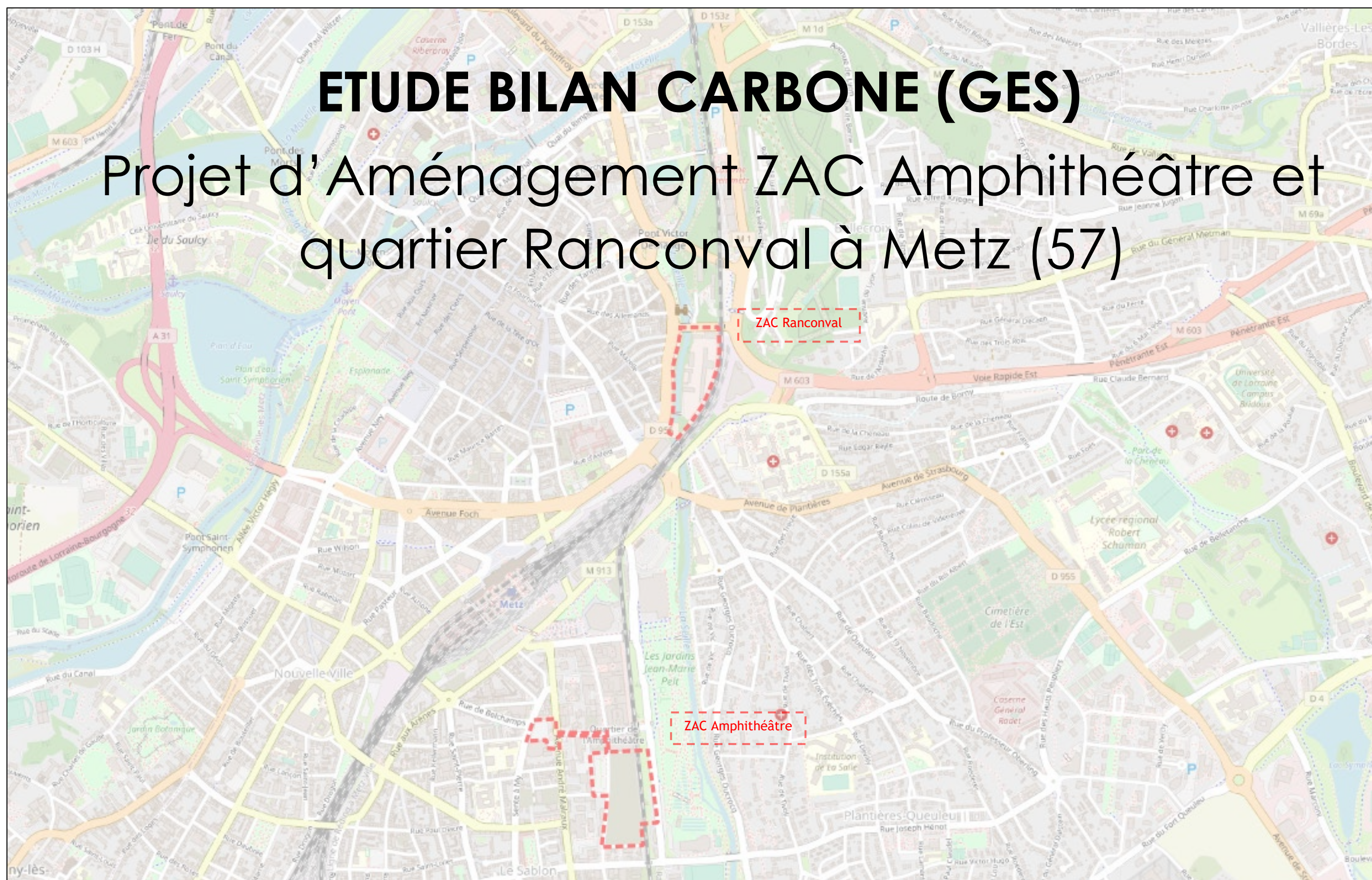


ETUDE BILAN CARBONE (GES)

Projet d'Aménagement ZAC Amphithéâtre et quartier Ranconval à Metz (57)



Version	Date	Auteurs	Date de la vérification	Vérifié par	Commentaire
V1	29/02/2024	AOU	09/08/2024	AOU	Impact GES
V2	06/09/2024	AOU	05/09/2024	PAU	Reprise remarques

SOMMAIRE

I BILAN CARBONE..... 5

I.1 Présentation du projet 5

I.2 Objet et contexte 6

I.3 Périmètre d’évaluation du bilan carbone 6

I.4 Généralités 6

I.4.1 Les gaz à effet de serre à considérer..... 6

I.4.2 Les pouvoirs de réchauffement global à utiliser 7

I.4.3 Durée de vie d’un projet 7

I.5 Méthodologie 8

I.5.1 Émissions liées au trafic 8

I.5.2 Émissions liées au chantier/produits de construction et à la consommation d’énergie 8

I.5.3 Période d’évaluation..... 9

I.5.4 Scénarios étudiés..... 9

I.5.5 Postes d’émissions 9

I.5.6 Données d’entrées et hypothèses 9

I.5.7 Résultats du bilan GES pour le projet de l’Amphithéâtre 11

I.5.8 Résultats du bilan GES pour le projet de Ranconval 14

I.6 Conclusion et pistes d’amélioration 17

Table des figures

.....

Figure 1 : Plan d'aménagement du quartier Ranconval..... 5

Figure 2 : Plan d'aménagement de la ZAC Amphithéâtre..... 5

Figure 3 : Plan de masse du scénario de référence Ranconval 10

Figure 4 : Plan de masse du scénario de référence Amphithéâtre..... 10

5 : Plan de masse projet de la ZAC Ranconval..... 10

Figure 6 : Plan de masse projet de la ZAC Amphithéâtre 10

Figure 7 : Impact GES (en tCO₂/an) par postes d'émission pour ZAC Amphithéâtre (source : IRIS Conseil)
..... 13

Figure 8 : Impact GES (en tCO₂/an) par postes d'émission pour quartier Ranconval(source : IRIS Conseil)
..... 16

Table des tableaux

Tableau 1 : exemples de durée indicative d'utilisation de projet (source : NF EN 1990 : 2003 « Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures ») 7

Tableau 2 : Scénarios étudiés et postes d'émissions associés 9

Tableau 3 : Nombre de véh.km/an sur le site pour ZAC Amphithéâtre (source : IRIS Conseil) 9

Tableau 4 : Nombre de véh.km/an sur le site pour quartier Ranconval (source : IRIS Conseil)... 9

Tableau 5 : Facteurs d'émissions par catégorie de véhicule 9

Tableau 6 : Émissions de GES (en tCO₂/an) liées au trafic pour ZAC Amphithéâtre (source : IRIS Conseil)
..... 11

Tableau 7 : Émissions de GES (en tCO₂/an) liées à la construction et/ou réhabilitation pour Zac Amphithéâtre (source : IRIS Conseil) 11

Tableau 8 : Émissions de GES (en tCO₂/an) liées à la consommation d'énergie pour ZAC Amphithéâtre(source : IRIS Conseil)..... 12

Tableau 9 : Bilan des résultats des émissions de GES (en tCO₂/an) pour ZAC Amphithéâtre(source : IRIS Conseil) 12

Tableau 10 : Émissions de GES (en tCO₂/an) liées au trafic pour quartier Ranconval (source : IRIS Conseil)
..... 14

Tableau 11 : Émissions de GES (en tCO₂/an) liées à la construction et/ou réhabilitation pour quartier Ranconval(source : IRIS Conseil) 14

Tableau 12 : Émissions de GES (en tCO₂/an) liées à la consommation d'énergie pour quartier Ranconval(source : IRIS Conseil) 15

Tableau 13 : Bilan des résultats des émissions de GES pour quartier Ranconval (en tCO₂/an) (source : IRIS Conseil) 15

I Bilan carbone

I.1 Présentation du projet

La présente mission porte sur l'aménagement d'une seconde tranche d'aménagement de la ZAC de l'Amphithéâtre et de l'actuelle site du centre d'intervention et de secours des Sapeurs-Pompiers de Metz (quartier Ranconval).

La ZAC du « Quartier de l'Amphithéâtre » a pour vocation, à proximité immédiate du quartier de la gare et du centre-ville de Metz, de développer des programmes de bureaux et de commerces, ainsi que les équipements publics, le tout complété par une offre de logements collectifs.

Le dossier de réalisation a été approuvé par une délibération du Conseil de Communauté le 30 janvier 2006, lequel prévoit la création de 215 000 m² à 275 000 m² de surface de plancher (ancienne Surface Hors Œuvre Nette).

Suite à la modification du schéma directeur de la ZAC, le programme de l'opération a été modifié pour permettre le développement d'un total de 292 876 m² de SHON qui ont évolué à la marge pour atteindre un total de 296 192 m² de surface de plancher répartis de la façon suivante :

- Équipements publics (CPM, Congrès, crèche...) : 31 911 m²
- Bureaux / commerces : 134 206 m²
- Logements collectifs : 130 075 m

Aujourd'hui, l'Eurométropole de Metz projette d'étendre le périmètre et de modifier le dossier de création et le dossier de réalisation de la ZAC du Quartier de l'Amphithéâtre.

L'objectif serait ainsi d'intégrer au périmètre de la ZAC le tènement RANCONVAL et la traversée de BELCHAMPS et ainsi modifier la ZAC en une ZAC multisites :

Le site RANCONVAL, d'une superficie d'environ 2,6ha s'inscrit dans une continuité cohérente du développement du territoire messin notamment concernant sa trame Verte et Bleue et sur le volet réglementaire qui appartient au périmètre fonctionnel de la ZAC de l'Amphithéâtre.

L'objectif de notre étude est de quantifier les émissions GES du réaménagement des deux sites « l'Amphithéâtre et Ranconval ».

Les figures ci-dessous présentent les plans d'aménagement des deux sites :



Figure 1 : Plan d'aménagement du quartier Ranconval



Figure 2 : Plan d'aménagement de la ZAC Amphithéâtre

I.2 Objet et contexte

Dans l'objectif de répondre aux besoins de l'étude d'impact et ou à la MRAE, il est demandé de réaliser une étude GES (gaz à effet de serre) de l'opération.

Dans le cadre de la réduction des gaz à effet de serre (GES) au niveau national, la France s'est engagée dans une stratégie bas-carbone dont l'objectif est la neutralité carbone d'ici 2050.

L'objectif d'un bilan carbone est :

- De comptabiliser les émissions des GES entre la situation SANS PROJET (pas de modification de l'existant) et la situation AVEC PROJET (comprenant les aménagements projetés) ;
- D'apprécier l'évolution (à la hausse ou à la baisse) des quantités des GES produits ;
- De rechercher des solutions pour réduire les émissions des GES.

I.3 Périmètre d'évaluation du bilan carbone

Pour l'analyse des impacts sur le climat, le calcul des émissions de gaz à effet de serre d'un projet doit se faire sur l'ensemble de sa durée de vie (article R. 122-5).

Le périmètre temporel du projet peut être décomposé en trois phases distinctes (article D.222-1-D) :

- **une phase de construction** (incluant les études de faisabilité, conception et réalisation) jusqu'à la mise en service ;
- **une phase de fonctionnement** qui comprend les opérations d'exploitation, d'entretien, de maintenance, de renouvellement de certains composants et d'utilisation du projet ;
- **une phase de fin de vie**, le cas échéant, qui comprend les opérations de transformation effectuées à l'issue de la phase de fonctionnement, telles que la déconstruction, le transport et le traitement des déchets des matériaux et équipements du projet, ainsi que la remise en état des terrains occupés. Cependant, lorsqu'un nouveau projet s'installe sur le périmètre d'un ancien projet, la phase de fin de vie de l'ancien projet (démolition par exemple) doit être incluse dans la phase de travaux du nouveau projet (phase de construction).

I.4 Généralités

I.4.1 Les gaz à effet de serre à considérer

Les GES à prendre en compte dans le recensement des émissions sont ceux identifiés dans le cadre des accords internationaux sur le climat, retenus dans l'accord de Paris :

- le dioxyde de carbone (CO₂) ;
- le méthane (CH₄) ;
- le protoxyde d'azote (N₂O) ;
- les hydrofluorocarbures (HFC) ;
- les perfluorocarbures (PFC) ;
- l'hexafluorure de soufre (SF₆) ;
- le trifluorure d'azote (NF₃).

Les principales sources d'émissions à l'origine de ces GES sont listées ci-dessous :

- **Pour le dioxyde de carbone (CO₂)** : combustion fixe de combustibles fossiles, utilisation d'électricité produite à partir d'énergies fossiles (tout ou partie), production de pétrole/gaz et traitement, désulfuration des gaz de combustion (à base de calcaire), production d'aluminium, fer et acier, production d'acide nitrique, d'ammoniac, d'acide adipique, de ciment, production de chaux, fabrication de verre, incinération des déchets municipaux, fonctionnement des véhicules à moteur thermique, etc. Du CO₂ est également émis lorsque l'on impacte des stocks de carbone, notamment lors d'opérations de déboisement, défrichage, terrassement, travaux de labour, etc.
- **Pour le méthane (CH₄)** : combustion ou décomposition de la biomasse, production et traitement de pétrole/gaz et produits dérivés (plastiques, polymères), extraction de charbon, installations de stockage de déchets non dangereux, traitement des eaux usées municipales, fermentation entérique, etc.
- **Pour le protoxyde d'azote (N₂O)** : combustion stationnaire de combustibles fossiles/biomasse, production d'acide nitrique, production d'acide adipique, incinération de déchets solides municipaux, traitement des eaux usées municipales, transport (combustion mobile), fertilisation azotée, etc.
- **Pour les hydrofluorocarbures (HFC)** : industrie de la réfrigération/climatisation/isolation, agents propulseurs d'aérosols, etc.
- **pour les perfluorocarbures (PFC)** : agent réfrigérant, industrie des semi-conducteurs, solvant, etc.
- **pour l'hexafluorure de soufre (SF₆)** : transformateurs, industrie des semi-conducteurs, production de magnésium, etc.
- **pour le trifluorure d'azote (NF₃)** : industrie des semi-conducteurs, des panneaux solaires de nouvelle génération, des téléviseurs à écran plat, d'écrans tactiles, de processeurs électroniques, nettoyant des réacteurs de dépôt chimique en phase vapeur, etc.

I.4.2 Les pouvoirs de réchauffement global à utiliser

Chaque gaz à effet de serre précité a des caractéristiques physico-chimiques qui lui sont propres dont sa durée de vie dans l'atmosphère et sa capacité à absorber les rayons infrarouge. Une tonne de CH₄ émis dans l'atmosphère n'aura pas le même effet sur le changement climatique qu'une tonne de N₂O par exemple. Ainsi, il est d'usage de convertir les émissions de chaque gaz à effet de serre en une unité commune afin de pouvoir comparer et sommer les émissions de chaque gaz.

Les pouvoirs de réchauffement global (PRG) permettent de convertir les émissions de GES en équivalents CO₂. Ils sont proposés par le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et établis au niveau international dans le cadre de la convention climat sur les changements climatiques (CCNUCC) et font régulièrement l'objet d'actualisation en fonction des connaissances scientifiques. La contribution à l'augmentation de l'effet de serre de chacun des GES est couramment calculée en utilisant les potentiels de réchauffement climatique à 100 ans actualisés sur la base des dernières données publiées par le GIEC. L'encadré ci-dessous indique les valeurs de PRG en date de la rédaction de ce guide 5. Les émissions seront exprimées en tonnes équivalents CO₂ (t CO₂eq ou teqCO₂) ou leurs multiples (kt CO₂eq, etc.) compte tenu de ces PRG. La contribution à l'augmentation de l'effet de serre de chacun des GES est calculée en utilisant les potentiels de réchauffement climatique à 100 ans).

Valeur des PRG du cinquième rapport du GIEC (AR5)

CO₂ = 1

CH₄ = 28

N₂O = 265

HFC : varie selon le type de HFC

PFC : varie selon le type de PFC

SF₆ = 23 500

NF₃ = 16 100

Les valeurs à utiliser dans les études devront si besoin être mises à jour en fonction des évolutions scientifiques mentionnées dans les publications de GIEC qui seront actées dans le cadre des accords internationaux et signés par la France. Par ailleurs, le site de l'Ademe6 explicite la notion de PRG et ses éventuelles actualisations.

I.4.3 Durée de vie d'un projet

La durée d'un projet est donc à déterminer par le porteur de projet au cas par cas, en s'appuyant soit sur la durée de vie moyenne d'un projet de même type, soit sur les durées de référence définies au niveau national dans les guides sectoriels lorsqu'ils existent ou basées sur une bibliographie des analyses de cycle de vie (par exemple les durées de vie de produits de construction mentionnées dans les fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FDES), base de données françaises des informations sur les impacts environnementaux et sanitaires (INIES) - www.inies.fr/accueil).

À titre informatif, l'annexe nationale française NF EN 1990/NA de décembre 2011 à la norme NF EN 1990 : 2003 « Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures » donne des durées indicatives d'utilisation de projet (voir tableau ci-dessous).

Exemples	Durée indicative d'utilisation de projet en années
Structures provisoires	10
Éléments structuraux remplaçables, par exemple poutres de roulement, appareils d'appui	25
Structures agricoles et similaires	25
Structures de bâtiments et autres structures courantes	50
Structures monumentales de bâtiments, ponts, et autres ouvrages de génie civil	100

Tableau 1 : exemples de durée indicative d'utilisation de projet (source : NF EN 1990 : 2003 « Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures »)

Les estimations des émissions seront présentées d'une part à travers une chronique des émissions annuelles exprimées en t CO₂eq (et si pertinent par gaz à effet de serre) pour chacune des phases du projet : la phase de construction, fonctionnement et le cas échéant, démantèlement et réaménagement des terrains concernés, et d'autre part par la quantité estimée des émissions cumulées sur l'ensemble de la durée de vie du projet.

I.5 Méthodologie

La méthodologie employée dans un Bilan Carbone ou Bilan GES est dans un premier temps de déterminer les différents postes d'émissions de GES. Dans un second temps, il faut collecter toutes les données par poste d'émission.

L'exploitation des données collectées va permettre d'évaluer de manière globale les quantités de GES émises puis d'identifier les postes / activités les plus émetteurs de GES.

Enfin, pour les postes les plus émetteurs, il est nécessaire de chercher des solutions ou actions à mettre en œuvre pour réduire l'impact.

I.5.1 Émissions liées au trafic

Les émissions générées par le trafic sont calculées à partir de la formule suivante :

$$\text{Émissions GES (t CO}_2\text{ /an)} = \text{Trafic (véh.km/an)} \times \text{Facteur d'émission (t CO}_2\text{/véh.km)}$$

D'après les Recommandations pour l'évaluation des émissions des Gaz à effet de serre des projets routiers, un calcul simplifié pourra être réalisé à partir des variations de TMJA VL et PL entre les scénarios SANS PROJET et AVEC PROJET. Les facteurs d'émission pour 2016 sont 0,170 kg CO₂/véh.km pour les VL et 0,840 kg CO₂/véh.km pour les PL. En cohérence avec les objectifs de la Stratégie Nationale bas Carbone, on pourra supposer une décroissance des émissions par véh.km des VL de -4% par an jusqu'en 2030 et -10% par an au-delà, et pour les PL de -2,5% par an jusqu'en 2030 et -10% par an au-delà.

I.5.2 Émissions liées au chantier/produits de construction et à la consommation d'énergie

Les émissions liées aux produits de construction des bâtiments, des voiries, des parkings et à la consommation d'énergie sont calculées à l'aide de l'outil UrbanPrint.

I.5.2.1 Présentation du logiciel

Développé par Efficacity depuis 2018 en partenariat avec le CSTB, UrbanPrint est le premier outil de référence pour la mise en application opérationnelle de la méthode Quartier E+C- de l'ADEME. Il s'agit d'un outil d'aide à la décision permettant l'évaluation en analyse de cycle de vie (ACV) des impacts Energie/Carbone et environnementaux d'un projet d'aménagement urbain en neuf, en rénovation ou mixte.

Ses objectifs sont de :

- Mettre en évidence à chaque phase du projet les enjeux clés et les leviers d'action les plus performants, du point de vue Energie/Carbone et au moyen d'indicateurs environnementaux sur l'économie circulaire, l'épuisement des ressources, la santé, la biodiversité, etc ;
- S'appuyer sur une méthodologie en « analyse de cycle de vie » (ACV) qui est la seule à permettre de quantifier l'ensemble des impacts, et ainsi d'éviter de prendre des mauvaises décisions basées sur une partie seulement des impacts environnementaux.

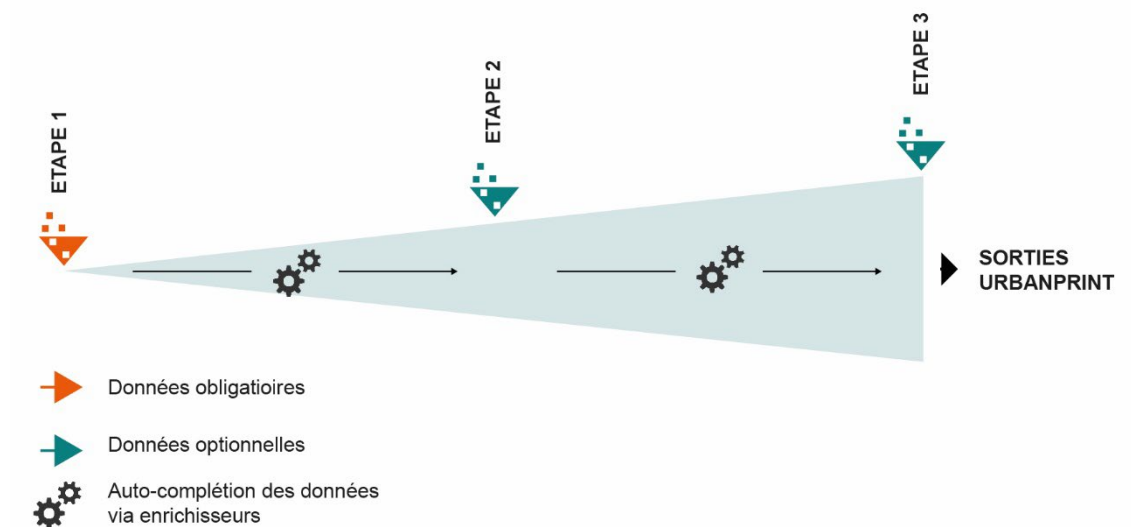
UrbanPrint permet de définir et de modéliser différentes variantes définies par l'utilisateur en faisant évoluer les produits de construction, les systèmes énergétiques, la gestion de l'eau et des déchets, le chantier.

I.5.2.2 Méthodologie

La méthode d'évaluation à la base du logiciel se base sur un principe d'entonnoir : les données peuvent être précisées et incrémentées au fur et à mesure de l'avancement du projet. Trois grandes étapes d'avancement du projet sont distinguées :

- **Étape 1** : description des différents objets composant le projet (forme urbaine, usages des bâtiments, localisation) ;
- **Étape 2** : si connues, définition des données d'orientation du projet (ex : performance énergétique visée, principaux matériaux de construction) ;
- **Étape 3** : si connues, définition des données de spécification, soit spécification des caractéristiques des différents objets du projet (ex : niveau d'isolation, type d'isolation, inertie, type de vitrage).

Afin de pouvoir lancer une simulation l'utilisateur doit au minimum fournir les données associées à l'étape 1. Ensuite, l'utilisateur peut renseigner les données des étapes 2 et 3, si elles sont connues. Sinon l'outil fait automatiquement appel à des données par défaut (données d'enrichissement) définies par des experts.



- Dans le cadre de notre projet, nous disposons uniquement des données de l'étape 1 à savoir les plans de masse du projet avec localisation, usage des bâtiments et le nombre d'étages.
- Les données de l'étape 2 et 3 sont définies par défaut par Urbanprint sur la base de la dernière réglementation environnementale RE2020.

I.5.3 Période d'évaluation

La période de référence pris en compte dans le calcul de l'impact carbone des projets d'aménagement est de 50 ans. L'évaluation Carbone du projet devra porter sur cette durée.

L'année 2028 étant l'année de mise en œuvre des opérations. La période d'évaluation portera donc de 2028 à 2078.

Les quantités de CO₂ calculées sur cette période sont ramenées à l'échelle d'une année moyenne.

I.5.4 Scénarios étudiés

Un bilan carbone sans comparaison à une situation de référence n'a pas de sens, c'est pour cette raison que les émissions GES sont calculées pour deux scénarios, SANS PROJET et AVEC PROJET, afin de les comparer et d'évaluer l'impact du projet.

Dans le cas de notre étude le scénario de référence sera considéré comme le scénario sans aménagement ou modification du site du projet.

I.5.5 Postes d'émissions

Trois types de postes sont pris en compte dans le calcul des émissions GES des scénarios référence et projet :

- Poste Trafic
- Poste chantier et produits de construction
- Poste fonctionnement

Le tableau suivant présente les éléments pris en compte pour chaque poste d'émission.

Source d'émission	Situation SANS PROJET	Situation AVEC PROJET
Trafic	À calculer à partir des trafics VL et PL annuel du site actuel	À calculer à partir des trafics VL et PL annuel du site après aménagement
Chantier/produits de construction	--	À calculer à partir du type et quantité de matériaux mise en œuvre en fonction du plan d'aménagement
Fonctionnement (consommation d'énergie)	À calculer à partir du type et de la quantité d'énergie consommée actuellement	À calculer à partir du type et de la quantité d'énergie consommée après aménagement

Tableau 2 : Scénarios étudiés et postes d'émissions associés

I.5.6 Données d'entrées et hypothèses

I.5.6.1 Hypothèses liées au trafic

Les hypothèses de trafic en situations SANS PROJET et AVEC PROJET sont calculées à partir des données de l'étude de circulation réalisée par IRIS Conseil.

L'analyse des données selon le nombre de véh.km/an augmente en situation AVEC PROJET par rapport à la situation SANS PROJET.

Le tableau ci-dessous présente les nombres totaux de véh.km/an obtenus pour chaque ZAC pour tous les scénarios.

Pour la Zac Amphithéâtre

Type de véhicule	Situation SANS PROJET	Situation AVEC PROJET	Variation AVEC /SANS
Véhicules légers	13 641 540	1 435 9118	+5%
Poids lourds	385 120	295 369	-23%
Tous véhicules	14 026 661	14 654 487	+4%

Tableau 3 : Nombre de véh.km/an sur le site pour ZAC Amphithéâtre (source : IRIS Conseil)

Pour quartier Ranconval

Type de véhicule	Situation SANS PROJET	Situation AVEC PROJET	Variation AVEC /SANS
Véhicules légers	17 844 727	20 087 630	+13%
Poids lourds	619 443	561 044	-9%
Tous véhicules	18 464 169	20 648 674	+12%

Tableau 4 : Nombre de véh.km/an sur le site pour quartier Ranconval (source : IRIS Conseil)

I.5.6.2 Facteurs d'émissions par catégorie de véhicule

En cohérence avec les objectifs de la Stratégie Nationale bas Carbone, on pourra supposer une décroissance des émissions par véh.km pour :

- Les VL de -4% par an de 2016 jusqu'en 2030 et -10% par an au-delà,
- Les PL de -2,5% par an de 2016 jusqu'en 2030 et -10% par an au-delà.

Le tableau suivant présente les facteurs d'émissions calculés pour 2035 et 2085 soit la durée d'évaluation des émissions GES.

Année	Facteurs d'émissions en kg CO ₂ /véh.km		
	2016	2035	2085
VL	0.170	0.057	0.0003
PL	0.840	0.348	0.0018

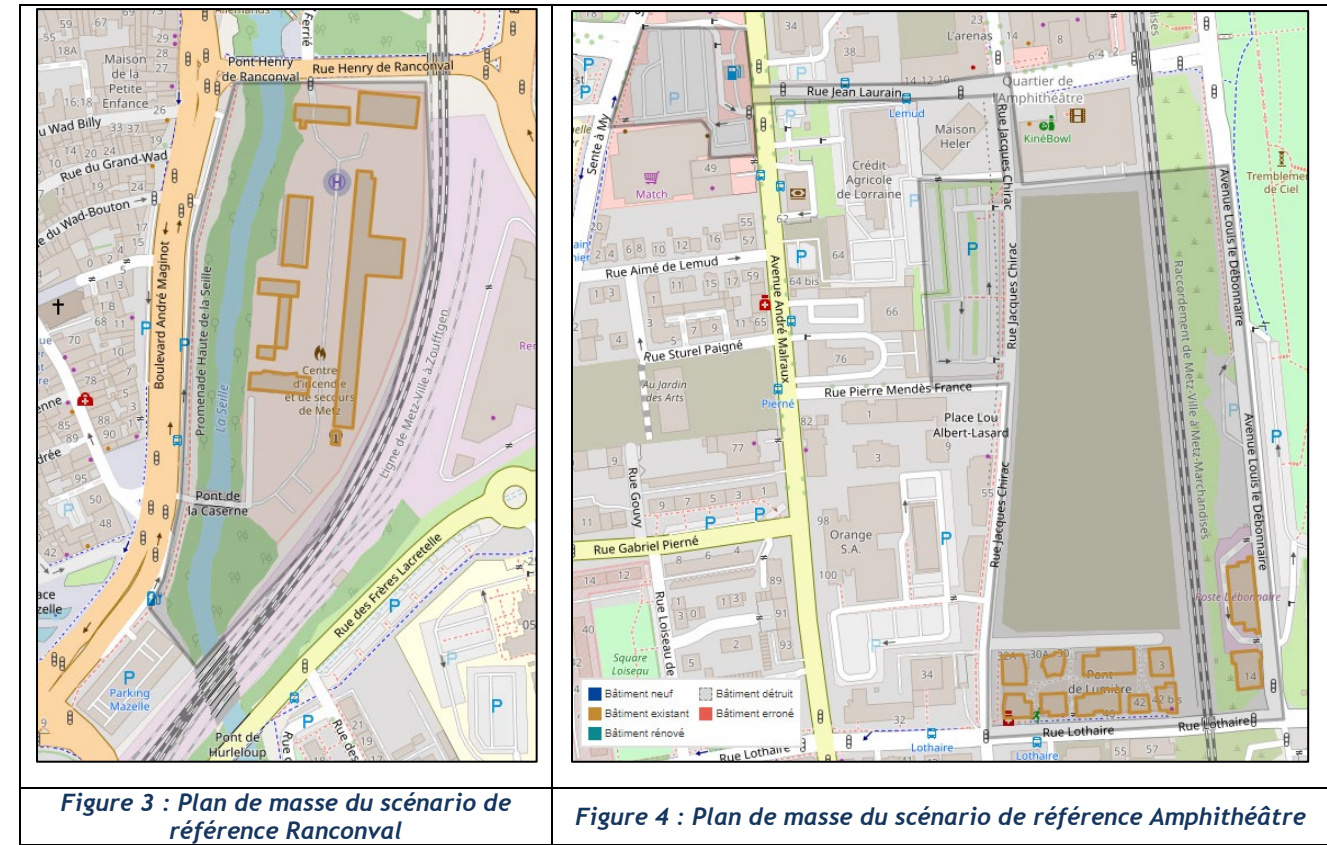
Tableau 5 : Facteurs d'émissions par catégorie de véhicule

1.5.6.3 Hypothèses liées au chantier/produits de construction et hypothèses liées à la consommation d'énergie

Dans le cas de notre étude, Urbanprint sera utilisé uniquement pour quantifier l'impact carbone de l'opération d'aménagement.

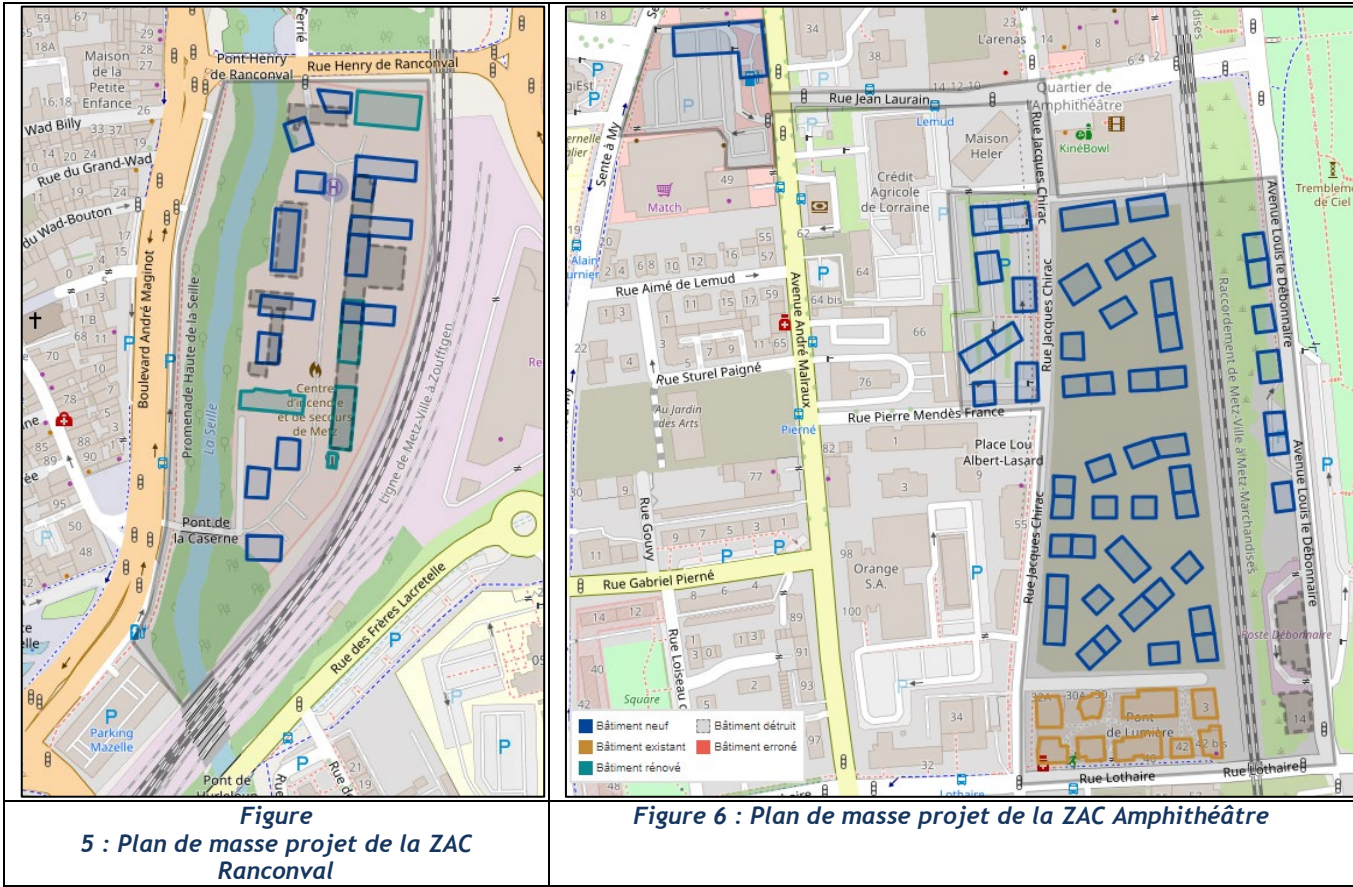
1.5.6.3.1 Scénario de référence

Les figures suivantes présentent les plans de masse pris en compte dans Urbanprint pour les scénarios de références.



1.5.6.3.2 Scénario projet

Les figures suivantes présentent les plans de masse projet des deux ZAC saisi sur UrbanPrint.



Les hypothèses prise en compte par le modèle pour le scénario projet sont :

- certains bâtiments existants à l'intérieur du périmètre du projet seront démolis et d'autres seront rénovés.
- Le mode de chauffage pris en compte est le chauffage urbain
- Les matériaux de construction pris en compte sont Classiques
- La réglementation pris en compte dans le calcul est la RE2020

Les informations liées aux bâtiments existants présents dans le périmètre du projet à savoir : mode d'énergie, emprises au sol, année de construction...etc, sont récupérées depuis la base nationale des bâtiments du CSTB.

I.5.7 Résultats du bilan GES pour le projet de l’Amphithéâtre

I.5.7.1 Émissions liées au trafic

Le tableau suivant affiche les émissions du trafic (en tCO₂/an) pour ZAC Amphithéâtre des scénarios étudiés.

Type de véhicule	SANS PROJET	AVEC PROJET	Impact GES projet
Véhicules légers	161	170	+9
Poids lourds	28	21	-6
Tous véhicules	189	191	+3

Tableau 6 : Émissions de GES (en tCO₂/an) liées au trafic pour ZAC Amphithéâtre (source : IRIS Conseil)

Le projet d’aménagement génère une augmentation de trafic de +4%, il en va de même pour les émissions de GES : augmentation de +3% en situation AVEC PROJET par rapport à la situation SANS PROJET.

Ainsi, l’impact du projet sur le poste trafic est de +3 tCO₂/an.

I.5.7.2 Émissions liées aux chantier et produits de construction

Le tableau suivant présente les résultats des émissions de GES calculées par UrbanPrint pour chaque scénario.

Poste d’émission		SANS PROJET	AVEC PROJET	Impact GES du projet
Produits de construction	Espaces extérieurs	0.0	17.5	+17
	Fondation et infrastructures	0.0	368.5	+369
	Superstructure - Maçonnerie	0.0	285.6	+286
	Couverture - étanchéité - charpente - zinguerie	0.6	43.0	+42
	Cloisonnement - doublage - plafonds suspendus - menuiseries intérieures	1.9	72.0	+70
	Façades et menuiseries extérieures	2.9	108.0	+105
	Revêtements des sols, murs et plafonds - chape - peintures - produits de décoration	5.5	140.4	+135
	CVC (Chauffage, ventilation, refroidissement, eau chaude sanitaire)	10.0	186.5	+176
	Installations sanitaires	2.6	49.8	+47
	Réseaux d’énergie (courant fort)	2.4	86.6	+84
	Réseaux de communication (courant faible)	0.2	3.7	+3
	Appareils élévateurs et autres équipements de transport intérieur	3.3	62.8	+60
	Équipement de production locale d’électricité	0.0	0.0	+0
Chantier	Transport de terre	0.0	96.0	+96
	Travaux et mode de gestion	0.0	62.0	+62
	Changement d’affectation des sols	0.0	0.0	+0
Émissions totales		29	1 582	+1 553

Tableau 7 : Émissions de GES (en tCO₂/an) liées à la construction et/ou réhabilitation pour Zac Amphithéâtre (source : IRIS Conseil)

Les résultats des émissions de GES liées au poste chantier et produits de construction sont d’environ +29 tCO₂/an pour la situation SANS PROJET contre +1 582 tCO₂/an pour la situation AVEC PROJET.

Par conséquent, l’impact du projet sur le poste chantier et produits de construction s’élève à +1 553 tCO₂/an.

Les postes les plus impactants sont : Fondation et infrastructures (+369 tCO₂/an) et Superstructure et Maçonnerie (+286 tCO₂/an).

I.5.7.3 Émissions liées à la consommation d'énergie

Le tableau ci-après présente les émissions des GES du poste lié à la consommation énergétique calculé par UrbanPrint pour ZAC Amphithéâtre :

Poste d'émission	Situation SANS PROJET	Situation AVEC PROJET	Impact GES du projet
Chauffage	160.0	165.2	+5
Eau chaude sanitaire	152.7	172.9	+20
Éclairage	13.5	27.7	+14
Ventilation	36.6	95.5	+59
Autres usages électriques	36.9	167.8	+131
Émissions totales	400	629	+229

Tableau 8 : Émissions de GES (en tCO₂/an) liées à la consommation d'énergie pour ZAC Amphithéâtre(source : IRIS Conseil)

Les résultats pour le poste consommation d'énergie montrent un impact négatif du projet soit +229 tCO₂/an.
Le poste le plus émetteur du CO₂ est autres usages électrique soit +131 tCO₂/an.

I.5.7.4 Bilan global annuel du projet

Le bilan global des émissions du projet d'aménagement de la ZAC Amphithéâtre est exposé dans le tableau suivant :

Poste d'émission	Situation SANS PROJET	Situation AVEC PROJET	Impact GES du projet
Trafic	189	191	+3
Chantier/produits de construction	29	1 582	+1 553
Exploitation du site (consommation d'énergie)	400	629	+229
Émissions totales en TCO ₂ /an	618	2 403	+1 785

Tableau 9 : Bilan des résultats des émissions de GES (en tCO₂/an) pour ZAC Amphithéâtre(source : IRIS Conseil)

Les résultats montrent que le projet dans sa globalité est générateur de +1 785 tCO₂/an.
Le poste le plus émetteur du CO₂ est chantier et produits de construction, soit +1 553 tCO₂/an.

- Pour réduire l'empreinte carbone du projet, il faut réduire les émissions liées au poste chantier/ produits de construction qui est considéré comme le plus impactant.

La figure ci-dessous présente poste par poste l'impact du projet, il s'agit des écarts entre les situations AVEC PROJET et SANS PROJET.

Les principaux postes émetteurs sont par ordre décroissant :

- Fondations et infrastructures
- la superstructure - maçonnerie
- la construction du système de CVC (Chauffage, ventilation, refroidissement et eau chaude sanitaire)
- Revêtements des sols, murs et plafonds - chape - peintures - produits de décoration
- Autres usages électriques

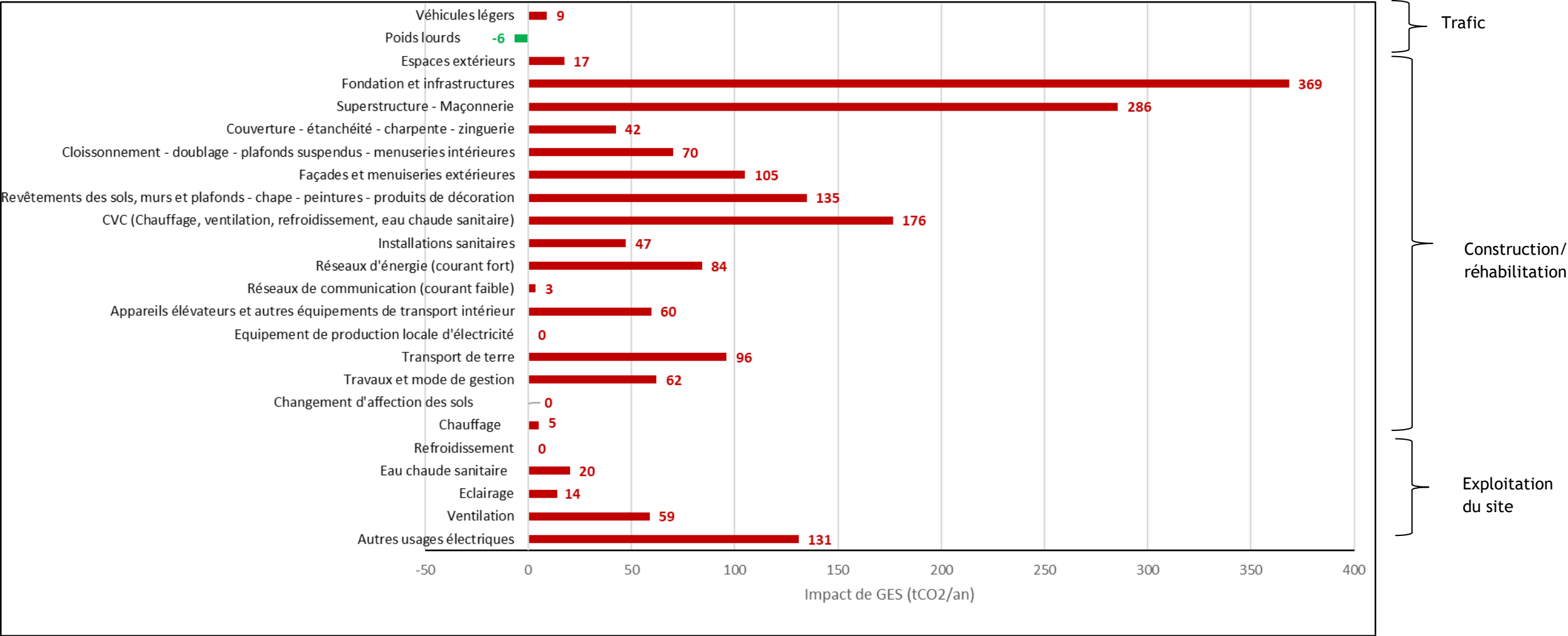


Figure 7 : Impact GES (en tCO₂/an) par postes d'émission pour ZAC Amphithéâtre (source : IRIS Conseil)

I.5.8 Résultats du bilan GES pour le projet de Ranconval

I.5.8.1 Émissions liées au trafic

Le tableau suivant affiche les émissions du trafic (en tCO₂/an) des scénarios étudiés pour quartier Ranconval.

Type de véhicule	SANS PROJET	AVEC PROJET	Impact GES projet
Véhicules légers	210	236	+26
Poids lourds	45	40	-5
Tous véhicules	255	277	+21

Tableau 10 : Émissions de GES (en tCO₂/an) liées au trafic pour quartier Ranconval (source : IRIS Conseil)

Le projet d'aménagement génère une augmentation de trafic de 12%, il en va de même pour les émissions de GES : augmentation de 9% en situation AVEC PROJET par rapport à la situation SANS PROJET.

Ainsi, l'impact du projet sur le poste trafic est de +21 tCO₂/an.

I.5.8.2 Émissions liées aux chantier et produits de construction

Le tableau suivant présente les résultats des émissions de GES calculées par UrbanPrint pour chaque scénario pour quartier Ranconval.

Poste d'émission		SANS PROJET	AVEC PROJET	Impact GES du projet
Produits de construction	Espaces extérieurs	0.0	5.1	+5
	Fondation et infrastructures	0.0	111.0	+111
	Superstructure - Maçonnerie	0.0	83.7	+84
	Couverture - étanchéité - charpente - zinguerie	0.6	16.7	+16
	Cloisonnement - doublage - plafonds suspendus - menuiseries intérieures	1.7	28.3	+27
	Façades et menuiseries extérieures	3.3	33.8	+30
	Revêtements des sols, murs et plafonds - chape - peintures - produits de décoration	4.9	42.2	+37
	CVC (Chauffage, ventilation, refroidissement, eau chaude sanitaire)	13.2	62.0	+49
	Installations sanitaires	2.5	16.5	+14
	Réseaux d'énergie (courant fort)	3.8	26.2	+22
	Réseaux de communication (courant faible)	0.8	2.4	+2
	Appareils élévateurs et autres équipements de transport intérieur	3.1	30.5	+27
	Équipement de production locale d'électricité	0.0	0.0	+0
Chantier	Transport de terre	0.0	17.0	+17.0
	Travaux et mode de gestion	0.0	26.0	+26.0
	Changement d'affectation des sols	0.0	0.0	+0.0
Émissions totales		+34	+501	+467

Tableau 11 : Émissions de GES (en tCO₂/an) liées à la construction et/ou réhabilitation pour quartier Ranconval(source : IRIS Conseil)

Les résultats des émissions de GES liées au poste chantier et produits de construction sont d'environ **+34 tCO₂/an** pour la situation SANS PROJET contre **+501 tCO₂/an** pour la situation AVEC PROJET.

Par conséquent, l'impact du projet sur le poste chantier et produits de construction s'élève à **+467 tCO₂/an**.

Les postes les plus impactants sont : Fondation et infrastructures (**+111 tCO₂/an**), Superstructure et Maçonnerie (**+84 tCO₂/an**).

I.5.8.3 Émissions liées à la consommation d'énergie

Le tableau ci-après présente les émissions des GES du poste lié à la consommation énergétique calculé par UrbanPrint :

Poste d'émission	Situation SANS PROJET	Situation AVEC PROJET	Impact GES du projet
Chauffage	229.0	84.0	-145
Eau chaude sanitaire	28.3	51.0	+23
Éclairage	13.5	11.7	-2
Ventilation	6.1	22.4	+16
Autres usages électriques	41.3	58.7	+17
Émissions totales	318	228	-90

Tableau 12 : Émissions de GES (en tCO₂/an) liées à la consommation d'énergie pour quartier Ranconval(source : IRIS Conseil)

Les résultats pour le poste consommation d'énergie montrent un impact positif du projet soit **-90 tCO₂/an**.

Nous notons une diminution du poste chauffage en situation AVEC PROJET de l'ordre de **145 tCO₂/an**. Cette réduction est liée au changement du mode de chauffage (chauffage urbain pour les nouveau bâtiments).

I.5.8.4 Bilan global annuel du projet Ranconval

Le bilan global des émissions du projet d'aménagement du quartier Ranconval est exposé dans le tableau suivant :

Poste d'émission	Situation SANS PROJET	Situation AVEC PROJET	Impact GES du projet
Trafic	255	277	+22
Chantier/produits de construction	34	501	+467
Exploitation du site (consommation d'énergie)	318	228	-90
Émissions totales en TCO ₂ /an	+607	+1 006	+399

Tableau 13 : Bilan des résultats des émissions de GES pour quartier Ranconval (en tCO₂/an) (source : IRIS Conseil)

Les résultats montrent que le projet dans sa globalité est générateur de **+399 tCO₂/an**, soit une **augmentation de 66 % par rapport à la situation SANS PROJET**.

Le poste le plus émetteur du CO₂ est chantier et produits de construction, soit **+467 tCO₂/an**.

- Pour réduire l'empreinte carbone du projet, il faut réduire les émissions liées au poste chantier/ produits de construction qui est considéré comme le plus impactant.

La figure ci-dessous présente poste par poste l'impact du projet, il s'agit des écarts entre les situations AVEC PROJET et SANS PROJET.

Les principaux postes émetteurs sont par ordre décroissant :

- Fondations et infrastructures
- la superstructure - maçonnerie
- la construction du système de CVC (Chauffage, ventilation, refroidissement et eau chaude sanitaire)
- Revêtements des sols, murs et plafonds - chape - peintures - produits de décoration
- Façades et menuiseries extérieures

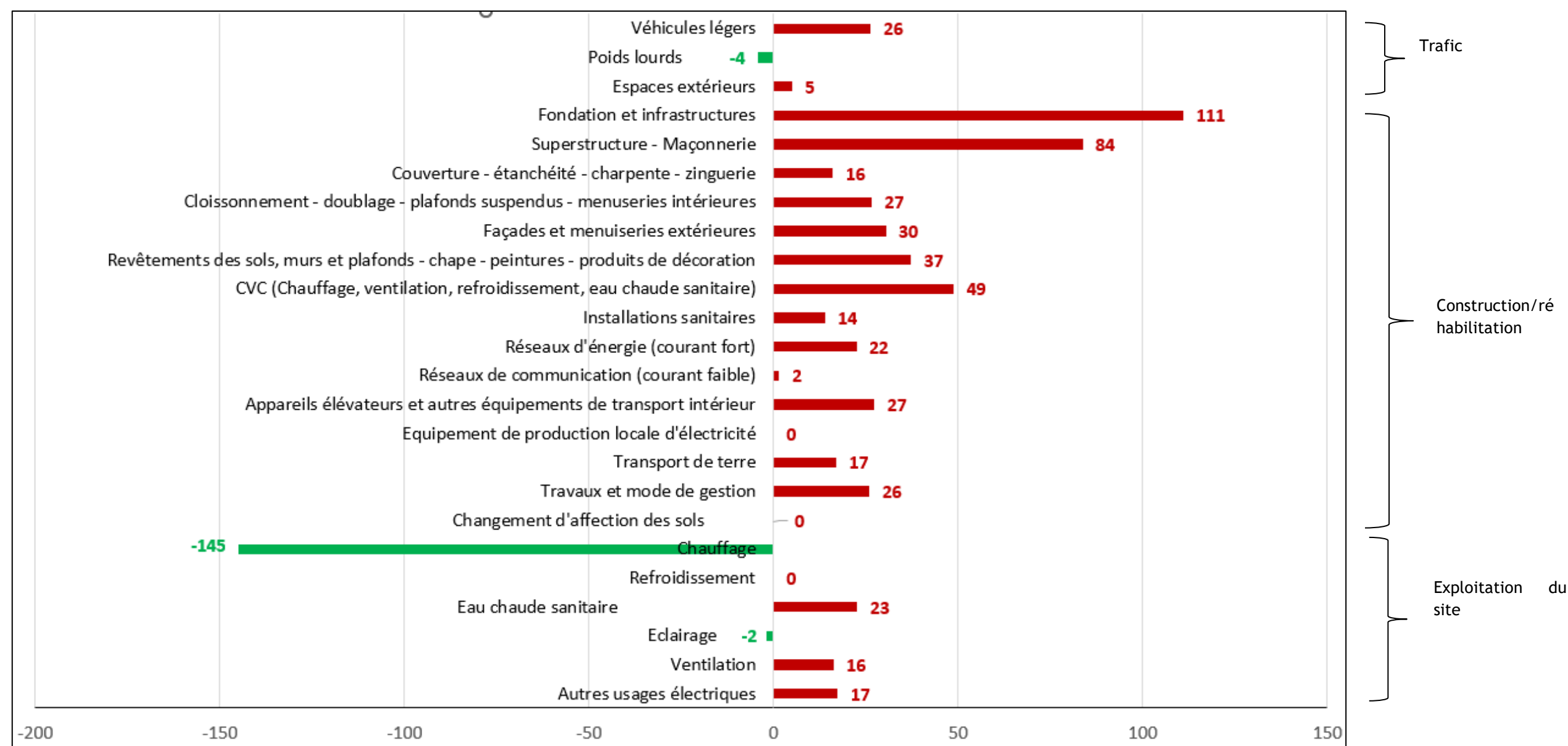


Figure 8 : Impact GES (en tCO₂/an) par postes d'émission pour quartier Ranconval (source : IRIS Conseil)

I.6 Conclusion et pistes d'amélioration

Au niveau global, compte-tenu des données et hypothèses présentées précédemment, les deux projets ne présentent pas de bénéfice du point de vue de la lutte contre le changement climatique. En effet sur l'ensemble des cycles de vie, ils émettront plus de gaz à effet de serre qu'ils n'en éviteront.

Les émissions des gaz à effet de serre liées au projet Ranconval sont de **+399 tCO₂/an**.

Les émissions liées au projet de l'Amphithéâtre sont de **+1 785 tCO₂/an**.

Les postes dont les émissions des GES sont les plus importantes sont ceux liés aux :

- Fondations et infrastructures
- la superstructure - maçonnerie
- la construction du système de CVC (Chauffage, ventilation, refroidissement et eau chaude sanitaire)
- Revêtements des sols, murs et plafonds - chape - peintures - produits de décoration
- Façades et menuiseries extérieures
- Autres usages électriques

Néanmoins, le poste lié à la consommation d'énergie permet d'éviter **90 tCO₂/an** pour quartier Ranconval

Pour réduire l'empreinte carbone d'un projet, ils existent des pistes d'amélioration :

Sur le poste trafic :

- Améliorer la desserte des transports collectifs pour augmenter le report modal de la voiture particulière vers les transports collectifs ;
- Inciter à utiliser les transports collectifs par les usagers de la ZAC ;
- Développer des pistes cyclables pour favoriser les modes doux (marche à pied, trottinettes, vélos) ;
- Encourager le co-voiturage par la mise en place d'un site internet dédié aux usagers du site ;
- Limiter la vitesse de circulation des véhicules motorisés sur le site.

Sur le poste chantier et produits de construction :

- L'utilisation de matériaux alternatifs ou recyclés, biosourcés (bois, ciment bas carbone, etc.). La superstructure - maçonnerie est le 2^{ème} poste ayant l'impact carbone le plus important, le potentiel d'amélioration est donc significatif ;
- La réduction des distances l'acheminement et d'évacuation des matériaux, notamment pour les terrassements et les matériaux de chaussée ;
- La valorisation, recyclage des déchets de chantier, de construction et de démolition ;
- L'optimisation des formes architecturales et choix des systèmes constructifs pour réduire la qualité de matière utilisée ;
- La limitation du nombre de places de parking pour encourager la mutualisation des moyens de transport.

Sur le poste consommation d'énergie :

- L'implantation d'énergies renouvelables, notamment de panneaux solaires photovoltaïques ;
- L'achat d'électricité verte, c'est-à-dire produite (en totalité ou en partie) à partir d'énergies renouvelables. Plusieurs fournisseurs d'énergie proposent des offres 100% ou partiellement vertes ;
- L'optimisation des isolations thermiques des bâtiments et la ventilation naturelle en conception (compacité, étanchéité à l'air, ratios de surfaces vitrées, etc.) ;