupe *Beaulieu* compte 22 tronçons et un linéaire total de 5,9 km ;
- Le groupe *Guillou – Detolle – Bayeux* compte 30 tronçons et un linéaire total de 4,4 km ;

- Le groupe *La Haie Vigne – Mairie – La Grâce de Dieu* compte 74 tronçons et un linéaire total de 9,9 km pour l'état initial et les scénarios sans projet et 69 tronçons et 9,4 km pour les scénarios avec projet ;
- Le groupe *Mémorial* compte 9 tronçons et un linéaire total de 2,1 km ;
- Le groupe *Maréchal Leclerc* compte 29 tronçons et un linéaire total de 2,2 km pour l'état initial et les scénarios sans projet et 25 tronçons et 1,8 km pour les scénarios avec projet ;
- Le groupe *Orne – Bassins* compte 22 tronçons et un linéaire total de 3,8 km ;
- Le groupe *RD22 - La Folie-Couvrechef - Le Chemin Vert* compte 88 tronçons et un linéaire total de 16,2 km pour l'état initial et les scénarios sans projet et 87 tronçons et 16,1 km pour les scénarios avec projet ;
- Le groupe *RD220* compte 14 tronçons et un linéaire total de 3,3 km ;
- Le groupe *Verdun - Château - Plaisance* compte 30 tronçons et un linéaire total de 2,6 km.

Ces groupes de tronçons sont présentés sur la carte en page suivante.

Analyse comparative des bilans des émissions entre l'État initial 2023 et le Fil de l'eau (sans projet) à l'horizon 2028

L'analyse comparative des émissions polluantes aux horizons 2023 (État initial) et 2028 sans projet (Fil de l'eau 2028) met en évidence une diminution moyenne de -21 % des émissions en polluants, pour l'ensemble des groupes de tronçons. Cette variation de -21 % correspond à une diminution modérée des émissions de polluants. Cette diminution moyenne cache des différences selon les polluants :

- Diminution très forte pour le benzène (-130 g/j soit -60 %) et les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) (-3 113 g/j soit -54 %) ;
- Diminution forte pour le monoxyde de carbone (-46 kg/j soit -32 %) et le dioxyde d'azote (-19 kg/j soit -31 %) ;
- Diminution modérée pour les particules $PM_{2,5}$ (-1,85 kg/j soit -16 %), le benzo(a)pyrène (-71 mg/j soit -13 %) et les particules PM_{10} (-1,82 kg/j soit -11 %) ;
- Diminution non significative pour l'arsenic (-36 ng/j soit -1 %) ;
- Augmentation non significative pour le dioxyde de soufre (+12 g/j soit +1 %) ;
- Augmentation faible pour le nickel (+853 ng/j soit +4 %).

Les évolutions des émissions calculées pour les différents groupes de tronçons présentent une bonne homogénéité et sont comprises entre -26 % pour le groupe *Beaulieu* et -15 % pour les groupes *RD220* et *Verdun – Château – Plaisance*.

Les émissions routières diminuent donc pour la plupart des polluants. Ces résultats montrent les effets positifs liés aux améliorations technologiques (généralisation du pot catalytique, reformulation des carburants, etc.). Le renouvellement du parc roulant est un facteur important de réduction des pollutions atmosphériques.

Analyse comparative des bilans des émissions à l'horizon 2028 (avec et sans projet)

L'analyse comparative des émissions polluantes à l'horizon 2028, entre l'État projeté 2028 (avec projet) et le Fil de l'eau 2028 (sans projet), met en évidence des diminutions faibles de mêmes proportions (-7 %), quel que soit le polluant :

- Monoxyde de carbone : -7 kg/j ;
- Dioxyde d'azote : -3 kg/j ;
- PM_{10} : -1,1 kg/j ;
- $PM_{2,5}$: -687 g/j ;
- COVNM : -188 g/j ;
- Dioxyde de soufre : -73 g/j ;
- Benzène : -6 g/j ;
- Benzo(a)pyrène : -34 mg/j ;
- Nickel : -1,8 mg/j ;
- Arsenic : -320 ng/j.

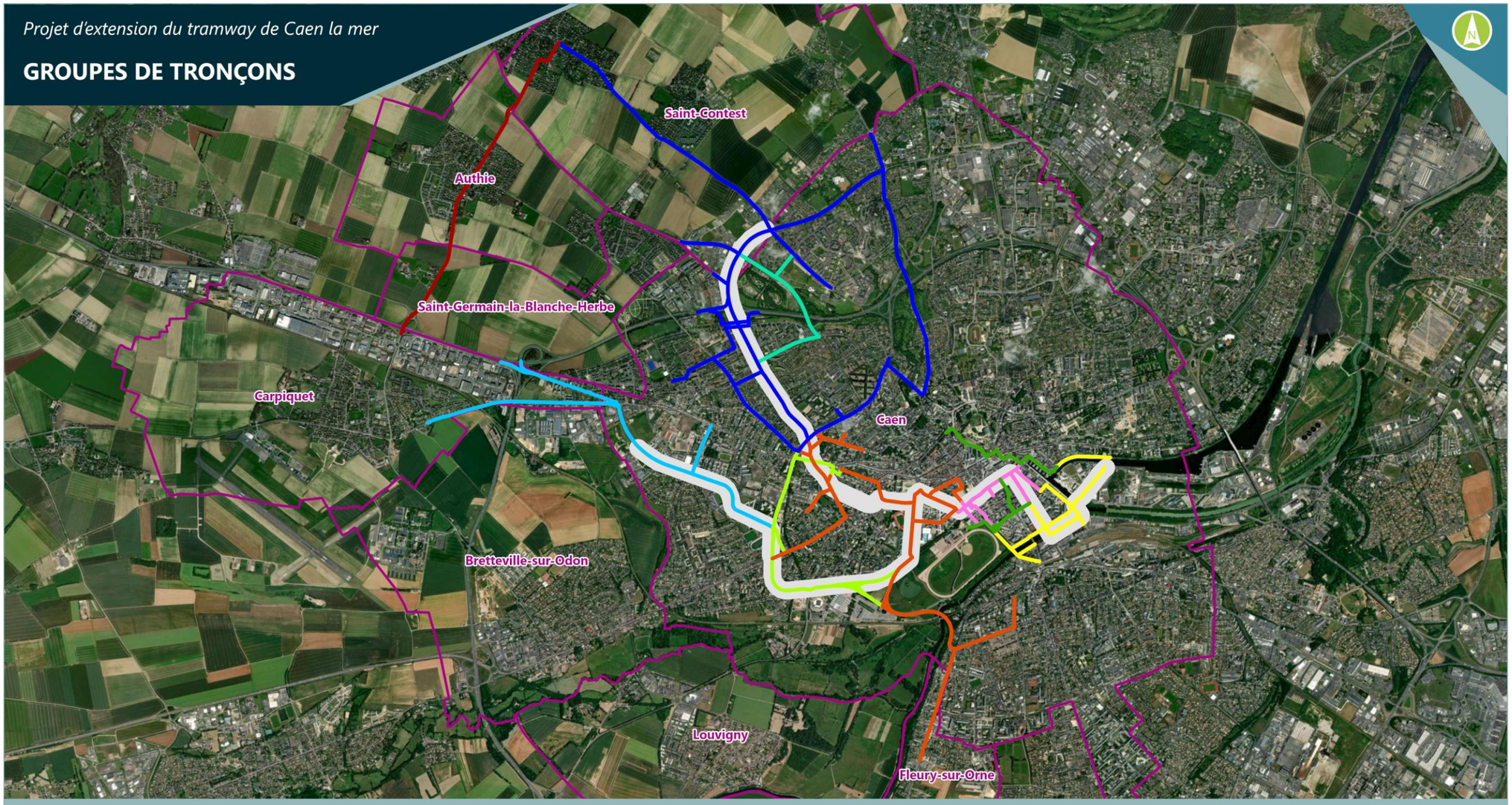
Les évolutions des émissions calculées pour les différents groupes de tronçons sont différentes suivant les groupes de tronçons :

- Diminution très forte (-21 %) pour le groupe *Maréchal Leclerc* (-55 %) ;
- Diminution modérée pour les groupes *RD22 - La Folie-Couvrechef - Le Chemin Vert* (-15 %), *La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu* (-13 %) et *Beaulieu* (-10 %) ;
- Diminution faible pour le groupe *Orne – Bassins* (-6 %) ;
- Aucune évolution significative pour le groupe *Guillou - Detolle – Bayeux* ;
- Augmentation modérée pour les groupes *Verdun - Château – Plaisance* (+16 %) et *Mémorial* (+20 %) ;
- Augmentation très forte pour le groupe *RD220* (+81 %).

Les évolutions des émissions moyennes sont cohérentes avec les évolutions moyennes du kilométrage parcouru de -7 %.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer

GROUPES DE TRONÇONS

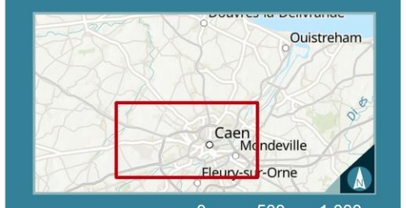


Légende

- Limites communales
- Ligne de tramway projeté

Groupes de tronçons

- Beaulieu
- Guillou - Detolle - Bayeux
- La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu
- Maréchal Leclerc
- Mémorial
- Orne - Bassins
- RD22 - La Folie-Couvrechef - Le Chemin Vert
- RD220
- Verdun - Château - Plaisance



Date : 06/05/2024

0 500 1 000 Mètres

Fond de plan : ©ESRI - Imagerie

egis

Analyse comparative des bilans des émissions à l'horizon 2048 (avec et sans projet)

Le bilan des émissions routières à l'horizon 2048 pour l'État projeté 2048 (EP48), à savoir la situation avec la mise en service +20 ans de l'extension du tramway de Caen la mer, est présenté dans le Tableau 26. Dans ce tableau, les pourcentages correspondent aux écarts relatifs entre l'État projeté 2048 et le Fil de l'eau 2048 (noté (EP48-FE48)/FE48).

L'analyse comparative des émissions polluantes à l'horizon 2048, entre l'État projeté 2048 (avec projet) et le Fil de l'eau 2048 (sans projet), met en évidence des diminutions faibles de mêmes proportions (-13 %), quel que soit le polluant :

- Monoxyde de carbone : -10 kg/j ;
- Dioxyde d'azote : -1 kg/j ;
- PM_{10} : -1,73 kg/j ;
- $PM_{2,5}$: -1 kg/j ;
- COVNM : -323 g/j ;
- Dioxyde de soufre :-140 g/j ;
- Benzène : -7 g/j ;
- Benzo(a)pyrène : -31 mg/j ;
- Nickel : -3,7 mg/j ;
- Arsenic : -565 ng/j.

Les évolutions des émissions calculées pour les différents groupes de tronçons sont différentes suivant les groupes de tronçons :

- Diminution très forte (-21 %) pour le groupe Maréchal Leclerc (-57 %) ;
- Diminution modérée pour les groupes RD22 - La Folie-Couvrechef - Le Chemin Vert (-21 %), La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu (-17 %), Beaulieu (-16 %) et Orne – Bassins (-13 %) ;
- Diminution faible pour le groupe Guillou - Detolle – Bayeux (-5 %) ;
- Augmentation modérée pour les groupes Verdun - Château – Plaisance (+11 %) et Mémorial (+16 %) ;
- Augmentation très forte pour le groupe RD220 (+70 %).

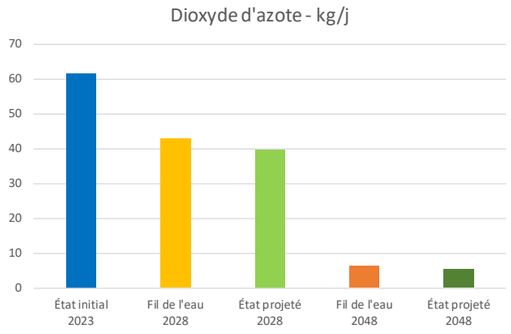
Les évolutions des moyennes des émissions sont cohérentes avec les évolutions moyennes du kilométrage parcouru de -12 %.

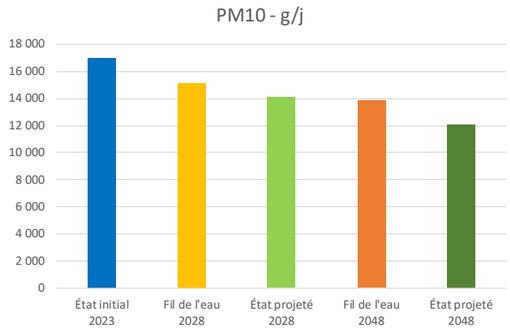
Synthèse du bilan des émissions routières

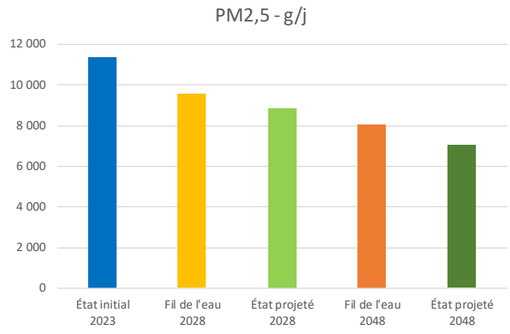
D'une manière générale, les émissions routières diminuent pour les scénarios sans projet entre 2023 (état initial) et 2028, puis entre 2028 et 2048, à l'exception du nickel et du dioxyde de soufre, dont les émissions augmentent entre ces horizons, et de l'arsenic, pour la période 2028 à 2048.

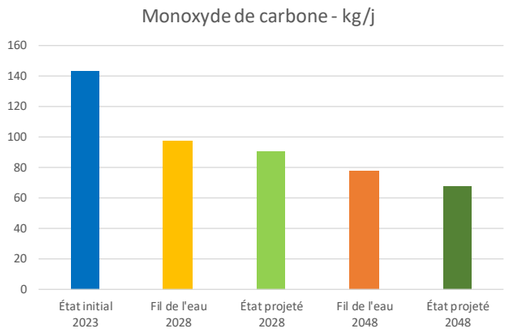
Avec la réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer, les émissions routières diminuent pour tous les polluants en 2028 (mise en service) et en 2048 (20 ans après la mise en service).

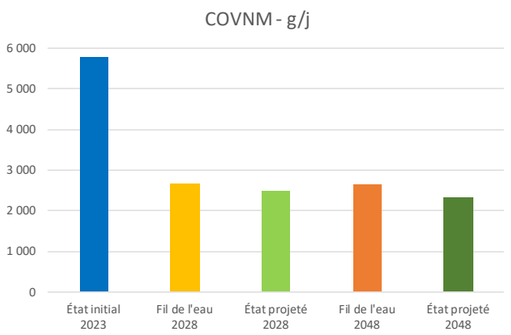
Les diagrammes présentés en page suivante montrent l'évolution des émissions totales, polluant par polluant, pour ***l'État initial 2023***, les ***Fils de l'eau 2028 et 2048***, et les ***États projetés 2028 et 2048***.

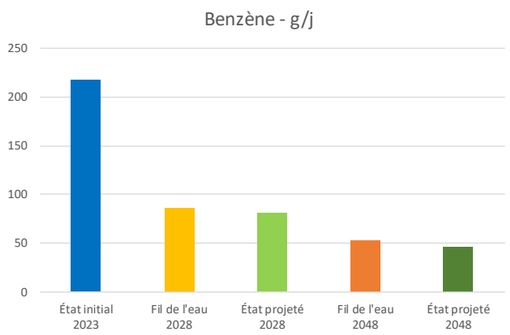


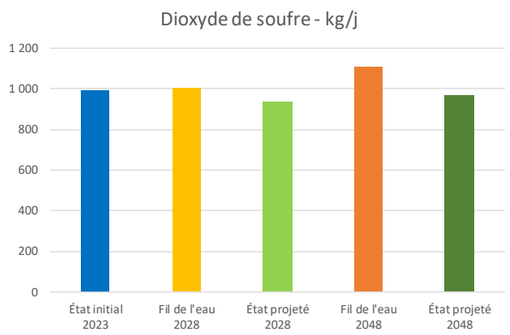


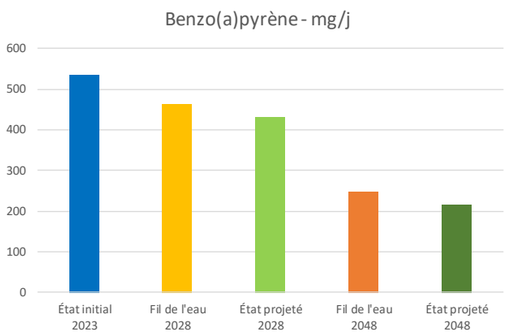


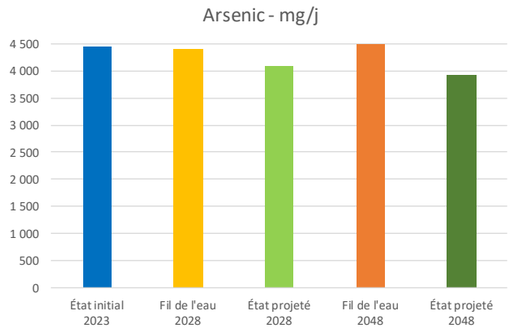


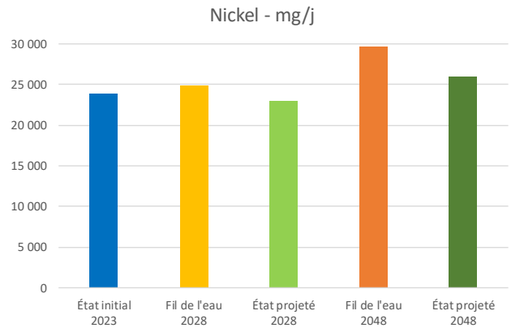












Évolution des émissions routières totales par polluant et par état (état initial, fil de l'eau, état projeté) (source : Egis)

4.3.2.2. Évaluation des teneurs en polluants dans l'air ambiant

La dispersion et l'évaluation des teneurs en dioxyde d'azote dans l'air ambiant ont été déterminées avec le logiciel ADMS Roads. Les teneurs en polluants sont exprimées sous la forme de teneurs moyennes annuelles en tout point de la bande d'étude.

Ces teneurs annuelles sont comparables aux normes de qualité de l'air en vigueur et leur comparaison aux différents horizons permet d'appréhender l'impact du projet sur la qualité de l'air.

Il convient de souligner que ces résultats mettent en évidence la contribution des émissions induites par le réseau routier étudié, à l'exclusion de toute autre source d'émissions.

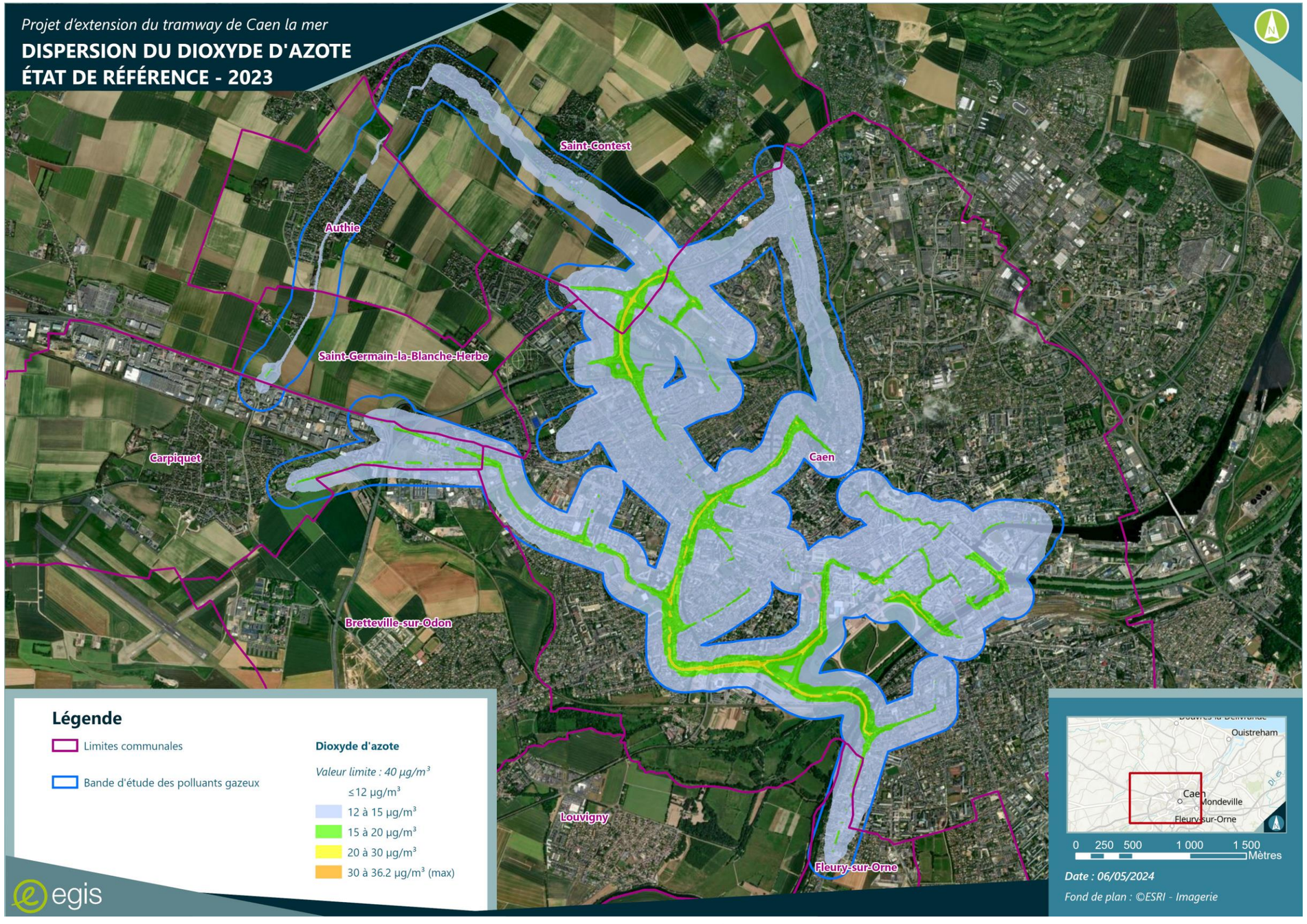
- **Cartographies des teneurs en polluants**

Les cartographies des teneurs en dioxyde d'azote en tout point de la bande d'étude sont présentées dans les figures en pages suivantes pour ***l'État initial 2023***, le ***Fil de l'eau 2028*** et ***2048*** et ***l'État projeté 2028*** et ***2048***.

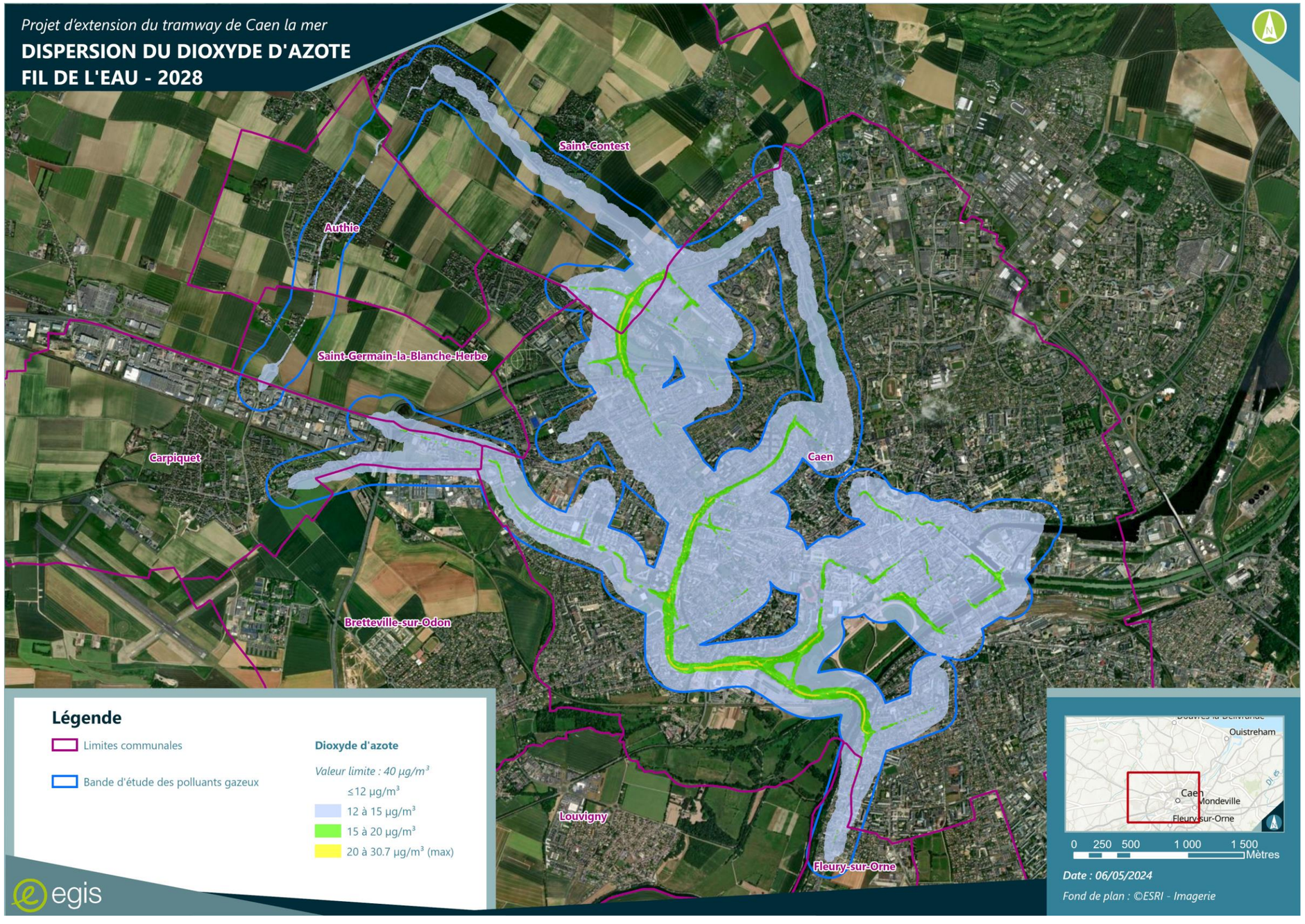
Ces cartographies ont été réalisées sous SIG (Système d'Information Géographique) par interpolation géostatistique des teneurs évaluées, en chaque point du maillage, à l'issue des calculs de dispersion atmosphérique.

Ces cartographies mettent en évidence :

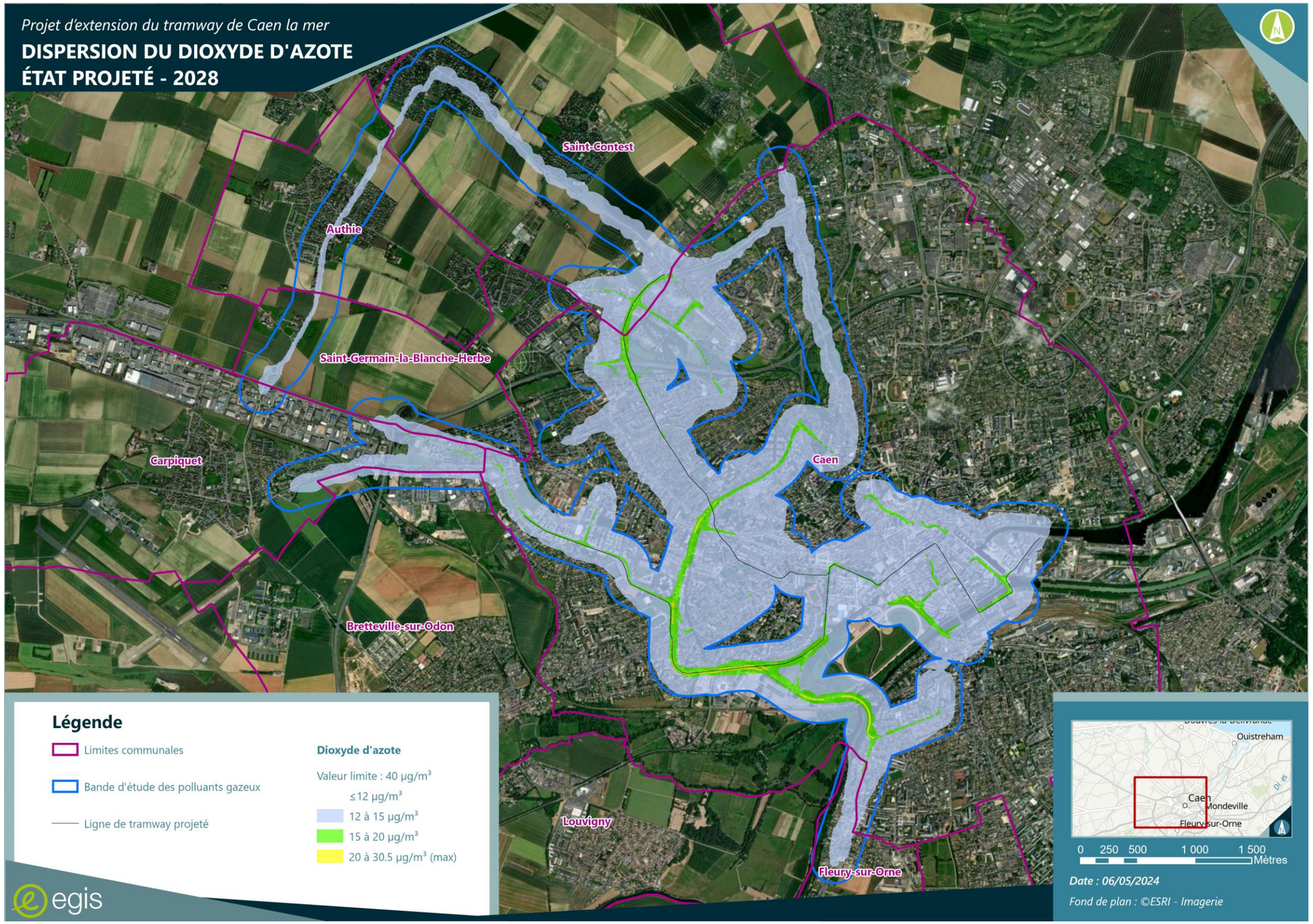
- Les **effets significatifs**, mais néanmoins géographiquement limités, des émissions polluantes induites par le trafic routier du réseau étudié sur la qualité de l'air (entre 50 et 150 m de part et d'autre des infrastructures routières en fonction des axes et des polluants) ;
- Une **diminution significative des concentrations** à l'échelle de la bande d'étude entre l'État initial 2023, le Fil de l'eau en 2028 et le Fil de l'eau en 2048, pour le dioxyde d'azote, du fait du renouvellement du parc automobile entre 2023, 2028 et 2048 et ce, malgré l'évolution non significative du kilométrage parcouru (+1 % en 2028 et +3 % en 2048) ;
- Une **légère diminution des concentrations** entre le fil de l'eau et l'état projeté en 2028 et en 2048 pour le dioxyde d'azote dans la bande d'étude et en particulier le long de l'axe de l'extension du tramway ;
- Les **concentrations les plus élevées** situées au droit du boulevard Yves Guillou.



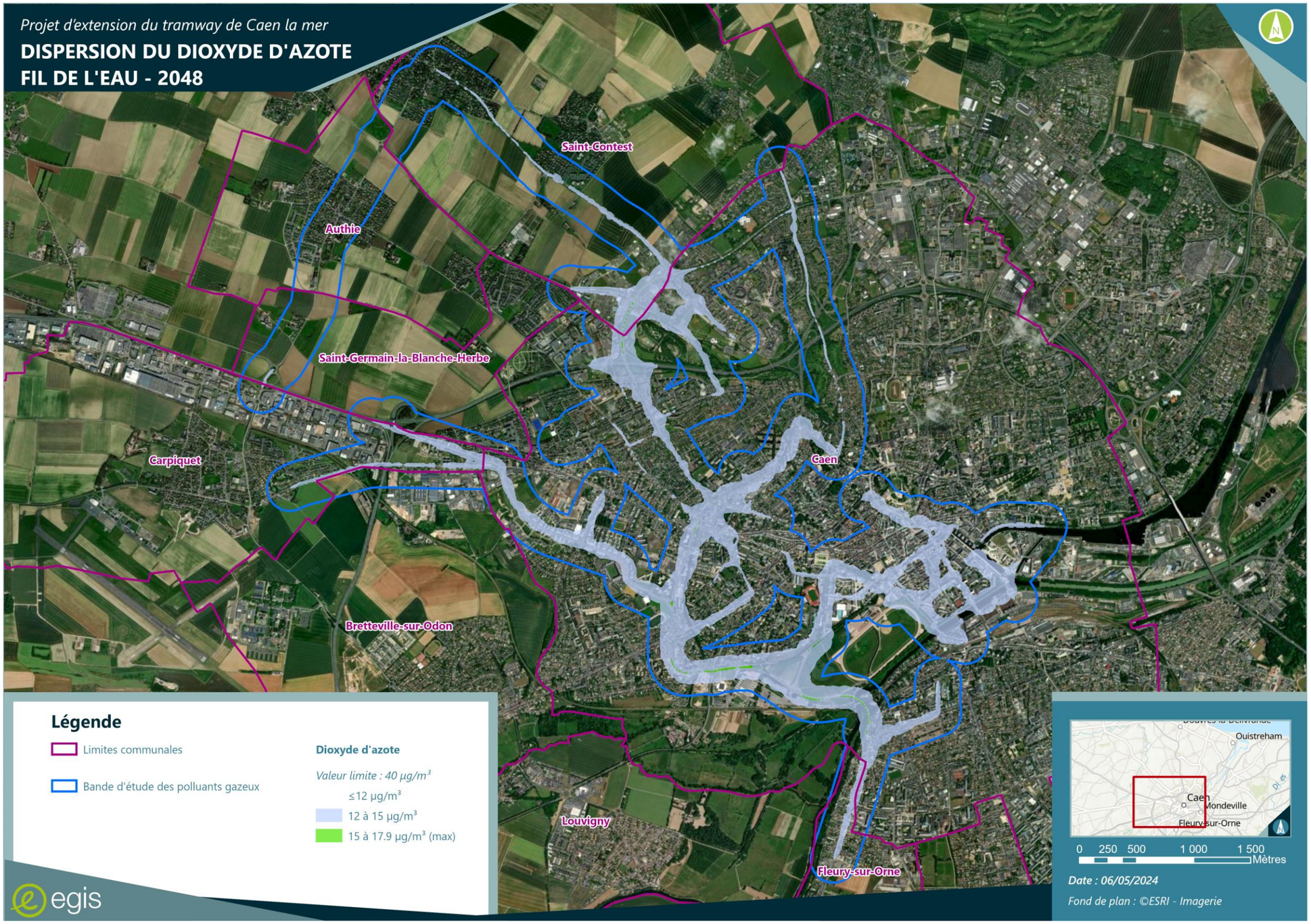
Dispersion du dioxyde d'azote – État initial 2023



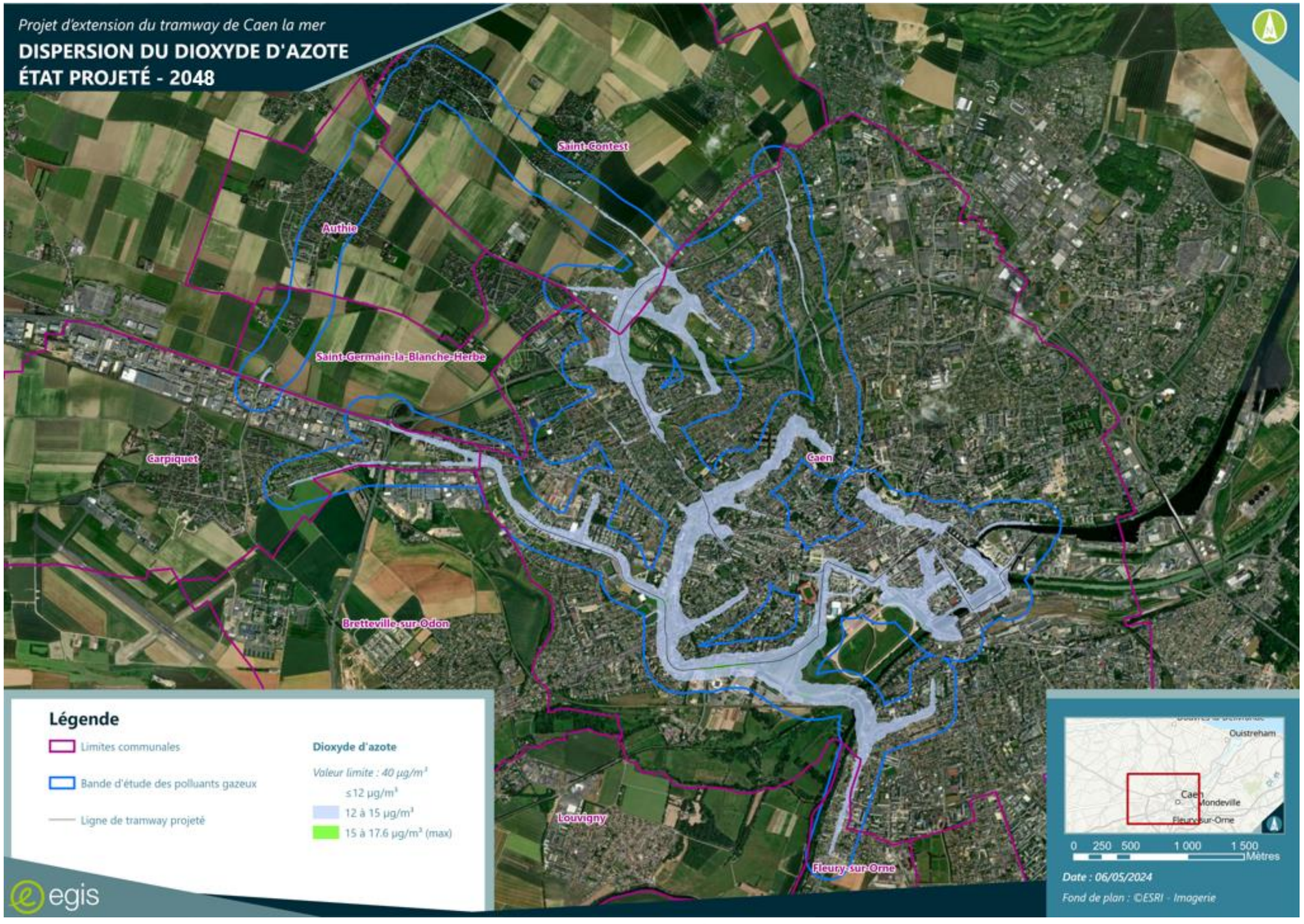
Teneurs en dioxyde d'azote – Fil de l'eau 2028



Teneurs en dioxyde d'azote – État projeté 2028



Teneurs en dioxyde d'azote – Fil de l'eau 2048



Teneurs en dioxyde d'azote – État projeté 2048

Teneurs en polluants au niveau de l'aire d'étude

Les teneurs moyennes et les teneurs maximales de ces polluants modélisés (NO_2, PM10 et PM2,5) dans l'ensemble de la bande d'étude sont synthétisées dans le tableau ci-dessous pour ***l'État initial 2023***, le ***Fil de l'eau 2028 et 2048***, et ***l'État projeté 2028 et 2048***. Les teneurs maximales sont représentatives des teneurs relevées au droit des axes routiers. Elles sont données à titre indicatif.

		État initial		Fil de l'eau		État projeté		Fil de l'eau +20 ans		État projeté +20 ans		dont teneur de fond
		Teneur moyenne	Teneur maximale	Teneur moyenne	Teneur maximale	Teneur moyenne	Teneur maximale	Teneur moyenne	Teneur maximale	Teneur moyenne	Teneur maximale	
Dioxyde d'azote	***µg/m³***	13.1	36.1	12.7	30.7	12.6	30.5	11.9	17.9	11.9	17.6	*11.6*
PM10	***µg/m³***	14.0	17.4	13.9	17.1	13.9	17.1	13.9	16.8	13.9	16.7	*13.7*
PM2,5	***µg/m³***	9.0	11.3	9.0	11.0	8.9	10.9	8.9	10.6	8.9	10.5	*8.8*

Source : Egis

Teneurs moyennes et maximales dans l'aire d'étude (source : Egis)

<u>Situations sans projet</u>

Les teneurs moyennes évoluent différemment suivant les polluants entre l'État initial 2023 et les états au Fil de l'eau 2028 et 2048 :

- Diminution faible pour le dioxyde d'azote (-3 % à -6%) ;
- Aucune variation significative pour les PM10 et les PM2,5 (diminution inférieure à -0,5 %).

<u>Situations avec projet</u>

Entre les états au Fil de l'eau 2028 et 2048 et les États projetés 2028 et 2048, l'évolution des teneurs moyennes est peu significative pour le dioxyde d'azote et les particules PM10 et PM2,5 (diminution inférieure à -1 % et -0,5%).

<u>Teneurs moyennes globales</u>

Sur l'ensemble de la bande d'étude, le projet d'extension du tramway de Caen la mer impacte de manière peu significative les concentrations moyennes en polluants.

En situation avec projet, les teneurs moyennes respectent les valeurs limites réglementaires, quel que soit le polluant considéré, comme le présente le tableau ci-après.

À titre indicatif, les teneurs moyennes modélisées pour le dioxyde d'azote et les particules PM10 et PM2,5 respectent également les valeurs limites à atteindre au 1er janvier 2030 adoptées par le Parlement européen le 24 avril 2024 (en attente du vote du Conseil européen) et non promulguées à ce jour.

		Valeur limite	État initial	Fil de l'eau	État projeté	Fil de l'eau +20 ans	État projeté +20 ans	dont teneur de fond
			Teneur moyenne	Teneur moyenne	Teneur moyenne	Teneur moyenne	Teneur moyenne	
Dioxyde d'azote	***µg/m³***	***40***	13.1	12.7	12.6	11.9	11.9	*11.6*
PM10	***µg/m³***	***40***	14.0	13.9	13.9	13.9	13.9	*13.7*
PM2,5	***µg/m³***	***25***	9.0	9.0	8.9	8.9	8.9	*8.8*

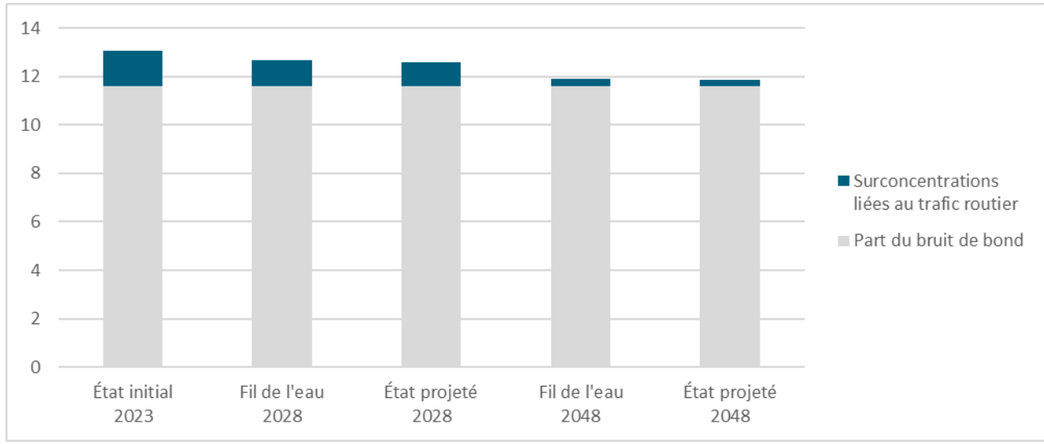
Source : Egis

Teneurs moyennes en polluants (NO_2, PM10 et PM2,5) (source : Egis)

Les évolutions des concentrations moyennes sont peu significatives quel que soit l'horizon d'étude, en raison de la forte influence des teneurs de fond sur les concentrations totales.

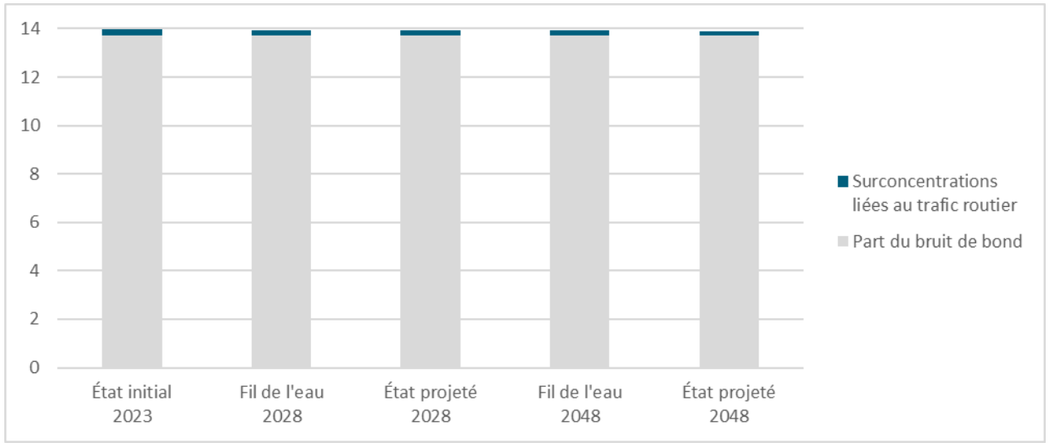
Les diagrammes ci-dessous mettent en évidence la diminution progressive des surconcentrations[12] liées au trafic routier pour les horizons 2023, 2028 et 2048 sans et avec la réalisation du projet. La part du bruit de fond est prépondérante, quel que soit l'horizon considéré :

- Dioxyde d'azote : 89 % à 98 % ;
- PM10 et PM2,5 : 98 % à 99 %.

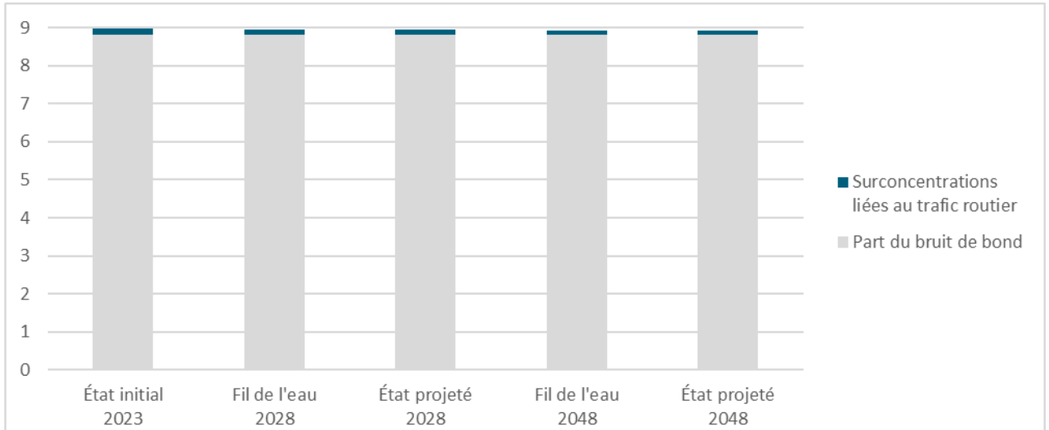


Teneurs moyennes en NO_2 avec la part du trafic et du bruit de fond (source : Egis)

[12] La surconcentration d'un polluant est la concentration située au-delà de la concentration de fond. Elle est imputable uniquement aux émissions des véhicules



Teneurs moyennes en PM10 avec la part du trafic et du bruit de fond (source : Egis)



Teneurs moyennes en PM2,5 avec la part du trafic et du bruit de fond (source : Egis)

<u>Surconcentrations moyennes et maximales par groupe de tronçons</u>

Les diagrammes en page suivante présentent les évolutions, respectivement, des surconcentrations moyennes et maximales de dioxyde d'azote par groupes de tronçons pour l'ensemble des horizons 2023, 2028 et 2048 sans et avec la réalisation du projet. Ces diagrammes mettent en évidence la diminution progressive des surconcentrations liées au trafic routier pour tous les horizons 2023, 2028, 2048 et pour chacun des groupes de tronçons.

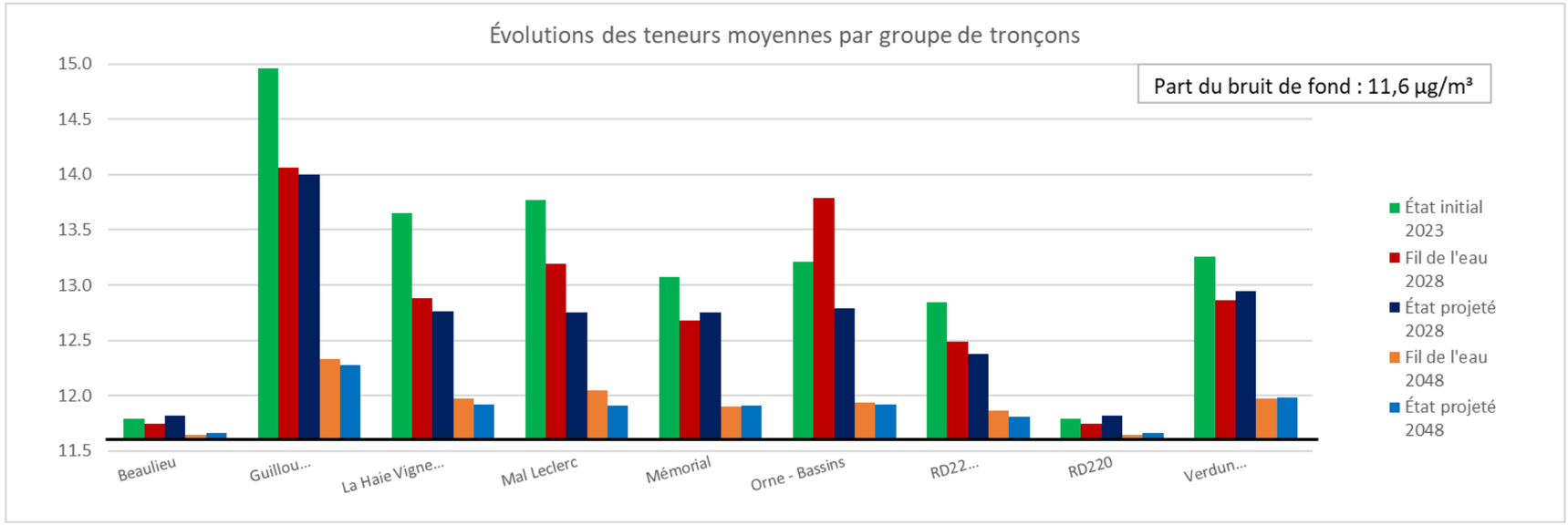
Les évolutions des surconcentrations moyennes montrent d'une part des évolutions assez disparates entre les groupes de tronçons :

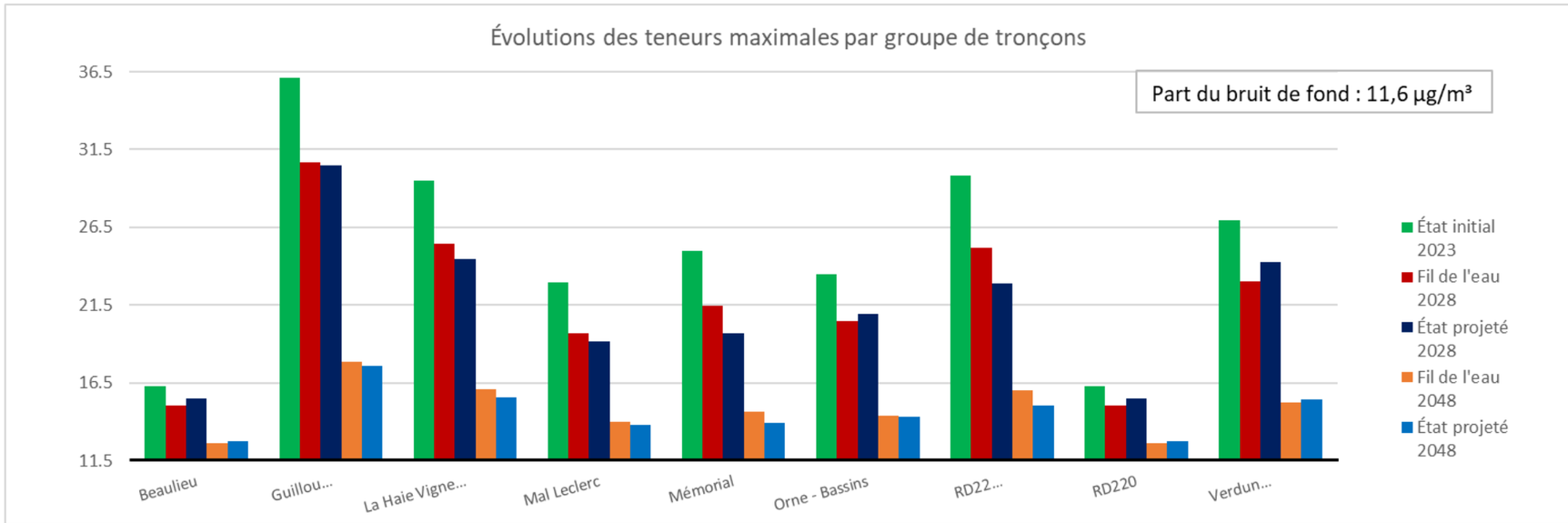
- Diminution entre l'État initial 2023 et les autres scénarios pour tous les groupes, à l'exception :
  - Des groupes Beaulieu et RD220 pour lesquels les surconcentrations moyennes sont sensiblement identiques quel que soit le scénario considéré ;
  - Le groupe Orne – Bassins pour lequel les surconcentrations au Fil de l'eau 2028 sont plus élevées ;
- Diminution entre l'horizon 2028 et l'horizon 2048, sans et avec projet, pour tous les groupes de tronçons ;
- Évolution différenciée entre le Fil de l'eau 2028 et l'État projeté 2028 :
  - Faible à très faible diminution pour les groupes Guillou - Detolle – Bayeux, La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu, Maréchal Leclerc, Orne – Bassins et RD22 - La Folie Couvrechef - Le Chemin Vert ;
  - Très faible augmentation pour les groupes Beaulieu, Mémorial, RD220 et Verdun - Château – Plaisance ;
- Évolution différenciée entre le Fil de l'eau 2048 et l'État projeté 2048 :
  - Très faible diminution pour les groupes Guillou - Detolle – Bayeux, La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu, Maréchal Leclerc et Orne – Bassins ;
  - Pas d'évolution significative pour les groupes Beaulieu, Mémorial, RD22 - La Folie Couvrechef - Le Chemin Vert, RD220 et Verdun - Château – Plaisance.

Ce diagramme montre également que les surconcentrations moyennes sont assez homogènes entre les différents groupes.

Les évolutions des surconcentrations maximales présentent des orientations sensiblement similaires aux les concentrations moyennes mais avec des valeurs beaucoup plus marquées : les diminutions des surconcentrations maximales sont effectives et très remarquables entre les horizons 2023, 2028 et 2048. Il en est de même pour les situations sans et avec projet, pour lesquelles les écarts observés sont plus importants que pour les surconcentrations moyennes. Plus précisément, les écarts entre les groupes consistent en :

- Diminution entre l'État initial 2023 et les autres scénarios pour tous les groupes ;
- Diminution faible à forte entre l'horizon 2028 et l'horizon 2048, sans et avec projet, pour tous les groupes de tronçons ;
- Évolution différenciée entre le Fil de l'eau 2028 et l'État projeté 2028 :
  - Très faible diminution pour les groupes Guillou - Detolle – Bayeux, La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu, Maréchal Leclerc, Mémorial et RD22 - La Folie Couvrechef - Le Chemin Vert ;
  - Très faible augmentation pour les groupes Beaulieu, Orne – Bassins, RD220 et Verdun - Château – Plaisance ;
- Évolution différenciée entre le Fil de l'eau 2048 et l'État projeté 2048 :
  - Très faible diminution pour les groupes Guillou - Detolle – Bayeux, La Haie Vigne - Mairie - La Grâce de Dieu, Maréchal Leclerc, Mémorial et RD22 - La Folie Couvrechef - Le Chemin Vert ;
  - Pas d'évolution significative pour le groupe Orne – Bassins ;
  - Très faible augmentation pour les groupes Beaulieu, RD220 et Verdun - Château – Plaisance.


Évolutions des teneurs moyennes par groupe de tronçons
Part du bruit de fond : 11,6 µg/m³
15.0
14.5
14.0
13.5
13.0
12.5
12.0
11.5
Beaulieu
Guillou...
La Haie Vigne...
Mal Leclerc
Mémorial
Orne - Bassins
RD22...
RD220
Verdun...
État initial 2023
Fil de l'eau 2028
État projeté 2028
Fil de l'eau 2048
État projeté 2048


Évolutions des teneurs maximales par groupe de tronçons
Part du bruit de fond : 11,6 µg/m³
36.5
31.5
26.5
21.5
16.5
11.5
Beaulieu
Guillou...
La Haie Vigne...
Mal Leclerc
Mémorial
Orne - Bassins
RD22...
RD220
Verdun...
État initial 2023
Fil de l'eau 2028
État projeté 2028
Fil de l'eau 2048
État projeté 2048

Comparaison aux normes de qualité de l'air

Aucune des teneurs maximales en dioxyde d'azote, PM10 et PM2,5 ne dépasse la valeur limite réglementaire de 40 µg/m³ (dioxyde d'azote et PM10) ou de 25 µg/m³ (PM2,5), quel que soit le scénario.

Ainsi, la réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer ne sera pas à l'origine de dépassements des normes de la qualité de l'air.

À titre indicatif, aucune des concentrations maximales en dioxyde d'azote et PM2,5 ne respecte les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), à savoir 10 µg/m³ pour le dioxyde d'azote et 5 µg/m³ pour les PM2,5. Les valeurs de fond sont, à elles seules, déjà en dépassement.

Les concentrations maximales en PM10 présentent un dépassement, du fait d'une valeur de fond proche de la valeur recommandée par l'OMS.

À titre indicatif également, aucune des concentrations maximales en PM2,5 ne respecte les futures Valeurs limites européennes à atteindre au 1er janvier 2030, adoptées par le Parlement européen le 24 avril 2024 (en attente du vote du Conseil européen), à savoir 10 µg/m³. Les valeurs de fond des PM2,5 représentent, à elles seules, 88 % de la future Valeur limite.

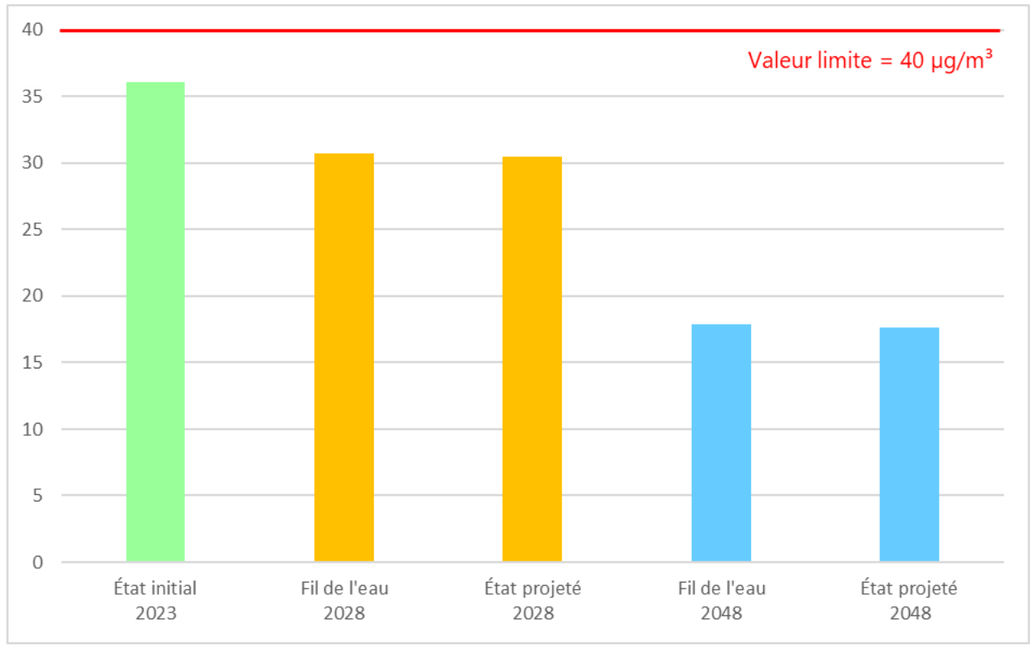
Les concentrations maximales en dioxyde d'azote pour l'état initial 2023 et pour l'horizon 2028 (sans et avec réalisation du projet) ne respectent pas la future valeur limite européenne de 20 µg/m³. En revanche, cette valeur limite est respectée pour l'horizon 2048 (sans et avec réalisation du projet).

Par ailleurs, les concentrations moyennes en PM10 respectent toutes la future valeur limite européenne de 20 µg/m³.

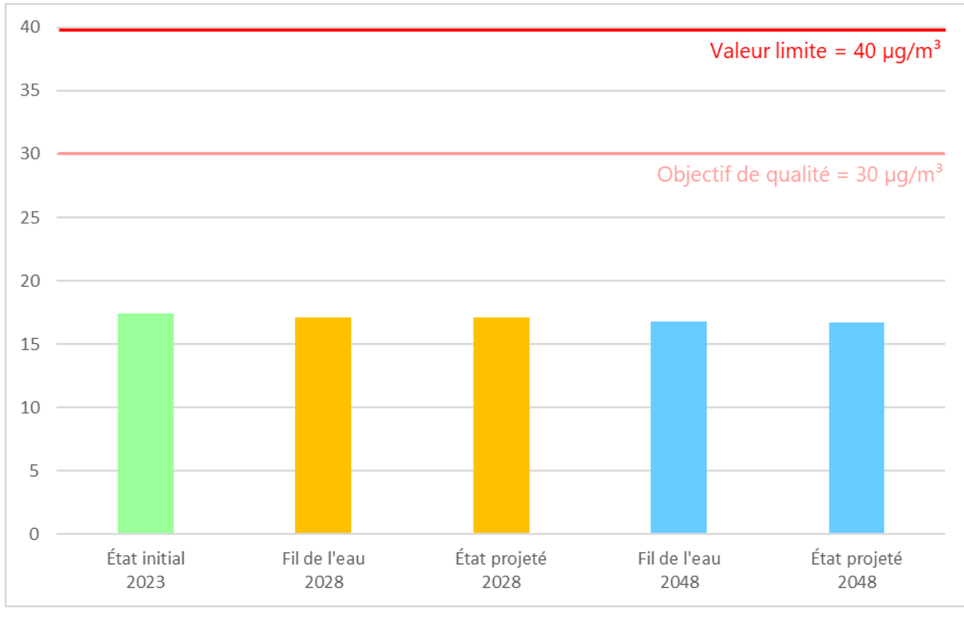
		Valeurs limites	État initial 2023	Fil de l'eau 2028	État projeté 2028	Fil de l'eau 2048	État projeté 2048	dont teneur de fond	***Recommandations OMS***	***Valeurs limites attendues UE***
			Teneur maximale	Teneur maximale	Teneur maximale	Teneur maximale	Teneur maximale			
Dioxyde d'azote	***µg/m³***	***40***	36.1	30.7	30.5	17.9	17.6	*11.6*	***10***	***20***
PM10	***µg/m³***	***40***	17.4	17.1	17.1	16.8	16.7	*13.7*	***15***	***20***
PM2,5	***µg/m³***	***25***	11.3	11.0	10.9	10.6	10.5	*8.8*	***5***	***10***

Source : Egis

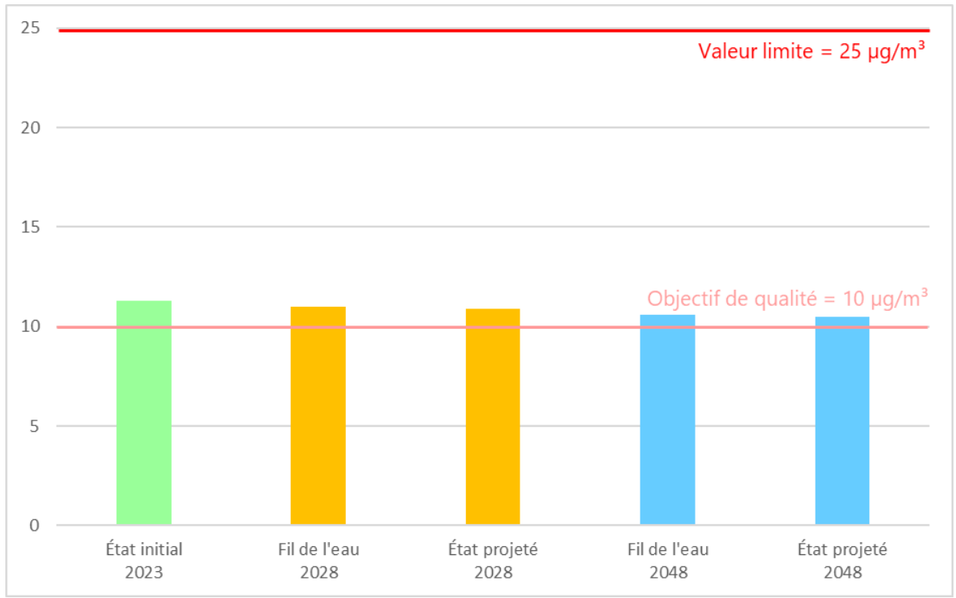
Comparaison aux normes de la qualité de l'air (source : Egis)



Teneurs maximales en dioxyde d'azote (source : Egis)



Teneurs maximales en PM10 (source : Egis)



Teneurs maximales en PM2,5 (source : Egis)

4.3.2.3. Synthèse de l'évaluation de l'impact du projet sur la qualité de l'air

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer a pour impact la diminution du kilométrage parcouru de l'ordre de -7 % et -12 % par rapport aux horizons sans projet, en 2028 et 2048.

L'évaluation des émissions du trafic routier aux différents horizons a été menée avec la méthodologie Copert 5.

Les évolutions des émissions en polluants sont cohérentes avec les évolutions du trafic routier dans la bande d'étude. Globalement, les émissions routières diminuent à l'État projeté par rapport à l'horizon Fil de l'eau (2028 et 2048) pour tous les polluants.

L'évaluation des impacts du projet sur la qualité de l'air a été menée avec le modèle de dispersion atmosphérique ADMS Roads.

Les évolutions des concentrations moyennes et maximales mettent en évidence la diminution progressive des surconcentrations liées au trafic routier pour les horizons 2023, 2028 et 2048 sans et avec la réalisation du projet. Cette diminution, liée à la part du bruit de fond importante pour le dioxyde d'azote et prépondérante pour les particules, est notable pour le dioxyde d'azote :

- Surconcentrations moyennes : 11 % en 2023, 8 % en 2028 et 2 à 3 % en 2048 ;
- Surconcentrations maximales : 68 % en 2023, 62 % en 2028 et 34 à 35 % en 2048.

Elle est moins perceptible pour les particules PM10 :

- Surconcentrations moyennes : 2 % en 2023 et 2028 et 1 à 2 % en 2048 ;
- Surconcentrations maximales : 21 % en 2023, 20 % en 2028, 18 % en 2048,

Ou les particules PM2,5 :

- Surconcentrations moyennes : 2 % en 2023 et 2028 et 1 % en 2048 ;
- Surconcentrations maximales : 22 % en 2023, 20 % en 2028 et 16 à 17 % en 2048.

Les évolutions des concentrations moyennes par groupes de tronçons montrent des évolutions différenciées, mais faibles à très faibles suivant les groupes de tronçons.

Ces évolutions montrent également que les teneurs moyennes sont assez homogènes entre les différents groupes.

Les évolutions des teneurs maximales présentent des orientations sensiblement similaires aux concentrations moyennes mais avec des valeurs beaucoup plus marquées. Il s'agit d'une diminution assez marquée pour le dioxyde d'azote :

- Sans projet : -15 % en 2028 et -41 % en 2048 ;
- Avec projet : -0,5 % en 2028 et -2 % en 2048.

La diminution est beaucoup moins nette pour les particules PM10 :

- Sans projet : -2 % en 2028 et en 2048 ;
- Avec projet : -0,2 % en 2028 et -0,9 % en 2048.

Ou les particules PM2,5 :

- Sans projet : -3 % en 2028 et en 2048 ;
- Avec projet : -0,2 % en 2028 et -0,8 % en 2048.

Au regard des résultats obtenus, les teneurs maximales en dioxyde d'azote, en PM10 et en PM2,5 respectent les valeurs limites réglementaires actuelles pour tous les horizons.

Ces teneurs maximales respectent aussi les futures valeurs limites européennes pour le dioxyde d'azote à l'horizon 2018 et pour les PM10 à tous les horizons. En revanche, elles dépassent les valeurs attendues pour le dioxyde d'azote aux horizons 2023 et 2028 et pour les particules PM2,5 à tous les horizons.

Ainsi, la réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer induira une réduction des concentrations moyennes et maximales en polluants, et ne sera pas à l'origine de dépassements des normes actuelles de la qualité de l'air.

Impact direct et indirect, permanent avant proposition de mesures : positif

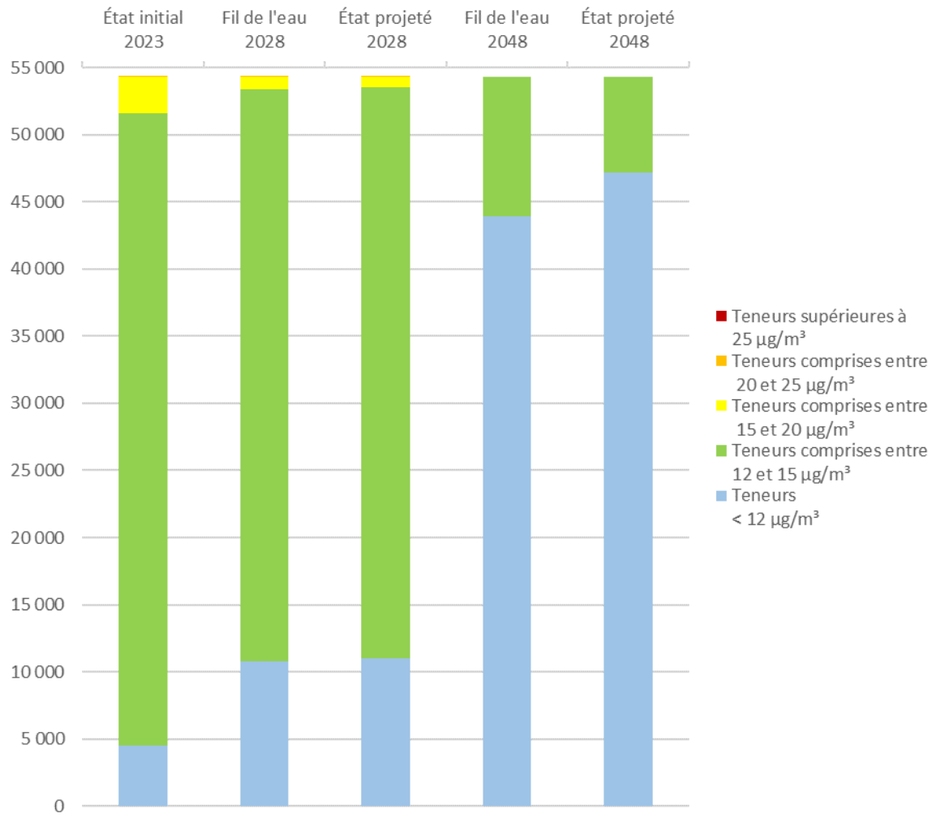
4.3.3. Effets en phase exploitation du projet sur l'exposition des populations

L'évaluation de l'impact du projet sur l'exposition des populations est réalisée par l'estimation d'un indicateur simplifié, **l'Indice Pollution Population (IPP)**. La méthodologie employée pour la détermination de l'IPP est présentée au chapitre 4.3 de la Partie 11 de l'actuelle étude impact.

Le présent chapitre présente détaille les résultats obtenus.

La population en 2020 située dans la bande d'étude s'établit à 54 335 habitants, soit respectivement 43 % de la population des 6 communes concernées par l'étude Air et santé de niveau II dédiée au projet d'extension du tramway de Caen la mer.

Les résultats de l'Indice Pollution Population du dioxyde d'azote sont présentés ci-dessous.



IPP du dioxyde d'azote dans la bande d'étude (source : Egis)

La proportion d'habitants impactée par des concentrations supérieures à 12 µg/m³ en dioxyde d'azote diminue entre l'État initial et les horizons au Fil de l'eau en cohérence avec les diminutions des teneurs de dioxyde d'azote dans la bande d'étude, à savoir de :

- -12,5 % entre l'État initial 2023 et le Fil de l'eau 2028 ;
- -76 % entre le Fil de l'eau 2028 et le Fil de l'eau 2048.

Entre les horizons Fils de l'eau et États projetés (2028 et 2048), les proportions d'habitants impactées par des concentrations en dioxyde d'azote supérieures à 12 µg/m³ diminuent avec la réalisation du projet :

- -1 % entre le Fil de l'eau 2028 et l'État projeté 2028 ;
- -31 % entre le Fil de l'eau 2048 et l'État projeté 2048.

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer a donc un effet positif sur l'exposition des populations.

Aucun habitant n'est impacté par des teneurs en dioxyde d'azote supérieures à 25 µg/m³. **A fortiori aucun habitant n'est impacté par des teneurs en dioxyde d'azote ne respectant pas la valeur limite réglementaire de 40 µg/m³, quel que soit l'horizon d'étude, avec et sans projet.**

Impact direct et indirect, permanent avant proposition de mesures : positif

4.3.4. Mesures

Les incidences permanentes sur la qualité de l'air étant positives, aucune mesure n'est définie.

4.4. NUISANCES ACOUSTIQUES ET SANTÉ

4.4.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

4.4.1.1. Effets

Un chantier est, par nature, une activité bruyante. On distingue le bruit lié au chantier lui-même (sur le site et en zone périphérique), du bruit lié aux transports vers le chantier.

Sur le site, le bruit provient notamment des véhicules utilitaires, du fonctionnement des moteurs, des engins chargés du terrassement et du dépôt des matériaux, du choc des matériaux entre eux, des groupes électrogènes, etc. Les niveaux sonores engendrés par le chantier peuvent atteindre des niveaux élevés, de l'ordre de 80 à 90 décibels (dB) à moins de 20 m. Il n'est pas prévu de travaux de nuit, sauf exceptionnellement.

Les périodes les plus productrices de bruit correspondront aux phases de terrassement. Les déplacements d'engins de chantier et quelques opérations spécifiques (sciage des rails, meulage des rails après pose, compactage d'enrobés, signaux sonores de sécurité des engins, ...) seront sources de nuisances sonores en phase travaux.

Compte tenu du contexte urbanisé du projet d'extension du tramway de Caen la mer, les nuisances sonores du chantier constitueront généralement une faible dégradation du cadre sonore pour les populations situées à proximité immédiate de la zone de projet.

Les nuisances seront plus marquées au niveau de certaines zones de passage du futur tramway qui sont actuellement caractérisées par une ambiance sonore calme. Ainsi, au niveau de la rue Damozanne, de la rue du Capitaine Boualam et de l'EPSM de Caen, les nuisances seront plus fortement ressenties (zone résidentielle, parc, zone hospitalière, etc.) en comparaison à d'autres secteurs aujourd'hui très circulés (boulevard Yves Guillou, boulevard Georges Pompidou, rue du Chemin Vert).

Parallèlement, des nuisances sonores seront également produites le long des itinéraires empruntés par les véhicules de transport des matériaux (trafic routier supplémentaire). Le trafic de camions de transport de matériaux augmentera temporairement les niveaux sonores le long des voies empruntées.

Étant donné qu'il faut un doublement du trafic pour générer une augmentation de 3 dB(A) du niveau sonore moyen mesuré et que le chantier est limité dans le temps, le trafic généré par le chantier n'aura pas d'influence majeure sur l'ambiance sonore locale et ne devrait en rien affecter la santé des riverains. Néanmoins, ces derniers percevront le passage des camions, ce qui constituera une nuisance.

De plus, les flux routiers pourront être déviés sur d'autres itinéraires durant les travaux. Ainsi, des riverains, habitués à un niveau sonore limité, pourront subir une augmentation de l'ambiance sonore environnante.

Impact direct et temporaire avant proposition de mesures : modéré

4.4.1.2. Mesures

Afin de réduire les nuisances acoustiques, plusieurs mesures sont définies :

- R2.1j – Dispositif de limitation des nuisances sur le cadre de vie en phase travaux : cette mesure présente en détails les dispositions prises par le maître d'ouvrage afin de limiter les nuisances acoustiques en phase travaux ;
- R3.1a – Adaptation de la période de travaux (calendrier et horaires) : l'objectif est de réduire autant que possible la gêne ressentie en travaillant le calendrier et les horaires des travaux ;
- R2.1z – Communication et information aux riverains et aux usagers des voiries impactées par les travaux : l'objectif de cette mesure est de prévenir les riverains afin d'avoir une meilleure acceptation des nuisances engendrées par le projet.

Ces mesures sont détaillées aux chapitres 2.3.5 et 4.8.1.

4.4.1.3. Effets résiduels

Les effets résiduels sur l'ambiance acoustique pendant les travaux sont considérés comme faibles.

Impact résiduel : faible

4.4.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

4.4.2.1. Effets

Une modélisation acoustique a été réalisée par le groupement CSTB-ORFEA Acoustique afin de déterminer l'impact sonore du futur tramway. La méthodologie de cette modélisation acoustique est spécifiée au chapitre 4.3 de la Partie 11 de la présente étude d'impact.

L'étude acoustique dans son intégralité est présentée en pièce C3 du présent dossier d'enquête publique.

- **Impact acoustique des modifications des infrastructures routières**

Le projet comprend des modifications d'infrastructures routières le long du tracé.

Dans le cas d'une modification d'infrastructure existante, les niveaux sonores maximum admissibles sont définis dans l'arrêté du 5 mai 1995 et précisés par la circulaire du 12 décembre 1997.

Pour qu'il soit nécessaire réglementairement de prévoir des protections acoustiques, il faut donc que deux conditions soient réunies :

- Le projet engendre une modification significative de l'ambiance sonore sur au moins une des deux périodes jour ou nuit ;

Et

- Les niveaux sonores en situation projet sont supérieurs aux seuils réglementaires sur au moins une des deux périodes jour ou nuit.

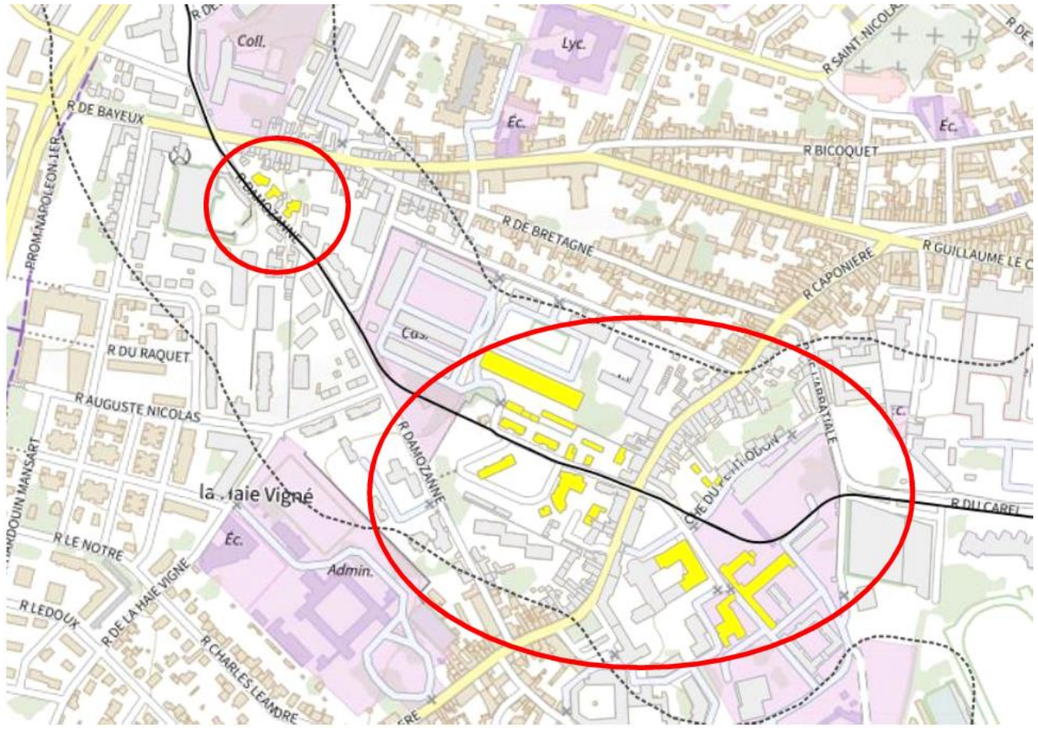
Conformément à la réglementation, dans les secteurs modifiés par le projet, les bâtiments dont les niveaux sonores en façade augmentent de plus de 2 dB(A) à terme, traduisent le caractère dit « significatif » de la transformation de l'infrastructure routière.

Une simulation acoustique aux horizons 2028 (mise en service) et 2048 (20 ans après mise en service), sans et avec la réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer, a été réalisée.

En comparant les niveaux sonores selon les horizons avec et sans projet, il en ressort que deux secteurs répondent aux critères de transformation significative :

- La rue Damozanne ;
- La rue du Capitaine Boualam et l'allée Père Jamet jusqu'à la rue du Carel.

Ces secteurs sont identifiés sur la vue aérienne ci-contre (les bâtiments présentant une augmentation de plus de 2 dB(A) sont colorés en jaune).



Secteurs concernés par une augmentation de plus de 2 dB(A) du fait de la réalisation du projet (source : CSTB-ORFEA Acoustique)

Sur les deux secteurs concernés par une augmentation du niveau sonore de plus de 2 dB(A), les niveaux sonores de trois bâtiments situés rue Damozanne risquent à terme de dépasser les seuils règlementaires fixés par l'arrêté du 5 mai 1995.

Ce risque de dépassement des seuils réglementaires est majoritairement imputable à la modification du tracé de la rue Damozanne qui va légèrement se rapprocher de ces bâtiments dans ce secteur (le bruit émis par la circulation routière y est prépondérant par rapport au bruit émis par le tramway).

Ces trois bâtiments sont identifiés en rouge sur le plan en page suivante.

.

ÉTUDE D'IMPACT ACOUSTIQUE DANS LE CADRE DE LA RÉALISATION DE LA LIGNE EST-OUEST DU TRAMWAY DE CAEN LA MER (14)



ORFEA
Cabinet de management de l'acoustique
transamo
À VOS CÔTÉS



Planche n°1/2

Niveaux sonores des bâtiments

Bâtiment
- 1 Non conforme
- Conforme

- Tracé de la future ligne
- Zone d'étude

20 40 m

Réalisation : ORFEA Acoustique - avr. 2024
Sources : IGN, Transamo

Le tableau ci-après présente les niveaux sonores maximaux de ces bâtiments (calculés 2 m en avant des façades) selon les différents horizons d'étude (2028 et 2048).

		Sans Projet				Avec Projet				Transformation significative (écart de plus de 2 dB(A))						Objectifs		Conformité réglementaire
		2028		2048		2028		2048		2028 avec projet - 2028 sans projet		2048 avec projet - 2048 sans projet		2048 avec projet - 2028 sans projet				
ID	Destination	LAeq Jour	LAeq Nuit	LAeq Jour	LAeq Nuit	LAeq Jour	LAeq Nuit	LAeq Jour	LAeq Nuit	Δ Jour	Δ Nuit	Δ Jour	Δ Nuit	Δ Jour	Δ Nuit	Jour	Nuit	
1	Résidentiel	62,6	53,7	62,8	53,8	64,4	56,0	64,8	56,3	1,8	2,3	2,0	2,5	2,2	2,6	62,6	55,0	NON
2	Résidentiel	62,4	53,4	62,5	53,5	63,5	55,2	64,0	55,5	1,1	1,8	1,5	2,0	1,6	2,1	62,4	55,0	NON
3	Résidentiel	61,7	52,6	61,8	52,7	62,6	54,4	63,0	54,7	0,9	1,8	1,2	2,0	1,3	2,1	61,7	55,0	NON
4	Commercial	62,1	53,0	62,2	53,1	63,2	55,0	63,6	55,3	1,1	2,0	1,4	2,2	1,5	2,3	62,1	55,0	OUI

Sur la base d'une simulation informatique de propagation sonore, calée sur des mesures in-situ, réalisée suivant les horizons 2028, l'étude a permis de mettre en évidence que **les impacts acoustiques du projet sont globalement peu significatifs à l'exception de quelques zones isolées**.

Impact direct et permanent, avant proposition de mesures : faible

4.4.2.2. Mesures

Afin de réduire les nuisances sonores en phase d'exploitation, les mesures suivantes sont proposées :

- R2.2b – Protection des bâtiments en dépassement de seuils - mise en place de protections acoustiques par isolation de façade ;
- R2.2b – Réduction des gênes sonores liées aux crissements du tramway (bruits émergents)

Ces mesures sont détaillées au chapitre 4.8.2.

4.4.2.3. Effets résiduels

Les effets résiduels par rapport aux nuisances acoustiques en phase d'exploitation sont considérés comme négligeables.

Impact résiduel : négligeable

4.5. VIBRATIONS

4.5.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

4.5.1.1. Effets

La réalisation de certains travaux peut générer des vibrations préjudiciables pour les riverains. Compte tenu des travaux à réaliser, ces phénomènes devraient être limités et très localisés. Les travaux de démolition, de découpage de béton, ou toutes opérations susceptibles de générer des vibrations, resteront de faible durée.

L'augmentation du trafic de camions de transport de matériaux augmentera temporairement les vibrations le long des voies empruntées, ce qui pourrait être gênant pour les riverains et pour les personnes habitant le long des infrastructures routières empruntées par ces camions.

Impact direct et temporaire avant proposition de mesures : faible

4.5.1.2. Mesures

Afin de réduire les nuisances liées aux vibrations, les mesures suivantes sont définies :

- R2.1j – Dispositif de limitation des nuisances sur le cadre de vie en phase travaux : cette mesure présente les dispositions prises par le maître d'ouvrage afin de limiter les nuisances liées aux vibrations en phase travaux ;
- R3.1a – Adaptation de la période de travaux (calendrier et horaires) : l'objectif est de réduire autant que possible la gêne ressentie en travaillant le calendrier et les horaires des travaux ;
- R2.1z – Communication et information aux riverains et aux usagers des voiries impactées par les travaux : l'objectif de cette mesure est de prévenir les riverains afin d'avoir une meilleure acceptation des nuisances engendrées par le projet.

Ces mesures sont détaillées aux chapitres 2.3.5. et 4.8.1.

4.5.1.3. Effets résiduels

Les effets résiduels par rapport aux nuisances liées aux vibrations pendant les travaux sont considérés comme négligeables.

Impact résiduel : négligeable

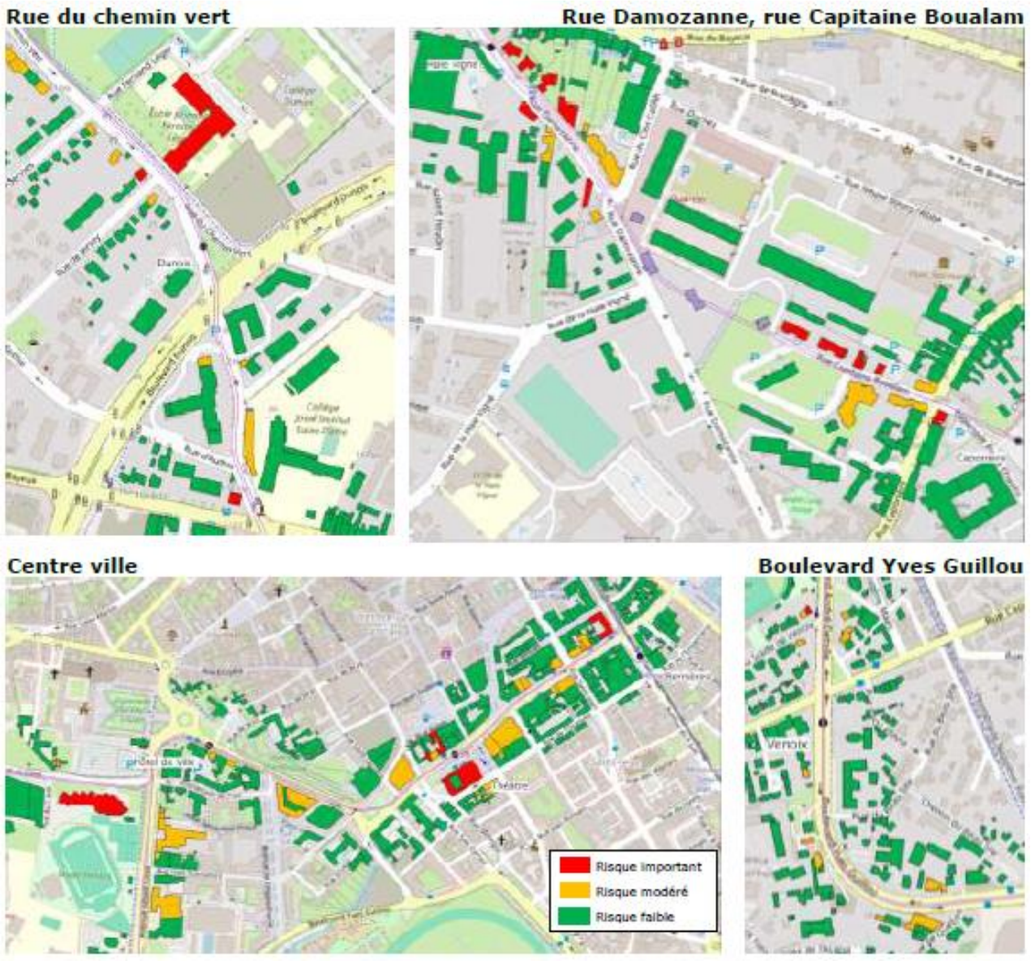
4.5.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

4.5.2.1. Effets

Une modélisation vibratoire a été réalisée par le groupement CSTB-ORFEA Acoustique afin de déterminer l'impact vibratoire du projet de tramway de Caen la mer. La méthodologie de cette modélisation vibratoire est spécifiée au chapitre 4.3 de la Partie 11 de la présente étude d'impact.

L'étude vibratoire dans son intégralité est présentée en pièce C3 du présent dossier d'enquête publique.

Les principales zones où le risque d'impact vibratoire est important présentées ci-dessous :



Principales zones où le risque d'impact vibratoire lié au passage du tramway est important (source : CSTB-ORFEA Acoustique)

Les locaux considérés comme spécifiquement sensibles aux vibrations sont le Théâtre, le Conservatoire (auditorium, salle de jazz, salle de danse), le centre chorégraphique national de Caen en Normandie et le Pôle d'analyses et de recherche interdépartemental de Normandie LABEO.

4.5.2.2. Mesures

Afin de réduire les nuisances vibratoires en phase d'exploitation, la mesure suivante est proposée :

- R2.2b - Pose de voies anti-vibratiles au droit de la plateforme de tramway

Cette mesure est détaillée au chapitre 4.8.2.

4.5.2.3. Effets résiduels

Les effets résiduels par rapport aux nuisances liées aux vibrations en phase exploitation sont considérés comme négligeables.

Impact résiduel : négligeable

4.6. ÉMISSIONS LUMINEUSES

4.6.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

4.6.1.1. Effets

Même si la majorité des travaux sera réalisée de jour, le chantier est susceptible de générer une pollution lumineuse ponctuelle durant certaines phases de travaux de nuit. Les travaux de nuit sont ponctuels afin de réaliser des opérations difficilement faisables de jour (lorsque le tramway ne circule pas et pour éviter des impacts trop forts sur la circulation routière). L'éclairage sera toutefois limité à des besoins ponctuels.

Impact direct et temporaire avant proposition de mesures : faible

4.6.1.2. Mesures

Afin de réduire les effets liés aux émissions lumineuses, la mesure suivante est définie :

- R2.1j – Dispositif de limitation des nuisances sur le cadre de vie en phase travaux : cette mesure présente les dispositions prises par le maître d'ouvrage afin de limiter les nuisances liées aux émissions lumineuses.

Cette mesure est détaillée au chapitre 2.3.5.

4.6.1.3. Effets résiduels

Les effets résiduels par rapport aux émissions lumineuses pendant les travaux sont considérés comme négligeables.

Impact résiduel : négligeable

4.6.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

4.6.2.1. Effets

L'aménagement d'espaces publics urbains est accompagné, pour des raisons de signalisation ou de sécurité, de l'installation de dispositifs d'éclairage public. Ceci est susceptible de modifier notablement l'ambiance lumineuse nocturne dans des zones ne possédant pas de tels dispositifs. Cette modification peut avoir des effets plus ou moins sensibles vis-à-vis du milieu naturel et des habitations riveraines, selon le contexte dans lequel s'inscrivent les aménagements.

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer s'accompagnera de la mise en place d'éclairage public. L'éclairage sera conçu de façon ciblée sur les usages, notamment les modes doux, pour éviter tout éclairage inutile, en particulier sur les espaces naturels ou d'habitation. L'ensemble des dispositifs qui seront utilisés dans le cadre de ce projet sera conforme à ce qui est couramment mis en place en éclairage public urbain.

Impact direct et temporaire avant proposition de mesures : faible

4.6.2.2. Mesures

Afin de réduire les nuisances lumineuses en phase d'exploitation, la mesure suivante est proposée :

- R2.2b – Dispositif de limitation des nuisances lumineuses en phase d'exploitation

Cette mesure est détaillée au chapitre 4.8.2.

4.6.2.3. Effets résiduels

Les effets résiduels par rapport aux émissions lumineuses en phase d'exploitation sont considérés comme négligeables.

Impact résiduel : négligeable

4.7. NUISANCES OLFACTIVES

4.7.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

4.7.1.1. Effets

Les travaux ne sont pas susceptibles de créer des nuisances olfactives notables. Seule la pose des enrobés est source de nuisance olfactive et génère une gêne ponctuelle pour les riverains.

En raison de la proximité des habitations avec le chantier, ces nuisances olfactives sont à prendre en considération, mais restent toutefois limitées à l'environnement immédiat du chantier.

Impact direct et temporaire avant proposition de mesures : négligeable

4.7.1.2. Mesures

Aucune mesure de réduction relative à cette thématique n'est nécessaire.

4.7.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

4.7.2.1. Effets

Le projet ne sera pas à l'origine d'émissions olfactives.

Impact direct et temporaire avant proposition de mesures : nul

4.7.2.2. Mesures

Les incidences permanentes concernant les émissions olfactives étant nulles, aucune mesure n'est définie.

4.8. PRÉSENTATION DES MESURES RELATIVES À LA POPULATION ET À LA SANTÉ HUMAINE

4.8.1. En phase travaux

4.8.1.1. R3.1a – Adaptation de la période de travaux (calendrier et horaires) (hors enjeux liés au milieu naturel)

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Adaptation de la période de travaux (calendrier et horaires) (hors enjeux liés au milieu naturel)	**Code mesure : R31a**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase :** Études - Avant-Projet
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

- ☑ **Faune et flore**
- ☑ **Bruit & vibrations**
- ☑ **Eau**
- ☑ **Patrimoine culturel et archéologique**
- ☐ Facteurs climatiques
- ☐ Autres pollutions/ nuisances
- ☐ Sites et paysages
- ☑ **Population**
- ☑ **Habitats Naturels**
- ☑ **Continuités écologiques**
- ☑ **Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs**
- ☐ Air
- ☐ Sol
- ☑ **Biens matériels**
- ☑ **Activités économiques**
- ☐ Risques technologiques

Description de la mesure

Afin de minimiser la gêne occasionnée aux riverains et aux usagers des voiries, et de coordonner les interventions sur le domaine public, le calendrier prévisionnel des travaux sera communiqué.

Le phasage des travaux, ainsi que leur organisation ultérieure, seront programmés pour maintenir de façon optimale l'usage du domaine public que ce soit en termes de circulation automobile, de circulation des transports en commun, de circulation piétonne et cycliste, de stationnement, d'accès riverains, de services de secours, de ramassage des ordures ménagères, etc.

Le choix de la période des travaux tiendra notamment compte :

- Des conditions météorologiques, en évitant les périodes de fortes pluies, d'hautes eaux et de crues potentielles, qui peuvent être de nature à générer des départs de matières en suspension (MES) vers les eaux superficielles ;
- Des périodes d'ouverture et de fréquentation des sites recevant du public situés à proximité du chantier (stade d'Ornano, palais des sports, Zénith, parc des expositions par exemple) ;
- Des périodes de pics de pollution, en réalisant par exemple des arrêts momentanés des travaux ;
- Des cumuls d'impacts potentiels avec d'autres projets réalisés à proximité du chantier (gestion du trafic d'engins de chantier, etc.)

Les travaux seront limités à certaines plages horaires (jours ouvrables et limitation des interventions nocturnes). L'Entreprise réglementera les horaires de travaux bruyants lorsque ceux-ci se déroulent à proximité d'habitations. En effet, les horaires du chantier seront régis de manière à minimiser les

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Adaptation de la période de travaux (calendrier et horaires) (hors enjeux liés au milieu naturel)	**Code mesure : R31a**

effets des nuisances acoustiques et des vibrations sur le voisinage. Notamment, les travaux seront réalisés de jour, sauf cas particulier : impératif technique, retard, etc.

Les horaires de la journée de travail respectent les lois et règlements en vigueur. Toute dérogation devra être instruite.

D'une manière générale, les entrepreneurs éviteront les déplacements d'engins et les embauches de personnel aux heures de grande affluence.

À proximité de certains lieux ou établissements sensibles (écoles, crèches, établissements médicaux, etc.…), des interruptions des activités bruyantes à certaines heures peuvent être demandées, sans que cela puisse compromettre le respect du planning.

Les riverains et les commerces seront avisés en amont des plannings prévisionnels des chantiers qui s'ouvriront devant chez eux.

Le coût de la mesure est intégré au coût global des prestations de travaux.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Mise en place d'un calendrier de travaux. Le calendrier est construit en fonction des spécificités du présent projet, notamment en tenant compte des enjeux locaux.

Définition précise des modalités de chantier.

Communication des périodes de travaux et coordination avec les opérations connexes.

Modalités de suivi de la mesure

Vérification du respect des prescriptions et engagements.

Suivi du planning et des horaires des travaux à l'aide d'un tableau de suivi des périodes de travaux.

egis

4.8.1.2. R2.1j – Plan de circulation en phase travaux

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Plan de circulation en phase travaux	**Code mesure : R21j**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase : Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

- ☐ Faune et flore
- ☑ **Bruit & vibrations**
- ☐ Eau
- ☑ **Patrimoine culturel et archéologique**
- ☐ Facteurs climatiques
- ☐ Autres pollutions/ nuisances
- ☑ **Sites et paysages**
- ☑ **Population**
- ☐ Habitats Naturels
- ☐ Continuités écologiques
- ☑ **Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs**
- ☐ Air
- ☐ Sol
- ☑ **Biens matériels**
- ☑ **Activités économiques**
- ☐ Risques technologiques

Description de la mesure

Les mesures de réduction de l'impact du projet sur les activités et équipements, en phase travaux, consistent tout d'abord à permettre aux activités concernées et notamment aux commerces, un fonctionnement le plus proche possible de l'existant quant aux circulations, accès piétons et autres composantes des déplacements.

Les interactions du projet avec la voirie routière sont nombreuses sur l'ensemble du linéaire de projet. Les mesures seront prises en concertation avec les services de Caen la mer afin de mettre en place un plan de circulation associé aux travaux qui précisera les itinéraires de substitution et la signalétique adaptée.

Le phasage des travaux, ainsi que leur organisation ultérieure, seront programmés pour maintenir de façon optimale l'usage du domaine public que ce soit en termes de circulation automobile, de circulation des transports en commun, de circulation piétonne et cycliste, de stationnement, d'accès riverains, de services de secours, de ramassage des ordures ménagères, etc. Des aménagements de voies par lesquelles sera déviée provisoirement la circulation des bus et des voitures pourront être mis en place pendant les travaux (rectification des carrefours, reprise de bordures, de caniveaux, modification des signalisations, etc.).

L'organisation des travaux garantira l'accessibilité aux équipements, commerces et logements situés aux abords immédiats du projet dans les meilleures conditions de sécurité.

Les cheminements pour piétons seront aménagés dans un environnement sécuritaire.

Des actions de communication et de sensibilisation auprès du public et des riverains seront mises en place. Des agents de proximité assureront le lien entre les riverains et le chantier.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Plan de circulation en phase travaux	**Code mesure : R21j**



Exemple de rétablissement des accès (source : Egis)

Le coût de la mesure est intégré au coût global des prestations de travaux.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Mise en place d'un plan de circulation des riverains.

Le plan de circulation est construit de façon à maintenir l'accès aux équipements, commerces et logements situés aux abords du chantier.

Communication (assurée par des agents de proximité notamment).

Modalités de suivi de la mesure

Vérification du respect des prescriptions et engagements.

egis

4.8.1.3. R2.1z – Communication et information aux riverains et aux usagers des voiries impactées par les travaux

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Communication et information aux riverains et aux usagers des voiries impactées par les travaux	**Code mesure : R21z**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase : Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

- ☐ Faune et flore
- ☐ Sites et paysages
- ☑ **Air**
- ☑ **Bruit & vibrations**
- ☑ **Population**
- ☐ Sol
- ☐ Eau
- ☐ Habitats Naturels
- ☑ **Biens matériels**
- ☐ Patrimoine culturel et archéologique
- ☐ Continuités écologiques
- ☑ **Activités économiques**
- ☐ Facteurs climatiques
- ☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs
- ☐ Risques technologiques
- ☑ **Autres pollutions/ nuisances**

Coût estimatif : 500 000 € HT

Description de la mesure

L'expérience en termes de nuisances sonores et vibratoires des chantiers montre qu'une information préalable des collectivités et des riverains associés à une communication durant tout le déroulement du chantier permet une meilleure acceptation des nuisances sonores engendrées.

Afin de minimiser la gêne occasionnée aux riverains et aux usagers des voiries, et de coordonner les interventions sur le domaine public, des actions de communication et de sensibilisation seront donc mises en place. Des agents de proximité assureront le lien entre les riverains et le chantier.

Les riverains seront avisés des plannings prévisionnels des chantiers qui s'ouvriront devant chez eux, de leur organisation pratique, des dispositions prises pour garantir le maintien des diverses fonctions de l'espace public : conservation des circulations générales, accès aux commerces, aux logements, aux garages, etc.

Les riverains recevront une information sur l'ensemble du dispositif de communication et d'écoute qui sera mis en place durant la période des travaux, et plus particulièrement sur les moyens mis à leur disposition pour apporter des solutions aux difficultés qui pourraient survenir du fait des travaux ou de la présence du chantier. Une information sera dispensée aux riverains, afin de les avertir spécifiquement des nuisances acoustiques liées au déroulement du chantier.

L'ensemble des supports de communication traditionnels dans l'agglomération caennaise sera mis en œuvre (presse, campagnes d'informations, brochures, réunions, site internet, etc.).

Des panneaux de signalisation et d'information du public et des riverains seront installés et adaptés à tous les mouvements de véhicules et évolutifs, afin de tenir compte de l'avancement des travaux. Le phasage de travaux fera l'objet d'une signalisation spécifique pour assurer des conditions de déplacement satisfaisantes durant les travaux (alternatives, etc.)

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Communication et information aux riverains et aux usagers des voiries impactées par les travaux	**Code mesure : R21z**

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Définition précise des modalités de chantier.

Informations des riverains sur les périodes de travaux.

Cette mesure sera suivie par un coordonnateur en matière de sécurité et de protection de la santé.

Avant leur mise en œuvre, ainsi que pour chacune des redéfinitions, la localisation des périmètres interdits au public, ainsi que la durée estimée de leur implantation seront notifiées via des réunions d'information, ainsi que sur les tableaux d'information du chantier.

Les dispositifs de communication mis en place sont temporaires et seront retirés à la fin du chantier.

Modalités de suivi de la mesure

Réunions de coordination de chantier animée par la maîtrise d'œuvre avec les entreprises de travaux.

Compte-rendu de suivi de chantier, avec tableau de bord recensant les actions de communication menées par les entreprises.

Maintien et suivi du registre de questions / réponses du site internet dédié au projet.

Contrôles inopinés des émissions sonores, notamment en cas de plaintes de riverains.

egis

4.8.2. En phase exploitation

4.8.2.1. R2.2b – Mise en place de protections acoustiques par isolation de façade

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Mise en place de protections acoustiques par isolation de façade	**Code mesure : R22b**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase : Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : Caen la mer	

Cible(s) de la mesure :

☐ Faune et flore	☐ Sites et paysages	☐ Air
☑ **Bruit & vibrations**	☐ Population	☐ Sol
☐ Eau	☐ Habitats Naturels	☐ Biens matériels
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☐ Continuités écologiques	☐ Activités économiques
☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques
☐ Autres pollutions/ nuisances		

Liens avec d'autres mesures : Sans objet

Coût estimatif	9 000 € HT
Période de mise en œuvre	Exploitation

Description de la mesure

Au regard de la situation des bâtiments à protéger, seule une protection par isolation de façade peut être mise en œuvre.

Trois bâtiments situés le long de la rue Damozanne sont concernés.

D'après la réglementation, seules les pièces de vie bénéficient des traitements de façade. Les salles de bain, toilettes, greniers et garages sont exclus.

Ce traitement demande une connaissance simultanée de l'intérieur et de l'extérieur de chaque bâtiment. Pour un indice d'isolement donné, il implique le traitement :

- des ouvertures (portes, fenêtres, etc),
- des bouches d'aération,
- des coffres de volets roulants.

L'isolement acoustique d'un bâtiment contre les bruits extérieurs est déterminé par la formule :

DnAT = (niveau sonore calculé en façade) - (objectif de protection acoustique) + 25 [dB(A)]

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Mise en place de protections acoustiques par isolation de façade	**Code mesure : R22b**

DnAT représente l'isolement acoustique d'un bâtiment contre les bruits extérieurs. Il correspond à la différence mesurée entre les niveaux sonores à l'extérieur et à l'intérieur d'une habitation, selon la norme française NF S 31 057. Il est exprimé en dB(A).

Quand l'application de cette règle conduit effectivement à des travaux, l'isolement résultant ne devra pas être inférieur à 30 dB(A).

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Sont néanmoins à considérer les remarques suivantes :

- Les travaux à réaliser en fonction de l'objectif d'isolement seront déterminés par un bureau d'études spécialisé, à la suite du diagnostic acoustique du bâti (description technique et mesures d'isolement de façade) ;
- Pour donner suite aux travaux, la réception acoustique (mesure de l'isolement de façade) permettra de garantir l'atteinte des objectifs fixés ;
- Plusieurs études montrent que l'amélioration du confort acoustique est ressentie pour un gain d'isolement supérieur à 5 dB(A) ;
- La ventilation du bâtiment sera prise en compte car elle sera modifiée par le traitement acoustique (meilleure étanchéité). Cela impliquera éventuellement la mise en place d'une VMC (Ventilation Mécanique Contrôlée) ;
- Suivant la situation géographique, il pourra être nécessaire de considérer le confort thermique (installation d'une climatisation) ;
- Le traitement de façade permettra aussi de protéger contre les autres sources de bruit.

Dans tous les cas un diagnostic acoustique sera réalisé pour vérifier l'isolement actuel au regard des objectifs de protection (travaux de menuiserie récents par exemple) ou la destination des pièces, et ainsi définir la consistance des travaux et le coût réel des travaux de protection.

Calendrier de réalisation (mois favorable) : Après mise en service du projet.

Modalités de suivi de la mesure

La réalisation de mesures acoustiques après mise en service, le long du tracé en des points stratégiques, permettra, au préalable, de vérifier les niveaux sonores en façade et ainsi confirmer l'exposition des bâtiments (dépassement des seuils acoustiques réglementaires) et éventuellement actualiser l'objectif d'isolement.

Localisation de la mesure

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Mise en place de protections acoustiques par isolation de façade	**Code mesure : R22b**



egis

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Réduction des gênes sonores liées aux crissements du tramway (bruits émergents)	**Code mesure : R22b**

☐ Autres pollutions/ nuisances

Description de la mesure

En phase de conception du projet, les risques de crissements liés à la circulation des tramways a été pris en compte. Ces crissements pouvant notamment avoir lieu dans les périodes de changement des conditions météorologiques. Dans les courbes des voies de tramway, des rayons supérieurs à 50 mètres ont été considérés, sauf exceptions.

En phase d'exploitation, le dispositif de graissage du rail par le matériel roulant sera reconduit, tel qu'il est actuellement réalisé sur les lignes de tramway existantes.

Le coût de la mesure est intégré au coût global des prestations d'exploitation du réseau de transports en commun.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Suivi par l'exploitant du réseau de tramway du bon fonctionnement du système de graissage et application complémentaire de graisse dans les zones concernées par d'éventuels crissements.

egis

4.8.2.2. R2.2b – Réduction des gênes sonores liées aux crissements du tramway (bruits émergents)

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Réduction des gênes sonores liées aux crissements du tramway (bruits émergents)	**Code mesure : R22b**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase : Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

☐ Faune et flore	☐ Sites et paysages	☐ Air
☑ **Bruit & vibrations**	☐ Population	☐ Sol
☐ Eau	☐ Habitats Naturels	☐ Biens matériels
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☐ Continuités écologiques	☐ Activités économiques
☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques

4.8.2.3. R2.2b - Pose de voies anti-vibratiles au droit de la plateforme de tramway

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Pose de voies anti vibratiles au droit de la plateforme du tramway	**Code mesure : R22b**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase : Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : Caen la mer	

Cible(s) de la mesure :

☐ Faune et flore	☐ Sites et paysages	☐ Air
☑ **Bruit & vibrations**	☐ Population	☐ Sol
☐ Eau	☐ Habitats Naturels	☐ Biens matériels
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☐ Continuités écologiques	☐ Activités économiques

Projet d'extension du tramway de Caen la mer

Pose de voies anti vibratiles au droit de la plateforme du tramway	Code mesure : R22b

☐ Facteurs climatiques ☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs ☐ Risques technologiques

☐ Autres pollutions/ nuisances

Liens avec d'autres mesures : Sans objet

Coût estimatif	5 500 000 €
Période de mise en œuvre	Exploitation

Description de la mesure

Afin de réduire les vibrations, les types de solutions suivants sont mis en place selon les différents secteurs du projet :

- Au niveau du Centre Chorégraphique National de Caen en Normandie : la pose de niveau 1 (pose assouplie) permettra d'atténuer les vibrations aux fréquences les plus élevées essentiellement grâce à la pose de semelles sous rail assouplies ;
- Au niveau du Théâtre (grande scène), du Conservatoire (auditorium, salle de jazz, salle de danse), la pose de niveau 3 (dalle flottante épaisse) est préconisée. Elle consiste en une voie sur une dalle flottante d'épaisseur 33 cm, agissant très efficacement sur une bande fréquentielle plus large :
- Au niveau de la petite scène du Théâtre, le risque de perception tactile des vibrations reste important malgré la pose de niveau 3. De fait, il est préconisé de prévoir une solution anti vibratile supplémentaire, dont la fréquence de découplage est inférieure à 16 Hz.

Sur le reste du tracé, une alternance de pose de voie standard (sans dispositif vibratile) et la pose de niveau 2 (voie sur une dalle flottante fine d'épaisseur 19 cm agissant efficacement sur une large bande de fréquences) seront mis en place.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Sans objet

Calendrier de réalisation (mois favorable) : Sans objet

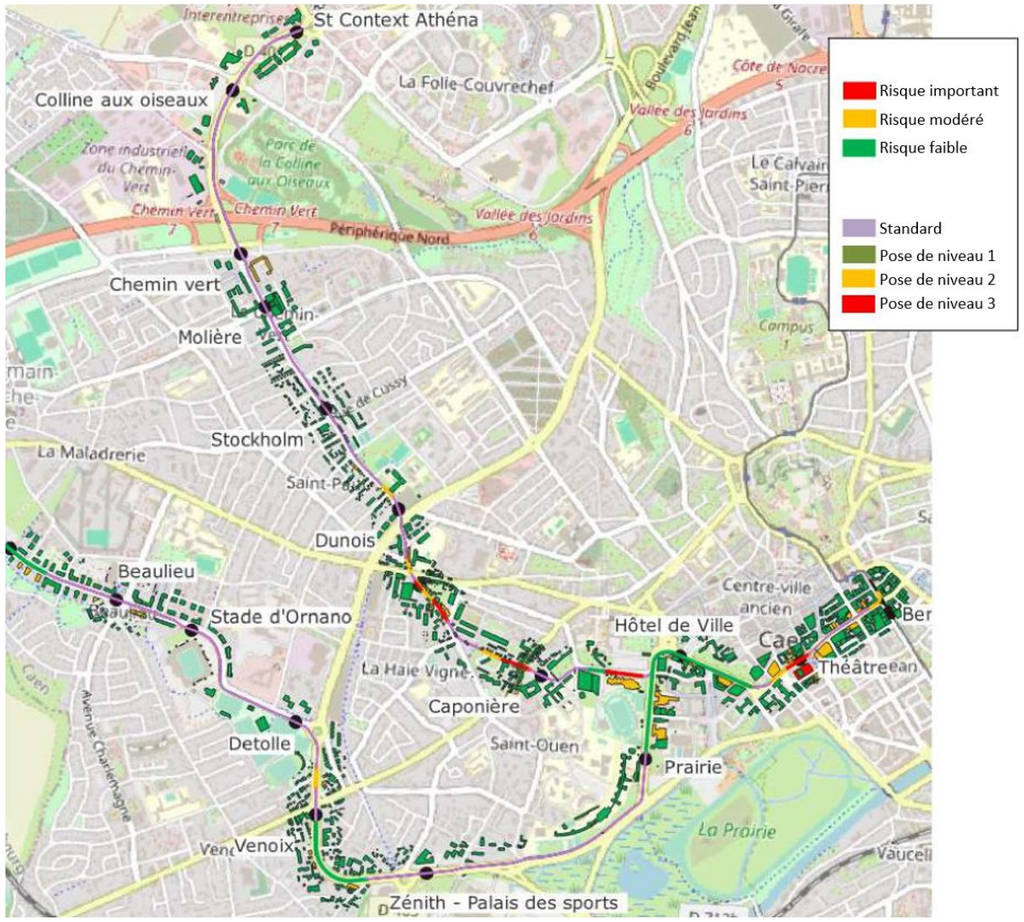
Modalités de suivi de la mesure

Sans objet

Localisation de la mesure

Projet d'extension du tramway de Caen la mer

Pose de voies anti vibratiles au droit de la plateforme du tramway	Code mesure : R22b



egis

4.8.2.4. R2.2b – Dispositifs de limitation des nuisances lumineuses en phase d'exploitation

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Dispositifs de limitation des nuisances lumineuses en phase d'exploitation	**Code mesure : R22b**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase : Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

- ☑ Faune et flore
- ☐ Sites et paysages
- ☐ Air
- ☐ Bruit & vibrations
- ☑ **Population**
- ☐ Sol
- ☐ Eau
- ☐ Habitats Naturels
- ☑ **Biens matériels**
- ☐ Patrimoine culturel et archéologique
- ☐ Continuités écologiques
- ☐ Activités économiques
- ☐ Facteurs climatiques
- ☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs
- ☐ Risques technologiques
- ☑ **Autres pollutions/ nuisances**

Description de la mesure

L'arrivée du tramway va modifier les vitesses maximales de circulation et mieux intégrer les cycles et les piétons dans l'aménagement. Les modes doux vont donc prendre une place inédite. Un nouvel éclairage adapté à ces nouveaux usages permettra de les signaler, de les accompagner, particulièrement dans les zones de conflit (carrefours par exemple) et dans les zones de rencontre (notamment en centre-ville). Un éclairage à une échelle plus humaine contribuera à créer des ambiances plus accueillantes pour favoriser ces nouveaux usages et l'appropriation des espaces par tous les publics. L'abaissement des vitesses de circulation permettra, conformément à la norme ENNF 13201, d'abaisser les niveaux lumineux et d'apporter un gradient lumineux plus nuancé, entre pénombre et lumière.

De manière générale, l'éclairage sera de type LED 2 200 K pour le respect de la faune, hors hypercentre où l'éclairage sera de type LED 3 000 K en concordance avec les dispositifs d'ores et déjà en place. L'éclairage public à l'aide de lampe à sodium sera proscrit.

Dans les secteurs à enjeux écologiques, il sera procédé à l'extinction de l'éclairage associé à la voirie routière de 1 h à 5 h si cet éclairage est distinct des voies modes doux (qui restent éclairées en permanence).

Une temporisation de ces éclairages, avec un fonctionnement combinant un minimum en veille et un maximum sur détection peut participer à générer des économies d'énergie en cœur de nuit et réduire la pollution lumineuse dans les zones présentant un enjeu écologique particulier (secteur de la maison du Général).

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Dispositifs de limitation des nuisances lumineuses en phase d'exploitation	**Code mesure : R22b**



Recadrage du velum lumineux et développement de nouveaux usages nocturnes : placettes, mise en valeur des pistes cyclables (source : Trameo)

La hiérarchisation spatiale des mobilités sera ainsi l'occasion d'apporter plus de variété dans les ambiances lumineuses, tout en observant les impératifs de frugalité, liée aux objectifs d'économie d'énergie et de respect de la biodiversité.

L'introduction parcimonieuse d'éclairage pour la mise en valeur des éléments identitaires du paysage : patrimoine bâti, équipement public, esplanade etc, permettra de les redécouvrir et de renforcer leur présence pour constituer le cadre nocturne. Le cadrage maîtrisé de l'éclairage public au droit de ces éléments avec, notamment, un abaissement du vélum lumineux et des puissances permettra de proposer des mises en valeur ponctuelles de la préservation des vues.

Le coût de la mesure est intégré au coût global du projet.

Modalités de suivi de la mesure

Vérification du respect des prescriptions (dispositifs présents et conformes).

Vérification de l'atténuation de la nuisance par des mesures adaptées.

5. EFFETS DU PROJET SUR LA BIODIVERSITE ET MESURES

L'étude relative aux milieux naturels réalisée par le bureau d'études spécialisé ExEco Environnement permet de déterminer l'impact du projet de tramway de Caen la mer sur la biodiversité. La méthodologie du volet milieu naturel de l'étude d'impact est spécifiée au chapitre 4.5 de la Partie 11 de la présente étude d'impact.

Le volet milieu naturel de l'étude d'impact dans son intégralité est présenté en pièce C3 du présent dossier d'enquête publique.

5.1. HABITATS NATURELS

5.1.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

5.1.1.1. Effets

Plusieurs effets en phase travaux sur les milieux sont attendus :

- **création de zones de chantier** : cet effet temporaire concerne la création des zones de dépôts de matériaux, des bases-vie et des pistes temporaires qui sont susceptibles d'être créées au sein des milieux ;
- **emprises définitives sur les habitats** : le projet propose des espaces végétalisés sur des voies imperméables existantes et va repenser le paysage arboré des axes concernés en systématisant la plantation de graminées, d'arbustes et d'arbres. Au global, il va ainsi permettre de densifier la trame verte urbaine et de créer un nouveau « ruban vert ». Le projet va impacter définitivement 23% de milieux semi-naturels sans enjeu particulier (espaces enherbés ou végétalisés) et 77% d'espaces artificialisés (voiries, parkings et bâtis existants) ;
- **abattages d'arbres** : le projet implique l'abattage d'arbres et de haies à faible valeur écologique du fait des besoins d'insertion de la plateforme du tramway. Ces abattages vont permettre le renouvellement du parc arboré, mais la temporalité entre l'abattage et l'arrivée à maturité des nouveaux sujets plantés implique également un effet négatif permanent ;
- **risque de dissémination d'espèces exotiques envahissantes** : les travaux vont générer un remaniement du sol qui peut faciliter l'apparition et la colonisation d'espèces exotiques envahissantes ;
- **pollutions liées aux travaux** : la présence d'engins peut engendrer des pollutions accidentelles lors des travaux.

Aucun effet n'est attendu sur des habitats d'intérêt patrimonial.

Le projet consiste globalement :

- à créer un espace perméable et enherbé sur des voiries imperméables existantes,
- et à repenser le paysage arboré des axes routiers concernés en systématisant la plantation de graminées et de strates intermédiaires entre des arbres aux essences plus adaptées que les essences actuelles.

Le projet impliquera de manière permanente :

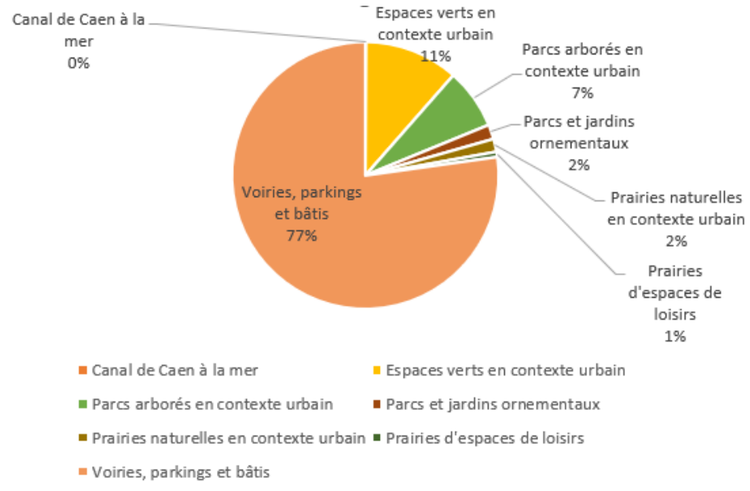
- La création d'un nouveau « ruban vert » et perméable (remise en pleine terre de voiries) pouvant servir de lieu d'alimentation, notamment aux insectes (plateforme du tramway) ;
- Une densification de la trame verte urbaine avec la remise en pleine terre d'alignement d'arbres aujourd'hui en fosses individuelles, et la constitution d'une strate intermédiaire (haies, graminées…).

Le site initial du projet est en zone urbaine, et la majorité de la surface où se positionne le projet est aujourd'hui imperméabilisée et/ou aménagée. Il s'agit donc d'habitats pauvres ou très gérés, constitués d'espèces floristiques ornementales, sans intérêt patrimonial notable.

Les surfaces concernées par le projet sont :

- en majeure partie, des surfaces de type voiries, parkings et bâtis (77%) ;
- des espaces verts en contexte urbain (11%), des parcs arborés en contexte urbain (7%), des parcs et jardins ornementaux (2%) et des prairies d'espaces de loisirs (1%) ;
- des espaces naturels (2%) (prairies naturelles en contexte urbain).

Ci-dessous le graphique correspondant aux surfaces impactées :



Part des habitats impactés sur la zone de projet (source : ExEco Environnement)

Seuls 2% de l'emprise du projet constituent donc des espaces naturels sur lesquels un effet négatif définitif est attendu. Ces 2% sont situés au focus 3, au bout du parking des tritons et sur les bords de la Noé. Ils ne constituent pas des habitats d'intérêt patrimonial (ces derniers sont absents de l'aire d'étude).

Un effet ponctuel brut moyen est attendu sur un focus aujourd'hui plus préservé, le jardin de la maison du Général (focus 2) : l'habitat « parc arboré en contexte urbain » y a été reconnu comme habitat d'espèces protégées, en ce qui concerne les zones boisées et arbustives utilisées par les oiseaux, le hérisson d'Europe et les chiroptères.

Impact direct et temporaire avant proposition de mesures : faible à moyen

5.1.1.2. Mesures

Afin de réduire les effets du projet sur les habitats naturels, plusieurs mesures sont définies :

- R1.1a – Réduction de l'emprise du projet au maximum
- R2.1z – Passage d'un écologue avant travaux
- R2.2k – Plantations en faveur de la biodiversité
- A6.1a - Formation du personnel lors du chantier et communication sur les zones protégées

Ces mesures sont détaillées au chapitre 5.6.1.

5.1.1.3. Effets résiduels

Les effets résiduels par rapport aux habitats naturels pendant les travaux sont considérés comme négligeables.

Impact résiduel : négligeable

5.1.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

5.1.2.1. Effets

Un effet positif est attendu sur les habitats naturels en phase exploitation. La présence de nouveaux corridors écologiques, ainsi que la réduction de la place de la voiture et du trafic routier au profit du tramway vont permettre à la faune et la flore locales de se développer. De plus, les perspectives d'entretien réduit au sein des zones de prairie fleurie vont permettre un développement de la biodiversité et une meilleure robustesse du végétal.

Impact direct et permanent avant proposition de mesures : positif

5.1.2.2. Mesures

Aucune mesure n'est à mettre en œuvre par rapport aux habitats naturels en phase exploitation.

5.2. Zones humides

5.2.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

5.2.1.1. Effets

Aucune zone humide n'a été mise en évidence sur l'aire d'étude immédiate.

Impact direct, temporaire et permanent avant proposition de mesures : négligeable

5.2.1.2. Mesures

Aucune mesure n'est à mettre en œuvre par rapport aux zones humides.

5.2.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

5.2.2.1. Effets

Sans objet.

5.2.2.2. Mesures

Sans objet.

5.3. Flore

5.3.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

5.3.1.1. Effets

Aucune espèce protégée et/ou patrimoniale de flore n'a été mise en évidence dans le cadre du projet.

On note cependant la présence de six espèces exotiques envahissantes avérées autour des jardins et des zones rudérales. Les opérations de chantier peuvent conduire à une prolifération des espèces exotiques envahissantes recensées et donc, à une perte locale de biodiversité. La dissémination peut avoir lieu sur tout le tracé potentiellement, car pouvant s'effectuer via les engins de chantier.

Impact indirect et temporaire avant proposition de mesures : fort

5.3.1.2. Mesures

Afin de réduire les effets du projet sur la flore, plusieurs mesures sont définies :

- R1.1a – Réduction de l'emprise du projet au maximum
- R2.1f – Gestion des espèces exotiques envahissantes
- R2.1z – Passage d'un écologue avant travaux

Ces mesures sont détaillées au chapitre 5.6.1.

5.3.1.3. Effets résiduels

Les effets résiduels par rapport à la flore pendant les travaux sont considérés comme négligeables.

Impact résiduel : négligeable

5.3.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

5.3.2.1. Effets

Aucun effet n'est attendu sur la flore en phase exploitation.

Impact direct et permanent avant proposition de mesures : nul

5.3.2.2. Mesures

Aucune mesure n'est à mettre en œuvre par rapport aux habitats naturels en phase exploitation.

5.4. ARBRES

5.4.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

5.4.1.1. Effets

Le projet implique d'abattre des arbres d'alignement et des haies à faible valeur écologique et non constitutifs de corridors de déplacement d'espèces protégées. Ces abattages sont en partie induits par les besoins techniques d'insertion de la plateforme de tramway, et en partie dictés par une volonté de Caen la mer de profiter de ce réaménagement pour renouveler son parc arboré avec des essences plus locales, plus adaptées aux évolutions climatiques et avec un réaménagement moins anthropique (différenciation de strates, etc.).

Cependant, la différence de temporalité entre l'abattage et l'arrivée à maturité de la nouvelle trame arborée implique un effet temporaire négatif sur la faune (oiseaux, chiroptères), les arbres et haies existants pouvant représenter ponctuellement des axes de déplacement.

Aucun des arbres présents sur l'aire d'étude immédiate n'a montré d'intérêt écologique particulier. Aucun arbre à cavité n'est recensé, il s'agit majoritairement d'essences horticoles. Ce sont 450 arbres qui seront abattus.

Par ailleurs, les deux arbres remarquables au PLU de Caen présents dans l'aire d'étude sont préservés par le projet.

Impact direct, temporaire et permanent avant proposition de mesures : modéré

5.4.1.2. Mesures

Afin de réduire les effets du projet sur les arbres, plusieurs mesures sont définies :

- R3.1a – Interventions d'abattages d'arbres et de haies à réaliser hors de la période sensible pour la faune
- R2.1z – Passage d'un écologue avant travaux
- R2.2k – Plantations en faveur de la biodiversité

Ces mesures sont détaillées au chapitre 5.6.1.

5.4.1.3. Effets résiduels

Les effets résiduels par rapport aux arbres pendant les travaux sont considérés comme négligeables.

Une réflexion partagée entre les écologues et les paysagistes du projet a permis d'identifier les axes à éviter, d'une part, et les axes à enrichir, d'autre part. En-dehors des axes identifiés et évités (cf. mesures d'évitement), les fonctionnalités écologiques d'habitat, de nidification et de déplacement sont faibles dans l'aire d'étude : le projet paysager vise précisément à les enrichir. Le gain écologique du projet sur les arbres sera donc très supérieur aux pertes.

Le ratio de compensation est actuellement d'au moins 1,7 arbre planté pour 1 arbre abattu. Ce ratio sera affiné lors des études ultérieures et présenté dans le cadre du dossier de demande d'autorisation de coupe d'arbres d'alignements, réalisé au titre de l'article L.350-3 du Code de l'environnement.

Impact résiduel : négligeable

5.4.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

5.4.2.1. Effets

Aucun effet n'est attendu sur les arbres en phase exploitation.

Impact direct et permanent avant proposition de mesures : nul

5.4.2.2. Mesures

Aucune mesure n'est à mettre en œuvre par rapport aux habitats naturels en phase exploitation.

5.5. FAUNE

5.5.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

5.5.1.1. Effets

Plusieurs effets temporaires sur la faune sont attendus :

- **génération de perturbations (bruits, poussières, vibrations)** : cet effet concerne le fait que les travaux constituent une source de dérangement avec une augmentation du niveau sonore, des envols de poussières et/ou des vibrations qui peuvent conduire à des fuites d'espèces aux abords du chantier (en fonction de la période de l'année et de leur sensibilité). Le risque est de voir les espèces les plus sensibles au dérangement quitter les abords du chantier, et donc d'assister à un appauvrissement, au moins temporaire, de la biodiversité dans les secteurs de travaux.

  En l'occurrence, les secteurs suivants constituent des habitats d'espèces (lieux de chasse, reproduction, etc.) susceptibles d'être concernés par un risque de dérangement :

  - Jardin de la maison du Général (présence du Hérisson d'Europe) ;
  - Boulevard Bertrand et jardin de la préfecture (présence de chiroptères) ;
  - Site de la Maladrerie (hibernation de chiroptères).

- **création de pièges sur le chantier** : le chantier peut conduire à la création de pièges mortels pour la faune rampante (engins, fosses, clôtures, zones de stockage) s'il n'y a pas d'échappatoire.

- **Effets du projet sur les oiseaux**

De nombreuses espèces d'oiseaux ont été mises en évidence au droit de l'aire d'étude immédiate.

Les effets attendus du projet concernent la destruction et/ou l'altération d'habitats d'espèces (abattages d'arbres), ainsi que la destruction/perturbation d'individus (génération de bruits, de vibrations et de poussières, génération d'une pollution lumineuse).

Les bruits causés par le chantier pourront perturber les oiseaux, notamment en période de reproduction. La pollution lumineuse entrainée par le chantier peut impacter la trame noire utilisée par les oiseaux nocturnes.

- **Effets du projet sur les mammifères non volants**

Une seule espèce a été mise en évidence au droit du projet : le Hérisson d'Europe.

Un couple de Hérisson d'Europe a été contacté au droit du jardin de la maison du Général, situé le long de la rue Damozanne.

Du fait du passage des voies de tramway au sein des emprises de la maison du Général et du jardin attenant, le projet de tramway aura pour effet de fragmenter l'habitat actuel de ce couple de Hérisson. Un choix de tracé a été fait considérant cet effet de fragmentation, afin de limiter l'impact sur l'habitat de vie du Hérisson d'Europe (cf. mesure de réduction « Mise en défens des zones refuges du Hérisson d'Europe et des espaces les plus arborés lors des travaux » présentée au chapitre 5.6.1 de la Partie 6).

Par ailleurs, les effets attendus du projet concernent la destruction et/ou l'altération d'habitats (création de zones de chantier, pollutions liées aux travaux, modification physique du sol, abattages d'arbres) d'espèces, ainsi que la destruction/perturbation d'individus (création de pièges sur chantier, génération de bruit, vibrations et de poussières, génération d'une pollution lumineuse).

La création de zones de chantier va conduire à la diminution des habitats disponibles et des possibilités de déplacement des espèces.

On peut également noter un effet possible d'altération des habitats par pollutions liées aux travaux au droit de la portion du tracé passant à proximité de la Prairie (où le Campagnol amphibie est cité dans la bibliographie).

Le bruit peut perturber les espèces et donc, les faire fuir et quitter des zones proches des zones de chantier. De plus, le chantier peut être amené à créer des pièges pour le Hérisson d'Europe. Notons également la pollution lumineuse qui peut impacter des espèces aux mœurs nocturnes comme le Hérisson d'Europe. Cet effet concerne principalement le jardin de la maison du Général.

- **Effets du projet sur les chiroptères**

Les effets attendus du projet concernent la destruction et/ou l'altération d'habitats d'espèces (abattages d'arbres), ainsi que la destruction/perturbation d'individus (génération d'une pollution lumineuse, effet attendu lié aux vibrations dans la zone des carrières de la Maladrerie).

L'abattage d'arbres en contexte urbain peut altérer les déplacements des chiroptères. Cependant, aucun gîte arboricole n'a été recensé sur l'aire d'étude immédiate. Les écoutes ont permis de mettre en évidence la présence de 10 espèces et d'une activité majoritairement de transit. La diversité est plus importante sur les focus 2 (jardin de la maison du Général) et 4 (boulevard Bertrand / place Gambetta).

Les sources de lumières peuvent impacter le déplacement des chiroptères qui utilisent la trame arborée pour se déplacer dans la zone urbaine. Cet impact concerne principalement le jardin de la maison du Général.

- **Effets du projet sur les amphibiens**

Une seule espèce a été mise en évidence à proximité du projet : la Grenouille commune. Aucune preuve de reproduction au sein des emprises du projet n'a été mise en évidence.

Les effets attendus du projet concernent la destruction et/ou l'altération d'habitats d'espèces (pollutions liées aux travaux).

Une pollution sur le chantier pourrait altérer les caractéristiques physico-chimiques du milieu et ainsi altérer les habitats des amphibiens. Cet impact concerne essentiellement la portion du tracé passant à proximité de la Prairie où la Grenouille commune a été recensée.

- **Effets du projet sur les reptiles**

Une seule espèce a été mise en évidence au droit du projet : le Lézard des murailles.

Les effets attendus du projet concernent uniquement la destruction/perturbation d'individus (génération de bruits, de vibrations et de poussières). Les bruits et les vibrations causés par le chantier peuvent perturber et faire fuir les individus, notamment ceux présents dans le secteur de la Maladrerie.

- **Effets du projet sur les insectes**

Aucune espèce à enjeu patrimonial a été mise en évidence au droit des emprises du projet.

Les effets attendus du projet concernent la destruction et/ou l'altération d'habitats d'espèces (création de zones de chantier, pollutions liées aux travaux, modification physique du sol), ainsi que la destruction/perturbation d'individus (génération d'une pollution lumineuse).

Les zones utiles au chantier peuvent potentiellement se positionner sur des habitats végétalisés utilisés par les insectes, bien que restant à faibles enjeux compte-tenu du contexte urbain du projet.

Une pollution sur le chantier pourrait altérer les caractéristiques physico-chimiques du milieu et ainsi altérer les habitats des insectes. Cet impact concerne essentiellement la portion du tracé passant à proximité de la Prairie (présence d'odonates, etc.).

Enfin, bien que la modification physique du sol puisse impacter les habitats enherbés ou végétalisés déjà en place, qui représentent des habitats pour les espèces identifiées, il est à noter que le projet va augmenter les surfaces végétalisées. Cette augmentation par rapport à l'état existant sera donc bénéfique aux insectes.

L'apport de sources de lumière dans certains secteurs peut impacter le déplacement et le comportement des espèces nocturnes.

Impact direct, temporaire et permanent avant proposition de mesures : modéré à fort

5.5.1.2. Mesures

Afin de réduire les effets du projet sur la faune, plusieurs mesures sont définies :

- R1.1a – Réduction de l'emprise du projet au maximum
- R3.1a – Interventions à réaliser hors de la période sensible pour la faune (abattage d'arbres et de haies / travaux sur le site de la Maladrerie)
- R2.1a – Mise en défens des zones refuges du Hérisson d'Europe et des espaces les plus arborés lors des travaux
- R2.1z – Passage d'un écologue avant travaux
- R2.1i – Réduire le risque de piéger la faune sur les chantiers
- R2.2k – Plantations en faveur de la biodiversité
- A3.1a – Installations de gîtes artificiels

Ces mesures sont détaillées au chapitre 5.6.1.

5.5.1.3. Effets résiduels

Les effets résiduels du projet sur la faune pendant les travaux sont considérés comme faibles.

Bilan de l'impact résiduel du projet sur le Hérisson d'Europe

Le hérisson d'Europe étant une espèce de mammifère terrestre protégée, et dont deux individus ont été observés dans un espace qui va être fortement impacté par la nouvelle ligne de tramway, il convient de dresser un bilan spécifique à cet **enjeu fort**. Pour rappel, l'enjeu pour cette espèce en contexte urbain est de **conserver au maximum ses habitats préférentiels**, mais aussi, et surtout, **d'ouvrir ces habitats et de favoriser le déplacement de l'espèce** (entre habitats refuge mais aussi entre zones de nourrissage).

Objectivation de l'impact direct du passage du tramway sur les individus :

1. Mise en présence journalière du tramway et du hérisson dans le jardin de la maison du Général

Hors période d'hibernation, les plages horaires d'éveil et de déplacement du hérisson sont les suivantes :

- La première phase débute aux environs de 18h00 à 20h30. C'est une phase très active.
- La deuxième phase se produit entre minuit et 2h00 heures du matin.
- La troisième et dernière phase commence entre 4h00 et 5h00 heures du matin. Elle est d'une intensité beaucoup plus réduite.

Par ailleurs, le hérisson hiberne sur une période allant environ de mi-octobre à mi-avril. Par précaution, on considèrera la période du 1er novembre au 1 er mars.

En parallèle, sur une année, les plages horaires du tramway sont les suivantes :

Période	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	00h
Lundi à vendredi	30	20	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	15	30	30	30	30
Samedi	30	30	30	20	15	15	15	15	10	10	10	10	10	10	10	15	30	30	30	30
Dimanche				30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Lundi à vendredi - été	30	30	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	30	30	30	30	30
Samedi - été	30	30	30	30	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	30	30	30	30	30

Les hérissons présents dans le jardin de la maison du Général seront donc témoins de la circulation, chaque nuit hors week-ends et période estivale (pour le tramway) et hors période d'hibernation (pour le hérisson), du passage de 45 tramways quotidiens en moyenne dans l'année, allant jusqu'à 51 tramways en période de semaine.

Plage horaire / Nb de trams	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	TOTAL	Nb j/an
Lu-sa, sept-juin (hors nov-fév)	12	12	8	4	4	4	3	0	0	0	0	4	51	156
Di, sept-juin (hors nov-fév)	4	4	4	4	4	4	3	0	0	0	0	0	27	26
Lu-sa, juill-août	8	8	4	4	4	4	3					4	39	52
Hibern° hérisson (1e nov - 1e mars														122
Di, juillet-août														9

Cela représente au maximum, dans le jardin de la maison du Général, et sur la période la plus intense de circulation (c'est-à-dire en semaine, hors été), 2,5 minutes de présence d'un tramway par heure entre 18h et 20h, et 11,5 min sur les 12h de nuit totales, soit une présence sur 1,8% du temps de la nuit. En considérant que les hérissons restent toute la nuit dans le jardin, les chances de présence simultanée du hérisson et du tramway dans le jardin sur cette période la plus circulée (qui représente 43% des jours de l'année) sont donc très faibles sur l'ensemble de la nuit (18h-5h).

Le tramway ne circulera pas de minuit à 5h du matin, et ne circulera que toutes les 30 minutes entre 21h et 6h. Sachant que le hérisson est en léthargie les 5 à 6 mois de l'année où les nuits sont les plus longues, et moyennant les horaires du lever et coucher du soleil, **la présence simultanée du hérisson et du tramway dans le jardin de la maison du Général restera très limitée.**

2. Risques de collision du hérisson avec le tramway

En considérant que le hérisson se trouve sur la plateforme du tramway au moment où un tramway passerait (nous avons vu que ces périodes de co-présence seront rares), l'estimation du risque de collision est la suivante.

La hauteur du tramway, hors contact avec les rails, est de 17 cm (point bas, ponctuel – ex : nez du tramway) à 27 cm (point haut – hauteur globale).

La hauteur d'un hérisson adulte est en moyenne de 13,2 cm en marchant, un peu moins en position d'attente.

De ce fait, le risque de collision du hérisson avec le tramway est limité au droit des quatre rails.

La plateforme du tramway mesure 6,5 m de large, dont 4 rails de 12 cm. Autrement dit, 0,7% de la plateforme de tramway est constituée de rails.

Même en supposant que le hérisson d'Europe choisisse spontanément de « stationner » sur la plateforme, le risque de collision est donc quasi nul.

3. Mise en balance des pertes et gains de l'aménagement dans le jardin de la maison du Général pour le hérisson

Le risque de collision par le tramway constitue un risque résiduel. Ce risque, estimé précédemment, semble très faible.

Par ailleurs, cette estimation est à mettre en perspective avec le nombre de collisions avec des voitures qui seront évitées par ailleurs grâce au projet.

A l'heure actuelle, le jardin de la maison du Général est clos, hors portail sur la route. L'habitat n'est donc connecté que via des infrastructures routières. Le projet permettra, via l'ouverture des murs pour le tramway et les modes actifs, de connecter l'habitat aux espaces naturels environnants sans risque de collision routière pour le hérisson, notamment via l'ouverture à la Cité de l'Air. Le projet présente donc une diminution globale du risque d'écrasement routier du hérisson.

La ligne elle-même passera à l'emplacement de l'actuelle maison du Général, qui sera démolie : l'emprise s'inscrit donc en partie sur un obstacle naturel existant à l'heure actuelle et fragmentant l'espace entre les deux zones refuges, et non sur un habitat du hérisson.

Afin de traiter le risque résiduel de collision, il pourrait être envisagé de créer un passage à faune (type tunnel) sous la plateforme du tramway dans le jardin de la maison du Général. Néanmoins, dans la mesure où, à la différence d'un projet routier par exemple, l'infrastructure se rapproche autant que possible d'un espace naturel, il semble peu probable qu'un hérisson lui préfère spontanément un tunnel. Il semble également peu pertinent de rendre volontairement hostile au hérisson la plateforme du tramway pour le désinciter à l'emprunter, alors même que cette plateforme s'inscrit dans une logique de transparence écologique et que, nous l'avons vu, le risque de collision est très faible aux premières heures de la nuit et quasi inexistant ensuite.

De ce fait, a fortiori mis en balance avec les effets positifs du projet par ailleurs, y compris sur le hérisson d'Europe, ces données techniques permettent de caractériser le risque de collision qui est considéré comme très faible et acceptable.

-> Après réflexion entre les services instructeurs, les experts écologues et le maître d'œuvre, des mesures d'évitement n'ont pas pu être définies. Néanmoins, plusieurs mesures de réduction seront mises en œuvre afin d'atténuer les effets du projet, et ne pas avoir d'impact résiduel sur cette espèce.

En phase amont, le projet est réfléchi pour éviter au maximum l'emprise des travaux sur les éléments déjà végétalisés (haies, pelouse, massifs), pouvant potentiellement représenter des zones refuges pour le hérisson (mesure R1.1a - Réduction de l'emprise du projet au maximum). Spécifiquement pour le jardin de la maison du Général (focus 2), le projet restera en-dehors des zones refuges qui seront « protégées » physiquement contre les impacts des travaux (mesure R2.1a – Mise en défens des zones refuges du Hérisson d'Europe et des espaces les plus arborés lors des travaux).

Un écologue passera avant chaque phase de travaux sur les différents fronts de travaux sur l'ensemble de la ligne (R2.1z - Passage d'un écologue avant travaux) pour vérifier l'absence du hérisson (entre autres) afin d'éviter un impact direct sur des individus qui auraient établi une zone de reproduction ou une zone de repos au sein d'une végétation vouée à être défrichée. De plus, la mesure R2.1i permettra de réduire le risque de piéger la faune sur les chantiers en mettant en place des solutions efficaces (boucher les objets creux, installer des échappatoires à faune, un filet bas anti-intrusion sera installé).

Concernant les caractéristiques techniques de la ligne, l'enherbement (mesure R2.2k – Plantations en faveur de la biodiversité) va permettre de réduire au maximum la superficie artificialisée et permettre le déplacement naturel du hérisson. Ainsi conçue, la ligne ne représentera pas un obstacle pour le déplacement de l'espèce et, au contraire, en augmentant la surface enherbée par rapport à l'état existant, apportera des possibilités et un confort de déplacement supérieur à l'état actuel.

Ces possibilités de déplacement seront d'autant plus favorisées que le projet implique plusieurs ouvertures nouvelles du jardin de la maison du général, aujourd'hui clos, vers les poches naturelles environnantes (reconnexion des habitats potentiels) : ouverture du mur vers la Cité de l'Air (tramway et modes actifs) et au droit de l'insertion tramway au Nord (idem), ouverture aux modes actifs face à la rue de la Haie Vigné.

De plus, l'implantation de la ligne sera accompagnée d'une densification de la strate arborée et arbustive (mesure R2.2k – Plantations en faveur de la biodiversité), afin de constituer de véritables micro-trames entre les corridors Nord et Sud de l'agglomération. Ces plantations seront accompagnées de la mise en place de de gîtes artificiels en faveur du hérisson d'Europe dès le début des travaux (mesure A3.1z – Installations de gîtes artificiels).

Concernant la période de fonctionnement de la ligne, l'éclairage sera réfléchi. En effet, le hérisson d'Europe étant une espèce principalement nocturne, l'impact de l'éclairage sur ses mœurs nocturnes est à prendre en compte : la mesure R2.2c – Prise en compte de la faune nocturne pour la gestion des éclairages - permet de minimiser l'éclairage au strict minimum (orientation, diminution de la puissance, allumage automatique par détection,…).

Grâce à toutes ces mesures favorables au hérisson d'Europe, il est conclu que **le projet aura un impact positif sur l'espèce** : le projet augmentera ses habitats favorables, ne représentera pas une barrière de déplacement, et au contraire permettra d'ouvrir de nouveaux espaces favorables à l'espèce. Un réel gain est attendu en termes de surface d'habitats fonctionnels disponibles, mais aussi en termes de continuité écologique et mobilité de l'espèce. Enfin, le projet vise à réduire les flux de circulation automobile en centre-ville, ce qui s'inscrit en faveur de la protection du hérisson d'Europe en ville.

Impact résiduel : négligeable à positif

5.5.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

5.5.2.1. Effets

Plusieurs effets permanents sur la faune sont attendus :

- **génération d'une pollution lumineuse dans certains secteurs encore préservés** : En fonction des zones traversées, l'installation d'une ligne de tramway peut engendrer une multiplication des points lumineux le long de la ligne augmentant durablement la pollution lumineuse. Ces sources de lumière peuvent impacter la trame noire, utilisée par la faune nocturne (oiseaux, mammifères, insectes…) et perturber son écologie.
  - Par exemple, le rouge-gorge (*Erithacus rubecula*), très représenté dans l'aire d'étude, commence à chanter avant que l'Homme ne perçoive le lever du jour parce qu'il capte des longueurs d'ondes que l'être humain ne capte pas. Mais s'il chante au milieu de la nuit, c'est qu'il est perturbé par la lumière artificielle. Il s'épuisera à chanter, ne dormira plus, aura des troubles reproducteurs.
  - Certaines espèces de chiroptères inventoriées sont lucifuges, c'est-à-dire qu'elles fuient la lumière. Un apport supplémentaire d'éclairage artificiel serait donc de nature à rendre l'habitat de ces espèces inhospitalier.

  En l'occurrence, le tramway s'insère sur des voiries existantes déjà éclairées ; l'évolution de la trame noire est donc globalement négligeable.

  Un effet ponctuel brut est attendu sur les focus aujourd'hui plus préservés, notamment le jardin de la maison du Général (focus 2).
- **Mortalité due aux risques de collisions routières et avec le tramway :** cependant le projet n'est pas de nature à augmenter le trafic routier, au contraire, cet effet est donc à relativiser au regard de la situation actuelle.

Effets du projet sur les oiseaux

Les effets attendus du projet en phase exploitation concernent la destruction/perturbation d'individus (génération d'une pollution lumineuse, trafic routier et circulation des tramways).

Les sources de lumières peuvent impacter la trame noire utilisée par les oiseaux nocturnes, mais aussi la phénologie d'autres espèces. Le risque de collision existe également, toutefois, le projet s'inscrit en milieu urbain, sur des axes déjà circulés.

Effets du projet sur les mammifères non volants

Les effets attendus du projet en phase exploitation concernent :

- la destruction/perturbation d'individus (génération d'une pollution lumineuse, risque de collision avec le tramway) ;
- mais également des effets positifs liés à l'augmentation des surfaces d'habitats de vie du Hérisson d'Europe en raison de l'ouverture de murs et de clôtures qui encerclent actuellement le jardin de la maison du Général (le long de la rue Damozanne).

Les sources de lumières peuvent impacter les mammifères aux mœurs nocturnes, notamment dans le secteur du jardin de la maison du Général.

Le risque de collision existe également, toutefois, le projet s'inscrit en milieu urbain, sur des axes déjà circulés.

L'ouverture de murs et de clôtures va permettre d'améliorer les continuités écologiques locales pour les espèces.

Effets du projet sur les chiroptères

Les effets attendus du projet en phase exploitation concernent la destruction/perturbation d'individus (génération d'une pollution lumineuse, impact des vibrations du tramway).

Les sources de lumières peuvent impacter les déplacements des chiroptères qui s'aident de la trame arborée pour se déplacer en ville.

Par ailleurs, l'impact des vibrations a été étudié, notamment connaissant l'enjeu sur le site de la Maladrerie représentant un gîte hivernal d'importance régional pour les chiroptères. Une étude vibratoire a été menée pour mesurer notamment le risque d'effondrement des carrières. Il en est ressorti que le niveau vibratoire du tramway est négligeable.

Effets du projet sur les amphibiens

Aucun effet n'est attendu sur les amphibiens en phase exploitation.

Effets du projet sur les reptiles

Les effets attendus du projet en phase exploitation concernent des effets positifs (ouverture de murs et de clôtures). L'ouverture de murs et de clôtures va permettre d'améliorer les continuités écologiques locales pour les espèces.

Effets du projet sur les insectes

Les zones de prairie fleurie, déployées localement, et les perspectives d'entretien réduit au sein de ces zones, vont permettre un développement de la biodiversité, en particulier proposer des habitats favorables aux insectes.

Impact direct et permanent avant proposition de mesures : modéré à fort

5.5.2.2. Mesures

Afin de réduire les effets du projet sur la faune, plusieurs mesures sont définies :

- R2.2c - Prise en compte de la faune nocturne pour la gestion des éclairages
- A6.2c – Mise en valeur des zones protégées par des actions de communication

Ces mesures sont détaillées au chapitre 5.6.2.

5.5.2.3. Effets résiduels

Les effets résiduels par rapport à la faune en phase d'exploitation sont considérés comme négligeables.

Impact résiduel : négligeable

5.6. PRÉSENTATION DES MESURES RELATIVES À LA BIODIVERSITÉ

5.6.1. En phase travaux

5.6.1.1. R1.1a – Réduction de l'emprise du projet au maximum

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Réduction de l'emprise du projet au maximum	**Code mesure : R11a**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase : Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : Caen la mer	

Cible(s) de la mesure :

☑ **Faune et flore**	☐ Sites et paysages	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☐ Population	☐ Sol
☐ Eau	☑ **Habitats Naturels**	☐ Biens matériels
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☑ **Continuités écologiques**	☐ Activités économiques
☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques
☐ Autres pollutions/ nuisances		

Liens avec d'autres mesures : Sans objet

Coût estimatif	Sans objet
Période de mise en œuvre	Conception amont et pendant les travaux
Durée	Sans objet

Description de la mesure

L'emprise du projet est réduite au maximum. Cette mesure permet de réduire l'impact sur les zones végétalisées représentant des zones d'alimentation et/ou de déplacement pour plusieurs espèces (patrimoniales et communes).

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Limitation de l'emprise du chantier

Le projet a fait l'objet d'une réflexion sur la surface réellement nécessaire à la réalisation du chantier et sur l'implantation des bases-vie, en favorisant les zones déjà aménagées ou bétonnées pour le stockage de matériaux et des engins.

Réflexion sur la définition du tracé

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Réduction de l'emprise du projet au maximum	**Code mesure : R11a**
La réflexion sur la définition du tracé permet d'éviter, au maximum, les zones arborées ou arbustives hautes. Elles contribuent à la densification des micro-trames de déplacement urbaines utilisées par les espèces volantes (oiseaux et chiroptères). Un marquage des arbres conservés sera effectué. Ainsi, dans la zone du projet, ce sont 704 arbres qui seront conservés sur les 1 100 existants.	
Calendrier de réalisation (mois favorable) : Sans objet	
Modalités de suivi de la mesure	
Limitation de l'emprise du chantier Visite du chantier, vérifier l'utilisation optimisée de l'espace chantier **Réflexion sur la définition du tracé** Plan du projet prenant en compte au maximum les arbres Réalité des travaux	
	egis

5.6.1.2. R3.1a - Interventions à réaliser hors de la période sensible pour la faune (abattage d'arbres et de haies / travaux sur le site de la Maladrerie)

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Interventions à réaliser hors de la période sensible pour la faune (abattage d'arbres et de haies / travaux sur le site de la Maladrerie)	**Code mesure : R31a**
Opération : **Projet d'extension du tramway de Caen la mer**	**Phase :** **Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : Caen la mer	

Cible(s) de la mesure :

☑ **Faune et flore**	☐ Sites et paysages	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☐ Population	☐ Sol
☐ Eau	☑ **Habitats Naturels**	☐ Biens matériels
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☐ Continuités écologiques	☐ Activités économiques
☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Interventions à réaliser hors de la période sensible pour la faune (abattage d'arbres et de haies / travaux sur le site de la Maladrerie)	**Code mesure : R31a**
☐ Autres pollutions/ nuisances	
Liens avec d'autres mesures : Sans objet	
Coût estimatif	Coût intégré au coût global des prestations de travaux
Période de mise en œuvre	Phase travaux
Durée	Toute la durée des travaux
Description de la mesure	
<u>Abattage d'arbres et de haies</u> Les interventions d'abattage d'arbres et de haies seront réalisées hors de la période sensible pour la faune (oiseaux, chiroptères, mammifères) ce qui revient à retenir pour ce type d'intervention la période entre septembre et début mars. **<u>Travaux sur le site de la Maladrerie</u>** Sur le site de la Maladrerie, au droit des carrières consolidées et non remblayées pouvant abriter des chiroptères, les travaux au brise-roche hydraulique qui pourraient s'avérer nécessaires, notamment pour la réalisation des massifs de fondation des poteaux de ligne aérienne de contact, seront réalisés.	
Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance	
Cette mesure reprend les recommandations de l'OFB (Office Français de la Biodiversité) qui portent sur la période de reproduction des espèces.	
Calendrier de réalisation (mois favorable) : - de septembre à mars(abattage arbres/haies) - certains travaux hors période d'hibernation et de gestation des chiroptères	
Modalités de suivi de la mesure	
Visite mensuelle de chantier	
Localisation de la mesure	

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Interventions à réaliser hors de la période sensible pour la faune (abattage d'arbres et de haies / travaux sur le site de la Maladrerie)	**Code mesure : R31a**
Ensemble du projet	
	egis

5.6.1.3. R2.1z - Passage d'un écologue avant travaux

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Passage d'un écologue avant travaux	**Code mesure : R21z**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase : Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : Caen la mer	

Cible(s) de la mesure :

☑ **Faune et flore**	☐ Sites et paysages	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☐ Population	☐ Sol
☐ Eau	☑ **Habitats Naturels**	☐ Biens matériels
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☑ **Continuités écologiques**	☐ Activités économiques
☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques
☐ Autres pollutions/ nuisances		

Liens avec d'autres mesures : Sans objet	
Coût estimatif	+/- 1 000 € HT par visite (en fonction du phasage des travaux)
Période de mise en œuvre	En anticipation des travaux
Durée	Sans objet

Description de la mesure

Cette mesure prévoit le passage d'un écologue avant chaque phase de travaux sur les différents fronts de travaux.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Passage d'un écologue avant travaux	**Code mesure : R21z**

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Quelques jours avant le commencement des travaux, l'écologue vérifiera l'absence d'espèces animales ou végétales patrimoniales avant les opérations de défrichement et d'abattage des arbres afin d'éviter un impact direct sur des individus qui auraient établi une zone de reproduction ou une zone de repos au sein d'une végétation vouée à être défrichée. Cela concerne en particulier les oiseaux, les mammifères (chiroptères ou non) et potentiellement les amphibiens, les reptiles et les insectes patrimoniaux.

Calendrier de réalisation (mois favorable) : Sans objet

Modalités de suivi de la mesure

Rapport de suivi de l'écologue sur sa visite avant chantier

Localisation de la mesure

Ensemble du tracé

egis

5.6.1.4. R2.1d - Lutte contre les pollutions du chantier

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Lutte contre les pollutions du chantier	**Code mesure : R21d**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase : Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : Caen la mer	

Cible(s) de la mesure :

☑ **Faune et flore**	☐ Sites et paysages	☑ **Air**
☑ **Bruit & vibrations**	☐ Population	☑ **Sol**
☑ **Eau**	☑ **Habitats Naturels**	☐ Biens matériels
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☐ Continuités écologiques	☐ Activités économiques
☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Lutte contre les pollutions du chantier	**Code mesure : R21d**
☑ **Autres pollutions/ nuisances**	
Liens avec d'autres mesures : Sans objet	
Coût estimatif	Coût intégré au coût global des prestations de travaux
Période de mise en œuvre	Pendant les travaux
Durée	Sans objet
Description de la mesure	
Au niveau des bases-vie et du chantier, une attention particulière sera portée à la gestion du matériel, aux émissions de poussières et aux déversements accidentels pouvant polluer les milieux.	
Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance	
Toutes les précautions seront prises pendant la phase de travaux afin d'éviter tout déversement accidentel de produits polluants. Les zones sensibles situées à proximité des travaux, notamment les abords du cours d'eau la Noé, seront matérialisées et protégées par un balisage adéquat (clôtures ou ruban de type « rubalise » par exemple) accompagné de panneaux avertisseurs mentionnant la nature de la zone et les raisons de sa protection. Un effort sera apporté à l'utilisation des matériels moins sonores et plus économes en gaz à effet de serre (pollutions sonores et chimiques). Autant que possible, le chantier ne se déroulera pas de nuit afin de ne pas apporter de pollution lumineuse. Toute entreprise effectuant des travaux sur site fournira des documents de type Plan de Respect de l'Environnement (PRE) et son schéma organisationnel (SOPRE), ainsi que des documents relatifs au traitement des déchets (SOSED).	
Calendrier de réalisation (mois favorable) : Sans objet	
Modalités de suivi de la mesure	
Visite mensuelle du chantier, des stockages et des bases-vie, reportage photos	
Localisation de la mesure	
Sans objet	

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Lutte contre les pollutions du chantier	**Code mesure : R21d**
Illustrations	
Sans objet	
	egis

5.6.1.5. R2.1i - Réduire le risque de piéger la faune sur les chantiers

Projet d'extension du tramway de Caen la mer		
Réduire le risque de piéger la faune sur les chantiers		**Code mesure : R21i**
Opération : **Projet d'extension du tramway de Caen la mer**		**Phase :** **Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : Caen la mer		
Cible(s) de la mesure :		
☑ **Faune et flore**	☐ Sites et paysages	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☐ Population	☐ Sol
☐ Eau	☐ Habitats Naturels	☐ Biens matériels
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☐ Continuités écologiques	☐ Activités économiques
☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques
☐ Autres pollutions/ nuisances		
Liens avec d'autres mesures : Sans objet		
Coût estimatif	Coût intégré au coût global des prestations de travaux	
Période de mise en œuvre	Pendant les travaux	
Durée	Sans objet	
Description de la mesure		
Cette mesure a pour objectif de réduire le risque de piéger la faune sur les chantiers en mettant en place des solutions efficaces : boucher les objets creux (poteaux creux, tuyaux, regards à ouverture libre…), installer des échappatoires à faune (dans les fosses et clôtures).		

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Réduire le risque de piéger la faune sur les chantiers	**Code mesure : R21i**
Un filet bas anti-intrusion (cf. pour les espèces rampantes doit aussi être mis en place entre les espaces verts et le chantier (notamment à proximité des zones protégées définie en mesures d'évitement) afin de limiter l'introduction d'espèces sur le chantier.	
Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance	
Sans objet	
Calendrier de réalisation (mois favorable) : Sans objet	
Modalités de suivi de la mesure	
Visite mensuelle du chantier, comptage de la faune piégée	
Localisation de la mesure	
Ensemble du projet (en particulier dans les zones identifiées par l'écologue)	

5.6.1.6. R2.1f - Gestion des espèces exotiques envahissantes

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Gestion des espèces exotiques envahissantes	**Code mesure : R21f**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase :** Études - Avant-Projet
Maître d'Ouvrage : Caen la mer	

Cible(s) de la mesure :

☑ **Faune et flore**	☐ Sites et paysages	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☐ Population	☐ Sol
☐ Eau	☑ **Habitats Naturels**	☐ Biens matériels
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☐ Continuités écologiques	☐ Activités économiques
☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques
☐ Autres pollutions/ nuisances		

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Gestion des espèces exotiques envahissantes	**Code mesure : R21f**
Liens avec d'autres mesures : Sans objet	
Coût estimatif	Coût intégré au coût global des prestations de travaux
Période de mise en œuvre	Pendant les travaux
Durée	Sans objet
Description de la mesure	

L'effort des actions proposées dans cette mesure doit se porter essentiellement sur les six espèces exotiques envahissantes (EEE) avérées inventoriées dans l'étude floristique, à savoir, pour rappel :

- l'Arbre à papillons (*Buddleja davidii*) ;
- le Cytise faux-ébénier (*Laburnum anagyroides*) ;
- le Laurier palme (*Prunus laurocerasus*) ;
- la Renouée du Japon (*Reynoutria japonica*) ;
- le Robinier faux-acacia (*Robinia pseudoacacia*);
- le Séneçon du cap (*Senecio inaequidens*).

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Diminution du risque de dissémination lors du chantier

Il s'agit d'exiger, de la part des entreprises effectuant les travaux, de nettoyer méticuleusement les engins de chantier avant d'entrer sur le site. En effet, la dissémination des EEE, telle que la renouée du Japon, peut se faire via les engins ayant travaillé dans des milieux colonisés. Les accessoires (pelles, godets, fourches) doivent également être nettoyés pour ne comporter aucun débris végétal, ni aucun résidu de terre risquant d'être contaminée. Des fiches issues du Guide d'identification et de gestion des Espèces Végétales Exotiques Envahissantes sur les chantiers de Travaux Publics sont disponibles dans ce document : https://www.genieecologique.fr/sites/default/files/documents/biblio/leguide_v5-eee_chantiers_compressed.pdf) dont sont issue les recommandations générales (cf. figure ci-après).

Gestion par enlèvement des espèces exotiques envahissantes

Il s'agit d'enlever les espèces en les déracinant (le plus souvent à l'aide d'une tractopelle pour les pieds importants) et veillant à bien retirer les racines puis en l'évacuant vers un centre agréé.

Ces mesures s'appliqueront pareillement à l'ensemble de ces 6 espèces invasives « avérées ».

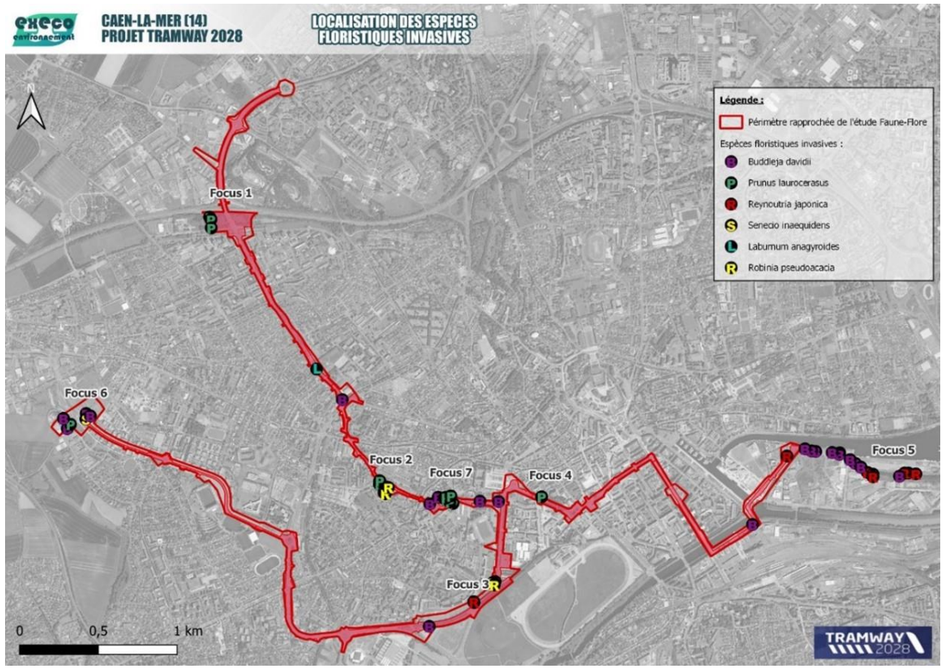
Calendrier de réalisation (mois favorable) : Sans objet

Modalités de suivi de la mesure

Visite mensuelle du chantier

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Gestion des espèces exotiques envahissantes	**Code mesure : R21f**

Illustrations





Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Gestion des espèces exotiques envahissantes	**Code mesure : R21f**
	egis

5.6.1.7. R2.2k - Plantations en faveur de la biodiversité

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Plantations en faveur de la biodiversité	**Code mesure : R22k**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase :** Études - Avant-Projet
Maître d'Ouvrage : Caen la mer	

Cible(s) de la mesure :

☑ **Faune et flore**	☑ **Sites et paysages**	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☐ Population	☐ Sol
☐ Eau	☑ **Habitats Naturels**	☐ Biens matériels
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☑ **Continuités écologiques**	☐ Activités économiques
☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques
☐ Autres pollutions/ nuisances		

Liens avec d'autres mesures : Sans objet

Coût estimatif	2 500 000 €
Période de mise en œuvre	Pendant les travaux / A la fin des travaux
Durée	Sans objet

Description de la mesure

Le projet comprend :

- l'enherbement réfléchi de la plateforme tramway ;
- la plantation de continuités arborées aux abords des futures voies de tramway.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

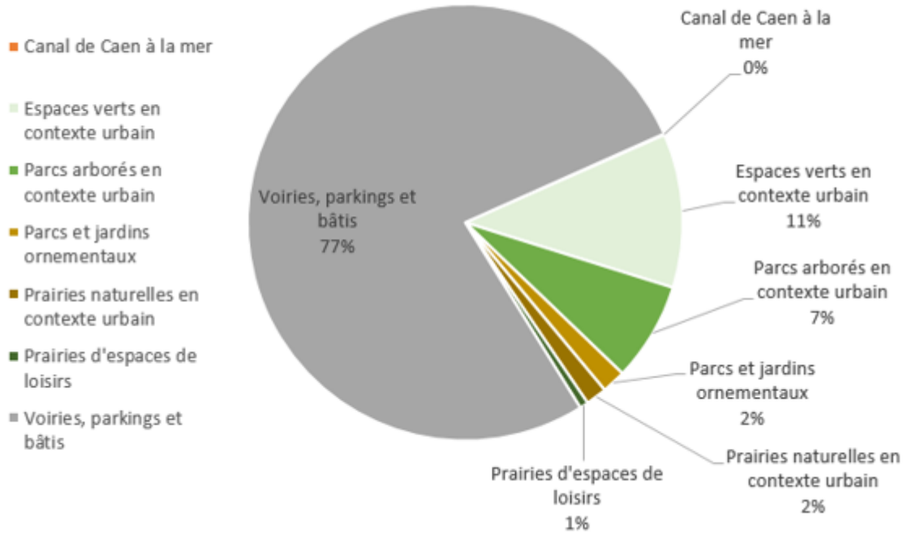
Enherbement de la ligne

Projet d'extension du tramway de Caen la mer

Plantations en faveur de la biodiversité	Code mesure : R22k

L'enherbement réfléchi de la ligne permet de réduire au maximum la superficie imperméable bétonnée et favorise le déplacement naturel de plusieurs groupes faunistiques rampants. Pour rappel, 33% de la surface de la future ligne est actuellement enherbée : il s'agit donc de réduire l'impact de l'implantation de la ligne sur ces espaces déjà enherbés. La plateforme de la future ligne sera enherbée à 80% ce qui représentera un gain en espaces végétalisés (67% sont actuellement imperméabilisés). L'ensemencement des plateformes enherbées sera fait avec des espèces rustiques et locales telles que des graminées (brome, fétuques, etc.) et de fleurs sauvages et légumineuses (trèfles, pâquerettes, etc.). Ces espèces assurent un enherbement résistant au stress hydrique et ne nécessitent donc pas d'arrosage, sauf durant le premier été pour assurer la reprise de la végétation. La plateforme ne sera donc pas arrosée, ce qui respecte les préconisations en matière d'économie d'eau. Il est recommandé de réaliser les semis en automne, car l'installation de ces plantes nécessite plus de temps que des espèces horticoles.

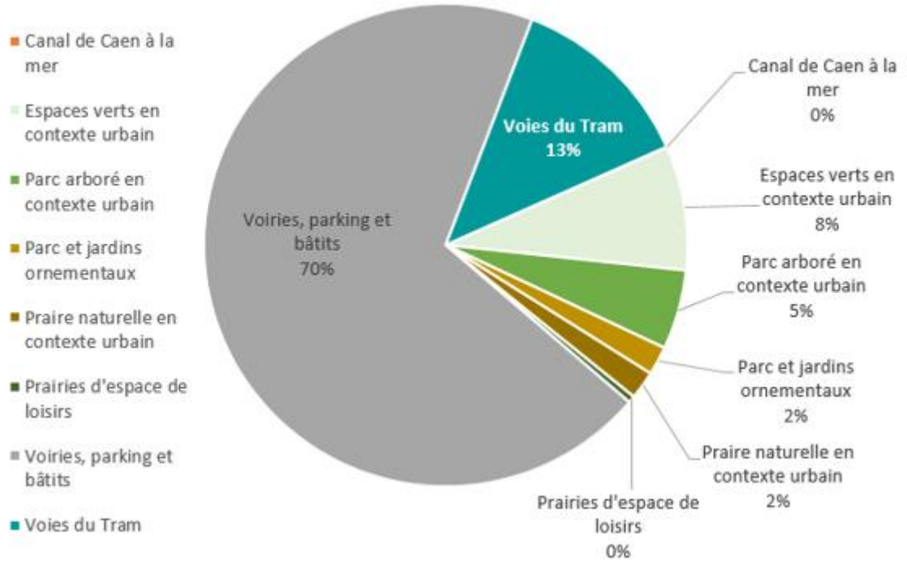
Répartition des habitats sur la zone d'étude avant projet (état actuel)



Projet d'extension du tramway de Caen la mer

Plantations en faveur de la biodiversité	Code mesure : R22k

Répartition des habitats sur la zone d'étude après projet (état futur)



Plantation de continuités arborées

Un alignement d'arbres sera planté le long de la ligne, dès que cela est possible, afin de consolider la trame verte urbaine. Le projet prévoit dans ce cadre la plantation de 810 arbres, tous choisis en fonction de leurs qualités (essences endémiques, écologiquement intéressantes, adaptées au changement climatique…).

Au préalable, l'espace sera aménagé en pleine terre (dans la situation initiale, les arbres sont dans des fosses individuelles).

De plus, la strate arbustive sera développée globalement sur l'ensemble du tracé afin de relier les arbres d'alignements entre eux lorsque cela sera possible et ainsi développer les micro-trames vertes urbaines (strates intermédiaires, graminées…). La strate arbustive sera largement développée en pieds d'arbres, le long du parcours de tramway. Ces arbustes bas ou à développement modéré contribueront au soutien de la biodiversité en ville, et notamment de l'avifaune en fournissant de la nourriture hivernale par le biais des baies produites par les arbustes choisis. De plus, la plantation d'arbustes, de plantes couvre-sol ou herbacées (principe de base le long de la ligne de tramway) permet de conserver un sol vivant par l'activité qu'elles autorisent (maintien d'une humidité, d'une activité biologique). L'impact esthétique sera positif et l'entretien minimum. Comme pour les arbres, les essences utilisées seront des espèces majoritairement indigènes à la région (naturellement présentes). (Rappelons que les taxons horticoles possèdent un intérêt écologique bien inférieur à celui de la flore indigène). Cette mesure garantit donc un gain qualitatif à moyen et long terme de la fonctionnalité des alignements d'arbres. La plantation se fera rapidement une fois que les sites de plantation seront accessibles après travaux. Les arbres nouvellement plantés disposeront d'un dispositif de protection du tronc ou du plant entier.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Plantations en faveur de la biodiversité	**Code mesure : R22k**

En termes de temporalité, les travaux s'étaleront dans le temps et l'espace et seront organisés par phase.

En résumé, à chaque fois qu'il le sera possible, les arbres en place seront conservés et, à chaque fois que l'espace libre le permettra, la plantation d'arbres apportera à moyen et long terme une plus-value écologique à la trame urbaine et une ombre appréciable le long des tracés. La mise en place de toutes ces mesures permettra de réaliser des aménagements urbains appréciés de la faune, mais aussi conviviaux. Dans un contexte de réchauffement climatique, la fraîcheur apportée par la végétation participera au bien-être animal, mais aussi humain.

Les fonctionnalités des alignements d'arbres seront conservées voire augmentées : l'équivalence écologique avant/après projet est positive.

Calendrier de réalisation (mois favorable) : Dès que les sites de plantation seront accessibles après travaux

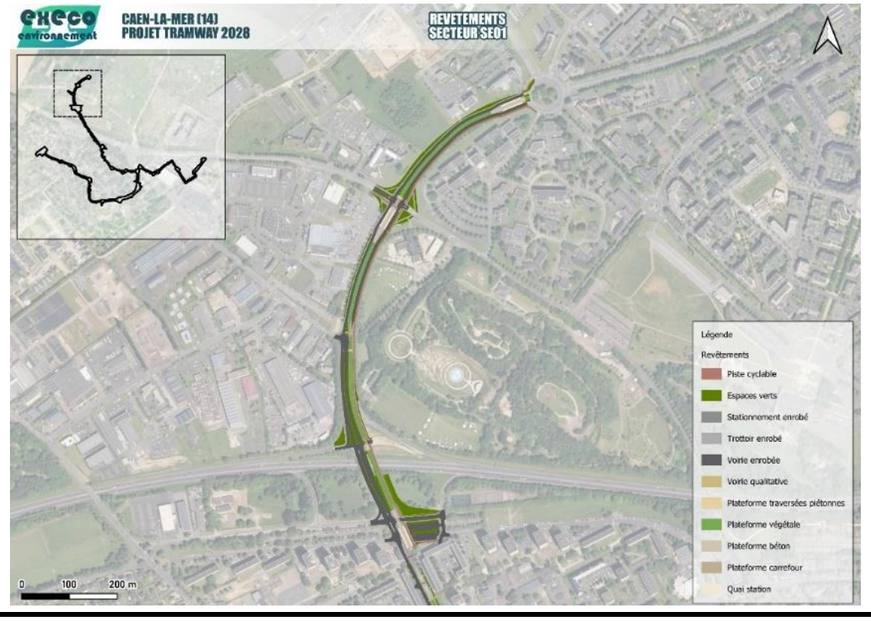
Modalités de suivi de la mesure

Contrôle des mélanges de graines utilisés, visites d'observation à N+1

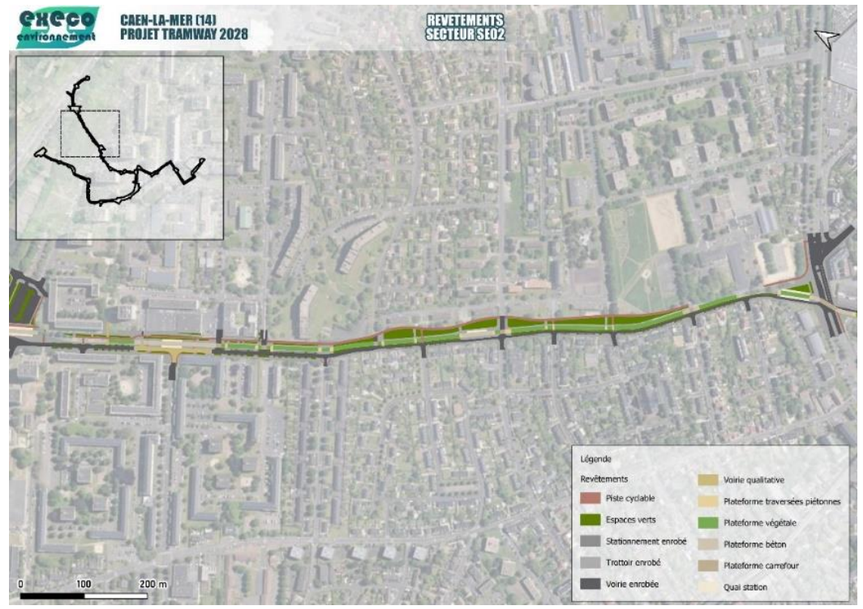
Rapport de contrôle des arbres plantés en lien avec un suivi paysager

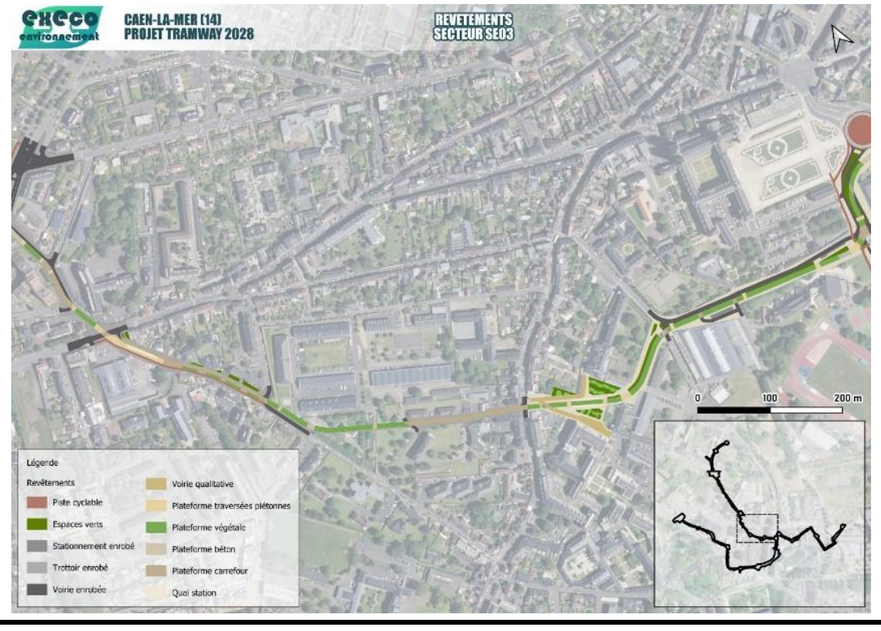
Localisation de la mesure

Secteurs plantés, cartes ci-dessous



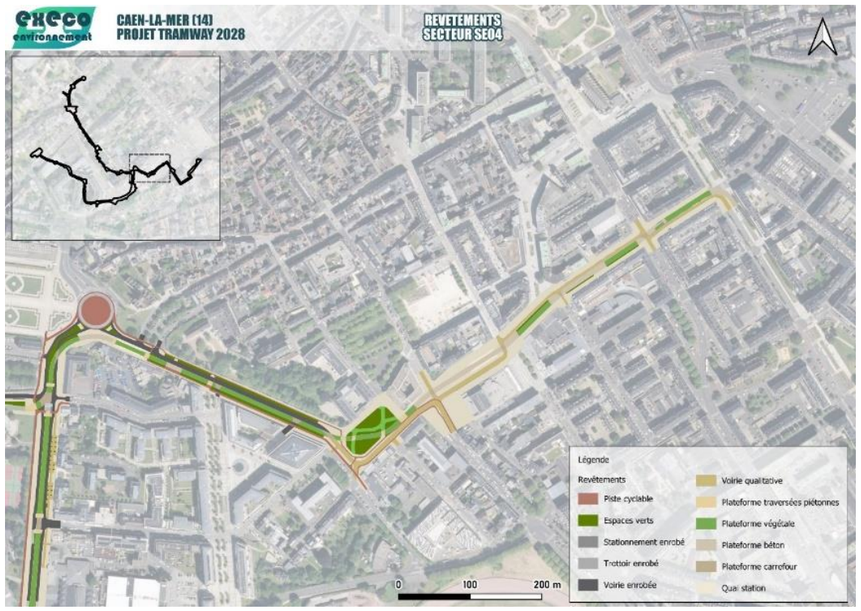
Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Plantations en faveur de la biodiversité	**Code mesure : R22k**





Projet d'extension du tramway de Caen la mer

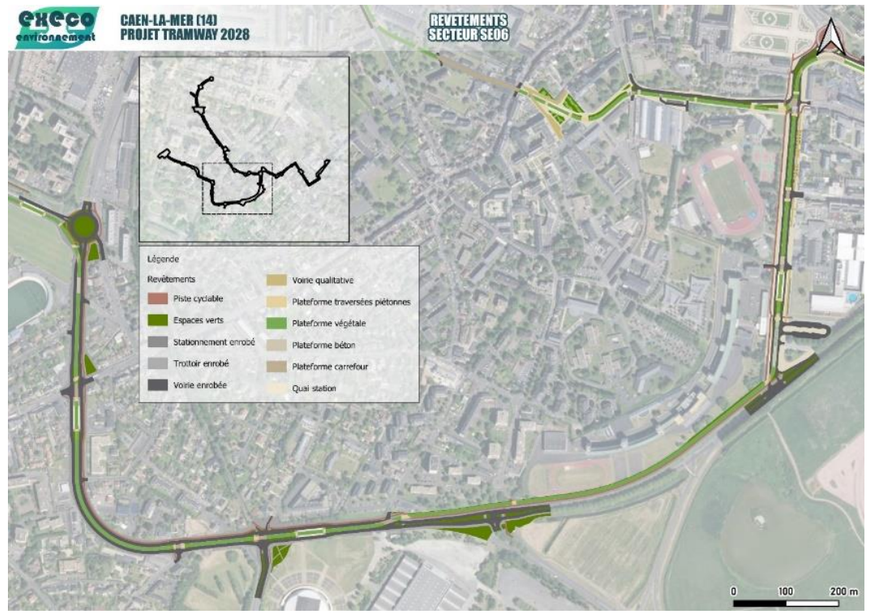
Plantations en faveur de la biodiversité | **Code mesure : R22k**

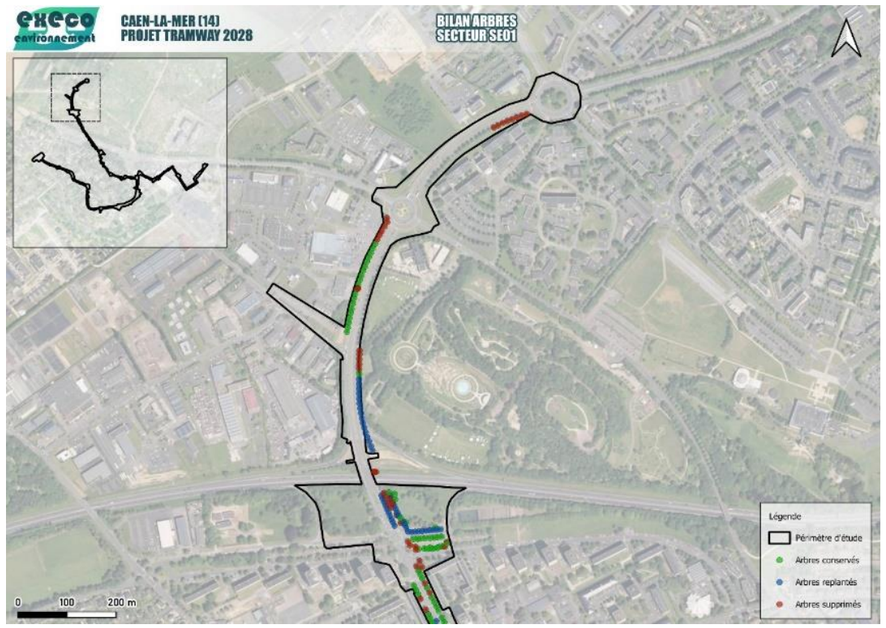




Projet d'extension du tramway de Caen la mer

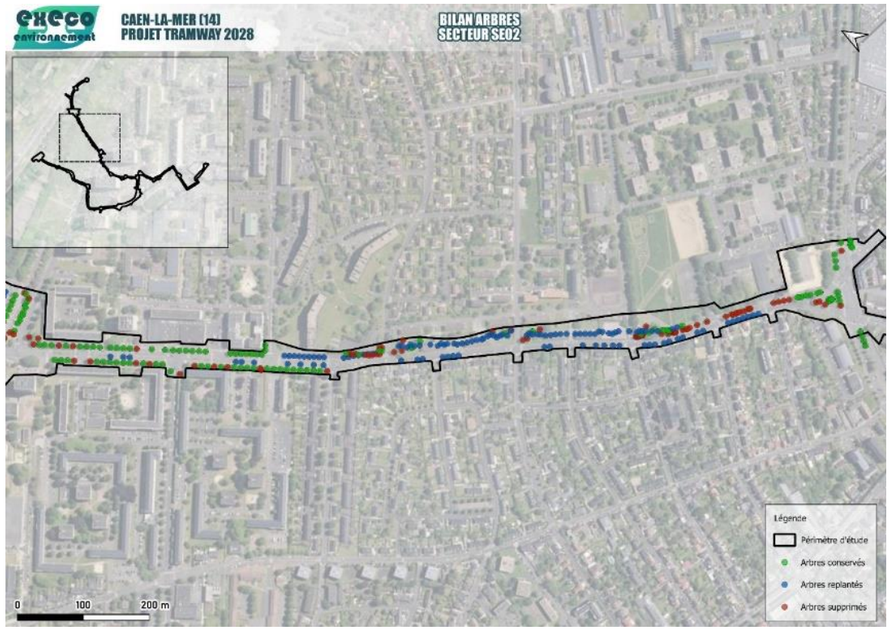
Plantations en faveur de la biodiversité | **Code mesure : R22k**

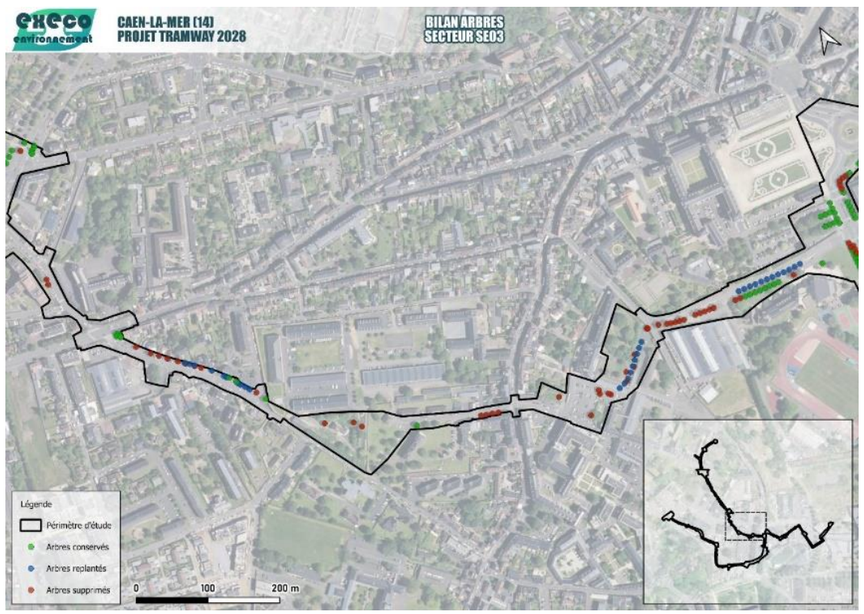




Projet d'extension du tramway de Caen la mer

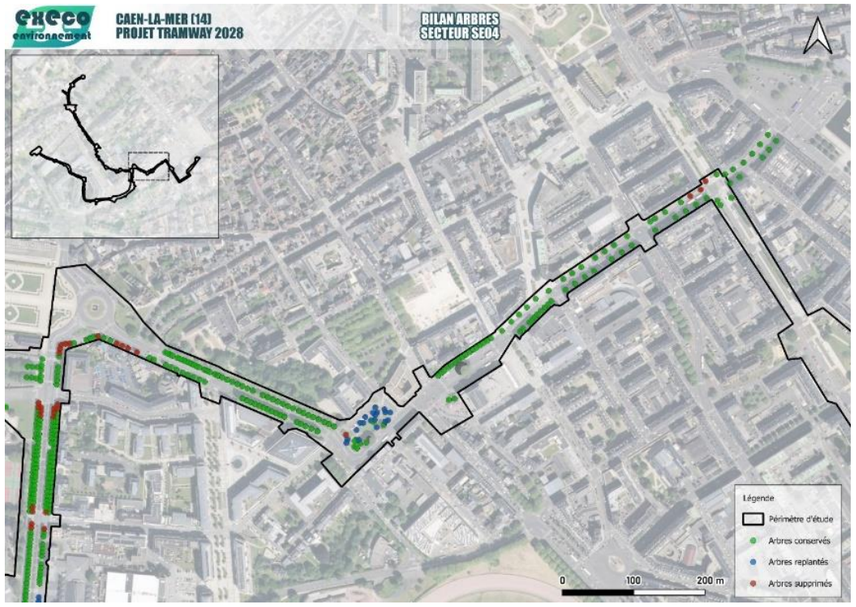
Plantations en faveur de la biodiversité | **Code mesure : R22k**

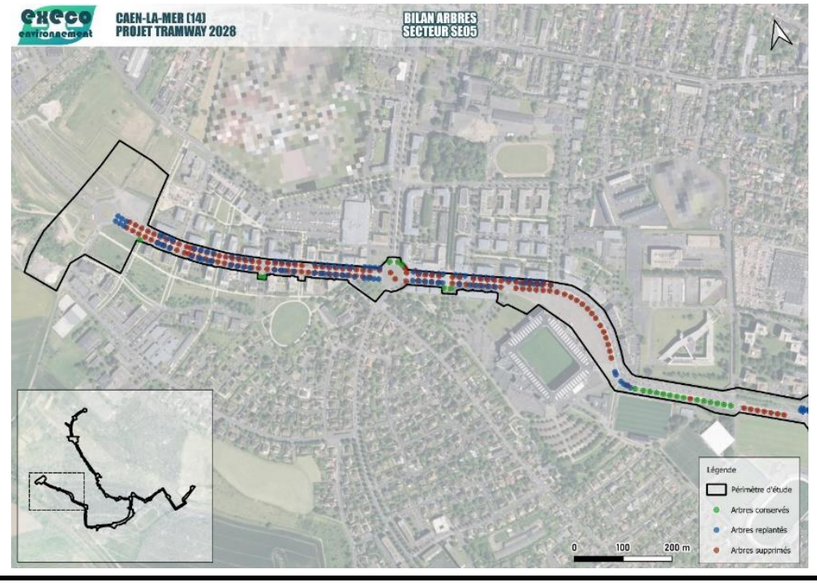




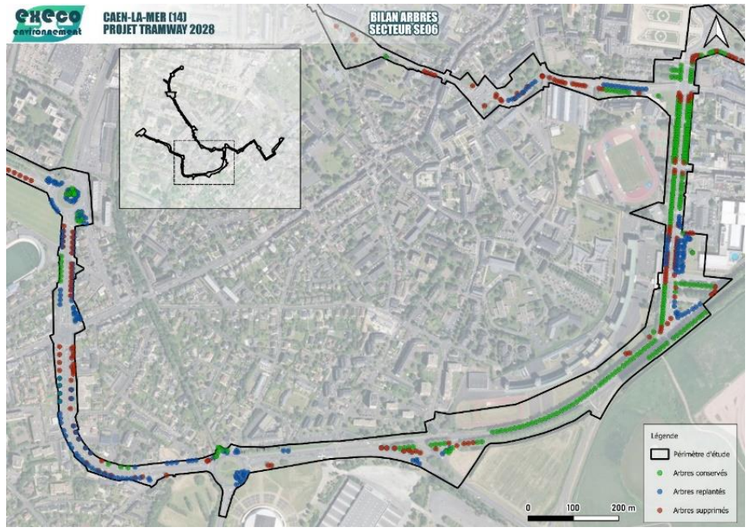
Projet d'extension du tramway de Caen la mer

Plantations en faveur de la biodiversité | **Code mesure : R22k**





Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Plantations en faveur de la biodiversité	**Code mesure : R22k**



egis

5.6.1.8. R2.1a – Mise en défens des zones refuges du Hérisson d'Europe et des espaces les plus arborés lors des travaux

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Mise en défens des zones refuges du Hérisson d'Europe et des espaces les plus arborés lors des travaux	**Code mesure : R21a**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase :** Études - Avant-Projet
Maître d'Ouvrage : Caen la mer	

Cible(s) de la mesure :

☑ **Faune et flore**	☐ Sites et paysages	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☐ Population	☐ Sol
☐ Eau	☑ **Habitats Naturels**	☐ Biens matériels
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☑ **Continuités écologiques**	☐ Activités économiques
☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Mise en défens des zones refuges du Hérisson d'Europe et des espaces les plus arborés lors des travaux	**Code mesure : R21a**

☐ Autres pollutions/ nuisances

Liens avec d'autres mesures : Sans objet

Coût estimatif	2 000€ - 5 000€
Période de mise en œuvre	Travaux
Durée	Toute la durée du chantier

Description de la mesure

Ces zones refuges du Hérisson d'Europe sont présentes en périphérie Nord et Sud du jardin de la maison du Général. Elles sont caractérisées par des pieds de haies ombragées, arborant d'une végétation plus dense, où les feuilles et brindilles se concentrent et où la gestion y est très ponctuelle : ce sont des zones où le hérisson, les oiseaux et les chiroptères vont pouvoir établir leur nid, hiberner, mettre bas, élever des jeunes et chasser.

Mesure prise en phase de conception du projet

Une réflexion particulière en phase de conception du projet a permis de limiter la dégradation ou destruction de l'habitat du Hérisson d'Europe (site de reproduction et aire de repos).

Mise en défens des zones refuges du Hérisson d'Europe lors des travaux

Ces zones refuges doivent être protégées de toute modification physique du milieu durant les travaux. La fréquentation de l'Homme doit être aussi limitée aux suivis. Cette mesure évite ainsi toute dégradation ou destruction de l'habitat du hérisson (site de reproduction et aire de repos) durant les travaux mais aussi durant l'exploitation de la ligne de tramway. En effet, ces zones protégées sont vouées à être conservées pour créer des véritables zones préservées en faveur de la biodiversité.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Les zones refuges du Hérisson d'Europe seront protégées par la mise en place de filets / barrières.

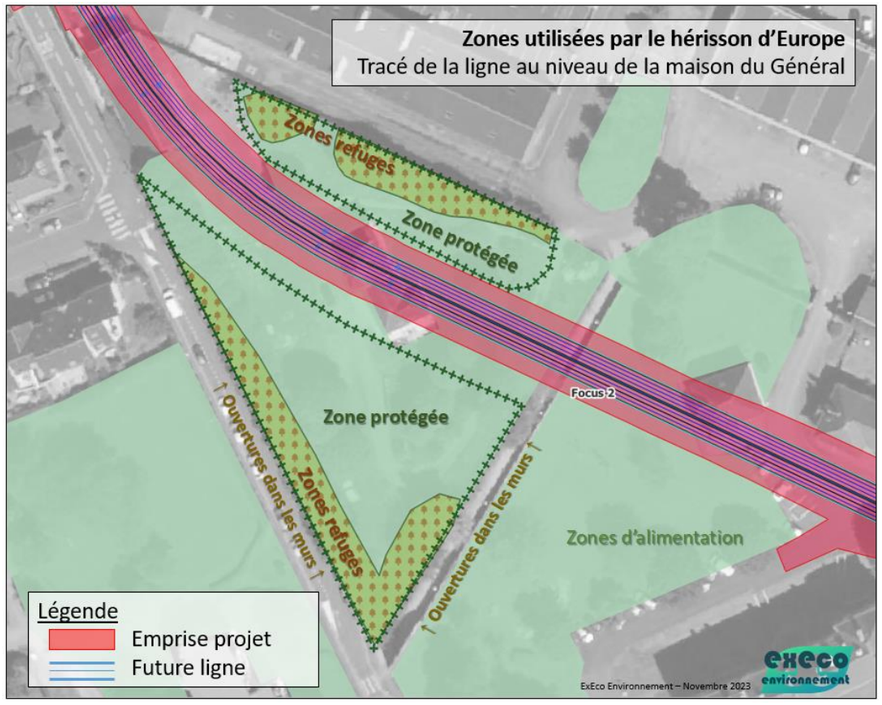
Calendrier de réalisation (mois favorable) : Sans objet

Modalités de suivi de la mesure

Présence d'un balisage, absence de dégradation du milieu

Localisation de la mesure

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Mise en défens des zones refuges du Hérisson d'Europe et des espaces les plus arborés lors des travaux	**Code mesure : R21a**



egis

5.6.1.9. A6.1a - Formation du personnel lors du chantier et communication sur les zones protégées

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Formation du personnel lors du chantier et communication sur les zones protégées	**Code mesure : A61a**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase :** Études - Avant-Projet
Maître d'Ouvrage : Caen la mer	

Projet d'extension du tramway de Caen la mer		
Formation du personnel lors du chantier et communication sur les zones protégées		**Code mesure : A61a**

Cible(s) de la mesure :

- ☑ **Faune et flore**
- ☐ Sites et paysages
- ☐ Air
- ☐ Bruit & vibrations
- ☐ Population
- ☐ Sol
- ☐ Eau
- ☑ **Habitats Naturels**
- ☐ Biens matériels
- ☐ Patrimoine culturel et archéologique
- ☑ **Continuités écologiques**
- ☐ Activités économiques
- ☐ Facteurs climatiques
- ☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs
- ☐ Risques technologiques
- ☐ Autres pollutions/ nuisances

Liens avec d'autres mesures : Sans objet

Coût estimatif	2 000 €
Période de mise en œuvre	Pendant les travaux
Durée	Sans objet

Description de la mesure

Formation du personnel lors du chantier

Il sera important de communiquer sur les risques que le chantier peut porter sur la biodiversité, comment les éviter et comment mettre en place les bonnes mesures (en lien avec la mesure de réduction "Réduire le risque de piéger la faune sur les chantiers").

Communication sur les zones protégées durant la phase travaux (lien avec la mesure d'accompagnement "Augmenter la biodiversité dans les zones préservées")

L'objectif de cette mesure est de s'assurer que la protection des zones d'intérêt pour la biodiversité urbaine sera bien prise en compte en phase chantier. Il sera installé des panneaux d'information pour expliquer les intérêts de la mise en défends de ces zones, à destination des opérateurs du chantier et du grand public. Cette communication passe aussi par la formation orale et écrite (documents internes) auprès des entreprises intervenantes.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Mise en place de panneaux d'information à court terme

Calendrier de réalisation (mois favorable) : Sans objet

Modalités de suivi de la mesure

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Formation du personnel lors du chantier et communication sur les zones protégées	**Code mesure : A61a**
Bonnes pratiques et connaissances	
Localisation de la mesure	
Sans objet	
	egis

5.6.1.10. A3.1z – Augmenter la biodiversité dans les zones préservées

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Augmenter la biodiversité dans les zones préservées	**Code mesure : A31z**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase : Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : Caen la mer	
Cible(s) de la mesure : ☑ **Faune et flore** ☐ Sites et paysages ☐ Air ☐ Bruit & vibrations ☐ Population ☐ Sol ☐ Eau ☑ **Habitats Naturels** ☐ Biens matériels ☐ Patrimoine culturel et archéologique ☑ **Continuités écologiques** ☐ Activités économiques ☐ Facteurs climatiques ☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs ☐ Risques technologiques ☐ Autres pollutions/ nuisances	
Liens avec d'autres mesures : Sans objet	
Coût estimatif	1 000 €
Période de mise en œuvre	Pendant les travaux
Durée	Sans objet
Description de la mesure	
Ces zones sont, pour l'instant, soit dans un jardin ornemental, soit dans un échangeur planté du périphérique. Elles ont une pression de gestion assez forte qui ne correspond pour l'instant pas à une gestion raisonnée favorable à la biodiversité. Par exemple, dans le jardin de la maison du Général, la zone enherbée est fauchée en mai, période d'activité de beaucoup de groupes faunistiques. Le but de cette mesure et de redonner un aspect naturel à ces deux zones en permettant à un maximum de diversité de s'exprimer. • La végétation sera densifiée dans le jardin de la maison du Général. • Un alignement d'arbres en voirie viendra accroître la végétalisation d'alignement autour du milieu ouvert que constitue l'échangeur du Chemin vert. • Dans le jardin de la maison du Général, la zone enherbée est fauchée en mai, période d'activité de beaucoup de groupes faunistiques. Une réflexion pourra être engagée avec les services des espaces verts de Caen la mer pour privilégier un fauchage tardif.	
Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance	
Fauchage tardif Mise en place d'une prairie semée Implantation d'espèces endémiques utilisées par à la faune locale	
Calendrier de réalisation (mois favorable) : Sans objet	
Modalités de suivi de la mesure	
Inventaires donnant une augmentation de la diversité faunistique et floristique	
Localisation de la mesure	
Sans objet	
	egis

5.6.1.11. A3.1a – Installation de gîtes artificiels

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Installation de gîtes artificiels	**Code mesure : A31a**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase : Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : Caen la mer	
Cible(s) de la mesure : ☑ **Faune et flore** ☐ Sites et paysages ☐ Air	

Projet d'extension du tramway de Caen la mer

Installation de gîtes artificiels	Code mesure : A31a

- ☐ Bruit & vibrations
- ☐ Population
- ☐ Sol
- ☐ Eau
- ☑ **Habitats Naturels**
- ☐ Biens matériels
- ☐ Patrimoine culturel et archéologique
- ☐ Continuités écologiques
- ☐ Activités économiques
- ☐ Facteurs climatiques
- ☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs
- ☐ Risques technologiques
- ☐ Autres pollutions/ nuisances

Liens avec d'autres mesures : Sans objet

Coût estimatif : 2 500 €

	Prix/unité	Nbr d'unités	Prix total
Hotels à insectes	150	11	1650
Nichoirs	20	29	580
Gîtes à chiroptères	35	6	210
Abris à hérisson	30	2	60
			2500

Période de mise en œuvre : Pendant les travaux

Durée : Sans objet

Description de la mesure

Des gîtes artificiels seront installés dès le début des travaux en faveur du Hérisson d'Europe, des chiroptères, des oiseaux et des insectes (sources de nourriture pour les chiroptères et oiseaux).

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Il existe différents gîtes ciblant des espèces particulières. Le maître d'œuvre se rapprochera de structures spécialisées (associations en priorité) ayant les connaissances et l'expérience dans la pose de gîtes artificiels. Ces gîtes et nichoirs, seront posés dans les zones refuges et protégées définies dans les mesures d'évitement et de réduction, mais pourront aussi être posés sur les espaces verts déjà en place ou sur les jeunes arbres nouvellement plantés, notamment dans les zones Focus, afin d'apporter rapidement un gain d'intérêt écologique pour ces arbres (plus rapidement fonctionnel pour l'avifaune si un nichoir y est installé). Il est préconisé d'installer des dispositifs diversifiés dès la phase travaux.

La carte suivante propose l'installation de 48 gîtes artificiels diversifiés afin de compléter la fonctionnalité écologique des espaces végétalisés déjà en place ou aménagés dans le cadre du projet : 2 gîtes à hérisson (de part et d'autre de la maison du Général), 6 gîtes à chiroptères, 8 nichoirs ouverts (adaptés aux rougegorges familiers, troglodytes mignons, rougequeues noirs,…), 11 nichoirs avec une entrée de 28 mm (adaptés aux petites mésanges comme les mésanges bleues, huppées ou nonette), 10 nichoirs avec une entrée de 34 mm (adaptés aux moineaux domestiques, sitelles torchepot ou encore à la mésange charbonnière) et 11 hôtels à insectes.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer

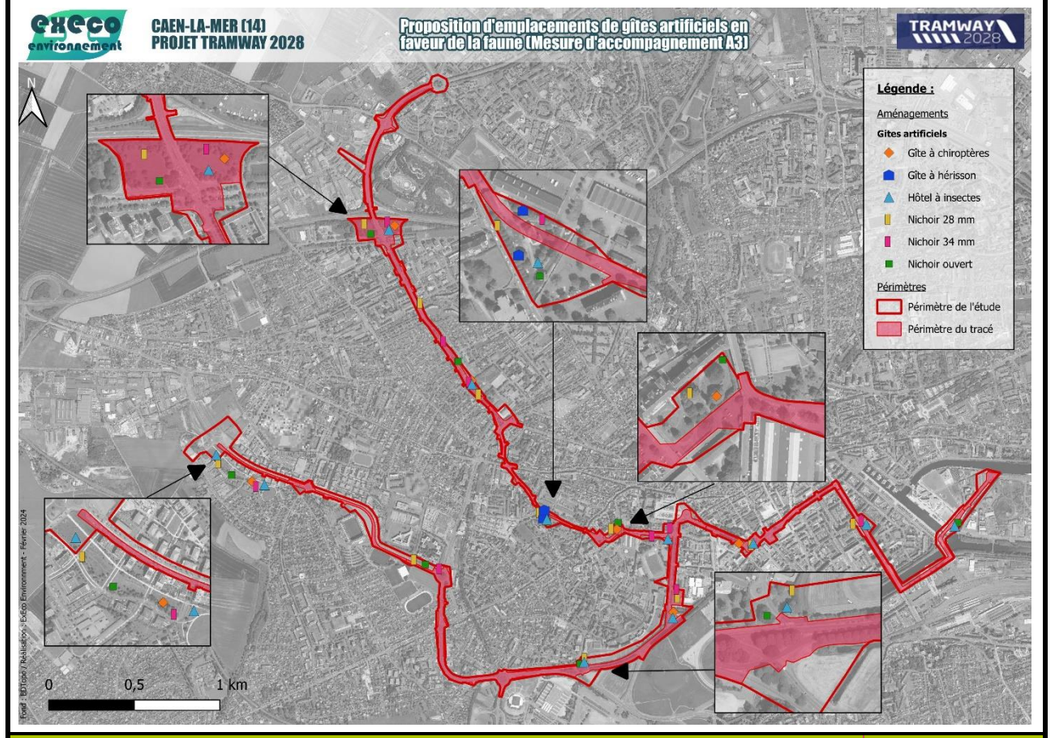
Installation de gîtes artificiels	Code mesure : A31a

Calendrier de réalisation (mois favorable) : Sans objet

Modalités de suivi de la mesure

Suivi de la fréquentation des gîtes et du succès reproducteur

Localisation de la mesure



egis

5.6.2. En phase d'exploitation

5.6.2.1. R2.2c - Prise en compte de la faune nocturne pour la gestion des éclairages

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Prise en compte de la faune nocturne pour la gestion des éclairages	**Code mesure : R22c**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase :** Études - Avant-Projet
Maître d'Ouvrage : Caen la mer	

Cible(s) de la mesure :

☑ **Faune et flore**	☐ Sites et paysages	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☐ Population	☐ Sol
☐ Eau	☑ **Habitats Naturels**	☐ Biens matériels
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☑ **Continuités écologiques**	☐ Activités économiques
☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques
☑ **Autres pollutions/ nuisances**		

Liens avec d'autres mesures : Sans objet

Coût estimatif	Coût globalisé dans la conception du projet
Période de mise en œuvre	Pendant les travaux et en exploitation
Durée	Sans objet

Description de la mesure

Rappelons que le projet s'inscrit globalement sur des voiries urbaines existantes et éclairées ; il n'implique donc pas d'éclairage supplémentaire dans l'absolu. Là où, localement, le projet implique l'éclairage de zones aujourd'hui relativement préservées (c'est-à-dire globalement, dans les focus de l'aire d'étude), les niveaux d'éclairage la nuit seront basés sur le minimum du respect de la réglementation en termes de sécurité des personnes. Il s'agira :

- d'abaisser les niveaux lumineux et de proposer un éclairage qui contribuera à créer des ambiances plus accueillantes pour favoriser l'appropriation des espaces par tous les publics ;
- de cibler l'éclairage sur les usages, notamment les modes doux, pour éviter tout éclairage inutile, en particulier sur les espaces naturels ;

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Prise en compte de la faune nocturne pour la gestion des éclairages	**Code mesure : R22c**

- dans les secteurs à enjeux écologiques, de procéder à l'extinction de l'éclairage associé à la voirie routière de 1 h à 5 h si cet éclairage est distinct des voies modes doux (qui restent éclairées en permanence) ;
- dans les zones présentant un enjeu écologique particulier (site de la maison du Général), de procéder à une temporisation des éclairages, avec un fonctionnement combinant un minimum en veille et un maximum sur détection ;
- d'éviter toute diffusion de lumière vers le ciel en choisissant des modèles qui canalisent le faisceau lumineux vers le sol,
- d'utiliser des lampes peu polluantes LED en 2200°K respectueuses de l'environnement et de la biodiversité (hors hypercentre où l'éclairage sera de type LED 3 000 K en concordance avec les dispositifs d'ores et déjà en place).

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Cette mesure devra être appliquée particulièrement à certains endroits du tracé où la présence des chauves-souris était notamment remarquable en qualité et en quantité : la place Gambetta et la maison du Général.

Le projet prévoit :

- une conservation de l'hypercentre à une température 3 000 K ;
- un abaissement à 2 200 K le long des corridors écologiques (dont boulevard Bertrand et avenue Sorel) ;
- l'extinction de l'éclairage associé à la voirie routière de 1 h à 5 h si cet éclairage est distinct des voies modes doux ;
- la mise en place d'une temporisation des éclairages avec système de détection sur le site de la maison du Général.

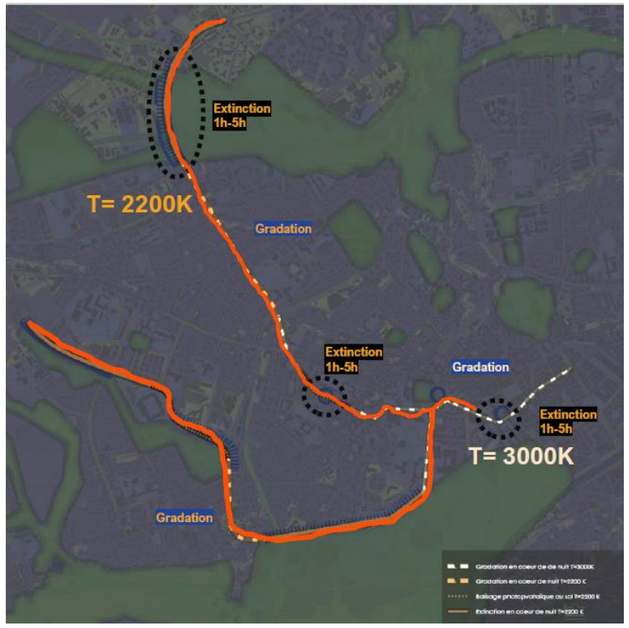
Calendrier de réalisation (mois favorable) : Sans objet

Modalités de suivi de la mesure

Activité chiroptérologique, contrôle des plages horaires d'éclairage

Localisation de la mesure

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Prise en compte de la faune nocturne pour la gestion des éclairages	**Code mesure : R22c**



egis

5.6.2.2. A6.2c – Mise en valeur des zones protégées par des actions de communication

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Mise en valeur des zones protégées par des actions de communication	**Code mesure : A62c**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase :** Études - Avant-Projet
Maître d'Ouvrage : Caen la mer	

Cible(s) de la mesure :

- ☑ **Faune et flore**
- ☐ Sites et paysages
- ☐ Air
- ☐ Bruit & vibrations
- ☐ Population
- ☐ Sol
- ☐ Eau
- ☑ **Habitats Naturels**
- ☐ Biens matériels
- ☐ Patrimoine culturel et archéologique
- ☑ **Continuités écologiques**
- ☐ Activités économiques
- ☐ Facteurs climatiques
- ☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs
- ☐ Risques technologiques
- ☐ Autres pollutions/ nuisances

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Mise en valeur des zones protégées par des actions de communication	**Code mesure : A62c**

Liens avec d'autres mesures : Sans objet

Coût estimatif	1 500 € - 2 000 €
Période de mise en œuvre	En exploitation
Durée	Sans objet

Description de la mesure

Il est important de communiquer auprès du grand public sur l'utilité de conserver les zones protégées après travaux. Il sera installé des panneaux d'information pour illustrer l'intérêt et les espèces « cibles » de la délimitation (le Hérisson d'Europe dans le jardin de la maison du Général, les oiseaux et les chiroptères dans l'échangeur du Chemin Vert) afin que les intérêts de la mise en défens de ces zones soient bien compris des opérateurs du chantier et du grand public. En effet, afin de garder leurs fonctionnalités, elles pourront sembler « moins gérées » et susciter le questionnement des riverains. Des actions de communication type animation de découverte de la nature pourront être mises en place à destination du grand public et des agents en charge de la gestion de ces espaces.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Sans objet.

Calendrier de réalisation (mois favorable) : Sans objet

Modalités de suivi de la mesure

Mise en place de panneaux d'information à long terme

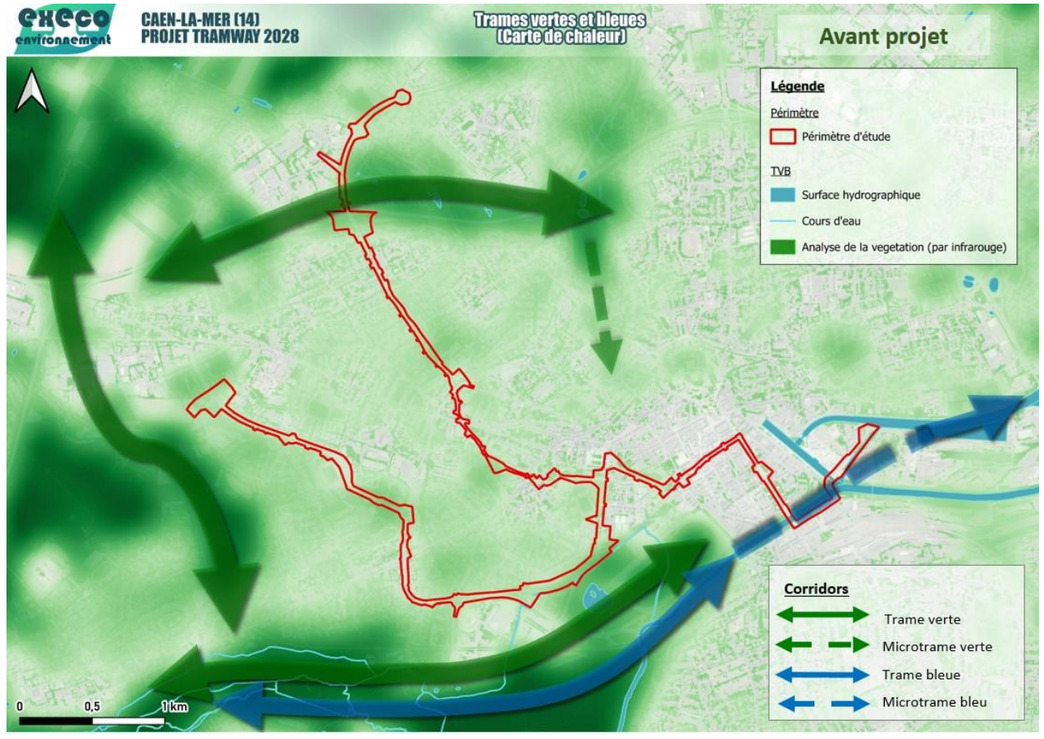
Localisation de la mesure

Sans objet

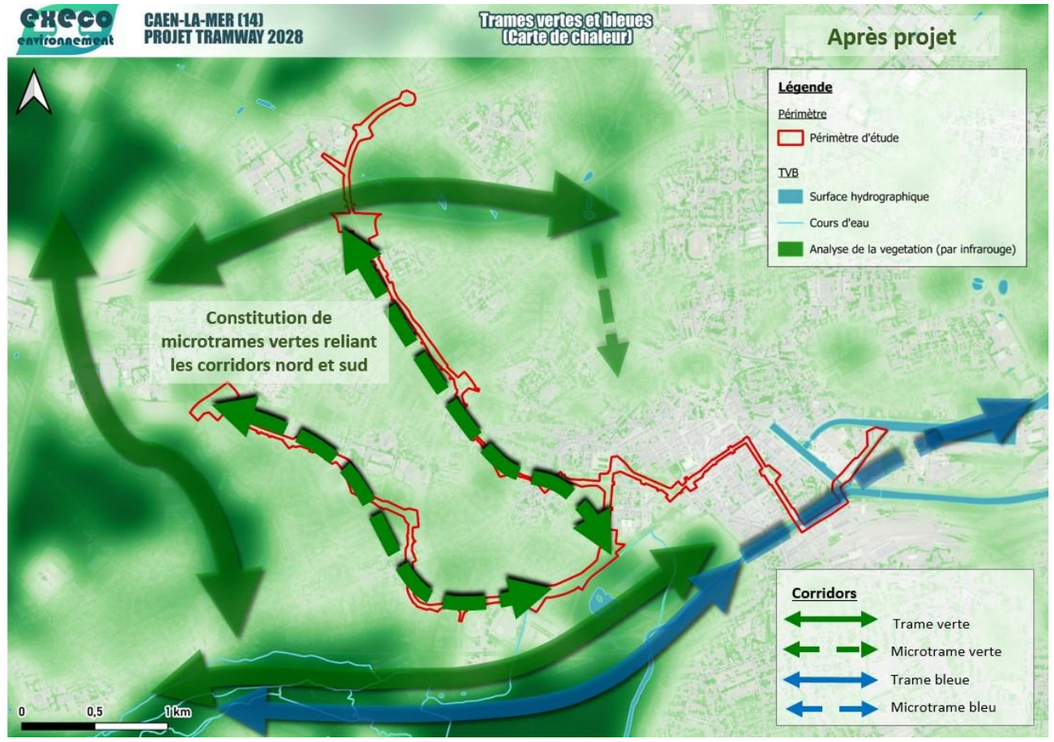
egis

5.7. CORRIDORS ÉCOLOGIQUES

Grâce aux mesures d'évitement (permettant d'éviter l'impact sur les grands éléments de la Trame Verte à proximité du projet) et grâce aux mesures de réduction (notamment la mesure portant sur la réduction de l'emprise du projet, la mesure d'enherbement de la ligne et de densification des continuités arborées, de véritables micro-trames apparaîtront au sein de la ville de Caen, suivant la nouvelle ligne, et permettant ainsi de connecter les grands corridors identifiés au Nord, à l'Ouest et au Sud de la ville.



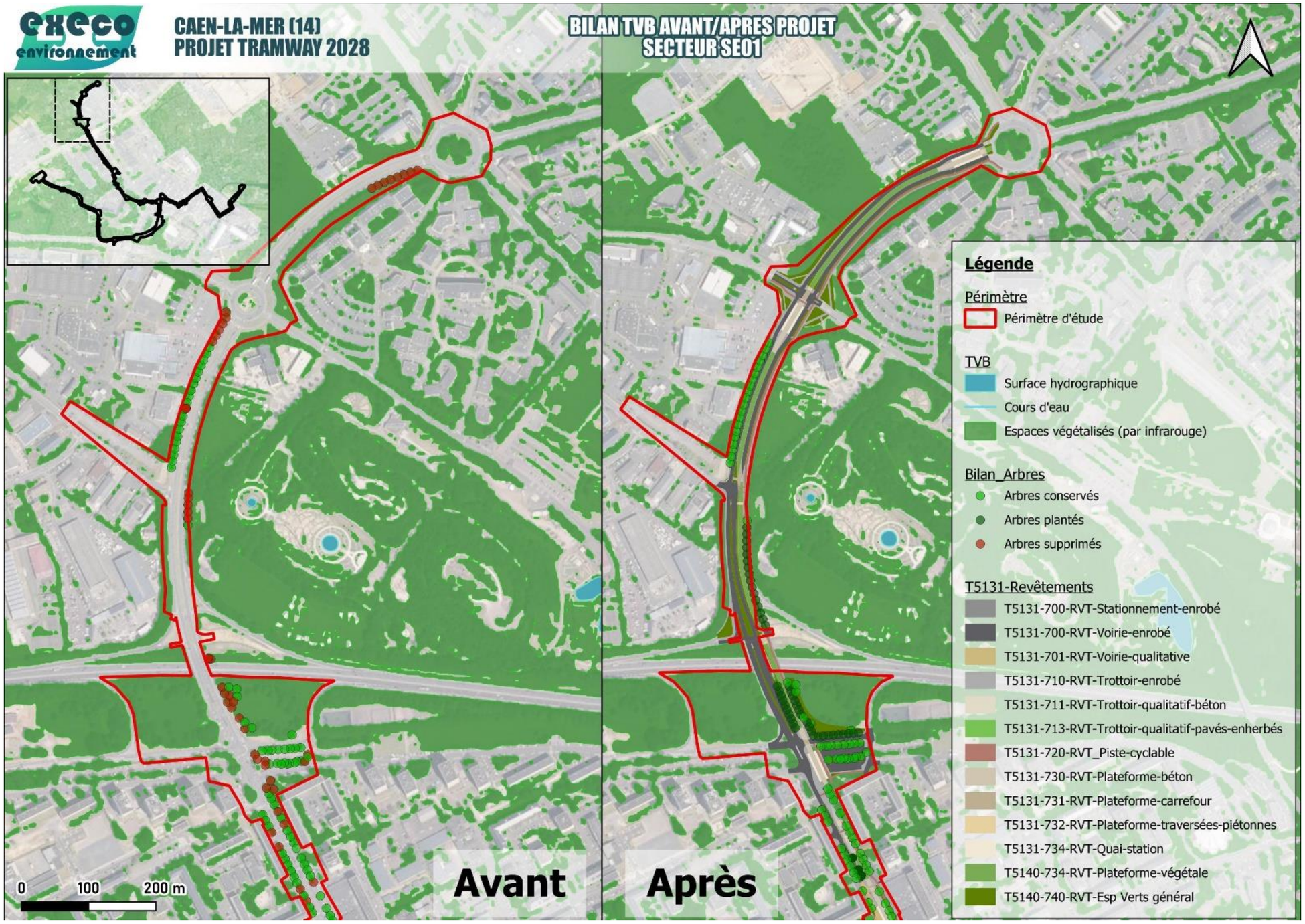
Carte des corridors écologiques de la ville de Caen avant projet (source : ExEco Environnement)



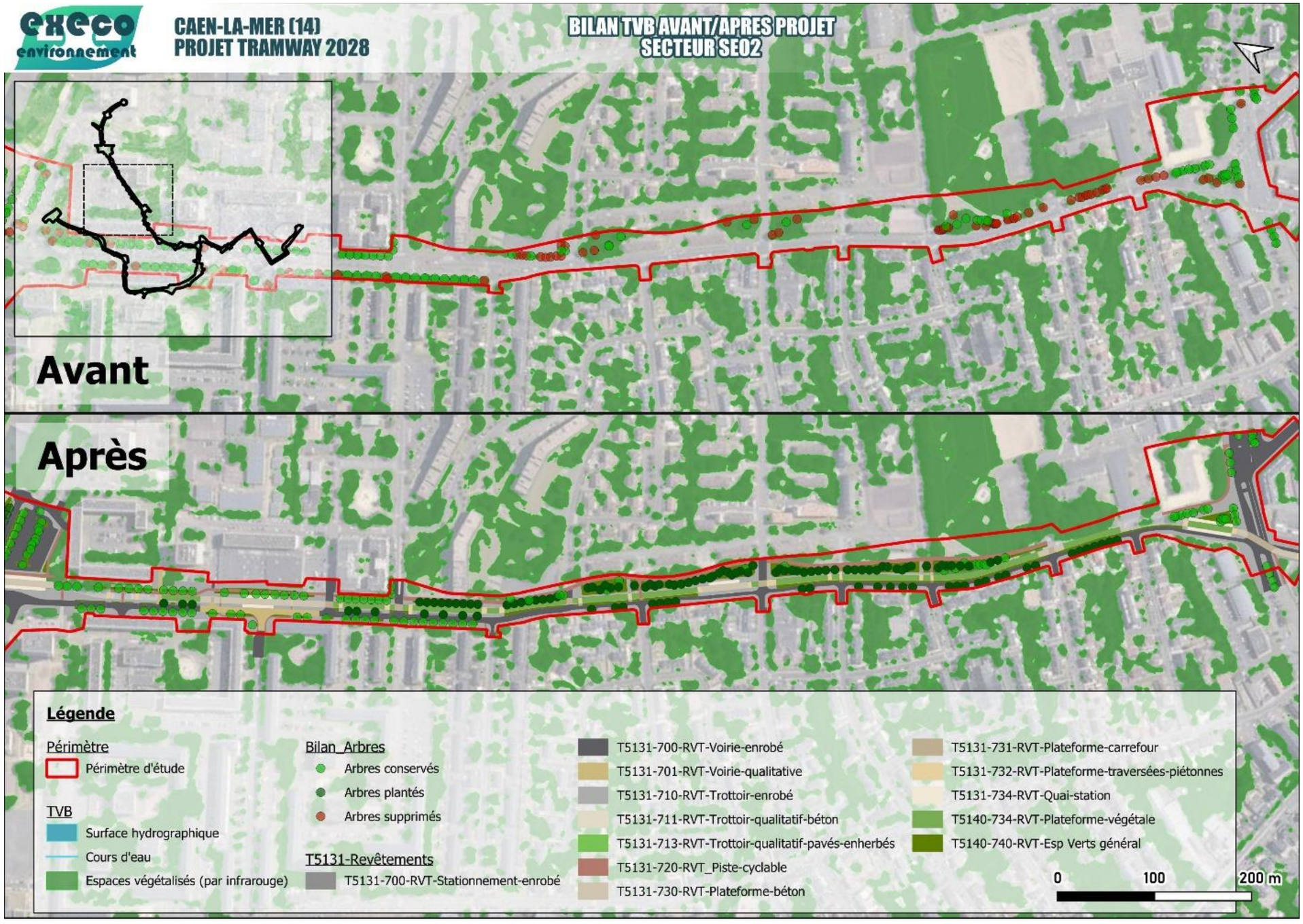
Carte des corridors écologiques de la ville de Caen après projet (source : ExEco Environnement)

Les cartes présentées en pages suivantes permettent d'illustrer le bilan relatif à la trame verte avant projet et après mise œuvre des mesures d'évitement et de réduction.

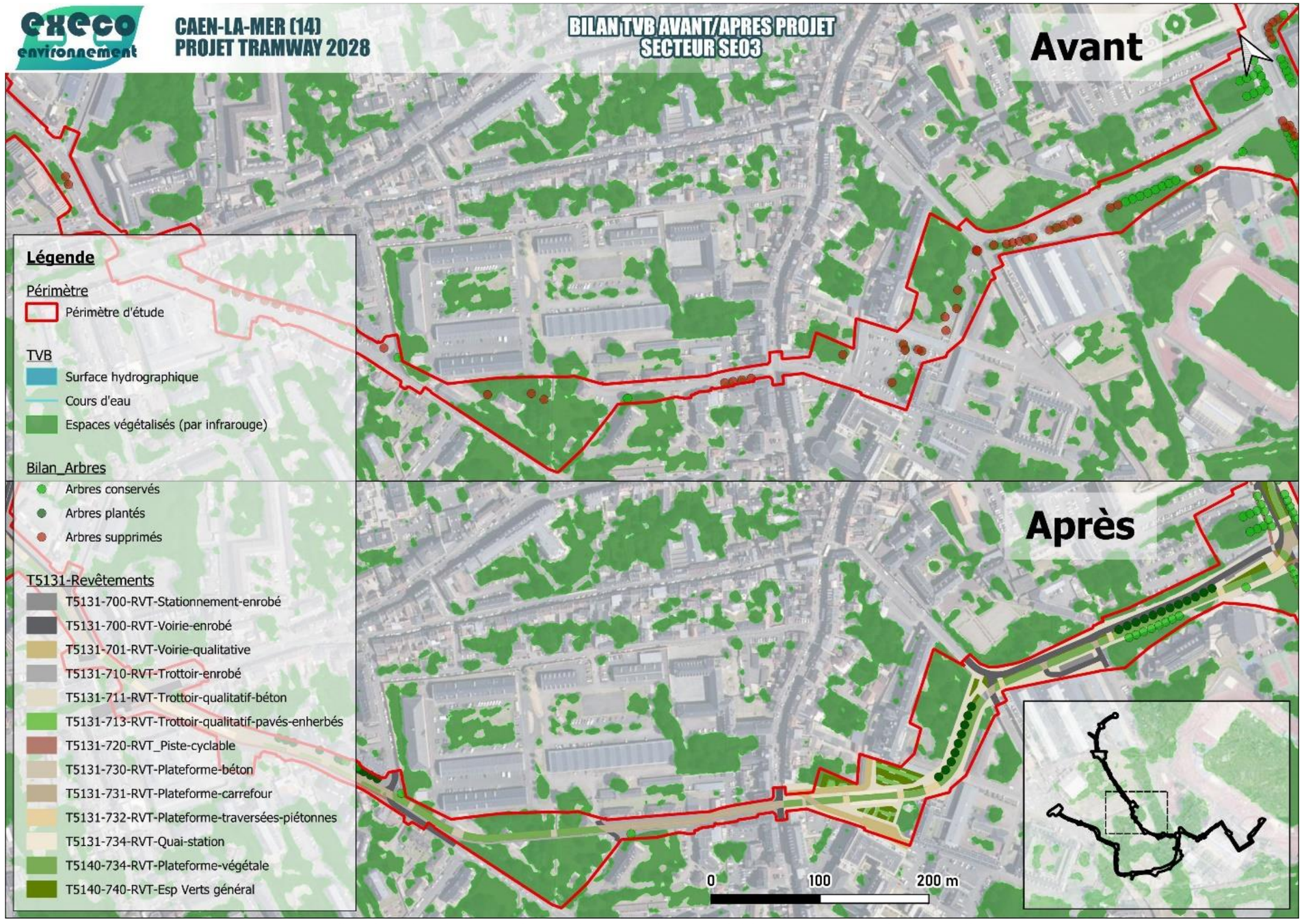
Impact direct et permanent avant proposition de mesures : positif



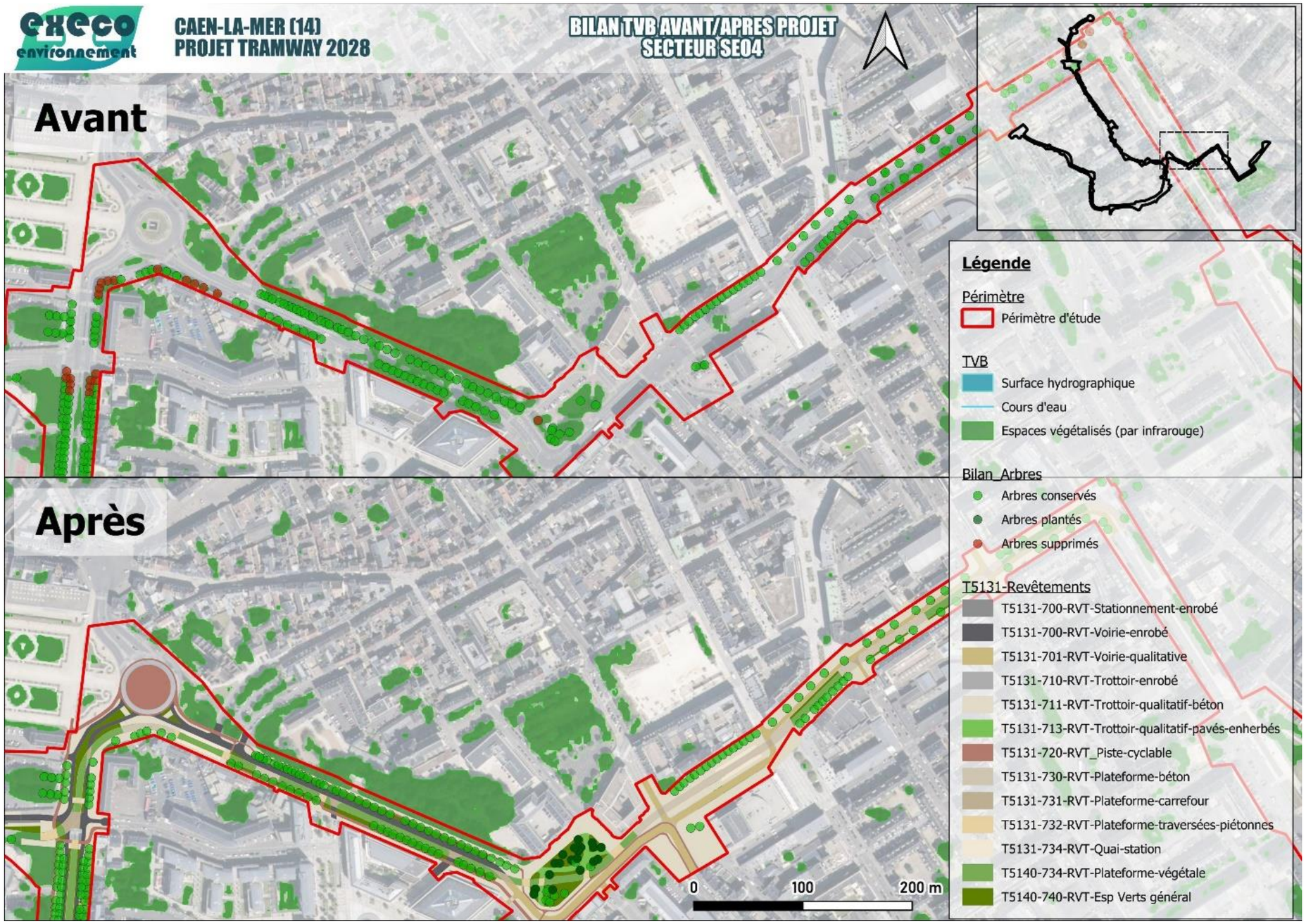
Bilan des micro-trames vertes urbaines avant/après projet (source : ExEco Environnement)



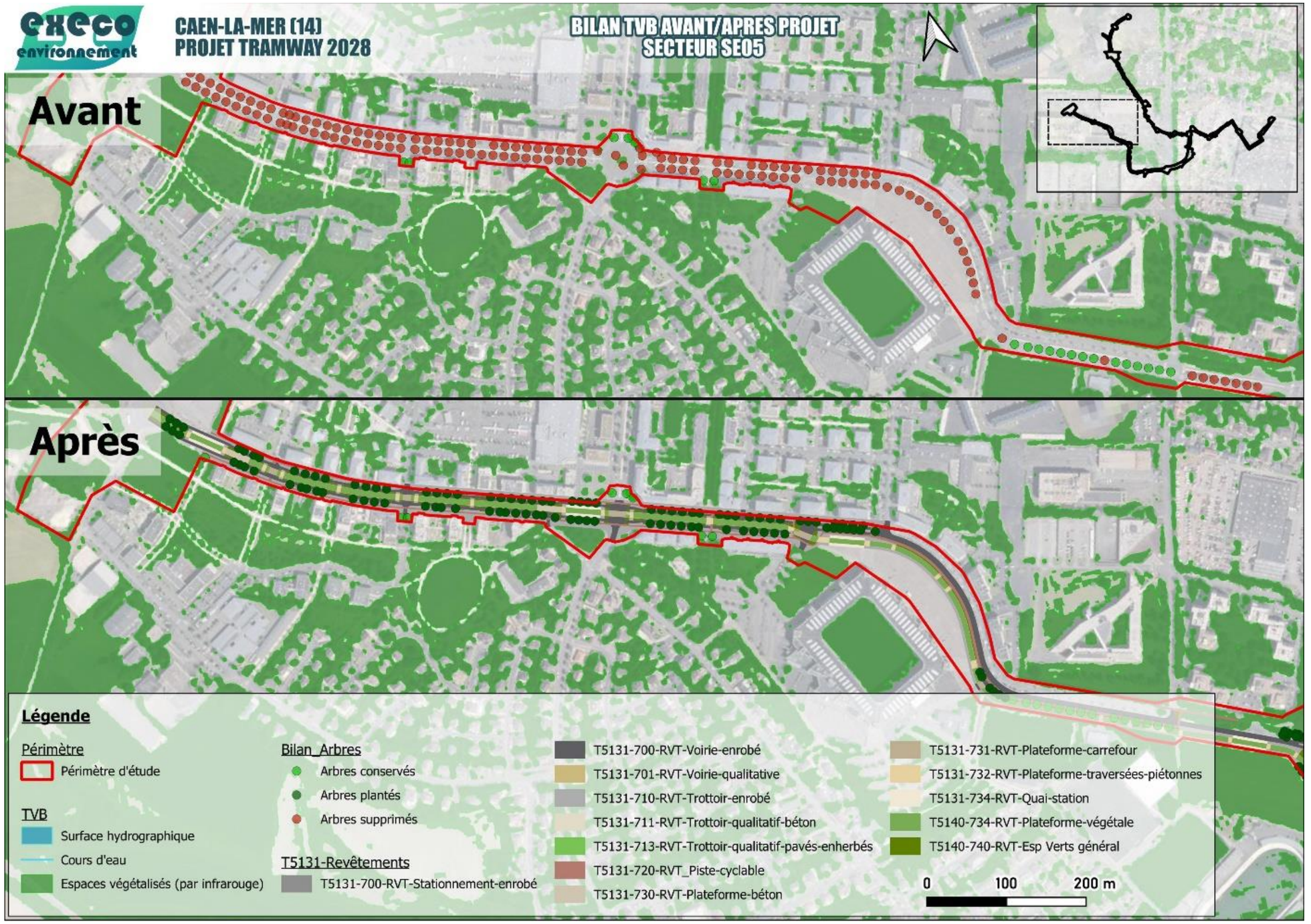
Bilan des micro-trames vertes urbaines avant/après projet (source : ExEco Environnement)



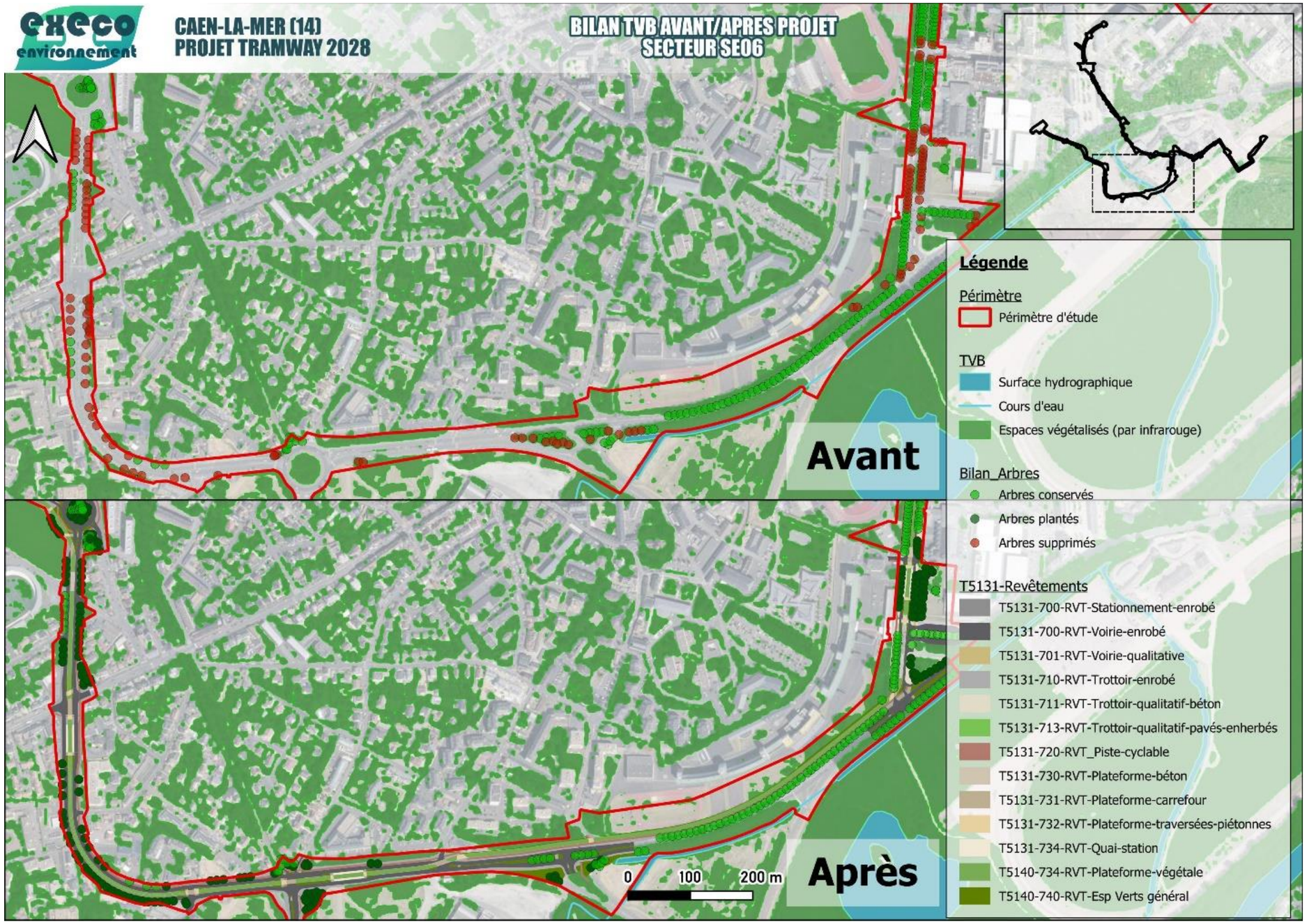
Bilan des micro-trames vertes urbaines avant/après projet (source : ExEco Environnement)



Bilan des micro-trames vertes urbaines avant/après projet (source : ExEco Environnement)



Bilan des micro-trames vertes urbaines avant/après projet (source : ExEco Environnement)



Bilan des micro-trames vertes urbaines avant/après projet (source : ExEco Environnement)

6. EFFETS DU PROJET SUR LES TERRES, LES SOLS, L'EAU ET LE CLIMAT

6.1. GÉOLOGIE, SOL ET SOUS-SOL

6.1.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

6.1.1.1. Effets

Effets liés aux terrassements

Le projet s'inscrit intégralement en zone urbanisée. Du fait de la nature du projet (faibles décaissements au droit de la plateforme tramway), seules les couches géologiques superficielles seront impactées, étant donné que les travaux se feront essentiellement sur des infrastructures existantes.

Les déviations de réseaux, ainsi que la mise en place des massifs de lignes aériennes de contact, entraineront des décaissements plus profonds, mais ne seront pas de nature à impacter la géologie du secteur.

Ainsi, au regard des couches géologiques présentes et de la profondeur des décaissements, ce sont essentiellement des matériaux de remblais qui seront extraits pour la réalisation du projet.

Des matériaux d'apports seront nécessaires pour aménager les plateformes du tramway et les voiries (sous-couches, graves pour structure d'infiltration des eaux, etc…).

Les effets sur le sol et le sous-sol seront donc essentiellement liés aux zones concernées par les opérations de terrassements (opération de déblais/remblais) sur l'ensemble du linéaire.

Le bilan des déblais et des remblais dans le cadre de ce projet a été évalué. À ce stade des études, les volumes estimés sont de :

- Déblais : environ 140 000 m³ (dont environ 20 000 m³ de terre végétale) auxquels s'ajoutent environ 31 000 m³ de voirie démolie ;
- Remblais : environ 136 000 m³, dont environ 80 000 m³ de couche de forme d'apport, environ 18 000 m³ de remblais d'apport et environ 38 000 m³ de terre végétale.

Effets liés à la présence de carrières souterraines dans le secteur Beaulieu

Dans le secteur de Beaulieu (moitié Ouest du boulevard Georges Pompidou), un réseau de carrières souterraines est présent. Une étude géotechnique réalisée spécifiquement dans le cadre du projet d'extension du tramway de Caen la mer indique que dans ce secteur la présence d'anomalie et/ou vestige d'un ancien puits peuvent apparaître en phase travaux. Un suivi des terrassements par un géotechnicien est recommandé en phase chantier.

Impact direct, temporaire avant proposition de mesures : modéré

6.1.1.2. Mesures

Pour réduire les effets du projet sur la topographie, la mesure suivante est proposée :

- R2.1c Optimisation de la gestion des matériaux (déblais et remblais)

Cette mesure est détaillée au chapitre 2.3.5.3. de la présente Partie 6.

Au niveau du secteur concerné par les carrières souterraines de Beaulieu, une mesure de suivi des terrassements par un géotechnicien sera mise en œuvre en phase chantier (cf. chapitre 13.1 de la Partie 6).

6.1.1.3. Effets résiduels

Les effets résiduels par rapport au sol et au sous-sol pendant les travaux sont considérés comme négligeables.

Impact résiduel : négligeable

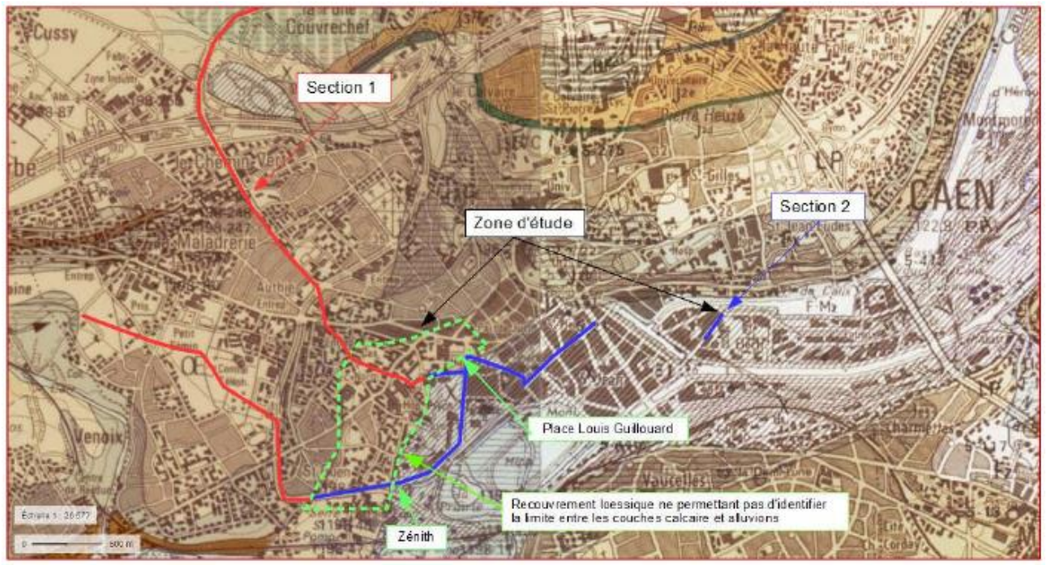
6.1.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

6.1.2.1. Effets

La carte géologique (éditions du BRGM) au 1/50 000ème de Caen montre que la zone de projet se situe au niveau des formations suivantes :

- La section 1 est caractérisée par des dépôts limoneux quaternaires sur calcaire jurassique (toute formation confondue) ;
- La section 2 est caractérisée par un contexte géologique de remblais sur complexe alluvionnaire de l'Orne, reposant sur le substratum marno-calcaire. Sur la transition avec la plaine alluviale de l'Orne, on peut s'attendre à rencontrer en tête des matériaux loessiques recouvrant les alluvions.

La carte géologique mentionne clairement la présence de remblais au droit de la section 2. On s'attend également à en rencontrer en tête sur la section 1 étant donné le contexte urbain du site étudié et les problématiques d'anciennes carrières à ciel ouvert remblayées boulevard André Détolle et rue Damozanne.



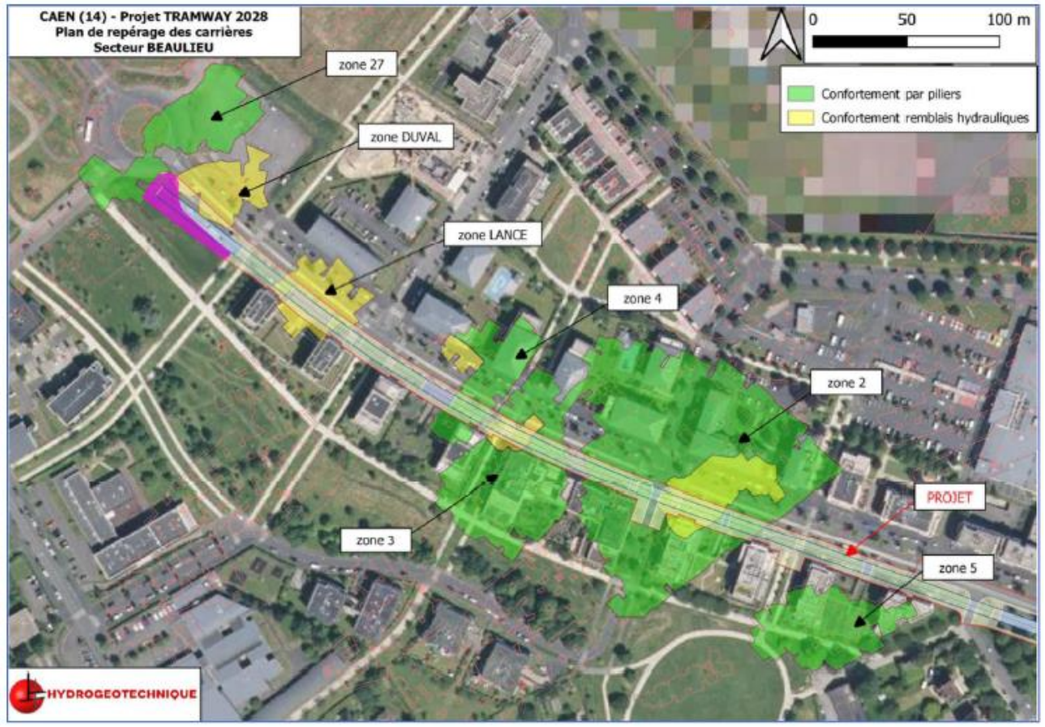
Découpage en sections du tracé selon la carte géologique (source : Hydrogéotechnique Nord)

Précisément, au niveau du réseau de carrières souterraines dans le secteur de Beaulieu (moitié Ouest du boulevard Georges Pompidou), une étude géotechnique a été réalisée dans le cadre du projet d'extension du tramway.

Ces carrières ont fait l'objet d'un confortement dans les années 1990, par remblaiement, par remblaiement et injection de clavage, et par piliers.

L'étude géotechnique réalisée visait d'une part, à vérifier l'efficacité du comblement dans les zones remblayées, et d'autre part, à déterminer s'il peut y avoir une propagation de vibrations dans les zones confortées par piliers.

Le toit des galeries se situe entre 8,50 et 11 m de profondeur.



Plan de repérage des zones confortées au niveau des carrières dans le secteur Beaulieu et de l'emprise du projet (source : Hydrogéotechnique Nord)

L'étude géotechnique et l'étude vibratoire spécifiques montrent la stabilité des carrières et l'absence de nécessité de confortement supplémentaire.

Impact direct et permanent avant proposition de mesures : négligeable

6.1.2.2. Mesures

Aucune mesure de réduction relative à cette thématique n'est nécessaire.

Un suivi des ouvrages du tramway est proposé pour prévenir toute apparition de déformation au passage de ces anciennes carrières souterraines. Cette mesure de suivi est présentée au chapitre 13.2 de la Partie 6.

6.2. TOPOGRAPHIE

6.2.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

6.2.1.1. Effets

Les aménagements nécessitent des terrassements (déblais/remblais), afin d'adapter le tracé des futures voies de tramway à la topographie du site.

Le projet consiste en la majeure partie en un réaménagement des voiries existantes, en se rapprochant au plus près de la topographie actuelle. La plupart des aménagements se font au niveau du terrain naturel dans un contexte déjà urbanisé et ne nécessitent pas de décaissement important.

À terme, de façon définitive, des modifications très localisées et de faible ampleur de la topographie sont notées dans les secteurs suivants :

- Pour l'édification du mur au niveau du lycée Malherbe : remblai de 2 mètres ;
- Pour l'édification du mur au niveau du quartier Lorge : remblai de 2 mètres ;
- Pour la rampe Sud d'accès à l'ouvrage d'art de franchissement du périphérique de Caen : remblai de 1 mètre ;
- Au Sud de la station Molière : remblai de 50 cm ;
- Au niveau de la maison du Général : déblai de 1m ;
- Au niveau de la Cité de l'air, au Nord de la rue du Capitaine Boualam : remblai de 1 mètre ;
- À l'intérieur du giratoire de Zénith, déblai de 70 cm.

Les parkings-relais s'inscrivent également au plus près de la topographie actuelle.

Aucun décapage ou terrassement important du sol n'est nécessaire pour la réalisation des aménagements liés à l'extension du tramway de Caen la mer.

Impact direct, temporaire et permanent avant proposition de mesures : modéré

6.2.1.2. Mesures

Pour réduire les effets du projet sur la topographie, la mesure suivante est proposée :

- R2.1c Optimisation de la gestion des matériaux (déblais et remblais)

Cette mesure est détaillée au chapitre 2.3.5.3. de la présente Partie 6.

6.2.1.3. Effets résiduels

À la suite de la mise en place de cette mesure de réduction, les effets résiduels sur la topographie sont négligeables.

Impact résiduel : négligeable

6.2.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

6.2.2.1. Effets

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer n'a pas d'impact sur la topographie en phase d'exploitation.

Impact direct et permanent avant proposition de mesures : nul

6.2.2.2. Mesures

Aucune mesure relative à cette thématique n'est nécessaire.

6.3. EAUX SOUTERRAINES

6.3.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

6.3.1.1. Effets

En phase travaux, plusieurs interventions peuvent engendrer des impacts quantitatifs sur les eaux souterraines :

- Les remblais majeurs pouvant induire des tassements de sol et nuire aux écoulements souterrains ;
- Les déblais pouvant entrer en contact avec la nappe et nécessiter des pompages ou rabattement temporaires en phase travaux.

Les déblais réalisés (environ 136 000 m³) sont plus importants que les remblais (environ 170 000 m³). Une part importante des déblais est réalisée au niveau des voiries existantes et consiste en grande partie à retirer la couche de forme et à optimiser le profil en long du projet.

Du point de vue quantitatif, les travaux prévus ne seront pas de nature à avoir une incidence sur les conditions d'alimentation de la nappe.

Néanmoins, le creusement des fouilles lors des travaux pour la déviation des réseaux et pour les massifs des poteaux de la Liaison Aérienne de Contact (LAC) pourra être plus profond, avec des risques de venues d'eau dans les zones sensibles aux remontées de nappe (en particulier dans le secteur de la Presqu'île).

Du point de vue qualitatif, les risques vis-à-vis de la ressource en eau et des sols sont essentiellement liés :

- Aux installations de chantier : risque de pollution par rejets directs d'eaux de lavage, d'eaux usées, etc. ;
- Aux risques de pollution par une mauvaise gestion des déchets ;
- Aux produits polluants susceptibles d'être manipulés ou stockés (hydrocarbures, peintures, etc.) ;
- Aux incidents de chantier (lors d'approvisionnement en hydrocarbures, en cas de fuites d'engins, etc.).
- Aux risques de remontée de nappe.

Compte-tenu de la nature des travaux projetés et la vulnérabilité de la nappe, les risques de pollution des eaux souterraines en période de travaux ne sont pas à négliger.

Par ailleurs, il est à rappeler que le projet d'extension du tramway de Caen la mer évite les périmètres de protection des captages d'alimentation en eau potable « Prairie 1 » (cf. mesure d'évitement présentée au chapitre 3.4 de la Partie 6). Aucune mesure particulière n'est donc à prévoir.

Impact direct et temporaire avant proposition de mesures : moyen

6.3.1.2. Mesures

Pour réduire les risques de pollution des eaux souterraines en phase travaux, la mesure suivante est proposée :

- R2.1d – Dispositif préventif de lutte contre une pollution et dispositif d'assainissement provisoire de gestion des eaux pluviales et de chantier

Cette mesure de réduction est détaillée au chapitre 6.6.1. de la présente Partie 6.

Les mesures de réduction des effets sur les eaux souterraines en phase travaux sont également celles concernant les eaux superficielles.

6.3.1.3. Effets résiduels

À la suite de la mise en place de cette mesure de réduction, les effets résiduels sur les eaux souterraines en phase travaux sont négligeables.

Impact résiduel : négligeable

6.3.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

6.3.2.1. Effets

Le projet occasionnera des perturbations réduites sur le sous-sol qui n'entraîneront aucune conséquence directe sur les écoulements souterrains sous-jacents.

Le projet consiste en la création d'une plateforme de tramway et des aménagements accompagnant cette nouvelle infrastructure. Les risques de pollutions chroniques ou encore accidentelles ne sont pas augmentés, ces différents aménagements étant accompagnés d'ouvrages de récupération et d'infiltration des eaux pluviales lorsqu'ils le nécessitent.

Étant donné que le projet s'inscrit sur des voiries existantes, l'aménagement va permettre de désimperméabiliser des surfaces actuellement revêtues, par l'aménagement d'espaces végétalisés (création d'espaces verts et enherbement d'environ 80% du linéaire de plateforme du tramway).

Impact direct et permanent avant proposition de mesures : faible

6.3.2.2. Mesures

Pour réduire le risque de pollution des eaux souterraines en phase exploitation, les mesures suivantes sont proposées :

- E3.2a - Absence totale d'utilisation de produits phytosanitaires
- R2.2q - Solutions techniques pour la gestion des eaux pluviales en phase exploitation selon les zones favorables ou défavorables à l'infiltration – Gestion du risque de pollution accidentelle

Ces mesures sont détaillées au chapitre 6.6.2. de la présente Partie 6.

6.3.2.3. Effets résiduels

À la suite de la mise en place de ces mesures de réduction, les effets résiduels sur les eaux souterraines en phase exploitation sont négligeables.

Impact résiduel : négligeable

6.4. EAUX SUPERFICIELLES

6.4.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

6.4.1.1. Effets

La période de chantier est toujours une phase délicate, car elle est source de nuisances pour les milieux aquatiques. En effet, l'existence d'un réseau d'assainissement relié directement à un cours d'eau peut entraîner une dégradation indirecte de qualité du milieu aquatique situé à l'aval de ce réseau.

L'Orne, traversée deux fois par les lignes existantes du tramway au niveau des ponts Winston Churchill (lignes T1, T2 et T3) et Alexandre Stirn (ligne T1), et le bassin Saint-Pierre (ligne T2 qui traverse le pont de l'Écluse), sont les uniques cours d'eau concernés par le projet, mais où aucun aménagement n'est prévu en ces endroits, ne modifiant ainsi aucunement l'état actuel.

En revanche, il est à relever la proximité du canal de l'Orne à la mer le long de l'avenue Victor Hugo au niveau du terminus existant « Presqu'Île » de la ligne T2, où le projet d'extension du tramway de Caen la mer prévoit un allongement du terminus d'environ 130 m afin de permettre le stockage temporaire d'au moins 4 rames de tramway. Ces travaux seront réalisés depuis l'avenue Victor Hugo, sur l'espace vert en tête de talus, et n'auront pas donc pas d'impact sur les berges du canal.

Les pollutions générées, généralement ponctuelles et temporaires, peuvent avoir plusieurs origines :

- Le lessivage des zones en cours de terrassements (apport de matières en suspension) ;
- La formation de matières en suspension issues des stocks de matériaux ou de la circulation des engins ;
- Le rejet direct d'eaux de lavage ou d'eaux usées provenant des installations de chantier ;
- L'utilisation des matériaux de construction (ciment, béton, sables, graviers, plastiques, bois, …) ;
- L'utilisation des produits à base d'hydrocarbures entrant dans la composition des matériaux de chaussées (bitumes, enrobés…), lors de la mise en œuvre des enrobés ;
- Une mauvaise gestion des déchets ;
- Les éventuels rejets d'hydrocarbures provenant des engins de travaux publics, en cas de fuite, lors de leur ravitaillement ou leur entretien.

Les risques de pollution les plus importants sont toutefois notés en période de préparation de chantier. Cette période correspond principalement au décapage du terrain, et sera limitée dans le temps.

La réalisation d'un chantier à proximité d'un cours d'eau ou à proximité d'un réseau d'assainissement qui se déverse dans un cours d'eau (même à grande distance) peut entraîner des risques de pollution des eaux, principalement liés au fonctionnement des engins de chantier et au risque de pollution accidentelle.

Lors des travaux de construction des infrastructures du tramway et des aménagements connexes, le chantier nécessitera des apports d'eau pour les usages et opérations suivants :

- Bases-vie du chantier : alimentation en eau potable, WC et douches ;
- Ponctuellement en phase de terrassements, les matériaux utilisés pour les remblais, issus des sols superficiels, pourront nécessiter un arrosage avant leur mise en œuvre (compactage) ;
- Nettoyage des engins.

Tous les besoins en eau du chantier seront satisfaits par une alimentation à partir du réseau d'eau potable existant. Aucun prélèvement ne sera réalisé dans les eaux superficielles.

Il existe par ailleurs un impact potentiel de modification de l'écoulement des eaux superficielles (interception ou stagnation des eaux) au niveau des zones nouvellement terrassées et imperméabilisées dans l'attente de la mise en place du système de gestion des eaux pluviales.

Impact direct et temporaire avant proposition de mesures : moyen

6.4.1.2. Mesures

Pour réduire les risques de pollution des eaux superficielles en phase travaux, la mesure suivante est proposée :

- R2.1d – Dispositif préventif de lutte contre une pollution et dispositif d'assainissement provisoire de gestion des eaux pluviales et de chantier

Cette mesure de réduction est détaillée au chapitre 6.6.1. de la présente Partie 6.

6.4.1.3. Effets résiduels

À la suite de la mise en place de cette mesure de réduction, les effets résiduels sur les eaux superficielles en phase travaux sont négligeables.

Impact résiduel : négligeable

6.4.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

6.4.2.1. Effets

Hormis le canal de l'Orne à la mer, localisé en bordure au niveau de l'avenue Victor Hugo, le projet d'extension du tramway de Caen la mer ne traverse aucun écoulement superficiel.

Aucun impact sur l'écoulement d'un cours d'eau n'est attendu.

- **Effets quantitatifs**

Bien que de nouvelles surfaces vont être imperméabilisées, le projet dans son ensemble conduit grandement à une végétalisation d'espaces actuellement artificialisés.

Les données d'imperméabilisation/végétalisation selon les secteurs de projet, sont présentées dans le tableau suivant :

	Surfaces emprises projet	Surface végétalisées existantes	Surfaces végétalisées projetées (y-compris plateforme du tramway)
SE01	**53 543,00**	17 390,20	15 349,65
SE02	**47 770,00**	7 994,38	12 339,98
SE03	**42 497,00**	8 547,33	12 017,17
SE04	**49 095,00**	4 433,00	10 707,27
SE05	**60 591,00**	5 191,28	17 047,00
SE06	**119 252,00**	22 367,46	31 266,92
SE07	**1 929,00**	855,12	773,91
SE08	**1 643,00**	734,40	556,23
SE09	**3 832,05**	1 767,00	721,00
TOTAL	**380 152,05**	**69 280,17**	**100 779,13**

Le projet induit donc localement de nouvelles surfaces imperméabilisées, mais à l'échelle globale, le projet entraîne une augmentation des surfaces végétalisées de 3,15 ha, soit une augmentation de 8.3 % par rapport à la situation actuelle, permettant localement, dans les secteurs où cela est permis, l'infiltration des eaux dans le sol.

La végétalisation de la plateforme du tramway (sur environ 80% de son linéaire) en surface est positive, car elle permet de ralentir les concentrations d'eaux pluviales rejetées dans le réseau séparatif existant de la collectivité (réseau de collecte des eaux pluviales. L'engorgement des réseaux de collecte des eaux pluviales peut en effet être à l'origine d'importantes inondations lorsque les capacités de transit sont insuffisantes.

Étant donné que le projet s'inscrit en milieu urbain, il est considéré qu'il n'intercepte pas de bassin versant voisin. Ainsi, seules les eaux de ruissellement des surfaces directement aménagées dans le cadre du projet feront l'objet d'une gestion adaptée des eaux pluviales.

- **Effets qualitatifs**

Une pollution chronique, mais mineure, peut être générée par le tramway. La circulation du tramway, contrairement au trafic automobile, ne produit ni rejet de particules de combustion, ni particules polluantes par usure du revêtement de la voirie et des pneumatiques.

Quelques effets mineurs peuvent néanmoins être signalés :

- le tramway relâche un peu de sable utilisé lors du freinage et lors des accélérations au démarrage afin d'augmenter l'adhérence. Ce sable, utilisé en faibles quantités, est un matériau propre, non polluant, mais susceptible de constituer de faibles quantités de matières en suspension entraînées par les eaux de pluie vers le réseau d'assainissement ;
- des éléments métalliques (rails …) peuvent être soumis à la corrosion ;
- l'utilisation d'huile dans les courbes serrées pour limiter le crissement. Cette huile est injectée en faible quantité (quelques gouttes) par le matériel roulant au niveau des roues, le système se déclenche automatiquement à l'approche des courbes sensibles.

La pollution accidentelle correspond au risque aléatoire d'un déversement sur la voirie de produits toxiques, polluants ou dangereux, à la suite d'accidents de la circulation, notamment ceux impliquant des poids-lourds transportant de tels produits. Les produits mis en cause sont, dans la majorité des cas, des hydrocarbures, des substances organiques ou des acides.

Cependant, l'impact potentiel apparaît mineur :

- le tramway ne comportant pas de réservoir de carburant et ne transportant aucun produit dangereux, ce type de pollution accidentelle ne pourrait avoir pour cause qu'une fuite d'huile suite à un accident ou une défaillance du matériel roulant, soit une pollution de très faible volume et très limitée dans le temps ;
- les possibilités d'accidents de la circulation avec le tramway, impliquant des véhicules susceptibles de transporter des matières dangereuses, représentent un risque faible en zone urbaine ;

- des accidents de la circulation avec le tramway en zone urbaine vont surtout concerner des véhicules légers, représentant un risque faible de pollution.

Toutefois, dans le cadre de ce projet, les eaux de ruissellement rejoignant les eaux superficielles via les réseaux de collecte des eaux pluviales, sont moins importantes et donc entraîneront moins de polluants qu'à ce jour.

En ce qui concerne la pollution saisonnière, celle-ci est limitée en hiver, à l'usage du salage en cas de neige ou de verglas, sur les voiries routières (cela est déjà le cas actuellement). La plateforme du tramway n'est pas concernée par l'application de sel en cas de neige ou de verglas.

Impact direct et permanent avant proposition de mesures : faible

6.4.2.2. Mesures

Pour la gestion des eaux pluviales du projet et pour réduire le risque de pollution des eaux superficielles en phase exploitation, les mesures suivantes sont proposées :

- E3.2a – Absence totale d'utilisation de produits phytosanitaires
- R2.2q – Gestion des eaux pluviales en phase exploitation – Recours partiel à l'infiltration des eaux pluviales

Ces mesures sont détaillées au chapitre6.6.2. de la présente Partie 6.

6.4.2.3. Effets résiduels

À la suite de la mise en place de ces mesures de réduction, les effets résiduels sur les eaux superficielles en phase exploitation sont négligeables.

Impact résiduel : négligeable

6.5. CLIMAT

6.5.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

6.5.1.1. Effets

Le projet n'aura pas d'effet sur le climat en phase travaux.

Impact direct et permanent avant proposition de mesures : nul

6.5.1.2. Mesures

Aucune mesure de réduction relative à cette thématique n'est nécessaire.

6.5.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

6.5.2.1. Effets

Le projet apporte une amélioration en réduisant la croissance usuelle du trafic automobile grâce à une amélioration de la desserte en transport en commun et des modes actifs. Les effets induits du projet, à court moyen et long termes, seront de nature à limiter les émissions polluantes dues au trafic automobile. Ceci contribuera à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

De plus, le choix d'une plateforme enherbée pour le tramway, ainsi que les nombreuses plantations d'arbres réalisées dans le cadre du projet permettent de faire baisser les températures estivales et donc de lutter contre les îlots de chaleurs urbains.

Impact direct et permanent avant proposition de mesures : positif

6.5.2.2. Mesures

Aucune mesure de réduction relative à cette thématique n'est nécessaire.

6.6. PRÉSENTATION DES MESURES RELATIVES AUX TERRES, AU SOL, A L'EAU ET AU CLIMAT

6.6.1. En phase travaux

6.6.1.1. R2.1d – Dispositif préventif de lutte contre une pollution et dispositif d'assainissement provisoire de gestion des eaux pluviales et de chantier

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Dispositif préventif de lutte contre une pollution et dispositif d'assainissement provisoire de gestion des eaux pluviales et de chantier	**Code mesure : R21d**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase :** Études - Avant-Projet
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

☑ Faune et flore	☑ Sites et paysages	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☑ Population	☑ Sol
☑ Eau	☑ Habitats Naturels	☑ Biens matériels
☑ Patrimoine culturel et archéologique	☑ Continuités écologiques	☑ Activités économiques
☐ Facteurs climatiques	☑ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☑ Risques technologiques
☐ Autres pollutions/ nuisances		

Description de la mesure

Les mesures relatives à la protection des eaux souterraines et superficielles, pendant la période de chantier, sont liées à la prévention d'éventuelles pollutions par le rejet en surface ou par infiltration. Elles concernent la réduction des flux de matières en suspension, ainsi que la réduction des risques de pollution accidentelle.

Les Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE) élaborés avant le début des travaux doivent comporter des exigences élémentaires et/ou particulières en matière de protection de l'environnement durant la phase chantier :

- En début de chantier, une reconnaissance par des sondages à la pelle peu profonds devra être réalisée, après décapage de l'emprise, pour bien identifier les zones de purges, ainsi que les éventuels dépôts de matériaux impropres à la réutilisation qui auraient pu être réalisés lors de travaux antérieurs ;
- Un plan d'intervention ou d'alerte sera mis en place durant le chantier qui permettra aux entreprises et au Maître d'ouvrage d'être réactifs lors d'un accident de pollution. Les zones de chantier seront également équipées de kits de traitement ou d'intervention antipollution ;
- En-dehors des zones où cela est nécessaire, il sera veillé à limiter le décapage des terrains superficiels qui assurent une certaine protection des eaux souterraines ;

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Dispositif préventif de lutte contre une pollution et dispositif d'assainissement provisoire de gestion des eaux pluviales et de chantier	**Code mesure : R21d**

- Fixation des emplacements des aires de stationnement et d'entretien ;
- Imperméabilisation des aires de stockage et de manipulation des hydrocarbures et autres produits toxiques, et mise en place en aval de dispositifs de rétention associés à des équipements de collecte ceinturant le site (recueil et stockage des eaux météorites susceptibles de véhiculer les boues et/ou les hydrocarbures,, etc.). Ces aires seront aménagées en retrait des zones sensibles ;
- Ravitaillement en carburant des engins de chantier à l'aide de pompes à arrêt automatique et vidange effectuée par aspiration sur l'aire étanche prévue à ces effets ;
- Récupération et stockage des huiles usées et liquides hydrauliques dans des réservoirs étanches et évacués par un professionnel agréé ;
- Récupération des eaux de chantier avec un enlèvement ou un traitement avant rejet dans le milieu naturel ;
- Les eaux pluviales recueillies bénéficieront de l'assainissement des zones de chantier et les réseaux d'assainissement existant pourront être mis à profit. Des autorisations spéciales seront demandées auprès des gestionnaires de réseaux ;
- Autant que possible, les plus gros travaux de terrassements, ainsi que les travaux d'enrobés se feront hors période pluvieuse ;
- Pendant les terrassements et en période sèche, aspersion d'eau sur le sol afin de fixer les poussières soulevées par les véhicules de chantier circulant sur les accès et aires non enrobées, dans le but de ne pas entrainer trop de matières en suspension ;
- Les différents matériaux ou produits seront stockés selon les réglementations en vigueur ;
- Récupération des déchets de tous types et évacuation vers des filières de valorisation ou d'élimination dûment autorisées, et remise en état du site à l'achèvement des travaux.

Le coût de la mesure est intégré au coût global des prestations de travaux.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Étude de conception pour le dimensionnement des différents dispositifs. Les dispositifs retenus doivent être adaptés au cas par cas et feront l'objet d'une surveillance régulière. Il sera nécessaire d'être attentif pour que cette mesure n'engendre pas d'incidences supplémentaires. Il s'agira notamment de bien veiller à ce que ces dispositifs ne modifient pas les conditions d'écoulement des eaux en milieu terrestre.

Les dispositifs doivent être mis en place avant le début des travaux. Ces dispositifs seront temporaires et retirés en fin de chantier.

Une attention doit être portée à ne pas créer d'obstacles majeurs à l'écoulement des eaux pluviales.

Les kits anti-pollution seront adaptés au cas par cas en fonction des risques de pollution accidentelle identifiés et feront également l'objet d'une surveillance régulière (kit complet, adapté et fonctionnel).

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Dispositif préventif de lutte contre une pollution et dispositif d'assainissement provisoire de gestion des eaux pluviales et de chantier	**Code mesure : R21d**
Modalités de suivi de la mesure	
Désignation d'un coordonnateur sécurité. Vérification avant la mise en service et maintenance périodique des dispositifs au cours des travaux. Demande aux entreprises du document de vérification générale périodique. Tableau de bord recensant les fiches d'analyse d'accident. Partage de ces fiches à l'ensemble des intervenants du chantier et intégration du retour d'expérience associé.	
	egis

6.6.2. En phase exploitation

6.6.2.1. E3.2a – Absence totale d'utilisation de produits phytosanitaires

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Nom de la mesure : Absence totale d'utilisation de produits phytosanitaires	**Code mesure : E32a**
Opération : **Projet d'extension du tramway de Caen la mer**	**Phase :** **Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	
Cible(s) de la mesure : ☑ **Faune et flore** ☐ Sites et paysages ☐ Air ☐ Bruit & vibrations ☑ **Population** ☑ **Sol** ☑ **Eau** ☑ **Habitats Naturels** ☐ Biens matériels ☐ Patrimoine culturel et archéologique ☐ Continuités écologiques ☐ Activités économiques ☐ Facteurs climatiques ☑ **Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs** ☐ Risques technologiques ☐ Autres pollutions/ nuisances	
Description de la mesure	
Par cette mesure, le maître d'ouvrage s'engage à ne pas recourir à des produits phytosanitaires pour l'entretien de l'emprise du projet (zones végétalisées du tramway).	

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Nom de la mesure : Absence totale d'utilisation de produits phytosanitaires	**Code mesure : E32a**
En effet, l'entretien des surfaces enherbées, ainsi que des aménagements paysagers de la plate-forme et des espaces associés, se fera selon des techniques non polluantes. L'utilisation de produits phytosanitaires sera proscrite, afin de protéger les ressources en eau. Ceci s'inscrit dans le cadre de la démarche « 0 pesticide » dans laquelle s'est engagée la communauté urbaine Caen la mer. Le coût de la mesure est intégré au coût global des prestations de coordination.	
Modalités de suivi de la mesure	
Vérification de la conformité de la réalisation du projet avec les éléments prévisionnels figurant dans le dossier de demande. Vérification de l'absence de polluant par des mesures adaptées. Tableau de suivi des actions d'entretiens avec descriptif technique des moyens employés.	
	egis

6.6.2.2. R2.2q – Gestion des eaux pluviales en phase exploitation – Recours partiel à l'infiltration des eaux pluviales

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Gestion des eaux pluviales en phase exploitation – Recours partiel à l'infiltration des eaux pluviales	**Code mesure : R22q**
Opération : **Projet d'extension du tramway de Caen la mer**	**Phase :** **Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	
Cible(s) de la mesure : ☐ Faune et flore ☐ Sites et paysages ☐ Air ☐ Bruit & vibrations ☑ **Population** ☐ Sol ☑ **Eau** ☑ **Habitats Naturels** ☐ Biens matériels ☐ Patrimoine culturel et archéologique ☐ Continuités écologiques ☐ Activités économiques ☐ Facteurs climatiques ☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs ☐ Risques technologiques ☐ Autres pollutions/ nuisances	
Coût estimatif : 2 300 000 € HT	

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Gestion des eaux pluviales en phase exploitation – Recours partiel à l'infiltration des eaux pluviales	**Code mesure : R22q**

Description de la mesure

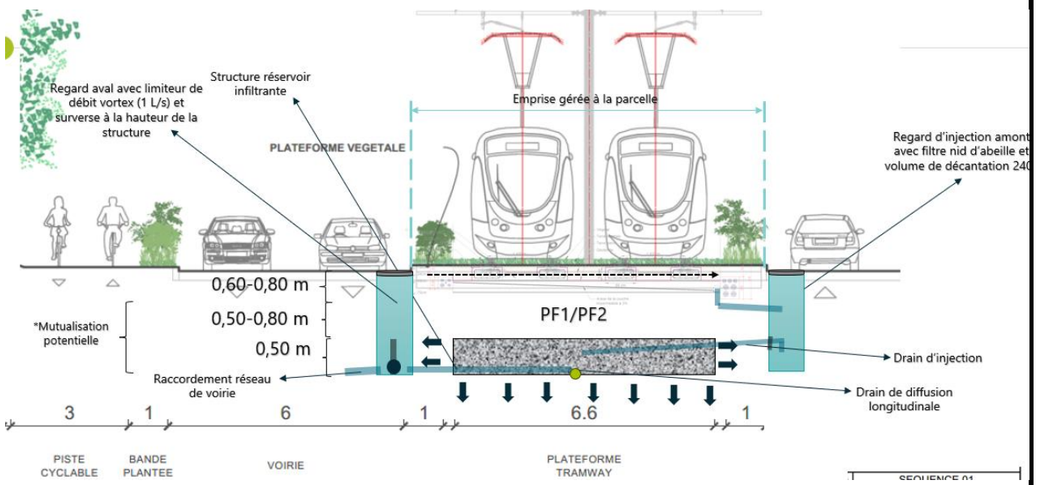
Dans le cadre des aménagements du projet, la gestion des eaux pluviales est conçue pour respecter les prescriptions du zonage d'assainissement pluvial de la communauté urbaine Caen la mer. Celui-ci définit les zones où des mesures doivent être prises pour limiter l'imperméabilisation des sols et pour assurer la maîtrise de l'écoulement des eaux pluviales et de ruissellement. La gestion des eaux pluviales sera donc spécifique selon les zones défavorables ou favorables à l'infiltration.

Le zonage établit que le potentiel et la faisabilité d'infiltration doivent être confirmés par une étude systématique comprenant une reconnaissance du sol, essais in situ de la perméabilité et l'étude des contraintes liées à l'infiltration pour adapter et dimensionner les ouvrages d'eaux pluviales en conséquence.

Soutions techniques en fonction des zones

Concernant la **stratégie de gestion des eaux pluviales en zone défavorable à l'infiltration**, les parties de la plateforme du tramway en « voies vertes » (voies sur longrines) permettront d'améliorer l'existant car elles constituent un stockage avant rejet.

La structure de ces infrastructures est présentée dans le schéma ci-dessous.



Les objectifs précisés dans les documents de Caen la mer sont pris en considération pour le dimensionnement des structures de voie telles que la structure réservoir, dont l'épaisseur est d'environ 50 cm. Le dimensionnement est réalisé au moyen d'outils de calcul de Caen la mer et de la société d'ingénierie egis qui permettent de modéliser le schéma représenté ci-dessus.

L'eau de pluie sera stockée avant rejet dans une couche de GNT appelée « structure réservoir ». Il est considéré une capacité de rétention de la structure réservoir de 30%, dont la réduction des rejets d'eau de 30% à 90% est calculée suivant les coefficients de Montana de la région de Caen.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Gestion des eaux pluviales en phase exploitation – Recours partiel à l'infiltration des eaux pluviales	**Code mesure : R22q**

Les parties en voie béton (implémentées dans les carrefours routiers et traversées piétonnes contiguë ainsi qu'en dalle flottante) mais surtout les voies sur longrines stockent une partie de l'eau de pluie qui est ensuite injectée dans la structure réservoir située sous la plateforme.

Le dispositif décrit ci-dessus sera implémenté **dans les zones favorables à l'infiltration** telle que définie dans les documents techniques de Caen la mer c'est-à-dire sur environ la moitié du linéaire.

La situation sera améliorée par rapport à l'existant, du fait de la **réduction globale des surfaces imperméabilisées** (réduction des surfaces de voiries actuellement en enrobés). La rétention avant rejet dans le réseau de collecte des eaux pluviales sera fortement améliorée.

Globalement, la surface imperméable de plateforme sera réduite par rapport à l'existant. Cette réduction prendra en compte l'implémentation de surface de plateforme tramway d'une part, et la mise en œuvre des espaces verts d'autre part. La capacité actuelle des exutoires est donc suffisante – sauf cas spécifique du secteur Chemin Vert où des travaux d'amélioration seront intégrés au projet tramway. Ces améliorations spécifiques consisteront en la mise en œuvre de bassin de stockage, préconisée dans les audits du réseau.

En synthèse, les zones suivantes sont considérées comme favorables à l'infiltration :

- De la station Saint-Contest Athéna à la station Dunois : entre l'avenue du Maréchal Montgomery et le boulevard Dunois ;
- De la station Haie-Vigné à la station Caponière : entre la rue de la Haie Vigné et la rue Caponière ;
- De la station Stade d'Ornano à la station Zénith : entre la rue des Coutures et la rue de Québec.

Dans le cadre de ce projet, 21 essais de perméabilité ont été effectués. Globalement, les matériaux sont relativement peu perméables. La perméabilité moyenne est de $5{,}5.10^{-7}$ m/s.

En zone favorable à l'infiltration, les eaux pluviales de la plateforme tramway seront gérées par infiltration et régulation à la parcelle pour une pluie cinquantennale. La gestion cinquantennale s'accompagne d'un débit de fuite selon les valeurs autorisées par le règlement d'assainissement de Caen la mer.

Les ruissellements des autres surfaces (voiries, parkings, trottoirs) continueront à être évacués vers le réseau pluvial de la ville.

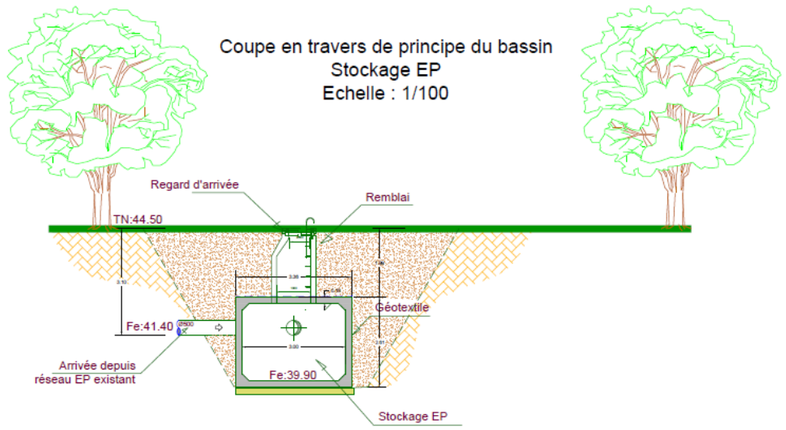
Par ailleurs, la création d'emprises enherbées supplémentaires le long des voiries permettra, en fonction des contraintes techniques notamment d'altimétrie, de recueillir les ruissellements latéraux directs et permettra l'infiltration des eaux. Ainsi les surfaces génératrices de ruissellement qui actuellement rejoignent directement le réseau pluvial de la ville sans tamponnement seront diminuées.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer

Gestion des eaux pluviales en phase exploitation – Recours partiel à l'infiltration des eaux pluviales	Code mesure : R22q

Bassins de rétention des eaux pluviales dans le quartier du Chemin Vert

Afin de mieux gérer les risques de saturation du réseau d'eaux pluviales au niveau du quartier du Chemin Vert, il est prévu la mise en place de deux bassins de rétention enterrés. Au stade actuel des études, le volume de rétention est évalué à 600 m³. Son dimensionnement précis sera précis dans le cadre de la procédure au titre de la loi sur l'eau qui sera menée ultérieurement. La possibilité d'infiltrer davantage les eaux pluviales est également à l'étude.



Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Étude de conception pour le dimensionnement des dispositifs.

Procédure de déclaration au titre de la loi sur l'eau à instruire après l'obtention de la Déclaration d'Utilité Publique du projet.

Modalités de suivi de la mesure

Vérification avant leur mise en service et maintenance périodique des dispositifs.

egis

7. EFFETS DU PROJET SUR LES BIENS MATERIELS, LES ACTIVITES HUMAINES, ET MESURES

7.1. ÉQUIPEMENTS, COMMERCES ET SERVICES

7.1.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

7.1.1.1. Effets

Effets généraux sur les équipements et les commerces en phase travaux

Pendant la période de travaux, l'accessibilité à certains équipements, qu'ils soient administratifs, de santé, d'enseignement, sportifs, culturels, pourra être réduite ou nécessiter temporairement de nouveaux itinéraires ou de nouveaux accès. Il en sera de même pour les activités de commerces ou les habitations.

Ces impacts seront toutefois temporaires, limités dans le temps à l'adaptation des voies adjacentes aux établissements.

Le phasage des travaux est également un moyen de limiter les nuisances temporaires.

De manière générale, le projet peut présenter des incidences sur les équipements et les commerces situés aux abords des zones de travaux en lien avec :

- Des difficultés de stationnement et d'accès à ces équipements et aux commerces durant les travaux (secteur du centre commercial de la Halle Molière quartier du Chemin Vert, des commerces et services du boulevard Georges Pompidou ou de la rue de Bernières, etc.), aussi bien pour les usagers que pour les personnes travaillant dans ces commerces et les livraisons qui en découlent, et donc un report possible de la clientèle vers des sites plus accessibles ;
- Les nuisances générées par le chantier (bruit, vibrations, poussières, pollution lumineuse, etc.) qui peuvent perturber leur fonctionnement.

Par conséquent, la population des quartiers traversés par le projet (centre ancien de Caen, Saint-Ouen, Haie Vigné, Beaulieu, Chemin Vert, Venoix, Bas-Venoix et Prairie) sera impactée par les travaux et les circulations induites des engins de chantier. L'impact du projet sera fort à proximité des secteurs habités, mais limité dans le temps à la période de travaux.

Les effets sont à court terme et liés aux modifications suivantes, qui peuvent intervenir de façon momentanée ou prolongée selon les cas :

- Déviation de la circulation générale ;
- Limitation des accès des véhicules, notamment les poids-lourds et les véhicules de livraison ;
- Modification des lignes ou des arrêts de bus ;
- Réduction ou suppression de places de stationnement ;
- Détérioration provisoire des voiries engendrant des difficultés d'accès pour les piétons, les vélos et les véhicules des clients ;
- Présence des engins de chantier ;
- Modification de la visibilité des commerces.

Effets du projet sur le lycée Malherbe en phase travaux

Le passage du tramway impacte une parcelle propriété de la Région au niveau du lycée Malherbe, et plus particulièrement la piste d'athlétisme et entrée/sortie de l'établissement.

Globalement, pendant les travaux, le projet aura un impact sur la vie du lycée, l'enseignement (examens, sport), avec des enjeux sur l'espace extérieur disponible, les nuisances du chantier, les équipements sportifs et la modification des accès. A ce stade des études, la durée des travaux de restitution des fonctionnalités (reconstitutions riveraines et mur de soutènement au niveau du lycée Malherbe) est estimée à un an environ.

Effets du projet sur l'Établissement Public de Santé Mentale de Caen en phase travaux

Le projet d'extension du tramway impacte le fonctionnement et certaines activités de l'EPSM de Caen. En effet, le projet traverse l'EPSM, sépare les bâtiments Jamet (soins) et Sainte-Bernadette (désaffecté) du reste du site, et nécessite la démolition du bâtiment l'Annexe.

Les activités du bâtiment Jamet (services de moyen et long séjour et services de soins de patients atteints de troubles du spectre de l'autisme) seront relocalisées à terme au Sud des futures voies de tramway.

Le projet a de plus un impact temporaire en phase travaux sur les activités actuellement localisées dans le bâtiment Jamet, car les travaux se feront avec un bâtiment Jamet toujours en exploitation. Cet impact est particulièrement sensible pour les patients atteints de troubles autistiques qui subissent avec difficultés les contraintes liées au chantier. De ce fait, les activités de ce service de soins seront toutes relocalisées par l'EPSM, à distance du chantier.

Impact direct, indirect, temporaire et permanent avant proposition de mesures : fort

7.1.1.2. Mesures

Pour limiter les impacts liés au fonctionnement des équipements et commerces, les mesures suivantes sont proposées :

- R2.1a - Adaptation des circulations et des déplacements en phase chantier
- R1.1c - Balisage préventif divers
- R2.1j - Mesures relatives aux activités du lycée Malherbe et de l'EPSM de Caen pendant les travaux

Ces mesures sont détaillées dans le chapitre 7.5.1. de la présente Partie 6.

7.1.1.3. Effets résiduels

Les effets résiduels liés au fonctionnement des équipements et commerces en phase travaux sont modérés.

Impact résiduel : modéré

Pour pallier cet impact résiduel modéré, des mesures de compensation et d'accompagnement sont prévues :

- C2.2i - Reconstitution des fonctionnalités impactées par le passage du tramway
- A4.1a – Accompagnement financier à destination des commerces impactés par le projet pendant la phase travaux

Ces mesures sont détaillées au chapitre 7.5.1. de la présente Partie 6.

7.1.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

7.1.2.1. Effets

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer va permettre de mieux desservir le Nord de l'agglomération (Saint-Contest via le Chemin Vert) et l'Ouest (vers Beaulieu-Pompidou via le boulevard Yves Guillou). Ces nouvelles dessertes par le tramway augmenteront l'attractivité et le dynamisme des quartiers traversés.

Le projet permettra également une meilleure desserte de l'ensemble des équipements situés à proximité des futures stations, comme le Théâtre de Caen, l'Hôtel de Ville, le Conservatoire à rayonnement régional, l'Établissement Public de Santé Mentale (EPSM) de Caen, le lycée Malherbe, le Parc des Expositions, le Zénith, le Palais des Sports, le Stade d'Ornano, etc.) et les zones d'activités économiques (zone d'activités de Saint-Contest, Halle Molière, etc.).

Le développement du réseau de tramway jouera un rôle de liaison vers ces équipements et les commerces pour les habitants des quartiers traversés et pour les habitants venant du Nord et de l'Ouest. Les habitants au Sud de l'agglomération et à l'Est, déjà desservis par le réseau existant du tramway, pourront aussi rallier plus facilement ces lieux.

Impact direct, indirect et permanent avant proposition de mesures : positif

7.1.2.2. Mesures

Aucune mesure relative à cette thématique n'est nécessaire.

7.2. INFRASTRUCTURES ET DÉPLACEMENTS

7.2.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

7.2.1.1. Effets

Effets généraux du projet sur les infrastructures et les déplacements en phase travaux

Le projet nécessite des travaux de réaménagement des espaces publics pour insérer la plateforme du tramway et réorganiser la distribution de l'espace public entre les différents modes (voitures, bus, piétons et cyclistes). Des incidences seront à prévoir, telles que :

- La fermeture provisoire de voies de circulation ;
- La réduction de la largeur des voies ;
- La limitation des vitesses ;
- L'augmentation de la circulation des poids lourds pour le transport de matériaux et d'équipements liés au chantier ;
- La modification des plans de circulation.

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer traverse de nombreux carrefours.

Les accès riverains (habitations, commerces, activités, etc.) pourront être perturbés en période de travaux.

L'accès des services publics et de secours est toujours maintenu en tous lieux. Lorsqu'une rue est barrée, les dispositions pour le maintien des accès des véhicules pompiers et ambulances sont étudiées et mentionnées sur les plans d'aménagement. Les dimensions minimales de largeur de chaussée et de rayon de braquage sont conformes aux exigences du véhicule de type « grande échelle pompiers », chaque fois que nécessaire.

Les éventuelles perturbations pour la collecte des ordures ménagères seront discutées préalablement avec le service concerné.

Effets du projet sur le réseau de transport collectif en phase travaux

L'organisation des travaux est conçue pour apporter le moins de perturbations possibles aux lignes de bus du secteur, sur leurs itinéraires et au niveau de leurs arrêts. Les premiers travaux concerneront essentiellement la réadaptation des réseaux souterrains et aériens, certains nécessitant des travaux de détournement et de raccordement, car situés sous les futures infrastructures du tramway.

Afin d'anticiper la gêne occasionnée lors des travaux, il sera important de conserver un service lisible et efficace pour l'usager du réseau Twisto (bus et vélo en libre-service notamment).

Certains travaux nécessiteront un arrêt d'exploitation du tramway actuellement en service. Il s'agit des travaux de raccordement des futures voies de tramway aux voies actuelles, d'effacement de la ligne aérienne de contact entre les stations « Bernières » et « Place de la Mare », de doublement du terminus de la ligne T1 « Saint-Clair » et de la modification du terminus de la ligne T2 « Presqu'île ».

Effets du projet sur le stationnement en phase travaux

Les possibilités de stationnement seront perturbées pendant les travaux. Certaines places seront définitivement supprimées, même si un travail fin de conservation au maximum des places de stationnement existantes a été réalisé.

Impact direct, indirect, temporaire avant proposition de mesures : fort

7.2.1.2. Mesures

Pour limiter les impacts sur les déplacements et le stationnement, les mesures suivantes sont mises en place :

- R2.1a – Adaptation des circulations et des déplacements en phase chantier
- R2.1j – Plan de circulation en phase travaux
- R1.1c – Balisage préventif divers
- R2.1j – Mesures relatives aux travaux sur les voies de tramway existantes

Ces mesures sont détaillées dans le chapitre 7.5.1 de la présente Partie 6.

7.2.1.3. Effets résiduels

À la suite de la mise en place des mesures de réduction, les effets résiduels liés aux infrastructures et aux déplacements sont faibles.

Impact résiduel : faible

7.2.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

7.2.2.1. Effets

Effets généraux du projet sur les infrastructures et les déplacements en phase d'exploitation

Un projet de tramway entraîne différents types de modifications directes sur le réseau routier initial :

- Le changement du plan de circulation (sens de circulation et sens uniques) ;
- Le réaménagement de certains carrefours du tracé, pour permettre le passage du tramway ou l'accueil d'un trafic de report ;
- La reprogrammation de carrefours pour assurer la priorité au tramway ;
- La création de nouveaux carrefours avec les voies existantes.

Ces modifications sont susceptibles de provoquer des impacts indirects consistant en des perturbations sur la circulation automobile :

- Certaines voies perdent du trafic routier, alors que d'autres en gagnent selon un processus de report de trafic vers de nouveaux itinéraires ;
- Des points durs capacitaires peuvent se créer au niveau de zones de circulations sensibles, notamment au niveau des carrefours ;
- Sur d'autres secteurs, le projet de tramway en réduisant les trafics, permet de créer des conditions de circulation apaisées.

Les aménagements de voirie et des carrefours, ainsi que les nouveaux équipements de régulation du trafic, qui seront réalisés dans le cadre du projet, permettront de mettre en œuvre un nouveau concept de déplacement multimodal.

Effets du projet sur les axes empruntés par le tramway en phase d'exploitation

L'insertion du tramway modifie les itinéraires des usagers sur les axes empruntés par le tramway.

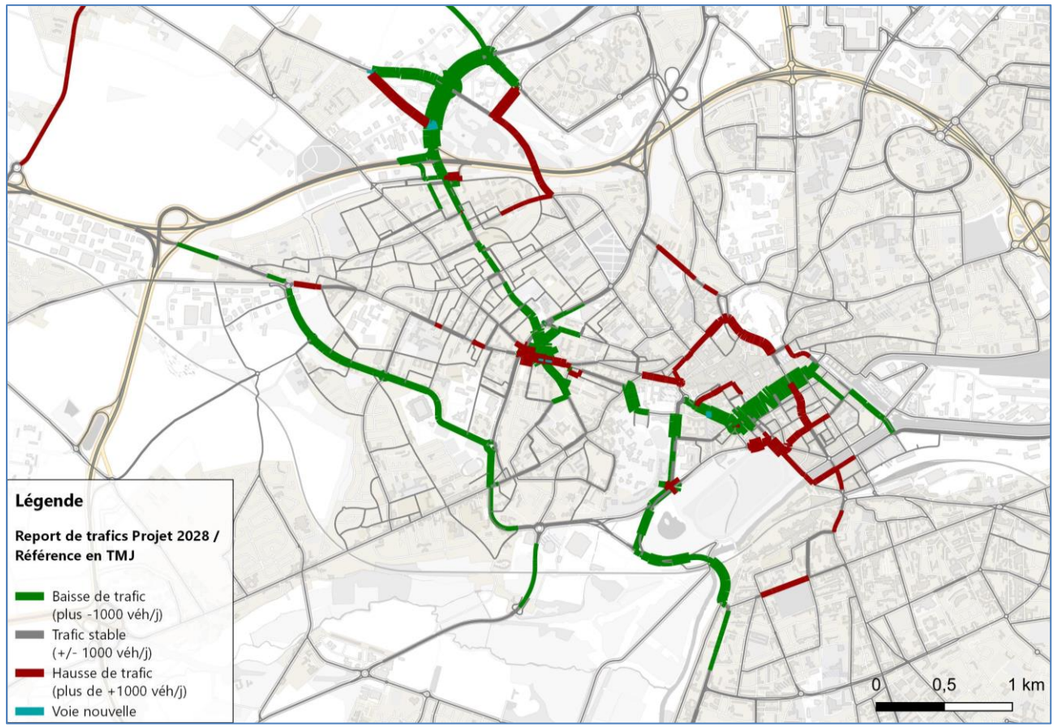
Au Nord, le trafic sera réduit sur le boulevard du Maréchal Juin depuis le rond-point du Débarquement jusqu'au périphérique Nord. Le trafic sera également réduit sur la rue du Chemin Vert entre le périphérique et la rue de Bayeux.

Sur le boulevard Pompidou, l'insertion du tramway se traduit par une baisse des trafics entre le boulevard des Pépinières et le giratoire Detolle.

L'axe Dunois / Detolle / Guillou conserve globalement une capacité équivalente à la situation actuelle. Les vitesses y seront toutefois ralenties par les aménagements des carrefours et au droit des stations où la vitesse sera limitée à 30 km/h.

La modification du plan de circulation sur la rue de Bernières induit une réduction du transit entre Sorel / Bertrand vers l'avenue du Six Juin. De fait, la circulation sera réduite sur l'avenue Albert Sorel, le boulevard Bertrand et le boulevard du Maréchal Leclerc. Plus en amont, les trafics devraient baisser sur le viaduc de la Cavée et le boulevard des Baladas.

Les trafics seront également réduits sur la rue de l'Abbatiale vers la rue du Carel.



Reports de trafics suite à la mise en service du tramway 2028 (source : Trameo)

Effets du projet sur le plan de circulation routière

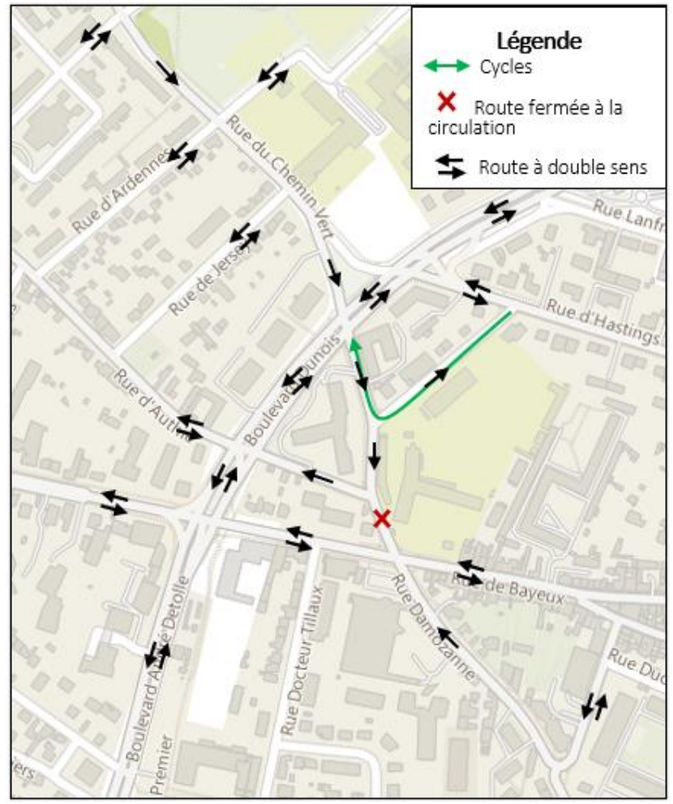
Le projet ne modifie globalement pas le plan de circulation de Caen la mer, en-dehors de quelques secteurs où les itinéraires seront modifiés :

- le secteur rue d'Authie / boulevard Dunois / rue Damozanne / rue de Bayeux ;
- le secteur avenue du Six Juin / rue de Bernières / boulevard du Maréchal Leclerc.

Sur le secteur rue d'Authie / boulevard Dunois / rue Damozanne / rue de Bayeux, le projet de tramway coupe la circulation entre la rue d'Authie et la rue de Bayeux. Par ailleurs, la rue des Poilus d'Orient est mise à sens unique en direction de la rue d'Hastings.

Les reports de trafic engendrés par cette modification impacteront les carrefours entre le boulevard Detolle, la rue de Bayeux et le boulevard Dunois.

Plus au Sud, la rue Damozanne est mise à sens unique en direction de la rue de Bayeux, avec des impacts faibles sur les trafics.



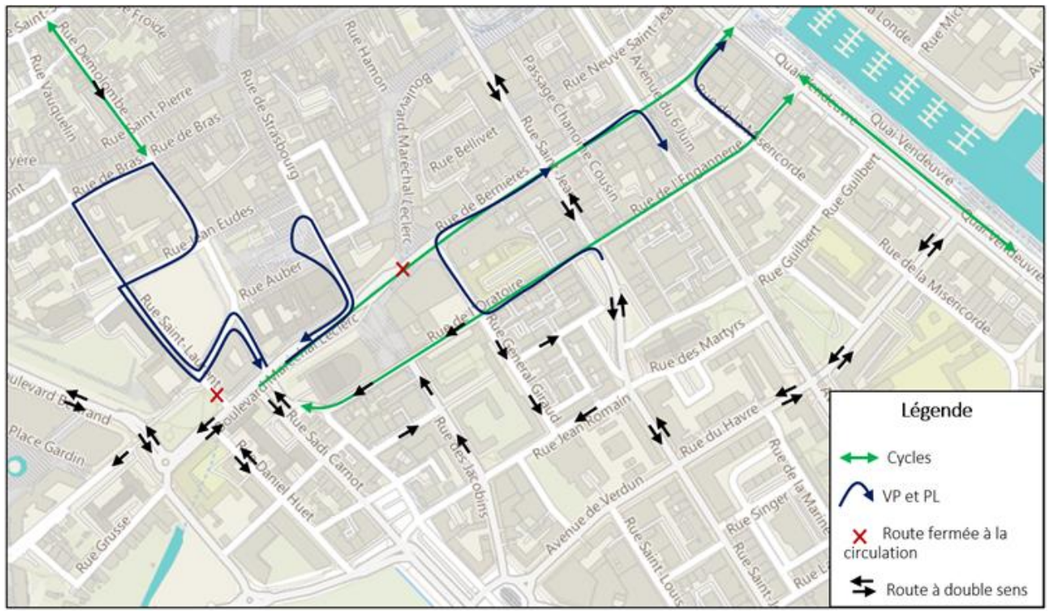
Modification du plan de circulation routière dans le secteur rue du Chemin Vert / rue de Bayeux / boulevard Dunois (source : Trameo)

Dans le secteur avenue du Six Juin / rue de Bernières / boulevard du Maréchal Leclerc, l'insertion du tramway sur la rue de Bernières coupe la circulation entre la rue du Pont Saint-Jacques et la rue du Général Giraud.

Le boulevard du Maréchal Leclerc devient un axe de desserte du parking de la place de la République et le transit est rendu impossible. Les volumes de trafics vont donc être considérablement réduits.

De la même façon, la rue de Bernières sera apaisée par la mise en place de zones de rencontre.

Sur la place Gambetta, le débouché de la rue Saint-Laurent est condamné, les trafics, locaux, seront reportés de/vers la rue Georges Lebret.



Plan de circulation sur le secteur avenue du Six Juin / rue de Bernières / boulevard du Maréchal Leclerc (source : Trameo)

Effets du projet sur le stationnement

L'insertion urbaine de la plateforme du tramway, ainsi que les modifications et création de voiries et voies cyclables associées, sont à l'origine d'un remodelage conséquent des places de stationnement disponibles.

Le bilan des places de stationnement disponibles actuellement et des places de stationnement proposées à la mise en service du projet d'extension du tramway est le suivant :

	Places de stationnement actuelles	Places de stationnement proposées à la mise en service du projet	P+R à terme	Total à terme
Boulevard Pompidou	553	424	268 (P+R « Pompidou »	692
Entre le boulevard Detolle et l'avenue Sorel	154	54	400 (P+R « Zénith – Palais des sports »)	454
Entre le parc Athéna à Saint-Contest et le quartier du Chemin Vert à Caen	77	0	76 (P+R « Chemin Vert »)	76
Rue du Chemin Vert	100	67	0	67
Du boulevard Dunois à la rue du Carel	156	33	0	33
Tronc commun au niveau du centre-ville de Caen	86	48	0	48

Places de stationnement par secteurs, avant et après projet (source : Trameo)

Les parkings-relais permettent de pallier le déficit de places de stationnement en situation future. Ces parkings-relais sont proposés en entrée de la ville de Caen, à proximité des nouveaux terminus et des équipements d'importance que sont le Zénith et le palais des sports :

- Le P+R « Chemin Vert », situé à proximité immédiate de la station « Chemin Vert », à l'emplacement stratégique de la sortie 7 du périphérique Nord. L'accès à ce P+R se fera par la rue de Touraine située dans le prolongement de la bretelle d'accès au périphérique de Caen.
- Le P+R « Pompidou », accessible depuis le rond-point Pompidou, compte 268 places. Il est situé à proximité immédiate du terminus « Pompidou ». Ce P+R est réalisé par Caen la mer sur une opération dissociée, et dont la mise en service est prévue en avril 2025. Deux parkings publics de 95 places sont également à disposition dans ce secteur.
- Le P+R « Zénith - Palais des Sports » : ouvert au public courant 2024, ce P+R propose une jauge de 400 places réparties en deux niveaux.

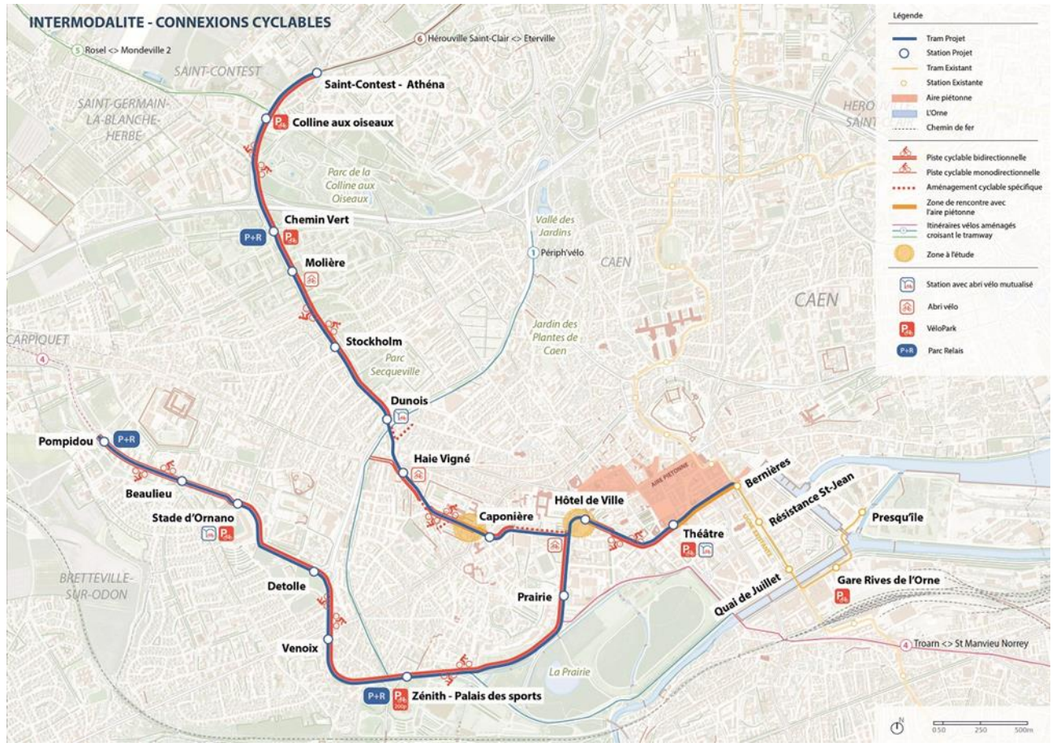
Effets du projet sur les déplacements modes doux

Le projet propose des itinéraires cyclables continus sur l'ensemble des secteurs.

Une piste cyclable birectionnelle sera aménagée sur la rue Damozanne en intervenant sur le mur de soutènement du gymnase de la Haie Vigné. Une continuité a donc pu être envisagée en contournant la rue d'Authie, fermée à la circulation dans le cadre du projet, en empruntant le Periph' à vélo et en réaménageant la connexion par la rue de Bayeux.

Plus au Sud, la continuité est assurée par la rue Damozanne et une vélo rue jusqu'à la rue Haie Vigné qui birfurque alors dans le quartier Lorge, et suit le tramway.

La rue du Carel est proposée en chaucidou pour permettre toute la continuité cyclable.



Aménagements cyclables proposés dans le cadre du projet (source : Trameo)

Les continuités piétonnes sont quant à elles assurées sur l'ensemble du linéaire.

Effets du projet sur l'offre de transport en commun

À l'issue de la livraison de l'extension, le projet prévoit une réorganisation du réseau de tramway avec le prolongement de la ligne T3 à « Pompidou » et la création de la ligne T4 entre « Presqu'île » et « Saint-Contest Athéna ».

Le réseau de tramway sera ainsi composé de quatre lignes :

- T1 : HÉROUVILLE Saint-Clair - IFS Jean Vilar (ligne T1 actuelle) ;
- T2 : CAEN Campus 2 - CAEN Presqu'île (ligne T2 actuelle) ;
- T3 : CAEN Pompidou - FLEURY Hauts de l'Orne (ligne T3 prolongée) ;
- T4 : SAINT-CONTEST Athéna - CAEN Presqu'île (ligne nouvelle).

À l'horizon 2029 (soit un an après la mise en service), sans la réorganisation du réseau de bus liée au projet tramway, la fréquentation du réseau tramway passe de 50 600 (à ce jour) à 57 200 voyages par jour. La fréquentation de l'ensemble du réseau de transport augmentera de 6%.

L'ajout des nouvelles lignes de tramway vient augmenter la fréquentation du réseau tramway à près de 80 000 voyages par jour, et augmente l'ensemble de la fréquentation du réseau d'environ 15% par rapport à la fréquentation actuelle.

À l'horizon 2040, la fréquentation globale du réseau aura augmenté de 27% par rapport à aujourd'hui, soit près de 89 000 voyages par jour sur les quatre lignes de tramway.

A la journée, la fréquentation des tramways sera la suivante :

Journée ouvrable	2022	Référence 2029	Projet 2029	Projet 2040
T1	26 900	28 400	30 600	32 800
T2	14 600	17 700	18 500	20 700
T3	9 100	11 100	20 800	23 200
T4	-	-	10 100	12 000
Total	50 600	57 200	79 200	88 800

La fréquentation de la ligne T4 tient compte d'un lissage de la fréquentation annuelle des équipements événementiels qui jalonnent la ligne (Zénith, stade d'Ornano, palais des sports, parc des expositions).

Le projet permet de gagner +8,5% de montées sur le réseau de transport en commun à la période de pointe du soir en comparaison d'une situation de référence (situation à même horizon où le projet ne serait pas fait) ». L'augmentation de fréquentation est notamment due au report modal.

Aujourd'hui, la fréquentation journalière par kilomètre d'infrastructure pour le réseau tramway est de 3 100 voyages/jour/km. À l'horizon 2029, avec l'ajout des nouvelles extensions, cet indicateur sera sensiblement le même (3 150 voyages/jour/km), et devrait augmenter à près de 3 500 voyages/jour/km à l'horizon 2040.

Le projet génère une augmentation de la fréquentation sur toutes les lignes, et de manière importante sur la ligne T3.

En 2040, le tramway voit sa fréquentation augmenter grâce aux évolutions des opportunités.

Sur les lignes T3 et T4, les stations les plus importantes sont surtout les stations existantes « Bernières », « Théâtre », « Grâce de Dieu », « Rostand Fresnel » et « Pompidou »). Les nouvelles stations « Prairie » et « Colline aux Oiseaux » sont également importantes.

On peut noter que la station « Pompidou » a une bonne dynamique, en lien avec le P+R « Pompidou » et le réseau Flex. Des montées importantes sont également à noter au niveau de la station « Colline aux oiseaux » et de la station « Molière », en lien avec la centralité du quartier et le centre commercial Molière, ainsi qu'au niveau de la station « Haie Vigné » qui dessert le cœur de quartier autour de la rue de Bayeux (établissements scolaires notamment).

A la fréquentation quotidienne liée aux motifs de déplacements réguliers (travail, études, achats, loisirs) s'ajoute la fréquentation liée à l'évènementiel plus occasionnelle qui a été lissée sur l'année. En effet, le tramway dessert de grands équipements : le stade d'Ornano, le Zenith, le palais des sports et le parc des expositions.

La fréquentation du tramway liée aux événements a été estimée à l'année à partir du nombre d'événements programmés dans ces grands équipements sur l'année 2024, leur capacité et leur affluence.

Ainsi, la fréquentation annuelle liée aux événements est estimée à 510 000 voyages qui sera en majorité affectée à la ligne T3.

	Nb de voyages / an
Fréquentation T1	7 795 000
Fréquentation T2	4 701 000
Fréquentation T3	2 563 000
Fréquentation T4	5 300 000
Fréquentation liée aux évènements	510 000
Total avec évènements	**20 877 000**

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer s'accompagne de la restructuration du réseau de bus urbains.

Impact direct, indirect et permanent avant proposition de mesures : positif

7.2.2.2. Mesures

Aucune mesure relative à cette thématique n'est nécessaire.

7.3. RÉSEAUX DE TRANSPORT D'ÉNERGIE ET TÉLÉCOMMUNICATIONS

7.3.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

7.3.1.1. Effets

Le tramway se situe en milieu urbain où de nombreux réseaux sont présents (assainissement, alimentation en eau potable, chauffage urbain, électricité, gaz, réseaux de télécommunications, éclairage public, signalisation lumineuse tricolore, etc.). Les travaux de réalisation de la plateforme, des infrastructures liées au système de tramway pourraient entrainer la mise à nu et intercepter les réseaux existants, sans mise en œuvre de déviations ou de protections des réseaux.

Les travaux de fouille associés aux dévoiements auront un effet sur les conditions de circulation et d'accès tout au long de cette étape. En effet, les dévoiements impliquent des travaux de fouilles au droit des réseaux actuels et à l'emplacement des futurs réseaux.

Impact direct, indirect et temporaire avant proposition de mesures : modéré

7.3.1.2. Mesures

Pour limiter les risques de coupure des réseaux de transport d'énergie et télécommunication lors de la phase de travaux, la mesure d'évitement suivante est proposée :

- E3.1z – Concertation avec les gestionnaires et concessionnaires de réseaux dans le but de prévenir les risques d'interception des réseaux existants et de définir les modalités de déviation et de protection

Cette mesure est détaillée au chapitre 7.5.1. de la présente Partie 6.

7.3.1.3. Effets résiduels

À la suite de la mise en œuvre de cette mesure d'évitement, les effets résiduels sur les réseaux de transport d'énergie et télécommunication sont faibles.

Impact résiduel : faible

7.3.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

7.3.2.1. Effets

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer n'a pas d'impact sur les réseaux enterrés en phase d'exploitation.

L'exploitation a un effet sur les réseaux en termes de courants vagabonds.

Impact direct et permanent avant proposition de mesures : faible

7.3.2.2. Mesures

Des mesures appropriées seront mises en œuvre en concertation avec les concessionnaires :

- isolement du rail par rapport au sol à l'aide de chambres d'éclissage
- renouvellement des canalisation par des conduites avec des matériaux non sensibles
- fourreautage des canalisations
- mise en œuvre de mesures de drainage
- mise en œuvre d'équipements en sous-station pour le retour du courant.

7.3.2.3. Effets résiduels

À la suite de la mise en œuvre de cette mesure de réduction, les effets résiduels sur les réseaux en terme de courants vagabonds sont négligeables.

Impact résiduel : négligeable

7.4. FONCIER

7.4.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

7.4.1.1. Effets

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer a des impacts sur des parcelles dont le foncier n'est pas maîtrisé par la Communauté urbaine Caen la mer.

La réalisation du projet implique donc d'obtenir au préalable la maîtrise foncière des emprises nécessaires à la réalisation des travaux. Le projet s'inscrit en grande partie sur des voiries existantes. Néanmoins, le projet nécessite des acquisitions foncières.

Ces dernières seront réalisées prioritairement par voie amiable. À défaut, elles nécessiteront le recours à une procédure d'expropriation et, le cas échéant, au transfert de gestion des propriétés publiques relevant du domaine public.

Le passage des futures voies de tramway implique des démolitions de bâtiments au niveau de l'EPSM de Caen (bâtiment l'Annexe) et de bâtiments propriété de la Ville de Caen que sont la maison du Général et son annexe, et une ancienne école d'infirmière. Le projet impacte également des installations sportives du lycée Malherbe.

Par ailleurs, les travaux liés au projet d'extension de tramway de Caen la mer nécessitent des occupations temporaires de terrains pour les besoins du chantier.

Impact direct, temporaire et permanent avant proposition de mesures : fort

7.4.1.2. Mesures

Pour limiter les impacts du projet sur le foncier, la mesure suivante est proposée :

- R1.1a – Limitation /adaptation des emprises des travaux et/ou des zones d'accès et/ou des zones de circulation des engins de chantier

Cette mesure est détaillée au chapitre 2.3.5. de la présente Partie 6.

7.4.1.3. Effets résiduels

Les effets résiduels du projet sur le foncier sont modérés.

Impact résiduel : modéré

Pour pallier cet impact résiduel modéré, des mesures de compensation sont prévues :

- C2.2i - Reconstitution des fonctionnalités impactées par le passage du tramway
- C2.2i - Indemnisation des propriétaires de parcelles privées qui sont impactées par le passage du tramway

Ces mesures sont détaillées au chapitre 7.5.1. de la présente Partie 6.

7.4.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

7.4.2.1. Effets

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer n'a pas d'impact sur le foncier en phase d'exploitation.

Impact direct et permanent avant proposition de mesures : nul

7.4.2.2. Mesures

Aucune mesure relative à cette thématique n'est nécessaire.

7.5. PRÉSENTATION DES MESURES SUR LES BIENS MATÉRIELS ET LES ACTIVITÉS HUMAINES

7.5.1. En phase travaux

7.5.1.1. E3.1z – Concertation avec les gestionnaires et concessionnaires de réseaux dans le but de prévenir les risques d'interception des réseaux existants et de définir les modalités de déviation et de protection

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Concertation avec les gestionnaires et concessionnaires de réseaux dans le but de prévenir les risques d'interception des réseaux existants et de définir les modalités de déviation et de protection	**Code mesure : E31z**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase :** Études - Avant-Projet
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

☐ Faune et flore	☐ Sites et paysages	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☑ **Population**	☐ Sol
☐ Eau	☐ Habitats Naturels	☑ **Biens matériels**
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☐ Continuités écologiques	☑ **Activités économiques**
☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques
☐ Autres pollutions/ nuisances		

Description de la mesure

Les entreprises intervenant sur les chantiers respecteront les contraintes liées aux réseaux rencontrés, ainsi que les servitudes associées aux réseaux non déplacés. Des Déclarations d'Intention de Commencement de Travaux (DT/DICT) seront transmises aux concessionnaires des réseaux pour les identifier précisément et définir les modalités de leur préservation ou de leur déplacement.

Certaines déviations de réseaux peuvent nécessiter des procédures administratives particulières qui sont à la charge des concessionnaires de ces dits réseaux.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Concertation avec les gestionnaires et concessionnaires de réseaux dans le but de prévenir les risques d'interception des réseaux existants et de définir les modalités de déviation et de protection	**Code mesure : E31z**

Tout réseau endommagé fera l'objet d'un signalement au concessionnaire concerné et d'une réparation dans les plus brefs délais et en respectant les prescriptions du concessionnaires et les conditions de sécurité (s'agissant notamment d'un réseau électrique et de gaz par exemple)

Le coût de la mesure est intégré au coût global des prestations de coordination.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Mise en place de fiches descriptives présentant les emprises travaux et les sites à enjeu à éviter sur chaque zone de chantier, intégrées dans les exigences demandées aux entreprises travaux.

Modalités de suivi de la mesure

Mise en place de réunions de concertation régulières lors des phases études et travaux.

Comptes-rendus des consultations réalisées avec les gestionnaires de réseaux.

Validation des modes opératoires des entreprises.

Visites de chantier régulières pour s'assurer de la conformité des travaux aux modes opératoires prévus.

egis

7.5.1.2. R2.1j – Mesures relatives aux activités du lycée Malherbe et de l'EPSM de Caen pendant les travaux

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Mesures relatives aux activités du lycée Malherbe et de l'EPSM de Caen	**Code mesure : R2.1j**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase :** Études - Avant-Projet
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

☐ Faune et flore	☐ Sites et paysages	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☑ **Population**	☐ Sol
☐ Eau	☐ Habitats Naturels	☐ Biens matériels
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☐ Continuités écologiques	☐ Activités économiques

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Mesures relatives aux activités du lycée Malherbe et de l'EPSM de Caen	**Code mesure : R2.1j**

☐ Facteurs climatiques ☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs ☐ Risques technologiques

☐ Autres pollutions/ nuisances

Description de la mesure

Lycée Malherbe

Afin de limiter la perturbation des activités du lycée Malherbe, un travail sur le phasage des travaux sera mené de manière à intervenir principalement en période de congés d'été et à restituer une piste au plus tôt. Cela permettra de réduire la durée d'indisponibilité des installations d'athlétisme du lycée Malherbe présentes le long du boulevard Yves Guillou.

En cas de nécessité, si ces mesures n'étaient pas suffisantes, des équipements sportifs de la Ville de Caen seraient mis à disposition de l'équipe éducative, afin de maintenir une pratique sportive pour les lycéens.

Par ailleurs, il est précisé que l'enceinte du lycée sera close pendant toute la duré des travaux pour assurer la sécurité de cet établissement scolaire. Un travail sur le phasage pour le maintien des accès piétons/véhicules/livraisons/secours sera réalisé.

Établissement Public de Santé Mentale de Caen

Concernant la prise en charge des patients de l'EPSM de Caen dont les services seront affectés par les travaux, des mesures spécifiques seront prises pour les unités de soins accueillant des patients atteints de troubles autistiques. Ces activités seront toutes relocalisées à distance du chantier par l'EPSM avant le démarrage des travaux (en cours d'étude par l'EPSM).

Afin de réduire au maximum la durée du chantier, un phasage adapté sera proposé. Le chantier de la plateforme de tramway sera organisé pour permettre un démarrage au plus tard, et ainsi limiter l'impact des travaux sur l'exploitation du bâtiment Jamet avant la relocalisation des services.

Le coût de la mesure est intégré au coût global des prestations de travaux.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Mise en place d'un calendrier de travaux. Le calendrier est construit en fonction des spécificités du projet et des enjeux liés aux activités impactées (lycée, établissement de santé).

Définition précise des modalités de chantier pour réduire les durées des perturbations.

Concertation continue avec le lycée (Direction/équipe éducative) sur l'organisation des travaux et la préservation de conditions satisfaisantes de fonctionnement de l'établissement.

Concertation continue avec l'EPSM de Caen sur l'organisation des travaux et la préservation de conditions satisfaisantes de fonctionnement de l'établissement.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Mesures relatives aux activités du lycée Malherbe et de l'EPSM de Caen	**Code mesure : R2.1j**

Modalités de suivi de la mesure

Vérification du respect des prescriptions et engagements.

Réunions régulières de coordination avec la Direction du lycée et la Direction de l'EPSM.

egis

7.5.1.3. A4.1a – Accompagnement financier à destination des commerces impactés par le projet pendant la phase travaux

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Accompagnement financier à destination des commerces impactés par le projet	**Code mesure : A41a**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase :** Études - Avant-Projet
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

☐ Faune et flore ☐ Sites et paysages ☐ Air

☐ Bruit & vibrations ☑ **Population** ☐ Sol

☐ Eau ☐ Habitats Naturels ☑ **Biens matériels**

☐ Patrimoine culturel et archéologique ☐ Continuités écologiques ☑ **Activités économiques**

☐ Facteurs climatiques ☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs ☐ Risques technologiques

☐ Autres pollutions/ nuisances

Coût estimatif : 100 000 € - 1 000 000 € HT

Description de la mesure

Lorsque l'accès à une activité riveraine, notamment commerciale, fait l'objet d'une gêne actuelle, certaine, directe, spéciale ou anormale, le commerçant concerné pourra solliciter une indemnisation financière.

Ces commerces pourront bénéficier d'une procédure d'indemnisation amiable mise en place par la collectivité en cas de baisse du chiffre d'affaires, dans les cas et conditions définies par la jurisprudence administrative.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Accompagnement financier à destination des commerces impactés par le projet	**Code mesure : A41a**

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

La mesure concerne le seul financement des pertes commerciales calculées sur la période du chantier entrainant ces pertes. Cette mesure sera évaluée en concertation avec les commerçants concernés.

Modalités de suivi de la mesure

État initial des commerces bénéficiant de la mesure avant la mise en place.

Liste des commerces indemnisés.

Tableau de suivi des versements.

7.5.1.4. R2.1a – Adaptation des circulations et des déplacements en phase chantier

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Adaptation des circulations et des déplacements en phase chantier	**Code mesure : R21a**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase : Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

☐ Faune et flore	☐ Sites et paysages	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☑ **Population**	☐ Sol
☐ Eau	☐ Habitats Naturels	☑ **Biens matériels**
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☐ Continuités écologiques	☑ **Activités économiques**
☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques
☐ Autres pollutions/ nuisances		

Description de la mesure

L'organisation générale des travaux garantira l'accessibilité aux équipements situés aux abords immédiats du projet dans les meilleures conditions de sécurité (signalétique, barrières).

Les interactions du projet avec la voirie routière sont nombreuses sur l'ensemble du linéaire de projet. Les mesures seront prises en concertation avec les services de la Communauté urbaine

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Adaptation des circulations et des déplacements en phase chantier	**Code mesure : R21a**

Caen la mer afin de mettre en place un plan de circulation associé aux travaux qui précisera les itinéraires de substitution et la signalétique adaptée.

Pour améliorer la circulation et l'accès au centre-ville, il a été retenu de configurer au plus tôt les itinéraires préfigurant les usages futurs. Une fois l'ensemble de ces fonctionnalités recréées, il est prévu de mettre en place le plan de circulation définitif et de réaliser les travaux de l'infrastructure tramway.

La phase travaux nécessite une adaptation de la circulation sur le périmètre élargi (à l'échelle du quartier dans lequel le chantier s'inscrit). Ces adaptations sont examinées durant toute la phase des travaux par un comité de responsables du projet et d'utilisateurs de l'espace public, qui prend ensuite les mesures de circulation nécessaires, en essayant autant que possible de maintenir les accès et les circulations. Ce comité est plus précisément composé :

- De la Direction des mobilités Caen la mer ;
- Des Services Techniques de la Ville de Caen, et des services techniques des communes de Saint-Contest et d'Hérouville Saint-Clair, le cas échéant ;
- De l'exploitant des bus et tramways (Twisto) ;
- Du Coordonnateur Sécurité et Protection de la Santé ;
- Des Sapeurs-Pompiers du SDIS 14 ;
- De la Police Municipale ;
- Des Maîtres d'Œuvre du projet.

Le phasage des travaux, ainsi que leur organisation ultérieure, seront programmés pour maintenir de façon optimale l'usage du domaine public que ce soit en termes de circulation automobile, de circulation des transports en commun, de circulation piétonne et cycliste, de stationnement, d'accès riverains, de services de secours, de ramassage des ordures ménagères, etc. Des aménagements de voies par lesquelles sera déviée provisoirement la circulation des bus et des voitures pourront être mis en place pendant les travaux (rectification des carrefours, reprise de bordures, de caniveaux, modification des signalisations, etc.).

➢ ***Matérialisation des emprises***

Des points fixes d'accès (entrées et sorties) seront aménagés pour toutes les emprises du chantier. Ils seront organisés de manière que l'irruption des engins à l'extérieur de l'emprise de chantier se fasse toujours dans le sens de la circulation environnante.

Une voie latérale dite « de service » sera mise en place. Elle permettra la circulation des engins de chantier afin de desservir le chantier pour les approvisionnements.

➢ ***Traversées de carrefours***

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer traverse de nombreux carrefours, dont certains sont très fréquentés. C'est pourquoi les travaux se feront majoritairement par demi-chaussée afin d'éviter la coupure complète de ces voies.

Les carrefours seront traversés en une fois chaque fois que la circulation pourra être aisément déviée, ou bien si ce n'est pas possible, en plusieurs étapes. Dans ce cas, il sera veillé à toujours maintenir les sens traversant de circulation, grâce à des voiries provisoires posées sur rail, ou sur des ponts routiers.

Pour ces derniers, une étude préalable sera faite, afin de justifier l'organisation des tourne-à-gauche ou à droite, pour les véhicules à long gabarit et les bus en particulier. Ainsi, chaque fois que cela sera possible, et pour éviter les ruptures de rythme dans la réalisation de la plateforme,

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Adaptation des circulations et des déplacements en phase chantier	**Code mesure : R21a**

les poses de voies, les revêtements de plateformes, il faudra passer les carrefours et les rues en une fois et dans la continuité des poses de voies, ce qui aura comme conséquence une fermeture, le plus souvent partielle, du carrefour ou de la rue concernée pendant une période maximale d'un mois.

Les carrefours difficiles et complexes en circulation seront traversés en plusieurs étapes, de manière à toujours maintenir les sens traversant de circulation, sur des voiries provisoires posées sur rail, ou sur des ponts routiers.

Les différents chantiers sur les carrefours seront séparés de la circulation par des glissières plastiques continues.

- ***Matérialisation des circulations modes actifs***

La chronologie de déroulement travaux est construite de façon à respecter les cheminements des modes actifs lorsque ceux-ci existent, le long des emprises de travaux. Ainsi, les fonctionnalités existantes seront reconstituées autant que faire se peut, pour permettre aux piétons et aux cyclistes de circuler dans de bonnes conditions de sécurité tout au long du chantier. Les configurations concrètes seront adaptées en cours de chantier, en étroite relation avec les services concernés de la Communauté urbaine Caen la mer.

- ***Services publics collectifs***

L'accès des services publics et de secours sera toujours maintenu en tous lieux. Lorsqu'une rue sera barrée, les dispositions pour le maintien des accès des véhicules pompiers et ambulances seront étudiées et mentionnées sur les plans d'aménagement du site. Les dimensions minimales de largeur de chaussée et de rayon de braquage seront conformes aux exigences du véhicule de type « grande échelle pompiers », chaque fois que nécessaire.

Les éventuelles perturbations pour la collecte des ordures ménagères seront préalablement discutées avec le service concerné.

- ***Accès riverains et stationnement***

Les accès riverains pourront être perturbés en période de travaux.

Des passerelles munies de garde-corps seront mises en place, afin de maintenir les cheminements matérialisés pour les riverains. Les accès aux parkings seront maintenus autant que possible. Lorsque cela ne sera pas possible, des parkings provisoires seront mis à disposition des riverains.

Des panneaux de signalisation et d'information du public seront installés et adaptés à tous les mouvements de véhicules et évolutifs, afin de tenir compte de l'avancement des travaux. Le phasage de travaux fera l'objet d'une signalisation spécifique pour assurer des conditions de déplacement satisfaisantes durant les travaux (alternatives, ...).

Un Cahier des Contraintes Fonctionnelles des Chantiers (CCFC) définira les mesures à prendre par les entreprises pour délimiter les chantiers, sécuriser les abords et pour garantir l'accessibilité aux propriétés riveraines.

La propreté des axes de circulation sera vérifiée par le maître d'œuvre du chantier et les chaussés nettoyées en cas de projection de boue. Après travaux, les chaussées seront rétablies dans leur situation et celles qui ont été ponctuellement détériorées au niveau des emprises chantier seront remises en état.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Adaptation des circulations et des déplacements en phase chantier	**Code mesure : R21a**

Le coût de la mesure est intégré au coût global des prestations de travaux.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Dès que possible, et toutes les fois que les activités le permettront, les emprises des chantiers seront réduites.

Mise en place d'une signalétique adaptée.

Mise en place du plan de circulation définitif en anticipation.

Modalités de suivi de la mesure

La bonne mise en œuvre de la mesure et son respect pendant les travaux seront contrôlés par le maître d'œuvre.

egis

7.5.1.5. R2.1j – Mesures relatives aux travaux sur les voies de tramway existantes

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Mesures relatives aux travaux sur les voies de tramway existantes	**Code mesure : R21j**
Opération : **Projet d'extension du tramway de Caen la mer**	**Phase :** **Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

☐ Faune et flore	☐ Sites et paysages	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☑ **Population**	☐ Sol
☐ Eau	☐ Habitats Naturels	☐ Biens matériels
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☐ Continuités écologiques	☐ Activités économiques
☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques
☐ Autres pollutions/ nuisances		

Description de la mesure

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Mesures relatives aux travaux sur les voies de tramway existantes	**Code mesure : R21j**

Certaines phases de travaux vont nécessiter un arrêt d'exploitation temporaire du tramway et la mise en place d'un service de bus de substitution pour maintenir la desserte en transports en commun.

Ce sera le cas pour :

- Les travaux de raccordement de la nouvelle ligne de tramway à la ligne de tramway existante au niveau de la station « Bernières » ;
- Les travaux de dépose de la Ligne Aérienne de Contact (LAC) entre les stations « Bernières » et « Place de la Mare » ;
- Les travaux de doublement du terminus existant « Hérouville Saint-Clair – Saint-Clair » ;
- Les travaux de modification du terminus « Caen – Presqu'Île ».

Les travaux seront organisés de manière à limiter la durée de la gêne (regroupement temporel des interventions) et sur une période la moins impactante possible pour les voyageurs (période estivale moins fréquentée). La période estivale 2027 est visée pour l'organisation de ces travaux.

Le coût de la mesure est intégré dans les prestations d'exploitation du réseau de transports en commun.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Communication sur le réseau de substitution mis en œuvre.

Modalités de suivi de la mesure

Suivi du planning de l'opération sur les voies de tramway existantes.

egis

7.5.1.6. R1.1c – Balisage préventif divers

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Balisage préventif divers	**Code mesure : R11c**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase :** Études - Avant-Projet
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

✅ Faune et flore	✅ Sites et paysages	✅ Air
✅ Bruit & vibrations	✅ Population	✅ Sol

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Balisage préventif divers	**Code mesure : R11c**

✅ Eau	✅ Habitats Naturels	✅ Biens matériels
✅ Patrimoine culturel et archéologique	✅ Continuités écologiques	✅ Activités économiques
☐ Facteurs climatiques	✅ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	✅ Risques technologiques
✅ Autres pollutions/ nuisances		

Description de la mesure

La sécurité du chantier concerne aussi bien les usagers de l'espace public que le personnel travaillant sur le chantier. Les causes d'insécurité sont principalement dues à la cohabitation entre engins de chantier, circulation automobile et circulation cycliste-piétonne. Cette insécurité est liée aux problématiques d'accessibilité, ainsi qu'aux multiples usages qui cohabitent sur les zones concernées par les travaux.

L'emprise du chantier occupera toute la largeur du futur site de tramway, multitubulaires comprises, et sur toutes les zones de travaux, il existera une voie latérale dite « de service » qui permettra de desservir le chantier pour les approvisionnements.

Avant tout début d'intervention, les emprises seront entourées de barrières continues, avec des points fixes d'accès (sauf cas particuliers soumis à accord du Maître d'ouvrage). Ces points d'entrées et de sorties seront organisés de manière que l'irruption des engins à l'extérieur des emprises se fasse toujours dans le sens de la circulation environnante, et de même pour les entrées. Les clôtures seront solides et régulièrement entretenues. Ce dispositif assurera la sécurité des riverains, des ouvriers et des usagers des voies publiques. Cet espace sera également isolé et interdit au public. Pendant les travaux, le Maître d'Ouvrage assurera une information régulière du public.

Les accès riverains pourront être perturbés en période de travaux. Des passerelles munies de garde-corps permettront de maintenir des cheminements matérialisés. Les accès aux parkings seront maintenus ou, s'ils ne peuvent l'être, des parkings provisoires pourront être mis à la disposition des riverains.

En cas d'intervention nocturne, une signalisation de chantier spécifique sera mise en place.

Un Cahier des Contraintes Fonctionnelles des Chantiers (CCFC) définira les mesures à prendre par les entreprises pour délimiter les chantiers, sécuriser les abords et pour garantir l'accessibilité aux propriétés riveraines.

Le coût de la mesure est intégré au coût global des prestations de travaux.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Une attention particulière sera apportée à l'utilisation de la « rubalise » qui peut être source de déchets dans les milieux après un chantier. Elle peut tout aussi bien être remplacée par une corde avec des nœuds de « rubalise » (pour la visibilité).

Cette mesure sera suivie par un coordonnateur en matière de sécurité et de protection de la santé.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Balisage préventif divers	**Code mesure : R11c**
Avant la mise en œuvre du balisage, ainsi que pour chacune des redéfinitions, les coordonnées des périmètres interdits, ainsi que la durée estimée de leur implantation seront notifiées via des réunions d'information, sur les tableaux d'information du chantier et via la radio.	
Modalités de suivi de la mesure	
Comptes rendus de la mission de balisage de terrain. Tableau de suivi des actions réalisées (date, lieu de balisage, type de sol concerné, surface balisée...). Vérification de l'existence effective et appropriée de la matérialisation et respect des prescriptions associées. Vérification de l'intégrité des espaces « évités ». Suivi photographique selon une périodicité adéquate.	
	egis

7.5.1.7. C2.2i – Reconstitution des fonctionnalités impactées par le passage du tramway

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Reconstitution des fonctionnalités impactées par le passage du tramway	**Code mesure : R22b**
Opération : **Projet d'extension du tramway de Caen la mer**	**Phase :** **Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	
Cible(s) de la mesure : ☐ Faune et flore ☐ Sites et paysages ☐ Air ☐ Bruit & vibrations ☑ **Population** ☐ Sol ☐ Eau ☐ Habitats Naturels ☑ **Biens matériels** ☐ Patrimoine culturel et archéologique ☐ Continuités écologiques ☑ **Activités économiques** ☐ Facteurs climatiques ☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs ☐ Risques technologiques ☐ Autres pollutions/ nuisances	
Coût estimatif : 12 M€ HT (global)	
Description de la mesure	

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Reconstitution des fonctionnalités impactées par le passage du tramway	**Code mesure : R22b**
Sur l'ensemble des propriétés impactées, le projet prévoit la reconstitution ou la compensation des fonctionnalités directement compromises par sa réalisation en l'absence d'acquisitions foncières, ou la restitution des limites d'emprises en cas d'acquisitions foncières. **EPSM de Caen** Conformément à l'accord de principe mis au point entre l'EPSM, l'Agence Régionale de Santé et Caen la mer, le projet prévoit l'indemnisation de l'EPSM de Caen en vue de reconstruire, au Sud de la plateforme du tramway, une surface hospitalière équivalente à celle du bâtiment Jamet ainsi que le financement de l'ensemble des travaux de réseaux nécessaires au maintien de l'exploitation du site. Des échanges réguliers depuis un an ont permis d'aboutir à cet accord de principe. **Lycée Malherbe** Le projet prévoit, conformément aux engagements pris par Caen la mer avec la Région et validés par le Conseil d'Administration du lycée, la reconstitution de l'ensemble des fonctionnalités, notamment la reconstitution des installations sportives à qualité au moins équivalente, la reconstitution d'un écran végétal entre le lycée et le boulevard Guillou, ainsi que la modification de l'accès piétons et routier sur l'avenue Albert Sorel.	
Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance	
Mise au point de conventions avec les riverains concernés. Poursuite des échanges amiables et consensuels avec les institutionnels pour aboutir à des modalités d'indemnisations validées de toutes les parties.	

7.5.1.8. C2.2i – Indemnisation des propriétaires de parcelles privées qui sont impactées par le passage du tramway

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Indemnisation des propriétaires de parcelles privées qui sont impactées par le passage du tramway	**Code mesure : C22z**
Opération : **Projet d'extension du tramway de Caen la mer**	**Phase :** **Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Indemnisation des propriétaires de parcelles privées qui sont impactées par le passage du tramway	**Code mesure : C22z**

Cible(s) de la mesure :

☐ Faune et flore	☐ Sites et paysages	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☑ **Population**	☐ Sol
☐ Eau	☐ Habitats Naturels	☑ **Biens matériels**
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☐ Continuités écologiques	☑ **Activités économiques**
☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques
☐ Autres pollutions/ nuisances		

Coût estimatif : 700 000 € HT (global)

Description de la mesure

Les acquisitions des terrains privés impactés par le passage du tramway seront réalisées par Caen la mer. Les propriétaires concernés seront contactés par Caen la mer pour une acquisition à l'amiable de leurs terrains, sur la base de l'estimation du coût des acquisitions foncières de France Domaine (Direction Générale des Finances Publiques).

À défaut d'accord amiable sur la proposition de Caen la mer, les acquisitions foncières nécessaires à l'exécution des travaux seront réalisées par voie d'expropriation, conformément aux dispositions du code de l'expropriation pour cause d'utilité publique. Les indemnités revenant aux propriétaires concernés seront alors fixées par le juge de l'expropriation.

egis

7.5.2. En phase d'exploitation

Sans objet.

8. EFFETS DU PROJET SUR LE PAYSAGE, LE PATRIMOINE ET MESURES ASSOCIEES

8.1. PAYSAGE URBAIN

8.1.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

8.1.1.1. Effets

Effets du projet sur le paysage liés aux coupes d'arbres d'alignement

De nombreux axes viaires qui seront empruntés par les futures voies de tramway sont bordés d'arbres d'alignement.

Pour mémoire, un travail en phase de conception du projet a été réalisé afin de conserver le maximum d'arbres d'alignement d'intérêt (Tilleuls, Platanes à feuilles d'érable, Érable plane), notamment de part et d'autre de la rue de Bernières, du boulevard Bertrand, de la rue du Chemin Vert Nord et du boulevard du Maréchal Juin (cf. chapitre 3.7. de la Partie 6).

D'autres arbres, par exemple de part et d'autre du boulevard Georges Pompidou, seront coupés en raison de leur faible espérance de vie, de leur mauvais développement, d'espèces non locales (Ginkgo biloba) et de leur intégration paysagère actuelle inadaptée.



Ginkgo biloba en alignements de part et d'autre du boulevard Pompidou (source : Egis)

Au stade actuel des études, le projet permet la conservation de 704 arbres et nécessite la coupe de 452 arbres.

Effets du projet sur le paysage urbain liés aux installations de chantier

Un chantier d'aménagement de voirie et d'insertion d'un tramway est par définition temporaire et itinérant. Les effets sur le paysage sont donc non permanents. Malgré le caractère itinérant du chantier, les durées d'intervention peuvent atteindre plusieurs mois.

Les effets liés à la phase travaux résultent des nécessités liées à la bonne exécution des travaux et doivent faire l'objet d'une réflexion amont. Ils concernent principalement :

- Les voies et accès au chantier ;
- Les bases de travaux ;
- Les dépôts provisoires et les zones affectées aux emprunts de matériaux ou au stockage des matériaux nécessaires à la construction de l'opération.

Les travaux entraîneront également une modification temporaire des perceptions paysagères du site du fait :

- De la mise en place de clôtures de chantier ;
- De l'intervention d'engins de travaux publics ;
- Des terrassements et autres travaux de génie civil.

De plus, les installations fixes (bases de vie, clôtures) peuvent être présentes pendant toute la durée du chantier. Les emprises de chantier, ainsi que les différentes installations (bureaux administratifs, zones de stockage de matériaux, centrale béton, etc.), présentent un effet visuel important.

En raison de l'insertion du projet dans un contexte urbanisé, ces différents impacts seront toutefois limités.

Par ailleurs, les chantiers sont générateurs de résidus de toutes natures liées à l'utilisation des consommables (matériaux de fabrication, ciment, etc.). L'impact visuel lié au stockage des déchets à la vue de tous dans un secteur en chantier, ou au contraire à la dispersion d'emballages dans les secteurs situés à proximité du chantier (déchets emportés par le vent) est à prendre en compte.

Impact direct, indirect, temporaire avant proposition de mesures : fort

8.1.1.2. Mesures

Pour limiter les impacts sur le paysage en phase travaux, la mesure suivante est proposée :

- R2.1j - Dispositif de limitation des nuisances paysagères en phase travaux

Cette mesure est détaillée au chapitre 2.3.5. de la présente Partie 6.

8.1.1.3. Effets résiduels

Après la mise en œuvre de la mesure de réduction, les effets résiduels liés au paysage en phase travaux sont modérés.

Impact résiduel : modéré

Pour pallier cet impact résiduel modéré, une mesure de compensation est prévue :

- C2.1i – Plantations d'arbres

Cette mesure est détaillée au chapitre 8.4.1. de la présente Partie 6.

8.1.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

8.1.2.1. Effets

Effets du projet sur le paysage urbain

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer permettra d'améliorer l'environnement et le paysage urbain par une requalification des voiries de façade à façade, par l'accompagnement de projets urbains et la création de cheminements sécurisés et continus pour les cycles et les piétons.

Ce réaménagement de façade à façade est réalisé en cohérence avec la création d'un axe urbain majeur et structurant de transport en commun. L'ensemble des aménagements réalisés dans le cadre du projet concoure à la reconquête de l'espace public et la création d'une ambiance urbaine globalement apaisée tout au long du tracé.

Le projet s'inscrit sur des voiries existantes, qui constituent aujourd'hui des éléments fragmentant du paysage.

Les aménagements paysagers et la végétalisation de la plateforme du tramway prévus dans le cadre du projet permettront d'apporter davantage de nature en ville, d'améliorer le cadre de vie et de rendre le paysage urbain plus agréable, confortable et vivant.

Pour mémoire, le projet prévoit pour assurer la marchabilité et le bien-être :

- Des trottoirs larges et dimensionnés pour leur fréquentation ;
- Des trottoirs et des traversées accessibles : en plateau ;
- Une bonne répartition de l'espace entre piétons et cycles ;
- Des pistes cyclables dimensionnées pour leur fréquentation
- Les grandes surfaces minérales réduites au minimum fonctionnel (limitation de l'effet de chaleur urbain) ;

- La végétalisation au maximum des surfaces non minéralisées ;
- L'aménagement du cadre de vie avec une forte présence végétale ;
- La plantation de végétal dans les conditions qui lui permettent de vivre avec peu d'entretien.



Perspective de l'aménagement à terme rue du Chemin Vert – Vue indicative (source : Trameo)

Trois niveaux de strates arbustives sont projetés : des strates basses, intermédiaires et hautes. Leur utilisation simultanée permet de répondre aux différentes fonctions recherchées (ombrage, ornement, réduction des îlots de chaleur, …).

Des arbres de 2ème et 3ème grandeur sont sélectionnés pour ombrager les trottoirs en évitant de porter trop d'ombre aux bâtiments. Les arbres de 1ère grandeur sont utilisés pour marquer l'espace ou en complément d'alignements existants de cette taille.

L'origine des végétaux est majoritairement indigène et locale. Une diversification des essences des alignements permettra d'éviter qu'une maladie ne contamine tout un aménagement monospécifique.

Le végétal joue également un rôle d'animation urbaine. Les trois strates permettent d'avoir une gestion saisonnière des floraisons avec en premier lieu une alternance d'espaces caducs et persistants, ainsi que des périodes de floraisons apportant différentes ambiances paysagères au fil des saisons.



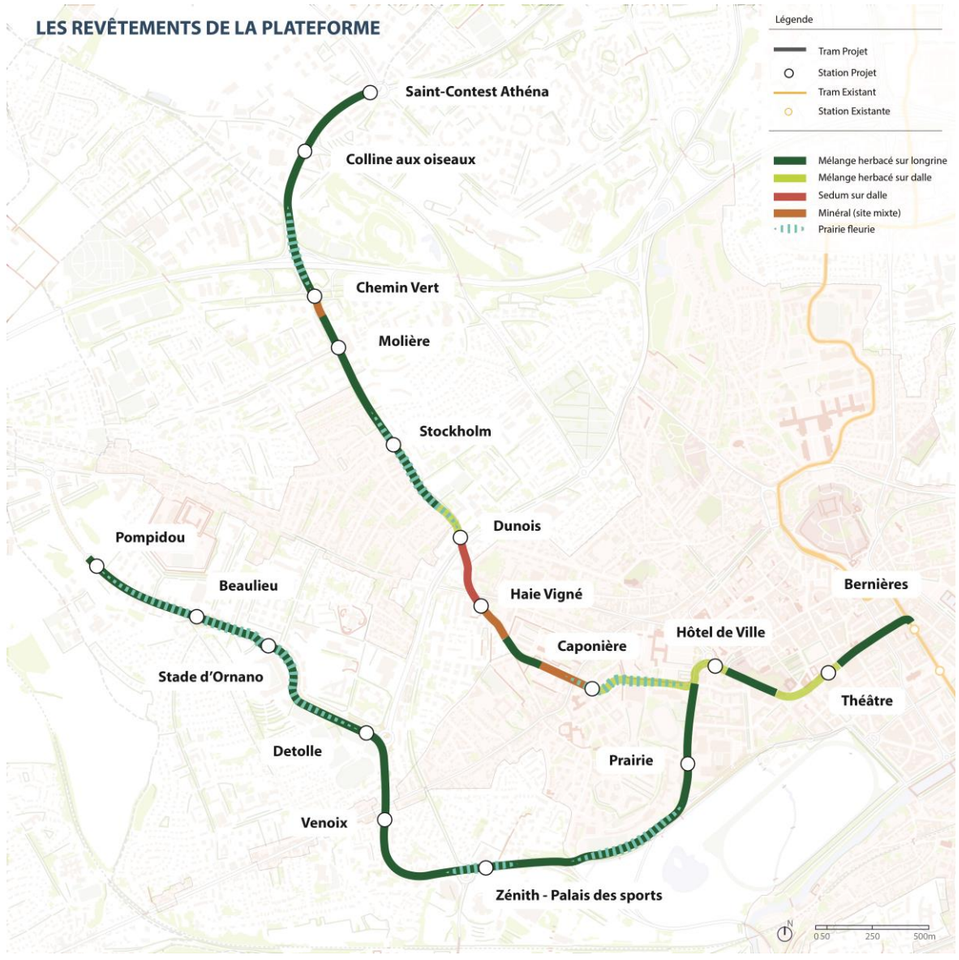
Vue en coupe de principe des différentes strates arbustives (source : Trameo)

La strate arbustive sera largement développée en pieds d'arbres, le long du parcours de tramway. Ces arbustes bas ou à développement modérés contribueront à une meilleure lecture des parcours et une amélioration de la sécurité des espaces urbains en canalisant et orientant les flux ou en mettant simplement les modes doux à distance de de la circulation automobile.

En ce qui concerne les revêtements de la plateforme du tramway, celle-ci sera largement végétalisée (environ 80% de la plateforme).

La constitution du support de la plateforme du tramway est un élément fondamental dans le choix de la végétation. Selon le type de plateforme, le traitement sera différentié :

- Dans le cas d'une plateforme sur longrine (forte épaisseur de substrat), un mélange herbacé sera semé qui ne nécessite pas d'arrosage ;
- Dans le cas d'une plateforme sur dalle (faible épaisseur de substrat pour des contraintes techniques), il sera proposé autant que possible un mélange herbacé issu de milieu naturel sans arrosage ou a minima une végétalisation à base de sédum.



Les différents revêtements de la plateforme du tramway (source : Trameo)

Sur certains secteurs, une gestion alternative de l'entretien avec ensemencement de prairie fleurie est proposée. Ceci concerne le boulevard Pompidou, le boulevard Guillou le long de la Prairie, le boulevard du Maréchal Juin à proximité de la Colline aux Oiseaux, la rue du Chemin Vert le long du Parc de Secqueville et les allées du Père Jamet.



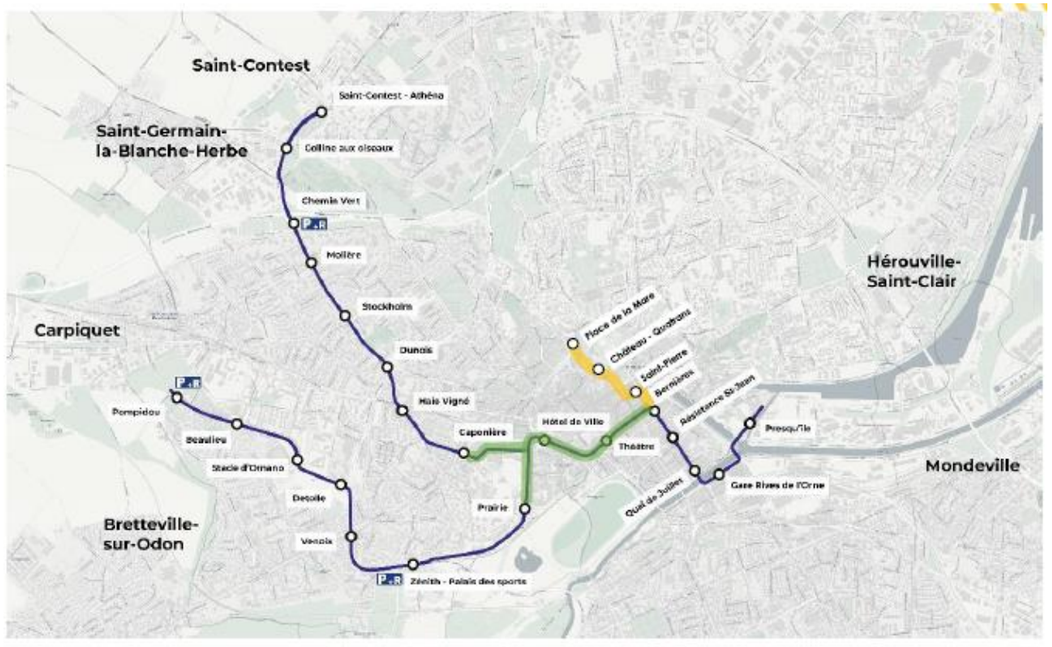
Exemple de mise en œuvre d'une prairie fleurie sur la plateforme du tramway de Strasbourg (source : Trameo)

Effets du projet liés à l'absence de lignes aériennes de contact en centre-ville

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer a un impact positif sur le paysage urbain du centre-ville de Caen, du fait de l'absence de lignes aériennes de contact dans ce secteur.

Pour mémoire, le projet prévoit :

- L'effacement de la ligne aérienne de contact au droit des lignes de tramway existantes, entre les stations « Bernières » et « Place de la Mare » et donc un fonctionnement des rames de tramway par batteries ;
- L'absence de ligne aérienne de contact au droit des futures voies de tramway, sur les secteurs compris entre « Bernières » et « Caponière » (branche Nord-Ouest) / « Prairie » (branche Ouest).



Secteur d'effacement de la ligne aérienne

Secteur sans ligne aérienne

Futurs secteurs sans lignes aériennes de contact (source : Transamo)

Impact direct, indirect et permanent avant proposition de mesures : positif

8.1.2.2. Mesures

Aucune mesure relative à cette thématique n'est nécessaire.

8.2. PATRIMOINE ARCHÉOLOGIQUE

8.2.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

8.2.1.1. Effets

Les impacts les plus significatifs vis-à-vis du patrimoine archéologique se produisent en phase travaux (risque de destruction, de perte de patrimoine, etc.). La mise à jour de sites ou de pièces archéologiques n'est pas à exclure dans le cadre de l'opération projetée.

La réalisation des travaux sans précaution pourrait conduire à la destruction de sites ou de pièces archéologiques, et empêcherait des découvertes d'intérêt majeur.

Impact direct, indirect, temporaire et permanent avant proposition de mesures : modéré

8.2.1.2. Mesures

Pour limiter le risque de destruction de sites archéologiques, les mesures suivantes sont proposées :

- E1.1d – Réalisation d'un diagnostic préventif archéologique
- R2.1j – Déclaration de toute découverte archéologique fortuite en phase travaux

Ces mesures sont détaillées au chapitre 8.4.1. de la présente Partie 6.

8.2.1.3. Effets résiduels

Après la mise en place de ces mesures, les effets résiduels liés au patrimoine archéologique sont faibles.

Impact résiduel : faible

8.2.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

8.2.2.1. Effets

En phase exploitation, aucun remaniement des sols ne sera réalisé et ne pourra impacter des vestiges archéologiques.

Ainsi, le projet n'aura pas d'impact en phase exploitation sur le patrimoine archéologique.

Impact direct, indirect, permanent avant proposition de mesures : nul

8.2.2.2. Mesures

Aucune mesure particulière n'est à mettre en œuvre en phase exploitation.

8.3. PATRIMOINE HISTORIQUE

8.3.1. Effets en phase travaux et mesures associées

8.3.1.1. Effets

Le projet, en particulier sa partie centre, s'insère dans un contexte patrimonial très marqué. :

- Le site patrimonial remarquable (SPR) de Caen ;
- Les périmètres de protection d'un grand nombre d'immeubles classés ou inscrits au patrimoine national, dont la majorité se situe à l'intérieur du site patrimonial remarquable de Caen.

Une demande de permis d'aménager sera à établir pour les parties de projet situées dans le Site Patrimonial Remarquable de Caen.

Hors du site patrimonial remarquable de Caen, le projet est concerné par un seul monument historique. Il s'agit du Manoir du Pont-Créon, situé à proximité du projet, toutefois sans covisibilité. Le Manoir du Pont-Créon est un ancien manoir situé à l'Ouest du centre-ville de Caen, dans le quartier Saint-Ouen.

Il ne sera pas nécessaire de mettre en œuvre une procédure au titre du Code du patrimoine par rapport à ce monument historique.

De plus, il est à noter que de nombreux éléments, bien que non identifiés en tant que monuments historiques, révèlent malgré tout d'un fort héritage patrimonial de Caen. C'est le cas par exemple du reste du mur de l'enceinte fortifié du Bourg l'Abbé construite vers 1356 et visible au niveau de la rue du Carel qui sera desservie par le tramway notamment.



Reste de l'enceinte fortifiée du Bourg l'Abbé construite vers 1356 au niveau de la rue du Carel (source : EGIS, Février 2024)

Impact direct, indirect, temporaire et permanent avant proposition de mesures : fort

8.3.1.2. Mesures

Pour limiter les effets du projet sur le patrimoine historique, les mesures suivantes sont proposées :

- R2.1j – Dispositif de limitation des nuisances paysagères en phase travaux
- R2.1s – Respect des prescriptions du SPR de Caen et des recommandations de l'ABF vis-à-vis des monuments historiques

Ces mesures sont détaillées au chapitre 8.4 de la présente Partie 6.

8.3.1.3. Effets résiduels

Après la mise en place de ces mesures, les effets résiduels sur le patrimoine historique sont faibles.

Impact résiduel : faible

8.3.2. Effets en phase exploitation et mesures associées

8.3.2.1. Effets

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer a un impact positif indirect sur le patrimoine historique du centre-ville de Caen, du fait de l'absence de lignes aériennes de contact dans ce secteur.

Pour mémoire, le projet prévoit :

- L'effacement de la ligne aérienne de contact au droit des lignes de tramway existantes, entre les stations « Bernières » et « Place de la Mare » et donc un fonctionnement des rames de tramway par batteries ;
- L'absence de ligne aérienne de contact au droit des futures voies de tramway, sur les secteurs compris entre « Bernières » et « Caponière » (branche Nord-Ouest) / « Prairie » (branche Ouest).

Impact direct, indirect et permanent avant proposition de mesures : positif

8.3.2.2. Mesures

Aucune mesure relative à cette thématique n'est nécessaire.

8.4. PRÉSENTATION DES MESURES RELATIVES AU PAYSAGE ET AU PATRIMOINE

8.4.1. En phase travaux

8.4.1.1. C2.1i – Plantations d'arbres

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Plantation d'arbres	**Code mesure : C2.1i**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase :** Études - Avant-Projet
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

- ☑ **Faune et flore**
- ☑ Sites et paysages
- ☐ Air
- ☐ Bruit & vibrations
- ☐ Population
- ☐ Sol
- ☐ Eau
- ☐ Habitats Naturels
- ☐ Biens matériels
- ☐ Patrimoine culturel et archéologique
- ☑ Continuités écologiques
- ☐ Activités économiques
- ☐ Facteurs climatiques
- ☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs
- ☐ Risques technologiques
- ☐ Autres pollutions/ nuisances

Coût estimatif : 700 000 € HT

Description de la mesure

Le projet permet la conservation de 704 arbres et nécessite la coupe de 452 arbres. 810 arbres seront plantés au sein des emprises du projet.

Les essences qui seront plantées seront majoritairement locales et choisies en fonction de leur capacité à s'adapter au changement climatique. Elles seront diversifiées pour réduire les risques d'épidémies et permettre plus de résilience.

Lorsqu'ils sont situés à proximité du tramway et des différentes voiries, leur port est remonté pour éviter que les premières charpentières soient un obstacle aux véhicules. Dans les espaces moins contraints, les arbres ont un port libre leur permettant un meilleur développement et une plus grande pérennité.

Les caractères caducs, persistants ou marcescents permettent de varier les ambiances paysagères au fil des saisons afin d'avoir un espace public avec une dynamique végétale tout au long de l'année.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Plantation d'arbres	**Code mesure : C2.1i**

Lorsque l'arbre est planté dans son emplacement définitif, il est toutefois nécessaire de le protéger des agressions du milieu.

Le tuteurage

Les tuteurs à 3 ou 4 pieds, en bois de châtaignier ou d'acacia (Robinia) seront privilégiés ; diamètre de 8 cm minimum. Les liens de maintien sont en fibres naturelles, pas de fils de fer, pas de caoutchouc, fixés en laissant une légère flexibilité à l'arbre.

Il est à noter que lorsqu'on installe trois tuteurs ou plus, ce dispositif offre l'avantage, à défaut d'autres dispositions, de protéger l'arbre des chocs (voiture...).

La protection du tronc contre le soleil

Certaines essences comme le tilleul, les érables... sont sensibles aux brûlures du tronc par le soleil que l'on nomme échaudures. Elles créent, des nécroses qui sont une porte d'entrée pour les maladies cryptogamiques. Ce phénomène est accru en milieu urbain, avec les surfaces minéralisées.

La mise en place d'une protection évitera les brûlures de l'écorce et limitera l'évapotranspiration. Elle sera réalisée lors de la plantation, depuis le niveau du sol jusqu'aux branches.

La cannisse naturelle, les nattes de bambou ou les toiles, jouent ce rôle de protection. Il est fondamental d'assurer le suivi de ces matériaux mis en place.

Le paillage

Le paillage protège contre le gel ; il limite le dessèchement du sol en surface ; il permet la conservation d'une bonne structure du sol ; il permet la suppression de la concurrence herbacée et évite le passage fréquent des matériels de fauche auprès des troncs (les matériels de fauche provoquent des blessures sur les troncs qui sont autant d'entrée pour les champignons et les insectes parasites).

Le paillage est réalisé par l'épandage de matière organique compostée sur une épaisseur de 10 cm. Le meilleur matériel pour le paillage des arbres est composé de bois, d'écorce et de feuilles déchiquetées et partiellement compostés sur une courte période (7 à 12 mois). Les feuilles se dégradant rapidement, elles libèrent des éléments nutritifs dans le sol (engrais à court terme). Le bois et l'écorce se dégradent plus lentement libérant les éléments nutritifs sur plusieurs années (engrais à moyen terme). De cette façon, la couche de paillage peut perdurer quelques années avant l'ajout d'une nouvelle couche.

Les plantes de la strate intermédiaire en pied d'arbres

La plantation d'arbustes, de plantes couvre sol ou herbacées (principe de base le long de la ligne de tramway) permet de conserver un sol vivant par l'activité qu'elles autorisent (maintien d'une humidité, d'une activité biologique). L'impact esthétique sera positif et l'entretien minimum.

Elles permettent aussi la protection contre les chocs des matériels d'entretien (débroussailleuse, tondeuse...), contre le piétinement et le compactage.

Modalités de suivi de la mesure

Les tuteurs doivent être vérifiés régulièrement pour que l'arbre ne soit pas blessé.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Plantation d'arbres	**Code mesure : C2.1i**
Un suivi des nouveaux sujets plantés sera réalisé pendant 2 ans pour s'assurer de la reprise de la végétation. En cas de mort d'un sujet, celui-ci sera remplacé à l'identique.	
	egis

8.4.1.2. E1.1d – Réalisation d'un diagnostic archéologique préventif

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Réalisation d'un diagnostic archéologique préventif	**Code mesure : E1.1d**
Opération : **Projet d'extension du tramway de Caen la mer**	**Phase :** **Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

- ☐ Faune et flore
- ☐ Sites et paysages
- ☐ Air
- ☐ Bruit & vibrations
- ☐ Population
- ☐ Sol
- ☐ Eau
- ☐ Habitats Naturels
- ☐ Biens matériels
- ☑ **Patrimoine culturel et archéologique**
- ☐ Continuités écologiques
- ☐ Activités économiques
- ☐ Facteurs climatiques
- ☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs
- ☐ Risques technologiques
- ☐ Autres pollutions/ nuisances

Coût estimatif : 150 000 € HT

Description de la mesure

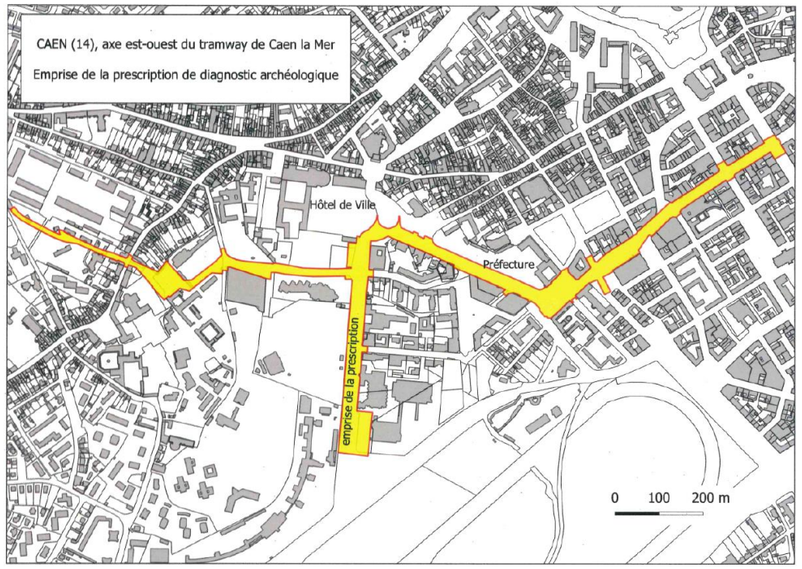
Les travaux envisagés sont susceptibles d'affecter des éléments du patrimoine archéologique (quartiers médiévaux, modernes et contemporains de la ville de Caen).

Une opération de diagnostic archéologique a été réalisée, sur une emprise d'une superficie de 77 641 m² au regard de l'arrêté préfectoral n°28-2023-282 portant prescription d'un diagnostic d'archéologie préventive du 15/05/2023. Les sondages archéologiques ont été réalisés du 12 février au 12 avril 2024. 22 zones ont été prospectées entre le carrefour Bernières/Six Juin et l'EPSM.

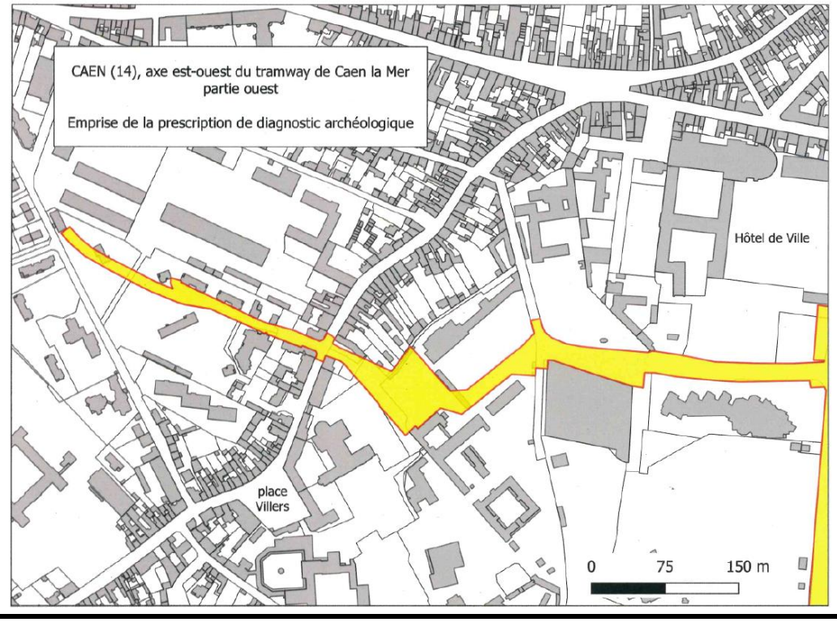
Les emprises de la prescription de diagnostic archéologique sont les suivantes :

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Réalisation d'un diagnostic archéologique préventif	**Code mesure : E1.1d**

plan n°1 annexé à l'arrêté n°28-2023-282

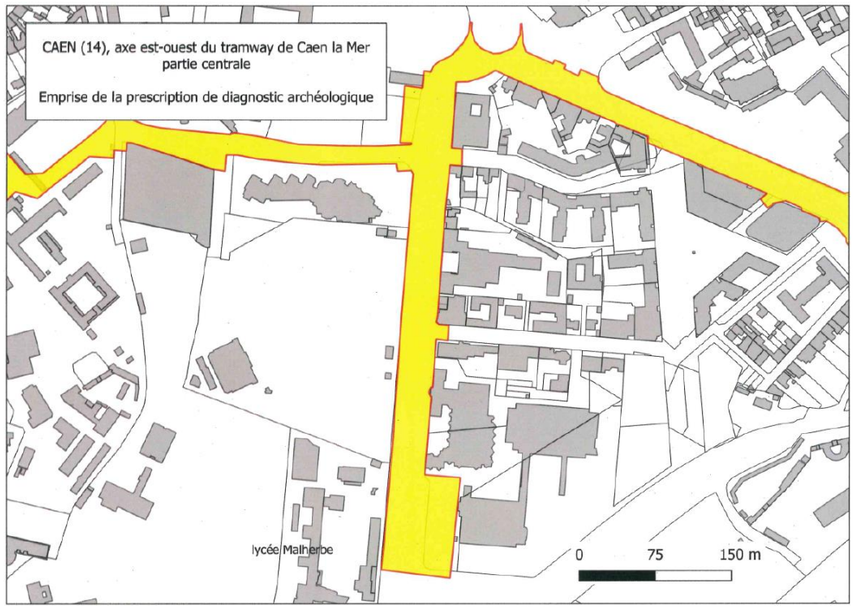


plan n°2 annexé à l'arrêté n°28-2023-282

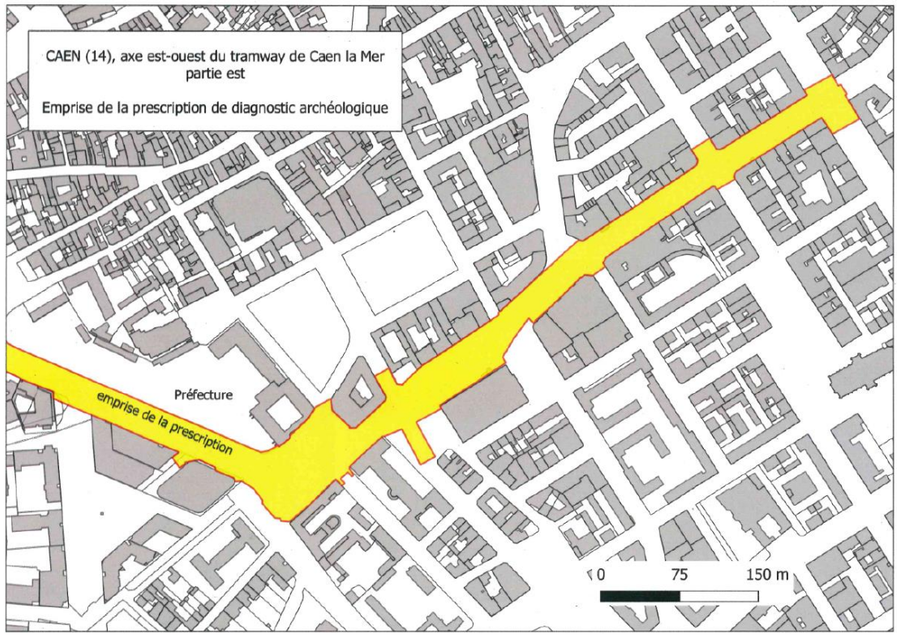


Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Réalisation d'un diagnostic archéologique préventif	**Code mesure : E1.1d**

plan n°3 annexé à l'arrêté n°28-2023-282



plan n°4 annexé à l'arrêté n°28-2023-282



Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Réalisation d'un diagnostic archéologique préventif	**Code mesure : E1.1d**



Travaux de prescription archéologique réalisés avenue du Six Juin dans le cadre du projet d'extension du tramway de Caen la mer (source : EGIS, Février 2024)

Le diagnostic archéologique pourra donner lieu à la prescription de fouilles archéologiques par la Direction Régionale des Affaires Culturelles, qui seront menées par la maîtrise d'ouvrage.

egis

8.4.1.3. R2.1z – Déclaration de toute découverte archéologique fortuite en phase travaux

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Déclaration de toute découverte archéologique fortuite en phase travaux	**Code mesure : R2.1j**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase :** Études - Avant-Projet
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

☐ Faune et flore	☐ Sites et paysages	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☐ Population	☐ Sol
☐ Eau	☐ Habitats Naturels	☐ Biens matériels
☑ **Patrimoine culturel et archéologique**	☐ Continuités écologiques	☐ Activités économiques
☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques
☐ Autres pollutions/ nuisances		

Description de la mesure

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Déclaration de toute découverte archéologique fortuite en phase travaux	**Code mesure : R2.1j**

Pendant les travaux, toute découverte fortuite à caractère archéologique fera l'objet d'un arrêt des travaux et d'une déclaration immédiate au maire de la commune concernée, qui doit la transmettre sans délai au préfet au titre de l'article L.531-14 du Code du patrimoine.

Celui-ci en avisera le Service Régional de l'Archéologie de la DRAC. L'autorité administrative peut alors prendre toutes les mesures utiles pour la conservation des objets trouvés.

Dans le cahier des charges des entreprises réalisant les travaux, il figurera l'obligation de déclaration immédiate de toute découverte fortuite susceptible de présenter un caractère archéologique, ceci conformément au Code du patrimoine.

Le coût de la mesure est intégré dans le coût global des prestations de travaux.

Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance

Sans objet.

Modalités de suivi de la mesure

Une déclaration et une mise en place d'un cahier de suivi des découvertes archéologiques fortuites sont réalisées par le Maître d'ouvrage sur la base de découvertes réalisées par les entreprises de travaux.

egis

8.4.1.4. R2.1s – Respect des prescriptions du SPR de Caen et des recommandations de l'ABF vis-à-vis des monuments historiques

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Respect des prescriptions du SPR de Caen et des recommandations de l'ABF vis-à-vis des monuments historiques	**Code mesure : R2.1s**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase :** Études - Avant-Projet
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

☐ Faune et flore	☐ Sites et paysages	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☐ Population	☐ Sol
☐ Eau	☐ Habitats Naturels	☐ Biens matériels
☑ **Patrimoine culturel et archéologique**	☐ Continuités écologiques	☐ Activités économiques

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Respect des prescriptions du SPR de Caen et des recommandations de l'ABF vis-à-vis des monuments historiques	**Code mesure : R2.1s**

☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques
☐ **Autres pollutions/ nuisances**		

Description de la mesure

Les prescriptions fixées par le Site Patrimonial Remarquable de Caen seront respectées.

Une demande de permis d'aménager sera à établir pour les parties de projet situées dans le Site Patrimonial Remarquable de Caen.

Le coût de la mesure est intégré dans le coût global du projet.

egis

8.4.2. En phase d'exploitation

Sans objet.

9. PRISE EN COMPTE DES RISQUES NATURELS ET TECHNOLOGIQUES

9.1. RISQUES NATURELS

9.1.1. Effets en phase travaux et mesures envisagées

9.1.1.1. Effets

Risque d'inondation par débordement lent de cours d'eau

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer est concerné par le risque inondation par débordement lent de cours d'eau identifié au sein du Plan de Prévention des Risques Majeurs de la Basse Vallée de l'Orne, approuvé le 10 août 2021.

Le règlement associé définit les mesures qui s'imposent à tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'activité existants ou futurs, qu'ils soient soumis ou non à une autorisation d'urbanisme. La partie Sud de l'aire d'étude associée au projet d'extension du tramway de Caen la mer est recoupée par les zonages suivants du PPRM de la Basse Vallée de l'Orne :

- « Zone rouge RS » au niveau de la Prairie de Caen ;
- « Zone bleue B1 » à l'Ouest de l'avenue Albert Sorel, et plus particulièrement au niveau du parc de l'Établissement Public de Santé Mentale (EPSM) de Caen, ainsi qu'au niveau du parc des expositions de Caen (proximité avec la Noë) ;
- « Zone bleue B2 » à l'Ouest de l'avenue Albert Sorel, autour du secteur de l'EPSM de Caen ;
- Zone bleue B3 » sur un secteur délimité au Nord par la rue du Carel, à l'Est par l'avenue Albert Sorel et au Sud par le boulevard Yves Guillou ;
- « Zone bleue B4 », qui s'étend depuis le boulevard Yves Guillou jusqu'au port et concerne toute une partie du centre ancien ;
- « Zone orange O » au niveau de deux petites zones au Sud de la rue du Carel et en bordure Nord du boulevard Yves Guillou.

La réalisation de la nouvelle infrastructure en zone rouge du PPRM est totalement proscrite. Au niveau du boulevard Yves Guillou vers l'avenue Albert Sorel, la nouvelle infrastructure du tramway s'inscrit en zone bleue du PPRM de la Basse Vallée de l'Orne, au droit notamment des espaces publics du lycée Malherbe.

Pour mémoire, le projet prévoit la construction d'un mur de soutènement le long du lycée Malherbe. Il s'agit d'une mesure d'évitement prise en phase de conception de projet (cf. chapitre 3.5. de la Partie 6).

Le volume à compenser sous la cote de référence 6,45 m NGF est de 1 150 m^3 sur une surface d'environ 3 000 m^2.

Au niveau du terminus existant « Presqu'Île » où le projet d'extension du tramway de Caen la mer prévoit un allongement du terminus d'environ 130 m afin de permettre le stockage temporaire d'au moins 4 rames de tramway, l'avenue Victor Hugo est aussi concernée par le zonage bleue B4.

Le projet n'a aucune incidence sur les conditions d'inondation étant donné que la plateforme du tramway se situe au niveau du terrain naturel, ni en remblai ou en déblai. Le projet est conçu en prenant en compte ce risque : câbles dans ovoïde inondable, pas d'éléments de projet enterrés (sous station électrique etc.).

Risques naturels associés au sol

Un projet d'infrastructure tel que celui d'un tramway est confronté aux problématiques des risques naturels liés aux sols : sismicité, mouvements de terrain, cavités, etc.

Pour rappel, le projet est concerné par la présence de cavités souterraines au droit des carrières de Beaulieu.

Par ailleurs, les travaux en eux-mêmes entraînant de faibles décaissements ne sont pas de nature à augmenter les risques de mouvements de terrain, l'aléa retrait/gonflement d'argiles, ni le risque sismique.

Risque sismique

Pour la construction des ouvrages d'art, le projet doit tenir compte du risque sismique.

Impact direct, indirect, temporaire et permanent avant proposition de mesures : fort

9.1.1.2. Mesures

Pour limiter les effets du projet sur les risques naturels, les mesures suivantes sont mises en oeuvre :

- R2.1z – Mise en œuvre des prescriptions géotechniques au droit de la plateforme tramway
- Prise en compte du risque sismique lors du dimensionnement des ouvrages

Ces mesures sont détaillées au chapitre 9.3.1. de la présente Partie 6.

9.1.1.3. Effets résiduels

Après la mise en place de ces mesures, les effets résiduels sur les risques naturels sont modérés.

Impact résiduel : modéré

Pour pallier cet impact résiduel modéré, une mesure de compensation est prévue :

- C2.2k – Compensation hydraulique

Cette mesure est détaillée au chapitre 9.3.1. de la présente Partie 6.

9.1.2. Effets en phase exploitation et mesures envisagées

9.1.2.1. Effets

Le projet prévoit la végétalisation de la plateforme du tramway sur un important linéaire (environ 80%) en lieu et place de voiries en enrobés. Le projet compte également des dispositifs d'infiltration des eaux pluviales. En réduisant les eaux de ruissellement en phase exploitation, le projet de tramway réduira ainsi les risques d'inondation en cas de fortes pluies ce qui est positif.

Impact direct et permanent avant proposition de mesures : positif

9.1.2.2. Mesures

Aucune mesure relative à cette thématique n'est à mettre en œuvre en phase exploitation.

9.2. RISQUES TECHNOLOGIQUES

9.2.1. En phase travaux

9.2.1.1. Effets

Le projet n'a pas d'effet sur des risques technologiques en phase travaux.

Impact direct, indirect et temporaire : nul

9.2.1.2. Mesures

Aucune mesure relative à cette thématique n'est à mettre en œuvre en phase travaux.

9.2.2. En phase d'exploitation

9.2.2.1. Effets

Le projet n'a pas d'effet sur des risques technologiques en phase d'exploitation.

Impact direct, indirect et permanent : nul

9.2.2.2. Mesures

Aucune mesure relative à cette thématique n'est à mettre en œuvre en phase exploitation.

9.3. PRÉSENTATION DES MESURES ASSOCIÉES AUX RISQUES NATURELS ET TECHNOLOGIQUES

9.3.1. En phase travaux

9.3.1.1. R2.1z – Mise en œuvre des prescriptions géotechniques au droit de la plateforme tramway

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Mise en œuvre des prescriptions des études géotechniques au droit de la plateforme tramway	**Code mesure : R21z**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase : Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

☐ Faune et flore	☐ Sites et paysages	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☐ Population	☑ **Sol**
☐ Eau	☐ Habitats Naturels	☐ Biens matériels
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☐ Continuités écologiques	☐ Activités économiques
☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques
☐ Autres pollutions/ nuisances		

Description de la mesure

Préalablement aux travaux, des études géotechniques seront réalisées au droit des voiries accueillant la plateforme tramway.

Les fonds de fouilles seront systématiquement inspectés par un géotechnicien dans le cadre d'une mission G4.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Mise en œuvre des prescriptions des études géotechniques au droit de la plateforme tramway	**Code mesure : R21z**
Le coût de la mesure est intégré dans le coût global du projet.	
Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance	
Localisation sur l'ensemble du linéaire du tramway.	
	egis

9.3.1.2. R2.2z – Prise en compte du risque sismique lors du dimensionnement des ouvrages

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Nom de la mesure : Prise en compte du risque sismique lors du dimensionnement des ouvrages	**Code mesure : R22z**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase : Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

☐ Faune et flore	☐ Sites et paysages	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☐ Population	☐ Sol
☐ Eau	☐ Habitats Naturels	☐ Biens matériels
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☐ Continuités écologiques	☐ Activités économiques
☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques
☑ **Autres pollutions/ nuisances**		

Description de la mesure

Les ouvrages concernés par le projet sont situés en zone de sismicité 2 (faible) au sens du décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique et du décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français.

Pour chacun des ouvrages, la catégorie de l'ouvrage sera déterminée selon l'arrêté du 26 octobre 2011 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux ponts de la classe dite « à risque normal ».

Les différents ouvrages respectant les règles de construction parasismique.

Le coût de la mesure est intégré dans le coût global du projet.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Nom de la mesure : Prise en compte du risque sismique lors du dimensionnement des ouvrages	**Code mesure : R22z**
Conditions de mise en œuvre / limites / points de vigilance	
-	
	egis

9.3.1.3. C2.2k – Compensation hydraulique

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Compensation hydraulique	**Code mesure : C22k**
Opération : Projet d'extension du tramway de Caen la mer	**Phase : Études - Avant-Projet**
Maître d'Ouvrage : CAEN LA MER	

Cible(s) de la mesure :

☐ Faune et flore	☐ Sites et paysages	☐ Air
☐ Bruit & vibrations	☐ Population	☐ Sol
☑ **Eau**	☐ Habitats Naturels	☐ Biens matériels
☐ Patrimoine culturel et archéologique	☐ Continuités écologiques	☐ Activités économiques
☐ Facteurs climatiques	☐ Espaces agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs	☐ Risques technologiques
☐ Autres pollutions/ nuisances		

Coût estimatif : 200 000 € HT

Description de la mesure

Le projet impacte la zone inondable de l'Orne (zone bleue du Plan de Prévention Multi-Risques de la basse vallée de l'Orne) en raison de la mise en œuvre d'un remblai le long du lycée Malherbe. Une compensation hydraulique est nécessaire au regard de la rubrique 3.3.2.0. nomenclature des installations, ouvrages, travaux et activités ayant un impact sur l'eau et les milieux aquatiques.

La solution de compensation retenue consiste en une renaturation d'une zone en amont de la zone impactée qui se caractérise par un décaissement selon un volume équivalent au volume de remblai dans le lit majeur de l'Orne.

Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Compensation hydraulique	**Code mesure : C22k**

Pour ce faire, un site a été trouvé à proximité du site de la Prairie et du Zénith. Le projet de renaturation proposé se veut être dans la continuité d'une renaturation déjà réalisée (suppression de la Peupleraie et restauration du caractère naturel initial de la zone).

Le projet de renaturation consisterait ainsi à réduire, voire supprimer la zone de stockage de terre existante et à excaver le remblai existant sur une profondeur de 1m environ, sans impacter la couche d'argile en profondeur, dans le respect des prescriptions de l'arrêté de protection des captages d'eau potable, sur une surface de 1 150 m² environ. L'espace ainsi dégagé sera végétalisé conformément à la prairie environnante.



Localisation du site retenu pour la compensation hydraulique
(en orange au niveau du Chemin du Clos de Venoix)



Projet d'extension du tramway de Caen la mer	
Compensation hydraulique	**Code mesure : C22k**

Vue du site proposé pour le projet de renaturation (source : Transamo)

La faisabilité technique de mise en œuvre du décaissement nécessaire est assurée.

À noter que l'ensemble du terrain naturel (environ 5 m NGF) de la zone se situe sous la cote des plus hautes eaux (7,16 m dans ce secteur). L'ensemble des volumes de remblais supprimés serait donc directement utile à la compensation recherchée.

Par ailleurs, ce site s'avère particulièrement favorable puisqu'il se situe en amont de la zone impactée du lycée Malherbe, et garantit donc une approche conservatrice de la compensation.

En ce qui concerne la faisabilité réglementaire, un premier retour de l'Agence Régionale de la Santé (ARS) ne remet pas en cause la faisabilité réglementaire bien que la mesure se situe en périmètre de protection rapprochée. De nouveaux échanges seront programmés avec l'ARS et le syndicat Eau du Bassin Caennais en charge de l'exploitation des points de captage afin d'étudier les modalités de réalisation de cette mesure). Un inventaire faune-flore 4 saisons est à mener et l'incidence du projet de classement du site de la Prairie est également à étudier.

En termes de délai, l'horizon de mise en œuvre de cette mesure est évalué à + 5 ans (2029/2030).

egis

9.3.2. En phase d'exploitation

Sans objet.

10. SYNTHESE DES EFFETS DU PROJET ET DES MESURES EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT

10.1. EN PHASE DE TRAVAUX

Le tableau ci-après présente la synthèse des effets du projet et des mesures en faveur de l'environnement en phase travaux :

Thématique	Facteurs environnementaux	Effets directs et indirects	Intensité de l'effet	Mesures associées	Impacts résiduels	Mesures de compensation
Déroulement des travaux	Emprise des travaux	Perturbation de la circulation routière, des cheminements modes actifs et la modification du terminus	Modéré	R – Limitation / adaptation des emprises des travaux et/ou des zones d'accès et/ou des zones de circulation des engins de chantier R – Plan de circulation en phase travaux R - Dispositifs de limitation des nuisances sur le cadre de vie R – Dispositif de limitation des nuisances paysagères R – Dispositif de repli du chantier R - Communication et information aux riverains et aux usagers des voiries impactées par les travaux	Faible	/
	Sécurité du chantier	Perturbation et insécurité des usagers (voiture, cyclistes et piétons)	Modéré	R – Dispositifs de limitation des nuisances sur le cadre de vie R – Plan de circulation en phase travaux R - Communication et information aux riverains et aux usagers des voiries impactées par les travaux	Faible	/
	Risques d'interférence avec les projets connexes	Gênes mutuelles	Faible	R – Concertation des maîtres d'ouvrage des projets connexes	Négligeable	/
	Stockage des matériaux	Encombrement et/ou pollutions diverses	Modéré	R – Limitation /adaptation des emprises des travaux et/ou des zones d'accès et/ou des zones de circulation des engins de chantier R – Optimisation de la gestion des matériaux (déblais et remblais)	Faible	/
	Déchets	Production de déchets de chantier	Modéré	R – Tri et recyclage des déchets de chantier	Faible	/
Population et santé humaine	Population / riverains	Déviation de la circulation générale Difficultés d'accès aux habitations riveraines Limitation des accès des véhicules, notamment les poids-lourds et les véhicules de livraison Modification des lignes ou des arrêts de bus Réduction ou suppression de places de stationnement Détérioration provisoire des voiries engendrant des difficultés d'accès pour les piétons, les vélos et les véhicules des clients	Modéré	R – Limitation / adaptation des emprises des travaux et/ou des zones d'accès et/ou des zones de circulation des engins de chantier R – Adaptation de la période de travaux (calendrier et horaires) R – Dispositif de limitation des nuisances sur le cadre de vie R – Plan de circulation en phase travaux R - Communication et information aux riverains et aux usagers des voiries impactées par les travaux	Faible	/

Thématique	Facteurs environnementaux	Effets directs et indirects	Intensité de l'effet	Mesures associées	Impacts résiduels	Mesures de compensation
		Modification de la visibilité des commerces				
	Emploi	Création d'emplois directs et indirects	Positif	/	/	/
	Qualité de l'air et santé	Augmentation des émissions de polluants atmosphériques (engins de chantier, trafic lié à la réalisation des travaux) Émissions de poussières durant les phases de terrassements	Faible	R – Dispositif de limitation des nuisances sur le cadre de vie R – Adaptation de la période de travaux (calendrier et horaires) R – Communication et information aux riverains et aux usagers des voiries impactées par les travaux	Négligeable	/
	Nuisances acoustiques et santé	Augmentation du niveau sonore à proximité des sites de chantier, ainsi que le long des itinéraires empruntés par les véhicules de chantier (transport de matériaux	Modéré	R – Dispositif de limitation des nuisances sur le cadre de vie R – Adaptation de la période de travaux (calendrier et horaires) R – Communication et information aux riverains et aux usagers des voiries impactées par les travaux	Faible	/
	Vibrations	Vibrations lors de la réalisation de certains travaux (démolition, découpage de béton, …)	Faible	R – Dispositif de limitation des nuisances sur le cadre de vie R – Adaptation de la période de travaux (calendrier et horaires) R – Communication et information aux riverains et aux usagers des voiries impactées par les travaux	Négligeable	/
	Émissions lumineuses	Pollution lumineuse pendant les travaux de nuit potentiels	Faible	R – Dispositif de limitation des nuisances sur le cadre de vie	Négligeable	/
	Nuisances olfactives	Gêne ponctuelle lors de la pose d'enrobés	Négligeable	/	/	/
Biodiversité	Habitats naturels	Création de zones de chantier Emprises définitives sur les habitats Abattages d'arbres Risque de dissémination d'espèces exotiques envahissantes Pollutions liées aux travaux Modification physique du sol	Faible à modéré	R – Réduction de l'emprise du projet au maximum R – Passage d'un écologue avant travaux R – Plantations en faveur de la biodiversité A – Formation du personnel lors du chantier et communication sur les zones protégées	Négligeable	/
	Zones humides	Pas de zone humide	Nul	/	/	/
	Flore	Potentielle prolifération d'espèces exotiques envahissantes	Fort	R – Réduction de l'emprise du projet au maximum R – Gestion des espèces exotiques envahissantes R – Passage d'un écologue avant travaux	Négligeable	/
	Arbres	Abattage d'arbres (environ 450 arbres)	Modéré	R – Interventions d'abattage d'arbres et de haies à réaliser hors de la période sensible pour la faune R – Passage d'un écologue avant travaux R – Plantations en faveur de la biodiversité	Négligeable	/
	Faune	Destruction et/ou altération d'habitats d'espèces Destruction/perturbation d'individus Création de pièges sur le chantier	Modéré à fort	R – Mise en défens des zones refuges du Hérisson d'Europe et des espaces les plus arborés lors des travaux R – Limitation de l'impact sur l'habitat du Hérisson d'Europe dans le secteur de la maison du Général R – Réduction de l'emprise du projet au maximum	Faible	/

Thématique	Facteurs environnementaux	Effets directs et indirects	Intensité de l'effet	Mesures associées	Impacts résiduels	Mesures de compensation
				R – Interventions d'abattages d'arbres et de haies à réaliser hors de la période sensible pour la faune R – Passage d'un écologue avant travaux R – Réduire le risque de piéger la faune sur les chantiers R – Plantations en faveur de la biodiversité A – Installations de gîtes artificiels		
Terres, sols, eaux, air et climat	Géologie, sol et sous-sol	Opérations de déblais/remblais Apparition de la présence d'une anomalie et/ou vestige d'un ancien puits	Modéré	R – Optimisation de la gestion des matériaux (déblais et remblais)	Négligeable	/
	Topographie	Terrassements (déblais/remblais) nécessaires pour adapter le tracé à la topographie du site	Modéré	R – Optimisation de la gestion des matériaux (déblais et remblais)	Négligeable	/
	Eaux souterraines	Tassements de sol peuvent potentiellement nuire aux écoulements souterrains Pompages ou rabattements temporaires Risques de pollutions Remontée de nappe	Modéré	R – Dispositif préventif de lutte contre une pollution et dispositif d'assainissement provisoire de gestion des eaux pluviales et de chantier	Négligeable	/
	Eaux superficielles	Risques de pollutions en période de préparation de chantier Risques de pollutions liés au fonctionnement des engins de chantier Pollution accidentelle	Modéré	R – Dispositif préventif de lutte contre une pollution et dispositif d'assainissement provisoire de gestion des eaux pluviales et de chantier	Négligeable	/
	Climat	Pas d'effet sur le climat en phase travaux	Nul	/	/	/
Biens matériels et activités humaines	Équipements commerces et services	Difficultés de stationnement et d'accessibilité à certains équipements (lycée Malherbe, stade d'Ornano, Zénith, …) et commerces Perturbations du fonctionnement des équipements et des commerces par les nuisances du chantier Perturbation du système éducatif et sportif du lycée Malherbe Perturbation des activités de l'EPSM	Fort	R – Adaptation des circulations et des déplacements en phase chantier R – Balisage préventif divers R – Mesures relatives aux activités du lycée Malherbe et de l'EPSM de Caen pendant les travaux	Modéré	C – Reconstitution des fonctionnalités impactées par le passage du tramway A – Accompagnement financier à destination des commerces impactés par le projet pendant la phase travaux
	Infrastructures et déplacements	Fermeture provisoire de voies de circulation Réduction de la largeur des voies Limitation des vitesses de circulation Augmentation de la circulation des poids-lourds pour le transport de matériaux et d'équipements liés au chantier	Fort	R – Adaptation des circulations et des déplacements en phase chantier R – Plan de circulation en phase travaux R – Balisage préventif divers R – Mesures relatives aux travaux sur les voies de tramway existantes (mise en place de bus de substitution et travaux réalisés en période estivale)	Faible	/

Thématique	Facteurs environnementaux	Effets directs et indirects	Intensité de l'effet	Mesures associées	Impacts résiduels	Mesures de compensation
		Modification temporaire des plans de circulation (routière, modes doux) Traversée difficile de certains carrefours Perturbations des accès riverains Perturbations du réseau de transport collectif Perturbations ponctuelles de l'offre de transport tramway pendant la dépose de ligne aérienne de contact en centre-ville de Caen Difficultés de stationnement				
	Réseaux de transport d'énergie et télécommunications	Interception des réseaux existants Coupures spécifiques lors des déposes et reposes	Modéré	E – Concertation avec les gestionnaires et concessionnaires de réseaux dans le but de prévenir les risques d'interception des réseaux existants et de définir les modalités de déviation et de protection	Faible	/
	Foncier	Démolitions de bâtiments Procédures d'expropriation Occupations de terrains pour les besoins du chantier	Fort	R – Limitation/adaptation des emprises des travaux et/ou des zones d'accès et/ou des zones de circulation des engins de chantier.	Modéré	C – Reconstitution des fonctionnalités impactées par le passage du tramway C – Indemnisation des propriétaires de parcelles privées qui sont impactées par le passage du tramway
Paysage et Patrimoine	Paysage urbain	Présence d'équipement de chantier Coupe de 452 arbres Dégradation de la perception paysagère	Fort	R – Dispositif de limitation des nuisances paysagères en phase travaux	Modéré	C – Plantations d'arbres (810 arbres replantés)
	Patrimoine archéologique	Risque de destruction ou perte de patrimoine Mise à jour éventuelle de sites ou de pièces archéologiques	Modéré	E – Réalisation d'un diagnostic archéologique préventif R – En cas de découverte fortuite lors des travaux, déclaration immédiate au Maire et au Préfet pour prise de mesures adéquates à la conservation des vestiges	Faible	/
	Patrimoine historique	Présence de zones de chantier qui impacteront temporairement le patrimoine historique du centre-ville (covisibilité)	Fort	R – Dispositif de limitation des nuisances paysagères en phase travaux R – Respect des prescriptions du site patrimonial remarquable de Caen et des recommandations de l'Architecte des Bâtiments de France vis-à-vis des monuments historiques	Faible	/
Risques	Risques naturels	Remblais définitifs et provisoires dans la zone inondable de l'Orne pour la mise en œuvre du mur de soutènement au niveau du lycée Malherbe	Fort	R – Mise en œuvre des prescriptions des études géotechniques au droit de la plateforme du tramway R – Prise en compte du risque sismique lors du dimensionnement des ouvrages d'art	Modéré	C – Compensation hydraulique par décaissement d'une zone en amont hydraulique de la zone impactée
	Risques technologiques	/	Nul	/	/	/

10.2. EN PHASE D'EXPLOITATION

Le tableau ci-après présente la synthèse des effets du projet et des mesures en faveur de l'environnement en phase d'exploitation.

Thématique	Facteurs environnementaux	Effets directs et indirects	Intensité de l'effet	Mesures associées	Impacts résiduels
Population et santé humaine	Population	Amélioration globale de l'offre de transport Augmentation de l'attractivité de certains quartiers Amélioration de l'accessibilité des personnes à mobilité réduite Mise en sécurité des traversées piétonnes et cyclables	Positif	/	/
	Emploi	Création d'emplois	Positif	/	/
	Qualité de l'air et santé	Diminution des émissions routières Réduction des concentrations moyennes et maximales en polluants Aucun dépassement des normes de la qualité de l'air	Positif	/	/
	Nuisances acoustiques et santé	Impacts acoustiques du projet peu significatifs à l'exception de quelques zones localisées	Faible	R – Réduction des gênes sonores liées aux crissements du tramway (bruits émergents) R – Mise en place de protections acoustiques par isolation de façade (trois bâtiments concernés)	Négligeable
	Vibrations			R – Pose de dalles anti vibratiles au droit de la plateforme de tramway	Négligeable
	Émissions lumineuses	Présence d'éclairage public sur le projet d'extension de tramway de Caen la mer	Faible	R – Dispositif de limitation des nuisances lumineuses en phase d'exploitation	Négligeable
	Nuisances olfactives	/	Nul	/	/
Biodiversité	Habitats naturels	Pas d'impact en phase exploitation	Négligeable	/	/
	Zones humides	Pas d'impact en phase exploitation	Négligeable	/	/
	Flore	Pas d'impact en phase exploitation	Négligeable	/	/
	Arbres	Pas d'impact en phase exploitation	Négligeable	/	/
	Faune	Perturbation d'individus Augmentation des surfaces d'habitats de vie du Hérisson Ouverture de murs et de clôtures	Modéré	R – Prise en compte de la faune nocturne pour la gestion des éclairages A – Mise en valeur des zones protégées par des actions de communication	Négligeable
Terres, sols, eaux, air et climat	Géologie, sol et sous-sol	Potentielle propagation des vibrations dans les zones confortées par piliers au niveau des carrières de Beaulieu	Faible	/	/
	Topographie	Pas d'impact sur la topographie	Nul	/	/
	Eaux souterraines	Risque de pollution des eaux Augmentation des surfaces végétalisées de 3,15 ha, permettant localement, dans les secteurs où cela est permis, l'infiltration des eaux dans le sol	Faible	E – Absence totale d'utilisation de produits phytosanitaires R – Gestion des eaux pluviales en phase exploitation – Recours partiel à l'infiltration des eaux pluviales	Négligeable

Thématique	Facteurs environnementaux	Effets directs et indirects	Intensité de l'effet	Mesures associées	Impacts résiduels
	Eaux superficielles	Augmentation des surfaces végétalisées de 3,15 ha, permettant localement, dans les secteurs où cela est permis, l'infiltration des eaux dans le sol Risques de pollution mineurs	Faible	E – Absence totale d'utilisation de produits phytosanitaires R – Gestion des eaux pluviales en phase exploitation – Recours partiel à l'infiltration des eaux pluviales	Négligeable
	Climat	Réduction des émissions de gaz à effet de serre Diminution des îlots de chaleurs urbains	Positif	/	/
Biens matériels et activités humaines	Équipements, commerces et services	Amélioration de la desserte des équipements, des zones d'activités et des commerces Retombées économiques positives	Positif	/	/
	Infrastructures et déplacements	Amélioration de l'offre en transport en commun Optimisation et fiabilité des temps de parcours pour les déplacements entre l'Ouest de l'agglomération et le centre-ville de Caen Amélioration et sécurisation des déplacements modes actifs Conditions de circulations apaisées sur les axes empruntés par le tramway Évolution du trafic routier : baisses de trafic sur les axes empruntés par le tracé tramway et augmentation de trafic sur des itinéraires de report Modifications localisées du plan de circulation (secteur rue du Chemin Vert / boulevard Dunois / rue de Bayeux et secteur rue de Bernières) Réaménagement de certains carrefours du tracé Reprogrammation ou créations de carrefours Modification des possibilités de stationnement : suppressions locales de places et aménagement de parkings relais en périphérie de la ville de Caen	Positif	/	/
	Réseaux de transport d'énergie et télécommunication	Effets sur les réseaux liés aux courants vagabonds	Faible	Isolement du rail par rapport au sol à l'aide de chambres d'éclissage Renouvellement des canalisations par des conduites avec des matériaux non sensibles Fourreautage des canalisations Mise en œuvre de mesures de drainage Mise en œuvre d'équipements en sous-station pour le retour du courant	Négligeable
	Foncier	Pas d'impact en phase exploitation	Nul	/	/
Paysage et Patrimoine	Paysage urbain	Amélioration de l'environnement et du paysage urbain Ambiance urbaine apaisée le long du tracé Végétalisation de la plateforme sur 80% de son linéaire Suppression de la ligne aérienne de contact en centre-ville	Positif	/	/

Thématique	Facteurs environnementaux	Effets directs et indirects	Intensité de l'effet	Mesures associées	Impacts résiduels
	Patrimoine archéologique	Pas d'impact en phase exploitation	Nul	/	/I
	Patrimoine historique	Amélioration de la perception des éléments de patrimoine historique dans le centre-ville de Caen du fait de l'absence de ligne aérienne de contact	Positif	/	/
Risques	Risques naturels	Pas d'impact en phase exploitation	Nul	/	/
	Risques technologiques	Pas d'impact en phase exploitation	Nul	/	/

11. INCIDENCES DU PROJET SUR LE CLIMAT ET VULNERABILITE DU PROJET AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

11.1. INCIDENCES DU PROJET SUR LE CLIMAT

Les incidences d'un projet peuvent concerner :

- le climat dit « **global** », à travers sa contribution à augmenter ou diminuer les émissions de gaz à effet de serre ;
- le **microclimat**, en modifiant les conditions météorologiques en un lieu donné.

L'impact global sur le climat est à rapprocher des incidences du projet sur la qualité de l'air.

Ensuite, la question est de vérifier si les modifications apportées par le projet d'extension du tramway de Caen la mer sont susceptibles d'agir localement sur le climat, en induisant un réchauffement localisé de la température ambiante et en affectant les phénomènes d'évapotranspiration.

Du fait de sa nature, en s'inscrivant essentiellement sur ou à proximité d'infrastructures de voiries existantes, le projet ne modifiera pas l'évapotranspiration ou les écoulements d'air locaux. Il n'aura donc pas d'impact sur le climat local.

Ajoutons que le projet d'extension du tramway de Caen la mer est aussi une incitation à un mode de déplacement moins consommateur de gaz à effet de serre et in fine bénéfique sur le climat local et global.

11.2. VULNÉRABILITÉ DU PROJET AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Dans le Calvados, les vagues de chaleur auront tendance à être de plus en plus fréquentes et plus intenses. Le GIEC, groupe d'experts intergouvernemental sur le climat, l'a confirmé dans son dernier rapport mentionnant la forte probabilité du lien entre changement climatique d'origine anthropique et la modification de la fréquence et l'intensité des extrêmes journaliers de température depuis 1950.

À titre d'exemple, les nuits tropicales (>20°c) quasiment inexistantes aujourd'hui dans la région devraient apparaître. Les températures annuelles moyennes en Normandie vont croitre tout au long du siècle Les vagues de chaleur seront plus nombreuses en particulier à l'horizon de 2080 où l'augmentation sera particulièrement marquée.

Les infrastructures de transport sont des ouvrages à très longue durée d'utilisation, qui doivent s'adapter au changement climatique : variations moyennes, mais surtout phénomènes extrêmes : canicule, neige exceptionnelle, cycle gel/dégel, tempête de vent, etc.

Les normes actuelles (françaises ou européennes) permettent déjà de concevoir des infrastructures les moins vulnérables possibles au changement climatique.

Étant situé dans une région bénéficiant d'un climat tempéré océanique, et du fait de la tendance actuelle au réchauffement climatique, la résistance des infrastructures ferroviaires projetées aux charges de neige et aux cycles gel/dégel n'a pas à être élevée.

De plus, il n'y pas de risque prévisible concernant les équipements et installations d'exploitation du projet vis-à-vis du risque de tempête de vent, car ils sont dimensionnés pour faire face à des vents violents et la fréquence de ces phénomènes ne devrait pas augmenter.

Enfin, suite au dernier rapport du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) de mars 2023 et dans la lignée de la consultation publique lancée par le Gouvernement sur la trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique, la Communauté urbaine Caen la mer et les services de l'État dans le Calvados ont décidé de lancer en juin 2023 une étude portant sur l'impact de la hausse du niveau de la mer sur la Vallée de l'Orne, de Ouistreham à Feuguerolles-Bully.

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer, au niveau de la Presqu'île de Caen, est situé dans la Basse Vallée de l'Orne. Il est donc directement concerné par cette étude.

L'étude menée permettra en effet d'améliorer les connaissances et d'adapter les aménagements sur l'ensemble du territoire pour faire face aux conséquences du réchauffement climatique sur le niveau de la mer. L'étude durera environ deux ans, soit jusqu'en 2025.

12. DESCRIPTION DES INCIDENCES RESULTANT DE LA VULNERABILIT2 DU PROJET A DES RISQUES D'ACCIDENTS OU DE CATASTROPHES MAJEURES, ET MESURES

Les projets en général peuvent être confrontés à des risques d'accidents majeurs, qu'ils soient d'origine naturelle (tempête, inondation, mouvement de terrain, etc.), technologique (nuage toxique, explosion, radioactivité, etc.), ou à des situations d'urgence particulières (intrusion de personnes étrangères, etc.) susceptibles de causer de graves dommages aux personnes et aux biens ou entraîner un danger grave, immédiat ou différé, pour la santé humaine et/ou pour l'environnement.

L'objet de ce chapitre est de :

- Mettre en avant la prise en compte des aléas naturels et technologiques dans la conception du projet d'extension du tramway de Caen la mer ;
- Répondre à l'exigence du III de l'article L.122-1 du Code de l'environnement concernant « *les incidences susceptibles de résulter de la vulnérabilité du projet aux risques d'accidents majeurs et aux catastrophes pertinents pour le projet concerné* ».

Ces deux éléments sont rapprochés car les accidents peuvent en particulier résulter de l'expression des aléas sur le projet.

Afin de répondre à ces deux points il est proposé :

- Une approche par aléa naturel et technologique recensé en analysant l'interface avec le projet. Il s'agit de voir si le projet peut amplifier le phénomène ou générer des incidences plus significatives que l'aléa lui-même en lien avec les travaux de réalisation du projet et l'exploitation du projet ;
- Une analyse des risques propres au projet en termes d'accident.

12.1. RISQUES DE CATASTROPHES MAJEURS D'ORIGINE NATURELLE

12.1.1. Risques sismiques, aléas retrait / gonflement d'argiles et risques géotechniques

Pour rappel, aucun mouvement de terrain n'est recensé au droit du projet. En revanche, la ville de Caen compte 80 ha de carrières de pierre de Caen, dont la moitié est souterraine. Ces carrières ne sont plus exploitées et pour certaines ont été comblées ou confortées, mais certaines représentent encore un risque pour la population. Ainsi, d'après les données disponibles, des effondrements/affaissements dus à des mouvements de terrain sont recensés autour de la rue de Bayeux et du boulevard Georges Pompidou.

De plus, les communes de Caen, de Saint-Contest, d'Hérouville Saint-Clair et de Fleury-sur-Orne se situent en zone de sismicité 2 (aléa faible) et le risque de retrait-gonflement des argiles est faible.

Préalablement aux travaux, des études géotechniques seront réalisées au droit de la plateforme tramway et au droit des bâtiments qui accompagnent le tramway (sous stations électriques, local chauffeurs). Les prescriptions des études géotechniques seront appliquées.

L'ensemble de ces études et les dispositions constructives mises en œuvre permettront de réduire la vulnérabilité du projet d'extension du tramway de Caen la mer au risque sismique, aux aléas retrait / gonflement d'argiles et aux risques géotechniques et les conséquences sur l'environnement qui pourraient en découler.

12.1.2. Risques d'inondation

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer est concerné par le risque inondation par débordement lent de cours d'eau identifié au sein du Plan de Prévention des Risques Majeurs de la Basse Vallée de l'Orne, approuvé le 10 août 2021.

Comme vu précédemment, le projet d'extension du tramway de Caen la mer sera à l'origine d'une désimperméabilisation des secteurs traversés grâce à la mise en place de principes d'infiltration des eaux de ruissellement et de la végétalisation de la plateforme. En réduisant les eaux de ruissellement en phase exploitation, le projet réduira également les risques d'inondation. De plus, la construction d'un mur de soutènement en phase conception le long du lycée Malherbe prend en compte le risque d'inondation. Le risque d'inondation des fonds de fouille en phase travaux sera réduite par la mise en place de dispositifs préventifs de lutte contre une pollution et d'assainissement provisoire de gestion des eaux pluviales. Enfin, le projet respectera les prescriptions du PPRM de la basse-vallée de l'Orne.

Dans une autre mesure, les études géotechniques au droit des voiries et des ouvrages préciseront les mesures à mettre en place pour une bonne tenue des ouvrages et de la plateforme en fonction des sols et notamment de leur tenue à l'eau afin de réduire les risques de dégradation du bâti, de l'infrastructure et les impacts financiers qui en découlent (reconstruction, indemnités d'assurance).

Ainsi, le projet d'extension du tramway de Caen la mer ne présente pas de vulnérabilité particulière vis-à-vis du risque d'inondation limitant ainsi les conséquences sur l'environnement qui pourraient en résulter.

12.1.3. Risques de tempête et vent violent

La conception des bâtiments et des poteaux de la Ligne Aérienne de Contact (LAC) prendra en compte les risques de vents violents afin de réduire les risques de dégradation du bâti et les impacts financiers qui en découlent (reconstruction, indemnités d'assurance).

Les panneaux de signalisation permanente ne peuvent être mis en service sur les voies du domaine public routier au sens de l'article L. 111-1 du code de la voirie routière et sur les voies privées ouvertes à la circulation publique au sens de l'article R. 163-1 du même code, que s'ils sont munis des marquages CE et NF ou autres marques d'attestation de la conformité présentant des garanties au moins égales, et respectent les spécifications techniques, les performances ou classes de performances appropriées aux types de routes ou d'ouvrages dans lesquels ces produits sont installés. Ces normes précisent des caractéristiques techniques des panneaux pour la résistance aux vents violents.

Dans ces conditions, le projet est faiblement vulnérable par rapport au risque de tempêtes et vents violents limitant ainsi les conséquences sur l'environnement qui pourraient en découler.

12.2. Risques technologiques majeurs

12.2.1. Risques industriels

12.2.1.1. Risques liés aux installations classées pour la protection de l'environnement

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer ne s'inscrit à proximité d'aucun site SEVESO et n'interfère avec aucune Plan de Prévention de Risques Technologiques (PPRT).

12.2.1.2. Risque nucléaire

Aucune centrale nucléaire ne se situe à proximité immédiate. La centrale nucléaire la plus proche est celle de Paluel à environ 100 km de Caen.

12.2.2. Risques liés aux transports des matières dangereuses

Les risques majeurs associés aux transports de substances dangereuses résultent des possibilités de réactions physiques et/ou chimiques des matières transportées en cas de perte de confinement ou de dégradation de l'enveloppe les contenant (citernes, conteneurs, canalisations, etc.).

Ces matières peuvent être inflammables, explosives, toxiques, corrosives, radioactives… Les vecteurs de transport de ces matières dangereuses sont nombreux : routes, voies ferrées, mer, fleuves, canalisations souterraines et, moins fréquemment, voies aériennes.

Au niveau du projet, la RN814 (périphérique) est notamment soumise au risque lié au transport de matières dangereuses (TMD), néanmoins ce risque peut malgré tout subvenir en n'importe quel axe.

Comme toute infrastructure, l'exploitation du projet d'extension du tramway de Caen la mer peut entrainer des risques d'accidents avec le transport des matières dangereuses par voie routière (accident entre un tramway et un camion de TMD). Néanmoins, les dispositions liées au code de la route, les signalisations routières, le bon respect de ces signalisations contribuent à réduire le risque d'accident avec le TMD.

Au-delà du TMD par voie routière, des canalisations d'alimentation gaz de bâtiments peuvent se situer à proximité du projet de tramway. Les travaux de dévoiement de ces réseaux enterrés seront réalisés par les services techniques compétents des concessionnaires ou par des entreprises agréées sous leur direction. En phase exploitation, le projet d'extension du tramway de Caen la mer ne présente pas de risques d'impacter ces canalisations enterrées.

En cas d'accident de TMD, il existe, chez les sapeurs-pompiers du service départemental d'incendie et de secours (SDIS) du Calvados, une cellule mobile d'intervention chimique (CMIC). Ces spécialistes interviennent tout en plaçant des périmètres de sécurité vis-à-vis de la population.

Dans ces conditions, le projet d'extension du tramway de Caen la mer est peu vulnérable aux risques de TMD.

12.2.3. Risque aérien

Le territoire de Caen la mer compte un aéroport (Caen-Carpiquet) situé à environ 3 km au plus près du projet, c'est-à-dire du futur terminus Ouest « Pompidou » à l'Ouest. Le projet ne se situe pas dans la continuité de la piste d'atterrissage et de décollage de l'aéroport de Caen-Carpiquet.

D'après la Protection Civile, les chutes d'aéronef sont plus fréquentes au moment du décollage et de l'atterrissage, sachant que la zone, a priori la plus exposée, est celle qui se trouve à l'intérieur d'un rectangle délimité par une distance de 3 km de part et d'autre en

bout de piste et une distance de 1 km de part et d'autre de la largeur de la piste. La probabilité d'occurrence d'une chute d'avion à l'extérieur de cette zone restant très faible.

Ainsi, le projet d'extension du tramway de Caen la mer se situe en dehors de la zone admise comme étant la plus exposée à une chute d'aéronef. Le projet n'est donc pas voire peu vulnérable aux risques de chutes d'avion.

12.3. Gestion des risques et de la sécurité d'un système guide

En ce qui concerne le management de la sécurité du système de transport, celui-ci est soumis aux réglementations françaises, notamment à l'application du décret pour la Sécurité des Transport Publics Guidé (STPG) n° 2017-440 du 30 mars 2017. Ce décret est applicable pour la mise en place, l'extension ou la modification d'un système de transport. Il impose la mise en œuvre d'un processus de gestion des risques (quelque soient leurs sources, leurs natures et leurs conséquences) qui permet une approche globale de la sécurité du système de transport.

En réponse à ces risques, la méthode conduit à proposer une réponse adaptée, de façon à réduire ces risques et conséquences à un niveau acceptable. Cette démarche est évaluée par un Organisme Qualifié Agrée (OQA) et soumise à un avis indépendant des services de l'état, représenté par le préfet, avec l'assistance de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer (DDTM) du Calvados et d'expert agréés (STRMTG - Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés notamment). La bonne tenue de cette démarche, de la définition du projet à sa mise en service, conditionne l'obtention de l'arrêté d'ouverture accordée par le préfet.

Une fois la mise en service réalisée, l'infrastructure et son exploitation font l'objet d'une évaluation régulière sur la première année faisant l'objet d'un rapport d'exploitation adressé au préfet. Par la suite, le projet est suivi :

- Chaque année par un rapport d'exploitation avec les services contrôle de l'état concernant les aspects exploitation et sécurité (mise aux normes de l'infrastructure et suivi de l'accidentologie notamment) ;
- Lors d'un incident ou accident, par un rapport détaillé précisant les circonstances.

La démonstration de sécurité est faite tout au long du cycle de la vie du projet, de sa conception à sa mise en service. Elle est réalisée par des équipes de sécurité indépendantes des équipes de conception. Elle est réalisée de façon détaillée en s'appuyant sur des outils et dossiers permettant de démontrer et de tracer le respect des exigences de couvertures ou réductions des risques. Elle fait également l'objet de nombreux contrôles extérieurs (service de contrôle de l'état, organismes qualifiés agrées, contrôleur techniques…). Ces éléments et avis sont consignés dans des procès-verbaux et les dossiers de sécurité.

Le Dossiers de Sécurité (DS) final est remis comme preuve aux services de contrôle de l'État (DDTM, STRMTG) et au préfet. Il permet l'obtention de l'arrêté de mise en service du projet. Ce dossier constitue pour l'exploitant un référentiel de sécurité qu'il devra maintenir pendant toute la vie de l'installation.

12.3.1. Origine des risques

Les risques d'accidents majeurs peuvent avoir des origines de différentes natures :

- Les risques externes liés à l'environnement (événements climatiques, catastrophes naturelles ou technologiques, inondations, etc.) ;
- Les risques d'origine humaine (liés aux personnes, leurs comportements, etc.) ;
- Les risques d'origine interne (défaillance mécanique, erreur de conception, etc.).

12.3.2. Incidences des risques

Les risques sont classés selon leurs incidences portant sur :

- L'intégrité ou l'exploitation du système (incendie, collision, etc.),
- Les personnes (accidents corporels comme des coincements, chutes, électrocutions, voire des décès, etc.).
- L'environnement (pollutions, inondation, etc.).

Catégorie	Niveau de gravité	Conséquences pour les personnes	Conséquences pour l'exploitation
1	Catastrophique	Des morts et/ou plusieurs blessés graves	
2	Critique	Un mort et/ou un blessé grave	Perte d'un système important
3	Marginal	Pas de morts et quelques blessés légers	Dommages graves pour un ou plusieurs systèmes
4	Insignifiant	Pas de morts et un blessé léger	Dommage à un système

Exemple de classification des dommages selon la norme EN 50126

12.3.3. L'analyse et la clôture de risque

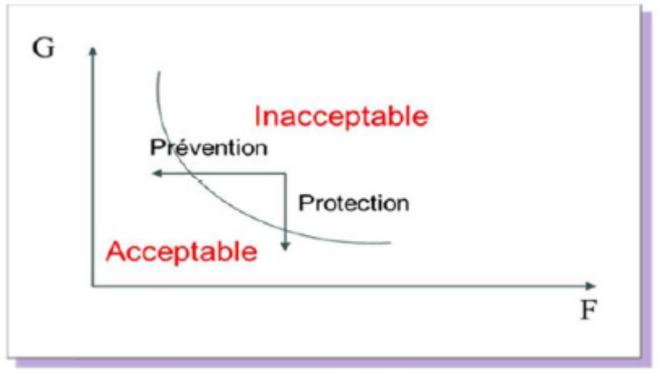
L'identification des risques sur un système tramway est fondée sur l'analyse préliminaire des dangers (APD) initiée dès le début de la conception, en phase Avant-Projet, à l'occasion de la fourniture du Dossier Préliminaire de Sécurité (DPS) demandé au titre de la réglementation. Cette analyse est ensuite déclinée, de plus en plus précisément, au fur et à mesure des différentes étapes de la conception.

Une Analyse Préliminaires des Dangers (APD) du système tramway consiste à :

- Rechercher les causes et les circonstances d'accidents potentiels liés au système et à ses interfaces (avec les autres sous-systèmes et avec l'environnement), qu'ils soient générés directement par le système tramway ou par des événements extérieurs au système tramway ;
- Identifier les sous-systèmes ou éléments du système potentiellement à l'origine de ces dangers ;
- Définir des exigences de sécurité (mesures préventives et/ou correctives) à appliquer pour éliminer ou réduire la criticité des dangers (potentiels) identifiés et rendre ce niveau de criticité acceptable (au sens des définitions acceptées pour le projet) suivants :
    - Les exigences de sécurité pour les sous-systèmes structurels : matériel roulant, infrastructures (incluant la voie et les ouvrages d'art), signalisation ferroviaire, énergie de traction, ligne aérienne de contact, signalisation routière, aménagement de voirie ;
    - Les exigences de sécurité pour les sous-systèmes opérationnels : exploitation, maintenance, évacuation ;
    - Les exigences de sécurité pour les interfaces entre les sous-systèmes.
    - Les exigences de sécurité liées aux risques naturels (séisme, conditions climatiques, foudre, etc.) et risques technologiques (champs électromagnétiques, etc.) ;

Cette analyse s'appuie sur l'élaboration d'une arborescence des dangers, qui détaille les accidents potentiels applicables à l'ensemble du système tramway.

À partir de cette arborescence des dangers, des tableaux d'analyse des dangers identifient les éléments qui peuvent en être à l'origine, en fonction des circonstances dans lesquelles ils peuvent se produire (mode de conduite par exemple). L'APD conduit à définir les exigences de sécurité à prendre pour réduire l'occurrence des dangers (potentiels), voire réduire la gravité des conséquences d'un accident potentiel afin de rendre le risque acceptable. Cette amélioration peut être obtenue à l'aide de mesure de préventions et de protection (solutions techniques, procédures de maintenance ou d'exploitation, etc.).



Avec G : Gravité F : Fréquence

Le diagramme risque / acceptabilité

Au stade de la conception détaillée, les dangers identifiés devront être analysés au niveau de chaque sous-système, notamment par les entreprises titulaires des marchés.

Tout au long du projet, un suivi de ces exigences de sécurité sera réalisé au travers un Registre des Situations Dangereuses (RSD). Ce document a pour but de synthétiser les dangers identifiés au cours des différentes études de sécurité et de tracer les exigences de sécurité associées ainsi que leurs justificatifs de clôture, au niveau du Système de transport.

Le RSD du projet est initié à partir de l'Analyse Préliminaire des Dangers du projet et est mis à jour tout au long du projet afin d'assurer l'enregistrement, le suivi et la traçabilité de la mise en œuvre des mesures de réduction des risques permettant la clôture de exigences de sécurité. Ce RSD est complété par les exigences issues de toute analyse de sécurité réalisée pour le projet.

Il s'agit d'un document « vivant », amené à évoluer tout au long du projet afin de refléter le statut de l'ensemble des exigences. Il constitue l'outil de base du management continu de la sécurité.

Au stade du Dossier de Sécurité (DS), cette analyse substitue les exigences de sécurité à l'attention des entreprises par des mesures de clôture des dangers :

- Dossier justificatif de sécurité des entreprises avec Analyse Élémentaire de Dangers, recommandations d'exploitation/maintenance ;
- Notes de calculs ;
- Notice de sécurité pour les aménagements de voirie et stations, etc. ;

12.3.4. Le projet d'extension du tramway de Caen la mer

Ce projet d'extension vers le Nord et l'Ouest de l'agglomération caennaise bénéficie du référentiel de sécurité règlementaire et technique des aménagements précédents et de leurs retours d'expériences. Les objectifs sont d'obtenir des performances et un niveau de sécurité Globalement Au Moins Équivalent au réseau actuel (principe GAME).

Une classification des risques/dangers pour le projet d'extension du tramway de Caen la mer est présentée ci-dessous :

Cette liste est cohérente avec la liste générique des événements redoutés présentée par le STRMTG dans le guide d'application « Liste générique des Évènements Redoutés de niveau système ».

N°	Accident potentiel	Gravité	Niveau de gravité	Type
01.01	Collision de deux tramways par rattrapage	1	Catastrophique	Collectif
01.02	Collision de deux tramways par prise en écharpe	1	Catastrophique	Collectif
01.03	Collision de deux tramways par sens de marche opposés (nez à nez)	1	Catastrophique	Collectif
01.04	Collision d'un tramway avec un véhicule routier (carrefours, site propre, site partagé)	1 2	Catastrophique Critique/marginal	Collectif Individuel
01.05	Collision d'un tramway avec un obstacle fixe (permanent, non permanent)	1 2	Catastrophique Critique/marginal	Collectif Individuel
02	Déraillement / Renversement sans collision	1	Catastrophique	Collectif
03	Électrocution	2	Critique/marginal	Individuel
04	Chute d'une personne	2	Critique/marginal	Individuel
05	Entraînement d'une personne	2	Critique/marginal	Individuel
06	Heurt / Coincement / Écrasement d'une personne	2	Critique/marginal	Individuel
07	Panique	1	Catastrophique	Collectif
08	Incendie	1	Catastrophique	Collectif
09	Intoxication / asphyxie / suffocation / brûlure	1	Catastrophique	Collectif
10	Explosion	1	Catastrophique	Collectif
11	Inondation (liée au système)	1	Catastrophique	Collectif
12	Évènements d'origine naturelle (dangers géologiques, météorologiques, hydrologiques, nivologiques, …)	1	Catastrophique	Collectif

12.4. Évaluation sommaire des risques et dispositions prises sur le réseau du tramway de Caen la mer

Du fait de sa conception et de son retour d'expérience, le tramway de Caen la mer est déjà un système sûr pour l'environnement, les voyageurs et les autres usagers de l'espace public. Le système tramway utilise des technologies et des modes de construction qui n'utilisent pas de moyens et d'énergies fortement polluantes ou dangereuses ou présentant des risques environnementaux majeurs.

Des arrêts d'exploitation ponctuels et limités dans le temps ont cependant pu être observés ces dernières années à la suite de fortes pluies (en 2021 par exemple, mais sans arrêt de l'exploitation), de chutes de neige et de verglas (en janvier 2024) ou encore en raison de vent violent (tempête Ciaran en novembre 2023 où les tramways du réseau de Caen la mer ont dû adapter leurs vitesses). Ces événements ont conduit à des retards ou des arrêts temporaires de l'exploitation mais à aucune dégradation.

12.4.1. Évaluation sommaire des impacts des risques et catastrophes majeures sur le système tramway

Sur la base du référentiel réglementaire et technique déjà en place sur le réseau tramway de Caen la mer, il est proposé ci-après une évaluation sommaire des différents risques et de leurs impacts

12.4.1.1. Les risques d'origine naturelle

Le projet d'extension du tramway de Caen la mer ne montre pas de risques majeurs en ce qui concerne les risques naturels.

Toutes les communes concernées par le projet sont classées en zone de sismicité 2 (faible). Ce risque est donc réel, mais très faible. Les conséquences interviendront principalement dans les méthodes de dimensionnement des infrastructures (respect des normes et Eurocodes) par les bureaux d'études.

Les risques géotechniques existent et sont liés à la présence de cavités souterraines. Celles-ci feront l'objet d'investigations avant traitement.

Thématique	Actions considérées	Effets	Intensité de l'effet	Mesures associées
Évènements d'origine naturelle	Inondation	Perte de contact électrique des rames	Négatif Faible	Arrêt ponctuel de l'exploitation
	Foudre	Arrêt par disjonction des rames	Négatif Faible	Mise en place de parafoudre sur le réseau de traction

	Neige/Gel	Déraillement	Négatif Moyen	Procédure de déneigement Mise en place de réchauffeur sur les aiguillages
	Vent	Rupture de ligne aérienne	Négatif Fort	Procédure d'arrêt d'exploitation en cas de tempête Procédure de contrôle périodique de la ligne aérienne Intégration du vent dans le dimensionnement des ouvrages

12.4.1.2. Les risques technologiques

Aucune installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) n'est identifiée au droit du projet. Néanmoins, certaines ICPE sont proches, notamment « Axiane Meunerie » (soumise à enregistrement) à proximité du terminus existant « Presqu'Île ».

Les axes ferroviaires et routiers sont parcourus par des convois de matières dangereuses. Ces installations et ces convois font l'objet de réglementation particulière. L'apparition de risque en cas d'incident sur ces installations ou convois est principalement gérée par une coordination rapprochée de l'exploitant avec les services de secours.

Thématique	Actions considérées	Effets	Intensité de l'effet	Mesures associées
Évènements d'origine technologique	Explosion	Risque d'endommagement de la rame et blessure voyageur	Négatif Fort	Coordination avec les services d'urgences en cas d'alerte ou de risque (Police et pompier) et arrêt de l'exploitation sur le secteur
	Incendie	Risque d'embrasement de la rame	Négatif Moyen	Coordination avec les services d'urgences en cas d'alerte ou de risque (Police et pompiers) et arrêt de l'exploitation sur le secteur Respect des normes constructives en matière d'incendie pour les véhicules
	Pollution	Risque d'intoxication de voyageurs	Négatif Moyen	Coordination avec les services d'urgences en cas d'alerte ou de risque (Police et pompiers) et arrêt de l'exploitation sur le secteur

12.4.1.3. Les risques d'origine humaine

Ces risques sont liés principalement à un défaut de comportement d'une personne.

Thématique	Actions considérées	Effets	Intensité de l'effet	Mesures associées
Évènements d'origine humaine	Attentat	Dégradation de l'infrastructure et risque pour les Voyageurs	Négatif Fort	Coordination des moyens de police et l'exploitant Arrêt de l'exploitation (déviation ou arrêt) Vigilance du personnel
	Collision avec un véhicule tiers	Perte de contact électrique des rames arrêt	Négatif Faible	Occupations limitées des chaussées
	Collision avec un autre tramway	Dérangement et insécurité des usagers (voitures, cycles et piétons)	Négatif Moyen	Signalisation claire et visible

12.4.1.4. Les risques liés à la conception et à la réalisation

Thématique	Actions considérées	Effets	Intensité de l'effet	Mesures associées
Risques liés à la conception et à la réalisation	Risques électriques	Électrocution	Négatif Fort	Respect des normes électriques Contrôle de la conception par un organisme agréé (OCTA) Contrôle annuel réglementaire des installations
	Choc avec un obstacle	Risque de blessure conducteur et voyageur	Négatif Moyen	Libération d'un espace libre de tout obstacle autour du tracé (Gabarit Limite Obstacle)
	Choc avec un véhicule	Risques de choc voyageur et risque de blessures ou décès des passagers du véhicule	Négatif Fort	Conception d'aménagements lisible et sécuritaire Contrôle extérieur par un Organisme Agréé (OQA aménagements) Réservation d'un espace libre de tout obstacle non fusible
	Rupture de la ligne aérienne	Risque mécanique pour personnes à proximité Risque d'électrocution	Négatif Fort	Mise en place de moyen de protection contre les risques électriques (mise à la terre.) Dimensionnement sécuritaire (normes) de la ligne aérienne et de ses supports

12.4.1.5. Évaluation des incidences négatives notables du projet sur l'environnement résultant de la vulnérabilité du projet à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs

Des analyses précédentes et du retour d'expérience sur le réseau de tramway de Caen la mer, il apparait que les principales incidences notables du projet sur l'environnement résultant de la vulnérabilité du projet à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs sont :

Thématique	Actions considérées	Effets	Intensité de l'effet	Impacts	Incidences
Incidences du projet sur l'environnement	Collision	Immobilisation de la rame Mise en place d'un service de remplacement par bus	Négatif Faible	Arrêt de l'exploitation	Circulation de bus Pollution – qualité de l'air
	Déraillement	Perte de contact électrique des rames arrêt	Négatif Faible	Occupation limitée des chaussées	
	Incendie	Immobilisation de la rame et évacuation Mise en place d'un service de remplacement par bus	Négatif Moyen	Pollution	Propagation d'incendie intoxication
	Inondation	Perte de contact électrique des rames	Négatif Faible	Arrêt de l'exploitation	Circulation de bus Pollution – qualité de l'air
	Arrêt d'exploitation	Mise en place d'un service de remplacement par bus	Négatif Faible	Arrêt de l'exploitation	Circulation de bus Pollution – qualité de l'air

12.4.2. Conclusion

Des analyses précédentes, il apparait que les principales incidences notables du projet sur l'environnement résultant de la vulnérabilité du projet à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs sont maîtrisées.

13. MODALITES DE SUIVI DES MESURES ET DE LEURS EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT

Afin d'assurer de la validité des mesures proposées et conformément à l'article L.122-3 du Code de l'environnement, la présente partie s'attache à présenter les modalités de suivi des mesures proposées.

Les mesures de réduction, de compensation et d'accompagnement doivent en effet être couplées à un dispositif de suivi et d'évaluation destiné à assurer leur bonne mise en œuvre et garantir la réussite des actions prévues.

13.1. MODALITÉS DE SUIVI DES MESURES ET DE LEURS EFFETS EN PHASE TRAVAUX

En phase chantier, le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage se chargeront de vérifier les mesures adoptées par les entreprises de travaux, pour limiter les incidences sur le milieu environnant. Les entreprises de travaux devront mettre en place un plan de préservation de l'environnement et respecter scrupuleusement les engagements pris par le maître d'ouvrage sur les mesures d'évitements, réduction et compensation.

13.1.1. Dispositif de coordination avec les intervenants sur les différents chantiers

13.1.1.1. La prise en compte de la sécurité

Un dispositif de coordination et d'information associé est mis en œuvre en amont des chantiers. Il concerne l'ensemble des intervenants et services concernés par les travaux de réalisation du projet d'extension du tramway de Caen la mer. Il permet d'analyser les risques engendrés, de définir les mesures à prendre pour assurer la coactivité entre les intervenants et la population, ainsi que les mesures à mettre en œuvre pour assurer la sécurité de chacun.

Ces mesures sont définies pour chaque tronçon fonctionnel du chantier tramway et sont regroupées dans le CCFC (cahier des clauses fonctionnelles de chantier). Le CCEP (cahier des clauses d'environnement particulier) s'appuie sur le CCFC pour préciser, aux entreprises s'impliquant sur l'opération, quelles sont les mesures de protection particulières à mettre en œuvre pour assurer la sécurité des ouvriers et des habitants dans le cadre des travaux.

Par ailleurs, un Coordinateur Sécurité et Protection de la Santé (CSPS) s'assurera de l'hygiène, la sécurité, la bonne application des mesures de prévention des accidents sur le chantier. Des visites inopinées seront réalisées au cours des travaux pour vérifier que les entreprises respectent leurs engagements et prennent les mesures adéquates de prévention des risques d'accidents (port des équipements de protection individuelle, vérification du balisage pour assurer la sécurité des usagers des espaces publics, …).

13.1.1.2. Le dispositif de coordination mis en œuvre par la Collectivité

Dans le cadre des chantiers, différents intervenants et entreprises spécialisées interviennent simultanément sur plusieurs sites. Chacune des interventions de ces prestataires doit s'inscrire dans le cadre du planning général et prévisionnel des travaux, et doit respecter les clauses reprises dans le CCFC. Le dispositif institutionnel se décompose en différents comités ou différentes rencontres dont les objectifs sont détaillés ci-après.

Organisation d'un Comité de Coordination de Chantier (CCC)

Ce comité s'attache à assurer une information large des services internes à la Communauté urbaine Caen la mer, des services des autres collectivités locales et des acteurs institutionnels de façon régulière et continue en amont des travaux de réalisation de l'extension du tramway.

Le comité de coordination de chantier est piloté par le maître d'œuvre. Les participants sont la Communauté urbaine Caen la mer, la Ville de Caen, les institutions et des organismes publics ou privés (Chambre de Commerce et d'Industrie, Direction Départementale des Territoires et de la Mer du Calvados, etc.). Les missions détaillées de ce comité consistent à :

- Informer les différents participants au CCC des travaux qui vont être engagés en chaque site dans les 2 mois suivants la date de réunion du comité ;
- Assurer un suivi technique permanent de l'avancement du chantier et des travaux en apportant des réponses aux éventuels problèmes rencontrés mettre à la disposition des participants les calendriers des travaux pour le mois en cours et le mois suivant ;
- Rappeler au cas par cas les mesures effectives à appliquer pour assurer la protection des riverains et des usagers du domaine public dans les emprises prévisionnelles des chantiers.

Réunions « Maîtrise et Coordination des Chantiers » (MCC)

Ces réunions ont comme objectifs :

- La validation des calendriers semainiers des chantiers de travaux qui recensent la nature et les sites des chantiers hebdomadaires, tout en en détaillant la décomposition en tâches élémentaires ;
- La délimitation des emprises des chantiers.

Elles sont pilotées par le maître d'œuvre général.

Réunions d'organisation temporaire du Plan de Circulation Générale

Ces réunions ont pour objectifs :

- D'établir la liste des mesures de circulation spécifiques à envisager pour chaque tronçon de travaux ;
- De déduire de cette liste de mesures les formalités administratives à engager (arrêtés municipaux pour les mesures de circulation provisoires, etc.) ;
- De mettre au point les annonces à publier dans la presse locale pour informer les habitants des incidences des chantiers du tramway, notamment sur les fonctionnements circulatoires modifiés dans les quartiers.

13.1.2. Information / concertation avec les habitants

Le dispositif de coordination, mis en œuvre par la Collectivité, permet d'avoir une maîtrise parfaite de la coactivité entre les chantiers et la vie locale, et d'assurer la qualité de l'information diffusée au public.

13.1.2.1. Information des habitants des secteurs en travaux

L'information des riverains des chantiers est prévue en amont du démarrage des travaux, pendant et en fin d'opération, en privilégiant la réactivité et la précision. Les actions d'information sont les suivantes :

- L'information ponctuelle auprès des riverains par affichage dans les lieux publics, la mairie de quartier, et par l'intermédiaire d'un journal « Info travaux Tramway 2028 » permettant de présenter de façon générale les types de travaux et le déroulement des opérations selon les secteurs concernés ;
- La publication d'une « Information riverains » diffusée par boîte aux lettres auprès des particuliers et des commerçants selon les secteurs impactés par les chantiers, en présentant le contenu des travaux et des mesures transitoires de déviation de la circulation générale ;
- La mise en place de panneaux d'information sur les secteurs concernés par le tracé, en complément des panneaux de signalisation réglementaires ;
- La mise à disposition d'agents de proximité dont les coordonnées seront communiqués aux riverains ;
- Des rencontres spécifiques sur le terrain ou dans les locaux de Caen la mer avec les techniciens peuvent être organisées à la demande des riverains, des commerçants, artisans, professions libérales, afin de les renseigner sur l'avancement du chantier ; elles permettent de prendre en compte les problèmes particuliers relevant de l'accessibilité à leurs lieux d'activités.

13.1.3. Suivi des mesures et suivi de leurs effets sur le milieu physique

13.1.3.1. Contrôle des matériaux d'apport

Afin de réduire les conséquences des travaux sur le sol, les entreprises de travaux seront tenues de respecter dans leur cahier des charges les principes de limitation de la consommation de matériaux nobles. La réutilisation de matériaux issus des déblais sera privilégiée.

- **Suivi** : contrôle des quantités de matériaux d'apport par rapport aux quantités de matériaux réutilisés sur place.
- **Réalisé par** : le maître d'œuvre sur la base des bons de transport des matériaux fournis par les entrepreneurs concernés par le chantier.
- **Durée** : toute la phase chantier.
- **Fréquence** : hebdomadaire.
- **Mesure corrective** : le maître d'ouvrage pourra appliquer des pénalités aux entreprises non respectueuses de leur cahier des charges.

13.1.3.2. Suivi de l'absence de travaux de terrassement en période pluvieuse

Les risques de pollution des eaux superficielles durant la phase de terrassement seront réduits par le respect des mesures prévues par le maître d'ouvrage avec le respect de la limitation des opérations de terrassement durant les périodes pluvieuses.

- **Suivi** : contrôle quotidien de la météorologie / conditions climatiques.
- **Réalisé par** : le maître d'œuvre sur la base des constats de visu durant le chantier et sur la base du suivi des alertes météorologiques de Météo France par Caen la mer.
- **Durée** : toute la phase chantier, notamment durant les opérations de terrassement.
- **Fréquence** : quotidienne.
- **Mesure corrective** : le maître d'ouvrage pourra stopper les travaux durant les épisodes pluvieux importants.

13.1.3.3. Suivi des terrassements par un géotechnicien (carrières de Beaulieu)

Au niveau du secteur concerné par les carrières souterraines de Beaulieu, une mesure de suivi des terrassements par un géotechnicien sera mise en œuvre en phase chantier

- **Suivi** : lors des travaux de terrassements dans le secteur des carrières de Beaulieu.
- **Réalisé par** : un géotechnicien mandaté par le maître d'ouvrage.
- **Durée** : toute la phase chantier, notamment durant les opérations de terrassement.
- **Fréquence** : quotidienne.

- **Mesure corrective** : le maître d'ouvrage pourra stopper les travaux en cas d'anomalie.

13.1.4. Suivi des mesures et suivi de leurs effets sur le milieu naturel

13.1.4.1. Suivi de la bonne mise en œuvre des mesures écologiques

Une surveillance de la bonne mise en œuvre de l'ensemble des mesures écologiques est indispensable pour garantir l'équilibre écologique du projet et éviter tout impact sur la biodiversité.

Le pétitionnaire doit rendre compte de la réalisation de son projet afin de justifier de la bonne exécution (obligation de moyens) et de l'efficacité (obligation de résultats) des mesures ERC.

Ce suivi doit permettre de répondre à des indicateurs de suivi. Il repose sur une collecte de données répétée dans le temps. Il permet notamment une vision dynamique de l'évolution des milieux, des espèces ou des facteurs écologiques.

Il s'effectue grâce à des.

- **Suivi** : relevés d'indicateurs réalisés sur le terrain et rédaction de bilans ou de rapports à destination des services de l'État. Il s'agit de suivre la mise en œuvre des mesures et leur efficacité.
- **Réalisé par** : le maître d'ouvrage, par une structure mandatée par ce dernier, ou encore par un management environnemental (référent biodiversité).
- **Durée** : toute la phase chantier.
- **Fréquence** : mensuelle.
- **Mesure corrective** : le Maître d'ouvrage pourra stopper les travaux ne respectant pas le calendrier et imposera un décalage temporel des interventions aux entreprises le cas échéant pour éviter les dérangements d'espèces. Il imposera également aux entreprises le respect des emprises pour éviter toute dégradation du milieu naturel à préserver.

13.1.4.2. Suivi des abattages d'arbres et des arbres à protéger

Les abattages d'arbres seront réalisés sous le contrôle du service Espaces verts de Caen la mer, afin d'éviter toute incidence sur les espaces et éléments les plus remarquables, tout en veillant à respecter la période favorable (éviter le dérangement de l'avifaune et chiroptères).

- **Suivi** : contrôle, marquage des arbres à abattre et vérification de l'absence d'espèces protégées dans ces arbres.
- **Réalisé par** : suivi par le Maître d'Œuvre et le service Espaces Verts de Caen la mer. Les dispositifs de protection des arbres maintenus sont réalisés par les entreprises de travaux.
- **Durée** : ponctuellement avant et durant les opérations d'abattage sinon durant tout le chantier pour ce qui concerne les protections des arbres maintenus.
- **Fréquence** : en fonction du planning des abatages
- **Mesure corrective** : le Maître d'ouvrage pourra stopper les travaux en cas d'abattage d'arbre non marqué. Il pourra imposer le cas échéant en décalage temporel en cas de découverte d'une faune nicheuse présente sur l'arbre.

13.1.5. Suivi des mesures et suivi de leurs effets sur le paysage et le patrimoine

13.1.5.1. Suivi du paysage

Les risques d'altération sur le paysage seront réduits par le maintien de la propreté du chantier. Les altérations définitives du paysage seront réduites car les entreprises concernées par le chantier seront tenues de remettre en état l'ensemble des sites à la fin du chantier.

- **Suivi** : contrôle de l'état de propreté du chantier. Contrôle de la remise en état des sites en fin de chantier.
- **Réalisé par** : le Maître d'Œuvre.
- **Durée** : toute la phase chantier.
- **Fréquence** : hebdomadaire.
- **Mesure corrective** : le Maître d'ouvrage pourra stopper les travaux ne respectant pas le bon état de propreté du chantier et imposera aux entreprises de travaux le nettoyage des zones d'emprises du chantier, mais aussi des voiries utilisées par les engins. Des pénalités seront appliquées en cas de défaut d'entretien.

13.1.5.2. Suivi du patrimoine

Les risques de dégradation du patrimoine seront réduits par le strict respect des mesures de déclaration en cas de découverte fortuite d'un élément patrimonial par les entreprises de travaux.

- **Suivi** : Déclaration et mise en place d'un cahier de suivi des découvertes.
- **Réalisé par** : Caen la mer et le maître d'Œuvre sur la base des découvertes réalisée par les entreprises de travaux.
- **Durée** : toute la phase chantier.
- **Fréquence** : hebdomadaire.

- **Mesure corrective** : le Maître d'ouvrage pourra stopper les travaux en cas de découverte. Ces découvertes seront immédiatement signalées aux services préfectoraux chargées de la préservation du patrimoine.

13.1.6. Suivi des mesures et suivi de leurs effets en faveur de la santé humaine et du cadre de vie

Les risques de dégradation de la qualité de l'air, de génération des nuisances sonores, de vibrations ou de pollutions lumineuses seront réduits par le strict respect des mesures de préservations par les entreprises de travaux (arrosage régulier du chantier de terrassement, utilisation de matériel conforme aux normes d'émission de polluant et d'émission de bruit).

- **Suivi** : Envol de poussières et contrôle de nuisances sonores.
- **Réalisé par** : Caen la mer et le Maître d'Œuvre sur la base de contrôle in situ réalisés fortuitement.
- **Durée** : toute la phase chantier.
- **Fréquence** : contrôles aléatoires.
- **Mesure corrective** : le Maître d'ouvrage pourra stopper les travaux en cas de dépassement des normes et exigera une mise en conformité immédiate aux entreprises concernées.

13.2. Modalités de suivi des mesures et de leurs effets en phase d'exploitation

13.2.1. Suivi des mesures et suivi de leurs effets sur le milieu naturel

13.2.1.1. Suivi de la bonne mise en œuvre des mesures écologiques

Une surveillance de la bonne mise en œuvre de l'ensemble des mesures écologiques est indispensable pour garantir l'équilibre écologique du projet et éviter tout impact sur la biodiversité.

Le pétitionnaire doit rendre compte de la réalisation de son projet afin de justifier de la bonne exécution (obligation de moyens) et de l'efficacité (obligation de résultats) des mesures ERC.

Ce suivi doit permettre de répondre à des indicateurs de suivi. Il repose sur une collecte de données répétée dans le temps. Il permet notamment une vision dynamique de l'évolution des milieux, des espèces ou des facteurs écologiques.

- **Suivi** : relevés d'indicateurs réalisés sur le terrain et rédaction de bilans ou de rapports à destination des services de l'État. Il s'agit de suivre la mise en œuvre des mesures et leur efficacité.
- **Réalisé par** : le maître d'ouvrage, par une structure mandatée par ce dernier, ou encore par un management environnemental (référent biodiversité).
- **Durée** : 5 ans.
- **Fréquence** : annuelle.
- **Mesure corrective** : le Maître d'ouvrage pourra stopper les travaux ne respectant pas le calendrier et imposera un décalage temporel des interventions aux entreprises le cas échéant pour éviter les dérangements d'espèces. Il imposera également aux entreprises le respect des emprises pour éviter toute dégradation du milieu naturel à préserver.

13.2.1.2. Suivi des espèces floristiques exotiques envahissantes

Plusieurs espèces floristiques exotiques envahissantes ont été inventoriées sur le tracé de la future ligne. Une mesure de gestion est prévue en phase travaux, mais il est important, à la vue de la dynamique de ces espèces, de suivre les éventuelles repousses ou expressions spontanées.

- **Suivi** : campagne d'investigation en période estivale comprenant la localisation des espèces pour lesquelles une intervention serait à effectuer et un compte-rendu avec si besoin des préconisations d'actions.
- **Réalisé par** : le maître d'ouvrage, par une structure mandatée par ce dernier.
- **Durée** : 12 ans.
- **Fréquence** : annuelle les 3 premières années puis tous les 5 ans (en n+1, n+2, n+3, n+8, n+12), révisable en cas d'émergence d'une problématique forte in situ sur le sujet.
- **Mesure corrective** : en cas de dérives constatées pendant les suivis, de nouvelles mesures seraient proposées.

13.2.1.3. Suivi de l'avifaune

- **Suivi** : Ce suivi pourra prendre place sur les focus définis dans cette étude afin de pouvoir comparer l'état initial et l'état post-projet. L'opérateur reprendra donc le protocole utilisé pour l'état initial, à savoir un inventaire par points d'écoute de type IPA (2 passages au cours de la période de reproduction : une visite entre 1er avril et le 8 mai + une visite entre le 9 mai et le 15 juin en espaçant les 2 passages de 4 à 6 semaines).
- **Réalisé par** : le maître d'ouvrage, par une structure mandatée par ce dernier.
- **Durée** : 12 ans.
- **Fréquence** : annuelle les 3 premières années puis tous les 5 ans (en n+1, n+2, n+3, n+8, n+12), révisable en cas d'émergence d'une problématique forte in situ sur le sujet.

- **Mesure corrective** : en cas de dérives constatées pendant les suivis, de nouvelles mesures seraient proposées.

13.2.1.4. Suivi des chiroptères

- **Suivi** : Ce suivi pourra prendre place sur les focus définis dans cette étude afin de pouvoir comparer l'état initial et l'état post-projet. L'opérateur reprendra donc le protocole utilisé pour l'état initial, à savoir la pose d'un SM4BAT à chaque focus, durant une nuit en période de reproduction (entre mai et août) et une nuit en période de dispersion des colonies (septembre).
- **Réalisé par** : le maître d'ouvrage, par une structure mandatée par ce dernier.
- **Durée** : 12 ans.
- **Fréquence** : annuelle les 3 premières années puis tous les 5 ans (en n+1, n+2, n+3, n+8, n+12), révisable en cas d'émergence d'une problématique forte in situ sur le sujet.
- **Mesure corrective** : en cas de dérives constatées pendant les suivis, de nouvelles mesures seraient proposées.

13.2.1.5. Suivi de la renaturation des zones protégées

- **Suivi** : Ce suivi assurera la bonne mise en place et la bonne efficacité des zones de protection, notamment en faveur du hérisson d'Europe, de la flore, des oiseaux, des insectes, des chiroptères… Un inventaire multigroupes pourra être effectué au regard des groupes étudié dans l'état initial. Pour cela, il est nécessaire de prévoir deux visites au printemps et une visite en été. À chaque visite, des investigations nocturnes sont à prévoir en fonction des groupes étudiés. Une surveillance des gîtes artificiels mis en place sera effectuée.
- **Réalisé par** : le maître d'ouvrage, par une structure mandatée par ce dernier.
- **Durée** : 12 ans.
- **Fréquence** : annuelle les 3 premières années puis tous les 5 ans (en n+1, n+2, n+3, n+8, n+12), révisable en cas d'émergence d'une problématique forte in situ sur le sujet.
- **Mesure corrective** : en cas de dérives constatées pendant les suivis, de nouvelles mesures seraient proposées.

13.2.2. Suivi des ouvrages du tramway au passage des carrières souterraines de Beaulieu

- **Suivi** : Suivi des ouvrages du tramway pour prévenir toute apparition de déformation des voies au passage des carrières souterraines de Beaulieu.
- **Réalisé par** : la Communauté urbaine Caen la mer.
- **Durée** : permanent.
- **Fréquence** : 2 ans après la mise en service, puis tous les 5 ans.
- **Mesure corrective** : en cas de déformation avérée, comblement définitif des carrières.

13.2.3. Suivi des mesures et suivi de leurs effets sur le paysage et le patrimoine

Au même titre que pour le milieu naturel, les services chargés des espaces verts assureront le suivi et le maintien en bon état de l'ensemble des mesures paysagères retenues pour le projet.

13.2.3.1. Suivi après la plantation des nouveaux arbres

- **Suivi** : surveillance globale du site, arrosage (non automatique) des plantations, entretien post-plantation des arbres et baliveaux depuis le sol, entretien post-plantation des arbustes et des haies, entretien post-plantation des végétaux non ligneux, entretien post-plantation des gazons, désherbage des massifs et pieds d'arbres en période de finalisation, prévention des maladies et ravageurs, surveillance des plantes envahissantes.
- **Réalisé par** : l'entreprise mandataire du marché.
- **Durée** : Durant les 2 années qui suivent les travaux de plantation.
- **Mesure corrective** : en cas de non-reprise de la végétation, réalisation de plantations de remplacement.

13.2.4. Suivi des mesures et suivi de leurs effets sur le milieu humain, le contexte socio-économique et les déplacements

Conformément à l'article L.1511-6 du code des transports, le maître d'ouvrage dressera un bilan des résultats économiques et sociaux de son aménagement, au plus tard cinq ans après sa mise en service. Ce bilan devra être rendu public.

- **Suivi** : réalisation d'un bilan socio-économique.
- **Réalisé par** : Caen la mer et le délégataire se chargent de réaliser ce suivi.
- **Durée** : ponctuellement.
- **Fréquence** : à 5 ans de la date de fin de chantier.
- **Mesure corrective** : le maître d'ouvrage pourra vérifier l'exactitude de leurs prévisions économiques et, le cas échéant, apporter des modifications (ex : augmentation des fréquences des tramways si fort taux d'utilisation, modification des plans de circulation, etc.).

13.2.5. Suivi des mesures et suivi de leurs effets en faveur de la santé humaine et le cadre de vie

Trois habitations doivent faire l'objet de mesures de protection acoustique de type isolation de façade. Le maître d'ouvrage fera vérifier l'évolution des nuisances en réalisant des mesures acoustiques sur les habitations concernées.

- **Suivi** : Réalisation de mesures acoustiques sur trois maisons d'habitation.
- **Réalisé par** : Caen la mer.
- **Durée** : ponctuellement.
- **Fréquence** : à la mise en service et après 3 ans.
- **Mesure corrective** : en fonction des résultats, le Maître d'ouvrage pourra ajuster les besoins de protections acoustiques si des dépassements des seuils réglementaires sont avérés après mise en service.

14. COUT DES MESURES ENVIRONNEMENTALES

Les montants alloués aux mesures en faveur de l'environnement pour le projet d'extension du tramway de Caen la mer est précisé dans les tableaux ci-après. Ce coût prévisionnel du projet comprend le montant des mesures de réduction, de compensation, d'accompagnement et de suivi.

14.1. MESURES EN PHASE TRAVAUX

Mesures en phase travaux	Coût estimatif (€ HT)
MESURES D'EVITEMENT	
Concertation avec les gestionnaires et concessionnaires de réseaux dans le but de prévenir les risques d'interception des réseaux existants et de définir les modalités de déviation et de protection	Coût globalisé dans les prestations de coordination
Réalisation d'un diagnostic archéologique préventif	150 000 €
MESURES DE REDUCTION	
Limitation / adaptation des emprises des travaux et/ou des zones d'accès et/ou des zones de circulation des engins de chantier	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Dispositif de repli du chantier	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Dispositifs de limitation des nuisances sur le cadre de vie	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Dispositifs de limitation des nuisances paysagères	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Concertation des maîtres d'ouvrage des projets connexes	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Optimisation de la gestion des matériaux (déblais et remblais)	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Tri et recyclage des déchets de chantier	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Adaptation de la période de travaux (calendrier et horaires) (hors enjeux liés au milieu naturel)	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Plan de circulation en phase travaux	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Communication et information aux riverains et aux usagers des voiries impactées par les travaux	500 000 €
Réduction de l'emprise du projet au maximum	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Mise en défens des zones refuges du Hérisson d'Europe lors des travaux	2 000 € – 5 000 €
Plantations en faveur de la biodiversité	2 500 000 €
Gestion des espèces exotiques envahissantes	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Interventions d'abattage d'arbres et de haies à réaliser hors de la période sensible pour la faune	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Passage d'un écologue avant travaux	+/- 1 000€ par visite (en fonction du phasage des travaux)
Limitation de l'impact sur l'habitat du Hérisson d'Europe dans le secteur de la maison du Général	Coût globalisé dans la conception du projet
Lutte contre les pollutions du chantier	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Réduire le risque de piéger la faune sur les chantiers	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Dispositif préventif de lutte contre une pollution et dispositif d'assainissement provisoire de gestion des eaux pluviales et de chantier	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Adaptation des circulations et des déplacements en phase chantier	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Balisage préventif divers	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Mesures relatives aux activités du lycée Malherbe et de l'EPSM de Caen pendant les travaux	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Mesures relatives aux travaux sur les voies de tramway existantes	Coût globalisé dans les prestations d'exploitation du réseau de transports en commun
Déclaration de toute découverte archéologique fortuite en phase travaux	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Respect des prescriptions du site patrimonial remarquable de Caen et des recommandations de l'Architecte des Bâtiments de France vis-à-vis des monuments historiques	Coût globalisé dans la conception du projet
Mise en œuvre des prescriptions des études géotechniques au droit de la plateforme du tramway	Coût globalisé dans la conception du projet
MESURES DE COMPENSATION	
Reconstitution des fonctionnalités impactées par le passage du tramway	12 000 000 €
Indemnisation des propriétaires de parcelles privées qui sont impactées par le passage du tramway	700 000 €
Plantations d'arbres	700 000 €

Compensation hydraulique par décaissement d'une zone en amont hydraulique de la zone impactée	200 000 €
MESURES D'ACCOMPAGNEMENT	
Mangement environnemental du chantier	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Formation du personnel lors du chantier et communication sur les zones protégées	2 500 € - 3 500 €
Augmenter la biodiversité dans les zones préservées	1 000 €
Installation de gîtes artificiels	2 500 €
Accompagnement financier à destination des commerces impactés par le projet pendant la phase travaux	100 000 € - 1 000 000 €
MESURES DE SUIVI	
Dispositif de coordination et d'information mis en œuvre en amont des chantiers	Coût globalisé dans les prestations de coordination
Information et concertation avec les habitants des secteurs en travaux	Coût globalisé dans les prestations de coordination
Suivi du contrôle des matériaux d'apport	Coût globalisé dans les prestations de coordination
Suivi de l'absence de travaux de terrassement en période pluvieuse	Coût globalisé dans les prestations de coordination
Suivi des terrassements par un géotechnicien (carrières de Beaulieu)	Coût globalisé dans les prestations de coordination
Suivi du chantier par un expert écologue	50 000 €
Suivi du contrôle et délimitation de chantier (nature des travaux en fonction du calendrier biologique)	Coût globalisé dans les prestations de coordination
Suivi des abattages d'arbres et des arbres à protéger	Coût globalisé dans les prestations de coordination
Contrôle de l'état de propreté du chantier	Coût globalisé dans les prestations de coordination
Déclaration et mise en place d'un cahier de suivi des découvertes	Coût globalisé dans les prestations de coordination
Suivi de l'envol des poussières et contrôle des nuisances sonores	Coût globalisé dans les prestations de coordination

14.2. MESURES EN PHASE EXPLOITATION

Mesures en phase d'exploitation	Coût estimatif (€ HT)
MESURES D'EVITEMENT	
Absence totale d'utilisation de produits phytosanitaires	Coût globalisé dans les prestations de coordination
MESURES DE REDUCTION	
Mise en place de protections acoustiques par isolation de façade	9 000 €
Réduction des gênes sonores liées aux crissements du tramway (bruits émergents)	Coût globalisé dans les prestations d'exploitation du réseau de transports en commun
Pose de voies anti-vibratiles au droit de la plateforme de tramway	5 500 000 €
Dispositifs de limitation des nuisances lumineuses en phase d'exploitation	Coût globalisé dans la conception du projet
Prise en compte de la faune nocturne pour la gestion des éclairages	Coût globalisé dans la conception du projet
Gestion des eaux pluviales en phase exploitation – Recours partiel à l'infiltration des eaux pluviales	2 300 000 €
MESURES D'ACCOMPAGNEMENT	
Mise en valeur des zones protégées par des actions de communication	1 500 € - 2 000 €
MESURES DE SUIVI	
Suivi de la bonne mise en place des mesures écologiques	3 000 € - 5 000 €
Suivi de la renaturation de zones protégées	3 000 € - 4 000 €
Suivi des espèces floristiques invasives	3 000 € - 5 000 €
Suivi de l'avifaune	3 000 € - 5 000 €
Suivi des chiroptères	3 000 € - 4 000 €
Suivi de la bonne mise en place des mesures paysagères	Coût globalisé dans les prestations de coordination
Suivi des nouveaux sujets plantés réalisé pendant au moins 2 ans pour s'assurer de la reprise de la végétation	Coût globalisé dans les prestations de travaux
Suivi des ouvrages du tramway pour prévenir toute apparition de déformation des voies au passage des carrières souterraines de Beaulieu	50 000 €
Réalisation de mesures acoustiques après mise en service	30 000 €
Réalisation d'un bilan socio-économique	Coût globalisé dans les prestations de coordination