



Isère Aménagement (Groupe ELEGIA)

**Projet de renouvellement urbain de la
ZAC des Minotiers au Pont-de-Claix (38)**

BILAN D'ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

Rapport d'EODD Ingénieurs Conseils

08/12/2022

ISÈRE Aménagement (Groupe ELEGIA)

Bilan d'Émissions de Gaz à Effet de Serre

IDENTIFICATION		MAITRISE DE LA QUALITE		
		Responsable de projet	Supervision	Libération
N° Contrat	P00306.01	I. MARCELLE	R. BOSSARD	R. BOSSARD
Nb de pages (hors annexes)	68	Rédacteur principal du rapport		
Nb d'annexes	2	I. MARCELLE / L. DECHESNE		
Indice	1	12/10/2022	Création du document	
	2	08/12/2022	Mise à jour du document	

Vos contacts et interlocuteurs pour le suivi de ce dossier :



Centre Léon Blum
✉ : 171-173 Rue Léon Blum
69100 VILLEURBANNE

☎ : 04.72.76.06.90

📠 : 04.72.76.06.99

Responsable de projet :

I.MARCELLE

i.marcelle@eodd.fr

Directeur métier :

JF.NAU

jf.nau@eodd.fr

www.eodd.fr

SOMMAIRE

1	SYNTHÈSE	4
2	CONTEXTE ET OBJECTIFS	5
2.1	ENGAGEMENTS POLITIQUES EN FAVEUR DU CLIMAT	5
2.2	AMÉNAGEMENT URBAIN : DE QUOI PARLE-T-ON ?	5
2.3	CONTEXTE : LA ZAC DES MINOTIERS	5
2.4	PRÉSENTATION DU PROJET	7
2.5	PRÉSENTATION DES SCÉNARIOS D'ÉTUDE ET DES MESURES CONSIDÉRÉES	8
3	MÉTHODOLOGIE	10
3.1	DÉFINITIONS DES NOTIONS CLÉS	10
3.2	POSTES D'ÉMISSIONS RETENUS	11
3.3	PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA MÉTHODE	12
3.3	QUE REPRÉSENTE 1 TONNE DE CO ₂ ?	12
3.4	CAS DU CO ₂ « BIOGÉNIQUE » DANS LES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS	13
3.5	FACTEURS D'ÉMISSIONS (FE) UTILISÉS	14
3.6	DONNÉES D'ENTRÉE ET HYPOTHÈSES DE CALCUL	16
3.6.1	<i>Données communes à plusieurs postes</i>	16
3.6.2	<i>Poste 1 - Emissions en phase construction des bâtiments</i>	19
3.6.3	<i>Poste 2 - Emissions en phase démolition des bâtiments</i>	20
3.6.4	<i>Poste 3 - Poids carbone des matériaux de construction des bâtiments</i>	21
3.6.5	<i>Poste 4 - Poids carbone des matériaux de revêtements de sols</i>	23
3.6.6	<i>Poste 5 - Emissions liées aux consommations énergétiques en phase exploitation</i>	25
3.6.7	<i>Postes 6 et 7 - Déplacements quotidiens : émissions liées au trafic pour les trajets domicile-travail</i>	28
3.6.8	<i>Poste 8 - Emissions liées aux déchets générés par la démolition des bâtiments</i>	30
3.6.9	<i>Poste 9 – Déplacement de la halte ferroviaire</i>	31
3.6.10	<i>Emissions évitées</i>	33
3.6.10.1	Production EnR	33
3.6.10.2	Stockage de carbone dans le sol	34
3.6.10.3	Stockage de carbone dans les matériaux biosourcés	36
3.6.10.4	Déchets valorisés issus de la démolition	38
4	RÉSULTATS : EMISSIONS TOTALES	39
5	LIMITES DE L'ÉTUDE	44
6	ANNEXE 01 – RÉSULTATS DÉTAILLÉS DES QUATRE SCÉNARIOS	45
7	ANNEXE 02 – ACV DE LA HALTE FERROVIAIRE DÉPLACÉE	46

1 SYNTHÈSE

Le présent document propose un bilan des Gaz à Effet de Serre (GES) du projet d'aménagement (résidentiel, industriel et tertiaire) de la ZAC des Minotiers au Pont-de-Claix (38). Le principe de ce bilan est de sommer les estimations des émissions de GES selon les postes considérés. L'utilisation de « facteurs d'émissions » de référence permet de convertir des données connues ou évaluées (par exemple des flux de trafic routier) en émissions de GES.

Les catégories retenues concernent aussi bien les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) directes liées aux sources de combustion que celles, indirectes, liées aux émissions issues de la consommation d'électricité et de chaleur, les émissions issues du chantier et des démolitions, du transport des employés (trajets domicile-travail), et les émissions évitées grâce aux caractéristiques techniques du projet (énergies renouvelables), du stockage du carbone dans le sol grâce à des sols perméables et dans le choix des matériaux biosourcés.

Par rapport à la situation initiale (2016), le projet d'aménagement de la ZAC des Minotiers émet davantage d'émissions de GES. Cependant, le recours à de la **production électrique photovoltaïque sur site permet l'évitement de 158 t CO_{2e}/an** et le **recours au réseau de chaleur urbain 100 % EnR permet l'évitement de 1 888 t CO_{2e}/an** par rapport à des consommations équivalentes sur le réseau. De plus, **les mesures prévues** pour le projet permettent de limiter les émissions en augmentant la **capacité de stockage carbone du sol**, grâce à l'usage de **matériaux biosourcés (évitement de 134 t CO_{2e}/an)**, à la mise en œuvre de **sols perméables (évitement de 13,6 tCO_{2e}/an)**, et en favorisant le recours aux **transports en commun (évitement de – 362 tCO_{2e}/an)**. Cela permet globalement de **réduire les émissions de 561 tCO_{2e}/an** par rapport à un scénario projet sans mesures, soit **6 % de réduction des émissions de GES**.

- Le bilan d'émissions du scénario initial 2016 est estimé à +1 926 tCO_{2e}/an au global (pour +1 937 tCO_{2e}/an émises).
- Le bilan d'émissions du scénario projet sans mesures 2038 est estimé à +3 873 tCO_{2e}/an au global (pour +11 994 tCO_{2e}/an émises), soit +101 % par rapport à l'état initial.
- Le bilan d'émissions du scénario projet avec mesures 2038 est estimé à +3 639 tCO_{2e}/an au global (pour +11 200 tCO_{2e}/an émises), soit +89 % par rapport à l'état initial.

Le projet d'aménagement avec mesures de la ZAC des Minotiers au Pont-de-Claix émettra moins de GES que la mise en place du projet sans mesures associées.

Enfin le projet correspond à une **réhabilitation de friches** dans l'enveloppe urbaine moins émissif en GES qu'un projet qui aurait été produit en extension urbaine nécessitant des consommations de sols agricoles ou naturelles et des déplacements pendulaires plus importants.

De plus, pour une augmentation de +151% de surfaces de bâtiments par rapport à l'état initial, le projet avec mesures n'augmente ses émissions que de +89 %, alors que la typologie de bâtiments et d'usages change (quartier à dominante d'activité qui devient un quartier de logement) donc l'opération réalise une **optimisation des émissions en plus d'une densification urbaine**. Rapportées aux m² bâtis, les émissions du projet sont **25% inférieures** à celles de l'état initial.

2 CONTEXTE ET OBJECTIFS

2.1 ENGAGEMENTS POLITIQUES EN FAVEUR DU CLIMAT

L'Accord de Paris vise à limiter le réchauffement climatique à 2°C d'ici la fin du siècle par rapport à l'ère préindustrielle. Cela implique de réduire les émissions mondiales de Gaz à Effet de Serre (GES) de 40 % en 2030 à 70 % en 2050 par rapport à 2010, et d'atteindre des niveaux d'émission proches de zéro en 2100. La France s'est engagée, avec la Stratégie Nationale Bas-Carbone, à réduire de 75 % ses émissions de GES à l'horizon 2050 par rapport à 1990 (Facteur 4).

Par ailleurs, l'Union européenne, au travers de son « Paquet Climat », a relevé l'ambition européenne de baisse des émissions de 40 % à 55 % d'ici à 2030, par rapport à 2010.

La Société Publique Locale (SPL) Isère Aménagement, société spécialiste de la commande publique dans le secteur de la construction et de l'aménagement des territoires, fait partie du Groupement d'Intérêt Économique (GIE) ELEGIA. Ce dernier s'engage sur la réalisation d'aménagements et de constructions durables répondant aux exigences environnementales les plus élevées.

2.2 AMÉNAGEMENT URBAIN : DE QUOI PARLE-T-ON ?

Tout projet d'aménagement urbain engendre des émissions de GES, selon les différentes étapes de son cycle de vie. Les émissions en phase exploitation directes (émissions issues des sources fixes de combustion comme les systèmes de chauffage par exemple) et indirectes (émissions indirectes liées à la consommation d'électricité, aux déplacements engendrés pour se rendre sur le nouveau site créé, etc.) sont les plus évidentes, mais elles ne se résument pas à cette phase.

En effet, la phase chantier en elle-même est responsable d'une certaine quantité d'émission de GES directes (utilisation d'engins sur le site) ou indirectes (poids carbone des matériaux produits et utilisés pour la construction et les installations, déplacements domicile-travail des salariés, etc.), et la phase post-exploitation également (traitement des déchets, travaux de démantèlement sur le site).

Néanmoins, selon la conception du projet d'aménagement et des choix adoptés ; une certaine quantité d'émissions peut être évitée, en ayant recours aux énergies renouvelables ou en axant l'accessibilité du site sur les transports en commun et les modes doux par exemple. Il est également possible de favoriser le stockage de carbone, notamment en limitant l'imperméabilisation des sols au profit de zones de pleine terre végétalisées (les végétaux agissent comme des puits de carbone grâce à l'absorption du CO₂ dans le processus de la photosynthèse) ou encore en intégrant une certaine quantité de matériaux biosourcés (bois, paille, textiles recyclés, etc.) dans les constructions.

2.3 CONTEXTE : LA ZAC DES MINOTIERS

Source(s) : Étude d'impact de la ZAC des Minotiers mise à jour – EODD 2022

La SPL **Isère Aménagement** porte un projet de renouvellement urbain de la ZAC des Minotiers. Située au nord de la commune de Pont-de-Claix, la ZAC des Minotiers s'organise autour de l'Avenue Charles de Gaulle qui traverse le site d'Est en Ouest, autour du Cours Saint-André et de la voie ferrée dans sa partie Ouest, puis présente une avancée vers le sud jusqu'à la rue Lavoisier, le long de la rue de la Fraternité.

Même si la programmation urbaine de la ZAC des Minotiers a évolué, son périmètre est resté inchangé depuis le dépôt de l'étude d'impact relative au projet en novembre 2016.

Le périmètre d'étude considéré est ainsi celui des activités qui ont lieu sur la ZAC des Minotiers, ainsi que les activités « indirectes » comme les trajets domicile-travail des salariés des entreprises implantées sur le site.

La MRAE a délivré un avis (n°2022-40) dans le cadre de l'actualisation de l'étude d'impact de la ZAC des minotiers sur la commune de Pont-de-Claix (38) en date du 21 juillet 2022, pour le déplacement d'une halte voyageurs ferroviaire. Parmi les six points principaux émis dans le premier avis, l'un porte sur la thématique de lutte contre les Gaz à Effet de Serre (GES) :

« L'AE recommande de présenter, à l'occasion de la prochaine actualisation de l'étude d'impact de la ZAC pour une demande de déclaration d'utilité publique, un bilan des émissions de gaz à effet de serre prenant en compte l'ensemble des éléments de la ZAC et distinguant les émissions générées de celles qui seront évitées. ». Par ailleurs, l'actualisation de l'étude d'Impact dans le cadre de la DUP fera l'objet d'un avis de IGEDD (Inspection générale de l'Environnement et du Développement durable).

2.4 PRÉSENTATION DU PROJET

Source : Étude d'impact du projet de la ZAC des Minotiers mise à jour – EODD 2022

Caractérisée par la présence de plusieurs axes routiers et d'une extension de ligne de tramway, le projet de renouvellement urbain a eu pour objectif de proposer **une ville plus apaisée**, faisant place à une trame viaire optimisée, et une trame urbaine praticable en modes doux et faisant place aux espaces publics partagés. Le site présente une diversité **morphologique intéressante et singulière**. Le tissu actuel accepte l'intégration de fonctions diverses, qui cohabitent sereinement : une **activité artisanale**, avec ses contraintes de livraisons et d'aires adaptées, s'insère dans le **tissu pavillonnaire** plus ordinaire. Les échelles contrastées du bâti coexistent et permettent de fabriquer une ville active où les entreprises et les habitants se partagent un espace public qui n'est pas nécessairement prédéfini ou prédestiné.

Marqué par la présence de contraintes majeures associées aux risques technologiques (PPRT associé au risque industriel de la plateforme chimique du Pont-de-Claix, servitudes de risque autour des canalisations de transports de matières dangereuses), aux nuisances sonores (cours Saint-André, avenue Charles de Gaulle, à la voie ferrée avec le terminus de la ligne A de tramway et à la présence de pollution des sols (ancien site Alstom, Alp'imprim, etc.), le projet urbain a dû s'adapter pour proposer un plan d'aménagement raisonné, soucieux des enjeux sanitaires et de la qualité de vie des usagers futurs, pour une **ville pragmatique et confortable**.

La diversité d'usages et des bâtis a nourri l'émergence d'un projet de renouvellement urbain mixte, mixité des programmes et mixité typologique, une **ville mixte** où l'espace public s'impose comme le vecteur fédérateur du projet d'ensemble.

S'adaptant aux évolutions de pratiques urbaines actuelles, le projet propose enfin de tendre vers une **ville mutable et réactive** : permettant la densification progressive des bâtiments ou des îlots, l'évolution des usages et des structures familiales ; puis permettant une gestion optimisée et répartie du stationnement, répondant aux besoins d'aujourd'hui tout en accompagnant la démotorisation de demain (création d'un pôle multimodal avec l'extension de la ligne A de Tramway et le déplacement de la halte ferroviaire), et préservant l'espace public.

Plus précisément, les objectifs du projet en termes d'aménagement sont de :

- **renforcer le positionnement et le rôle du Pont-de-Claix comme pôle d'attractivité au Sud de la Métropole**, à partir notamment de lignes de transports en commun structurantes et d'équipements publics à rayonnement intercommunal ;
- **répondre à la demande croissante au Pont-de-Claix et à l'échelle de la métropole, par une offre de logements abordable et diversifiée** (collectifs, intermédiaires et individuels) en poursuivant des **objectifs de mixité sociale** (maintien de la part du logement social à son niveau actuel soit 30 %) ;
- **requalifier l'entrée nord de la ville** en investissant les espaces mutables à forte visibilité de part et d'autre du cours Saint André afin de permettre l'émergence de signaux urbains forts incarnant le renouveau de la ville du Pont-de-Claix ;
- **accompagner l'émergence d'une nouvelle centralité au nord de la commune** qui s'étend sur plus de 20 ha, complémentaire au centre-ville, représentant un potentiel de plus de 2000 logements soit plus de 20 ans de développement. Cette opération dont la programmation sera mixte (habitats, commerces, activités tertiaires) est à articuler avec la création de la cité des arts et des sciences, le prolongement de la ligne de tramway A et la création du pôle d'échange multimodal,
- **favoriser l'ouverture et l'ancrage urbain du secteur Grand Galet** par le développement et le maillage des espaces publics ;
- **intégrer les risques et les nuisances dans la conception du projet** (nuisances sonores, canalisation d'éthylène le long de la voie ferrée, ligne moyenne tension, Plan de Prévention des Risques Technologiques).

2.5 PRÉSENTATION DES SCÉNARIOS D'ÉTUDE ET DES MESURES CONSIDÉRÉES

La présente étude retient quatre scénarios et deux zooms projet, définis comme suit :

- **État initial (2016)** : il s'agit des émissions imputables à la situation initial du site, avant que les constructions ne débutent ;
- **Zoom projet (2022)** : il s'agit de la situation du site en l'état actuel, avec les constructions en cours. Un zoom de la situation du site à cette période sera effectué pour les postes d'émissions concernés. Ce zoom correspond à la fin des derniers travaux d'aménagement prévue pour le troisième trimestre 2024 (temps 0 du projet achevé), sans mise en place de mesures d'atténuation particulières ;
- **Zoom projet (2026)** : il s'agit de la situation du site à l'horizon 2026, lorsqu'environ la moitié des constructions prévues seront achevées. Un zoom de la situation du site à cette période sera effectué pour les postes d'émissions concernés. Ce zoom correspond à la fin des derniers travaux d'aménagement prévue pour le premier trimestre 2026 (temps 1 du projet achevé), sans mise en place de mesures d'atténuation particulières ;
- **État projet (2038)** : il s'agit de la situation du site une fois le projet achevé (fin des derniers travaux d'aménagement prévue pour le premier trimestre 2038), sans mise en place de mesures d'atténuation particulières. Les émissions engendrées par le déplacement de la halte ferroviaire sont intégrées dans ce scénario ;

- **État projet avec mesures (2038)** : il s'agit de la situation du site une fois le projet achevé, couplé à la mise en place de mesures spécifiques aux émissions de GES suivantes
 - **mesures sur le chantier** : estimation de la part des émissions directes des sources d'engins en phase chantier à 5 %, contre 6 % pour les autres scénarios ;
 - **mesures sur la mobilité** : profiter de l'emplacement bien desservi par les transports en commun et optimiser son accessibilité pour favoriser le report modal de la voiture vers les transports collectifs ;
 - **mesures sur les déchets** : optimisation de 10 % du tonnage totale de déchets générés lors de la démolition, diminuant ainsi les émissions directes des sources mobiles des engins lors de la phase chantier ;
 - **mesures sur le déplacement de la halte ferroviaire** : privilégier des matériaux moins émetteurs en carbone pour les fondations et les revêtements notamment ;
 - **mesures sur le recours aux EnR** : mettre en place des panneaux photovoltaïques et la desserte du réseau de chaleur à certains bâtiments du quartier pour couvrir une partie des besoins énergétiques ;
 - **mesures sur les revêtements de sols** : prioriser les sols perméables et semi-perméables, stockant davantage de carbone que les sols imperméables ;
 - **mesures sur les matériaux biosourcés** : privilégier l'utilisation de matériaux biosourcés dans les bâtiments ;
- **Fil de l'eau (2038)** : il s'agit de la situation du site à l'état initial, c'est-à-dire en ne considérant pas de nouvelles construction et démolition de bâtiments, mais prenant en compte des optimisations liées à l'énergie des processus ou aux mobilités (parc de véhicules plus performant).

3 MÉTHODOLOGIE

3.1 DÉFINITIONS DES NOTIONS CLÉS

Puits de carbone : réservoir (naturel ou artificiel) qui absorbe et stocke une quantité significative de dioxyde de carbone (CO₂) afin d'en limiter la concentration dans l'atmosphère. Il peut s'agir par exemple de végétation, des océans, de matériaux biosourcés ou des sols. La séquestration du carbone désigne les processus extrayant le carbone ou le CO₂ de l'atmosphère et le stockant dans un puits de carbone. À l'inverse, on parle d'émission de GES lorsque le puits de carbone est en relargue.

Gaz à Effet des Serre (GES) : constituant gazeux de l'atmosphère naturel ou anthropogène, qui absorbe et émet le rayonnement d'une longueur d'onde spécifique du spectre du rayonnement infrarouge émis par la surface de la Terre, l'atmosphère et les nuages. Ce constituant peut être émis de différentes manières, naturelle (exemple : volcanisme) ou bien d'origine humaine (exemple : la combustion de produits pétroliers, provenant du carbone accumulé dans le sous-sol, qui libère notamment du dioxyde de carbone ou CO₂).

Les gaz à effet de serre considérés sont ceux énumérés par l'arrêté du 25 janvier 2016 relatif aux gaz à effet de serre couverts par les bilans d'émission de gaz à effet de serre et les plans climat-air-énergie territoriaux, à savoir : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O) ainsi que des gaz fluorés (HFC, PFC, SF₆, NF₃).

Bilan d'émissions de GES : évaluation du volume total de GES émis dans l'atmosphère sur une année par les activités de la personne morale sur le territoire national, et exprimé en tonnes de dioxyde de carbone équivalent.

Équivalent dioxyde de carbone (équivalent CO₂ ou « CO₂e ») : unité utilisée pour comparer les émissions de divers gaz à effet de serre, en convertissant leurs quantités émises en la quantité équivalente de CO₂ ayant le même Potentiel de Réchauffement Global (PRG).

Potentiel de réchauffement global (PRG) : terme utilisé pour décrire la puissance relative d'un gaz à effet de serre en tenant compte de la durée de temps pendant laquelle il restera actif dans l'atmosphère. Les PRG actuellement utilisés sont calculés sur 100 ans. Pour le dioxyde de carbone, considéré comme le gaz de référence, il lui est attribué un PRG égal à 1 pour 100 ans.

Périmètre temporel : le calcul des émissions de GES d'un projet doit se faire sur l'ensemble de sa durée de vie, prenant en compte les phases de construction, exploitation et fin de vie.

Postes d'émissions : plusieurs catégories d'émissions sont distinguées, listées ci-dessous, dénommées « scope » dans certains référentiels. Elles ne s'appuient pas sur la nomenclature classique des bilans GES (émissions directes, indirectes liées à l'énergie, autres indirectes...) car il n'a pas été jugé que ce soit le plus pertinent dans le cas d'un bilan GES de projet d'un aménagement de quartier.

3.2 POSTES D'ÉMISSIONS RETENUS

En conformité avec le guide méthodologique « *Prise en compte des émissions de gaz à effet de serre dans les études d'impact* » de février 2022 du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (MTES), n'ont été retenus que les postes d'émissions jugés « significatifs » :

« Les critères d'un poste significatif, dont l'identification relève de la responsabilité du porteur de projet, peuvent être définis notamment au regard (non exhaustif) :

- de la contribution du poste vis à vis des émissions globales du projet ;
- de son importance stratégique (image, relations avec les parties prenantes telles que les fournisseurs ou les investisseurs, etc.) ;
- de son exposition aux risques (variation du coût des énergies fossiles, réglementation contraignante, chaîne d'approvisionnement, etc.)... »

Les postes d'émission exclus de la présente étude l'ont été par absence de données disponibles ou délibérément, en s'appuyant sur la bibliographie et l'expérience d'EODD, devant les ordres de grandeur des autres postes.

Finalement, les postes d'émission retenus sont les suivants :

- **Chantier : émissions de GES de sources mobiles des engins**
 1. Émissions directes des sources mobiles des engins en phase construction ;
 2. Émissions directes des sources mobiles des engins en phase démolition.
- **Matériaux : émissions de GES de sources de gaz à effet de serre, fixes et mobiles**
 3. Poids carbone des matériaux utilisés pour les bâtiments neufs ;
 4. Poids carbone des matériaux utilisés pour les revêtements de sols des espaces publics.
- **Consommations énergétiques : émissions de GES provenant de la production de l'électricité, de la chaleur ou de la vapeur importée et consommée en phase exploitation**
 5. Émissions liées à la consommation d'énergie en phase exploitation.
- **Déplacements : émissions de GES liées au trafic pour le trajet domicile-travail**
 6. Émissions liées aux déplacements quotidiens (domicile-travail des personnes extérieures au quartier) ;
 7. Émissions liées aux déplacements quotidiens (domicile-travail des personnes habitant le quartier).
- **Démolition : émissions de GES provenant de la démolition et de la collecte des déchets de chantier**
 8. Émissions liées aux déchets et au traitement des déchets générés en phase démolition.
- **Halte ferroviaire : émissions générées par le déplacement de la halte ferroviaire**
 9. Émissions au long du cycle de vie de l'infrastructure.
- **Émissions négatives : correspond à la séquestration de GES ou encore à des GES qu'une action vertueuse permet « d'éviter » par comparaison avec une action plus commune**
 10. Émissions évitées liées à la production d'EnR ;
 11. Émissions liées au stockage carbone dans le sol ;
 12. Émissions liées au stockage carbone dans les matériaux biosourcés ;
 13. Émissions liées à la phase chantier et à la valorisation des déchets de démolition.

3.3 PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA MÉTHODE

La présente étude s'appuie sur le guide méthodologique « *Prise en compte des émissions de gaz à effet de serre dans les études d'impact* » de février 2022 du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (MTES). Ce guide a pour objectif de fournir une approche méthodologique pour évaluer l'incidence des projets sur les émissions de GES dans les études d'impact, et ainsi concevoir des projets s'inscrivant dans le respect de la trajectoire de diminution des émissions de GES définie par la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC).

Afin de répondre aux objectifs climatiques fixés par la réglementation nationale, les recommandations apportées dans ce guide s'appliquent à tous les projets. Selon cette méthode, il convient d'argumenter et de justifier l'appréciation et la significativité des incidences du projet en termes d'émissions de GES, sous le contrôle de l'autorité environnementale.

Les postes d'émissions significatifs doivent être quantifiés et mis en perspective au regard du volume total estimé des émissions du projet et des objectifs de réduction d'émissions de GES du territoire de la métropole de Grenoble. Aussi, des mesures d'évitement, de réduction, ou à défaut de compensation (ERC) devront être mises en œuvre.

Outre ce guide méthodologique, la réalisation du bilan de Gaz à Effet de Serre s'appuie sur les **critères de qualité, de pertinence, de complétude, de cohérence, d'exactitude et de transparence** tel que proposés par la norme ISO 14064-1, et en conformité avec la méthode de réalisation des bilans prévus aux points 1° et 2° du paragraphe I de l'article L.229-25 du Code de l'Environnement.

Les gaz à effet de serre pris en compte dans le bilan sont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O), les hydrofluorocarbures (HFC), les hydrocarbures perfluorés (PFC), l'hexafluorure de soufre (SF₆) et le trifluorure d'azote (NF₃). Les émissions sont comptabilisées à un horizon de 100 ans.

Le bilan, qui n'a pas de raison d'être réglementairement parlant, a vocation à contribuer à la mise en œuvre de la stratégie de réduction des émissions de gaz à effet de serre de la maîtrise d'ouvrage.

3.3 QUE REPRÉSENTE 1 TONNE DE CO₂ ?

L'indicateur « tonne de CO₂ équivalent » défini plus haut est utilisé quand on évoque le changement climatique et particulièrement les émissions de GES.

Un Français émet en moyenne 12 tonnes d'équivalent CO₂ par an. Pour éviter que l'augmentation des températures ne dépasse les 2°C d'ici 2050 et tendre vers les objectifs climatiques fixés par la réglementation nationale, chaque habitant de la planète ne devrait pas émettre plus de 1,6 à 2,8 tonnes de CO₂ par an !

Pour donner des ordres de grandeur, 1 tonne de CO_{2e} correspond à, soit :

- 500 m³ de gaz (chauffe un appartement de 50 m² moyennement isolé) ou 380 litres de mazout ;
- 1 aller-retour Paris-New York en avion ;
- 190 allers-retours Paris-Bordeaux en train ;
- 14 000 km avec une Twingo en ville ;
- 4 300 kWh d'électricité ;
- 1,8 tonne de papier ;
- 1 m² de construction d'un bâtiment sur l'ensemble de son cycle de vie.

3.4 CAS DU CO₂ « BIOGÉNIQUE » DANS LES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS

Le développement de tout végétal est lié au phénomène de la photosynthèse, qui induit la création de dioxygène, réémis dans l'atmosphère, mais aussi la formation de glucose (C₆H₁₂O₆), qui va permettre à la plante d'opérer sa croissance. Le carbone présent dans ce composé fait partie intégrante de la plante. **Ce carbone dit « biogénique », et noté « CO_{2b} », est donc le carbone constitutif du végétal**, provenant du processus de photosynthèse à partir du CO₂ présent dans l'air.

Le carbone biogénique est lié à un cycle court, c'est pourquoi on ne considère pas que les produits pétro-sourcés, pourtant issus de matières premières végétales mais sur des cycles très longs (le pétrole résulte de la dégradation thermique de matières organiques, sur des millions d'années), contiennent du carbone biogénique.

Du fait de ce prélèvement initial de CO₂ dans l'atmosphère, les végétaux contribuent à la diminution du « stock total » de gaz à effet de serre (GES), et présentent ainsi un bénéfice sur le changement climatique. On dit qu'ils représentent un puit carbone.

Les matériaux biosourcés sont issus de la matière organique renouvelable (biomasse), d'origine végétale ou animale. Ils peuvent être utilisés comme matière première dans des produits de construction et de décoration, de mobilier fixe et comme **matériau de construction dans un bâtiment**. La nature de ces matériaux est multiple : bois, chanvre, paille, ouate de cellulose, textiles recyclés, balles de céréales, miscanthus, liège, lin, chaume, herbe de prairie, etc. Leurs applications le sont tout autant dans le domaine du bâtiment et de la construction : structure, isolants, mortiers et bétons, matériaux composites plastiques ou encore dans la chimie du bâtiment (peinture, colles...).

De façon schématique, le **cycle de vie d'un produit de construction biosourcé** est le suivant :



Figure 3 : Cycle de vie d'un produit biosourcé (source : Build Green)

Il existe trois façons de considérer le carbone biogénique dans le cycle de vie :

- « **Carbon neutral** » : on ne comptabilise ni sa séquestration ni son émission en fin de vie ;
- « **Comptabilisation totale** » : sur tout le cycle de vie, méthode très complexe et très critiquable ;

- « **Carbon storage** » : partir du produit fini et de la quantité de biosourcé contenue, et en déduire la quantité de carbone biogénique, et donc la quantité de CO₂éq. Séquestré (affecté à l'étape d'approvisionnement en matières premières) des Fiches de Déclaration Environnementales et Sanitaires (FDES) des matériaux. En fin de vie, les quantités de carbone biogénique émises vont dépendre des scénarios de fin de vie retenus (usage possible de valeurs moyennes).
- ➔ **Dans la présente étude, et selon la pratique courante dans les Analyse de Cycle de Vie (ACV) du bâtiment (méthode « Carbon storage »), le CO₂b est donc pris en compte pour la séquestration des émissions lors de l'usage de matériaux biosourcés dans la construction.**

3.5 FACTEURS D'ÉMISSIONS (FE) UTILISÉS

Les facteurs d'émissions (FE) utilisés sont tirés principalement de la « **Base Carbone** », administrée par l'ADEME¹. Les données utilisées ont été extraites de la Base V20.2. Cette base regroupe des données publiques de facteurs d'émissions à destination des exercices de comptabilité des émissions de GES que requièrent les réglementations suivantes : article L229-25 du Code de l'Environnement, article L1431-3 du Code des Transports et la directive européenne EU-ETS. Les données de la Base Carbone proviennent de plusieurs sources, mais elles sont homogénéisées et la documentation disponible en ligne en détaille les hypothèses de manière transparente.

Les facteurs sont donnés selon les catégories définies plus haut et sont donc des données fiables pour une utilisation selon la méthode qui répond à la réglementation. Ceux utilisés dans la présente étude sont détaillés ci-dessous.

Certains facteurs d'émissions ont été affinés selon l'expertise d'EODD, notamment pour les projections en 2038, afin de tenir compte des évolutions tendancielle les influant (parcs automobiles par exemple). Les facteurs d'émission des véhicules routiers comprennent la combustion et la part amont de fabrication du carburant.

Pour rappel, la conversion de l'équivalent Carbone en équivalent CO₂ se fait via un facteur 44/12.

Catégorie	Facteur d'émission
Construction (dont consommation d'eau) : logements collectifs 2022	72 kgCO ₂ e/m ² .50ans
Construction (dont consommation d'eau) : logements collectifs et individuels 2038	64 kgCO ₂ e/m ² .50ans
Construction (dont consommation d'eau) : logements individuels 2022	68 kgCO ₂ e/m ² .50ans
Construction (dont consommation d'eau) : tertiaire 2022	79 kgCO ₂ e/m ² .50ans
Construction (dont consommation d'eau) : tertiaire 2038	75 kgCO ₂ e/m ² .50ans
Démolition : Mise à disposition d'eau potable au robinet (INIES 5553)	0,235 kgCO ₂ e/m ³
Démolition : Assainissement collectif des eaux usées domestiques (INIES 5550)	0,36 kgCO ₂ e/m ³
Démolition : Transport par camion benne (INIES 5555)	0,17 kgCO ₂ e/t.km
Démolition : Traitement des déchets inertes par enfouissement [E+C-] (INIES 5548)	0,005 kgCO ₂ e/kg
Démolition : Gazole pour engins mobiles de chantier non routiers (INIES 5554)	3,37 kgCO ₂ e/L
Démolition : Électricité autres usages dans un bâtiment tertiaire (INIES 5524)	0,066 kgCO ₂ e/kWh
Consommation d'électricité sur réseau (émissions indirectes)	0,0599 kg CO ₂ e / kWhEP
Consommation de chaleur sur le RCU 2016 et fil de l'eau (émissions indirectes)	0,152 kgCO ₂ e/kWhEP
Consommation de chaleur sur le RCU 2022 (émissions indirectes)	0,105 kgCO ₂ e/kWhEP

¹ <http://www.bilans-ges.ademe.fr/>

Catégorie	Facteur d'émission
Consommation de chaleur sur le RCU 2026 (émissions indirectes)	0,070 kgCO ₂ e/kWhEP
Consommation de chaleur sur le RCU 2038 (émissions indirectes)	0,050 kgCO ₂ e/kWhEP
Transport routier : véhicules particuliers 2016 (motorisation moyenne sur base parc français CGDD)	0,194 kgCO ₂ e/veh.km
Transport routier : véhicules particuliers 2022 (motorisation moyenne sur base parc français CGDD)	0,192 kgCO ₂ e/veh.km
Transport routier : véhicules particuliers 2026 (motorisation moyenne sur base parc français CGDD)	0,187 kgCO ₂ e/veh.km
Transport routier : véhicules particuliers 2038 et fil de l'eau (motorisation moyenne sur base parc français CGDD)	0,085 kgCO ₂ e/veh.km
Transport routier : transports en commun 2016	0,129 kgCO ₂ e/veh.km
Transport routier : transports en commun 2022	0,128 kgCO ₂ e/veh.km
Transport routier : transports en commun 2026	0,126 kgCO ₂ e/veh.km
Transport routier : transports en commun 2038 et fil de l'eau	0,074 kgCO ₂ e/veh.km
Matériaux : construction des logements collectifs 2016	2 306 kgCO ₂ e/m ² .50ans
Matériaux : construction des logements collectifs 2022 et 2026	729 kgCO ₂ e/m ² .50ans
Matériaux : construction des logements collectifs 2038	681 kgCO ₂ e/m ² .50ans
Matériaux : revêtements des sols : lié bitumineux enrobé « classique »	23,2 kgCO ₂ e
Matériaux : revêtements des sols : modulaire pavé/dalle béton d'ép. 5cm	17 kgCO ₂ e
Matériaux : revêtements des sols : modulaire dalle alvéolée à remplissage minéral, végétal, pavés	11 kgCO ₂ e
Déchets (démolition, collecte et traitement) : pour le béton	0,49kg CO ₂ e / t
Déchets (démolition, collecte et traitement) : pour les déchets inertes en mélange	1kg CO ₂ e / t
Déchets (démolition, collecte et traitement) : pour les déchets non dangereux en mélange	3,03kg CO ₂ e / t
Déchets (démolition, collecte et traitement) : pour le bois de classe B (bois de construction)	2kg CO ₂ e / t
Déchets (démolition, collecte et traitement) : pour le plâtre	4,81kg CO ₂ e / t
Déchets (démolition, collecte et traitement) : pour les métaux	0,33kg CO ₂ e / t
Émissions évitées : solaire photovoltaïque (calcul au 3.6.8.1)	0,0820 kgCO ₂ e/kWhEP
Stockage de carbone : sols imperméabilisés (dalle bâtiment, sol imperméable)	7 t eq C / ha
Stockage de carbone : non imperméabilisés (espace vert sur dalle, sol perméable, espaces verts mono et multistrates)	18 t eq C / ha
Matériaux biosourcés (source au 3.6.8.3)	1,7 kg CO ₂ b / kg
Valorisation des déchets : pour le béton	-52,89 kg CO ₂ e / t
Valorisation des déchets : pour les déchets inertes en mélange	-2,31 kg CO ₂ e / t
Valorisation des déchets : pour les déchets non dangereux en mélange	-176,66 kg CO ₂ e / t
Valorisation des déchets : pour le bois de classe B (bois de construction)	-497,28 kg CO ₂ e / t
Valorisation des déchets : pour le plâtre	-3,7 kg CO ₂ e / t
Valorisation des déchets : pour les métaux	-2 265,15 kg CO ₂ e / t

Tableau 1 : Facteurs d'émission utilisés

3.6 DONNÉES D'ENTRÉE ET HYPOTHÈSES DE CALCUL

3.6.1 DONNÉES COMMUNES À PLUSIEURS POSTES

Les données suivantes, utiles à plusieurs postes d'émissions, sont issues d'éléments figurant dans l'Évaluation Environnementale, dans des documents relatifs aux données du projet ou dans les prescriptions environnementales faites pour les différents lots (Cahier de Prescriptions Architecturales, Urbanistiques, Paysagères et Environnementales ou « CPAUPE »). Elles sont éventuellement ajustées pour les besoins de l'étude, selon l'expertise d'EODD.

En termes de surfaces de bâtiments :

Les Surfaces de Plancher construites considérées sont les suivantes (selon les scénarios, les typologies considérées sont plus ou moins détaillées) :

SDP	État initial	Zoom	Zoom	Projet
	2016	2022	2026	2038
TOTAL	62 675 m²	36 420 m²	50 570 m²	157 600 m²
Commerces, services et équipements	57 847 m ²	4 193 m ²	5 843 m ²	33 243 m ²
<i>Activité</i>	38 487 m ²	0 m ²	0 m ²	0 m ²
<i>Équipement</i>	9 400 m ²	0 m ²	0 m ²	0 m ²
<i>Tertiaire</i>	9 960 m ²	4 193 m ²	5 843 m ²	33 243 m ²
Logements	4 828 m ²	32 227 m ²	44 727 m ²	124 357 m ²
<i>Collectifs</i>		32 227 m ²	44 277 m ²	120 207 m ²
<i>Individuels</i>			450 m ²	4 150 m ²

Tableau 2 : Évolution des surfaces de plancher (SDP) entre le scénario initial, des étapes d'avancement du projet et le scénario projet

NB : le scénario avec mesures présente les mêmes surfaces de plancher que le scénario projet et le scénario fil de l'eau présente les mêmes que le scénario état initial 2016.

Pour les besoins de l'étude, les conversions suivantes ont été effectuées :

- Pour les logements collectifs et individuels : SHAB = SDP-6 % (la SHAB = Surface d'Habitation Brute est nécessaire au calcul pour la Règlementation Environnementale 2020 ou « RE2020 ») ;
- Pour les commerces, services et équipements : SRT2012 = SDP+15 % (cette surface « SRT2012 » est nécessaire au calcul des performances selon la Règlementation Thermique 2012, sur laquelle se base également le label expérimental E+C-).

En termes de performance des bâtiments du projet :

Les hypothèses suivantes sont faites, sur la base de la compatibilité avec le Plan Climat-Air-Énergie Territorial (PCAET) et des objectifs environnementaux traduits dans le CPAUPE, que les preneurs de lots devront respecter.

Performances environnementales	Énergie	Carbone	Matériaux Biosourcés
Commerces, services et équipements	Équivalent E2 du label E+C- (CEP _{maxRT2012} -30 %) + 20 kWh/m ² .an minimum de production d'EnR	C1 du label E+C-	Niveau 2 (24 kg/m ² SDP) équivalent au label bâtiment biosourcé
Logements collectifs et individuels	RE2020 évolutive 2022-2025-2028		Niveau 2 (24 kg/m ² SDP pour les logements collectifs et 63 kg/m ² SDP pour les logements individuels) équivalent au label bâtiment biosourcé

Tableau 3 : Hypothèses relatives à la performance des bâtiments du projet

À l'aide de ces performances du bâti, les besoins énergétiques sont estimés :

- en Consommations d'Énergie Primaire (CEP) maximales totales, sur la base des niveaux d'ambitions relatives au label E+C- et celles qui relèvent de la RE2020 ;
- pour les postes réglementaires (les typologies qui relèvent d'exigences relatives au label E+C- et celles qui relèvent de la RE2020 ne présentent pas les mêmes scopes de prises en compte) ;
- sur la base de retours d'expériences internes pour les usages non conventionnels mobiliers et immobiliers (très spécifiques pour la typologie de bâtiments d'activités/industrie puisqu'ils dépendent des process, aussi les ratios utilisés sont accompagnés d'incertitudes importantes).

À défaut de pouvoir « convertir » les besoins énergétiques entre ceux des typologies selon la RE2020 et E+C-, il a été fait l'hypothèse que les différentes modifications qui interviennent dans la construction de la méthode de calcul de la RE (périmètre, surface considérée SHAB au lieu de SRT2012, facteur de conversion Énergie Primaire > Énergie finale pour l'électricité...) « s'annulent » et donc les besoins ont été considérés comparables et sommables.

En termes de systèmes énergétiques retenus :

D'après les données disponibles via les arrêtés ministériels et les annonces politiques en termes d'évolution de l'alimentation du réseau de chaleur urbain (RCU) de la métropole grenobloise par des énergies renouvelables et de récupération (100 % d'EnR&R en 2033), il a été considéré :

- 54 % d'alimentation en moyenne par des EnR&R en 2016 (par proportionnalité car il y avait 78 % d'EnR&R en 2020) ;
- 78 % d'alimentation en moyenne par des EnR&R en 2022 et 2026 ;
- 100 % d'alimentation en moyenne par des énergies renouvelables et de récupération en 2038.

Les discussions ont validé le déploiement du **RCU au sein de l'aménagement** pour permettre le raccordement des lots de logements, de commerces, d'activités et d'équipements.

Les hypothèses suivantes sont faites pour les bâtiments du projet :

Mix énergétique (consommation en kWh _{EF} /an.m ²)	Chaud sur RCU	Électricité sur réseau	Photovoltaïque
Bâtiments raccordés au RCU			
Logements individuels	57	23	14
Logements collectifs	44	26	14
Commerces, services et équipements	8	14	7

Mix énergétique (consommation en kWhEF/an.m ²)	Chaud sur RCU	Électricité sur réseau	Photovoltaïque
Bâtiments NON raccordés au RCU			
Logements individuels	-	46	14
Logements collectifs	-	46	14
Commerces, services et équipements	-	8	7

Tableau 4 : Hypothèses des besoins énergétiques selon les systèmes énergétiques et selon les typologies de bâtiments – raccordés ou non au RCU

D'après ces éléments, au global, en considérant toutes les surfaces de chaque typologie, le mix énergétique des consommations projetées sur le quartier sera le suivant :

- 16 % via le photovoltaïque produit sur site ;
- 28 % via l'électricité consommée du réseau ;
- 56 % via le RCU alimenté à 100 % en EnR.

NB : la production d'EnR photovoltaïque au sein de la ZAC a été estimée sur la base de la cible du CPAUPE (50 % d'EnR dans le bilan énergétique global en énergie primaire) et dans le respect du PLU (20 kWhEF/m² d'emprise au sol / an pour toute opération de plus de 1000 m² SDP – le seuil est relevé à 300 m² SDP dans le CPAUPE) ce qui représente 2,11m² de panneaux photovoltaïques par logement.

Concernant l'état initial (bâtiments existants) :

Pour le scénario initial, il est considéré que certains bâtiments sont reliés au RCU, donc que leurs besoins de chaleur et d'ECS sont couverts via le RCU (gaz et bois) composé à 54 % d'EnR et des chaudières individuelles au gaz. Leurs besoins électriques ont été considérés via un raccordement au réseau et qu'il n'y a aucune production d'énergie renouvelable sur site.

Des ratios ont été utilisés pour estimer les besoins énergétiques et l'impact carbone des matériaux de construction du parc de bâtiments existants sur la base de performances environnementales de bâtiments « types » construits il y a plus d'une dizaine d'années nécessairement moins bonnes que des bâtiments « types » d'aujourd'hui (bâtiments datant de la 2^{nde} moitié et fin du XX^{ème} siècle – pour mémoire les Règlements Thermiques successives, à partir de la 1^{ère} en 1974, puis 1982, 1988, 2000, 2005 et 2012, ne concernaient jusqu'alors que les consommations énergétiques et non l'impact carbone).

Ces ratios, qui s'appliquent sur des indicateurs unitaires par surfaces, permettent alors, par proportionnalité entre les surfaces de bâtiments futurs et les existants, de calculer les émissions théoriques actuelles sur la base du calcul des émissions des bâtiments futurs (émissions liées aux consommations énergétiques – qu'elles soient de chaud ou électriques - ainsi qu'émissions « grises » liées au poids carbone des matériaux).

En termes de démolition des bâtiments :

L'ensemble des émissions engendrées par la démolition des bâtiments de l'état initial 2016 a été considéré pour le scénario projet 2038, et non pas sur la durée (temps précis de chaque démolition de bâtiments non connu).

Calcul des émissions par poste :

Les hypothèses suivantes s'appuient sur des valeurs documentées par des études bibliographiques ou internes à la Maîtrise d'Ouvrage (études dans le cadre du projet).

Pour une meilleure analyse des résultats, ceux-ci différencient les émissions de CO₂ biogénique, stockées dans les matériaux biosourcés, des émissions de CO₂ équivalent totales, cf. §3.4 pour plus de détails méthodologiques.

3.6.2 POSTE 1 - EMISSIONS EN PHASE CONSTRUCTION DES BÂTIMENTS

Détail du calcul

Par retours d'expérience d'EODD relatifs aux ACV de divers bâtiments, sur un bâtiment de logements, les émissions associées (et les consommations d'eau) à la phase chantier représentent environ 6 % des émissions totales (en comptant en plus les consommations énergétiques et le poids carbone des matériaux). Les facteurs d'émissions (en kgCO₂e/m².50ans) considérés sont donc calculés par proportionnalité avec les autres postes d'émission de l'ACV des bâtiments (matériaux et énergie), pour lesquels les émissions unitaires (par m² sur 50 ans) ont préalablement été estimées (pour les autres postes).

Pour les scénarios initial 2016 et fil de l'eau, l'hypothèse a été faite que le chantier est amorti, et qu'il n'y a donc pas d'émissions de GES pour ces deux scénarios.

Mesures relatives aux GES et à la phase chantier (construction)

Par retours d'expérience d'EODD relatifs aux ACV de divers bâtiments, sur un bâtiment de logements, les émissions associées (et les consommations d'eau) à la phase chantier peuvent être diminuées grâce à la mise en œuvre d'une charte chantier propre par exemple. C'est pourquoi, la part du chantier de construction des bâtiment neufs a été ramené à 5 % des émissions totales (en comptant en plus les consommations énergétiques et le poids carbone des matériaux).

Bilan GES du poste

Le bilan d'émissions annuelles de GES sur ce poste pour les deux scénarios projet et les deux zooms projet est le suivant :

Sous-postes	Zoom 2022		Zoom 2026		Projet 2038		Projet 2038 avec mesures	
	t CO ₂ e	t CO ₂ b	t CO ₂ e	t CO ₂ b	t CO ₂ e	t CO ₂ b	t CO ₂ e	t CO ₂ b
TOTAL	56	0	63	0	202	0	203	0
<i>Logements collectifs et individuels</i>	50	-	62	-	152	-	161	-
<i>Commerces, services, équipements</i>	6	-	1	-	50	-	42	-

Tableau 5 : Bilan d'émissions de GES du poste « Chantier-construction »

3.6.3 POSTE 2 - EMISSIONS EN PHASE DÉMOLITION DES BÂTIMENTS

Détail du calcul

La démolition des bâtiments présents dans le scénario initial de 2016 a été considérée comme effective en une seule fois. Les émissions engendrées par cette démolition (prenant en compte la collecte et le traitement des déchets générés) ont été imputées dans le scénario projet 2038. Il n'a donc pas été considéré de démolitions pour les scénarios initial et fil de l'eau.

À partir d'une répartition de la masse volumique des typologies de déchets, des volumes de déblais ont été estimés pour les deux typologies étudiées :

Répartition de la masse volumique considérée :

Masse volumique	Quantité
Béton	1,8 t/ m ³
Déchets inertes en mélange	1,5 t/ m ³
Déchets non dangereux en mélange	0,31 t/ m ³
Bois B	0,14 t/ m ³
Plâtre	1,5 t/ m ³
Métaux	0,2 t/ m ³

	Projet 2038	Projet avec mesures (2038)
Volume de déblais estimés	76 708 m³	69 037 m³
<i>Logements collectifs et individuels</i>	5 909 m ³	5 318 m ³
<i>Commerces, services, équipements</i>	70 799 m ³	63 719 m ³

Afin de se rendre compte de l'impact d'une démolition/reconstruction, deux cas de figure ont alors été proposés :

- les émissions directes totales des sources mobiles des engins en phase déconstruction ont été ramenées sur 50 ans (durée de vie de référence des matériaux). Dans ce cas, l'impact de la démolition est « amortie ». Les résultats de ce cas de figure ont été utilisés pour les résultats totaux ;
- les émissions directes totales des sources mobiles des engins en phase déconstruction n'ont pas été ramenées sur 50 ans.

La méthodologie pour calculer les émissions strictes du chantier de démolition repose sur le calculateur simplifié du label E+C-. Les sous-postes suivants ont été considérés :

- mise à disposition d'eau potable au robinet ;
- assainissement collectif des eaux usées domestiques ;
- gazole pour engins mobiles de chantier non routiers ;
- mise à disposition d'un kWh d'électricité pour les autres usages dans un bâtiment tertiaire.

Les postes « Transport par camion benne » et « Traitement des déchets inertes par enfouissement », usuellement comptés par le calculateur simplifié E+C-, ne sont ici pas pris en compte car les matériaux transportés et traités sont les déchets de démolition, et ces derniers sont comptés dans le poste 8.

Les facteurs d'émissions associés à chacun de ces sous-postes sont fournis au §3.5.

Mesures relatives à la phase chantier (démolition)

En considérant une meilleure prise en compte de la collecte et du traitement des déchets produits lors de la phase de démolition, une optimisation de 90 % du tonnage pour le scénario projet avec mesures a été calculée par rapport au scénario projet de 2038 (cf.§3.6.7 pour plus de détails). Ce qui diminue donc les émissions directes des sources mobiles des engins en phase démolition pour le scénario avec mesures.

Bilan GES du poste

Le bilan d'émissions annuelles de GES sur ce poste pour les deux scénarios projet est le suivant :

Sous-postes	Projet 2038		Projet avec mesures	
	t CO ₂ e sur 50 ans	t CO ₂ e/an	t CO ₂ e sur 50 ans	t CO ₂ e/an
TOTAL	283 779	5 676	257 928	5 159
Logements	32 550	651	30 558	611
Commerces, services, équipements	251 229	5 025	227 370	4 547

Tableau 6 : Bilan d'émissions de GES du poste « Chantier-démolition »

NB : Dans le calcul global, il a été considéré que la démolition était ramenée à une année type (émissions globales divisées par 50 ans).

3.6.4 POSTE 3 - POIDS CARBONE DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION DES BÂTIMENTS

Détail du calcul

Les ACV des bâtiments considèrent dans leur méthodologie une durée de vie des bâtiments de 50 ans, et donc les émissions calculées sont classiquement toutes rapportés à cette durée de référence.

Dans le cas de la présente évaluation des émissions de GES, il a été fait le choix de considérer des scénarios ponctuels correspondant à des échéances données, et les émissions sont donc relatives à la durée d'une année (2016, 2022, 2026, 2038).

Le choix a donc été fait de diviser les émissions par 50 ans pour obtenir des données annuelles.

Néanmoins, pour les bâtiments existants (état initial 2016), il n'est pas juste de considérer que les émissions liées au poids carbone des matériaux sont aussi importantes que si les bâtiments venaient d'être construits. Pour ceci, la **notion d'amortissement** est utilisée : l'amortissement est un terme comptable qui définit la perte de valeur d'un bien immobilisé du fait de l'usure du temps. Ici, il est considéré que les années écoulées depuis la construction des bâtiments viennent « déprécier » le poids carbone des matériaux sur 50 ans. Si par exemple le bâtiment a été conçu il y a 30 ans (le poids carbone des 30 premières années est considéré comme nul), on considère qu'il ne lui reste que 20 ans de vie et donc $20/50 = 40\%$ du poids carbone des matériaux à amortir. Les années de construction de chaque bâtiment du site ont été estimées via les photographies satellites de l'IGN.

Dans le scénario état initial 2016, en moyenne sur toutes les surfaces, on a donc :

- un poids carbone de 580 kgCO₂e/m².50 ans sans amortissement ;
- un poids carbone de 287 kgCO₂e/m².50 ans avec amortissement, soit -51 %.

Concernant les scénarios projetés, le poids carbone unitaire des matériaux correspond aux indicateurs

- « Impact Carbone de la construction » ou « **ICconstruction** » pour les logements auxquels s'appliquera la RE2020 (en kgCO₂e/m²SHAB) ;

- « Émissions de Gaz à Effet de Serre des Produits de Construction et Équipements » ou « **EGESPC** » pour les autres typologies, conformément à la RT2012 et au label E+C- (en kgCO_{2e}/m²SRT2012).

Comme pour l'énergie, à défaut de pouvoir « convertir » les indicateurs entre ceux des typologies selon la RE2020 et E+C-, il a été fait l'hypothèse que les différentes modifications qui interviennent dans la construction de la méthode de calcul de la RE (périmètre, surface considérée SHAB au lieu de SRT2012, ...) « s'annulent » et donc les indicateurs ont été considérés comparables et sommables.

Pour chaque bâtiment, des facteurs d'émissions unitaires en kgCO_{2e}/m² sur 50 ans ont donc été définis. En moyennant par typologies de bâtiments (activité, équipement, tertiaire, logement), il est possible d'afficher ci-dessous les résultats intermédiaires selon les différents scénarios.

Poids carbone (kgCO _{2e} /m ² .50ans)	État initial 2016	Zoom 2022	Zoom 2026	Projet 2038	Fil de l'eau
Activité	53	Typologie non présente en projet			20
Équipement	2	Typologie non présente en projet			1
Tertiaire	169	1 088	1 088	1 088	36
Logement	51				4
<i>Collectif</i>		729	729	666	
<i>Individuel</i>			714	660	

Tableau 7 : Émissions unitaires des matériaux selon les typologies et les scénarios

Ces facteurs d'émissions unitaires moyens évoluent dans le temps selon les éléments suivants :

- Pour les scénarios état initial la projection fil de l'eau 2038 :
 - Pour les activités et bâtiment d'équipement (halle de sport) : des ratios ont été utilisés, tirés de l'« Étude énergétique et environnementale des bâtiments industriels » ou « **BATINDUS 2** » de l'ADEME, datant d'octobre 2019, où des ACV des bâtiments ont été réalisées pour différentes structures et tailles de bâtiments industriels. Dans la présente étude, les différents bâtiments présents sur le quartier en 2016 ont été assimilés à ceux de la base BATINDUS pour estimer leurs émissions unitaires (par m²) pour les produits de construction et équipements du bâti. Un facteur d'amortissement est associé selon les dates de construction estimées de ces bâtiments.
 - Pour les logements : Des ratios ont été utilisés selon l'année de construction des différents bâtiments et donc les « *pratiques moyennes de construction de l'époque* » (on estime par exemple qu'un bâtiment de logements collectifs construit en 1990 pouvait émettre 2 500 kgCO_{2e}/m² sur 50 ans). Des facteurs d'amortissement ont ensuite été considérés.
 - Pour le tertiaire : Les bâtiments ont été assimilés à des bâtiments de logements collectifs.
- Pour le scénario de projet et les zooms intermédiaires considérés selon l'avancement des différents lots : les facteurs d'émissions unitaires utilisés correspondent aux **ICconstruction**

comme précisé plus haut. Les seuils considérés de la RE2020 sont soit celui de 2025 soit celui de 2028 selon le phasage. Pour les bâtiments tertiaires, il a été considéré une unique valeur inchangée.

Pour chaque bâtiment, ces indicateurs unitaires (en kgCO₂e/m² sur 50 ans) sont ensuite multipliés par les surfaces construites et ramenés à un an, période de référence considérée ici.

Les émissions totales sont alors sommées sur l'ensemble de tous les bâtiments

NB : Il n'est pas considéré de mesure au sens « Éviter, Réduire, Compenser » qui agisse sur ce poste de manière quantifiée ici (donc les scénarios « projet » et « projet avec mesures » sont identiques).

Bilan GES du poste

Les émissions de GES tendent à augmenter par rapport à la situation initiale. Le bilan d'émissions annuelles de GES sur ce poste pour les trois scénarios considérés est le suivant :

Sous-postes	État initial 2016		Zoom 2022		Zoom 2026		Projet 2038		Fil de l'eau	
	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b
TOTAL	275	0	381	0	547	0	2 147	0	61	0
<i>Logements collectifs et individuels</i>	51	-	320	-	458	-	1 461	-	4	-
<i>Commerces, services, équipements</i>	224	-	62	-	89	-	686	-	57	-

Tableau 8 : Bilan d'émissions de GES du poste « Matériaux-bâtiments »

3.6.5 POSTE 4 - POIDS CARBONE DES MATÉRIAUX DE REVÊTEMENTS DE SOLS

Détail du calcul

À partir d'une image satellitaire (*source : Géoportail*), un repérage et un découpage de la nature revêtements de sols a été effectuée pour les scénarios initial 2016 et projet 2038, ainsi que pour les zooms projet 2022 et 2026. Les découpages considérés sont les suivants :



Figure 4 : Découpage des surfaces sur site selon leurs natures pour les différents scénarios

	Espaces publics réalisés
	Bâtiments
	Voiries
	Espaces publics et privés existants

Puis, trois facteurs d'émissions (cités plus haut) ont été associés pour les trois types de revêtements de sols considérés : voirie, espaces publics et privés existants, espaces publics créés. À noter que les bâtiments apparaissent sur les plans, mais les surfaces ont été exclues des calculs.

Le facteur d'émissions de l'ensemble des surfaces de la typologie « espaces publics » réalisés par le projet a été considéré comme moins émetteurs que celui des « espaces publics et privés existants » (11 kgCO₂e/m² contre 17 kgCO₂e/m² respectivement), afin de tenir compte du fait que ces revêtements vont être plus modernes donc supposés plus performants en termes d'impact carbone, d'où la diminution des émissions de GES du scénario projet 2038 par rapport à la situation initiale.

À la fois pour les bâtiments existants et les bâtiments projet, les émissions totales du poste « revêtements de sols » ont été divisées par 50 ans, selon la durée de vie estimée dans les méthodes d'ACV du bâtiment et conformément à la réglementation.

NB : Il n'est pas considéré de mesure au sens « Éviter, Réduire, Compenser » qui agisse sur ce poste de manière quantifiée ici (donc les scénarios « projet » et « projet avec mesures » sont identiques).

Bilan GES du poste

Le bilan d'émissions annuelles de GES sur ce poste pour les trois scénarios considérés et les deux zooms projets est le suivant :

Sous-postes	État initial 2016		Zoom 2022		Zoom 2026		Projet 2038		Fil de l'eau	
	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b
TOTAL	2 576	0	2 319	0	2 375	0	2 145	0	2 576	0
Voiries	455	-	472	-	472	-	574	-	455	-
Espaces publics et privés existants	2 121	-	1 772	-	1 657	-	1 194	-	2 121	-
Espaces publics créés	-	-	75	-	246	-	377	-	-	-

Tableau 9 : Bilan d'émissions de GES du poste « Revêtements de sols »

3.6.6 POSTE 5 - EMISSIONS LIÉES AUX CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES EN PHASE EXPLOITATION

Détail du calcul

Les consommations de gaz par des chaudières pour couvrir les besoins thermiques (chauffage et Eau Chaude Sanitaire) des bâtiments rentrent dans ce poste. Ces consommations ont lieu pour des bâtiments existants (état initial – 100 % des besoins de chaud concernés), et pour l'alimentation du Réseau de Chaleur Urbain avant que celui-ci n'atteigne les 100 % d'EnR en 2033.

Pour les bâtiments projetés qui ne se raccorderaient néanmoins pas au Réseau de Chaleur Urbain (à noter : le schéma Directeur du RCU prévoit un raccordement de toutes les nouvelles constructions, en collectif du moins) qui va être étendu sur le site, il est considéré que les besoins de chaud seront couverts par des Pompes à Chaleur (PAC) réversibles.

Les consommations d'électricité depuis le réseau national pour couvrir les besoins électriques (et de froid, au moyen de climatisations Pompes à Chaleur) des bâtiments rentrent également dans ce poste. Ces consommations ont lieu pour des bâtiments existants (état initial – 100 % des besoins en électricité concernés car pas de production d'ENR), et pour les bâtiments projetés :

- soit parce qu'ils ne produisent pas d'EnR et sont exclusivement raccordés au réseau ;
- soit parce qu'ils ne produisent pas suffisamment d'électricité au moyen de panneaux solaires photovoltaïques (industries, activités – hypothèse : 50 % de toiture recouverte) pour couvrir leurs besoins ;
- soit parce qu'ils ne sont pas raccordés au RCU et ont donc recours à des PAC alimentées électriquement pour leurs besoins de chaud.

À l'état initial en 2016, où la majorité des bâtiments sont des surfaces d'activité ou industrielles, des ratios ont été utilisés, tirés de l'« Étude énergétique et environnementale des bâtiments industriels » ou « BATINDUS 2 » de l'ADEME, datant d'octobre 2019. Cette étude contient les cas de 21 bâtiments, de

différentes fonctions (logistique, industrie, agroalimentaire, élevage), de différentes natures (structures bois, béton ou acier, chauffé ou hors gel ou production de froid, ou sans chauffage, etc.) et de différentes surfaces. Les consommations énergétiques des bâtiments et des process sont fournies : ici, les différents bâtiments présents sur le quartier en 2016 ont été assimilés à ceux de la base BATINDUS pour estimer leurs consommations unitaires (par m²) pour le bâti et pour les process.

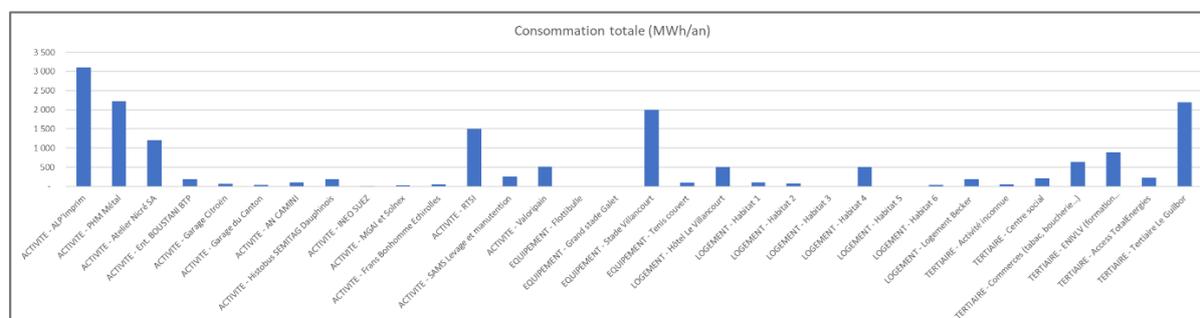


Figure 5 : Consommations totales annuelles des bâtiments existants sur le site en 2016

Typologie en 2016	SDP estimative (en m ²)	Consommation annuelle moyenne (MWh/an)	Consommation annuelle moyenne unitaire (MWh/m ² .an)
Activité	38 487	9 464 (dont 87 % de process)	246
Équipement	9 400	2 091	222
Logement	4 828	1 407	291
Tertiaire	9 960	4 196	421

Tableau 10 : Consommations par typologies pour les bâtiments existants en 2016

Pour la projection du scénario fil de l'eau 2038, il a été estimé une optimisation des performances énergétiques moyennes des process d'environ -1 % par an, d'après des données de l'INSEE sur l'évolution de l'intensité énergétique de l'industrie ces dernières années.

Concernant les scénarios projetés, le poids carbone unitaire lié aux consommations énergétique correspond aux indicateurs :

- « Impact Carbone de l'énergie » ou « **ICénergie** » pour les logements auxquels s'appliquera la RE2020 (en kgCO_{2e}/m²SHAB) ;
- Émissions de Gaz à Effet de Serre de l'énergie ou « **EGES** » liées à l'énergie pour les autres typologies, au sens de la RT2012 et au label E+C- (en kgCO_{2e}/m²Sref).

Comme précisé au §3.6 concernant les indicateurs sur les besoins énergétiques, il a été fait l'hypothèse que les différentes modifications qui interviennent dans la construction de la méthode de calcul de la RE (périmètre, surface considérée SHAB au lieu de SRT2012, facteur de conversion Energie Primaire > Énergie finale pour l'électricité...) « s'annulaient » et donc les indicateurs ci-dessus ont été considérés comparables et sommables.

À la fois pour les bâtiments existants et les bâtiments projet, les émissions totales du poste « énergie » ont été divisées par 50 ans, selon la durée de vie estimée dans les méthodes d'ACV du bâtiment et conformément à la réglementation.

En prenant en compte les différentes hypothèses et données d'entrée précisées ci-dessus, les émissions unitaires suivantes, en kgCO_{2e}/m² sur 50 ans, sont donc des intermédiaires de calcul.

Ces indicateurs sont obtenus par moyenne pondérée selon les surfaces sur l'ensemble des bâtiments de chaque scénario, par typologie (activité, équipement, tertiaire, logement). Pour chaque bâtiment, ses consommations énergétiques ont été estimées pour chaque système énergétique selon le mix considéré pour chaque bâtiment, comme détaillé au §3.6.1.

Poids carbone (kgCO ₂ e/m ² .50ans)	État initial 2016	Zoom 2022	Zoom 2026	Projet 2038	Fil de l'eau
Activité	1 166	Typologie non présente en projet			1 107
Équipement	720	Typologie non présente en projet			720
Tertiaire	2 919	157	142	98	2 919
Logement	2 489				2 489
<i>Collectif</i>		491	391	335	
<i>Individuel</i>			361	317	

Tableau 11 : Émissions unitaires énergétiques selon les typologies et les scénarios

Ces valeurs évoluent en fonction des hypothèses suivantes :

- pour les bâtiments existants (état initial et fil de l'eau) :
 - Seuls les bâtiments d'activité voient leur performance énergétique s'améliorer (hypothèse d'amélioration des process) ;
 - Les autres typologies restent inchangées ;
- pour le scénario projet et les deux zooms intermédiaires : les performances énergétiques s'améliorent car les bâtiments construits les plus tardivement répondent aux seuils plus ambitieux de la RE2020 et donc tirent la moyenne vers le bas, et car les facteurs d'émission du RCU évoluent (verdissement du réseau qui passe de 78 % d'ENR en 2020 à 100 % en 2033, et l'évolution est considérée progressive pour les zooms intermédiaires).

NB : Il n'est pas considéré de mesure au sens « Éviter, Réduire, Compenser » qui agisse sur ce poste de manière quantifiée ici (donc les scénarios « projet » et « projet avec mesures » sont identiques).

Bilan GES du poste

Le bilan d'émissions annuelle de GES sur ce poste pour les scénarios considérés est le suivant :

Sous-postes	État initial 2016		Zoom 2022		Zoom 2026		Projet 2038		Fil de l'eau	
	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b
TOTAL	1 273	0	330	0	366	0	897	0	1 228	0
<i>Logements collectifs et individuels</i>	240	-	317	-	349	-	832	-	988	-
<i>Commerces, services, équipements</i>	1 033	-	13	-	17	-	65	-	240	-

Tableau 12 : Bilan d'émissions de GES du poste « Énergie-exploitation »

3.6.7 POSTES 6 ET 7 - DÉPLACEMENTS QUOTIDIENS : ÉMISSIONS LIÉES AU TRAFIC POUR LES TRAJETS DOMICILE-TRAVAIL

Détail du calcul

Concernant les émissions de GES induites par le trafic domicile-travail des salariés venant travailler sur la ZAC et ceux y résidant, les calculs se sont basés, dans un premier temps, sur **l'étude de trafic** de l'étude d'impact du projet (données sources et distribution de trafic) réalisée par le bureau d'études Ceryx afin de connaître la **distance moyenne parcourue par les habitants du secteur** pour se rendre sur leur lieu de travail :

- **communes de destination** domicile-travail depuis Le Pont-de-Claix associées aux effectifs d'actifs correspondants ;
- **communes d'origine** domicile-travail vers Le Pont-de-Claix associées aux effectifs d'actifs correspondants.

Ces données, couplées aux différentes parts modales d'habitudes de déplacements pour les trajets domicile-travail fournies par le bureau d'études Ceryx (VP et TC, pas de train comptabilisé) ont permis de calculer une **distance moyenne domicile-travail par salarié** d'environ **6,505 km (aller-simple)**. À noter que les calculs partent du postulat que les salariés travaillent 230j par an et mangent sur leur lieu de travail ou à proximité (s'y rendent à pied), c'est-à-dire qu'ils effectuent uniquement deux trajets par jour (matin et soir).

Concernant les salariés extérieurs au quartier venant y travailler :

Leur nombre futur sur la typologie de bâtiment concernant les commerces, services et équipements a été estimé par proportionnalité (selon les surfaces de bâtiments) à partir de ratios de nombre de surface par emploi. En accord avec Isère Aménagement, ont ainsi été considérés les nombres d'employés suivants :

Nombre d'employés	État initial 2016	Projet 2038	Fil de l'eau
Commerces, services et équipements	735	630	735

Tableau 13 : Effectifs des employés pour la typologie des commerces, services et équipements

Concernant les salariés habitant sur le quartier :

Leur nombre a été estimé à partir d'un ratio (70m²/logement) et par proportionnalité (selon les surfaces des bâtiments). Ont été considérés :

Nombre de logements	État initial 2016	Projet 2038	Fil de l'eau
Logements	69	1 777	69

Les facteurs d'émission utilisés proviennent, pour 2016, de la Base Carbone de l'ADEME, et ont été projetés dans le temps selon les évolutions des parcs de véhicules et les performances énergétiques et d'émission des véhicules qui devraient aller en s'améliorant (intégration de modèles électriques, hybrides), conformément aux fiches de cadrage de la circulaire de 2014 relative aux études socio-économiques des projets de transport. Les parcs sont cohérents avec ceux de la Stratégie Nationale Bas Carbone qui considère le « Zéro Émission » dans le secteur des transports terrestres en 2050.

Mesures relatives aux GES et à la mobilité

Une partie des GES étant émise par les déplacements, l'enjeu du site est de favoriser le recours à des modes de déplacements alternatifs à la VP (TC et mobilités douces et actives).

Le projet est très bien desservi par les transports en commun et le sera davantage à l'avenir au vu de l'évolution du projet. La liaison du quartier avec les entités existantes en périphérie sera ainsi renforcée.

À partir de données fournies par le bureau d'études Ceryx et d'échanges avec Isère Aménagement, les parts modales des différents modes de transport utilisées sont les suivantes :

Parts modales	État initial 2016	Projet 2038	Projet avec mesures	Scénario Fil de l'eau
Véhicule Particulier (VP)	83 %	62 %	56 %	78 %
Transports en Commun (TC)	5 %	11 %	14 %	6 %
Modes doux (<i>pas d'émissions</i>)	12 %	27 %	30 %	16 %

Tableau 14 : Évolution des parts modales domiciles-travail

Déplacements domicile-travail	État initial 2016	Projet 2038	Projet avec mesures	Scénario Fil de l'eau
TOTAL pass.km	2 405 027	7 202 252	7 202 252	2 405 027
Commerces, services, équipements	2 198 633	1 886 346	1 886 346	2 198 633
Véhicule Particulier (VP)	1 824 865	1 169 534	1 056 354	1 714 933
Transports en Commun (TC)	109 932	207 498	264 088	131 918
Modes doux (<i>pas d'émissions</i>)	263 836	509 313	565 904	351 781
Logements	206 394	5 315 906	5 315 906	206 394
Véhicule Particulier (VP)	171 307	3 295 862	2 976 908	160 988
Transports en Commun (TC)	10 320	584 750	744 227	12 384
Modes doux (<i>pas d'émissions</i>)	24 767	1 435 295	1 594 772	33 023

Tableau 15 : Déplacements domiciles-travail en passager-kilomètres chaque année

Bilan GES des postes

Les émissions de GES tendent à augmenter par rapport à la situation initiale. Cependant, les mesures prévues permettent de limiter l'émission de GES par rapport à un scénario projet sans mesures.

Le bilan d'émissions annuelle de GES sur ce poste pour les quatre scénarios considérés est le suivant :

Tableau 16 : Bilan des émissions de GES pour le poste « Déplacements domicile-travail des salariés des commerces »

Sous-postes	État initial 2016		Projet 2038		Projet avec mesures (2038)		Fil de l'eau	
	t CO ₂ e	t CO ₂ b	t CO ₂ e	t CO ₂ b	t CO ₂ e	t CO ₂ b	t CO ₂ e	t CO ₂ b
Commerces.	308	-	98	-	95	-	131	-
VP	294	-	83	-	75	-	121	-
TC	14	-	15	-	20	-	10	-

Tableau 17 : Bilan des émissions de GES pour le poste « Déplacements domicile-travail des logements »

Sous-postes	État initial 2016		Projet 2038		Projet avec mesures (2038)		Fil de l'eau	
	t CO ₂ e	t CO ₂ b	t CO ₂ e	t CO ₂ b	t CO ₂ e	t CO ₂ b	t CO ₂ e	t CO ₂ b
Logements	29	-	277	-	267	-	12	-
VP	28	-	233	-	210	-	11	-
TC	1	-	44	-	55	-	1	-

3.6.8 POSTE 8 - EMISSIONS LIÉES AUX DÉCHETS GÉNÉRÉS PAR LA DÉMOLITION DES BÂTIMENTS

Détails du calcul

La démolition des bâtiments présents dans le scénario initial de 2016 a été considérée comme effective en une seule fois. Les émissions engendrées par cette démolition (prenant en compte la collecte et le traitement des déchets générés) ont été imputées dans le scénario projet 2038. Il n'a donc pas été considéré de démolitions pour les scénarios initial et fil de l'eau.

Aussi, il a été considéré qu'une tonne de déchets était produite pour 1 m² de SDP démoli.

Concernant la répartition massique des déchets du bâtiment et les facteurs d'émission associés, ceux-ci proviennent de la Base Carbone de l'ADEME, issus de l'[étude menée](#) conjointement par le Syndicat des Entreprises de Déconstruction, Dépollution et Recyclage (SEDDRe) et le bureau d'études Crowe – Sustainable Metrics.

Répartition massique des déchets de démolition	Béton	Déchets inertes en mélange	Déchets non dangereux en mélange	Bois B	Plâtre	Métaux
	72 %	10 %	9 %	4 %	1 %	3 %

Tableau 18 : Répartition massique des déchets de démolition

Mesures relatives aux GES et aux déchets des bâtiments démolis

En considérant une meilleure prise en compte de la collecte et du traitement des déchets produits lors de la phase de démolition, une optimisation de 90 % du tonnage pour le scénario projet avec mesures a été calculée par rapport au scénario projet de 2038.

Bilan GES du poste

Les mesures prévues permettent de limiter l'émission de GES par rapport à un scénario sans mesures. Le bilan d'émission annuelle de GES sur ce poste pour les deux scénarios considérés est le suivant :

Tableau 19 : Bilan des émissions de GES pour le poste « Déchets »

Sous-postes	Projet 2038		Projet avec mesures (2038)	
	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b
TOTAL Déchets générés en phase démolition	2 638	-	2 374	-
Logements	203	-	183	-
Commerces, services, équipements	2 435	-	2 191	-

Frontière du système

Le calcul des émissions liées à la valorisation matière des déchets du bâtiment prend en compte les émissions des étapes allant de la collecte des déchets en pied de chantier jusqu'à la production de matière première de recyclage substituable à un matériau vierge.

Le calcul des émissions liées à la valorisation énergétique des déchets prend en compte les émissions des étapes allant de la collecte des déchets en pied de chantier jusqu'à la production d'énergie.

Ainsi, le champ de l'étude exclut :

- en amont : les émissions relatives à la déconstruction des bâtiments et à la préparation des déchets sur chantier (dépose des matériaux, remplissage des bennes, etc.) ;
- en aval : la fabrication du produit final (plaque de plâtre, panneau de particules, etc.) et le transport de la matière première de recyclage jusqu'à l'usine de fabrication du produit fini.

C'est pourquoi le poste « chantier » (cf. §3.6.1 et 3.6.2 ci-dessus) sont complémentaires avec ce poste.

3.6.9 POSTE 9 – DÉPLACEMENT DE LA HALTE FERROVIAIRE

Source : *Analyse du Cycle de Vie de la halte voyageurs (EODD, juillet 2022)* – cf. **Annexe 02**

Détail du calcul

Localisé au nord de la commune du Pont-de-Claix, le renouvellement urbain de la ZAC des Minotiers en cours s'organise autour de l'avenue Charles de Gaulle qui traverse le site d'est en ouest, du cours Saint-André et de la voie ferrée dans sa partie ouest, puis présente une avancée vers le sud jusqu'à la rue Lavoisier, le long de la rue de la Fraternité.

C'est dans ce contexte de renouvellement urbain que s'inscrit le déplacement de la halte voyageurs au sein du pôle d'échanges multimodal de l'Étoile.

La future halte voyageurs sera composée d'un quai latéral unique situé à l'ouest de la voie ferrée existante et de divers aménagements détaillés plus bas. Le déplacement de la halte voyageurs n'implique donc aucune modification du tracé ferroviaire.

Les émissions GES correspondantes à ce projet ont été estimées en considérant donc les émissions de l'infrastructure de la halte au long de son cycle de vie (réalisation d'une ACV).

Les caractéristiques principales du quai seront les suivants :

- une longueur de 150 m, permettant ainsi l'accueil de TER de grande capacité ;
- une hauteur de 0,55 m ;
- une largeur de 2,50 m (accessible PMR).

Les contributeurs pris en compte pour le projet concernent uniquement :

- les produits de construction et équipements (« composants ») ;
- la phase chantier.

Les impacts environnementaux générés par les déchets d'activité produits lors de la vie du bâtiment (hors déchets de déconstruction) ne sont pas pris en compte.

Par ailleurs, les impacts liés aux déplacements des personnes utilisant la halte ne sont pas comptabilisés ici car il est estimé que les trajets (distances, nombre) des voyageurs reliant la halte actuelle et la halte future sont identiques.

Le projet de déplacement de la halte voyageurs émettra donc environ 852 teq.CO₂ sur 50 ans, soit environ 17 teq.CO₂ sur un an.

La répartition par lot (en %) est la suivante :

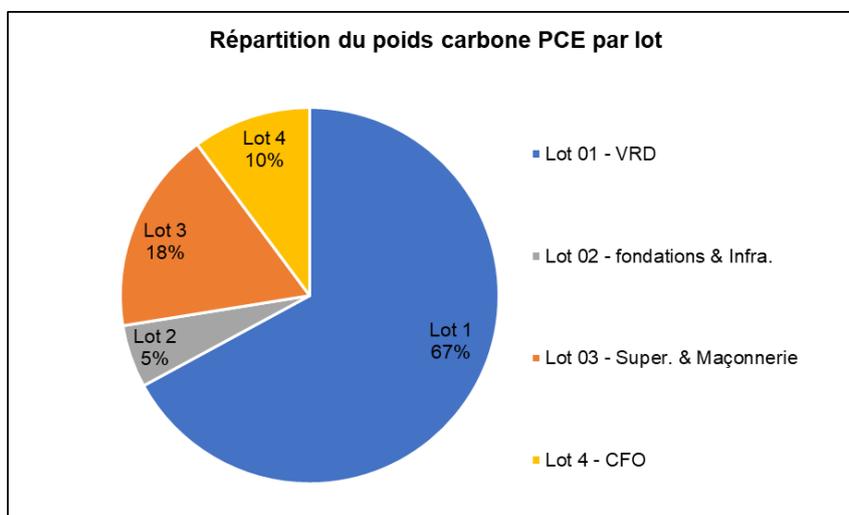


Figure 6 : Répartition des émissions de l'ACV de la halte ferroviaire entre les des lots du poste « Produits de construction et équipements »

Il a été considéré que ces émissions sur 50 ans, ramenées à un an, étaient toutes imputées sur le scénario « projet 2038 ».

Mesures sur le déplacement de la halte ferroviaire : privilégier des matériaux moins émetteurs en carbone pour les fondations et les revêtements notamment ;

Les pistes d'amélioration suivantes ont été envisagées :

- Fondations sur pieux vissés au lieu de fondations en béton : gain de 17 kgCO₂e/m² (1 %) ;
- Voirie et revêtements en pierre naturelle au lieu d'un revêtement en béton armé : gain de 91 kgCO₂e/m² (5 %).

Ces mesures sont à l'étude par le porteur de projet (SNCF Gares), notamment sur la base de critères relatifs à la durabilité, l'entretien et la sécurité de ces solutions alternatives.

Bilan GES du poste

Le bilan d'émission annuelle de GES sur ce poste pour les scénarios concernés est le suivant :

Sous-postes	Projet 2038		Projet avec mesures 2038	
	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b
TOTAL	17	-	16	-

Tableau 20 : Bilan des émissions de GES pour le poste « Halte ferroviaire »

3.6.10 EMISSIONS ÉVITÉES

3.6.10.1 Production EnR

Détail du calcul

Ce poste correspond à la consommation d'énergie renouvelable sur le site, au moyen de la production via des panneaux solaires photovoltaïques ou grâce au raccordement au Réseau de Chaleur Urbain (RCU) avec un fort taux d'énergies renouvelables.

Concernant la production d'énergie renouvelable sur site au moyen de **panneaux solaires photovoltaïques**, sont comptabilisés les bénéfices escomptés en considérant que l'énergie produite sur site remplace une énergie produite de manière conventionnelle (issue du réseau national) et qu'on **évite donc les impacts de cette production conventionnelle**.

Pour dimensionner la production possible, les hypothèses suivantes ont été retenues :

- Puissance moyenne implantée : 187,5 Wc/m² de panneaux ;
- Potentiel solaire : 1 200 kWh/an (selon localisation géographique) ;
- Surface installée : 2,11 m²/logement ;
- Énergie produite : 225 kWh/m² de panneau.

Le facteur d'émission considéré est issu de la différence entre :

- Le facteur d'émissions issu du panneau (amont-aval du cycle de vie) selon la Base Carbone de l'ADEME : 0,0439 kgCO₂e/kWh, pour un panneau fabriqué en Chine (par défaut, car c'est le cas de la majorité des panneaux actuels utilisés en France) → **Utilisé dans le poste 5. Énergie en exploitation ;**
- Le facteur de l'« Électricité exportée - Impact évité - Label E+/C- » : 0,082 kgCO₂e/kWh → **Utilisé dans le présent poste 10. Production EnR en valeur négative ;**
- Soit un facteur d'émissions théoriques de **- 0,038 kgCO₂/kWh**, qui traduit les émissions « évitées » (utilisé directement dans le calcul d'aucun poste d'émissions).

Pour rappel du §3.6, *la production d'EnR photovoltaïque au sein du quartier a été estimée sur la base de la cible du CPAUPE (50 % d'EnR dans le bilan énergétique global en énergie primaire) et dans le respect du PLU (20 kWh_{EF}/m² d'emprise au sol / an pour toute opération de plus de 1000 m² SDP – le seuil est relevé à 300 m² SDP dans le CPAUPE).*

Les bâtiments considérés dans les scénarios état initial et fil de l'eau ne sont pas équipés de panneaux photovoltaïques.

Concernant le raccordement au Réseau de Chaleur Urbain, il est considéré qu'à l'état initial certains bâtiments seulement sont raccordés, mais que la quasi-totalité est raccordée dans les scénarios de projet, comme détaillé au §3.6.1 dans les données communes à plusieurs postes, et au §3.6.6 pour le poste des consommations énergétiques en phase exploitation.

Pour mémoire, l'alimentation du réseau de chaleur urbain (RCU) de la métropole grenobloise par des énergies renouvelables et de récupération est considérée selon les caractéristiques suivantes :

- En 2016 : 54 % d'alimentation en moyenne par des EnR&R (par proportionnalité car il y avait 78 % d'EnR&R en 2020), soit environ 0,152 kgCO₂e/kWh ;
- En 2022 : 78 % d'alimentation en moyenne par des EnR&R, soit 0,105 kgCO₂e/kWh ;
- En 2026 : environ 0,070 kgCO₂e/kWh ;
- En 2038 : 100 % d'alimentation en moyenne par des énergies renouvelables et de récupération, soit environ 0,050 kgCO₂e/kWh.

Comme pour l'énergie renouvelable d'origine photovoltaïque, ce qui est comptabilisé dans ce poste correspond aux bénéfiques escomptés en considérant que l'énergie renouvelable (thermique) consommée sur le RCU remplace une consommation d'énergie thermique qui aurait été produite de manière conventionnelle (dont la référence est le mix moyen européen avec un facteur d'émission de 0,279 kgCO₂e/kWh) et qu'on **évite donc les impacts de cette production conventionnelle**.

Au global, sur les différents scénarios, les consommations énergétiques estimées selon les différents systèmes considérés sont les suivantes :

Consommations (MWhEF/an)	État initial 2016	Zoom 2022	Zoom 2026	Projet 2038	Fil de l'eau
Gaz (individuel)	3 544	-	-	-	3 544
RCU	2 196	1 874	2 595	6 776	2 196
Électricité réseau	11 419	814	1 132	3 434	10 666
Photovoltaïque	-	470	653	1 930	-
TOTAL	17 158	3 158	4 379	12 140	16 406

Tableau 21 : Consommations énergétiques par systèmes

Pour mémoire (cf. §3.6.6), les bâtiments non accordés au RCU en état initial sont considérés alimentés par du gaz (pour les consommations du bâti et par de l'électricité pour les process industriels), et en scénario de projet, les bâtiments non raccordés au RCU sont considérés alimentés par des PAC. Les consommations de process sont considérées comme s'améliorant en fil de l'eau.

NB : Il n'est pas considéré de mesure au sens « Éviter, Réduire, Compenser » qui agisse sur ce poste de manière quantifiée ici (donc les scénarios « projet » et « projet avec mesures » sont identiques).

Bilan GES du poste

Le bilan d'émission annuelle de GES sur ce poste pour les scénarios considérés est le suivant :

Sous-postes	État initial (2016)		Zoom projet 2022		Zoom projet 2026		Projet (2038)		Fil de l'eau (2038)	
	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b
TOTAL	0	0	- 88	0	- 777	0	- 2 046	0	0	0
Logements collectifs	-	-	- 549	-	- 754	-	- 1 938	-	-	-
Logements individuels	-	-	-	-	- 6	-	- 56	-	-	-
Commerces, services, équipements	-	-	- 12	-	- 17	-	- 52	-	-	-

Tableau 22 : Bilan d'émissions de GES du poste « Production EnR »

3.6.10.2 Stockage de carbone dans le sol

Détail du calcul

Ce poste correspond au stockage de la part de carbone d'origine biogénique dans les sols qui ne seront pas artificialisés. En effet, du fait de prélèvement de CO₂ dans l'atmosphère pour réaliser leur

photosynthèse, les végétaux contribuent à la diminution du « stock total » de gaz à effet de serre (GES), et présentent ainsi un bénéfice sur le changement climatique. On dit qu'ils représentent un puit carbone.

Pour rappel, les facteurs de stockage utilisés pour les aménagements sont issus des recommandations de l'ADEME² :

- pour les cultures : 50 tC/ha soit 183 tCO_{2e} ;
- pour les forêts : 80 tC/ha soit 293 tCO_{2e} ;
- pour les prairies : 80 tC/ha soit 293 tCO_{2e} ;
- pour les sols imperméabilisés : 2 tC/ha soit 7 tCO_{2e} ;
- pour les sols non imperméabilisés (pelouses, parcs, jardins) : 5 tC/ha soit 18 tCO_{2e}.

NB : les tC équivalentes sont converties en tCO₂ équivalentes via le ratio 44/12.

Le tableau suivant récapitule les typologies de surface et leurs facteurs de stockage :

Nature des sols	Facteur de stockage	État initial 2016 et Fil de l'eau		Projet (2038)		Projet avec mesures (2038)	
	(tCO _{2e} /ha)	Surface (ha)	Capacité de stockage (tCO _{2e})	Surface (ha)	Capacité de stockage (tCO _{2e})	Surface (ha)	Capacité de stockage (tCO _{2e})
Dalle bâtiment	7	6,73	-50	7,22	-52	7,22	-52
Sol imperméable	7	12,48	-92	9,14	-68	7,66	-56
Espace vert sur dalle	18		0		0		0
Sol perméable	18		0	1,48	-28	2,96	-54
Espace vert multistrates	18	2,18	-40	2,68	-50	2,68	-50
Espace vert monostrate	18	2,36	-44	3,24	-60	3,24	-60

Tableau 23 : Typologies de surfaces associées aux facteurs de stockage correspondants

Les surfaces de chaque typologie ont été mesurées sur la base des découpages surfaciques présentés dans le poste 4. relatif au poids carbone des matériaux de revêtements extérieurs.

Les quantités stockées ci-dessus ont ensuite été divisées par 20 ans, car c'est la durée de « vie moyenne » sur laquelle le stock carbone, estimé au travers des facteurs ci-dessus, peut être effectif dans le sol.

Mesure relative à la perméabilité des sols

Dans le cadre de la conception du Plan Guide du quartier, les sols perméables et semi-perméables ont été priorités devant les sols imperméables, pour des raisons de gestion des eaux pluviales et de végétalisation.

² Carbone organique des sols, L'énergie de l'agro-écologie, une solution pour le climat, ADEME, en partenariat avec le Ministère de l'Agriculture, l'IGN, l'IRD et l'INRA

Cette mesure participe à limiter l'artificialisation des sols et à favoriser le stockage de carbone au niveau des 30 premiers centimètres de sol car mais il s'avère également que les sols perméables stockent davantage de carbone que les sols imperméables. Il a donc été considéré :

- Dans les scénarios projet : tous les espaces publics et privés créés sont considérés comme étant des sols perméables pour $\frac{1}{4}$ et imperméables pour $\frac{3}{4}$;
- Dans le scénario projet avec mesures : tous les espaces publics et privés créés sont considérés comme étant des sols perméables pour moitié et imperméables pour l'autre moitié.

Bilan GES du poste

Le stockage de carbone tend à réduire en situation de projet par rapport à la situation initiale. En revanche, le stockage de carbone est plus important lors de la mise en place d'un projet avec mesures par rapport à un projet sans mesures.

Le bilan d'émission annuelle de GES sur ce poste pour les scénarios considérés est le suivant :

Sous-postes	2016 et Fil de l'eau		Zoom projet 2022		Zoom projet 2026		Projet (2038)		Projet avec mesures	
	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b
TOTAL	-11,2	0	- 12,0	0	- 11,9	0	- 12,8	0	-13,6	0

Tableau 24 : Bilan d'émission de GES du poste « Stockage carbone dans les sols »

3.6.10.3 Stockage de carbone dans les matériaux biosourcés

Détail du calcul

Comme expliqué au §3.4, le recours à des matériaux de construction biosourcés (issus de matière organique renouvelable, comme du bois en structure, des isolants en paille...) permet de considérer que du carbone est stocké dans leur constitution, sur le temps d'utilisation du matériau, plutôt que d'être directement rejeté dans l'atmosphère lors du processus biologique de croissance et décomposition des végétaux (« cycle court »). Le recours à des matériaux biosourcés est donc valorisé dans la comptabilisation carbone comme un **puit de stockage**, donc au travers d'**émissions « négatives » de carbone dit « biogénique » ou « CO₂b »**.

Il est considéré comme une mesure le fait d'imposer aux lots des niveaux minimums d'usage de matériaux biosourcés, au travers du Cahier de Prescriptions. Ces niveaux sont définis, pour le scénario « projet avec mesures », en partie par analogie avec ceux du label « Bâtiment biosourcé », qui quantifie leur usage en masse (kg) de matériaux biosourcés par surface (m²) :

Performances environnementales des bâtiments	Quantité de matériaux biosourcés (niveau équivalent au label « bâtiment biosourcé »)
Logements collectifs	Niveau 2 (24 kg/m²SDP)
Logements individuels	Niveau 2 (63 kg/m²SDP)
Commerces, services et équipements	Niveau 2 (24 kg/m²SDP)

Tableau 25 : Niveaux équivalents au label « matériaux biosourcés »

Néanmoins, dans le cadre du projet (scénario « projet » sans mesures), le recours à des matériaux biosourcés est un incontournable pour l'atteinte des performances carbonées imposées aux différents lots. Il a donc été fait des hypothèses de quantités « moyennes » de matériaux biosourcés nécessaires pour l'atteinte des ambitions carbone.

Pour les bâtiments existants (« État initial »), il est considéré que les matériaux biosourcés n'ont pas été utilisés, car les préoccupations de qualité environnementales du bâtiment conventionnels à l'époque de leur construction n'incitaient pas à avoir recours particulièrement à ce type de matériaux.

En synthèse, les quantités de matériaux biosourcés considérées sont précisées ci-dessous :

Quantité de matériaux biosourcés	Etat initial (2020)	Zoom 2022	Zoom 2026	Projet (2038)	Projet avec mesures
Logements collectifs	-	9 kg/m ² SDP	14 kg/m ² SDP	18 kg/m ² SDP	24 kg/m ² SDP
Logements individuels	-	21 kg/m ² SDP	32 kg/m ² SDP	42 kg/m ² SDP	63 kg/m ² SDP
Tertiaire	-	9 kg/m ² SDP	14 kg/m ² SDP	18 kg/m ² SDP	24 kg/m ² SDP

Tableau 26 : Quantité de matériaux biosourcés estimés selon les typologies de bâtiments

Le facteur de stockage considéré est de **1,7 kgCO₂b/kg_{biosourcés}**. Il s'agit d'une moyenne entre les facteurs de stockage pour différents types de matériaux biosourcés (bois, paille de blé...) d'après :

- l'ADEME (Base Carbone pour le bois, à la condition de provenir de forêts "bien gérées" et d'être inclus dans des objets qui dureront au moins un siècle, l'emploi d'une tonne de bois d'œuvre donne un crédit de 1 850 kgCO₂e, ce qui correspond à la teneur moyenne en CO₂ du bois), soit un facteur de stockage de 1,85 kgCO₂b/kg_{biosourcés} ;
- le LAB Cercle Promodul / INEF 4 (la plateforme de production et de diffusion des connaissances pour la réussite des transitions du bâtiment) :
 - Bois feuillu : 1,57 kgCO₂b/kg_{biosourcés} ;
 - Bois résineux : 1,63 kgCO₂b/kg_{biosourcés} ;
 - Paille de blé/chanvre/lin : 1,44 kgCO₂b/kg_{biosourcés} ;
 - Chènevotte de chanvre, anas de lin, miscanthus : 1 54 kgCO₂b/kg_{biosourcés}.

À la fois pour les bâtiments existants et les bâtiments projet, les émissions totales du poste « matériaux biosourcés » ont été divisées par 50 ans, selon la durée de vie estimée dans les méthodes d'ACV du bâtiment et conformément à la réglementation.

Bilan GES du poste

Le bilan d'émission annuelle de GES sur ce poste pour les scénarios considérés est le suivant :

Sous-postes	2016 et Fil de l'eau		Zoom projet 2022		Zoom projet 2026		Projet (2038)		Projet avec mesures	
	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b
TOTAL	0	0	0	- 11	0	- 23	0	- 100	0	- 134
Logements collectifs	-	-	-	-10	-	-20	-	-74	-	-98
Logements individuels	-	-	-	-	-	-0	-	-6	-	-9
Commerces, services, équipements	-	-	-	-1	-	-3	-	-20	-	-27

Tableau 27 : Bilan d'émission de GES du poste « Stockage carbone dans les matériaux biosourcés »

3.6.10.4 Déchets valorisés issus de la démolition

Détail du calcul

À partir du poste relatif aux émissions liées aux déchets générés par la démolition des bâtiments (cf. § 3.6.8) des taux de valorisation par type de déchets ont été appliqués :

Taux de valorisation des déchets de démolition	Béton	Déchets inertes en mélange	Déchets non dangereux en mélange	Bois B	Plâtre	Métaux
	70 %	70 %	30 %	70 %	70 %	70 %

Ces taux de valorisation ont ensuite été associés aux facteurs d'émission relatifs aux émissions évitées grâce à la valorisation des déchets issus de la démolition. Ceux-ci proviennent de la Base Carbone de l'ADEME, issus de l'[étude menée](#) conjointement par le Syndicat des Entreprises de Déconstruction, Dépollution et Recyclage (SEDDRe) et le bureau d'études Crowe – Sustainable Metrics.

Mesure relative à la valorisation des déchets

Cette mesure s'appuie sur celle relative aux émissions liées aux déchets générés par la démolition des bâtiments : en considérant une meilleure prise en compte de la collecte et du traitement des déchets de la phase de démolition, une optimisation de 90 % du tonnage pour le scénario projet avec mesures a été calculée par rapport au scénario projet. Le tonnage de déchets de démolition considéré étant moins important, les émissions liées à la valorisation des déchets issus de la démolition le sont elles aussi.

Bilan GES du poste

Le bilan d'émission annuelle de GES sur ce poste pour les scénarios considérés est le suivant :

Sous-postes	Projet (2038)		Projet avec mesures	
	t CO ₂ eq	t CO ₂ b	t CO ₂ eq	t CO ₂ b
TOTAL	- 5 963	0	-5 366	0
<i>Logements</i>	-459	-	-413	-
<i>Commerces, services, équipements</i>	-5 504	-	-4 953	-

Tableau 28 : Bilan d'émission de GES du poste « Stockage carbone dans les matériaux biosourcés »

4 RÉSULTATS : EMISSIONS TOTALES

- Les émissions du scénario « initial » (2016) sont estimées à environ 1 937 t_{CO2e}/an. Les émissions « négatives » correspondantes au stockage carbone dans le sol représentent – 11 t_{CO2e}/an, ainsi le bilan présente un total de **1 926 t_{CO2e}/an**.
- Les émissions du zoom « projet » (2022) sont estimées à environ 1 054 t_{CO2e}/an. Les émissions « négatives » représentent – 584 t_{CO2e}/an, ainsi le bilan présente un total de **470 t_{CO2e}/an**.
- Les émissions du zoom « projet » (2026) sont estimées à environ 1 338 t_{CO2e}/an. Les émissions « négatives » représentent – 812 t_{CO2e}/an, ainsi le bilan présente un total de **526 t_{CO2e}/an**.
- Les émissions du scénario « projet » (2038) sont estimées à environ 11 994 t_{CO2e}/an. Les émissions « négatives » représentent – 8 122 t_{CO2e}/an, ainsi le bilan présente un total de **3 873 t_{CO2e}/an**. Les émissions engendrées par le déplacement de la halte ferroviaire ont été intégrées dans ce scénario.
- Les émissions du scénario « projet » (2038) avec mesures sont estimées à environ 11 200 t_{CO2e}/an. Les émissions « négatives » représentent – 7 561 t_{CO2e}/an, ainsi le bilan présente un total de **3 639 t_{CO2e}/an**. Les améliorations proposées afin de diminuer les émissions engendrées par le déplacement de la halte ferroviaire ont été intégrées dans ce scénario.
- Les émissions du scénario « fil de l'eau » sont estimées à environ 1 484 t_{CO2e}/an. Les émissions « négatives » correspondantes au stockage carbone dans le sol représentent – 11 t_{CO2e}/an, ainsi le bilan présente un total de **1 473 t_{CO2e}/an**.

	État initial (2016)			Projet (2038)			Projet avec mesures (2038)			Projet fil de l'eau		
	t CO ₂ e+b	t CO ₂ e	t CO ₂ b	t CO ₂ e+b	t CO ₂ e	t CO ₂ b	t CO ₂ e+b	t CO ₂ e	t CO ₂ b	t CO ₂ e+b	t CO ₂ e	t CO ₂ b
Émissions brutes	1 937	1 937	-	11 994	11 994	-	11 200	11 200	-	1 484	1 484	-
Émissions négatives	-11	-	-11	-8 122	-8 009	-113	-7 561	-7 413	-148	-11	-	-11
Émissions nettes	1 926	1 937	-11	3 873	3 985	-113	3 639	3 787	-148	1 473	1 484	-11

Tableau 29 : Bilan des émissions de GES totales

En 2038, le projet d'aménagement de la ZAC des Minotiers émettra plus de Gaz à Effet de Serre que l'état initial : **+1 713 t_{CO2e}/an en émissions nettes**, mais il permettra également de stocker/éviter une quantité moindre de gaz à effet de serre (ses « émissions négatives » sont beaucoup plus importantes).

En 2038, avec la mise en place de mesures de réduction (transports en commun favorisés, stockage carbone dans le sol augmenté, recours aux matériaux biosourcés favorisés), le scénario « projet avec mesures » augmente de **+1 713 t_{CO2e}/an** par rapport à l'état initial.

Les mesures de réduction quantifiées comptent pour une réduction de **-234 t_{CO2e}/an**, soit 6 %, par rapport au projet en l'absence de mesures.

Notons que le poste correspondant aux émissions directes des sources mobiles des engins en phase déconstruction / démolition est prépondérant dans les émissions totales. En effet, il représente en 2038 des émissions qui s'élèvent à environ **5 676 t_{CO2e}/an**, soit environ **47 %** de l'ensemble des émissions.

Rappelons que les **surfaces de bâtiments** considérées diffèrent du fait de la réalisation du projet : 62 675 m² SDP au total en état initial, pour 157 600 m² de SDP au total en projet, soit une **augmentation de +151 %**.

Les émissions nettes sont donc d'environ 31 kgCO_{2e}/m²SDP en état initial, contre environ 25 kgCO_{2e}/m²SDP dans le projet en 2038 et 23 kgCO_{2e}/m²SDP en projet avec mesures (-25%). Ainsi, **le projet avec mesures réalise une optimisation de -25% des émissions par surfaces construites** (à nuancer : le projet consiste en un changement de programmation sur les surfaces du quartier).

Avec une valeur de 3 873 t_{CO2e}/an, le projet est plus émetteur en termes d'émissions de gaz à effet de serre que le site actuel (1 926 t_{CO2e}/an), mais par essence, ce projet consiste en une opération de densification urbaine au sein d'un périmètre inchangé, et il réalise donc tout de même une optimisation de -25% des émissions par surfaces bâties. De plus, la mise en place de mesures permet de diminuer les émissions de GES globales du projet.

Les résultats des émissions par postes sont présentés ci-dessous sous forme de graphiques.

Les émissions de CO₂ biogéniques ou « CO₂b » (poste 12 uniquement) sont sommées aux émissions en CO₂ équivalent ou « CO₂e ».

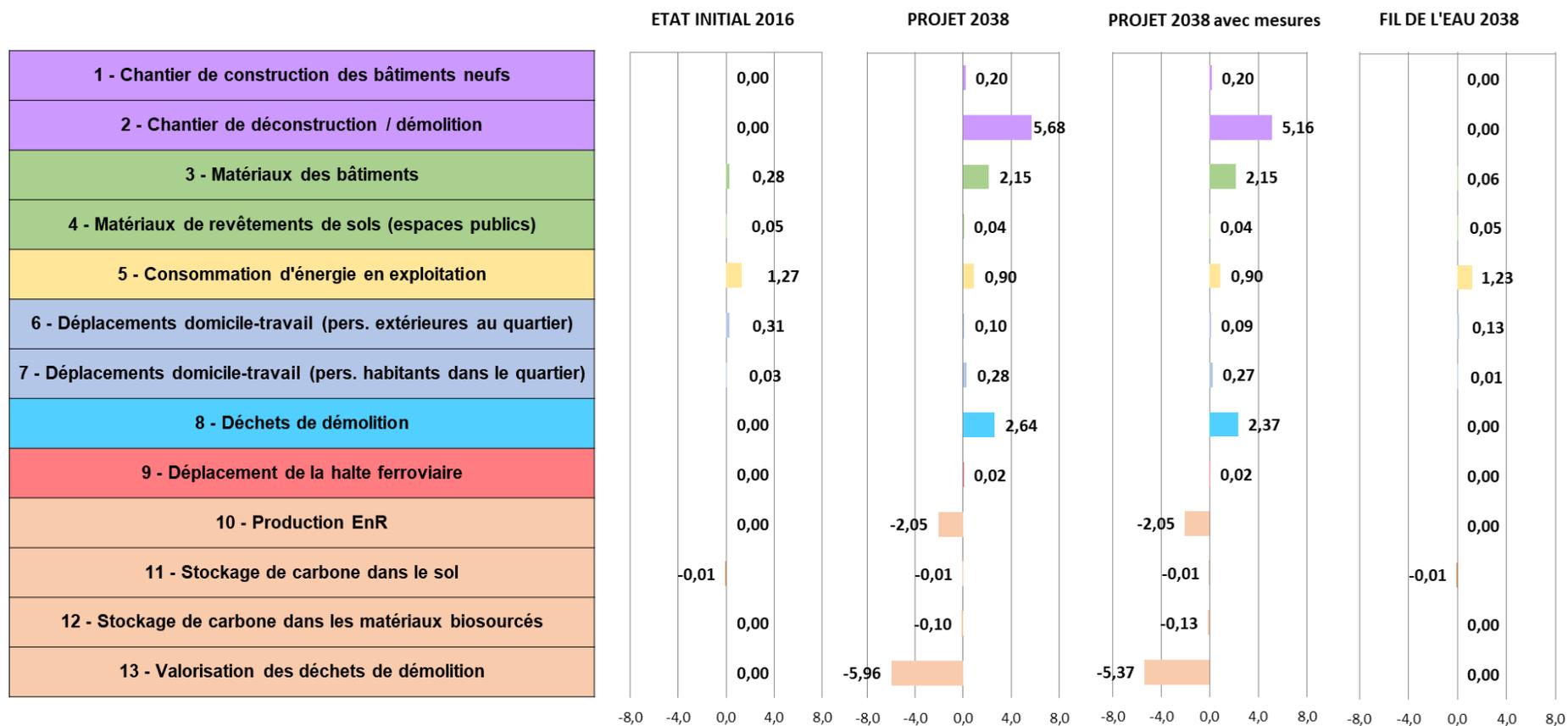
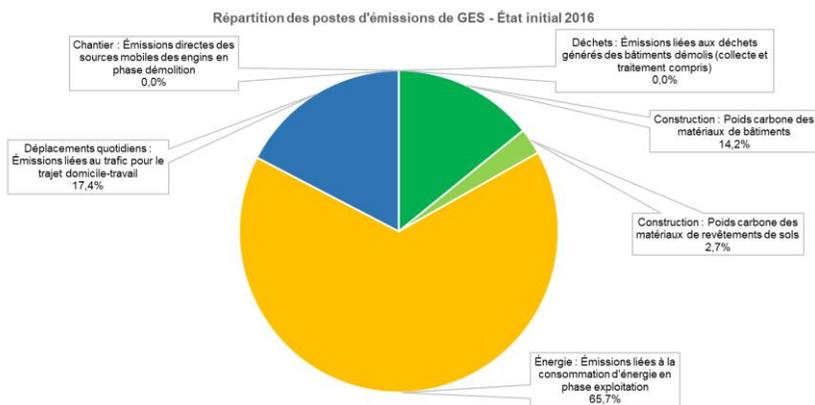


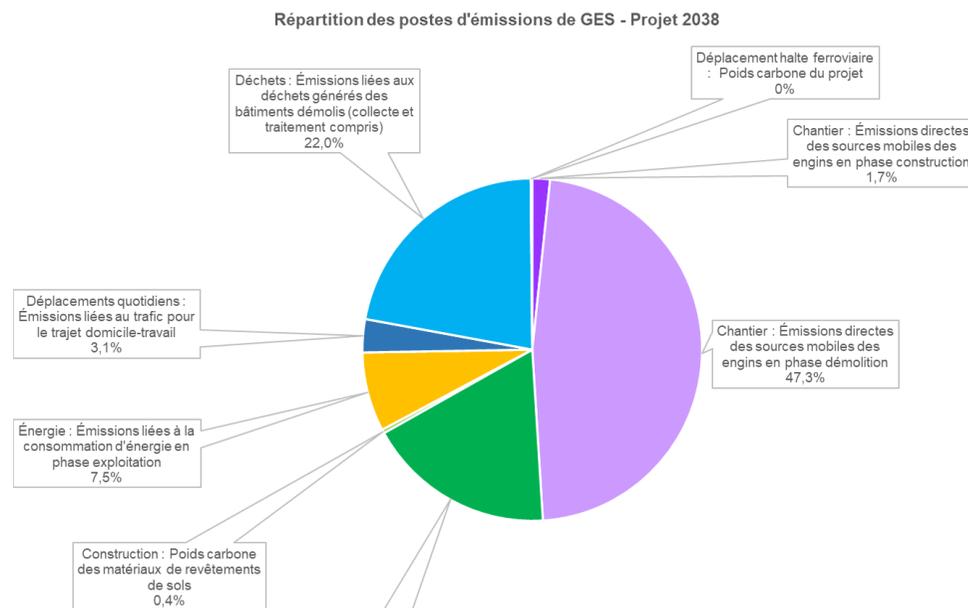
Figure 7 : Bilans GES en ktCO₂e/an sur les quatre scénarios

Le détail des émissions est donné au §6 Annexe 01 – Résultats détaillés des quatre scénarios.

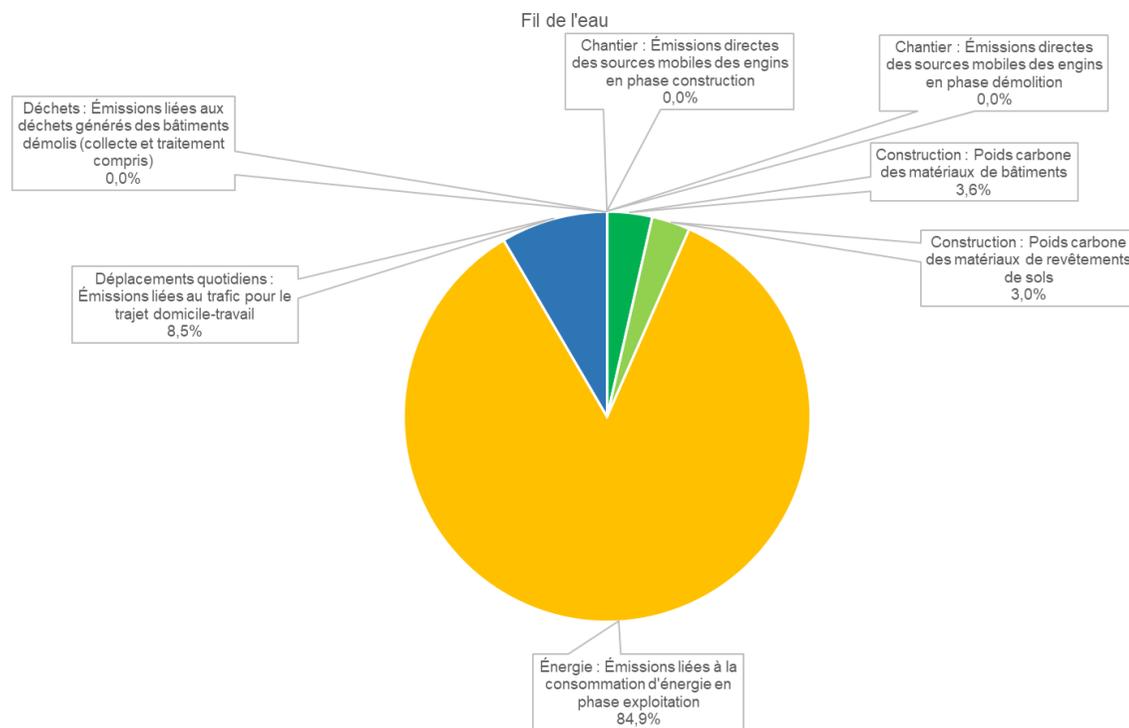
La répartition des émissions de CO₂ par poste sont présentés ci-dessous pour l'état initial, le projet 2038 et le scénario fil de l'eau, sous forme de graphiques en secteurs :



- Chantier : Émissions directes des sources mobiles des engins en phase construction
- Chantier : Émissions directes des sources mobiles des engins en phase démolition
- Construction : Poids carbone des matériaux de bâtiments
- Construction : Poids carbone des matériaux de revêtements de sols
- Énergie : Émissions liées à la consommation d'énergie en phase exploitation
- Déplacements quotidiens : Émissions liées au trafic pour le trajet domicile-travail
- Déchets : Émissions liées aux déchets générés des bâtiments démolis (collecte et traitement compris)



- Chantier : Émissions directes des sources mobiles des engins en phase construction
- Chantier : Émissions directes des sources mobiles des engins en phase démolition
- Construction : Poids carbone des matériaux de bâtiments
- Construction : Poids carbone des matériaux de revêtements de sols
- Énergie : Émissions liées à la consommation d'énergie en phase exploitation
- Déplacements quotidiens : Émissions liées au trafic pour le trajet domicile-travail
- Déchets : Émissions liées aux déchets générés des bâtiments démolis (collecte et traitement compris)
- Déplacement halte ferroviaire : Poids carbone du projet



- Chantier : Émissions directes des sources mobiles des engins en phase construction
- Chantier : Émissions directes des sources mobiles des engins en phase démolition
- Construction : Poids carbone des matériaux de bâtiments
- Construction : Poids carbone des matériaux de revêtements de sols
- Énergie : Émissions liées à la consommation d'énergie en phase exploitation
- Déplacements quotidiens : Émissions liées au trafic pour le trajet domicile-travail
- Déchets : Émissions liées aux déchets générés des bâtiments démolis (collecte et traitement compris)
- Déplacement halte ferroviaire : Poids carbone du projet

5 LIMITES DE L'ÉTUDE

Des hypothèses ont été faites afin de réaliser les calculs : elles se basent principalement sur les calculs réalisés dans le cadre de l'Évaluation Environnementale réalisée par EODD Ingénieurs Conseils, selon les savoirs faire et retours d'expérience dont ces experts bénéficient. Néanmoins, le périmètre considéré et la temporalité de l'étude sont discutables, notamment les divers scénarios retenus.

Le stockage de carbone dans le sol ou dans les matériaux biosourcés est très dépendant du cycle de vie de l'entité : selon si la gestion du sol est faite en favorisant la micro-biodiversité ou si elle l'appauvrit, la capacité de stockage du sol va rester la même ou se dégrader. Pour les matériaux biosourcés, cela dépend du mode de fin de vie retenu (incinération, avec valorisation ou non, etc.).

Dans l'étude telle que réalisée, en faisant le choix de considérer trois scénarios « instantanés », il n'est pas tenu compte de la notion de « cycle de vie » des gaz à effets de serre, notamment via le cycle de dégradation du sol et des matériaux biosourcés. La méthode ne prend pas en compte le fait que la production de carbone des matériaux biosourcés est différée par rapport à son stockage, la décomposition de la matière organique s'étalant sur plusieurs années (ici, considéré comme moyenné sur 20 ans pour avoir des valeurs annuelles). De plus, le stockage dans le sol ou dans les matériaux biosourcés ne s'effectue pas « chaque année », au sens où pour les besoins du bilan, (pouvoir sommer avec les autres postes) les stocks sont considérés annuels, car présents en « instantané ». En réalité, sur ces 20 ans, le carbone stocké sera « resté le même ».

Les limites de cette étude résident également dans les postes d'émission retenus dans ce calcul : **certains postes ont nécessairement été négligés** par absence de données disponibles ou délibérément, en s'appuyant sur la bibliographie et l'expérience d'EODD, devant les ordres de grandeur des autres postes. Il s'agit notamment :

- du poste « transport amont » ou « transport aval » qui regrouperait l'**acheminement et le post-acheminement** des flux de matières qui transitent et sont transformées dans les locaux d'activités ou industriels du site (matières premières, produits finis) ;
- des émissions liées aux déplacements : ont été pris en compte uniquement les déplacements domicile-travail (les plus conséquents en termes d'émissions de GES), les **déplacements de loisirs** ont été négligés tout comme les **déplacements des clients** qui rejoignent les locaux commerciaux ;
- des émissions indirectes liées à la consommation d'électricité de l'**éclairage public** ;
- du poids carbone et chantier des **réseaux divers** (eau, électricité, RCU etc. qui sont installés dans le quartier) : les revêtements de sols ont été les seuls considérés (le poste « Voirie et Réseaux Divers » -VRD- s'en tient donc aux « voiries », par manque de données sur réseaux (*De plus, ce poste des revêtements de sols se base sur des hypothèses de revêtements « classiques » car ceux-ci ne sont pas connus en détails aujourd'hui pour le projet*) ;
- les déchets en phase exploitation (ordures ménagères, etc.) et les consommations d'eau des ménages et bâtiments n'ont pas été pris en compte non pris en compte car ces postes sont classiquement négligeables devant les autres en termes d'ordres de grandeur et l'effort méthodologique a plutôt été porté sur les postes « principaux » ;
- de la phase de **fin de vie du site**, en raison de l'incertitude à ce sujet.

Il faut également noter que l'étude est réalisée sans préciser les **incertitudes** inhérentes aux résultats, issues des incertitudes des facteurs d'émissions et des données d'entrée eux-mêmes.

6 ANNEXE 01 – RÉSULTATS DÉTAILLÉS DES QUATRE SCÉNARIOS

	n°	Postes d'émissions	SCENARIO INITIAL (2016)			SCENARIO PROJET (2038)			SCENARIO PROJET avec mesures (2038)			SCENARIO FIL DE L'EAU (2038)		
			t CO2eq + t CO2b	t CO2e	t CO2b	t CO2eq + t CO2b	t CO2e	t CO2b	t CO2eq + t CO2b	t CO2e	t CO2b	t CO2eq + t CO2b	t CO2e	t CO2b
Chantier	1	Chantier de construction des bâtiments neufs	0	0	0	202	202	0	203	203	0	0	0	0
	2	Chantier de démolition	0	0	0	5 676	5 676	0	5 159	5 159	0	0	0	0
Matériaux	3	Matériaux des bâtiments	275	275	0	2 147	2 147	0	2 147	2 147	0	61	61	0
	4	Matériaux de revêtements de sols (espaces publics)	52	52	0	43	43	0	43	43	0	52	52	0
Énergie	5	Consommation d'énergie en exploitation	1 273	1 273	0	897	897	0	897	897	0	1 228	1 228	0
Déplacements	6	Déplacements domicile-travail (pers. extérieures au quartier)	308	308	0	98	98	0	95	95	0	131	131	0
	7	Déplacements domicile-travail (pers. habitants dans le quartier)	29	29	0	277	277	0	267	267	0	12	12	0
Déchets	8	Déchets de démolition	0	0	0	2 638	2 638	0	2 374	2 374	0	0	0	0
Haute	9	Déplacement de la halte ferroviaire	0	0	0	17	17	0	16	16	0	0	0	0
SOMME - Emissions brutes (tCO2e/an)			1 937	1 937	-	11 994	11 994	-	11 200	11 200	-	1 484	1 484	-
Émissions évitées	10	Production EnR	0	0	0	-2 046	-2 046	0	-2 046	-2 046	0	0	0	0
	11	Stockage de carbone dans le sol	-11	0	-11	-13	0	-13	-14	0	-14	-11	0	-11
	12	Stockage de carbone dans les matériaux biosourcés	0	0	0	-100	0	-100	-134	0	-134	0	0	0
	13	Valorisation des déchets de démolition	0	0	0	-5 963	-5 963	0	-5 366	-5 366	0	0	0	0
SOMME - Emissions "négatives" (tCO2e/an)			11	-	11	8 122	- 8 009	113	7 561	- 7 413	148	11	-	11
SOMME - Emissions nettes (tCO2e/an)			1 926	1 937	11	3 873	3 985	113	3 639	3 787	148	1 473	1 484	11



**GARES
& CONNEXIONS**

DÉPLACEMENT DE LA HALTE VOYAGEURS DE LA COMMUNE DU PONT-DE-CLAIX (ISÈRE) AU SEIN DE LA ZAC DES MINOTIERS

Étude d'Analyse de cycle de vie (ACV) dans le cadre de
la prise en compte des émissions de gaz à effet de serre
générées par le projet



[Date de publication]

SOMMAIRE

1	SYNTHESE	2
2	CONTEXTE ET OBJECTIFS	3
2.1	ENGAGEMENTS POLITIQUES EN FAVEUR DU CLIMAT	3
2.2	ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE : DE QUOI PARLE-T-ON ?	3
2.3	CONTEXTE DU PROJET	4
2.4	PRÉSENTATION DE L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE	8
3	MÉTHODOLOGIE	9
3.1	DÉFINITIONS DES NOTIONS CLÉS	9
3.2	UNITÉ FONCTIONNELLE ET FRONTIÈRE DU SYSTÈME	10
3.3	MÉTHODE DE DÉFINITION DES INDICATEURS	10
3.4	DESCRIPTIF SOMMAIRE DE LA HALTE FERROVIAIRE	10
3.6	INVENTAIRE ET SOURCE DES DONNÉES	11
3.6.1	<i>Contributeur « composants »</i>	11
3.6.2	<i>Contributeur « chantier »</i>	11
3.6.3	<i>Limites de l'étude</i>	12
4	RÉSULTATS	13
4.1	RÉSULTAT GLOBAL	13
4.2	DÉCOMPOSITION PAR LOT DES L'INDICATEUR EGES PCE PROJET	14
5	PISTES D'AMÉLIORATION PROPOSÉES	15
5.1	RELATIVES AUX PRESTATIONS TECHNIQUES ET ARCHITECTURALES	15
5.1.1	<i>Fondations sur pieux vissés</i>	15
5.1.2	<i>Voirie et revêtements en pierre naturelle</i>	15
5.1.3	<i>D'autres pistes constructives bas carbone</i>	16
6	ANNEXE 1 : GLOSSAIRE	17
7	ANNEXE 2 : INVENTAIRE ET QUANTITATIFS DES COMPOSANTS SAISIS	18
8	ANNEXE 2 : INVENTAIRE ET QUANTITATIFS DES COMPOSANTS NÉGLIGÉS	20

1 SYNTHÈSE

Le présent document propose une Analyse du cycle de vie (ACV) de la halte voyageurs au sein de la ZAC des Minotiers à Pont-de-Claix (Isère).

Le principe de cette analyse est de sommer les estimations des émissions carbone des matériaux et du chantier selon les produits de construction et les équipements considérés. L'utilisation de fiches de déclarations environnementale et sanitaire permet de convertir des données connues et évaluées en émissions carbone à l'échelle de l'opération.

Ce rapport constitue l'étude d'Analyse de cycle de vie (ACV) du déplacement de la halte voyageurs du Pont-de-Claix. Selon les produits et données fournis, le projet atteint **852,389 teq.CO₂** pour le contributeur Eges_{PCE} sur la période d'étude de référence, soit 50 ans.

Certains matériaux sont très impactants, et dans l'objectif de **diminuer le poids carbone du projet**, des pistes d'amélioration ont été proposées. Ainsi, il apparaît intéressant de choisir des **matériaux relatifs aux prestations techniques et architecturales moins émetteurs en carbone**.

En effet, modifier certaines de ces prestations diminuerait d'environ **49,788 teq.CO₂ de poids carbone** de la halte voyageurs. Ci-après un récapitulatif par poste des améliorations proposées pour l'indicateur relatif aux émissions des gaz à effet de serre des produits de construction et équipements (Eges_{PCE}) :

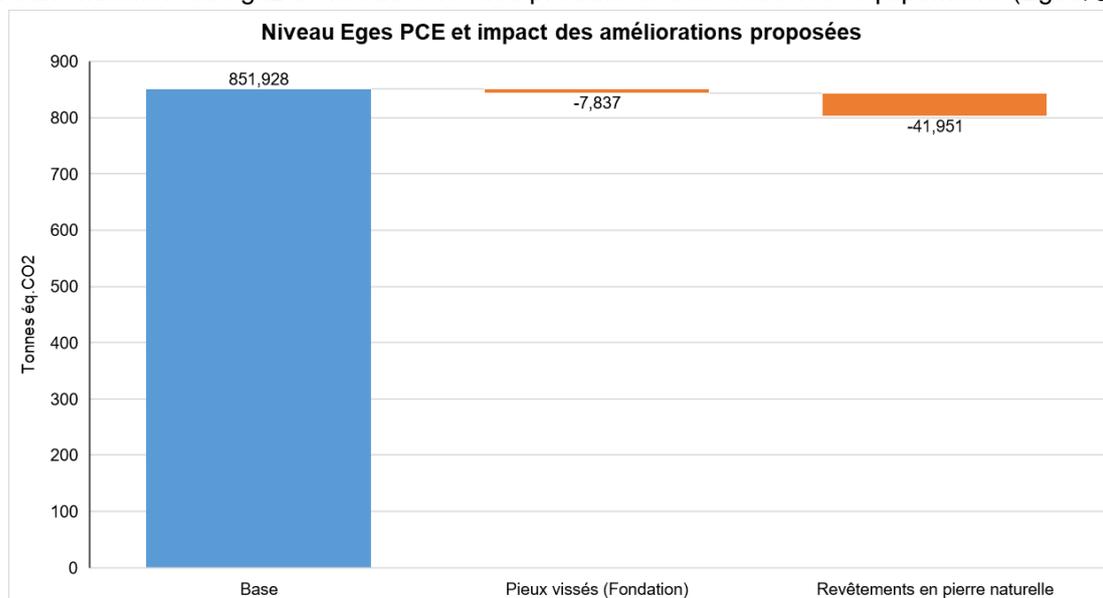


Figure 1 : Niveau Eges PCE du projet sur 50 ans et impact des options envisagées

2 CONTEXTE ET OBJECTIFS

2.1 ENGAGEMENTS POLITIQUES EN FAVEUR DU CLIMAT

L'Accord de Paris vise à limiter le réchauffement climatique à 2°C d'ici la fin du siècle par rapport à l'ère préindustrielle. Cela implique de réduire les émissions mondiales de Gaz à effet de serre (GES), de 40% en 2030 à 70 % en 2050 par rapport à 2010, et d'atteindre des niveaux d'émission proches de zéro en 2100.

La France s'est engagée, avec la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC), à réduire de 75 % ses émissions de GES à l'horizon 2050 par rapport à 1990 (Facteur 4).

Par ailleurs, l'Union européenne, au travers de son « Paquet Climat », a relevé l'ambition européenne de baisse des émissions de 40 % à 55 % d'ici à 2030, par rapport à 2010.

Les initiatives de la SNCF sont nombreuses concernant la diminution de son impact carbone. Elles relèvent de la mobilité électrique ou fonctionnant grâce aux agrocarburants, la circulation des trains hybrides existante depuis 2020, le déploiement en cours du train hydrogène, la sortie du diesel en 2035...

Dans la même optique, la SNCF a passé des accords d'achat d'électricité auprès de fournisseurs d'énergies renouvelables et développé des programmes photovoltaïques. L'objectif est d'atteindre 25 % d'amélioration carbone entre 2015 et 2025, à travers des projets innovants et durables tels que des nouvelles gares certifiées Haute qualité environnementale (HQE), la valorisation d'énergie récupérée ou encore la mise en œuvre d'énergies renouvelables (éolienne, hydraulique, solaire)³.

2.2 EMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE : DE QUOI PARLE-T-ON ?

Tout projet d'aménagement urbain ou d'infrastructure engendre des émissions carbone, selon les différentes étapes de son cycle de vie.

Les émissions en phase exploitation directes (émissions issues des sources fixes de combustion comme les systèmes de chauffage par exemple) et indirectes (émissions indirectes liées à la consommation d'électricité) sont les plus évidentes, mais elles ne se résument pas à cette phase.

En effet, la phase chantier en elle-même est responsable d'une certaine quantité d'émission de GES directes (utilisation d'engins sur le site) ou indirectes (poids carbone des matériaux produits et utilisés pour la construction et les installations, déplacements domicile-travail des salariés...), et la phase post-exploitation également (traitement des déchets, travaux de démantèlement sur le site).

Néanmoins, selon la conception du projet d'aménagement et des choix adoptés, une certaine quantité d'émissions peut être évitée, en ayant recours aux énergies renouvelables ou en axant l'accessibilité du site sur les transports en commun et les modes doux par exemple. Il est également possible de favoriser le stockage de carbone, notamment en limitant l'imperméabilisation des sols au profit de zones de pleine terre végétalisées (les végétaux agissent comme des puits de carbone grâce à l'absorption du CO₂ dans le processus de la photosynthèse) ou encore en intégrant une certaine quantité de matériaux biosourcés (bois, paille, textiles recyclés...) dans les constructions.

³ Source : <https://www.sncf.com/fr/engagements/developpement-durable/engagement-grand-groupe-pour-la-planete>

2.3 CONTEXTE DU PROJET

Source(s) : *Étude d'impact du projet de déplacement de la halte voyageurs de la commune du Pont-de-Claix (Isère) au sein de la ZAC des Minotiers mise à jour – EODD 2022*

Localisé au nord de la commune du Pont-de-Claix, le renouvellement urbain de la ZAC des Minotiers en cours s'organise autour de l'avenue Charles de Gaulle qui traverse le site d'est en ouest, du cours Saint-André et de la voie ferrée dans sa partie ouest, puis présente une avancée vers le sud jusqu'à la rue Lavoisier, le long de la rue de la Fraternité.

C'est dans ce contexte de renouvellement urbain que s'inscrit le déplacement de la halte voyageurs au sein du pôle d'échanges multimodal de l'Étoile.

La future halte voyageurs sera composée d'un quai latéral unique situé à l'ouest de la voie ferrée existante et de divers aménagements détaillés plus bas. Le déplacement de la halte voyageurs n'implique donc aucune modification du tracé ferroviaire.

Les caractéristiques principales du quai seront les suivants :

- une longueur de 150 m, permettant ainsi l'accueil de TER de grande capacité ;
- une hauteur de 0,55 m ;
- une largeur de 2,50 m (accessible PMR).



Figure 2 : zone d'implantation de la halte voyageurs (vue depuis la passerelle enjambant la voie ferrée et prise en direction du sud), entre la voie ferrée et le parking du PEM de l'Étoile

Le quai s'inscrira sur un délaissé situé entre la voie ferroviaire existante et le parking existant du pôle multimodal.

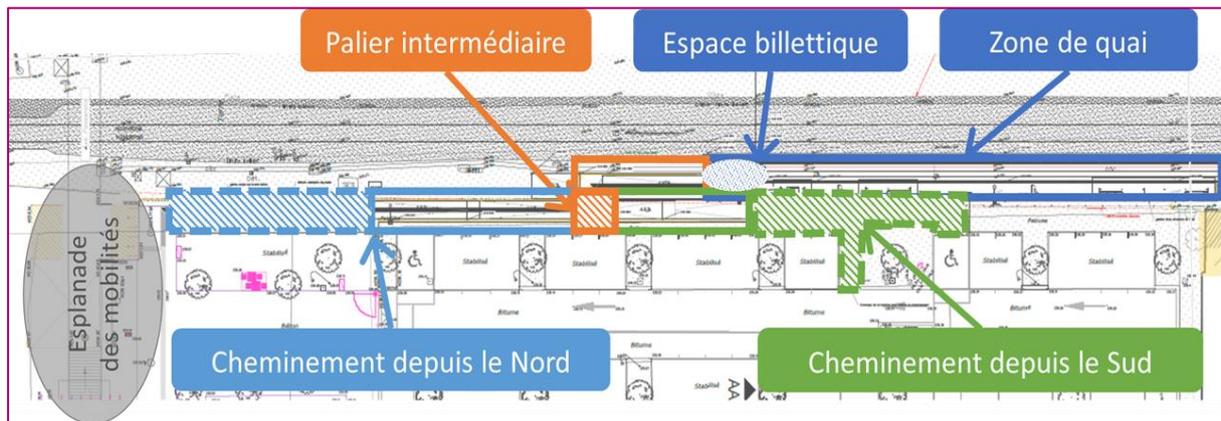


Figure 3 : plan de situation de la future halte voyageurs
(source : NOTICE Explicative, SNCF 2021)

Les aménagements et mobiliers retenus pour la future halte sont les suivants :

- trois abris étroits avec parement latéraux et arrière en tôle :
 - un abri pour abriter le distributeur de billet régionaux en entrée de quai ;
 - un abri avec 1 assis debout 3 places et 1 bancs 3 places ;
 - un abris avec 2 assis debout 3 places, 2 bancs 3 places et un affichage central ;
- bancs répartis sur la longueur ; en complément des assises sous d'abri, il est prévu :
 - un banc 3 places positionné en partie large de halte entre 2 abris ;
 - deux assis debout répartis dans la partie la plus étroite de la halte au Sud ;
- deux corbeilles doubles ;
- un panneau d'indication perpendiculaire en bout de quai pour le conducteur du train ;
- un panneau avec le nom de la halte avec candélabre ;
- des bandes d'éveil de vigilance ;
- un candélabre avec haut-parleur tous les 25 m ;
- un local technique.

La halte disposera également d'une horloge, d'un ou plusieurs écrans dynamiques multimodaux affichant les prochains départs (trains, tramways et bus), de panneaux d'orientation, d'un distributeur automatique de billets et d'un composteur/valideur.

Pendant la phase de création de ces nouvelles installations, la desserte de la gare actuelle sera maintenue.



Figure 4 : exemple de halte voyageurs



Figure 5 :

nord du quai en projet (source : AREP/J-M Besse)

partie



Figure 6 : partie sud du quai en projet (source : AREP/J-M Besse)

Au stade actuel des études, le phasage travaux envisagé est le suivant :

- la première étape portera sur les adaptations des équipements ferroviaires, notamment vis-à-vis de l'implantation existante des artères de câbles et de la signalisation ferroviaire ;
- la deuxième étape concernera les travaux de voie, avec le remplacement des traverses au droit du futur quai ;
- la troisième étape portera sur la création du quai ;
- la dernière étape consistera à implanter l'ensemble des équipements évoqués ci-dessus nécessaires au bon fonctionnement de la halte : pose de l'abri de quai, de la signalétique, de la billettique...

La base de chantier se situera sur le parking contigu au futur quai sur une surface d'environ 80 m². Dans la mesure du possible, les travaux ferroviaires seront mis en œuvre en parallèle d'autres opérations ferroviaires afin de limiter les impacts sur les circulations.

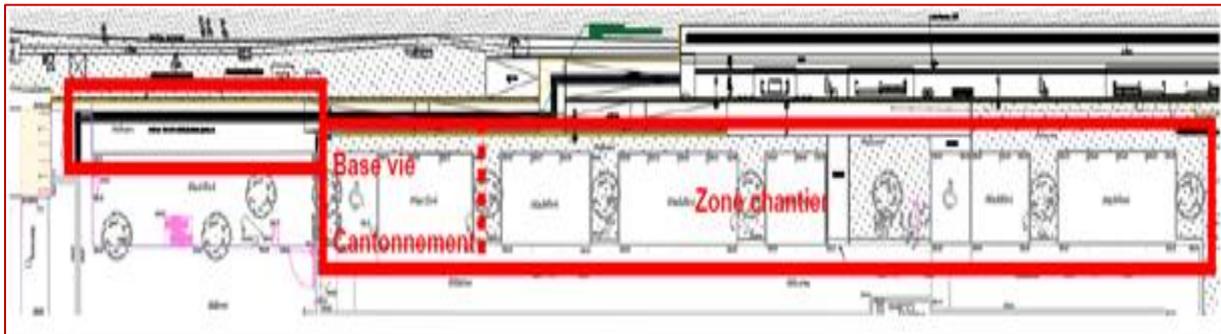


Figure 7 : principe d'implantation des installations de chantier
(source : NOTICE Explicative, SNCF 2022)

Au stade actuel des études, la **durée des travaux est estimée à cinq mois**, avec une mise en service envisagée en décembre 2024.

L'objectif de ce document est d'évaluer les principes constructifs en intégrant les orientations générales de conceptions et ainsi **établir le bilan carbone de ce projet**. Ce document doit ainsi permettre de fournir des invariants dans le choix des matériaux, tout en proposant des options garantissant ainsi une réelle flexibilité et souplesse créative au concepteur.

L'avis délibéré n°2022-40 adopté lors de la séance du 21 juillet 2022 sur l'actualisation de l'étude d'impact de la ZAC de Pont-de-Claix (38) a confirmé que « dans l'état actuel du dossier, l'opération se traduit par une augmentation des émissions de GES (celles liées à la construction de la halte) ». À l'échelle de l'opération du déplacement de la gare, l'Autorité environnementale a donc recommandé de présenter un bilan des émissions de GES générées par l'opération de déplacement de la gare.

Afin de faciliter l'analyse des impacts environnementaux du projet, **l'étude s'est focalisée uniquement sur les produits de construction et les équipements de la halte voyageurs**.

2.4 PRÉSENTATION DE L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE

À l'heure où les consommations énergétiques des bâtiments et des infrastructures sont réduites au maximum, l'énergie utilisée pour fabriquer et mettre en œuvre les matériaux destinés à la construction ou à la rénovation de ceux-ci prend une place de plus en plus considérable dans le bilan énergétique total d'une opération. L'impact des matériaux sur l'environnement est donc une thématique qui doit être étudiée, dans l'optique de minimiser l'énergie grise et les émissions de carbone des opérations.

On estime aujourd'hui que pour un bâtiment ayant une durée de vie moyenne de 50 ans, les matériaux de construction représentent 56 % des émissions de CO₂ entre leur extraction, leur transformation, leur transport et leur déconstruction en fin de vie. Des émissions sont également présentes en phase exploitation (39 % en incluant les usages annexes comme les ascenseurs et l'informatique) ou encore dans les procédés liés au chantier lui-même (3 %).

L'Analyse de cycle de vie (ACV) a pour but de calculer les impacts environnementaux des produits de construction depuis la fabrication du bâtiment jusqu'à sa fin de vie.



Figure 8 : Schéma de l'analyse du cycle de vie (source : ATF-BPT)

L'ACV s'appuie sur les Fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FDES) des produits de construction, documents élaborés suivant la norme NF-EN-15804, qui permettent de mesurer l'impact environnemental global des matériaux suivant de multiples indicateurs.

L'ACV permet par exemple, de :

- quantifier l'énergie grise des matériaux ;
- calculer les émissions de CO₂ liés aux matériaux de construction ;
- estimer les consommations d'eau liées aux matériaux.

Aujourd'hui, le CSTB (Centre scientifique et technique du bâtiment) estime que « pour 1 mètre carré de bâtiment, il faut compter environ 1 tonne de CO₂ sur toute la durée de vie du bâtiment, dont 500 à 600 kg pour la phase construction ». Les professionnels de la construction doivent abaisser cette facture carbone en procédant à une construction « raisonnée », employant moins de matériaux, moins énergivore et dont les sources sont décarbonées.

3 MÉTHODOLOGIE

L'analyse de cycle de vie a été réalisée en quatre étapes, conformément à la norme NF-EN -15978 : 2011 :

- définition des objectifs et du champ de l'étude (unité fonctionnelle, frontières...);
- inventaire du cycle de vie (bilan comptable des prélèvements et des rejets);
- évaluation de l'impact du cycle de vie (passage des flux en catégories d'impacts et modélisation en impacts);
- interprétation (vérification, études de sensibilité, utilisation des résultats).

Le logiciel Elodie v.3 a été utilisé : il est développé par le CSTB.

3.1 DÉFINITIONS DES NOTIONS CLÉS

Gaz à effet des serre (GES) : constituant gazeux de l'atmosphère naturel ou anthropogène, qui absorbe et émet le rayonnement d'une longueur d'onde spécifique du spectre du rayonnement infrarouge émis par la surface de la Terre, l'atmosphère et les nuages. Ce constituant peut être émis de différentes manières, naturelle (exemple : volcanisme) ou bien d'origine humaine (exemple : la combustion de produits pétroliers, provenant du carbone accumulé dans le sous-sol, qui libère notamment du dioxyde de carbone ou CO₂). Les gaz à effet de serre considérés sont ceux énumérés par l'arrêté du 25 janvier 2016 relatif aux gaz à effet de serre couverts par les bilans d'émission de gaz à effet de serre, à savoir : CO₂, CH₄, N₂O ainsi que des gaz fluorés (HFC, PFC, SF₆, NF₃).

Bilan d'émissions de gaz à effet de serre (BEGES) : évaluation du volume total de GES émis dans l'atmosphère sur une année par les activités de la personne morale sur le territoire national, et exprimé en tonnes de dioxyde de carbone équivalent.

Équivalent dioxyde de carbone (équivalent CO₂ ou « eq.CO₂ ») : unité utilisée pour comparer les émissions de divers gaz à effet de serre, en convertissant leurs quantités émises en la quantité équivalente de CO₂ ayant le même Potentiel de réchauffement global (PRG).

Potentiel de réchauffement global (PRG) : terme utilisé pour décrire la puissance relative d'un gaz à effet de serre en tenant compte de la durée de temps pendant laquelle il restera actif dans l'atmosphère. Les PRG actuellement utilisés sont calculés sur 100 ans. Le dioxyde de carbone est considéré comme le gaz de référence et il lui est attribué un PRG égal à 1 pour 100 ans.

Catégories d'émissions : plusieurs catégories d'émissions sont distinguées, listées ci-dessous, dénommées « postes par contributeur » dans certains référentiels :

- **Contributeur « Produits de construction et équipements » (PCE) ou « Composants »** : ensemble des composants et matériaux renseignés selon la donnée environnementale et la quantité envisagée mise en œuvre ;
- **Contributeur chantier** : couvre les différents impacts du chantier de construction (consommations d'énergie du chantier, consommations et rejets d'eau du chantier, évacuation et traitement des déchets du terrassement).

3.2 UNITÉ FONCTIONNELLE ET FRONTIÈRE DU SYSTÈME

La période d'étude de référence, correspondant à la durée de vie programmée de l'ouvrage, est de **50 ans**.

La surface de projet a été évaluée à partir du rendu de l'Avant-projet (AVP), soit 461 m².

Cette ACV concerne non pas un bâtiment de logement ou un bâtiment tertiaire, mais plutôt une infrastructure de transport. C'est pourquoi, les contributeurs pris en compte pour le projet concernent uniquement :

- les produits de construction et équipements (« composants ») ;
- la phase chantier.

Les impacts environnementaux générés par les déchets d'activité produits lors de la vie du bâtiment (hors déchets de déconstruction) ne sont pas pris en compte.

Par ailleurs, les impacts liés aux déplacements des personnes utilisant la halte ne sont pas comptabilisés ici car il est estimé que les trajets (distances, nombre) des voyageurs reliant la halte actuelle et la halte future sont identiques.

3.3 MÉTHODE DE DÉFINITION DES INDICATEURS

L'indicateur synthétique « changement climatique » vise à regrouper sous une seule valeur l'effet additionné de tous les polluants qui contribuent à l'accroissement de l'effet de serre. Cet indicateur est exprimé en « équivalent CO₂ » du fait que par définition l'effet de serre attribué au CO₂ est fixé à 1 et celui des autres substances relativement au CO₂ (CITEPA, 2008).

Les résultats du niveau carbone de l'ACV se basent sur deux indicateurs :

- l'indicateur Eges_{Projet}, correspondant aux émissions de gaz à effet de serre du projet (chantier compris) ;
- l'indicateur Eges_{PCE}, correspondant aux émissions de gaz à effet de serre de produits de construction et des équipements utilisés.

3.4 DESCRIPTIF SOMMAIRE DE LA HALTE FERROVIAIRE

Le présent document vise à évaluer la performance carbone du projet, dont les caractéristiques principales sont synthétisées dans le tableau ci-après :

Système constructif et revêtements extérieurs	
Fondations	Fondations par longrines et semelle en béton
Superstructure	Poutres en acier
Voirie et revêtements	Revêtements en béton et enrobé
Clôtures	Murs en gabion et garde-corps en acier

Tableau 1 : Système constructif et revêtements extérieurs du projet

3.6 INVENTAIRE ET SOURCE DES DONNÉES

3.6.1 CONTRIBUTEUR « COMPOSANTS »

L'analyse des produits a été effectuée selon les lots suivants :

N°	Désignation du lot
1	VRD (Voirie et Réseaux Divers) et aménagements extérieurs de la parcelle
2	Fondations et infrastructure
3	Superstructure - Maçonnerie
4	Réseaux d'énergie (courant fort)
5	Réseaux de communication (courant faible)

Tableau 2 : Liste des lots analysés pour le contributeur « composants »

Les FDES utilisées ne correspondent pas nécessairement aux produits décrits. En l'absence de données correspondant aux matériaux exacts prévus, celles utilisées se rapprochent au mieux des produits décrits (unité fonctionnelle équivalente). L'ensemble des produits considérés pour établir cette ACV est présenté en annexe.

Les données environnementales utilisées se base sur les données transmises par la SNCF en date du 19/07/2022.

Les données environnementales sélectionnées pour les composants, sont dans l'ordre de priorité :

- les Fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FDES) / Profils environnementaux de produits (PEP) individuels ;
- les FDES / PEP collectifs ;
- les données d'un configurateur environnemental (type Betie ; Debois, Save...) ;
- les données par défaut (MDEGD : Module de données environnementales génériques par défaut).

3.6.2 CONTRIBUTEUR « CHANTIER »

Les données utilisées pour renseigner le contributeur « chantier » sont issues d'un outil simplifié de calcul des consommations de chantier fourni par le logiciel Elodie.

Les hypothèses utilisées sont récapitulées ci-après :

	Valeur
Typologie	Autre typologie
Durée de chantier	0 mois d'été AVEC grue* 0 mois d'hiver AVEC grue* 5 mois d'été SANS grue* 0 mois d'hiver SANS grue*
Quantité de terres excavées (m³)	200
Quantité de terres évacuées (m³)	0
Distance au lieu d'évacuation des terres (km)	2

Tableau 3 : Hypothèses pour le calcul du contributeur « chantier »

* Valeurs estimées

Concernant les 23 m³ d'apport de terre végétale sur site, ceux-ci n'ont pas été considérés dans le calcul de l'ACV. Une optimisation à envisager serait une reprise de la terre du site lors des terrassements. Cependant, cette option reste à étudier en fonction des caractéristiques géologiques du sol notamment.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 5 suivant :

	Valeur
Consommation d'eau (m ³)	200
Rejet d'eau (m ³)	200
Consommation de carburant (L)	200
Consommation d'électricité (kWh)	26 000

Tableau 4 : Résultats pour le contributeur "chantier"

3.6.3 LIMITES DE L'ÉTUDE

Aujourd'hui, les fiches vérifiées sont encore peu nombreuses mais leur nombre est amené à croître avec le temps. En effet, en construisant de plus en plus de bâtiments et d'infrastructures bas carbone, les entreprises vont être obligées de fournir des matériaux peu consommateurs d'énergie et à faible impact.

Les informations environnementales des systèmes techniques étant à ce jour limitées, il n'est pas possible d'intégrer la majorité des systèmes techniques dans le calcul.

Des hypothèses ont été faites afin de réaliser les calculs : elles se basent principalement sur les calculs réalisés dans le cadre de l'évaluation environnementale réalisée par EODD Ingénieurs Conseils, selon les savoirs faire et retours d'expérience dont ses experts bénéficient.

Par ailleurs, certains produits et équipements fournis ont été négligés (cf. annexe 2) car ceux-ci n'existent pas ou n'ont pas d'équivalent dans la base INIES de données environnementale et sanitaire des produits du bâtiment.

Il faut également noter que l'étude est réalisée sans préciser les **incertitudes** inhérentes aux résultats, issues des incertitudes des facteurs d'émissions et des données d'entrée eux-mêmes.

4 RÉSULTATS

Cette partie détaille les résultats de l'ACV relatifs au paramètre « changement climatique » pour le système constructif étudié.

4.1 RÉSULTAT GLOBAL

	Eges Projet (kg eq. CO₂/m²réf.an)	Eges PCE Projet (kg eq. CO₂/m²réf.an)
Système constructif	1854	1 848

Tableau 5 : Répartition des émissions de gaz à effet de serre du projet selon les deux indicateurs Eges Projet et Eges_{PCE} Projet

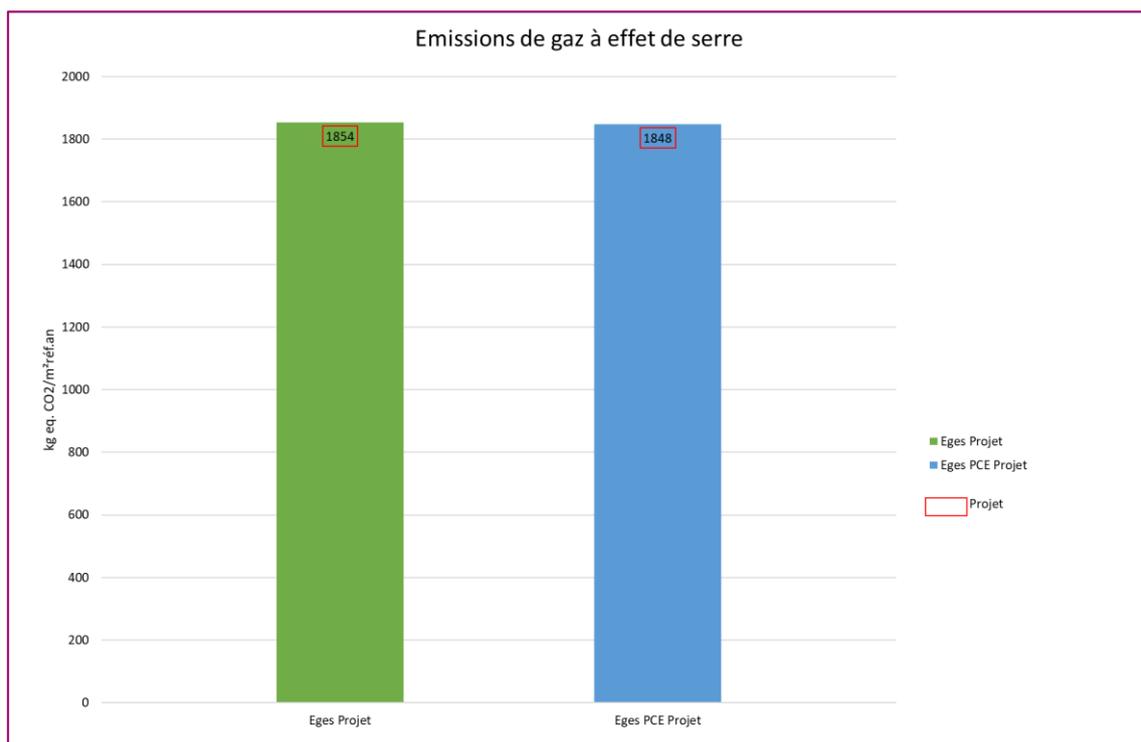


Figure 9 : Répartition des émissions de gaz à effet de serre selon l'indicateur Eges_{Projet} et Eges_{PCE} Projet

Étant donné la quantité importante des émissions de gaz à effet de serre liées aux produits de construction et équipements (Eges_{PCE}), nous allons nous intéresser à cet indicateur et à sa décomposition par la suite.

4.2 DÉCOMPOSITION PAR LOT DES L'INDICATEUR EGES PCE PROJET

Voici ci-après une répartition par lot de l'indicateur Eges_{PCE} :

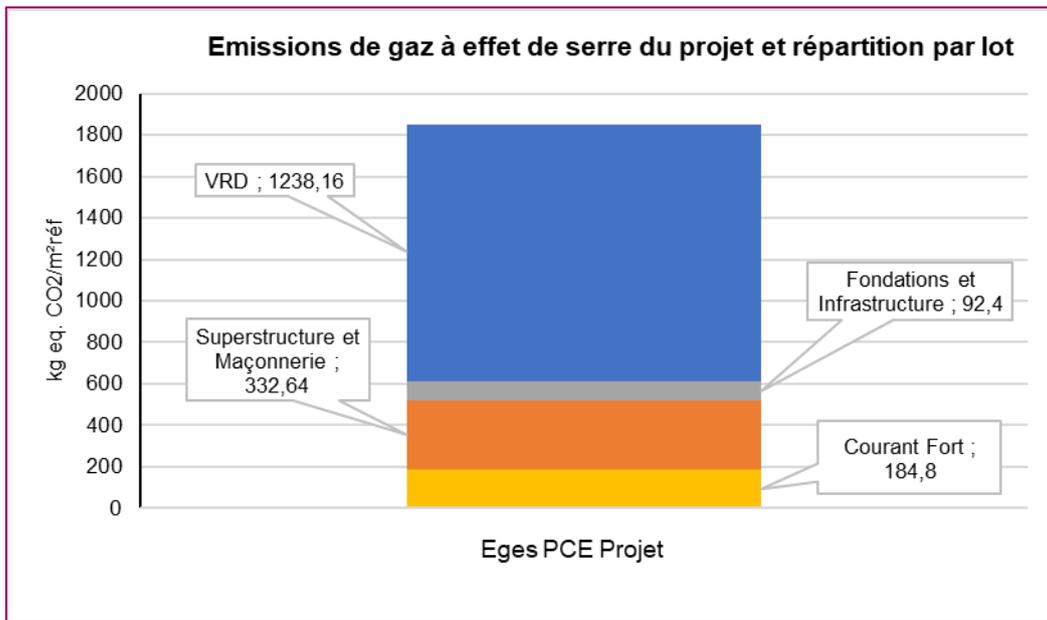


Figure 10 : Répartition des émissions de gaz à effet de serre pour le projet et pour les produits de constructions et équipements

Le projet de déplacement de la halte voyageurs émettra donc **851,928 teq.CO₂ sur 50 ans**, soit **17,039 eq. CO₂/an**. La répartition par lot (en %) est la suivante :

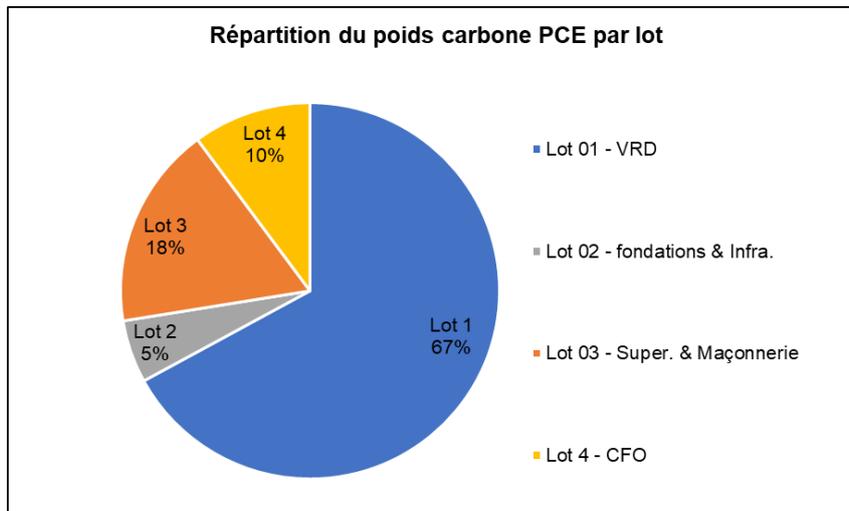


Figure 11 : Répartition des lots du poste « Produits de construction et équipements » du point de vue des émissions de gaz à effet de serre

Le lot le plus impactant sur le projet est le lot 1 « VRD », à cause des revêtements en béton, des murs en gabion et des garde-corps pris en compte dans ce lot.

Le lot 3 « Superstructure et maçonnerie » est aussi très impactant car les éléments de ce lot correspondent à des poutres en acier, matériau très énergivore lors de sa production notamment.

Vient ensuite le lot 2 « Fondations et infrastructures », qui comporte les longrines préfabriquées et les semelles en béton.

Enfin, le lot « CFO », qui correspond à un lot forfaitaire consiste à considérer le transport de l'énergie à travers le réseau électrique selon le référentiel Énergie-Carbone.

5 PISTES D'AMÉLIORATION PROPOSÉES

L'objectif ici est de proposer des pistes d'amélioration pour diminuer le poids carbone du projet. Pour l'ensemble des pistes d'amélioration présentées ci-dessous, les gains en kg eq.CO₂ total seront détaillés afin d'envisager la diminution du poids carbone de la halte voyageurs.

Pour information, avant d'envisager les pistes d'amélioration, il convient de rappeler que le recours à la technique du quai modulaire par rapport à une méthode classique permet de limiter l'apport de ciment, les terrassements et excavations ainsi que la durée du chantier. La technique ainsi retenue est de ce fait plus faiblement émettrice au regard d'une technique dite conventionnelle.

5.1 RELATIVES AUX PRESTATIONS TECHNIQUES ET ARCHITECTURALES

5.1.1 FONDATIONS SUR PIEUX VISSÉS

Les fondations correspondent à un des lots les plus émetteurs de carbone à cause du béton, et plus particulièrement de la fabrication du ciment qui correspond au processus le plus émetteur. En première approche, des fondations en béton (longrines et béton de propreté) ont été considérées. Une option permettant de diminuer le poids de ces composants a été testé avec l'utilisation de 174 pieux vissés type Techno Pieux (modèle P4-16 galvanisé) :

	Eges, _{PCE} base	Eges, _{PCE} variante	Gain
	kg eq. CO ₂	kg eq. CO ₂	
Projet	1 848	1 831	1 %

Tableau 6 : Résultats relatifs au paramètre "changement climatique" avec et sans optimisation

Opter pour des fondations sur pieux vissés permettrait un gain de **17 kg eq.CO₂**. De plus, cette variante permet de **diminuer le volume de terres excavées de 40 %**, soit 80 m³.

Nota : cette solution alternative est proposée au Porteur du projet. Cette solution doit pouvoir s'envisager si elle ne remet pas en cause les critères de durabilité, d'entretien et de sécurité de l'ouvrage.

5.1.2 VOIRIE ET REVÊTEMENTS EN PIERRE NATURELLE

En première approche, le revêtement du quai a été considéré en béton armé. Il a été testé l'utilisation de pierre naturelle en option pour diminuer le poids carbone de ce revêtement.

	Eges, _{PCE} base	Eges, _{PCE} variante	Gain
	kg eq. CO ₂	kg eq. CO ₂	
Projet	1 848	1 757	5 %

Tableau 7 : Résultats relatifs au paramètre "changement climatique" avec et sans optimisation

Cette optimisation, consistant à choisir un revêtement en pierre naturelle pour le quai plutôt qu'un revêtement en béton armé permettrait un gain de **91 kg eq.CO₂**.

Nota : cette solution alternative est proposée au Porteur du projet. Cette solution doit pouvoir s'envisager si elle ne remet pas en cause les critères de durabilité, d'entretien et de sécurité de l'ouvrage.

5.1.3 D'AUTRES PISTES CONSTRUCTIVES BAS CARBONE

Certains matériaux disposent de données environnementales individuelles ou collectives moins impactantes que les données par défaut. Choisir ces fiches individuelles ou collectives, comme ce qui a été proposé pour l'option des fondations sur pieux vissés par exemple, permet de diminuer le poids carbone du projet.

Aussi, mettre en œuvre des matériaux biosourcés participe à la diminution de l'impact carbone du projet.

Nota : cette solution alternative est proposée au Porteur du projet. Cette solution doit pouvoir s'envisager si elle ne remet pas en cause les critères de durabilité, d'entretien et de sécurité de l'ouvrage.

6 ANNEXE 1 : GLOSSAIRE

ACV : Analyse du cycle de vie (ou *LCA en anglais : Life cycle assesement*)

AVP : Avant-projet

FDES : Fiches de déclaration environnementale et sanitaire

HQE : Haute QUALITE ENVIRONNEMENTALE

INIES : Base de données environnementale et sanitaire des produits du bâtiment

MDEGD : Module de données environnementales génériques par défaut

PEP : Profils environnementaux de produits

7 ANNEXE 2 : INVENTAIRE ET QUANTITATIFS DES COMPOSANTS SAISIS

Dénomination du lot	Description	Qté	U	Nom	Type	Poids net kgCO ₂
Lot 2.1 - Fondations	Béton de propreté	60	m ³	P05336_C25_XC2_CEMIIIA_A0	Configurateur	830
Lot 2.1 - Fondations	Longrines préfabriquées	120	m ³	P05336_C25_XF1_CEMIIIA_A80	Configurateur	29 113
Lot 1.3 - Voirie, revêtement, clôture	Béton armé préfabriqué pour quai	50	m ³	Dalles de voirie et revêtements extérieurs en béton préfabriqué [ép. = 5 cm]	MDEGD	106 500
Lot 1.3 - Voirie, revêtement, clôture	TVN	32	m ³	Gravier tout venant	MDEGD	961
Lot 1.3 - Voirie, revêtement, clôture	Géotextile	105	m ²	Géotextile en polypropylène (300g/m ²)	MDEGD	147
Lot 1.3 - Voirie, revêtement, clôture	Béton sablé	20	m ³	Voirie et revêtements extérieurs à base de sable stabilisé avec liant hydraulique [ép. 10 cm] [A4= 0 km]	MDEGD	7 480
Lot 1.3 - Voirie, revêtement, clôture	Stabilisé	14	m ²	Voirie et revêtements extérieurs à base de sable stabilisé avec liant hydraulique [ép. 10 cm] [A4= 0 km]	MDEGD	5 236
Lot 1.3 - Voirie, revêtement, clôture	Reprise d'enrobé	100	m ²	Enrobé bitumineux pour voirie [ép. 6 cm]	MDEGD	8 830
Lot 1.3 - Voirie, revêtement, clôture	Reprise de stabilisé	350	m ²²	Voirie et revêtements extérieurs à base de sable stabilisé avec liant hydraulique [ép. 10 cm] [A4= 0 km]	MDEGD	130 900
Lot 1.3 - Voirie, revêtement, clôture	Garde-corps droit ht 1,1 m	154	ml	Garde-corps barreaudé en acier inoxydable	MDEGD	25 279
Lot 1.3 - Voirie, revêtement, clôture	Garde-corps rampant ht 1,1 m	12	ml	Garde-corps barreaudé en acier inoxydable	MDEGD	1 976
Lot 1.3 - Voirie, revêtement, clôture	Garde-corps droit et rampant ht variable	55	ml	Garde-corps barreaudé en acier inoxydable	MDEGD	9 058
Lot 1.3 - Voirie, revêtement, clôture	Garde-corps bout de quai ht 2 m - Accès technique à la voie	5	ml	Garde-corps barreaudé en acier inoxydable	MDEGD	889
Lot 1.3 - Voirie, revêtement, clôture	Portillon ht 2 m - Accès technique à la voie	2	u	Clôture en acier [haut. 2,5m]	MDEGD	672
Lot 1.3 - Voirie, revêtement, clôture	Garde-corps droit ht 1,44 m - Clôture de voie	22	ml	Garde-corps barreaudé en acier inoxydable	MDEGD	3 623
Lot 1.3 - Voirie, revêtement, clôture	Main courante rampant	90	ml	Main courante d'escaliers en acier inoxydable [diam = 45mm]	MDEGD	1 180
Lot 1.3 - Voirie, revêtement, clôture	Reprise de clôture de voie - Panneaux grillagé rigide sur potelet	5	ml	Clôture en acier de grillage soudé en rouleau avec poteaux [h. 1,2m]	MDEGD	218
Lot 1.3 - Voirie, revêtement, clôture	Gabion	60	m ²	Gabion [Remplissage de pierres inclus] [A4 = 0 - 100 km]	MDEGD	170 645
Lot 1.3 - Voirie, revêtement, clôture	Maille métallique Inox	145	m ²	Treillis en acier inoxydable anti-termites	MDEGD	922
Lot 2.1 - Fondations	Fondation semelle filante pour muret	25	ml	Semelle en béton de dimension 0.40x0.30 m, C25/30 XF1 CEM II/A	FDES / PEP	715
Lot 2.1 - Fondations	Muret de soubassement en béton préfa ht fini 0,45 m	23	m ²	Mur de soutènement en béton préfabriqué [profil L] [semelle intégrée]	MDEGD	12 263
Lot 3.2 - Eléments horizontaux - Poutres	Poutres transversales	5593	kg	Elément porteur horizontal en acier utilisé comme élément d'ossature	MDEGD	32 057
Lot 3.2 - Eléments horizontaux - Poutres	Poutres de rive transversales	488	kg	Elément porteur horizontal en acier utilisé comme élément d'ossature	MDEGD	2 795
Lot 3.2 - Eléments horizontaux - Poutres	Contreventement	445	kg	Elément porteur horizontal en acier utilisé comme élément d'ossature	MDEGD	2 551

Lot 3.2 - Eléments horizontaux - Poutres	Poutres longitudinales	4184	kg	Elément porteur horizontal en acier utilisé comme élément d'ossature	MDEGD	23 978
Lot 3.2 - Eléments horizontaux - Poutres	Poutres transversales	7705	kg	Elément porteur horizontal en acier utilisé comme élément d'ossature	MDEGD	44 159
Lot 3.2 - Eléments horizontaux - Poutres	Poutres de rive transversales	569	kg	Elément porteur horizontal en acier utilisé comme élément d'ossature	MDEGD	3 261
Lot 3.2 - Eléments horizontaux - Poutres	Contreventement	885	kg	Elément porteur horizontal en acier utilisé comme élément d'ossature	MDEGD	5 070
Lot 3.2 - Eléments horizontaux - Poutres	Poutres longitudinales	4781	kg	Elément porteur horizontal en acier utilisé comme élément d'ossature	MDEGD	27 404
Lot 10.4 - Eclairage extérieur	11 lampadaires, type standard SNCF avec 11 luminaires	11	u	Luminaires pour éclairage fonctionnel (mât inclus)	MDEGD	16 768
Lot 11.2 - Réseaux et systèmes de contrôle et régulation	Automate de régulation des luminaires	11	u	Interrupteurs crépusculaires	MDEGD	1 685
Lot 10.2 - Ensemble de dispositifs pour la sécurité	Bande guidage podotactile	57	ml	Bande podotactile pour PMR en acier inoxydable	MDEGD	5 010
Lot 1.1 - Réseaux (sur parcelle)	Fourreau plastiques TP110	600	ml	Gaines et fourreaux en polypropylène [DN entre 100 et 200mm]	MDEGD	25 202
Lot 1.1 - Réseaux (sur parcelle)	Câbles cuivre type u100 R2V	800	ml	Câble cuivre basse tension [section conductrice entre 95 et 285 mm ² /3G]	MDEGD	39 706
Lot 1.1 - Réseaux (sur parcelle)	Fibre optique	600	ml	Fibre optique (Réseaux) [16 fibres optiques]	MDEGD	4 000
Lot 10.6 - Installations techniques	Jeux de mats aciers	2	u	Mat de candélabre [haut. 3 m]	MDEGD	1 311
Lot 10.1 - Réseaux électrique	Lot CFO			[E+C-] Lot forfaitaire – Lot 10 – Bâtiment tertiaire – Réseaux d'énergie (courant fort)	Donnée conventionnelle	53 476
Lot 10.1 - Réseaux électrique	Lot CFA			[E+C-] Lot forfaitaire – Lot 11 – Bâtiment tertiaire – Réseaux de communication (courant faible)	Donnée conventionnelle	5 532
Lot 2.1 - Fondations	Variante pour fondations : Pieux vissés	174	u	Techno Pieux – Modèle P4-16 galvanisé	FDES / PEP Individuel	22 620
Lot 1.3 - Voirie, revêtement, clôture	Variante pour revêtement du quai : Voirie et revêtements extérieurs en pierre naturelle	50	m ³	Voirie et revêtements extérieurs en pierre naturelle	MDEGD	66 440

8 ANNEXE 2 : INVENTAIRE ET QUANTITATIFS DES COMPOSANTS NÉGLIGÉS

Description	Qté	U
Abri Rousseau Etroit E2 - Paravent tôle perforée	1	u
Abri Rousseau Etroit E4 - Paravent tôle perforée	1	u
Abri Rousseau Etroit E10 - Paravent tôle perforée	1	u
Banc Signature 3 places avec accoudoirs	1	u
Assis debout Signature 2 places	2	u
Poubelle	2	u
Hauts parleurs	15	u
Ecrans d'affichage	2	u
Horloges	2	u
Composteur	1	u
Valideur	1	u
Distributeur de billet	1	u
Baie outdoor de gestion des équipements d'information voyageur (baie informatique dimension 700*800 mm)	1	u

