



Projet de Bus à Haut Niveau de Service (B.H.N.S.)

Evaluation des émissions de GES

04/03/2025

Volet H – Étude d'impact

Pièce H10F – Evaluation des émissions de GES

Émetteur : AMO



N° d'identification

PIECE H10F_ Evaluation des émissions de GES_VB.docx

REVISION DE CE DOCUMENT

Indice	Date	Pages	Objet de la révision
A	30/04/2024	Toutes	Édition du document
B	10/03/2025	Toutes	Prise en compte avis MRAe

VALIDATION DU DOCUMENT

Rédaction	Vérification	Validation
Nom JOFFRE Martin	Nom PENIN Natalène	Nom Marie-Anne MULLER
Date 04.03.2025	Date 04/03/2025	Date 04/03/2025
Visa	Visa	Visa

DESTINATAIRES

Nom	Entité
Vincent CHERY	TPM



SOMMAIRE

1 - CONTEXTE.....	4
1.1 - Présentation du projet.....	4
1.2 - Contexte de l'étude.....	6
1.3 - Approche méthodologique	6
1.3.1 - Introduction.....	6
1.3.2 - Présentation de la méthodologie	6
1.3.3 - Principe de calcul	7
1.3.4 - Traitement des incertitudes.....	7
2 - PERIMETRE DE L'ETUDE ET HYPOTHESES	9
2.1 - Scénarios étudiés	9
2.1.1 - Périmètre spatial.....	9
2.1.2 - Périmètre temporel.....	9
2.1.3 - Emissions de GES prises en compte	9
2.2 - Étapes du cycle de vie.....	9
2.2.1 - Phase de démolition de l'existant.....	9
2.2.2 - Phase de construction	9
2.2.1 - Phase d'exploitation – fonctionnement.....	9
2.2.2 - Phase de démantèlement.....	10
3 - RESULTATS DES EMISSIONS DE GES AVEC ET SANS PROJET.....	11
3.1 - Emissions de GES de la phase de démolition de l'existant.....	11
3.2 - Emissions de GES de la phase construction.....	11
3.3 - Emissions de GES de la phase exploitation.....	13
3.4 - Emissions de GES du projet.....	13
3.5 - Bilan et mesures ERC.....	14
Annexes	15
Annexe 1 : Hypothèses sur la consommation électrique du BHNS en phase exploitation.....	15
Annexe 2 : Hypothèses sur la consommation énergétique des P+R et SEMR en phase exploitation.....	15
Annexe 3 : Hypothèses sur la production d'énergie des panneaux photovoltaïques des P+R et SEMR en phase exploitation.....	15
Annexe 4 : Postes d'émissions et données d'activité considérées à ce stade.....	16



1 - CONTEXTE

1.1 - Présentation du projet

Le projet de BHNS vise à améliorer la qualité globale du réseau de transport en commun de la Métropole Toulon Provence Méditerranée (appelé réseau Mistral), afin de le rendre encore plus efficace et donc plus attractif. Pour cela, le niveau de service se veut être renforcé :

- Site propre sur près de 70% de l'itinéraire
- Priorité aux feux et dans les carrefours
- Fréquence élevée : 7 minutes en période de pointe du matin / 8 minutes en période de pointe du soir / 13 minutes en période creuse
- Régularité renforcée
- Amplitude horaire élargie
- Véhicules à motorisation électrique au design et au confort de dernière génération
- Parfaite accessibilité pour les personnes à mobilité réduite
- Renforcement du service embarqué
- Information dynamique en station

Le tracé s'étendra sur environ 28 kilomètres, reliant la Seyne-sur-Mer et le Technopôle de la Mer d'Ollioules à l'ouest, aux gares de la Garde-centre et de la Pauline Hyères à l'est, en passant par les communes de Toulon et La Valette-du-Var.

Il favorisera les interconnexions avec les autres modes de transport collectif comme le train, en s'interfaçant sur le réseau aux gares de la Pauline-Hyères à l'est à la gare de la Seyne Six fours à l'ouest.

Il sera associé à une restructuration complète du réseau de transport en commun et aura donc un impact sur le service pour l'ensemble du réseau.

4 parkings relais seront construits ou agrandis afin de favoriser le report modal de la voiture vers le transport en commun, A Sainte-Musse, un site d'exploitation, de maintenance et de remisage (SEMR) d'une surface utile de 6 750 m² environ sera construit en plus du P+R.



FIGURE 1: TRACE ENVISAGE DU PROJET DE BHNS DE LA METROPOLE DE TOULON PROVENCE MEDITERRANEE

Le tracé est au contact de 5 gares et haltes ferroviaires, 5 Pôles d'Echanges Multimodaux (PEM), 4 Parcs Relais (P+R) et 2 sites de covoiturage.

La disposition des arrêts dépend de la densité urbaine et des montées et descentes des usagers. L'inter distance entre les arrêts est en moyenne de 400 m.

La largeur des quais est au minimum de 3,00 m pour permettre l'implantation des abris et le passage des personnes à mobilité réduite (PMR). La longueur des stations sera de 30 m minimum et de 40 m dans les secteurs où le BHNS partagera ses stations avec d'autres lignes de bus (grands boulevards notamment).

Les stations seront éclairées et équipées d'un Système d'Information Voyageur dynamique.

La sécurité sera assurée au moyen de la vidéosurveillance et d'une liaison phonique avec le poste de contrôle du réseau Mistral.

L'infrastructure projet s'appuie sur 9 km de voies en site propre existantes.

1.2 - Contexte de l'étude

La réalisation du bilan des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) du projet de BHNS de la Métropole Toulon Provence Méditerranée répond à deux objectifs principaux.

Tout d'abord, la réalisation de cette étude permet de répondre aux exigences du Code de l'Environnement (décret n°2017-725 du 3 mai 2017). Il est, en effet, obligatoire pour tout projet soumis à évaluation environnementale de décrire « les incidences notables que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement résultant, entre autres [...], des incidences du projet sur le climat et de la vulnérabilité du projet au changement climatique ». Il est ainsi nécessaire d'évaluer cet impact tout en améliorant la conception du projet dans une démarche d'éco-conception.

Dans un deuxième temps, Au-delà d'une obligation réglementaire, cette étude s'inscrit dans une volonté plus large de respect des orientations et de la trajectoire de réduction des émissions de GES définie par la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC). En effet, la SNBC révisée adoptée par décret (n°2020-457) le 21 avril 2020 définit des orientations de politiques publiques pour mettre en œuvre la transition et atteindre la neutralité carbone en 2050. Ce principe de neutralité carbone impose de ne pas émettre plus de GES que notre territoire ne peut en absorber. Ainsi, des trajectoires et feuilles de route ont été établies dans tous les secteurs d'activités afin de renforcer la mise en cohérence des politiques publiques avec les engagements de la France en matière de climat.

Dans le secteur des transports, dans lequel s'inscrit ce projet, la stratégie vise une réduction de 28% des émissions en 2030 par rapport à 2015 et une décarbonation complète des transports à l'horizon 2050.

Cette étude a pour but d'évaluer l'écart des émissions de GES entre une situation sans projet (situation de référence) et la situation avec projet et d'identifier les sources d'émissions les plus impactantes. Enfin, dans le cas où le projet génère une augmentation des émissions de GES des mesures d'évitement, de réduction, ou à défaut de compensation (ERC) devront être mises en œuvre.

1.3 - Approche méthodologique

1.3.1 - Introduction

L'**empreinte carbone** ou l'**évaluation des émissions de GES** est une méthode d'analyse environnementale internationale monocritère qui comptabilise les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) directes et indirectes engendrées par une activité, un produit ou un projet.

La réalisation d'une empreinte carbone projet s'appuie sur les grands principes de la méthodologie **d'Analyse de Cycle de Vie** (ACV) et des standards internationaux associés. Ainsi, la méthodologie utilisée repose sur les normes et réglementations suivantes :

- ISO 14040 / ISO 14044 : Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadre - Exigences et lignes directrices
- ISO 14 025 : Marquages et déclarations environnementaux - Déclarations environnementales de type III - Principes et modes opératoires
- EN 15 804 « Bâtiment » : Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Déclarations environnementales sur les produits - Règles régissant les catégories de produits de construction
- ISO 21 931 (EN 15 978) « Bâtiment » : Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Évaluation de la performance environnementale des bâtiments - Méthode de calcul
- EN 17 472 « Infrastructure » : « Sustainability of construction works- Sustainability assessment of civil engineering works-Calculation methods »

De plus, dans le cadre de l'évaluation environnementale cette méthodologie est en accord avec la méthodologie du Ministère de la transition écologique publiée en février 2022 : « Prise en compte des émissions de Gaz à Effet de Serre dans les études d'impact ».

1.3.2 - Présentation de la méthodologie

L'empreinte carbone d'un projet permet d'évaluer, en ordre de grandeur, les émissions de GES engendrées par l'ensemble des processus physiques nécessaires à l'existence de cette activité.

L'empreinte carbone d'un projet repose sur les principes suivants :

- **Approche multi-étape** : on évalue le projet sur l'ensemble de son cycle de vie de l'extraction des matières premières jusqu'à la fin de vie. Cette approche peut être restreinte par l'exclusion de certaines étapes définies dans le périmètre de l'étude.
- **Approche monocritère** : les méthodologies d'ACV proposent un cadre pour l'évaluation de nombreux indicateurs environnementaux (par exemple l'eutrophisation, l'épuisement des ressources ou encore la destruction de la couche d'ozone). Dans le cadre d'une empreinte carbone seul l'indicateur changement climatique est évalué.
- **Périmètre et unité fonctionnelle** : la comparaison de différents scénarios ou variantes doit se faire sur le même périmètre et pour la même fonction.

L'empreinte carbone consiste à traduire des données d'activité observables en émissions de gaz à effet de serre grâce à l'application de coefficients de conversion, également appelés Facteurs d'Emission (FE). L'empreinte carbone permet de prendre en compte les 7 gaz à effet de serre listés dans le Protocole de Kyoto :

- **Le dioxyde de carbone (CO2)**, issu de la déforestation et de l'utilisation de combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz). Les émissions de CO2 organiques sont responsables de 69% de l'effet de serre induit par les activités humaines.

- **Le méthane (CH4)**, généré par la fermentation de matières organiques en l'absence d'oxygène (marais, rizières...) mais aussi par les fuites liées à l'utilisation d'énergies fossiles comme le gaz naturel ou le charbon, ou encore par l'élevage. Il est responsable de 18% de l'effet de serre induit par les activités humaines.
- **Le protoxyde d'Azote (N2O)**, il résulte de l'oxydation dans l'air de composés azotés et ses émissions sont dues pour 2/3 à l'usage de fumier et d'engrais. Il est également utilisé comme gaz propulseur dans les aérosols. Il est responsable de 5% de l'effet de serre induit par l'activité humaine.
- **Les gaz dits « industriels » (HFC, PFC, SF6, NF3)**, car n'existant pas à l'état naturel mais produits par l'homme. Ils sont utilisés pour la production de froid, dans les climatiseurs, réfrigérateurs, et autres systèmes industriels. Même s'ils sont présents en très faible concentration dans l'atmosphère, certains d'entre eux ont un pouvoir de réchauffement global (PRG) très important.

Cette méthode permet de couvrir de manière exhaustive l'ensemble des sources d'émissions directes ou indirectes de GES.

La réalisation de l'empreinte carbone d'un projet se déroule généralement en 6 étapes clés :

1. **Préparation de l'étude** : définition des objectifs, des méthodologies et des outils
2. **Définition du champ de l'étude** : périmètre temporel, périmètre spatial et fonctionnel
3. **Définition des postes d'émissions et collecte des données** : identification des postes d'émissions pour les différents scénarios étudiés, collecte des données d'activités et des facteurs d'émissions associés.
4. **Analyse et présentation des résultats** : présentation des résultats totaux et par catégorie, comparaison entre les différents scénarios, si pertinent, et identification des postes les plus émetteurs
5. **Mesures ERC (Eviter Réduire Compenser)** : identification des mesures permettant la réduction de l'impact du projet
6. **Rapport** : synthèse de la démarche dans un rapport

1.3.3 - Principe de calcul

L'empreinte carbone ne nécessite pas de mesure directe des émissions mais elle s'apparente à une démarche comptable. Pour cela, deux données doivent être collectées :

- **Une donnée d'activité** : par exemple : la consommation de carburant, le volume d'acier consommé, etc.
- **Un facteur d'émission associé** : c'est un coefficient permettant de convertir les données d'activité en émission de GES. C'est le taux d'émission moyen d'une source donnée.

Pour une activité donnée, les émissions sont le produit entre une donnée d'activité exprimée dans une unité d'œuvre caractérisant l'activité du poste d'émissions (quantités de matériaux mise en œuvre, transports de matières premières, consommations de carburants etc.) et un facteur d'émission exprimé en une unité commune : équivalent CO₂ par unité de données d'activité.



$$\text{Empreinte carbone}_{\text{projet}} = \sum \text{émissions de l'ensemble des postes}$$

Les facteurs d'émissions sont calculés à partir des inventaires nationaux de chaque filière, par exemple ici la filière de transport. Ils correspondent à des procédés élémentaires de fabrication, de transport ou de mise en œuvre. Les facteurs d'émissions utilisés dans les études proviennent de différentes bases de données internationales ou françaises.

Base de données	Périmètre géographique
Base de données Evacarbone (outil élaboré par le bureau d'études en charge du bilan carbone) construite à partir des travaux de recherche en interne	International
Ecoinvent v3	International
ICE ¹	International
Base Empreinte, ADEME ²	France
INIES ³	France
CEREMA ⁴	France
Base de données fabricants (ATILH, UNPF, EUDA ⁵)	International et France

TABLEAU 1. PRINCIPALES BASES DE DONNES UTILISEES

Les résultats sont présentés en tonne équivalent CO₂ (tCO₂eq) : l'ensemble des émissions de GES (CO₂, CH₄, N₂O et les gaz industriels) sont converties en une unité unique : le CO₂ équivalent permettant ainsi de simplifier l'analyse.

1.3.4 - Traitement des incertitudes

Toute évaluation d'émissions de GES est assortie d'une incertitude irréductible provenant de nombreux facteurs notamment :

- La méthodologie elle-même (périmètre, hypothèses de calcul, degré de précision...)
- Les données d'entrée (données internes, données fournisseurs, données d'entreprise de construction...)
- Les facteurs d'émissions

Plusieurs méthodes de calcul de l'incertitude existent mais il n'y a pas, à ce jour, de méthode stabilisée et unanime à l'échelle internationale ou nationale. Ainsi, il est pertinent de ne pas calculer cette incertitude mais de considérer deux éléments clés : l'évolution de l'incertitude par rapport au stade du projet et le niveau de leviers d'action. Ces éléments sont présentés dans la figure 1 ci-dessous.

¹ ICE : Infrastructure pour les sciences du Climat et de l'Environnement

² ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

³ INIES : base de données nationale de référence sur les données environnementales et sanitaires des produits et équipements de la construction.

⁴ CEREMA : Centre d'Etudes et d'expertise sur les Risques, la Mobilité et l'Aménagement

⁵ ATILH : Association Technique des Liants Hydrauliques ; UNPF : Union Nationale des Pharmacies de France ; EUDA : Applications développées par l'utilisateur final.

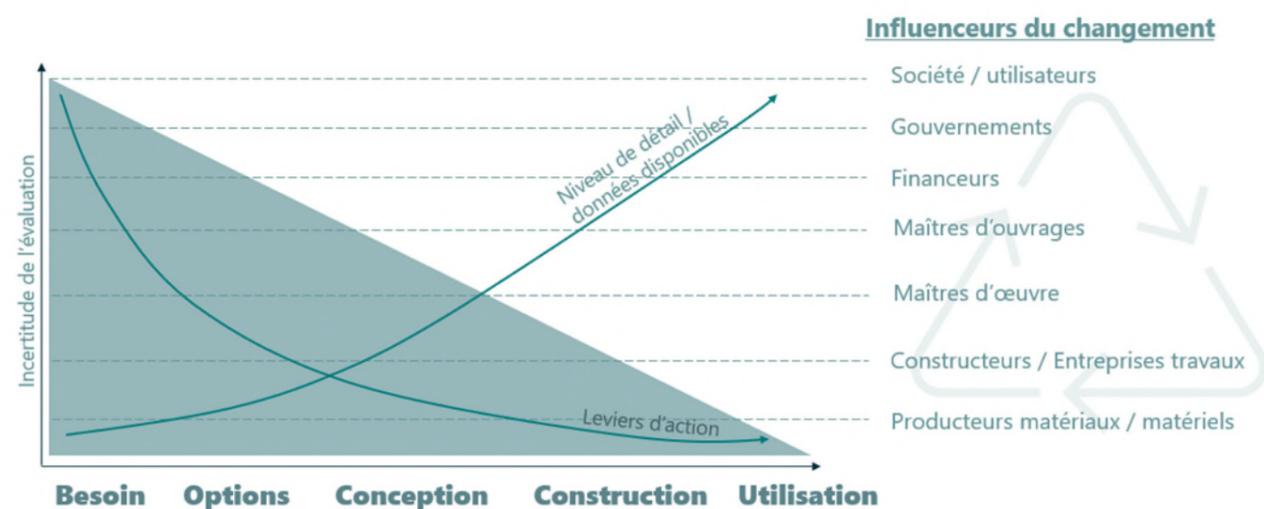


FIGURE 2 : CAPACITÉS D'ACCÉLÉRATION DE LA DÉCARBONISATION AU COURS DES DIFFÉRENTES ÉTAPES D'UN PROJET (SOURCE : ADAPTE PAR PAS 2080-CARBON MANAGEMENT IN INFRASTRUCTURE)

Dans le cas où le calcul de l'incertitude s'avère nécessaire alors nous utilisons la méthodologie proposée par l'ADEME au travers de la méthodologie Bilan Carbone[®]. Cette approche repose sur le principe de propagation des incertitudes et elle est notamment conforme au rapport publié par le GIEC en 2001 « Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux ». Le calcul ci-dessous est alors appliqué :

L'incertitude totale de notre empreinte carbone est calculée de la façon suivante :

$$\begin{aligned}
 \text{Incertainete}_{\text{poste d'émission}_1} &= U_1 = \sqrt{U_{DA}^2 + U_{FE}^2} \\
 \text{Incertainete}_{\text{TOTALE}} &= \frac{\sqrt{(U_1 \cdot x_1)^2 + \dots + (U_n \cdot x_n)^2}}{x_1 + \dots + x_n}
 \end{aligned}$$

U_{DA} = Le pourcentage d'incertitude associé à la donnée d'activité
 U_{FE} = Le pourcentage d'incertitude associé au facteur d'émission
 U_n = Le pourcentage d'incertitude associé au poste d'émission n
 x_n = Les émissions de GES du poste d'émission n

Le projet étant en phase de conception amont, les données sont peu précises. A ce stade des études l'incertitude estimée de l'ordre de 50%.

2 - PERIMETRE DE L'ETUDE ET HYPOTHESES

2.1 - Scénarios étudiés

L'impact d'un projet est défini comme le surplus d'émissions (en cumulé) par un scénario avec projet par rapport à un scénario sans projet.

Le scénario sans projet est défini comme étant la trajectoire d'évolution des émissions de GES la plus probable sur l'aire d'étude en l'absence de réalisation du projet. Dans notre cas, sans le projet les émissions sont nulles en phase construction.

Le scénario avec projet est défini comme étant la trajectoire d'évolution des émissions de GES la plus probable sur l'aire d'étude à laquelle est ajoutée l'estimation quantifiée des émissions de GES du projet. Dans notre cas, l'aménagement d'une ligne de BHNS à Toulon.

2.1.1 - Périmètre spatial

L'aire d'étude considérée concerne la totalité du tracé, soit 28 km. Les données sont dépendantes de l'avancement du projet, en phase amont actuellement.

2.1.2 - Périmètre temporel

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 du projet.

- **Phases et durée de vie du projet**

Seront pris en compte dans l'analyse les phases suivantes :

- Déconstruction
- Construction
- Exploitation

La fin de vie / démantèlement ne sont pas pris en compte dans cette analyse étant donné que la durée de vie du BHNS n'est pas définie (installation de très longue durée, c'est-à-dire supérieure à 50 ans).

- **Périmètre temporel**

La phase de construction s'étalera jusqu'à 2038 (date de mise en service), et la phase d'exploitation de 50 ans.

2.1.3 - Emissions de GES prises en compte

Les différents types d'émissions pouvant être pris en compte à ce stade sont les suivants :

- Émissions directes : émissions provenant de sources étant sous le contrôle du porteur de projet
- Émissions indirectes : émissions provenant de sources n'étant pas sous le contrôle du porteur de projet mais étant directement liées aux activités nécessaires à l'existence du projet.
- Émissions induites : le projet peut également avoir une incidence sur les émissions de GES d'activités situées en dehors du périmètre du projet ou générer un effet rebond conduisant à une hausse généralisée de la demande des consommateurs (en énergie notamment) et des émissions associées.

2.2 - Etapes du cycle de vie

Le niveau de détail des postes d'émissions pour ce calcul d'empreinte carbone dépend du niveau de définition du projet, ici études préliminaires. Seuls les postes d'émissions disponibles à cet instant ont été considérés. Ils devront être complétés ultérieurement, quand le projet sera suffisamment avancé.

2.2.1 - Phase de démolition de l'existant

Le tableau ci-dessous présente en détail le périmètre évalué dans cette phase.

TABLEAU 2: PERIMETRE DU CALCUL EN PHASE DE DEMOLITION DE L'EXISTANT

	Périmètre phase démolition
Postes d'émission	Linéaire de bordures à démolir
	Volume de chaussée à démolir
	Volume de trottoir à démolir
	Bâtiment à démolir
	Ouvrage d'art à démolir

2.2.2 - Phase de construction

Le tableau ci-dessous présente en détail le périmètre évalué dans cette phase.

TABLEAU 3: PERIMETRE DU CALCUL EN PHASE DE CONSTRUCTION

	Périmètre phase construction
Postes d'émissions	Voirie (chaussée bitume, trottoir/piste cyclable, linéaire des quais des stations)
	Hydraulique (linéaire de réseau, bassin de rétention)
	Libération des emprises et terrassement (changement d'affectation des sols, déblais, remblais, transports des déblais en décharge, fourniture de matériaux d'apport (couche de forme))
	P+R et SEMR (Nouvelles construction, VRD, espaces extérieurs, bornes de recharge, panneaux photovoltaïques)

2.2.1 - Phase d'exploitation – fonctionnement

Le tableau ci-dessous présente en détail le périmètre évalué dans cette phase.

TABLEAU 4: PERIMETRE DU CALCUL EN PHASE D'EXPLOITATION

	Périmètre phase exploitation
Postes d'émission	Consommation énergétique - bus
	Trafic routier – report modal
	Consommation énergétique – P+R - SEMR
	Production énergétique – panneaux solaires

Les hypothèses relatives à la consommation énergétique (électrique) du BHNS, des P+R et du SEMR, ainsi qu'à la production énergétique des panneaux solaires sont précisées en Annexe 1, 2 et 3.

Le projet de BHNS de la Métropole provoque une modification du trafic routier dans la zone d'étude du projet. Les émissions de GES en lien avec le trafic routier sont calculées avec les simulations suivantes :

- Etat initial 2022
- Horizon de mise en service 2038 sans projet et avec projet
- Horizon de mise en service + 20 ans 2058

GES						
Emissions en kg/j	État initial		Fil de l'eau		État projeté	
	2022	2038	2038	2058	2038	2058
CO2	88 135,9	74 842,5	69 009,7	72 923,5	66 534,8	
CH4	1,5	1,1	0,8	1,2	0,8	
N2O	3,8	2,7	2,3	2,7	2,3	
Total (Bande d'étude)	88 137	74 844	69 010	72 925	66 536	

Le cumul des émissions de GES est calculé pour les horizons de mise en service (2038), de mise en service +20 ans (2058) et de mise en service +50 ans (2088).

Il est important de noter qu'après 2058, le parc automobile n'évolue plus et est considéré comme constant entre 2058 et 2088. L'évolution des émissions de GES entre 2058 et 2088 est ainsi basée sur l'évolution des émissions de GES entre 2038 et 2058, et notamment de l'évolution de la motorisation du parc automobile. L'hypothèse retenue est majorante.

2.2.2 - Phase de démantèlement

La durée de vie du projet est supérieure à 100 ans. Il n'est à ce stade pas prévu de phase de démantèlement.



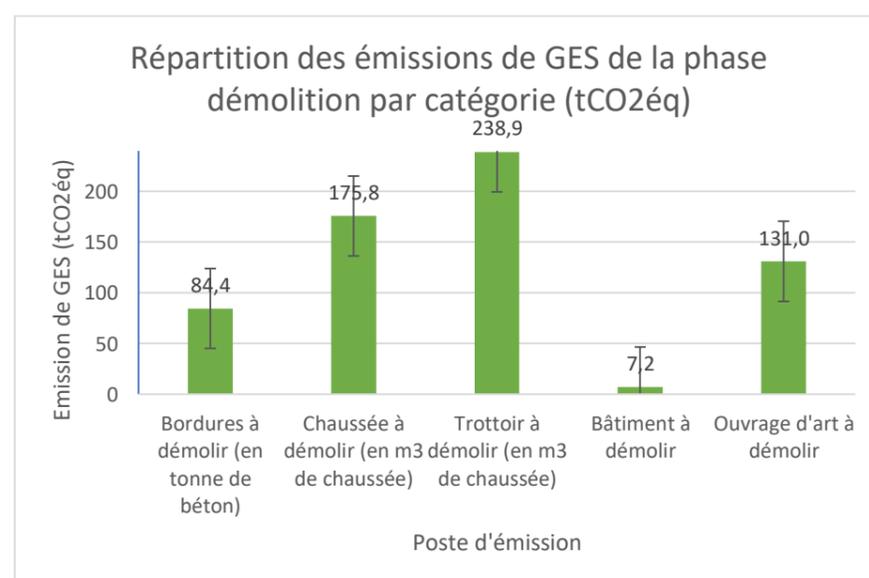
3 - RESULTATS DES EMISSIONS DE GES AVEC ET SANS PROJET

3.1 - Emissions de GES de la phase de démolition de l'existant

Les émissions GES générées par la phase de démolition de l'existant sont de **637.3** tCO₂éq avec une incertitude associée de **50%**. Le tableau et graphique ci-dessous présentent la répartition des émissions de GES de la phase travaux par catégorie.

TABLEAU 5: RESULTATS DES EMISSIONS LIEES A LA DEMOLITION DE L'EXISTANT

Postes d'émission	Résultat (tCO ₂ éq)
Bordures à démolir	84,4
Chaussée à démolir	175,8
Trottoir à démolir	238,9
Bâtiment à démolir	7,2
Ouvrage d'art à démolir	131,0



Le poste d'émission majoritaire en phase de démolition de l'existant correspond au trottoir et à la chaussée et aux ouvrages d'art. En effet les volumes de trottoirs, de chaussées, d'ouvrage d'art et de bordures à démolir sont importants.

3.2 - Emissions de GES de la phase construction

Les émissions GES générées par la phase construction de l'existant sont de 57 134 tCO₂éq avec une incertitude associée de **50%**. Le tableau et les graphiques ci-dessous présentent la répartition des émissions de GES de la phase travaux par catégorie.

TABLEAU 6: RESULTATS DES EMISSIONS LIEES A LA PHASE CONSTRUCTION

Postes d'émission	Résultat (tCO ₂ éq)
Changement d'affectation des sols	
Changement d'affectation des sols - Forêt vers sols imperméabilisés	29,0
Changement d'affectation des sols - Prairie vers sols imperméabilisés	290,0
Déblais	45,7
Remblais	28,8
Transport des déblais - Distance vers décharge	205,4
Fourniture de matériaux d'apport (couche de forme)	354,3
Voirie	
Chaussée bitume	3683,6
Trottoir bitume/Piste Cyclable	1010,3
Linéaire des quais des stations	2080,0
Hydraulique	
Linéaire de réseau EP	453,6
Bassin de rétention	285,3
P+R	39 664
SEMR	9 004

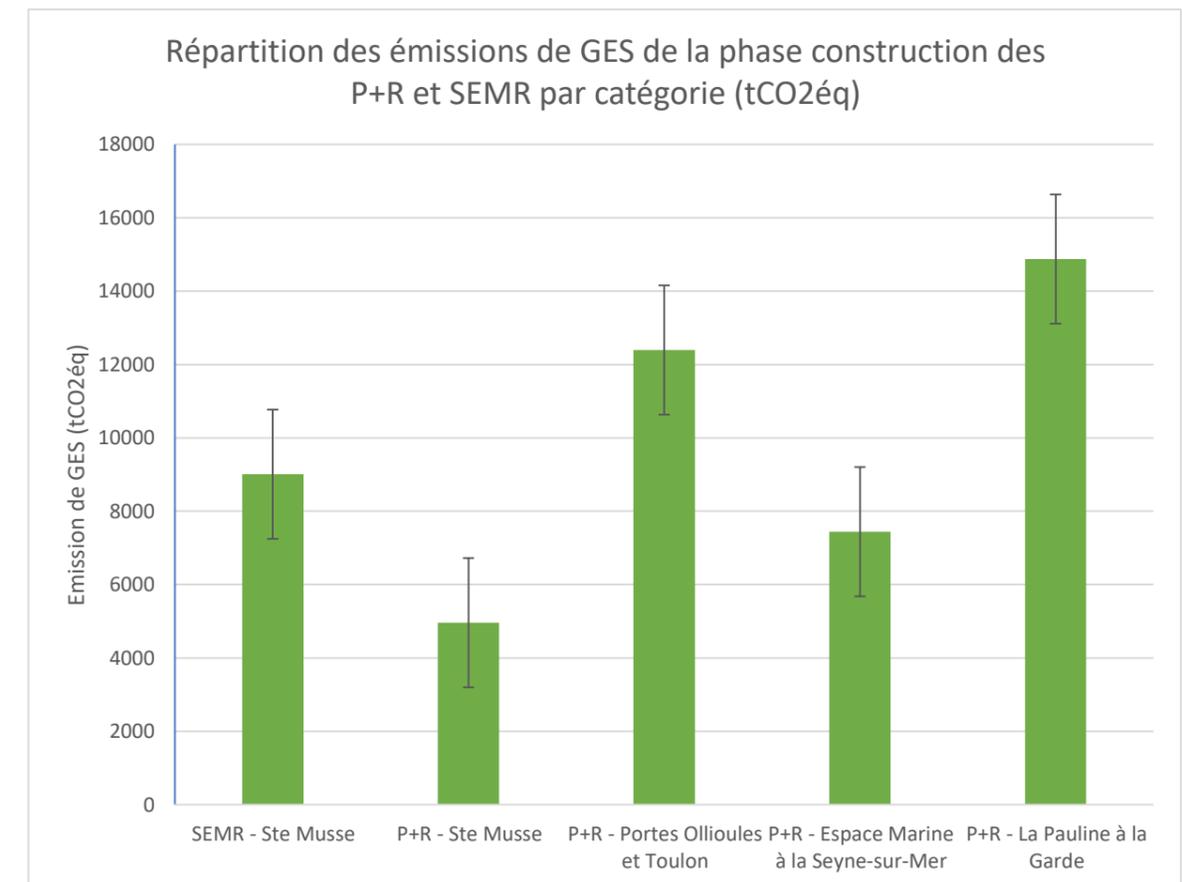
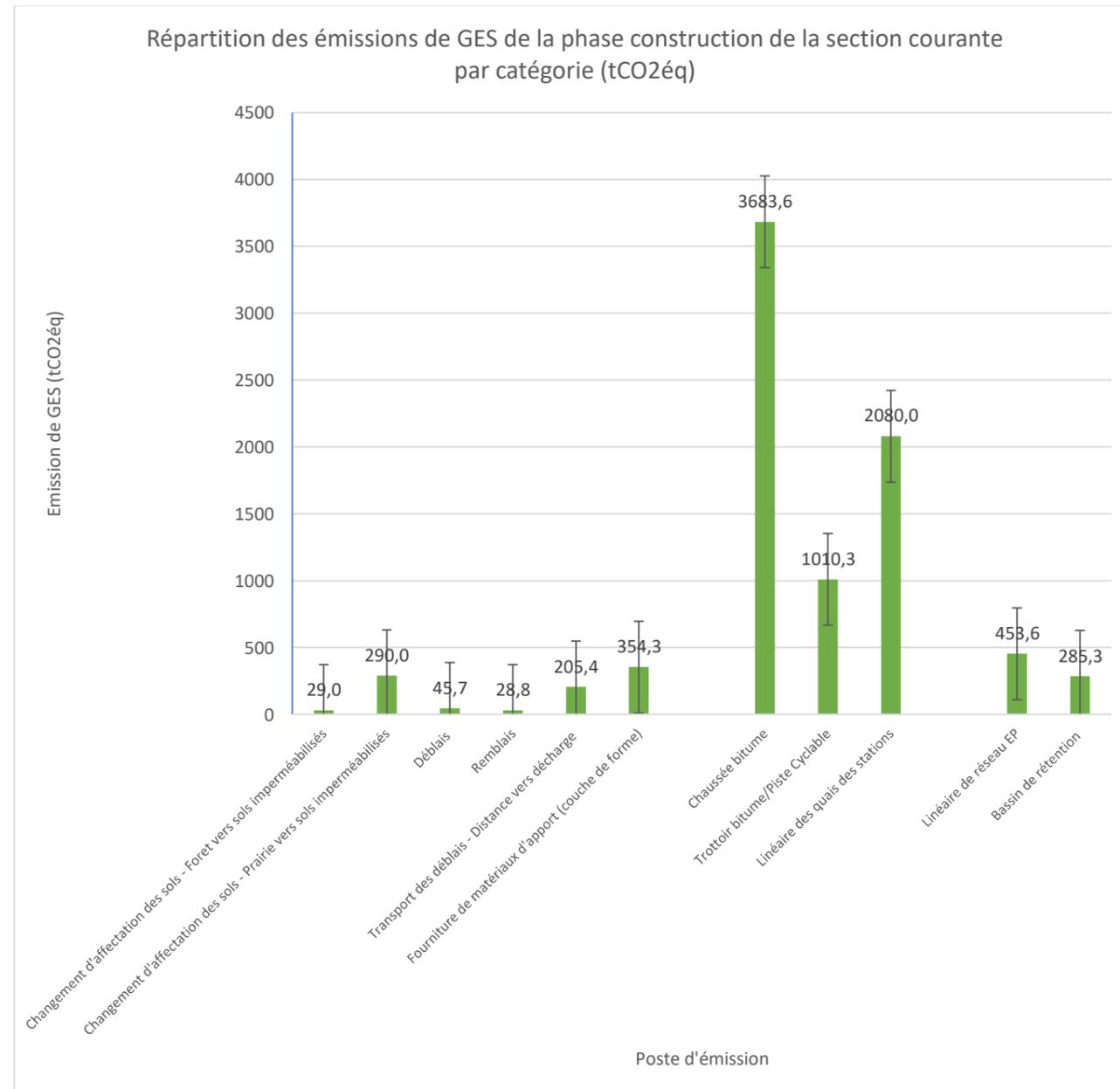
Pour les ouvrages de superstructures (P+R et SEMR, seuls le P+R et le SEMR de Sainte Musse présentent des données entrantes exploitables pour le calcul de l'empreinte carbone, basées sur les données de coûts établies dans le cadre du préprogramme en vue de lancer le concours de maîtrise d'œuvre de ces deux ouvrages (livraison en 2030). Les P+R des Portes Ollioules et de Toulon, Espace Marine à la Seyne-sur-Mer et La Pauline-Hyères à la Garde n'ont pas encore fait l'objet de préprogramme structurel au-delà de la définition capacitaire.

Ainsi, les émissions de GES de ces P+R ont été déterminées à partir d'un ratio suivant la part des places de stationnement dédiées aux usagers des transports en commun :

- Sainte Musse : 200 places
- Portes Ollioules et Toulon : 300 places
- Espace Marine à la Seyne-sur-Mer : 300 places

- La Pauline à la Garde : 600 places

De plus, les matériaux, dispositions constructives de la phase construction des P+R et SEMR ne sont pas encore détaillées puisqu'elles seront définies ultérieurement. Ainsi, il a été retenu des facteurs d'émissions majorants pour chaque poste d'émission considérant un gros œuvre réalisé en béton.



Le poste d'émission majoritaire en phase de construction de la section courante du BHNS de la Métropole Toulon Provence Méditerranée à ce stade de l'étude correspond à la chaussée en bitume.

3.3 - Emissions de GES de la phase exploitation

Les émissions cumulées de GES sur 50 ans (de 2038 jusqu'à 2088) associées à la consommation énergétique (électrique) du BHNS, des P+R et du SEMR et à la production d'énergie des panneaux photovoltaïques sont précisées ci-après :

TABLEAU 7: RESULTATS DES EMISSIONS LIEES A LA CONSOMMATION ELECTRIQUE DU BHNS

Postes d'émission	Résultat (tCO ₂ éq)
Consommation électrique du BHNS	15 083

TABLEAU 8: RESULTATS DES EMISSIONS LIEES A LA CONSOMMATION ELECTRIQUE DES P+R ET DU SEMR SAINTE-MUSSE

Postes d'émission	Résultat (tCO ₂ éq)
Consommation électrique SEMR (ateliers, bureaux)	1 386
Consommation électrique P+R (éclairages, systèmes)	11 551

TABLEAU 9: RESULTATS DES EMISSIONS LIEES A LA PRODUCTION D'ENERGIE DES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES

Postes d'émission	Résultat (tCO ₂ éq)
Production énergie panneaux photovoltaïques	-12 634

Les émissions en lien avec les consommations totales d'énergie (consommation électrique du BHNS, du SEMR et des P+R) s'élèvent à **28 020 tCO₂e**.

Selon les hypothèses retenues, les panneaux photovoltaïques permettraient de réduire les besoins en énergie de **4 764 MWh/an** soit une réduction de **-12 634 tCO₂e** sur 50 ans.

Ainsi, la production énergétique des panneaux solaires permet de réduire les consommations énergétiques du BHNS, des P+R et du SEMR. En cumulant les différentes émissions (consommation électrique du BHNS, des SEMR, des P+R et la production d'énergie des panneaux photovoltaïques), les panneaux photovoltaïques permettent de réduire les émissions à **15 386 tCO₂e** au lieu de **28 020 tCO₂e**.

Les émissions cumulées associées au trafic routier sont précisées ci-après.

TABLEAU 10: EMISSIONS CUMULEES ASSOCIEES AU TRAFIC ROUTIER

Émissions en tCO ₂ eq cumulées	Emissions en GES – cumul (tCO ₂ éq)					
	Sans projet			Avec projet		
	2038	2058	2088	2038	2058	2088
	27 599	556 813	1 269 306	26 894	539 841	1 220 178

Les résultats montrent que les émissions de GES en situation avec projet sont inférieures aux émissions en GES en situation sans projet, quel que soit l'horizon d'étude. L'écart des résultats est significatif, avec environ une différence de 30 % entre la situation sans projet et la situation avec projet.

Ainsi, le projet BHNS provoque une diminution des émissions de GES du trafic routier dans la zone d'étude d'environ -30 %.

3.4 - Emissions de GES du projet

Avec les données fournies à ce stade très amont du projet (données qui devront être complétées ultérieurement), il apparaît que

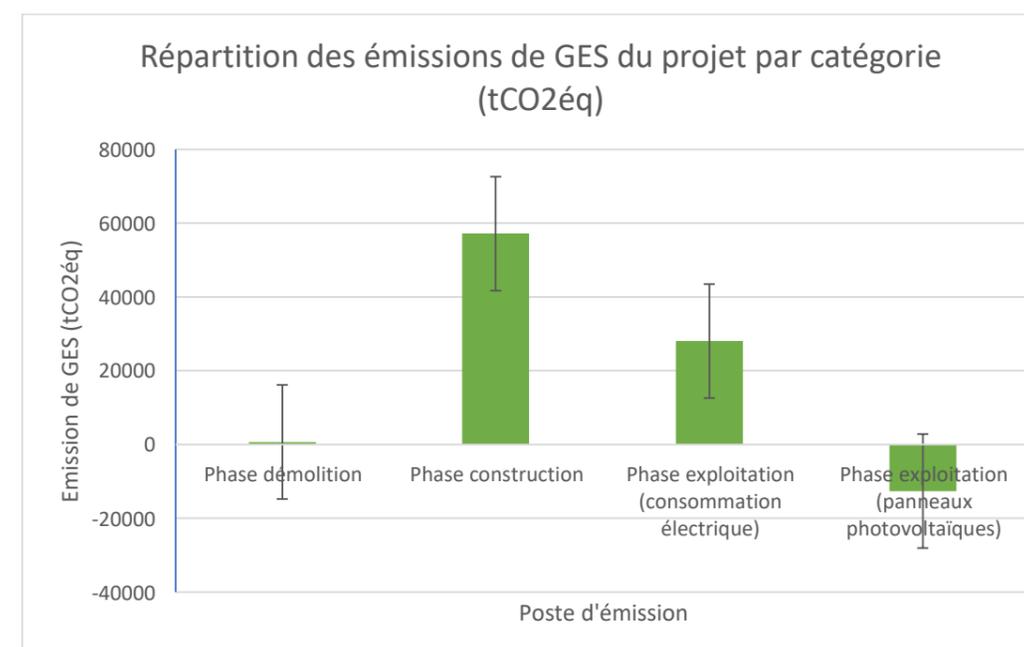
- la phase de démolition de l'existant génère 637 tCO₂éq ;
- la phase de construction génère 57 134 tCO₂éq ;
- la phase exploitation (consommation énergétique sur 50 ans) génère 28 020 tCO₂éq ;
- La phase exploitation (trafic routier sur 50 ans) génère 1 220 178 tCO₂éq.

Néanmoins, le report modal provoqué par le projet permet de réduire les émissions de GES du trafic routier de -49 128 tCO₂éq par rapport au scénario sans projet.

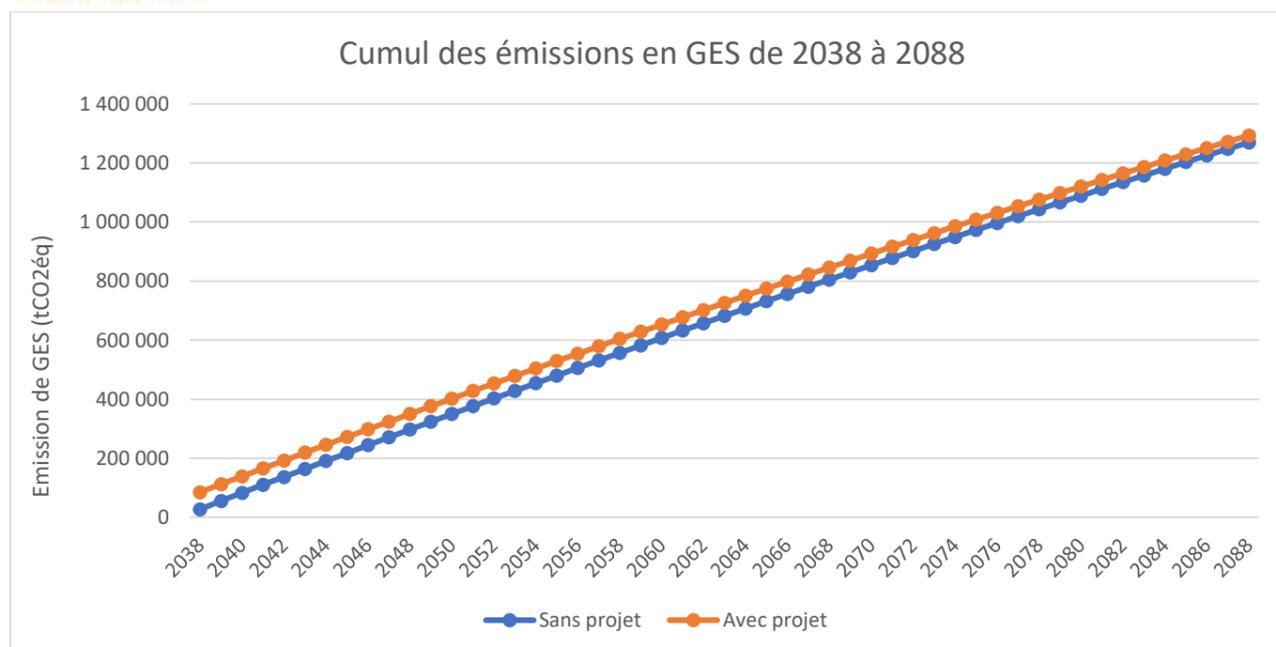
La production d'énergie des panneaux photovoltaïques permet de réduire les émissions de GES de -12 634 tCO₂éq.

Les émissions de GES pour chaque phase sont représentées sur la figure ci-dessous. Les émissions en lien avec le trafic routier ne sont pas présentées sur la figure car l'ordre de grandeur des émissions de ce poste est trop important par rapport à celles de la démolition, de la phase construction, et de la phase exploitation.

Le projet pourra faire l'objet d'un suivi du bilan carbone tout au long de sa conception et lors de sa construction.



La figure ci-après présente les émissions cumulées en GES du projet de BHNS de la Métropole Toulon Provence Méditerranée de 2038 à 2088.



Le bilan du cumul des émissions de GES entre 2038 et 2088 en situations sans projet et avec projet, fait apparaître que l'aménagement du BHNS génère 1 293 334 tCO₂éq, soit une augmentation de 2 % par rapport à la situation sans projet qui générerait 1 269 306 tCO₂éq. Cette augmentation est principalement causée par la construction des P+R et du SEMR qui représentent des surfaces d'aménagement importantes. Pour rappel, les facteurs d'émissions retenus pour le calcul des émissions de la phase construction des P+R et du SEMR sont majorants.

Néanmoins, l'écart entre les émissions de la situation avec projet et de la situation sans projet diminue au cours du temps notamment en lien avec le report modal et la production d'énergie des panneaux photovoltaïques qui permettent de réduire les émissions en GES en situation avec projet.

3.5 - Bilan et mesures ERC

- Bilan

Cinq leviers dans le cadre des transports sont identifiés dans la SNCB⁶ : la décarbonation de l'énergie consommée par les véhicules et l'adaptation des infrastructures associées, l'amélioration de la performance énergétique des véhicules, la maîtrise de la croissance de la demande, le report modal vers les modes les plus économes en énergie et les moins émetteurs, l'optimisation de l'utilisation des véhicules.

L'Autorité environnementale précise dans sa note relative à la prise en compte des émissions de gaz à effet de serre et du changement climatique (du 7 mars 2024) qu'il n'est pas évident de déterminer si un projet suit ou non la SNBC. En effet, pour analyser un projet par rapport à la trajectoire de réduction des émissions de gaz à effet de serre, notamment la neutralité carbone à l'horizon 2050, une déclinaison de la trajectoire à différentes échelles (géographiques, temporelles et thématiques) est nécessaire mais les différents travaux sur le sujet n'ont pas encore totalement abouti. Des outils sont en cours de développement pour faciliter la déclinaison de la SNBC dans les politiques territoriales. Le SGPE (Secrétariat général à la planification écologique) a ainsi mis en place fin 2023 un outil permettant de simuler une déclinaison au niveau régional.

⁶ Stratégie Nationale Bas Carbone

Sans attendre les déclinaisons de la trajectoire de réduction permettant d'apprécier si un projet, un plan ou un programme est compatible avec les objectifs, il convient d'appliquer la démarche éviter, réduire et compenser à l'ensemble des émissions générées par le projet, le plan ou le programme.

- Mesures

Dans le cadre d'une étude d'impact tout projet doit comporter des éléments sur les mesures prévues par le maître d'ouvrage pour :

- éviter les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine ;
- réduire les effets n'ayant pu être évités ;
- compenser les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu ni être évités ni suffisamment réduits.

Cette séquence éviter-réduire-compenser (ERC) permet de concevoir des projets de moindre impact environnemental.

Dans le cadre du projet du BHNS, voici quelques pistes pour la mise en place de mesures ERC :

- Prioriser l'utilisation de matériaux en réemploi ou de recyclage ;
- Optimiser l'organisation du chantier, l'utilisation des engins de chantier ;
- Réduction des émissions de GES dues au transport de matériaux en optant pour des modes de transports moins émetteurs et en limitant les distances d'approvisionnement.

Un bilan et des mesures ERC pourra être proposé ultérieurement, quand le projet sera plus avancé.

Annexes

Annexe 1 : Hypothèses sur la consommation électrique du BHNS en phase exploitation

Données d'entrée :

Consommation électrique du bus : 3.1 kWh/km

Nombre de km de ligne total : 62.4 km

Fréquence de bus heure pleine (HP) : 8 bus/h

Fréquence de bus heure creuse (HC) : 4 bus/h

HP/jour : 5h

HC/jour : 14.5 h

Calcul :

Calcul consommation électrique par jour en HP : $3.1 * 62.4 * 5 * 8 = 7\,738$ kWh/jour

Calcul consommation électrique par jour en HC : $3.1 * 62.4 * 14.5 * 4 = 11\,220$ kWh/jour

Résultat :

La somme du calcul est donc de 18 958 kWh/jour que je ramène à 50 ans soit $18\,958 * 50 * 300$ (hypothèse 300 jours par an en retirant les jours fériés et de repos) = 284 370 000 kWh sur les 50 ans.

Annexe 2 : Hypothèses sur la consommation énergétique des P+R et SEMR en phase exploitation

Les calculs ont été réalisés à partir de retours d'expérience sur des projets de BHNS d'Egis.

Données d'entrée :

P+R – SEMR Sainte Musse - Taille : 200 places

P+R – SEMR Sainte Musse - Surface SEMR : 7 837 m² – P+R : 14 158 m²

P+R Portes Ollioules et Toulon - 300 places

P+R - Espace Marine à la Seyne-sur-Mer - 300 places

P+R - La Pauline à la Garde - 600 places

Hypothèse retour d'expérience projet BHNS :

SMR consommation de 100 000 kWh/an pour une surface de 1 500 m² de bureaux et d'ateliers

P+R consommation de 1 345 930 kWh/an pour une surface de 35 000 m²

Calcul :

Sainte Musse - SEMR : $7\,837 / 1\,500 * 100\,000 = 522\,467$ kWh/an

Sainte Musse - P+R : $14\,158 / 35\,000 * 1\,345\,930 = 544\,448$ kWh/an

Portes Ollioules et Toulon – P+R : $500 / 200 * 544\,448 = 1\,361\,200$ kWh/an

Espace Marine à la Seyne-sur-Mer – P+R : $300 / 200 * 544\,448 = 816\,672$ kWh/an

La Pauline à la Garde – P+R : $600 / 200 * 544\,448 = 1\,633\,344$ kWh/an

Annexe 3 : Hypothèses sur la production d'énergie des panneaux photovoltaïques des P+R et SEMR en phase exploitation

Les calculs ont été réalisés à partir de retours d'expérience sur un projet de BHNS.

Données d'entrée :

P+R – SEMR Sainte Musse - Taille : 200 places

P+R – SEMR Sainte Musse - Surface panneaux solaire SEMR : 6 653 m² – P+R : 1 472 m²

P+R - Portes Ollioules et Toulon - 300 places

P+R - Espace Marine à la Seyne-sur-Mer - 300 places

P+R - La Pauline à la Garde - 600 places

Hypothèse retour d'expérience projet BHNS : production de 517 000 kWh/an pour une surface de 2 000 m²

Calcul :

Sainte Musse - SEMR : $6\,653 / 2\,000 * 517\,000 = 1\,719\,801$ kWh/an

Sainte Musse - P+R : $1\,472 / 2\,000 * 517\,000 = 380\,512$ kWh/an

Portes Ollioules et Toulon – P+R : $500 / 200 * 380\,512 = 951\,280$ kWh/an

Espace Marine à la Seyne-sur-Mer – P+R : $300 / 200 * 380\,512 = 570\,768$ kWh/an

La Pauline à la Garde – P+R : $600 / 200 * 380\,512 = 1\,141\,536$ kWh/an

Annexe 4 : Postes d'émissions et données d'activité considérées à ce stade

TABLEAU 11: TABLEAU RECAPITULATIF DE L'ENSEMBLE DES POSTES D'EMISSIONS, DONNEES D'ACTIVITES, ET HYPOTHESES D'EMISSIONS DE L'ETUDE

Poste d'émission	Donnée et unité	Facteur d'émission	Source du facteur d'émission	Hypothèse / Commentaires
DEMOLITION DE L'EXISTANT				
Linéaire de bordures à démolir	3247.3 t	Fin de vie moyenne - Béton	ADEME	La bordure 1ml pèse 70kg environ, 46 390 ml = 3250 T
Volume chaussée à démolir	22 825.5 m ³	Déconstruction de chaussée	EGIS	Chaussée 15 cm épaisseur
Volume trottoir à démolir	31 029 m ³	Déconstruction de chaussée	EGIS	Trottoir épaisseur 30 cm
Bâtiment à démolir	4 790 m ²	Démolition de bâtiment	EGIS	
Ouvrage d'art à démolir	2 110 m ²	Démolition d'ouvrage d'art	CEREMA	
CONSTRUCTION				
Changement d'affectation des sols				
Changement d'affectation des sols - Forêt vers sols imperméabilisés	0.1 ha	Forêt vers sols imperméabilisés	ADEME	

Changement d'affectation des sols - Prairie vers sols imperméabilisés	1 ha	Prairie vers sols imperméabilisés	ADEME	
Déblais	76 085 m ³	Excavation des déblais (terrains meubles)	EGIS	
Remblais	2500 m ³	Remblais	EGIS	
Transport des déblais - Distance vers décharge	1 141 275 m ³ .km	Transport des déblais - Transport routier hors site	EGIS	Transport routier. Distance 15 km vers décharge
Fourniture de matériaux d'apport (couche de forme)	64 410 m ³	Fourniture de matériaux d'apport - Granulats à partir de roches meubles	UNPG	
Voirie				
Chaussée bitume	147 346 m ²	Chaussée bitume-traffic moyen (50 à 150 PL/j/sens)	ADEME	
Trottoir bitume/Piste Cyclable	67 353 m ²	Piste cyclable	ADEME	
Linéaire des quais des stations	5 200m	Quai voie ferrée	EGIS	Quai largeur 5m
Hydraulique				
Linéaire de réseau EP (m)	9000 ml	Conduite en béton armé DN 400 - 500	INIES	
Bassin de rétention (m ³)	1 101 m ³	Bassin de stockage eau pluviale polypropylène	INIES	

SEMR Ste Musse				
Nouvelles constructions	7 837 m2	Bâtiment industriel/structure en béton	ADEME	FE bâtiment industriel béton - FE majorant
VRD raccordement	34 903 m2	Voirie/de type TC1/bitume	ADEME	
Talus	6 600 m3	Remblais	EGIS	FE Remblais [A1-A5]
Espaces verts	7 100 m2	Revêtement Gazon	EGIS	
Bassin de rétention	870 m2			
Recharges véhicules	72 u	Bornes de recharge Bus	REX projet BHNS	
Panneaux photovoltaïques	6 653 m2	Panneaux photovoltaïques	INIES	
P+R Ste Musse				
Nouvelles constructions	14 158 m2	Parking béton armé	ADEME	FE parking béton armé - FE majorant
Espaces verts	1 329 m2	Revêtement Gazon	EGIS	
Recharges véhicules	105 u	Bornes de recharge Bus	REX projet BHNS	
Panneaux photovoltaïques	1 472 m2	Panneaux photovoltaïques	INIES	
EXPLOITATION				
Consommation électrique du BHNS	282 870 000 kWh/jour sur 50 ans	Electricité	ADEME	
Consommation électrique du SEMR Sainte-Musse	522 467 kWh/an sur 50 ans	Electricité	ADEME	REX projet BHNS
Consommation électrique des P+R	4 355 583 kWh/an sur 50 ans	Electricité	ADEME	REX projet BHNS
Production énergie des panneaux photovoltaïques	4 763 897 kWh/an sur 50 ans	Electricité	ADEME	REX projet BHNS
Trafic routier		Voir éléments chapitre 2.2.1		

