

Projet d'aménagement de la ZAC de la Paix sur les communes d'Algrange, Knutange et Nilvange (57)

Bilan des émissions de « Gaz à Effet de Serre »



Bilan des émissions de « gaz à effet de serre »

		La Fabrique d.q.v 14 bis boulevard Paixhans CS 50584 METZ Cedex 01		
	Catherine VOIRIN			
	03.87.660.784		cvoirin@sodevam.com	

VOS CONTACTS EODD

Responsable
de projet

David BERGERON
d.bergeron@eodd.fr
07.64.38.97.21

Supervision

Cécile BARRAS

Libération

David BERGERON



Agence de Paris

contact@eodd.fr | Tél : 04.72.76.06.90

CONTRAT EODD N° P09722

Date	Indice	Modifications
12/08/2024	1	Édition du rapport initial (M.SALEIX)
19/09/2024	1	Relecture (C.BARRAS)

SOMMAIRE

1	Synthèse de l'étude	2		
2	Mise en contexte et objectifs	3		
2.1	Aménagement urbain et GES : de quoi parle-t-on ?	3		
2.2	Définitions des notions clés	3		
2.3	Documents cadres relatifs à la thématique climat / énergie	5		
2.3.1	Engagements politiques nationaux et internationaux	5		
2.3.2	Communauté d'agglomération du Val de Fensch	5		
2.4	Présentation du site	8		
2.5	Présentation du projet	11		
3	Méthodologie	12		
3.1	Présentation de l'outil et postes d'émissions retenus	12		
3.2	Présentation des différents scénarios d'étude	13		
3.3	Données d'entrée	14		
3.3.1	Périmètre d'étude considéré	14		
3.3.2	Données à l'échelle du quartier	15		
3.3.3	Données à l'échelle du bâtiment	16		
3.3.4	Données à l'échelle des espaces extérieurs	18		
3.3.5	Données d'entrée du scénario de référence	19		
4	Résultats détaillés du bilan GES	20		
4.1	Total des émissions du projet d'aménagement	20		
4.2	Comparaison scénario projet / scénario de référence	22		
4.3	Détail des postes d'émissions du scénario projet et du scénario référence	23		
4.3.1	Systèmes énergétiques	23		
4.3.2	Produits et Matériaux de Construction	25		
4.3.3	Déchets	27		
4.3.4	Mobilité	28		
4.3.5	Chantier	30		
4.4	Émissions unitaires par usager équivalent	31		
4.4.1	Comparaison des émissions unitaires par usager équivalent scénario référence et projet	31		
4.4.2	Empreinte habitant à l'état projet et trajectoire SNBC	32		
5	Leviers d'actions (mesures de réduction)	33		
6	Limites de l'étude	35		

1 Synthèse de l'étude

Le présent document propose un bilan des Gaz à Effet de Serre (GES) de l'opération d'aménagement visant la création d'une Zone d'aménagement concerté (ZAC) sur les villes d'Algrange, Knutange et Nilvange (57). Le projet prévoit, sur un périmètre de 16,8 ha, la création d'un programme mixte composé de logements collectifs, intermédiaires et individuels (maisons individuelles, en bande et jumelées), de commerces et services de proximité, d'un supermarché ainsi que d'un EHPAD.

Le principe de ce bilan est de sommer les estimations des émissions de GES selon les postes considérés liés aux contributeurs suivants : systèmes énergétiques, produits de construction, eaux, déchets, mobilité et chantier.

Deux scénarios sont évalués dans la présente étude :

- **Un « scénario projet »** : qui correspond au calcul des émissions du site une fois le projet achevé (fin des derniers travaux d'aménagement prévus), en considérant les niveaux de performance mis en œuvre comme des leviers d'action activés.
- **Un « scénario référence »** : qui correspond au calcul des émissions pour un projet défini avec la même localisation, la même programmation et la même forme urbaine (même plan masse) que pour le « scénario projet », mais dont le niveau de performance diffère. En effet, la référence considère une performance « business as usual » ou respectant les minimums réglementaires, selon des caractéristiques techniques par défaut ;

Les évolutions prévues par le projet permettent une diminution des émissions de GES par rapport au projet de référence (programmation et plan masse identiques au projet, mais niveaux de performance minimums, du type « business as usual » ou niveaux règlementaires).

La synthèse des résultats est la suivante :

- Le bilan d'émissions de gaz à effet de serre du **scénario de référence** est estimé à **4 499,9 t eq.CO₂e/an**.
- Le bilan d'émissions de gaz à effet de serre du **scénario projet** est estimé à **4 233,8 t CO₂e/an environ**. Le calcul des émissions est effectué une fois l'ensemble des travaux d'aménagement terminés.

Par rapport au scénario de référence, le scénario projet permet une réduction des émissions d'**environ 6 %**. Les principaux leviers d'actions mobilisés par le projet concernent le mode de chauffage, la réduction du nombre de parkings souterrains et les matériaux mobilisés pour la construction.

La présente étude identifie par ailleurs d'autres leviers d'actions qui pourraient être mobilisés pour réduire davantage les émissions de GES liées au projet.

À titre indicatif, en déduisant les postes liés à l'opération (chantier et construction), et en ajoutant des valeurs forfaitaires sur les postes d'émissions liées au comportement et aux modes de consommations, l'empreinte carbone d'un habitant « type » de ce futur quartier serait d'environ 7,3 tCO₂e/an, soit **l'équivalent de l'empreinte qu'un habitant devrait avoir en 2032 pour respecter la trajectoire de la Stratégie Nationale Bas Carbone** (qui tend vers 2 tCO₂e/an par habitant d'ici 2050).

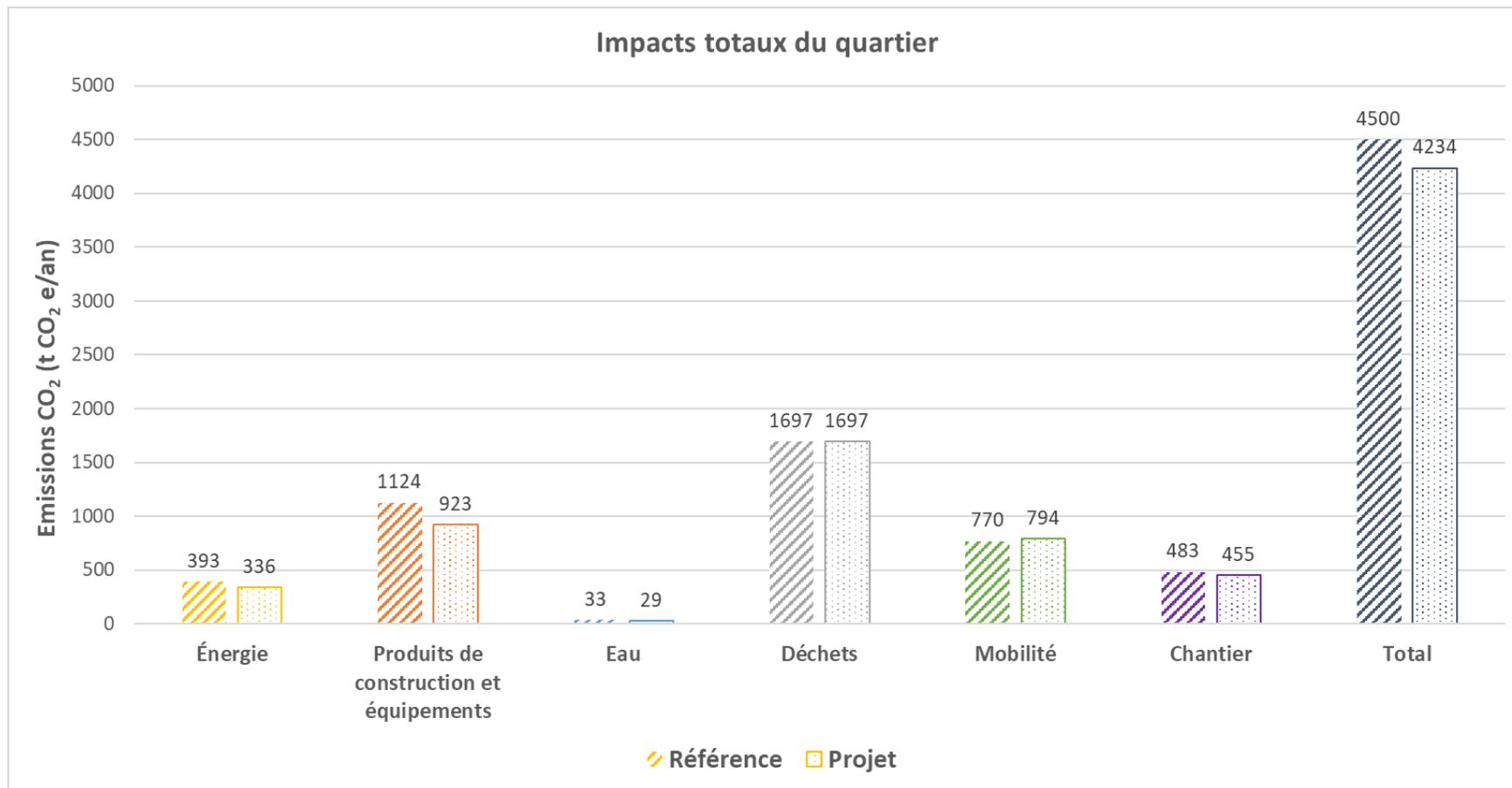


Figure 1 : Impacts totaux par poste entre le scénario de référence et le projet (en tonnes CO₂e/an)

2 Mise en contexte et objectifs

2.1 Aménagement urbain et GES : de quoi parle-t-on ?

Tout projet d'aménagement urbain engendre des émissions de GES, durant 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 site, 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'émissions 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.

2.2 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 GES couverts par les bilans d'émission de GES et les plans climat-air-énergie territoriaux : dioxyde de carbone (CO₂), méthane (CH₄), 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 GES, en convertissant leurs quantités émises en la quantité équivalente de CO₂ ayant le même Potentiel de Réchauffement Global (PRG).

Équivalent usager (USEQ) : La notion d'usager équivalent permet de situer la performance du quartier au regard du nombre d'habitant. Cependant, un employé est associé à des émissions du bâtiment différentes de celles d'un habitant. Ainsi pour équilibrer leurs impacts en termes d'émissions carbone du bâtiment, il est par exemple considéré qu'un employé de bureau = 0,83 usager équivalent.

Potentiel de réchauffement global (PRG) : terme utilisé pour décrire la puissance relative d'un GES 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.

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'émissions de GES lorsque le puits de carbone en relargue.

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.

1 tonne de CO₂ : l'indicateur « tonne de CO₂ équivalent » 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 m² de construction d'un bâtiment sur l'ensemble de son cycle de vie.

Cas du CO₂ « biogénique »

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 « CO₂b », 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 contiennent du carbone biogénique, car issus de matières premières végétales sur des cycles très longs (dégradation thermique de matières organiques, sur des millions d'années).

Du fait de ce prélèvement initial de CO₂ dans l'atmosphère, les végétaux contribuent à la diminution du « stock total » de GES, et présentent ainsi un bénéfice sur le changement climatique. On dit qu'ils représentent un puits carbone. Lorsqu'elle est prise en compte dans les bilans GES, la séquestration du carbone est comptée comme une émission négative (quantité de carbone négative).

Dans la présente étude, via l'outil Urbanprint, le carbone biogénique est considéré dans les postes suivants : stockage dans les sols végétaux et dans les matériaux biosourcés utilisés dans les produits de construction.

2.3 Documents cadres relatifs à la thématique climat / énergie

2.3.1 Engagements politiques nationaux et internationaux

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, à une échelle européenne, la Commission Européenne a publié, le 14 juillet 2021, une quinzaine de directives et règlements relatifs au **paquet Climat européen**. Ces nouveaux objectifs devraient permettre à l'UE de réduire d'au moins 40 à 55 % ses émissions nettes de gaz à effet de serre d'ici à 2030, par rapport à 2010.

2.3.2 Communauté d'agglomération du Val de Fensch

Les Plans Climat Air Energie Territoriaux (PCAET) sont des documents cadres dont leur objectif principal est de décliner les objectifs mondiaux et nationaux (objectifs de réductions des émissions de GES de 40 % en 2030 par rapport à 1990 de la Loi sur la Transition Énergétique pour la croissance Verte (LTECV) notamment) à l'échelle locale.

Selon le Contrat territorial de relance et de transition écologique (CTRTE) de la Communauté d'agglomération du Val de Fensch (CAVF) (2021), le PCAET est actuellement dans sa phase d'élaboration d'un programme d'actions et des indicateurs de suivi qui permettront la traduction opérationnelle de la stratégie adoptée.

Le diagnostic du territoire et une concertation large avec les différents acteurs du territoire ont permis d'établir une stratégie globale et des axes d'amélioration.

Les principaux « postes » consommateurs d'énergie et émetteurs de gaz à effet de serre en dehors de l'industrie sont le logement et le transport routier.

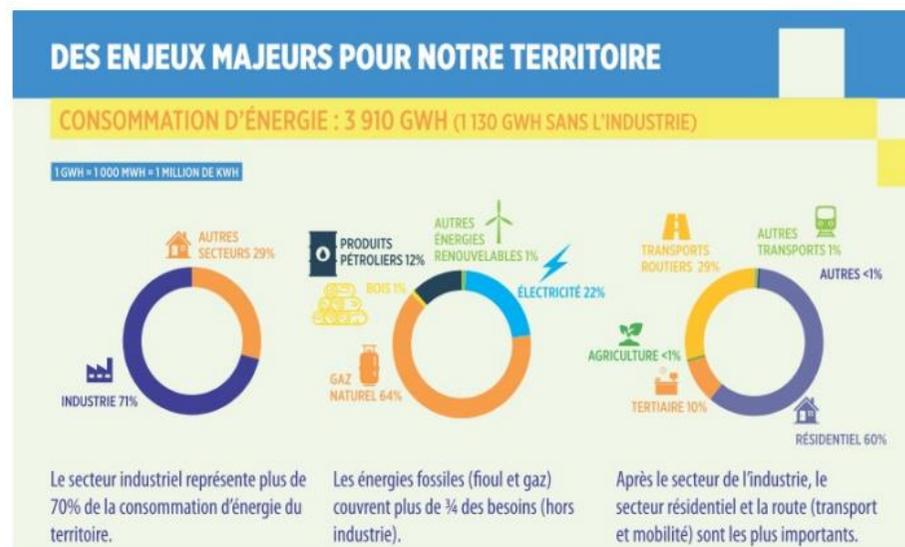


Figure 2 : Enjeux majeurs pour la CAVF (source : CTRTE de la CAVF, 2021)

Tableau 1 : Évolution de la production d'énergie primaire renouvelable (source : CTRTE de la CAVF, 2021)

Filières	GWh						Evolution 2017/2018
	2005	2010	2012	2015	2017	2018	
Eolien	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Filière bois-énergie	19,7	26,9	25,7	28,4	29,4	27,3	-7%
Agrocarburants	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Hydraulique renouvelable	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Géothermie très haute énergie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
PACs aérothermiques	4,6	13,3	16,2	21,5	25,1	26,7	6%
Géothermie (chaleur)	0,3	0,8	0,9	0,8	1,0	1,1	4%
Photovoltaïque	0,0	0,2	0,8	0,9	1,0	1,1	10%
Solaire thermique	<0.1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	5%
Incinération de déchets	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Biogaz	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Cultures énergétiques	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Total	25	41	44	52	57	57	-1%

CA du Val de Fensch

Evolution de la production d'énergie primaire renouvelable - source ATMO Grand Est Invent'Air V2020

D'après le Rapport annuel de développement durable de la CAVF (2023), le projet de PCAET s'articule autour de six axes stratégiques, à savoir :

- se déplacer, mieux et plus sobrement ;
- se loger sans énergie fossile ;
- se nourrir avec une alimentation plus saine, locale et bas carbone ;
- consommer en adéquation avec le Facteur 4 ;
- produire pour tenir le Facteur 4 ;
- animer et mettre les moyens d'une organisation à la hauteur des enjeux climat-air-énergie.

Les priorités ont été mises sur les actions en faveur de la mobilité et du logement.

En 2019, la communauté d'agglomération du Val de Fensch et la communauté d'agglomération Portes de France Thionville se sont associées pour la réalisation d'un **Schéma Directeur des Énergies (SDE)**, avec le soutien financier de l'ADEME.

L'élaboration de ce schéma a permis de définir, au stade de la faisabilité, le potentiel de développement de réseaux de chaleur alimentés en énergies renouvelables et/ou de récupération (EnR&R) sur le territoire des deux communautés.

L'étude d'opportunité a permis de définir un projet de réseau urbain et plusieurs réseaux potentiels annexes. Le développement des réseaux annexes doit être complété par l'évaluation de la compétitivité de ces réseaux au vu de la demande réelle, confirmer l'adéquation de la ressource géothermale avec le besoin en chaleur à l'aide d'une étude hydrogéologique et établir un prix de chaleur pour les abonnés.

Le choix des élus s'est porté sur un scénario réseau de chaleur sur le continuum urbain alimenté en chaleur fatale industrielle avec un complément biomasse.

Un plan d'actions et un planning associé permettrait une mise en service au dernier trimestre 2025 si les étapes intermédiaires étaient validées.

Chiffres clés du projet Réseau continuum urbain alimenté en chaleur fatale (scénario prudent)

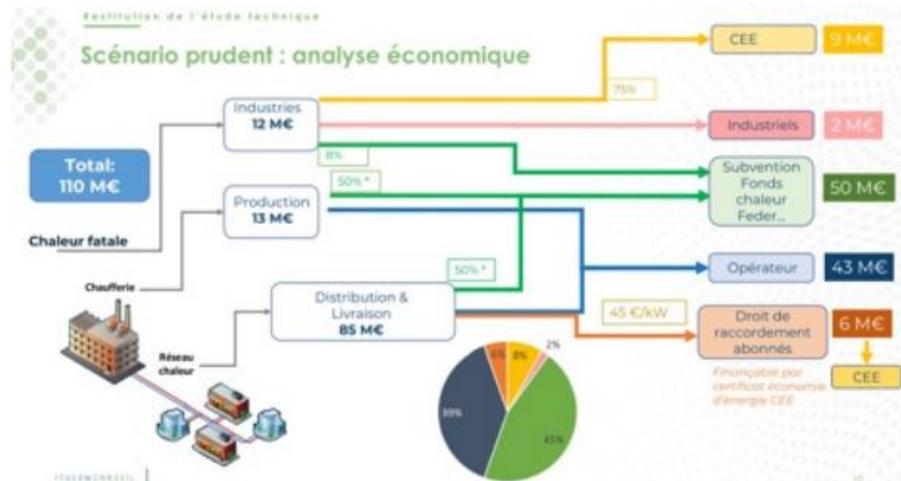


Figure 3 : Chiffres clés du projet Réseau continuum urbain alimenté en chaleur fatale (scénario prudent) (source : Rapport DD CAVF, 2023)

2.4 Présentation du site

Le projet vise à s'implanter au sein de la ZAC de la Paix, entre les communes d'Algrange, Nilvange et Knutange (57). Il prend en partie place sur les friches de l'ancienne usine métallurgique SMK.

Dans le cadre de la réalisation de la ZAC, seule une station-service a été construite sur la partie sud. Le sud du périmètre est également occupé par une activité (réparation et vente d'automobiles), une déchetterie, ainsi qu'un lotissement. Le reste de la ZAC est principalement à l'état de friche, excepté le nord-ouest qui est boisé (orée du bois de Sainte-Geneviève).

Le centre du périmètre de la ZAC est inconstructible pour cause de pollution importante des sols. Au sein de ce secteur, la présence de nombreuses fondations renforce l'inconstructibilité de la zone.

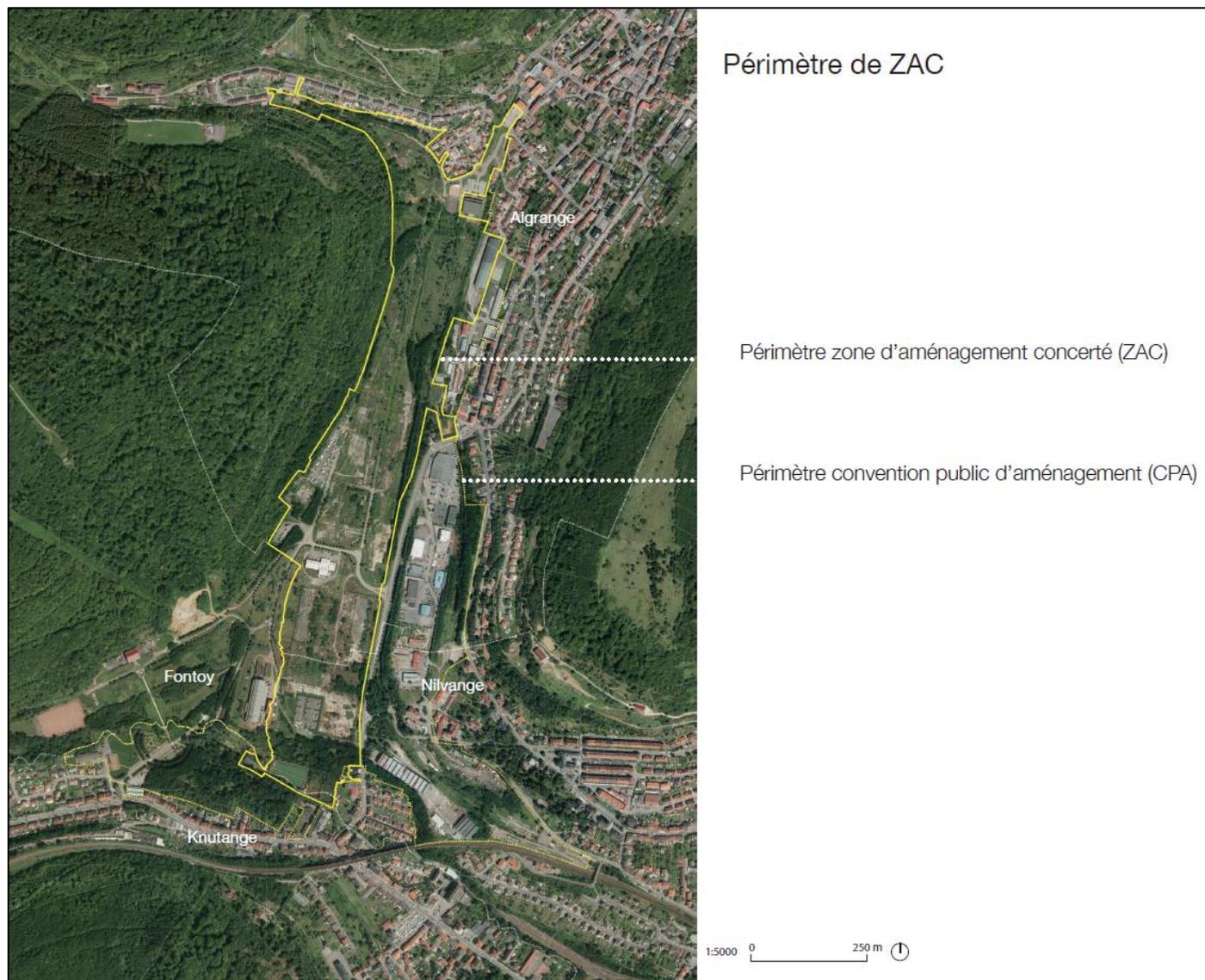


Figure 4 : Périmètre de la ZAC de la Paix (source : Projet d'aménagement, Obras, Mageo et Burgeap, 2016)

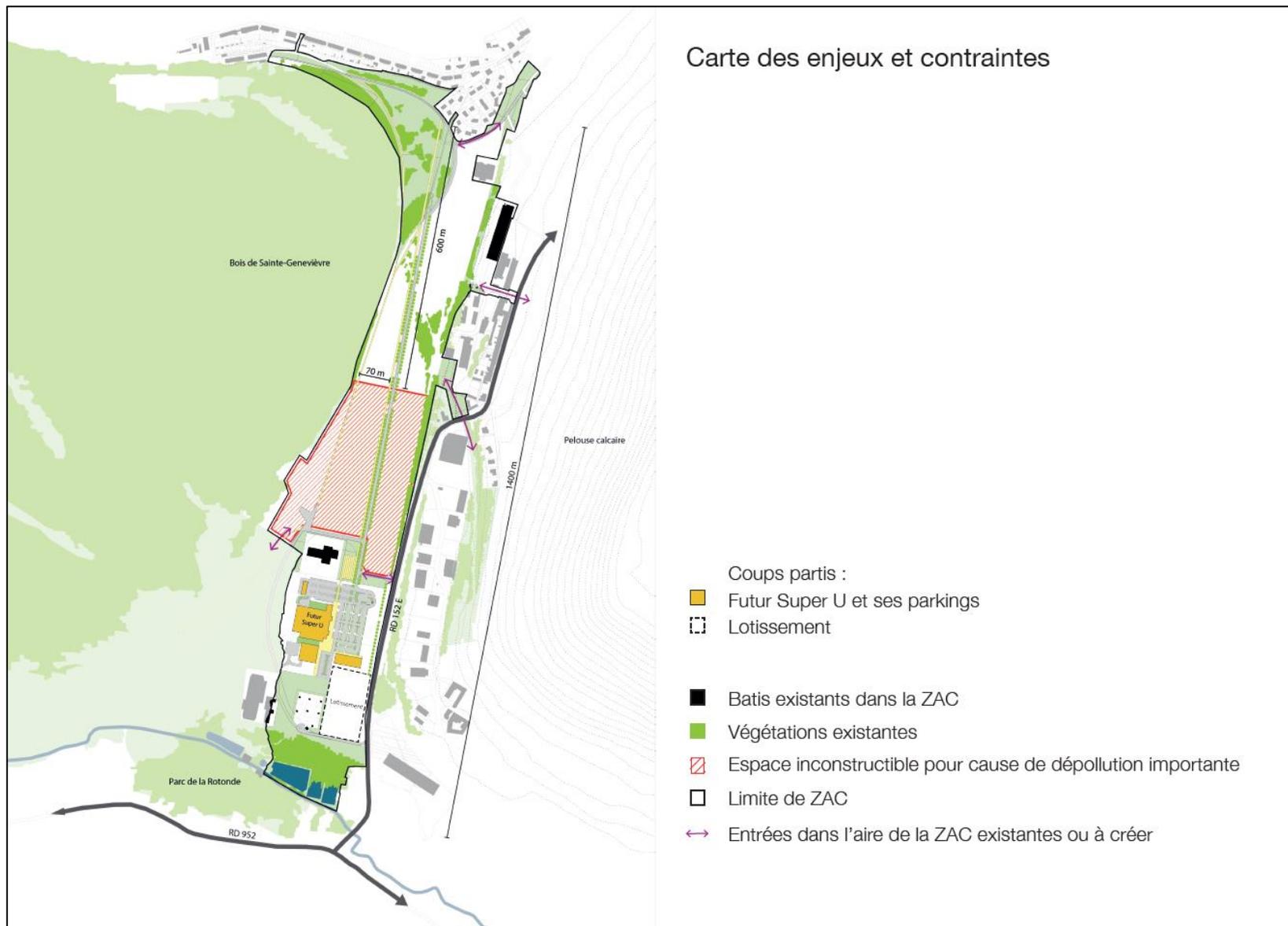


Figure 5 : Carte des enjeux et contraintes du site (source : *Projet d'aménagement, Obras, Mageo et Burgeap, 2016*)

2.5 Présentation du projet

Le projet prévoit un programme mixte composé de logements collectifs, intermédiaires et individuels (maisons individuelles, en bande et jumelées), de commerces et services de proximité, d'un supermarché ainsi que d'un EHPAD.

Les différents programmes visent à prolonger naturellement la ville en proposant une diversité architecturale intégrée à un cadre fortement végétalisé, tout en s'inscrivant dans les caractéristiques urbaines, architecturales et paysagères locales.

Cette offre typologique variée est issue d'une réflexion globale pour la reconquête de la friche en se fixant comme objectif principal la qualité de l'offre de vie proposée aux futurs habitants, mais également la création d'une vie de quartier à travers notamment l'aménagement d'espaces verts diversifiés sur l'ensemble de la ZAC.

Les différents programmes deviennent ainsi complémentaires et le projet est pensé dans sa globalité pour générer un lieu de vie et de mixité sociale, dans une optique de durabilité urbaine.

La zone centrale de la ZAC, inconstructible pour cause de pollution importante des sols et présence de fondations, accueillera une plaine événementielle et possiblement un espace de test de phytoremédiation.

La moitié nord du site du projet, destinée à accueillir les logements et l'EHPAD, a quant-à-elle fait l'objet d'une étude de risques sanitaires réalisée par Envisol en 2015. L'étude a conclu à la compatibilité des milieux au droit du site pour l'usage futur projeté, c'est-à-dire un usage sensible (habitation).

Par ailleurs, de nombreuses places de stationnement en surface sont prévues sur l'ensemble du projet, ainsi que l'aménagement de pistes cyclables et de sentes piétonnes.

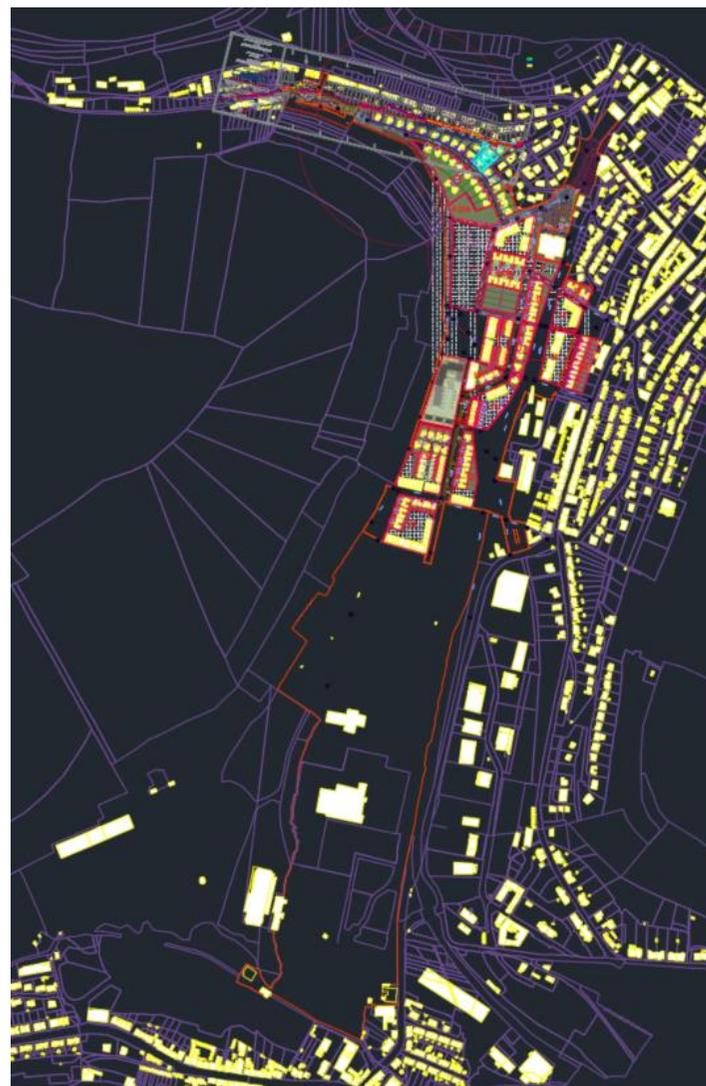


Figure 6 : Plan masse du projet, 31 juillet 2023 (source : DCE provisoire)

3 Méthodologie

3.1 Présentation de l'outil et postes d'émissions retenus

L'outil UrbanPrint, développé depuis 2018 et en fonctionnement libre, disponible à l'achat depuis 2022, se positionne aujourd'hui comme référence de l'évaluation des quartiers bas-carbone. Il a été porté par des acteurs de la construction et de l'aménagement bas-carbone (dont l'association BBKA), financé par l'ADEME et développé par *Efficacity* et le *CSTB*. Partis du constat que les méthodes de calcul basés sur les émissions liées aux matériaux et à l'énergie ne répondent pas suffisamment aux enjeux de réduction de l'impact des opérations d'aménagement, ces acteurs ont intégré les autres postes contributeurs à l'échelle du quartier. L'outil a surtout la particularité de s'adapter aux différentes phases d'un projet urbain : il rend le bilan accessible dès la phase de plan guide, sans nécessairement disposer de données fines.



Le présent bilan d'émissions de GES du projet d'aménagement de Meudon a été réalisé à partir de cet outil.

UrbanPrint est un outil d'aide à la décision permettant **l'évaluation en analyse de cycle de vie (ACV) des impacts Énergie/Carbone et environnementaux** d'un projet d'aménagement (par exemple sur l'économie circulaire, l'épuisement des ressources, la santé, la biodiversité...).

Il permet d'accompagner la collectivité ou l'aménageur dans la définition d'objectifs ambitieux et chiffrés et de l'appuyer dans ses prescriptions aux promoteurs et constructeurs.

Cet outil est en train de passer du stade « *expérimentation* » à une phase de « *généralisation* ».

Depuis 2020, il a pu être testé sur une **soixantaine** de projets d'aménagement en France, ce qui lui a permis d'enrichir ses fonctionnalités et bases de données.

Il présente l'avantage d'offrir un **cadre méthodologique rigoureux** en analyse de cycle de vie à l'échelle quartier, et d'offrir un **gain de temps** par rapport à des solutions de calcul « *sur mesure* » et de permettre une comparaison des résultats et actions uniforme sur l'ensemble des quartiers qui cherchent à être vertueux sur leurs impacts environnementaux.

Il s'agit de l'outil de référence qui permet d'appliquer la méthode de calcul de la performance « *Quartier Énergie Carbone* » de l'ADEME et de décliner le référentiel du label « BBKA Quartier ».

UrbanPrint permet d'identifier les **pistes d'amélioration** du projet initial sur la base de leviers d'action encore possiblement mobilisables sur chaque périmètre d'action (produits de construction, systèmes énergétiques, déchets, chantier, eaux, usage des sols). L'outil effectue une auto-complétion des données non-paramétrées sur la base de retours d'expériences et de moyennes dont dispose sa base de données.

L'outil **UrbanPrint prend en compte les postes suivants :**

- potentiels de stockage carbone du quartier : au travers des sols végétaux et des matériaux biosourcés ;
- l'aménagement des espaces publics ;
- la construction des bâtiments ;
- les usages du futur quartier.

Il présente la particularité de sortir des résultats sur les **24 indicateurs environnementaux de la norme EN 15804** qui sert à expliciter les règles régissant les catégories d'impacts pour les produits de construction dans la réalisation de leurs déclarations environnementales, ensuite utilisées pour la réalisation des **ACV** de bâtiments, comme par exemple : économie circulaire / matériaux destinés au recyclage, épuisement des ressources abiotiques, acidification des sols et de l'eau, eutrophisation, émissions de gaz à effet de serre...

À noter que l'outil prend en compte l'ensoleillement et la compacité des bâtiments dans l'estimation des besoins énergétiques (approche bioclimatique).

3.2 Présentation des différents scénarios d'étude

La présente étude retient deux scénarios, définis comme suit :

- **État de référence** : correspond à un projet défini avec la même localisation, la même programmation et la même forme urbaine (même plan masse) que le projet, mais dont le niveau de performance diffère. La référence considère une performance « business as usual » ou respectant les minimums réglementaires, selon des caractéristiques techniques par défaut ;
- **État projet** : calcul des émissions du site une fois le projet achevé (fin des derniers travaux d'aménagement prévus), en considérant les niveaux de performance mis en œuvre comme des leviers d'action activés.

Grâce à UrbanPrint, une stratégie est associée à chaque scénario à partir des caractéristiques du site : nombre de bâtiments, hauteurs, surfaces, implantations, usages, granulométrie des logements, espaces extérieurs. Chaque stratégie est caractérisée par une liste de choix (ou de leviers) associés à différents thèmes (énergie, produits de construction, déchets, etc.).

À partir de ces différents leviers, UrbanPrint réalise un **calcul d'aide à la décision**. Il présente ainsi les **pistes d'amélioration de l'état projet** sur la base de leviers d'action encore mobilisables sur chaque périmètre d'action (produits de construction, systèmes énergétiques, déchets, chantier, eaux, usage des sols). Les **leviers déjà actionnés par le projet** permettant ainsi de réduire l'impact des émissions de GES par rapport à l'état de référence sont également identifiés.

Concernant le contributeur lié à la mobilité, celui-ci est intégré à l'outil mais ses paramétrages et résultats restent limités **puisque à l'heure actuelle aucun levier d'action sur la mobilité n'est identifié par l'outil UrbanPrint**.

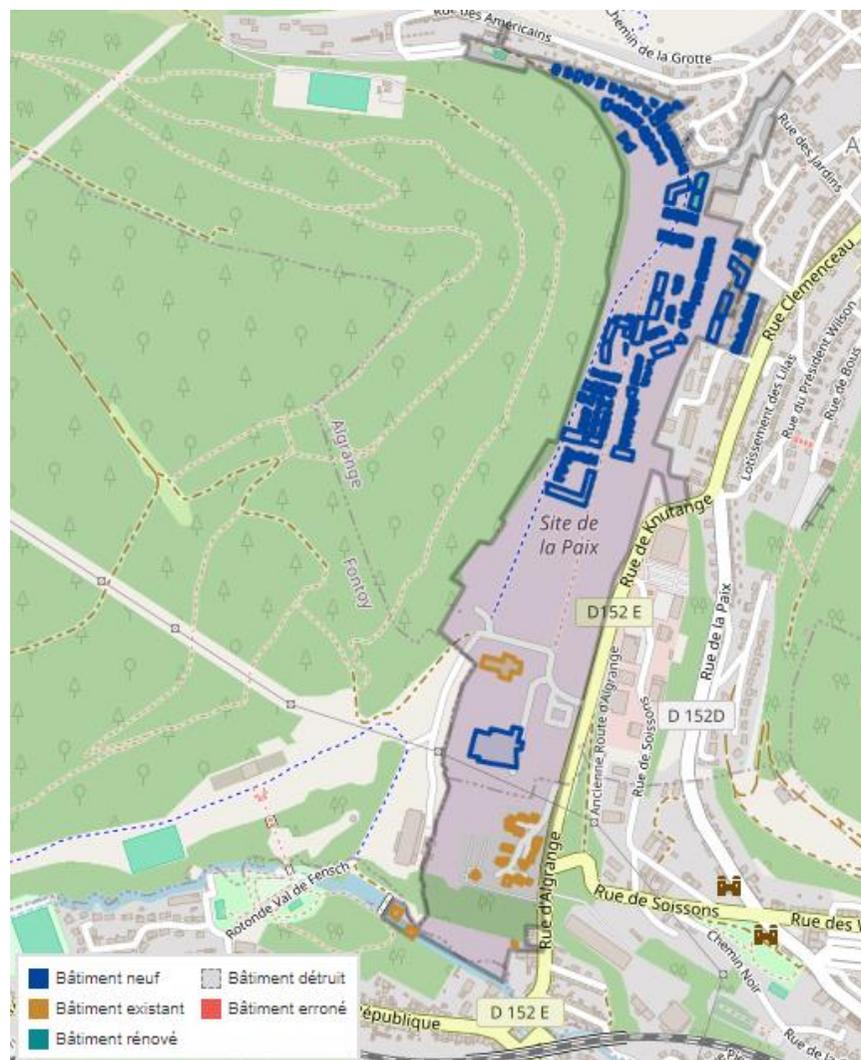
Par ailleurs, l'outil effectue une auto-complétion des données non-paramétrées sur la base de retours d'expériences et de moyennes dont dispose sa base de données.

Remarques générales :

- Le périmètre d'étude (présenté dans la partie **3.3.1** Erreur ! Source du renvoi introuvable.) reste le même pour les deux scénarios ;
- Le plan masse considéré est identique entre le scénario de référence et le scénario de projet.

3.3 Données d'entrée

3.3.1 Périmètre d'étude considéré



La stratégie correspondant au **scénario projet** a été renseignée à partir des documents suivants :

- Projet d'aménagement issu du dossier de création de ZAC (9 mai 2016) ;
- CPAUPE (janvier 2021).

Il a été considéré une date de dépôt de PC en 2023 pour l'ensemble des bâtiments neufs, date qui fait foi lors de la simulation pour le calcul réglementaire.

Les principales caractéristiques considérées dans le scénario sont fournies ci-dessous.

Synthèse des surfaces utiles des bâtiments du quartier	Maisons individuelles	Logements collectifs	Supermarchés	TOTAL	
	m ² SHAB	m ² SHAB	m ² SU	m ²	ha
	28 013	37 473	4 588	70 074	7

À partir des données renseignées, l'outil a considéré 1 894 usagers équivalents.

Synthèse des surfaces des espaces extérieurs du quartier	Espace piétonnier artificialisé	Espace vert artificiel	Parking	Piste cyclable	Voirie	Autres surfaces imperméabilisées	TOTAL	
	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	ha
	92 217	65 117	38 017	14 283	57 134	18 900	285 668	28,6

Note : Les hypothèses non détaillées ci-dessous ont été conservées par défaut selon les informations d'UrbanPrint.

3.3.2 Données à l'échelle du quartier

Eaux usées et eau potable	Déchets	Gestion des terres de terrassement
Station d'épuration centralisée Epanchage des boues d'épuration et de potabilisation Taux de perte des réseaux : 20%	Mode de gestion détaillée des déchets ménagers Déchets en mélange : Porte-à-porte, distance moyenne 10 km Encombrants : Porte-à-porte, traitement municipal, distance moyenne 50 km Déchets organiques : Porte-à-porte, pas de collecte spécifique	Méthode d'évaluation du volume de terre terrassée : Automatique (calculée par UrbanPrint) Import de terre depuis une carrière et export vers un site de stockage

Eaux usées et eau potable	Déchets	Gestion des terres de terrassement
	Type d'incinérateur présent sur le territoire : incinération valo électricité Type de valorisation organique : Plate-forme de compostage	Mode de transport des terres de terrassement : routier (100 %) Distances des sites de gestion des terres de terrassement : 30 km

3.3.3 Données à l'échelle du bâtiment

Systemes énergétiques

	Chauffage	Refroidissement	ECS	Production solaire	Ventilation
EHPAD	Collectif à l'échelle du bâtiment Électricité PAC air/eau	-	Collectif à l'échelle du bâtiment Électricité PAC électrique collective	-	Simple-flux
Logements collectifs	Collectif à l'échelle du bâtiment Électricité PAC eau/eau	-	Collectif à l'échelle du bâtiment Électricité PAC électrique collective	-	Simple-flux
Maisons individuelles	Individuel Électricité PAC eau/eau	-	Individuel Électricité Ballons thermodynamiques électriques individuels	-	Simple-flux
Supermarché	Collectif à l'échelle du bâtiment Électricité PAC air/eau	Collectif à l'échelle du bâtiment Électricité PAC air/eau	Collectif à l'échelle du bâtiment Électricité PAC électrique collective	Photovoltaïque : 30 % de la toiture	Simple-flux

Produits de construction

Superstructure			Infrastructure
Performance énergétique visée : Élevée (RE2020) Principaux matériaux de construction : Matériaux mixtes			Nombre de niveaux souterrains : 0 Nombre de niveaux souterrains dédiés au parking : 0
Façades et baies	Plancher haut ou toiture	Plancher bas	
Type d'isolation des murs : Intérieure (ITI) Niveau d'isolation des murs (U) : 0,24 W/m².K Inertie des murs prévue : Moyenne	Type d'isolation prévu de la toiture : Intérieure (ITI) Niveau d'isolation prévu de la toiture (U) : 0,13 W/m².K Inertie prévue de la toiture : Moyenne	Type d'isolation prévu du plancher : Intérieure (ITI) Niveau d'isolation du plancher (U) : 0,2 W/m².K Inertie prévue du plancher : Moyenne	<i>Logements</i> Types de fondations : Puits de fondations pour les logements collectifs et semelles filantes pour les maisons individuelles Surface de parking souterrains : 0 m² Nombre de places de parking : 0
Ratio de surface vitrée prévu : 21,3 % pour les logements collectifs, 16,5 % pour les maisons individuelles et 25,7 % pour le supermarché Type de vitrage prévu : Double vitrage			
Occultation extérieure prévue : Oui pour les logements collectifs et les maisons individuelles, non pour le supermarché			<i>Supermarché</i> Surface de parking souterrains : 0 m² Nombre de places de parking : 0
Balcon : Non			

A noter, en l'absence de choix arrêtés sur les scénarios d'approvisionnement énergétique il a été fait le choix de retenir des hypothèses conservatoires en mobilisant essentiellement des pompes à chaleur pour couvrir les besoins de chauffage et d'ECS des différents programmes.

Eaux et déchets

- Récupération d'eau de pluie : pas de récupération ;
- La gestion des déchets des bâtiments est assurée par la municipalité.

3.3.4 Données à l'échelle des espaces extérieurs

Systèmes	Produits de construction	Eaux
Stratégie d'éclairage : avec arrêt partiel Densité de point lumineux : moyenne Performance des points lumineux : neufs standards	Transport des produits de construction : routier Type de voirie : 100% voirie intermédiaire Type d'espace piétonnier artificialisé : 100% trottoir carrossable Type de piste cyclable : en site propre	Arrosage des espaces verts : Standard

Il a été considéré :

- 64 000 m² de prairie (centre).
- 63 000 m² de surfaces imperméables (sud).
- 65 000 m² de surfaces semi-perméables (nord).

3.3.5 Données d'entrée du scénario de référence

Comme énoncé précédemment, l'état de référence correspond à un projet défini avec le même plan masse que l'état projet mais dont le niveau de performance diffère. La référence considère une performance « business as usual » ou respectant les minimums réglementaires, selon des caractéristiques techniques intégrées par défaut dans UrbanPrint.

La situation de référence est calculée automatiquement, cela signifie que le quartier de référence va s'adapter aux années de construction et de permis de construire de chaque bâtiment. Ainsi les bâtiments de logement construits sur la période 2022-2025 seront considérés avec une exigence RE seuils 2022.

4 Résultats détaillés du bilan GES

Pour l'ensemble du bilan GES présenté dans les parties qui suivent, les sorties de l'indicateur carbone UrbanPrint ont été paramétrées en **mode ACV dynamique**. Cette méthodologie décrite dans la RE2020 permet de pondérer les émissions carbone dans le temps. Ainsi un poids carbone plus important est attribué aux émissions au début du cycle de vie du bâtiment par rapport à celles émises en fin de vie. Cela permet notamment de mettre en avant les matériaux biosourcés stockant temporairement du carbone et émettant donc plus au moment de leur fin de vie.

4.1 Total des émissions du projet d'aménagement

Les émissions du bilan GES du **scénario de référence** du site s'élèvent à **4 499,9 t CO₂e/an**.

Il permet une réduction des émissions de **266 t CO₂e/an** par rapport au projet de référence, soit environ **6 % de baisse** des émissions de gaz à effet de serre.

Avec l'ensemble des paramètres pris en compte détaillés plus haut, le total des émissions de GES du **scénario projet** s'établit à **4 233,8 t CO₂e/an**.

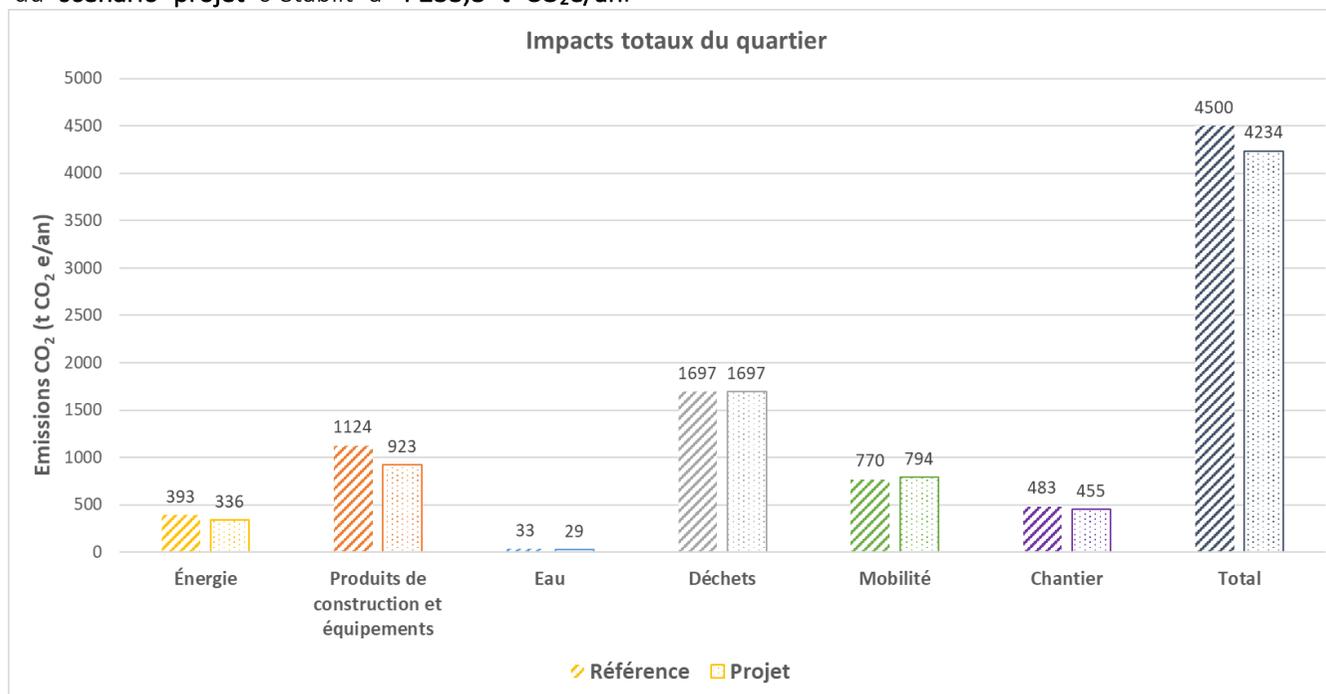


Figure 8 : Impacts totaux par poste entre le scénario de référence et le projet (en tonnes CO₂e/an)

	Énergie		Produits de construction et équipements		Eau		Déchets		Mobilité		Chantier		TOTAL	
	t CO ₂ e/an	%	t CO ₂ e/an	%	t CO ₂ e/an	%	t CO ₂ e/an	%	t CO ₂ e/an	%	t CO ₂ e/an	%	t CO ₂ e/an	%
Référence	392,6	9	1124,3	25	32,6	1	1696,7	38	770,4	17	483,3	11	4499,9	
Projet	336,5	8	923	22	29,1	1	1696,7	41	793,5	19	455	11	4233,8	
Évolution du projet par rapport au scénario référence	-56,1	-14,29	-201,3	-17,91	-3,5	-10,6	0	0	23,1	3	-28,3	-5,85	-266	-5,91

4.2 Comparaison scénario projet / scénario de référence

Le périmètre défini entre les scénarios de référence et de projet demeure le même (cf. 3.3.1 Erreur ! Source du renvoi introuvable.). Ainsi les deux projets possèdent la même localisation, la même programmation et la même forme urbaine (même plan masse). Cependant les niveaux de performance diffèrent entre les deux scénarios :

- **L'état de référence** considère une performance « business as usual » ou respectant les minimums réglementaires, selon des caractéristiques techniques par défaut ;
- **L'état projet** considère les niveaux de performance définis comme des leviers d'action activés.

Les résultats montrent que les émissions du projet sont moins importantes que celles de l'état de référence : - **266 tCO₂e/an**, soit environ **-6 %**.

En comparaison avec l'état de référence, le projet est moins émetteur sur les postes liés à l'**énergie** (- **56,1 tCO₂e/an**, soit - **14,29 %**), aux **produits de construction et d'équipements** (- **201,3 tCO₂e/an**, soit - **17,91 %**), à l'**eau** (- **3,5 tCO₂e/an**, soit - **10,6 %**) et au **chantier** (- **28,3 tCO₂e/an**, soit - **5,85 %**).

Cet écart entre les deux scénarios s'explique par les caractéristiques suivantes prise en compte pour le projet :

- Performance énergétique des bâtiments neufs élevée (niveau E1-E3) ;
- Mise en œuvre de matériaux de construction mixtes pour les bâtiments (classiques et biosourcés) ;
- Meilleure gestion de l'eau pour les espaces extérieurs par rapport à la référence ;
- Performance élevée des outils et des machines en phase chantier.
- Réduction du nombre de places de stationnement en sous-sols.

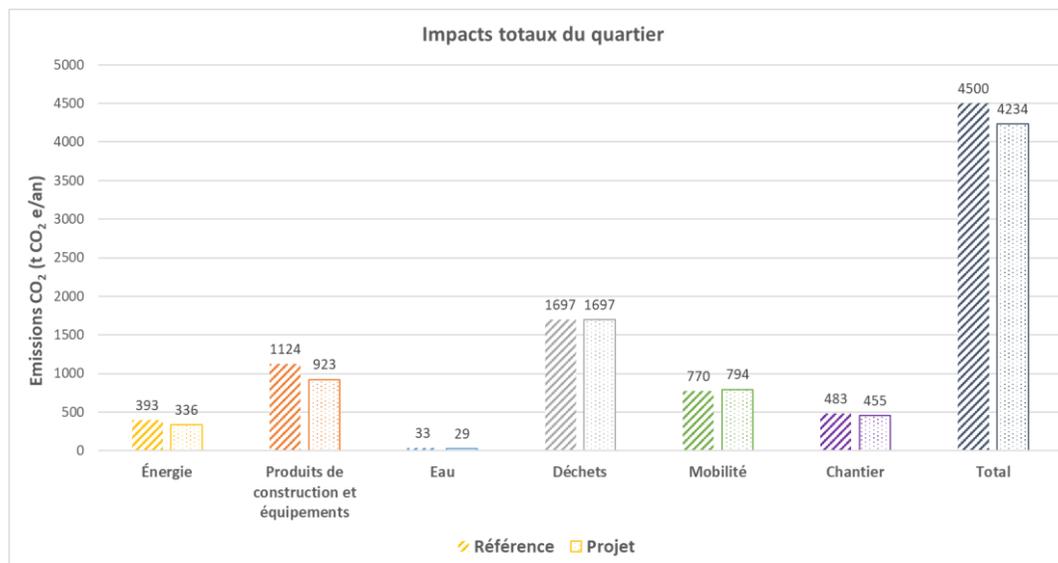


Figure 9 : Comparaison des émissions des GES par poste entre le projet et le scénario de référence (en tonnes CO₂e/an)

4.3 Détail des postes d'émissions du scénario projet et du scénario référence

4.3.1 Systèmes énergétiques

Les résultats des émissions de GES liées aux systèmes énergétiques, comparant les scénarios projet et référence sont détaillés dans le graphique et tableau suivants.

Par rapport à la référence, le scénario de projet permet une diminution de **56,1 t CO₂ e/an** des émissions de GES issues des systèmes soit une baisse de **14,29 %**.

Cela s'explique notamment par la considération d'un chauffage électrique collectif à l'échelle du bâtiment pour les logements collectifs (PAC eau/eau) dans le scénario de projet, contrairement au **scénario de référence qui considère des chaudières gaz condensation** pour les logements collectifs neufs RE2020 (seuils 2022) et des ballons thermodynamiques ou PAC collectives pour la production d'ECS.

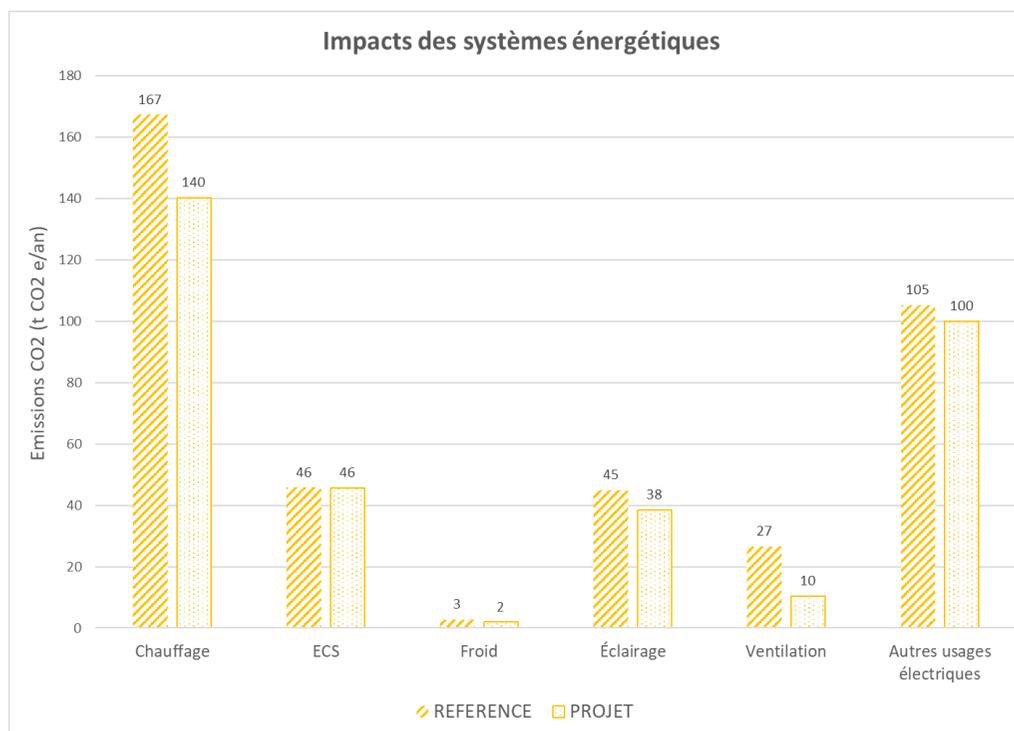


Figure 10 : Impacts des systèmes énergétiques pour le quartier de référence et le projet (en tonnes CO₂e/an)

Exemple de lecture du graphique ci-dessus : Les émissions de GES associées aux consommations des systèmes énergétiques du quartier du scénario de référence pour le poste « chauffage » sont estimées à environ 167 tCO₂e/an.

	Systèmes énergétiques (en t CO ₂ e/an)		Évolution du projet par rapport au scénario de référence
	Référence	Projet	
Chauffage	167,29	140,20	-16,20 %
Refroidissement	2,70	1,92	-28,80 %
ECS	45,78	45,57	-0,46 %
Éclairage	45	38,47	-14,51 %
Ventilation	26,56	10,39	-60,89 %
Autres usages électriques	105,26	99,79	-5,06 %
TOTAL	320,31	261,99	-14,29 %

4.3.2 Produits et Matériaux de Construction

Les résultats présentés ci-dessous sont issus des hypothèses de choix constructifs présentées dans la partie 0 Données à l'échelle du bâtiment.

Sont intégrées dans ce poste, les émissions liées à la construction des **bâtiments neufs** :

- le calcul est fait par l'outil à partir des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) disponibles sur la base INIES, dans une approche par « macro-composants » ou par ratios d'impacts environnementaux ramenés au m² de surfaces de planchers (sur la

base de retours d'un échantillon de bâtiments de l'observatoire E+C-mis à jour selon la réglementation RE2020), selon la finesse du paramétrage effectué ;

- Les parkings souterrains des bâtiments neufs sont également comptabilisés dans ce poste, dans le lot « 2. Fondations et infrastructures ».

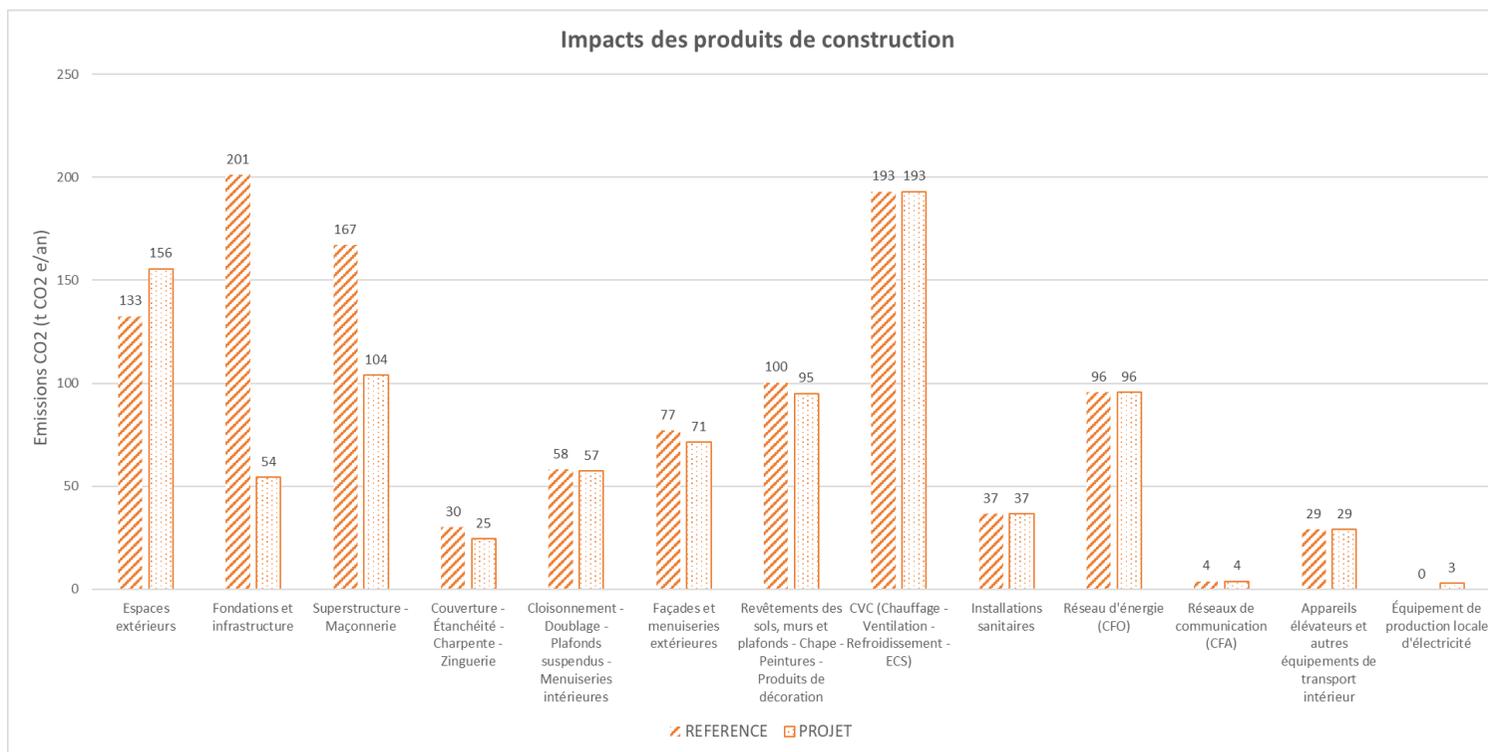


Figure 11 : Impacts des produits de construction pour le quartier de référence et le projet (en tonnes CO2e/an)

	Produits de construction et équipements (en t CO ₂ e/an)		
	Référence	Projet	Évolution du projet par rapport au scénario de référence
Lot 01 - Espaces extérieurs	132,55	156,56	17,36 %
Lot 02 - Fondations et infrastructure	201,13	54,26	-73,02 %
Lot 03 - Superstructure - Maçonnerie	167	104,05	-37,69 %
Lot 04 - Couverture - Étanchéité - Charpente - Zinguerie	30,18	24,56	-18,62 %
Lot 05 - Cloisonnement - Doublage - Plafonds suspendus - Menuiseries intérieures	58,04	57,30	-1,29 %
Lot 06 - Façades et menuiseries extérieures	76,96	71,38	-7,25 %
Lot 07 - Revêtements des sols, murs et plafonds - Chape - Peinture - Produits de décoration	100,32	95,01	-5,30 %
Lot 08 - CVC (Chauffage - Ventilation - Refroidissement - ECS)	193,04	193,04	-
Lot 09 - Installations sanitaires	36,69	36,69	-
Lot 10 - Réseaux d'énergie (CFO)	95,67	95,67	-
Lot 11 - Réseaux de communication (CFA)	3,83	3,83	-
Lot 12 - Appareils élévateurs et autres équipements de transport intérieur	28,91	28,91	-
Lot 13 - Équipement de production locale d'électricité	0	2,76	-
TOTAL	1 124,31	923	-17,91 %

Par rapport au scénario de référence, une diminution de **201,3 t CO₂ e/an** des émissions de GES issues des produits et matériaux de construction du scénario projet est observée soit une baisse de **17,91 %**. Les principales sources de réduction se situent au niveau des fondations-infrastructures (-73,02 %) et de la superstructure-maçonnerie (-37,69 %). En effet, il a été considéré pour le

projet un mixte bois-béton pour la structure des bâtiments, qui est une solution moins carbonée que tout béton.

Aussi, le projet ne comprend aucun parking souterrain, par rapport à la référence qui en considère, ce qui influe sur le « Lot 2. Fondations et infrastructures ».

4.3.3 Déchets

Il a été considéré les caractéristiques suivantes relatives au contributeur « Déchets » par l'outil UrbanPrint :

- Collecte des déchets : 75 730 t.km/an ;
- Quantité de déchets non recyclés : 5 798,2 t ;
- Quantité de biodéchets valorisés : 616,8 t ;
- Quantité de déchets envoyés en centre de tri ou déchetterie : 465,5 t.

Concernant le contributeur « Déchets », aucun paramétrage n'a été renseigné sur l'outil UrbanPrint. Les émissions sont donc similaires entre le scénario de référence et le scénario projet. Seules les **émissions liées à la gestion des biodéchets varient** avec une diminution de **-0,02 %** par rapport au scénario de référence.

	Déchets (en t CO ₂ e/an)		Evolution du projet par rapport au scénario de référence
	Référence	Projet	
Centre de tri et déchetterie	-78,70	-78,70	-
Gestion des biodéchets	1,93	1,93	-0,02 %
Gestion des déchets non recyclés	1 751,47	1 751,47	-
Collecte des déchets	21,98	21,98	-
TOTAL	1 696,67	1 696,67	-

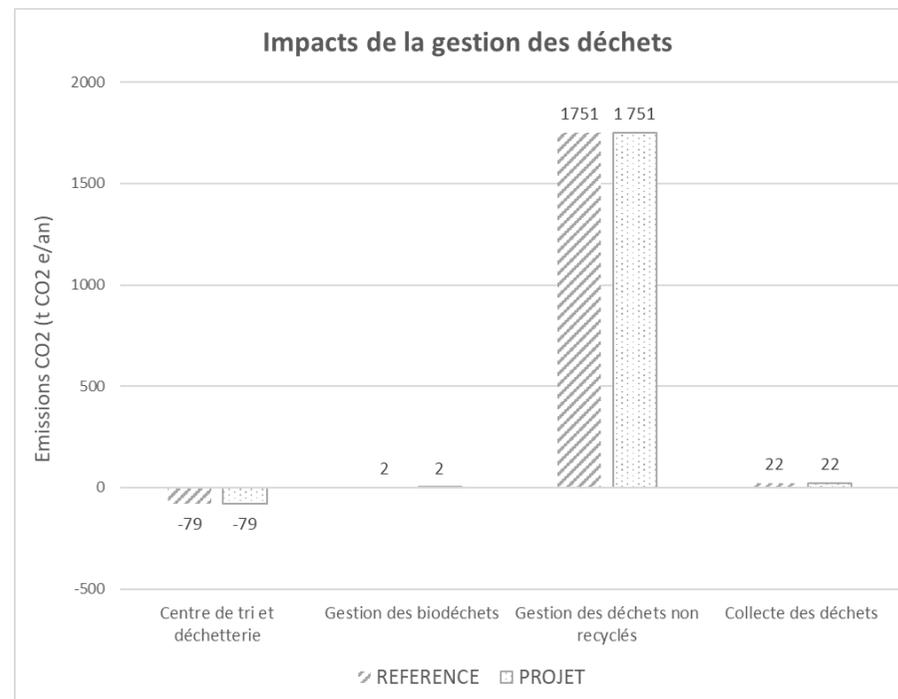


Figure 12 : Impacts de la gestion des déchets pour le quartier de référence et le projet (en tonnes CO₂e/an)

4.3.4 Mobilité

Il a été considéré les caractéristiques suivantes relatives au contributeur « Mobilité » par l'outil UrbanPrint :

	Mobilité (en t CO ₂ e/an)	
	Référence	Projet
Domicile- Accompagnement	74,74	74,74
Domicile - Achats	86,40	86,40
Domicile - Loisirs	104,29	104,29
Domicile - Travail	261,85	261,85
Domicile - Étude	28,65	28,65
Domicile - Affaires personnelles	100,66	100,66
Domicile - Autre	4,34	4,34
Travail - Secondaire (lié au travail mais pas au domicile)	27,36	27,36
Secondaire (lié ni au domicile ni au travail)	58,98	58,98
Voirie locale	23,12	46,24
TOTAL	770,4	793,9

NB : Concernant le contributeur « Mobilité », aucun paramétrage ne peut être renseigné sur l'outil UrbanPrint pour le moment. Certains paramètres ont pu être indiqués pour la voirie dans la définition des espaces extérieurs.

Les résultats sont fournis ci-après, par motifs de déplacements.

	Bus	Véhicules Particuliers	Transports en commun ferrés	Modes actifs
Distance parcourue (en km/ Usager équivalent)	235	1 237	828	171
Part modale	10 %	50 %	33 %	7 %

Les émissions liées à la voirie locale varient donc à la marge. **Il n'y a donc pas de différence significative calculée par le logiciel UrbanPrint entre les émissions de GES pour le projet par rapport au site de référence.** Le projet prévoit cependant un nombre de stationnements important pour les vélos participant ainsi à favoriser les mobilités douces et alternatives, ainsi qu'une amélioration de la desserte par les transports collectifs favorisant un report modal.

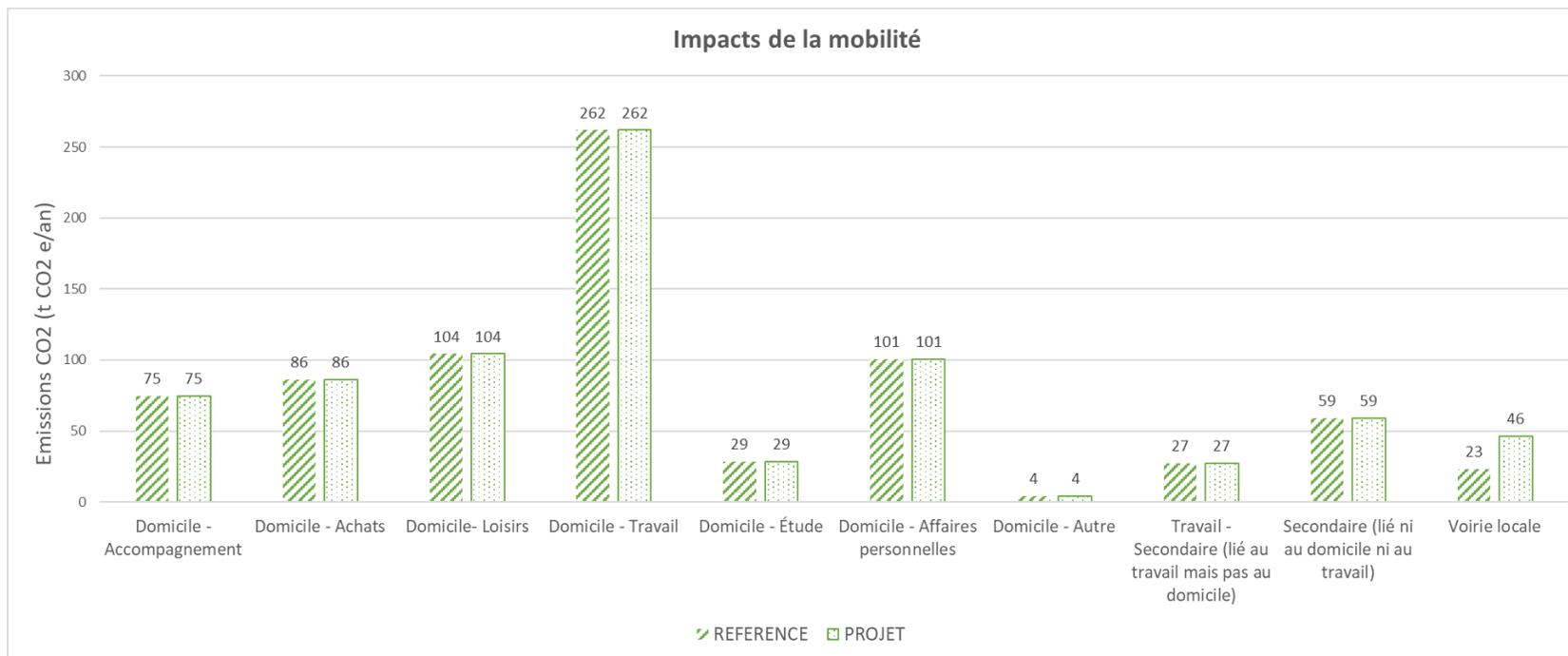


Figure 13 : Impacts de la mobilité pour le quartier de référence et le projet (en tonnes CO₂e/an)

4.3.5 Chantier

Le poste chantier consiste à évaluer les impacts liés :

- aux **travaux de terrassement** de l'opération d'aménagement (nécessaires pour les espaces extérieurs et les terrassements des bâtiments). Ceux-ci prennent en compte notamment l'impact du transport associé à l'import ou l'export des terres, les travaux d'excavation ou de mise en œuvre des terres et la gestion des terres choisie (réemploi, carrière, stockage) ;
- aux **changements d'usage des sols** (qui vont stocker ou relarguer des GES selon si les surfaces sont artificialisées ou au contraire revégétalisées et selon les types de couverts végétaux).

Par rapport au site de référence, une diminution de **28,28 tCO₂ e/an** des émissions de GES dues à la phase chantier du scénario projet est observée soit une baisse de **5,85 %**.

Cette diminution s'explique principalement par la diminution des émissions de GES due au transport de terre (-17,41 %) et la diminution des émissions de GEs due aux travaux et mode de gestion engendrés par le projet (-22 %).

Concernant le changement d'affectation des sols, le projet stocke moins de carbone que le scénario de référence (+43,71 % d'émissions de GES). Cela s'explique notamment par l'importante artificialisation des sols du projet.

	Chantier (en tCO ₂ e/an)		
	Référence	Projet	Évolution du projet par rapport au scénario de référence
Transport de terre	140,89	116,36	-17,41 %
Travaux et mode de gestion	233,50	182,14	-22 %
Changement d'affectation des sols	108,93	156,53	43,71 %
TOTAL	483,31	455,03	-5,85 %

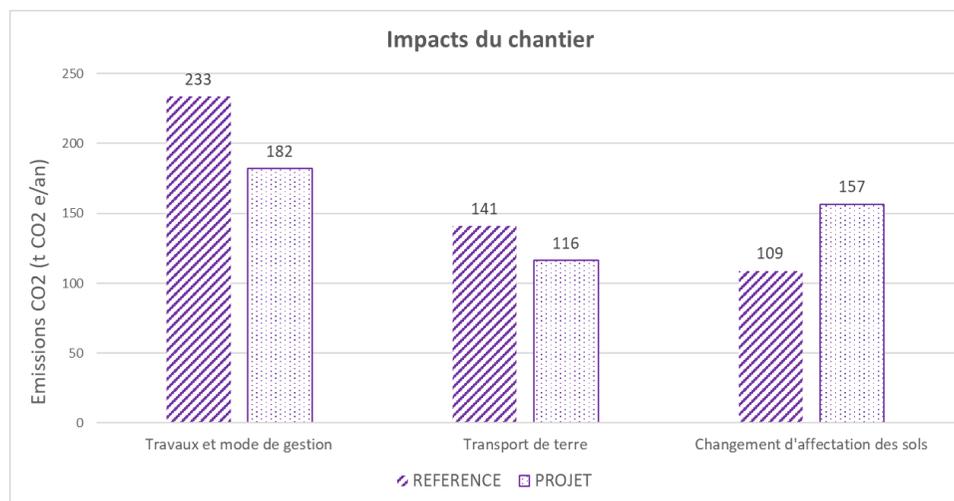


Figure 14 : Impacts du chantier pour le quartier de référence et le projet (en tonnes CO₂e/an)

4.4 Émissions unitaires par usager équivalent

4.4.1 Comparaison des émissions unitaires par usager équivalent scénario référence et projet

NB : À la différence de l'empreinte habitant dont une approche est proposée dans la partie suivante, cet indicateur d'émissions par usager-équivalent ou « USEQ » ne prend en compte que les émissions liées aux différents contributeurs présentés dans les chapitres précédents, sur lesquels le projet urbain a des actions directes, et non les éléments liés aux modes de consommations des individus, qui relèvent d'un contexte macro-économique qui ne rentre pas dans le bilan réalisé dans cette étude.

Dans cette partie sera uniquement considéré le nombre d'usagers équivalent généré par UrbanPrint, par souci de cohérence avec le modèle de calcul du logiciel.

Comme énoncé précédemment, afin de pouvoir situer la performance du quartier et de se rendre compte de l'impact du service rendu, une

normalisation des résultats via la définition d'un usager équivalent a été pensée. Un employé est cependant associé à des émissions du bâtiment différentes de celles d'un habitant. Ainsi pour équilibrer leurs impacts en termes d'émissions carbone du bâtiment, il est par exemple considéré qu'un employé de bureau = 0,83 usager équivalent et qu'un habitant = 1 usager équivalent.

Pour rappel, dans les deux scénarios étudiés ici, le **nombre d'usagers équivalents calculé par UrbanPrint est de 1 894**.

Les résultats pondérés montrent une diminution des émissions par usager-équivalent entre la référence et le projet, situés respectivement à 1 527,1 et 1 507,8 kgCO₂e/an/Useq.

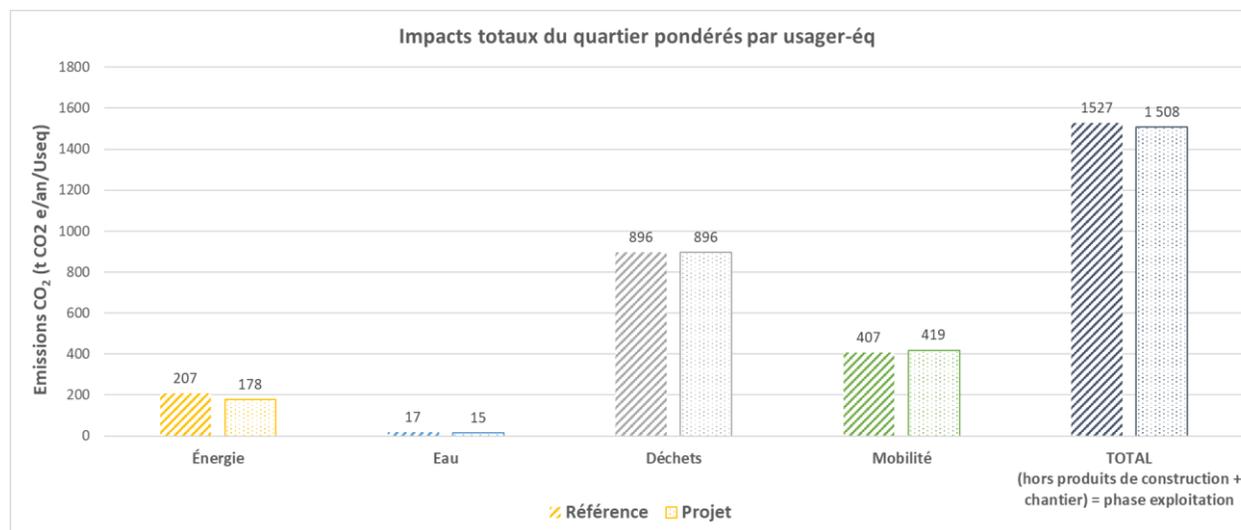


Figure 15 : Émissions unitaires par usager équivalent

4.4.2 Empreinte habitant à l'état projet et trajectoire SNBC

UrbanPrint permet d'obtenir l'empreinte d'un habitant moyen du quartier, c'est-à-dire que les émissions globales sont ramenées au nombre d'habitants estimé par l'outil (USEQ, cf. § précédent), auxquelles sont ajoutées les émissions liées à son comportement et ses modes de consommations (ex. alimentation, consommation de biens de l'industrie textile, d'équipements électroniques, part des services publics et commerciaux comme les assurances ou la télécommunication, etc.).

L'intérêt de cet indicateur est qu'il est ainsi comparable aux objectifs des trajectoires cadres : afin de limiter les effets du changement climatique, l'Accord de Paris (2015) a fixé un objectif : limiter la hausse de la température en-dessous de 2 degrés d'ici la fin du siècle. Traduit à l'échelle des émissions de gaz à effet de serre individuelles pour un Français, il est nécessaire de passer à **2 tonnes équivalent CO₂ par an et par habitant d'ici 2050, de manière quasi linéaire**. En 2022, selon le Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires, un Français émet environ 9,2 tCO₂e/an.

À partir des données renseignées pour le scénario projet, l'outil a considéré 1 625 habitants dans le quartier et 54 employés.

Dans le scénario projet, les émissions moyennes d'un habitant du quartier sont estimées à environ **7,3 tCO₂e/an** (contre 8,3 tCO₂e/an pour le scénario de référence). Cela correspond à une **équivalence à l'année 2031 sur la trajectoire de la SNBC**.

Les postes principaux d'émissions carbone d'un habitant correspondent à l'alimentation (28 %), à l'usage des différents services du quartier (services publics, restauration, administration...) (26 %) et à la mobilité (26 %).

La répartition de l'empreinte habitant du projet est la suivante :

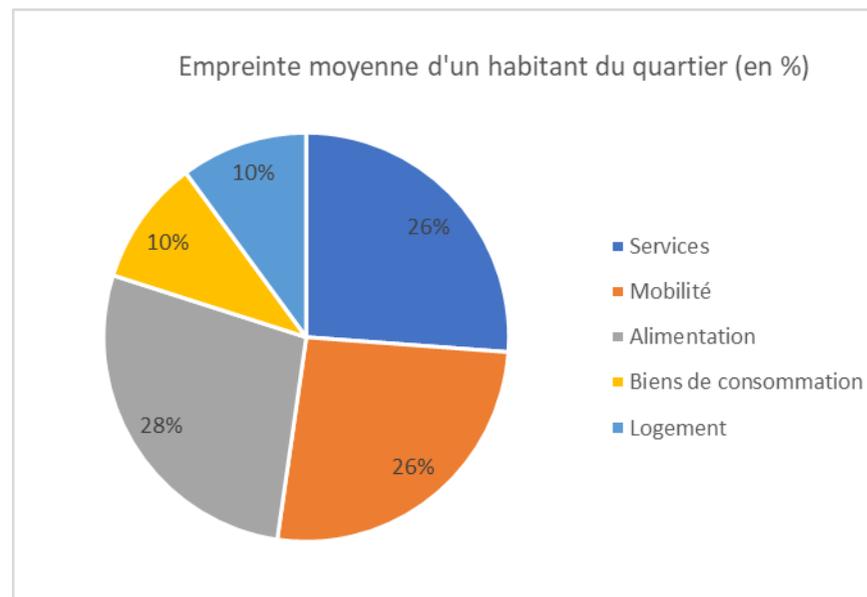


Figure 16 : Empreinte carbone moyenne d'un habitant du quartier à l'état projet

5 Leviers d'actions (mesures de réduction)

La réalisation de ce bilan d'émissions de GES s'inscrit dans un objectif d'amélioration continue du projet.

L'impact carbone est ainsi considéré comme un critère de la qualité du projet urbain. Un **calcul complet avec un outil d'aide à la décision a ainsi été effectué pour le scénario projet**. Ce « calcul d'aide à la décision » ou « calcul de potentiel » consiste en une analyse de sensibilité sur les leviers du projet. Il permet de présenter :

- les leviers actionnés dans la stratégie en cours réduisant l'impact par rapport à l'état de référence (sur la partie gauche du graphique ci-dessous) ;

- et montre également les leviers qu'il reste à actionner pour attendre la meilleure stratégie identifiée (sur la partie droite du graphique).

Le graphique suivant nommé « Diagramme de Shapley » permet ainsi de visualiser les émissions actuelles du projet (stratégie en cours) vis-à-vis du scénario de référence et de la « meilleure stratégie » (définie théoriquement par le scénario où l'intégralité des leviers d'actions identifiés seraient mis en œuvre).

Il ne prend pas en compte l'impact du contributeur mobilité, c'est une limite actuelle du logiciel.

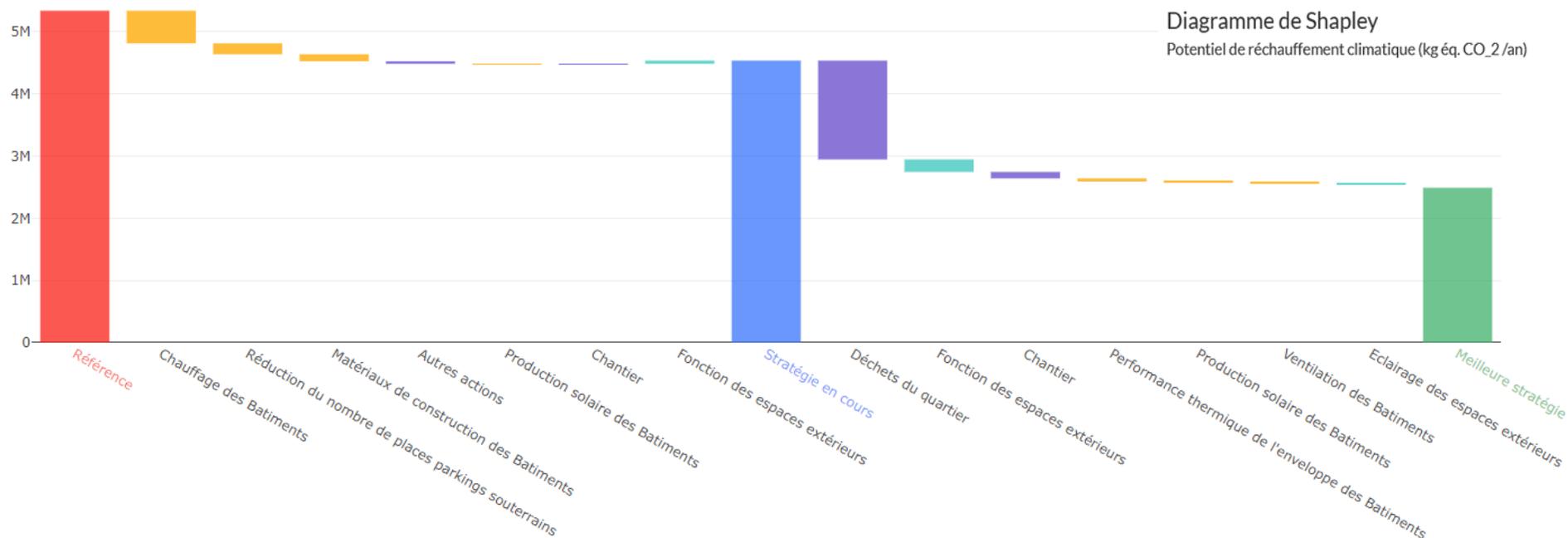


Figure 17 : Diagramme de Shapley – Leviers d'action déjà activés et encore mobilisables afin d'atteindre la meilleure stratégie (hors contributeur mobilités)

Exemple de lecture du graphique ci-dessus : Mettre en place un système de traitement des déchets organiques (ex : compost de quartier) est un des leviers les plus efficaces vis-à-vis de la réduction des émissions carbone pour se rapprocher de la performance optimale. Avec des stratégies sur cette thématique, il est encore possible de réduire de presque 80 % les émissions parmi celles encore atteignables à l'échelle globale.

L'**épuiement du gisement** (atteinte du potentiel) correspond au pourcentage d'atteinte par le scénario projet du niveau le plus bas d'émissions carbone théoriquement atteignable (« meilleure stratégie »). Ici, l'épuiement du gisement est de 28 % ce qui signifie que **28 % des leviers d'action identifiés ont été activés**.

Les leviers d'action déjà activés permettent de réduire les émissions *hors mobilité* de **-15,02 %**.

Le scénario « meilleure stratégie » prenant en compte l'intégralité des leviers d'actions (ceux activés et non encore activés) permettrait une **diminution des émissions hors mobilité de 53,33 % par rapport au scénario de référence**.

Le détail par grande famille de leviers d'actions permet d'identifier les plus efficaces pour atteindre la « meilleure stratégie » en termes d'émissions de GES du projet :

- la mise en place d'un système de traitement des déchets organiques à l'échelle du quartier permettrait une diminution d'environ 80 % ;
- la modification des fonctions des espaces extérieurs en intégrant des zones humides permettrait une diminution de 10 % ;
- le réemploi in situ de la majorité des terres de terrassement permettrait une diminution de 5 % ;
- la mise en place d'une performance thermique de l'enveloppe des bâtiments très élevée (niveau label E3-E4) permettrait une diminution d'environ 2 %.

Leviers d'actions par poste (en %)	
Référence (hors mobilités) : 3 729 tCO ₂ e/an	% de diminution entre la référence et le projet
Chauffage des bâtiments	-56,74 %
Réduction du nombre de places de parking souterrains	-19,05 %
Matériaux de construction du bâtiment	-12,36 %
Fonctions des espaces extérieurs	-5,56 %
Autres actions	-4,27 %
Chantier	-1,03 %
Production solaire des bâtiments	-0,99 %
Projet (hors mobilités) : 3 440 tCO ₂ e/an	% de diminution entre le projet et la meilleure stratégie
Déchets du quartier	-79,58 %
Fonction des espaces extérieurs	-10,02 %
Chantier	-5,22 %
Performance thermique de l'enveloppe des bâtiments	-1,64 %
Production solaire des bâtiments	-1,37 %
Ventilation des bâtiments	-1,11 %
Éclairage des espaces extérieurs	-1,05 %
Meilleure stratégie (hors mobilités) : 2 492 tCO₂/an	

6 Limites de l'étude

Au regard du stade d'avancement des études du projet d'aménagement, des hypothèses ont été faites afin de réaliser les calculs : elles se basent principalement sur des hypothèses et des calculs réalisés par EODD Ingénieurs Conseils, selon les savoirs faire et retours d'expérience dont ces experts bénéficient pour des projets similaires.

Dans ce contexte, les limites de l'étude sont les suivantes :

- les actions de dépollution n'ont pas été quantifiées dans ce bilan GES, puisque l'outil UrbanPrint ne permet pas de les calculer ;
- le contributeur lié à la mobilité n'a pas été paramétré sur l'ensemble des scénarios. En effet, il ne peut actuellement pas être renseigné manuellement sur UrbanPrint. L'ensemble des résultats concernant ce contributeur sont donc associés à des paramètres renseignés par défaut dans l'outil ;
- dans le scénario projet : les caractéristiques des bâtiments, les besoins et consommations électriques ont été considérés à partir d'hypothèses, par manque de données.

Pour obtenir un scénario projet plus vertueux que celui renseigné à ce stade, il s'agira de connaître les solutions énergétiques et techniques envisagées pour le projet, ainsi qu'avoir un retour sur la liste des éléments demandés dans l'offre d'EODD Ingénieurs Conseils, à savoir :

- les études de conception, y compris :
 - plans masses ;
 - surfaces bâties (m^2 SDP, m^2 SHAB, m^2 SU), dont réparties par usages : commerce, tertiaire... ;
 - notice environnementale (ambitions environnementales carbone et énergie, niveaux RE2020 des indicateurs ICénergie/ICconstruction/CEP, ACV des bâtiments...);
 - étude d'approvisionnement énergétique ;

- plans et mesures des surfaces de catégorisation de leurs typologies (pelouses, végétation multistrates sur pleine terre, revêtements semi-perméables...) pour l'état initial et le projet ;
- étude mobilité (parts modales, voire origine-destination des trajets) ;
- éléments relatifs aux chantiers :
 - planning ;
 - démolitions prévues (volumes, natures de déchets, % valorisation : diagnostic PEMD) ;
 - déblais-remblais de terre (volumes et origine-destinations).