

**SAS LES ATELIERS**

## **PROJET D'AMENAGEMENT MIXTE DU VECTEUR SUD - CHATILLON**

### **Bilan Carbone de l'opération**

NOVEMBRE 2024

INDICE	DESCRIPTION	ÉTABLI(E)	CONTROLÉ(E)	APPROUVÉ(E)	DATE
V0	Version initiale	EE	BB	TA	14/10/2024
V1	Intégration remarques MOA Modélisation retournée avec RE2020 seuil 2022	EE	BB	TA	08/11/2024

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b><u>PRESENTATION DU PROJET.....</u></b>	<b><u>5</u></b>
<b>2</b>	<b><u>BILAN CARBONE DU PROJET.....</u></b>	<b><u>8</u></b>
<b>2.1</b>	<b>Généralité .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2</b>	<b>Contexte réglementaire.....</b>	<b>8</b>
<b>2.3</b>	<b>Documents cadres nationaux et locaux .....</b>	<b>9</b>
2.3.1	La Stratégie Nationale Bas Carbone .....	9
2.3.2	Le PCAET de Vallée Sud-Grand Paris.....	10
<b>2.4</b>	<b>Définition de l'aire d'étude.....</b>	<b>11</b>
2.4.1	Périmètre temporel .....	11
2.4.2	Périmètre spatial.....	12
2.4.3	Périmètre fonctionnel.....	12
<b>2.5</b>	<b>Modélisation du projet Vecteur Sud.....</b>	<b>13</b>
2.5.1	Définition des objectifs de l'étude .....	13
2.5.2	Modélisation de l'état fil de l'eau.....	13
2.5.3	Modélisation du scénario projet.....	14
2.5.4	Pistes d'amélioration du projet .....	21
<b>2.6</b>	<b>Méthodologie.....</b>	<b>23</b>
2.6.1	Présentation du logiciel URBAN PRINT .....	23
2.6.2	Données d'entrée utilisées .....	26
2.6.3	Biais et limites d'Urban Print.....	28

## FIGURES

Figure 1 : Plan masse du projet Vecteur Sud (Source : PC 02.1 Plan masse des constructions, permis de construire, PPX Architecte, octobre 2024) .....	5
Figure 2 : Localisation de la zone d'étude au 1/25000 <sup>ème</sup> (Source : SEGIC Ingénierie) .....	6
Figure 3 : Vue aérienne du site avant démolition (Source : Google Earth, 2022).....	7
Figure 4 : Principe de l'effet de serre (source : GIEC) .....	8
Figure 5 : Emissions tendanciennes de la Stratégie Nationale Bas Carbone (Source : SNBC) .....	9
Figure 6 : Puits et émissions de gaz à effet de serre en France en 2050 selon le scénario de référence (Source : SNBC).....	9
Figure 7 : Répartition sectorielle des trois prochains budgets carbone en MtCO <sub>2</sub> eq (Source : Synthèse de la stratégie Nationale Bas Carbone) .....	10
Figure 8 : Répartition des émissions de GES du territoire de Vallée Sud – Grand Paris en 2016 (Source : PCAET Vallée Sud-Grand Paris).....	10
Figure 9 : Emissions de GES par mode de transport (tCO <sub>2</sub> eq, %) sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris en 2016.....	10
Figure 10 : Consommations d'énergie et émissions de GES territoriales liées au secteur résidentiel, en MWhEF et tCO <sub>2</sub> eq en 2016 (Source : PCAET Vallée Sud-Grand Paris).....	11
Figure 11 : Consommations territoriales d'énergie et émissions de GES liées au secteur résidentiel, en % en 2016 (Source : PCAET Vallée Sud-Grand Paris).....	11
Figure 12 : Périmètre d'étude pour le Bilan Carbone .....	12
Figure 13 : Décomposition des postes d'émissions des périmètres « usager » et « aménageur ».....	12
Figure 14 : Emissions estimées du secteur Vecteur Sud pour l'état fil de l'eau (Source : SEGIC Ingénierie) .....	13
Figure 15 : Répartition des émissions de GES du projet par grands postes d'émission .....	14
Figure 16 : Impacts des systèmes énergétiques en kgCO <sub>2</sub> eq/an sur l'ensemble du projet comparés au scénario de référence.....	15
Figure 17 : Emissions de CO <sub>2</sub> eq liées au poste « Produits de construction » en kgCO <sub>2</sub> eq/an .....	15
Figure 18 : Comparaison des émissions de GES du quartier par grands postes d'émission, en valeur absolue ....	16
Figure 19 : Emissions cumulées par scénario (valeur absolue).....	17
Figure 20 : Comparaison des émissions de GES du quartier par grands postes d'émission, reportées à l'utilisateur équivalent .....	18
Figure 21 : Emissions cumulées par scénario (rapportées au nombre d'utilisateurs équivalents) .....	19
Figure 22 : Répartition des émissions de l'empreinte carbone totale d'un habitant futur de quartier Vecteur Sud (Source : SEGIC Ingénierie).....	20
Figure 23 : Diagramme de Shapley du projet Vecteur Sud.....	21
Figure 24 : Fonctionnement des enrichisseurs (Source : Documentation Urban PRINT) .....	23
Figure 25 : Description du projet d'aménagement par équipements puis thèmes dans UrbanPrint.....	24
Figure 26 : Périmètres « usager » et « aménageur » .....	24
Figure 27 : Plan masse utilisé pour modéliser le projet dans Urban Print (Source : Pièce PC 2.01 Plan de masse des constructions, permis de construire, PPX Architecture, octobre 2024) .....	27

# 1 PRESENTATION DU PROJET

Le projet Vecteur Sud est situé dans la ville de Châtillon dans le département des Hauts-de-Seine (92).

Placée à 4 km au Sud de Paris, la commune est limitrophe avec les villes de Clamart et Vanves à l'Ouest, Malakoff et Montrouge au Nord, Bagneux à l'Est et Fontenay-aux-Roses au Sud.

Située au Nord Est de la commune, le projet s'installe entre l'avenue de la République, la rue Perrotin et la coulée verte. La zone s'inscrit dans un site stratégique.

Étendue sur un terrain de 6 372m<sup>2</sup> avec une coulée verte traversant le projet, l'emprise du projet s'inscrit dans la continuité géographique et programmatique de la ZAC des Arues, pour laquelle la MRAe a récemment rendu un avis.

Le projet d'aménagement du Vecteur Sud poursuit plusieurs objectifs :

- Assurer une continuité géographique et programmatique avec le projet de la ZAC des Arues ;
- Permettre la construction d'un ensemble mixte (logements, locaux à usage d'activité industrielle, commerces et activités) sur ce périmètre à dominante d'activités de bureaux afin de promouvoir la mixité fonctionnelle et sociale avec des objectifs environnementaux particulièrement élevés ;
- L'obtention de certifications environnementales et de développement durable (NF HQE) pour la performance du projet d'aménagement en matière de respect de l'environnement.

Plus spécifiquement, le projet aura pour objectif :

- D'accompagner la dynamique nouvelle créée par l'arrivée de la gare de la ligne 15 du Grand Paris Express ;
- Requalifier un secteur à dominante d'activités de bureaux qui constitue aujourd'hui un tissu urbain hétérogène ;
- Maîtriser le développement de ce secteur d'entrée de ville, en favorisant la mixité sociale et fonctionnelle ;
- Favoriser la production de logements de typologies, de formes et de hauteurs variées permettant de répondre à la réglementation en vigueur dans le PLU ;
- Développer un quartier centré sur la qualité du cadre de vie par un aménagement qualitatif des espaces et un élargissement de la coulée verte ;
- Développer une offre commerciale de proximité en lien et complémentarité avec la ZAC ;
- Développer une stratégie en développement durable vertueuse et résiliente face aux enjeux climatiques et de bien être en ville en luttant notamment contre l'effet d'îlot de chaleur urbain ;
- Favoriser l'aménagement d'espaces végétalisés pour lutter contre la forte imperméabilisation des sols dans ce quartier.

Le plan masse du projet est présenté ci-après.

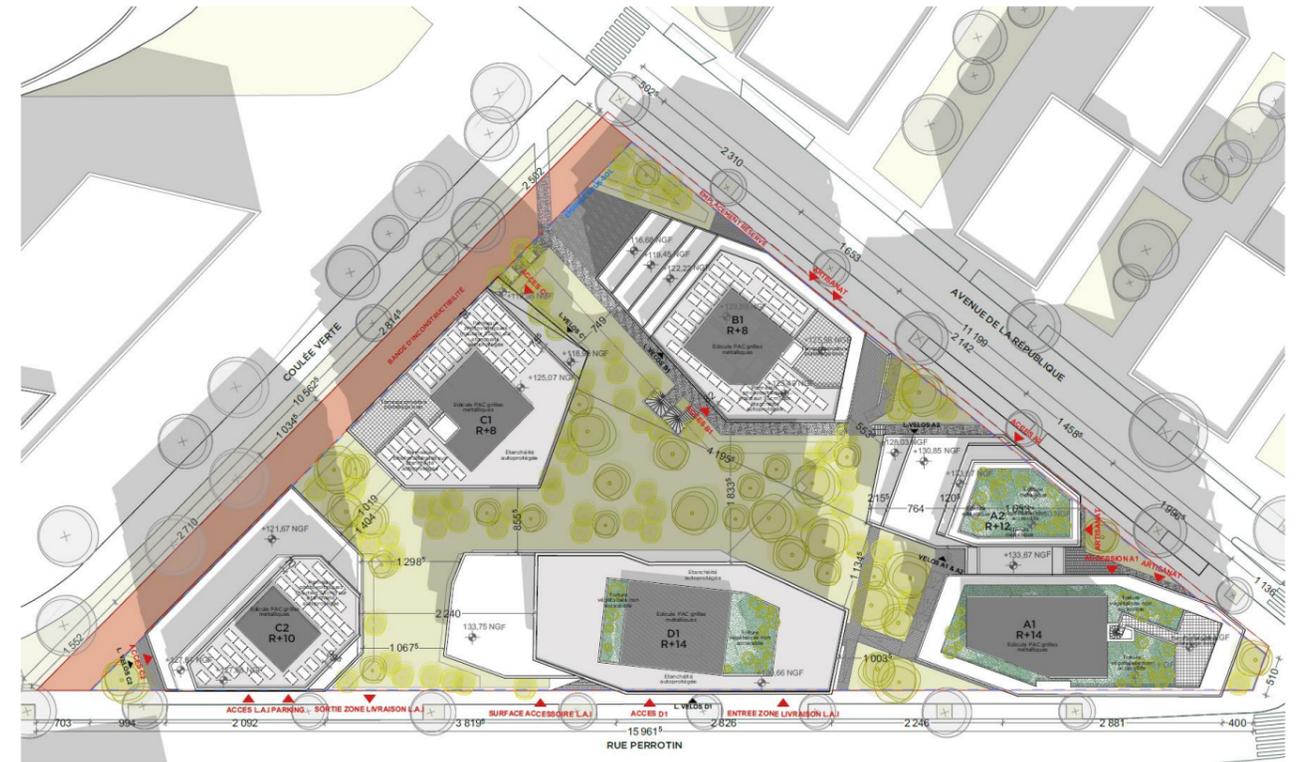


Figure 1 : Plan masse du projet Vecteur Sud (Source : PC 02.1 Plan masse des constructions, permis de construire, PPX Architecte, octobre 2024)

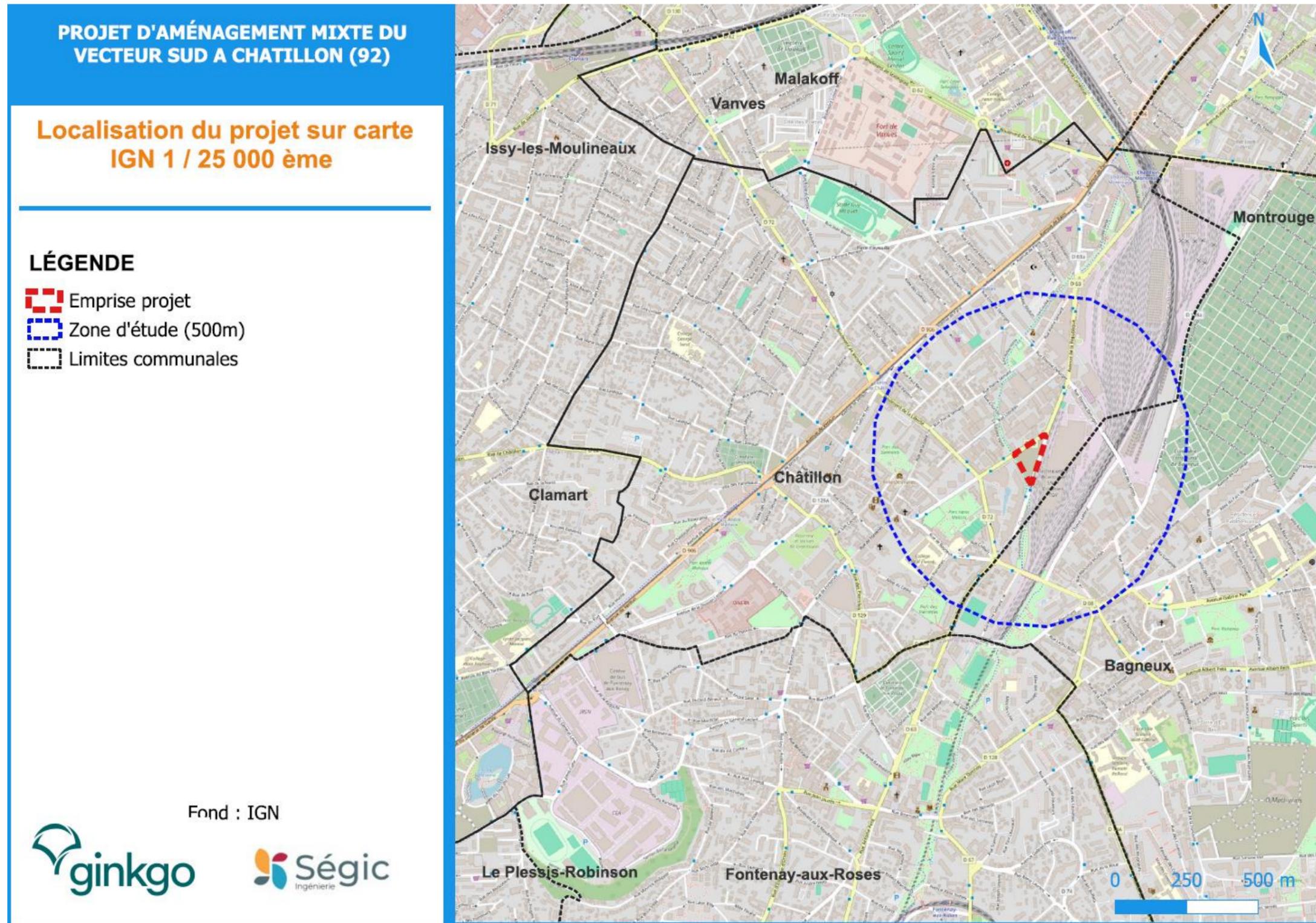


Figure 2 : Localisation de la zone d'étude au 1/25000ème (Source : SEGIC Ingénierie)

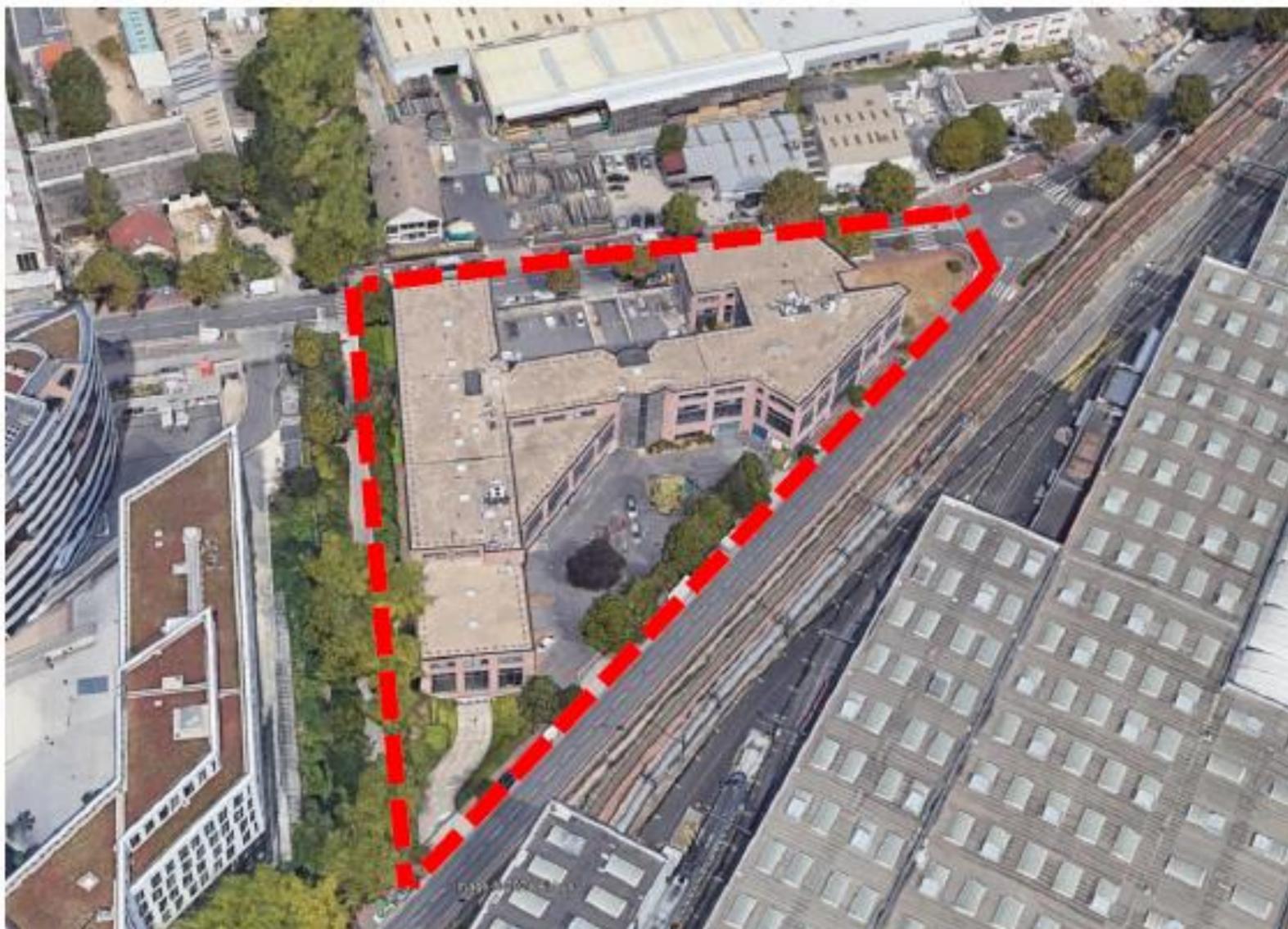


Figure 3 : Vue aérienne du site avant démolition (Source : Google Earth, 2022)

## 2 BILAN CARBONE DU PROJET

### 2.1 GENERALITE

L'effet de serre est un phénomène physique naturel permettant de retenir une partie de la chaleur fournie par le soleil, ce qui maintient une température positive sur la planète Terre, condition nécessaire au développement de la vie.

*A contrario*, une augmentation de l'effet de serre entraînerait une élévation de la température à la surface du globe. Les conséquences d'un tel réchauffement sont multiples et sont susceptibles de nuire à la biodiversité en général - et à l'être humain en particulier - c'est-à-dire :

- Augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes ;
- Élévation du niveau des mers ;
- Extinction d'espèces animales et végétales ;
- Baisse des rendements agricoles ;
- Hausse des dégâts sur les infrastructures de transports ;
- Déstabilisation géopolitique ;
- Perturbation de l'économie mondiale ;
- etc.

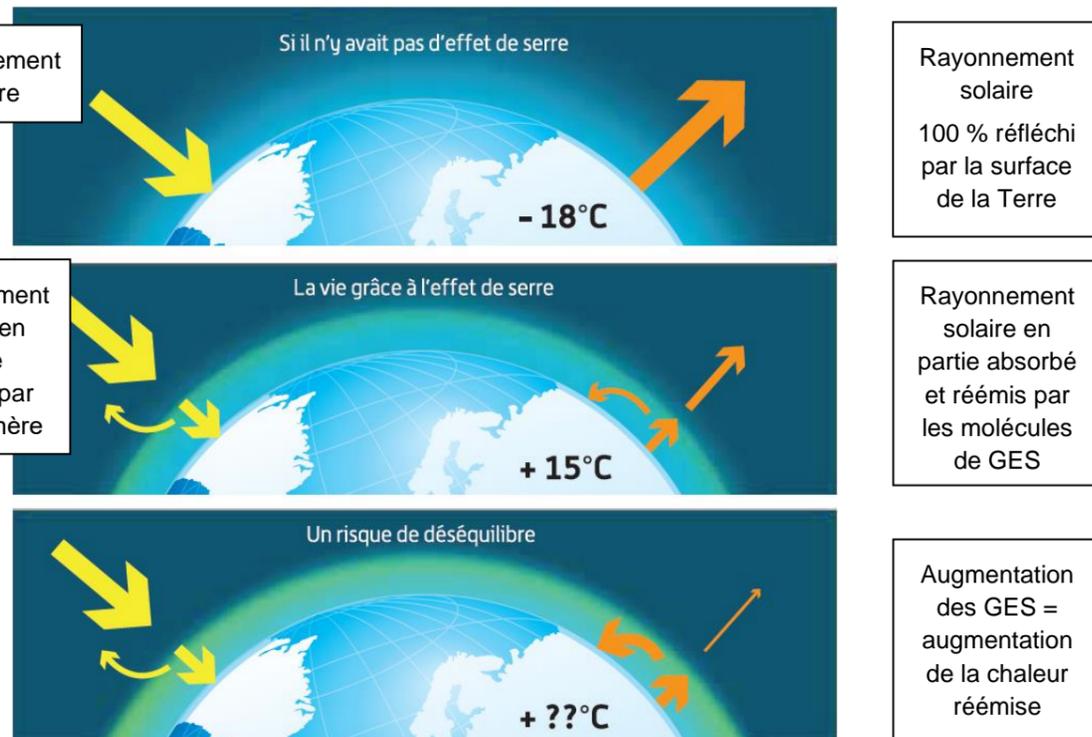


Figure 4 : Principe de l'effet de serre (source : GIEC)

### 2.2 CONTEXTE REGLEMENTAIRE

La France s'est engagée, au niveau européen et international, à réduire ses émissions de gaz à effet de serre (GES). La France a renouvelé cet engagement national en ratifiant l'accord de Paris qui vise à limiter les émissions de GES de telle sorte que la hausse de la température moyenne de la planète en 2100 n'excède pas 2 degrés, et de poursuivre les efforts en vue de limiter cette augmentation à 1,5 degré par rapport à l'ère préindustrielle, et qui implique d'atteindre la neutralité carbone à l'échelle mondiale dans la deuxième moitié du XXI<sup>e</sup> siècle.

En 2017, avec le plan climat, en accord avec son engagement envers l'accord de Paris, la France s'est fixée comme objectif la neutralité carbone à l'horizon 2050. Ce principe de neutralité carbone impose de ne pas émettre plus de GES que notre territoire ne peut en absorber via les milieux notamment les forêts ou les sols et les technologies de capture et stockage ou de réutilisation du carbone.

La **Stratégie nationale bas-carbone (SNBC)** révisée adoptée par décret le 21 avril 2020 définit des orientations de politiques publiques pour mettre en œuvre la transition et atteindre la neutralité carbone en 2050. Elle fixe des budgets carbone qui définissent la trajectoire à suivre à moyen terme pour y parvenir.

Mettant en œuvre certaines orientations de la SNBC, **la loi Énergie-Climat 2019** renforce les axes suivants pour atteindre ces objectifs :

- Réduire la dépendance de la France aux énergies fossiles en l'abaissant de 40 % dès 2030 (par rapport à 2012) ;
- Lutter contre les passoires thermiques ;
- Mettre en place de nouveaux outils de pilotage, gouvernance et évaluation de la politique climat de la France

La prise en compte du climat est intégrée dans les évaluations environnementales. En effet, parmi les différents effets du projet à analyser, l'article R122-5 du Code de l'environnement prévoit que l'étude d'impact doit contenir **l'évaluation des incidences du projet sur le climat** et par conséquent les émissions de gaz à effet de serre afférent à toutes les étapes de vie du projet. Dans ce cadre, le Commissariat général au développement durable (CGDD) a réalisé un guide méthodologique intitulé : « Prise en compte des émissions de gaz à effet de serre dans les études d'impact » en février 2022. La présente étude obéit aux attendus de ce guide méthodologique.

Par ailleurs, l'évaluation carbone d'un projet est cadrée par le décret 2017-725 du 3 mai 2017 relatif aux principes et modalités de calcul des émissions de gaz à effet de serre des projets publics, en application de l'Article 173 de la Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte. Ledit article prévoit que les décideurs publics soient en mesure de disposer d'une information sur les émissions de gaz à effet de serre suscitées par un projet.

L'Article 75 de la loi Grenelle II (loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement) a modifié le Code de l'environnement (article L229-25) pour imposer le principe d'une généralisation des diagnostics des émissions de gaz à effet de serre pour les acteurs publics et privés, en vue d'identifier et de mobiliser les gisements de réduction de ces émissions.

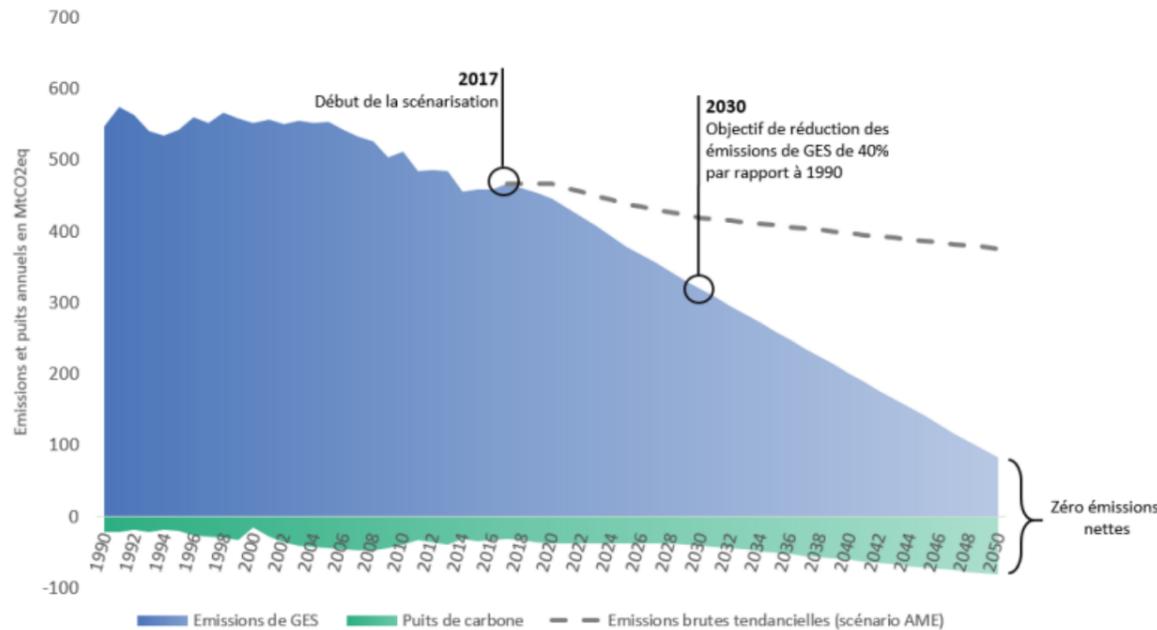
Le Décret n°2011-829 du 11 juillet 2011 relatif au bilan des émissions de gaz à effet de serre et au Plan Climat Energie Territorial définit les modalités d'application du dispositif.

## 2.3 DOCUMENTS CADRES NATIONAUX ET LOCAUX

### 2.3.1 LA STRATEGIE NATIONALE BAS CARBONE

Dans son plan climat de juillet 2017 et la loi énergie climat de 2019, la France s'est engagée vers la neutralité carbone à l'horizon 2050. Il s'agit d'atteindre un équilibre entre les émissions de gaz à effet de serre et les absorptions de carbone par les écosystèmes gérés par l'homme (forêts, sols agricoles, ...) et les procédés industriels (capture et stockage ou réutilisation de carbone) à l'échelle du territoire national, sans recours à la compensation par des crédits internationaux. **La Stratégie nationale bas-carbone, ou SNBC, constitue la feuille de route pour permettre à la France d'atteindre ses objectifs de réduction des émissions de GES (- 40% en 2030 (base 1990), cf. art. L104 du Code de l'énergie) vers la neutralité carbone en 2050 (soit une réduction d'un facteur au moins égal à 6 en 2050 (base 1990), cf. art. L104 du Code de l'énergie).** À cette fin, elle définit des orientations pour mettre en œuvre dans toutes les politiques publiques ayant une influence sur les émissions de GES, sectorielles comme transversales, la transition vers une économie bas-carbone. Elle fixe à court et à moyen terme des budgets carbone (plafonds d'émissions de GES à ne pas dépasser au niveau national sur des périodes de cinq ans) pour définir la trajectoire de baisse des émissions à suivre.

Les articles L222-1 A et suivants du Code de l'environnement prévoient l'adoption de « budgets carbone » pour les périodes 2015-2018, 2019-2023 et 2024-2028 dès 2015, puis l'adoption tous les cinq ans d'un nouveau budget carbone pour les périodes 2029-2033 et suivantes, concomitamment à chaque révision de la stratégie. Il s'agit de plafonds d'émission nationaux de GES à ne pas dépasser dans un souci de visibilité à moyen terme des trajectoires de réduction des émissions de GES, permettant ainsi à la France de s'assurer de son bon alignement avec les objectifs de long terme, ou le cas contraire, de décider sans attendre de mesures correctives.



\*Les émissions « tendanciellles » sont calculées à l'aide d'un scénario dit « Avec Mesures Existantes » (AME) qui prend en compte les politiques déjà mises en place ou actées en 2017.

La SNBC s'appuie sur un scénario de projection des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050, dit « scénario de référence de la SNBC ». Ce scénario, nommé « Avec mesures supplémentaires » (AMS), met en œuvre des mesures de politiques publiques, en supplément de celles existant au 1er juillet 2017 (AME), qui permettraient à la France de respecter ses objectifs climatiques et énergétiques à court, moyen et long terme. Il dessine une trajectoire

possible de réduction des émissions de gaz à effet de serre jusqu'à l'atteinte de la neutralité carbone en 2050, à partir de laquelle sont définis les budgets carbonés déclinés par secteur d'activité.

À l'horizon 2050, la France a pour objectif d'atteindre un niveau d'émission que l'on pourra considérer comme incompressible, en particulier dans les secteurs non énergétiques (agriculture et procédés industriels) : environ 80 Mt CO<sub>2</sub>eq.

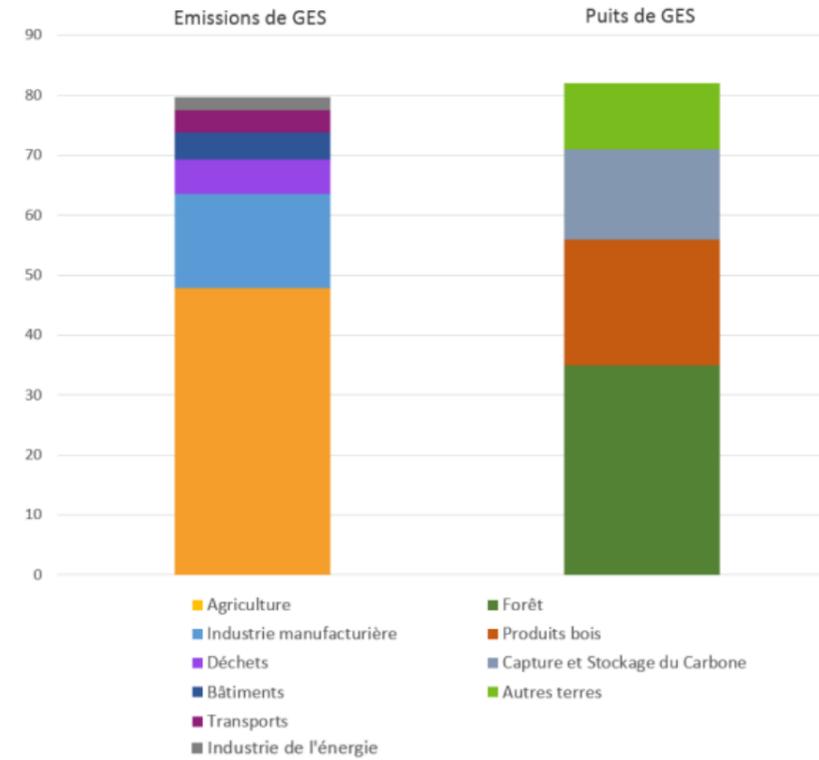


Figure 6 : Puits et émissions de gaz à effet de serre en France en 2050 selon le scénario de référence (Source : SNBC)

Ainsi, pour atteindre la neutralité carbone, il est nécessaire :

- **De décarboner totalement la production d'énergie à l'horizon 2050** et de se reposer uniquement sur les sources d'énergie suivantes : les ressources en biomasse (déchets de l'agriculture et des produits bois, bois énergie...), la chaleur issue de l'environnement (géothermie, pompes à chaleur...) et l'électricité décarbonée. ;
- **De réduire fortement les consommations d'énergie dans tous les secteurs** (réduction de plus de 40% par rapport à 2015), en **renforçant substantiellement l'efficacité énergétique** et en développant la sobriété (des besoins de la population en légère diminution dans l'ensemble des secteurs par rapport au scénario tendanciel, associés à un changement important des modes de consommation, sans perte de confort) ;
- **De diminuer au maximum les émissions non liées à la consommation d'énergie par exemple de l'agriculture** (réduction de près de 40% entre 2015 et 2050), ou des procédés industriels (division par deux entre 2015 et 2050) ;
- **D'augmenter les puits de carbone (naturels et technologiques) d'un facteur 2 par rapport à aujourd'hui** pour absorber les émissions résiduelles incompressibles à l'horizon 2050, tout en développant la production de biomasse.

La figure suivante présente les budgets carbonés de la Stratégie Nationale Bas Carbone répartis par secteur.

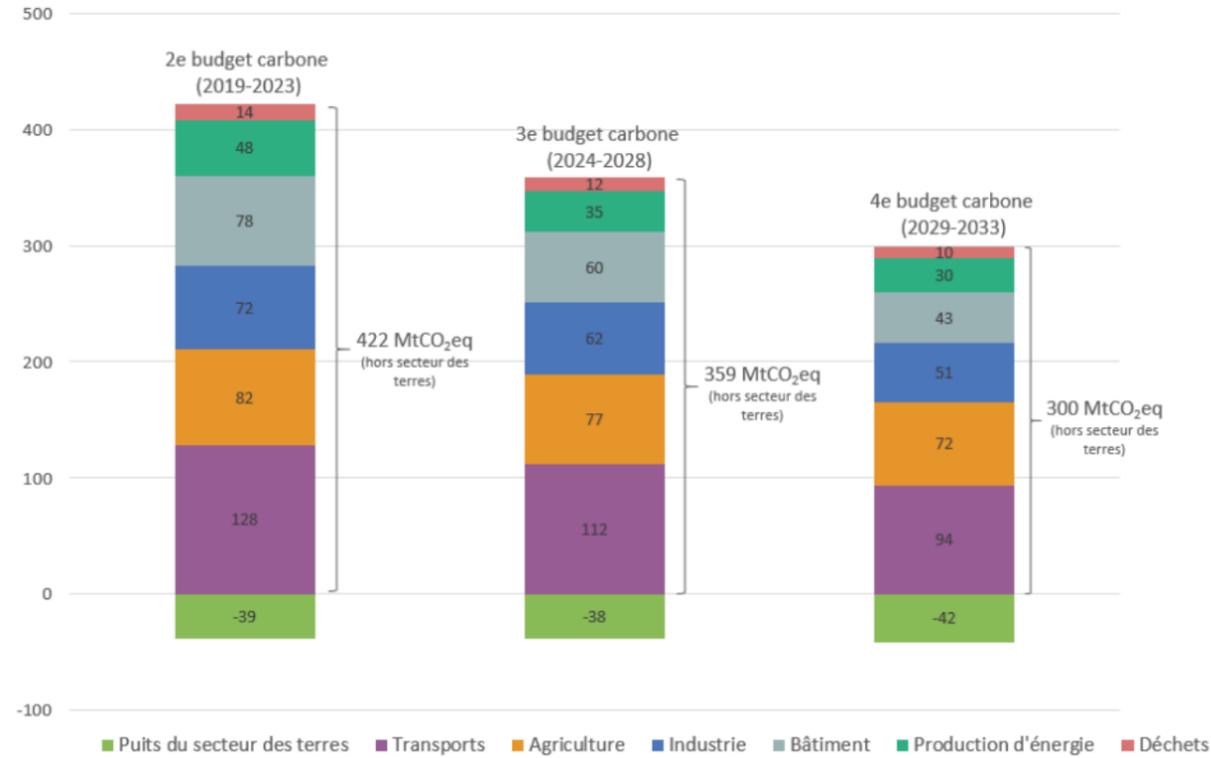


Figure 7 : Répartition sectorielle des trois prochains budgets carbone en MtCO<sub>2</sub>eq (Source : Synthèse de la stratégie Nationale Bas Carbone)

### 2.3.2 LE PCAET DE VALLEE SUD-GRAND PARIS

Les données présentées ci-après sont issues du Plan Climat Air Energie de Vallée Sud Grand Paris adopté en Conseil de Territoire le mercredi 30 mars 2022

#### 2.3.2.1 EMISSIONS PAR SECTEUR

Le graphique suivant présente la répartition des émissions de GES par poste sur le territoire de Vallée Sud – Grand Paris.

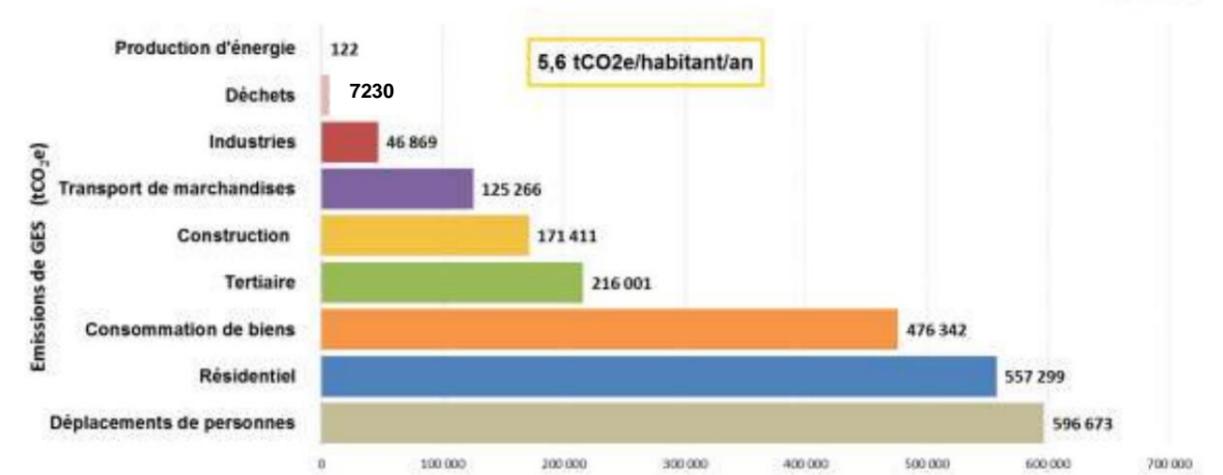


Figure 8 : Répartition des émissions de GES du territoire de Vallée Sud – Grand Paris en 2016 (Source : PCAET Vallée Sud-Grand Paris)

Les trois premiers postes d'émissions de GES du territoire sont le déplacement de personnes (27%), le secteur résidentiel (25%) et la consommation de biens (22%)

L'ensemble du parc des bâtiments (résidentiels et tertiaires) totalisent 35% des émissions du territoire.

#### 2.3.2.2 ANALYSE PAR SECTEURS PRINCIPAUX

##### 2.3.2.2.1 Les déplacements des personnes

Les émissions de GES liées aux déplacements de personnes (voiture et transports en communs) sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris s'élèvent à 596 673 tCO<sub>2</sub>eq en 2016.

Elles constituent le premier poste d'émissions de GES du territoire avec 27% des émissions.

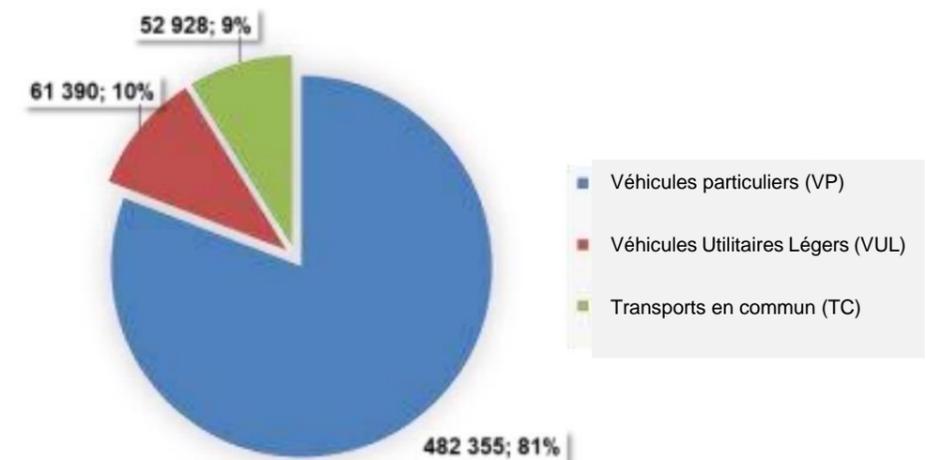


Figure 9 : Émissions de GES par mode de transport (tCO<sub>2</sub>eq, %) sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris en 2016

Plus de 45% des déplacements sur le territoire sont réalisés à pied ou à vélo. Cependant ces déplacements ne sont pas comptabilisés ci-dessus car ils n'émettent pas de GES.

### 2.3.2.2 Le secteur résidentiel

Les émissions de GES liées aux consommations énergétiques du secteur résidentiel s'élèvent à 557 299 tCO<sub>2</sub>eq pour l'année 2016. Elles constituent le second poste d'émissions de GES du territoire avec 25% des émissions de GES.

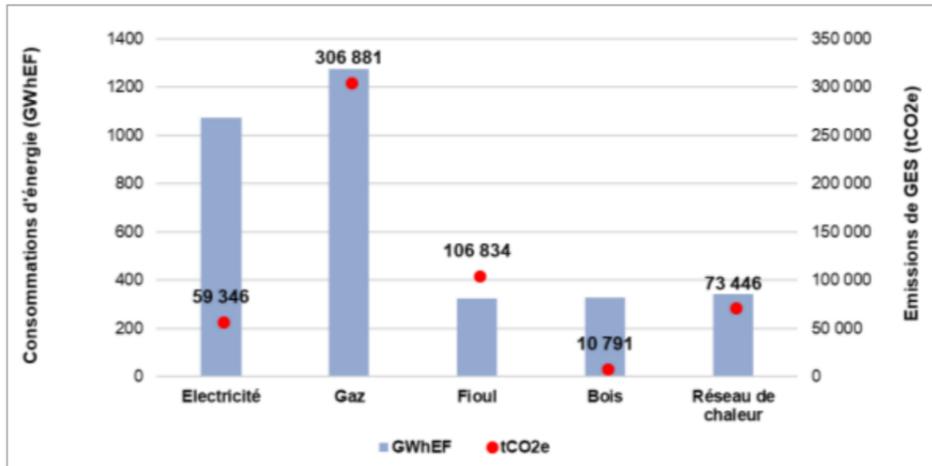


Figure 10 : Consommations d'énergie et émissions de GES territoriales liées au secteur résidentiel, en MWhEF et tCO<sub>2</sub>eq en 2016 (Source : PCAET Vallée Sud-Grand Paris)

Sur le territoire de Vallée Sud - Grand Paris, le parc résidentiel est composé d'environ 190 000 logements. Les **émissions de GES par logement sont donc de l'ordre de 2.98 tCO<sub>2</sub>e/lgt.**

Ce sont les énergies fossiles qui sont les plus émettrices de GES pour le secteur résidentiel. Le gaz et le fioul représentent ainsi 74% des émissions du secteur résidentiel pour 48% des consommations énergétiques en énergie finale. **Le choix de l'énergie de chauffage a un impact important sur les émissions de GES.**

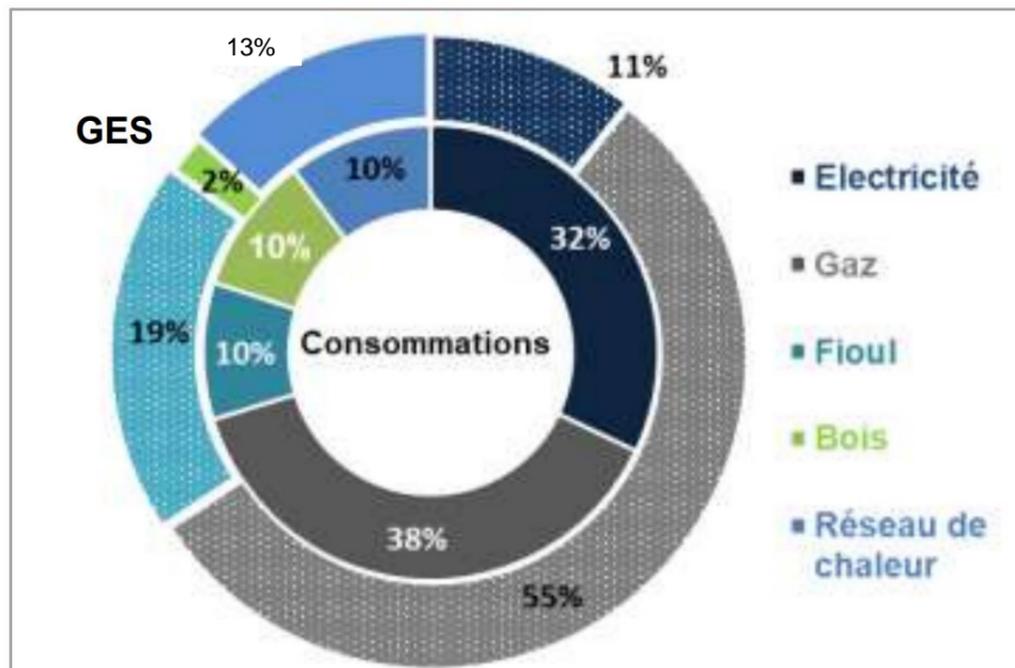


Figure 11 : Consommations territoriales d'énergie et émissions de GES liées au secteur résidentiel, en % en 2016 (Source : PCAET Vallée Sud-Grand Paris)

A l'inverse l'électricité ne représente que 11% des émissions de GES du secteur pour 32% des consommations énergétiques en énergie finale. Cela est dû au mix énergétique français pour la production d'électricité, qui est majoritairement d'origine nucléaire, peu émettrice de CO<sub>2</sub>.

Les réseaux de chaleur représentent 13% des émissions du secteur résidentiel pour 10% des consommations. Les niveaux d'émission de CO<sub>2</sub> des réseaux de chaleur dépendent du mix énergétique des réseaux de chaleur. En effet, ces derniers ont l'avantage de pouvoir être alimentés par des sources variées, dont la cogénération et les énergies renouvelables et de récupération (biomasse, géothermie, incinération des déchets, etc.). Diminuer les émissions liées à ces réseaux nécessite d'augmenter la part des énergies renouvelables dans leur alimentation. Il s'agit d'un des enjeux majeurs du Schéma régional du Climat, de l'Air et de l'Energie d'Ile-de-France et du PCAEM, ce dernier a pour objectif, d'ici 2050, d'assurer à 100% l'alimentation des réseaux chaleur par des énergies renouvelables et de récupération.

## 2.4 DEFINITION DE L'AIRES D'ETUDE

### 2.4.1 PERIMETRE TEMPOREL

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 :

- 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).**

Conformément aux recommandations du CGEDD dans son rapport « Prise en compte des émissions de GES dans les études d'impact », la durée de vie du projet a été prise égale à 50 ans (durée de vie prévisionnelle des bâtiments)

## 2.4.2 PERIMETRE SPATIAL

Le périmètre spatial utilisé pour cette étude est celui du secteur Vecteur Sud présenté sur la figure suivante.

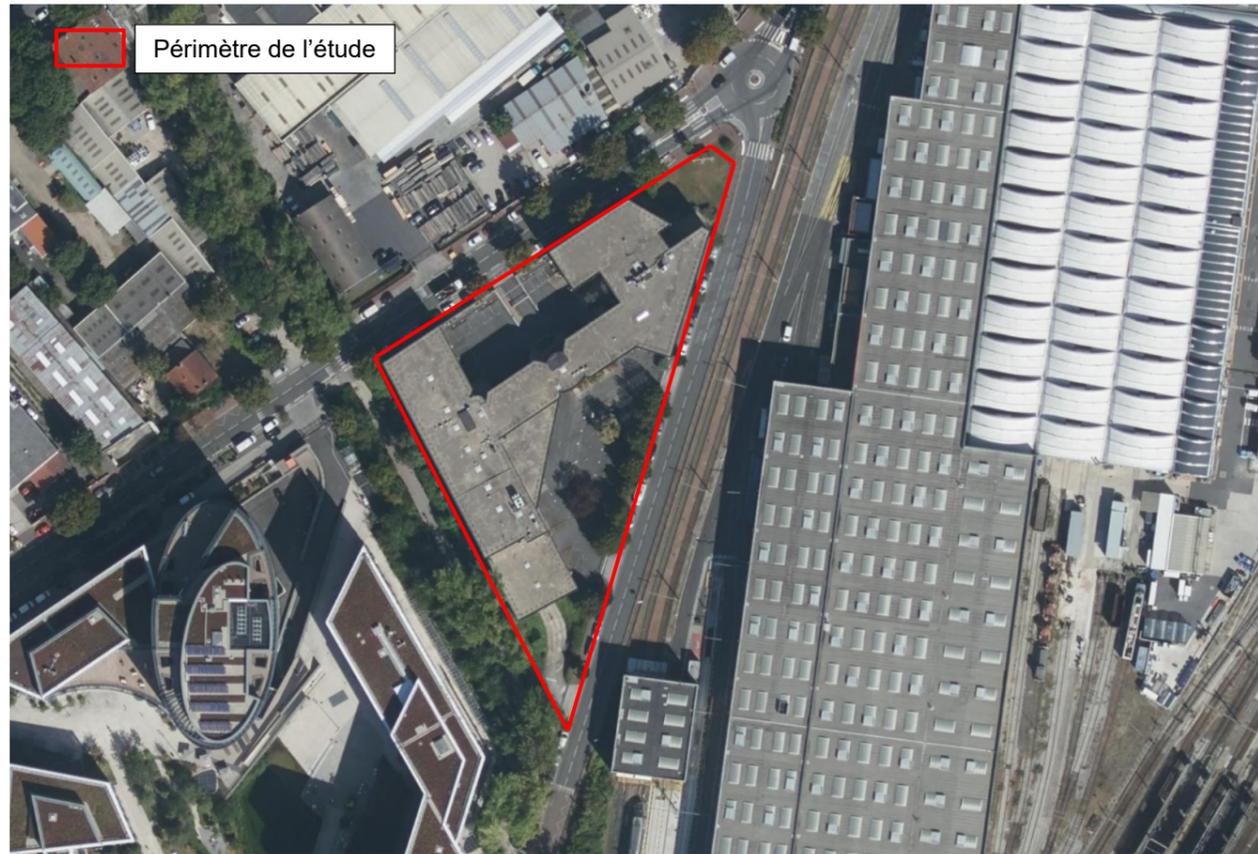


Figure 12 : Périmètre d'étude pour le Bilan Carbone

## 2.4.3 PERIMETRE FONCTIONNEL

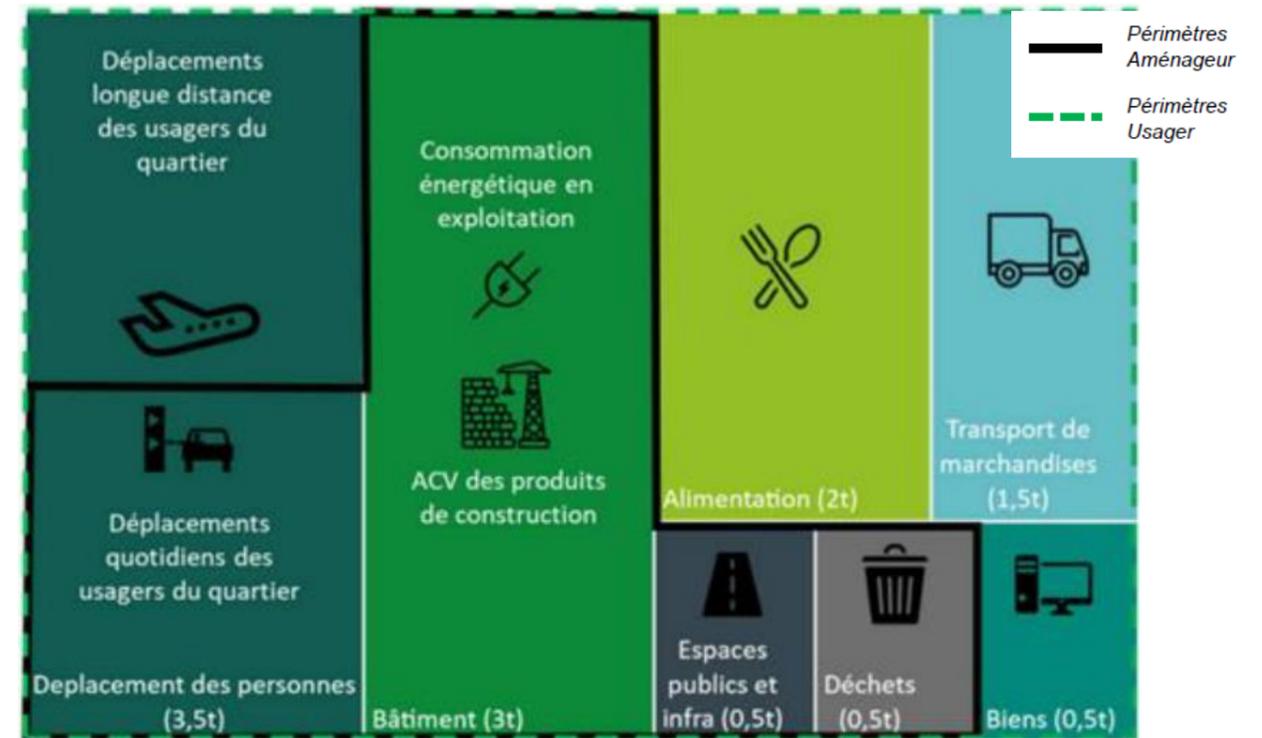


Figure 13 : Décomposition des postes d'émissions des périmètres « usager » et « aménageur »

Le périmètre fonctionnel est divisé en deux parties : le périmètre aménageur et le périmètre usager.

Le périmètre aménageur représente des leviers qui sont directement actionnables par le maître d'ouvrage :

- Construction des bâtiments et des espaces publics (y compris rénovations) ;
- Consommations énergétiques des bâtiments et des espaces publics ;
- Gestion des déchets générés par les usagers du quartier ;
- Déplacements quotidiens (via la programmation essentiellement).

Le périmètre usager représente l'ensemble des émissions de GES d'un français et comprend donc tous les autres postes d'émissions qui interviennent dans ce bilan :

- Mobilités longue distance ;
- Alimentation ;
- Consommation de biens et de services ;
- Transport des marchandises.

Le périmètre fonctionnel est celui qui permet une comparaison avec l'objectif de neutralité carbone et de 2T d'émissions de CO<sub>2</sub> par habitant et par an.

## 2.5 MODELISATION DU PROJET VECTEUR SUD

Le projet a été modélisé sous le logiciel Urban PRINT selon une méthodologie explicitée au chapitre 2.6.

### 2.5.1 DEFINITION DES OBJECTIFS DE L'ETUDE

Du fait de leur expertise technique et de leur capacité à innover, les entreprises du secteur de l'aménagement ont une responsabilité et un rôle important à jouer dans le développement des solutions répondant au défi climatique.

En effet, leurs actions dans les différentes phases de conception et de réalisation des projets leur permettent d'avoir une très forte influence sur leur impact carbone. Ainsi, **l'atténuation du changement climatique passe par la conception et la mise en œuvre de solutions bas carbone et d'autres mesures d'écoconception**. Or, aucune mesure visant la réduction des émissions GES ne peut être implémentée si elle n'est pas évaluée et comparée auparavant.

Cette étude vise ainsi à caractériser et estimer les émissions de CO<sub>2</sub> du projet d'aménagement du Vecteur Sud à Chatillon.

L'évaluation contribue à rationaliser les décisions du projet en objectivant les émissions de GES qui lui sont attribuables.

L'objectif étant d'en maîtriser l'empreinte carbone, cette évaluation conduira ensuite à des actions concrètes en termes de programmation de réduction des gaz à effet de serre.

L'objectif est aussi d'infléchir les comportements sur les bons ordres de grandeur en mettant en avant les postes d'émission les plus importants. La réalisation du bilan GES du projet a pour but de fournir aux acteurs et décideurs des éléments de sensibilisation et des pistes d'action afin de réduire la pression sur le climat.

De plus, l'évaluation GES permet de signifier l'impact du projet à l'ensemble des parties prenantes et de les engager dans la démarche de maîtrise et suivi de l'empreinte carbone.

Lors des phases ultérieures, cette évaluation permettra de faire évoluer les éléments de conception pour contribuer à l'atteinte des objectifs de réduction des GES sur lesquels les différentes parties prenantes se seront engagées.

### 2.5.2 MODELISATION DE L'ETAT FIL DE L'EAU

#### 2.5.2.1 METHODOLOGIE

Les données « bâtiments », modélisés sous Urban PRINT, sont issues de la base de données des bâtiments (contenant leur localisation, dates de construction et de rénovation thermique, nombre d'étages, usages, alimentation énergétique (chauffage, eau chaude sanitaire, présence de climatisation ou non...)).

Il a été considéré :

- Que le bâtiment existant ne récupère pas d'eau de pluie ;
- Le bâtiment existant comprend un parking souterrain (un seul niveau a été intégré) ;
- Le bâtiment sera démoli dans 50 ans, à l'issue de la période modélisée.

#### 2.5.2.2 PRESENTATION DES RESULTATS

Dans son état actuel, le secteur Vecteur Sud dans son ensemble émet 312 tCO<sub>2</sub>eq/an. Les postes les plus émissifs sont :

- L'énergie avec environ 183 tonnes CO<sub>2</sub>eq/an dont 171 tonnes (soit 93,4 %) émise pour le chauffage des bâtiments et 4.5 tonnes (soit 2,5%) pour l'eau chaude sanitaire ;
- La mobilité avec environ 103 tonnes CO<sub>2</sub>eq/an dont 62 tonnes (soit 60%) seraient dues aux déplacements domicile-travail.

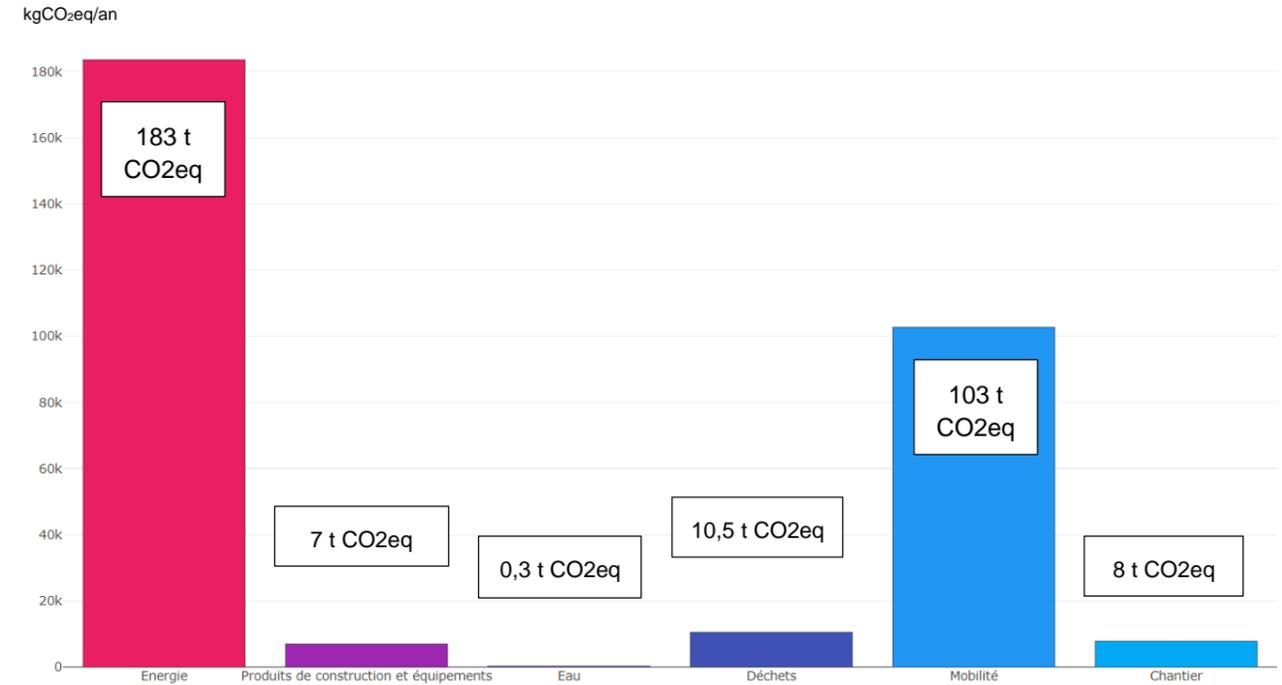


Figure 14 : Emissions estimées du secteur Vecteur Sud pour l'état fil de l'eau (Source : SEGIC Ingénierie)

Sur une période de 50 ans, le secteur dans son état actuel (en prenant en compte la démolition du bâtiment à l'issue de la période de 50 ans) émettra donc au total 15 600 tonnes CO<sub>2</sub>eq.

## 2.5.3 MODELISATION DU SCENARIO PROJET

### 2.5.3.1 METHODOLOGIE

Le projet a été modélisé à partir du plan masse réalisé par la maîtrise d'œuvre PPX Architecture (Pièce PC02.1 du dossier de permis de construire « plan masse des constructions ». Il est rappelé au paragraphe 2.6, Figure 27.

Les données d'entrée du projet intégrées dans le logiciel UrbanPrint sont présentées en détail au paragraphe 2.6.

### 2.5.3.2 COMPARAISON ETAT PROJET/ETAT REFERENCE

Afin de pouvoir situer la performance du quartier modélisé, une comparaison relative à un « quartier de référence » est proposée dans la vue Aménageur. Le quartier de référence correspond à un quartier avec le même programme et les mêmes fonctions urbaines que le quartier étudié, sur lequel une stratégie de référence (à un niveau qualifié de « Business as Usual ») est appliquée par l'outil. Il s'agit donc d'un quartier où aucun effort particulier n'est déployé pour limiter les émissions de gaz à effet de serre. Seule la réglementation est appliquée.

#### 2.5.3.2.1 Résultats globaux

A l'état projet, le secteur Vecteur Sud émet 1 086 tCO<sub>2</sub>eq/an.

Sur 50 ans, les émissions globales sont donc de 54 300 tCO<sub>2</sub>eq.

A l'état référence, le projet Vecteur Sud émet 1630 tCO<sub>2</sub>eq/an ce qui correspond à 81 500 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans.

La stratégie mise en place dans le cadre du projet permet d'émettre 32,3% de CO<sub>2</sub>eq en moins par rapport au scénario de référence (Score carbone du projet de -32,3).

La répartition des émissions de GES en tCO<sub>2</sub>eq/an pour le projet (comparée au scénario de référence) est présentée en figure suivante :

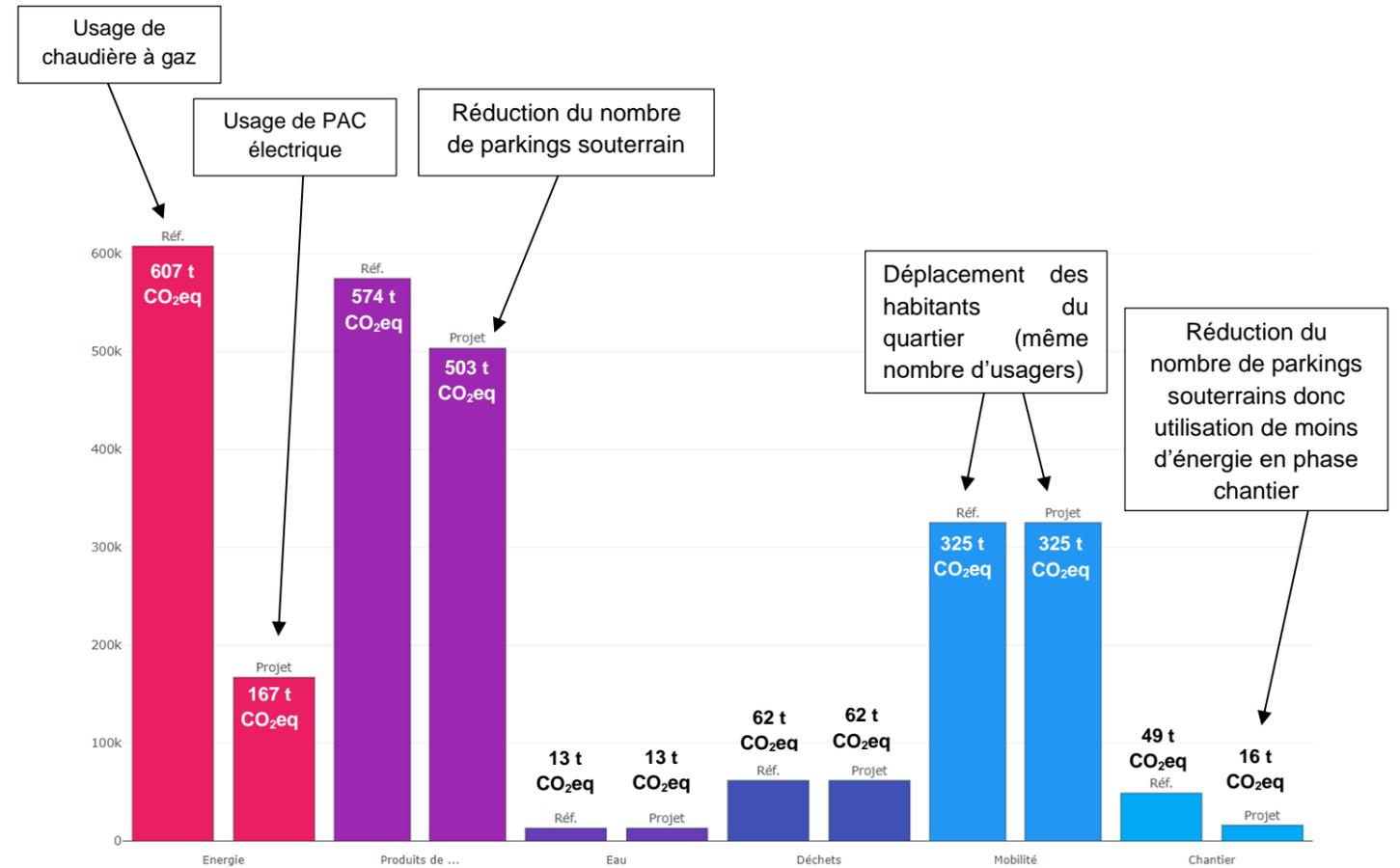


Figure 15 : Répartition des émissions de GES du projet par grands postes d'émission

Les postes les plus impactant sont :

- ❖ **Matériaux et produits de construction**

Les émissions liées aux constructions constituent le poste le plus important dans le bilan global du projet avec 46,3% des émissions totales (503 tCO<sub>2</sub>eq/an).

- ❖ **Mobilité**

Les émissions liées à la mobilité sont de 325 tCO<sub>2</sub>eq/an, ce qui représente 30% des émissions globales.

**Le poste mobilité ne fait à ce jour pas l'objet de leviers d'optimisation.**

Les parts modales utilisées par l'outil sont celles qui sont actuellement observées sur la commune.

- ❖ **Energie**

Le projet émet 167 tCO<sub>2</sub>eq/an en lien avec sa consommation énergétique dont 71,6 tCO<sub>2</sub>eq/an liées au chauffage (43%) et 56 t CO<sub>2</sub>eq/an (33,5%) pour les autres usages électriques.

### 2.5.3.2.2 Analyse des performances carbonées pour les systèmes énergétiques

La stratégie énergétique de la référence consiste en une alimentation par une chaudière à gaz, ce qui explique les émissions importantes liées au chauffage (506 tCO<sub>2</sub>eq/an).

Le scénario projet consiste en une alimentation électrique grâce à des pompes à chaleur reliées au réseau électrique français. Ce dernier étant majoritairement décarboné en France, les émissions liées au chauffage sont beaucoup plus faibles que la référence. La stratégie énergétique du projet comprend néanmoins un système d'appoint sous forme de chaudière à gaz ce qui peut expliquer la différence par rapport à la référence pour l'eau chaude sanitaire. En effet, l'alimentation énergétique de la référence pour l'eau chaude sanitaire correspond à un ballon électrique thermodynamique moins émissif qu'une PAC complétée de gaz.

Les diminutions des postes « Eclairage » et « Ventilation » sont liées à la diminution du nombre de parkings souterrains par rapport à la référence.

Enfin, les émissions liées autres usages électriques sont diminuées par rapport à la référence. Il s'agit d'une diminution expliquée par l'alimentation électrique des panneaux solaires photovoltaïques installés en toiture de certains bâtiments.

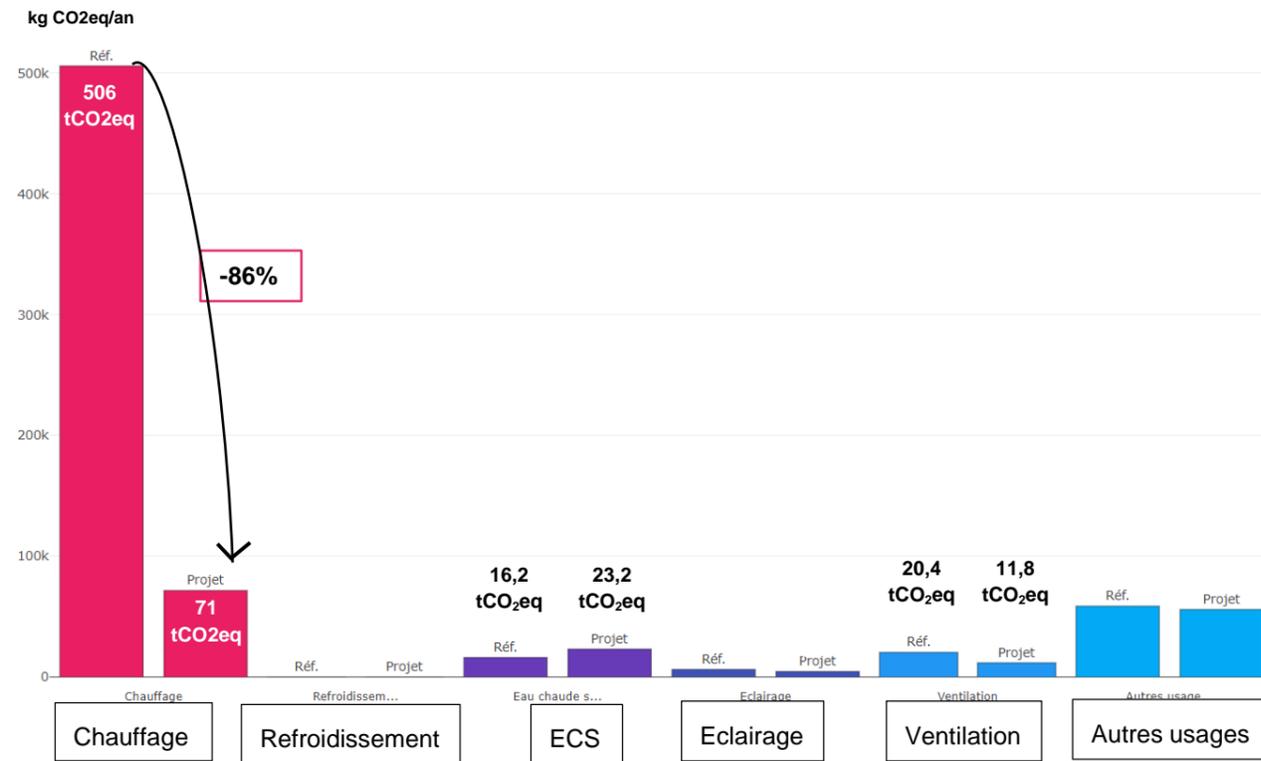


Figure 16 : Impacts des systèmes énergétiques en kgCO<sub>2</sub>eq/an sur l'ensemble du projet comparés au scénario de référence

### 2.5.3.2.3 Analyse des performances carbone pour les produits de construction

La diminution du nombre de niveaux souterrains pour le parking par rapport au scénario de référence en fait une action importante pour éviter des émissions de GES. Le recours aux intrants (béton/acier) pour la réalisation des parkings souterrains est en effet un poste important d'émissions (identifié ci-dessous au poste n°2 « fondations et infrastructures »). Cette stratégie permet de diminuer les émissions de 47%.

Par ailleurs, on peut noter que le poste « Equipement » est légèrement augmenté par rapport à la référence. Il s'agit des émissions liées à la fabrication, au transport et à l'installation des panneaux solaires photovoltaïques sur les toitures de certains bâtiments.

Les autres postes sont inchangés par rapport à la référence.

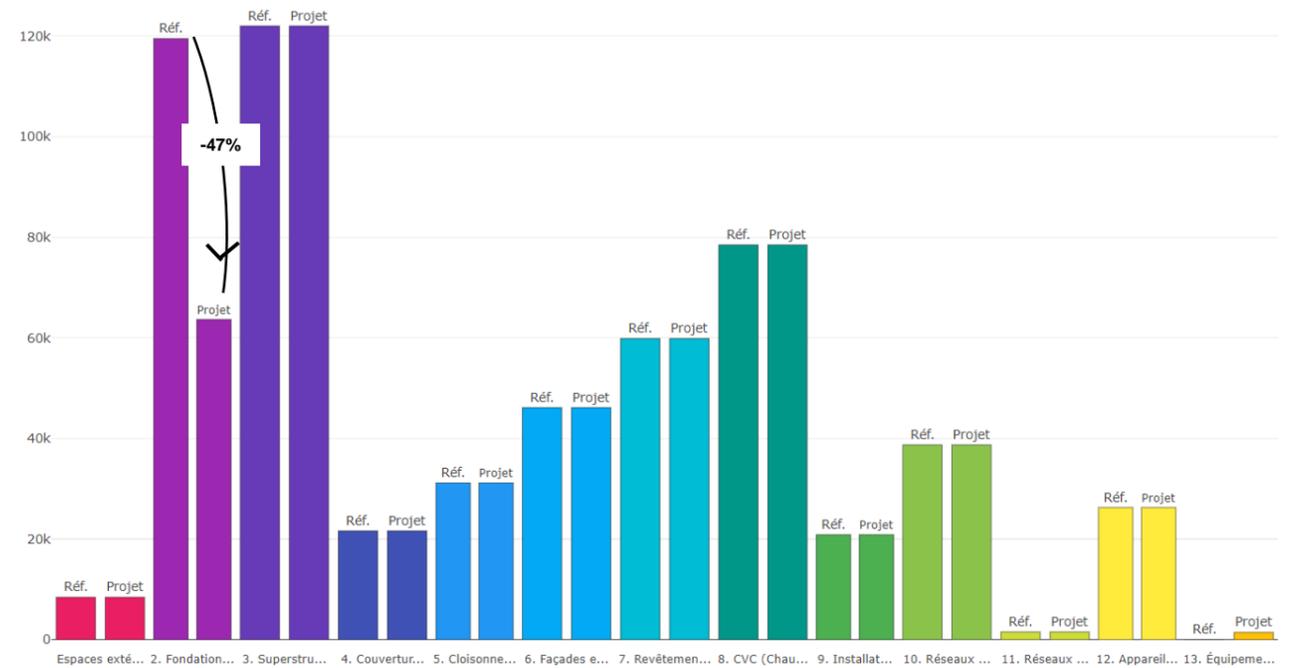


Figure 17 : Emissions de CO<sub>2</sub>eq liées au poste « Produits de construction » en kgCO<sub>2</sub>eq/an

### 2.5.3.3 COMPARAISON PROJET/ETAT FIL DE L'EAU

Il est possible de comparer les deux scénarii : Etat fil de l'eau (ne rien faire) et Etat projet, à l'horizon 50 ans.

#### ● Comparaison Etat fil de l'eau/Etat projet en valeur absolue

A l'état fil de l'eau, le secteur Vecteur Sud dans son ensemble émet **311,5 tCO<sub>2</sub>eq/an**.

Sur une période de 50 ans, les émissions globales sont donc au total de 15 575 tonnes CO<sub>2</sub>eq.

A l'état projet, le secteur Vecteur Sud dans son ensemble émet **1 086 tCO<sub>2</sub>eq/an**.

Sur 50 ans, les émissions globales sont donc de 54 300 tCO<sub>2</sub>eq.

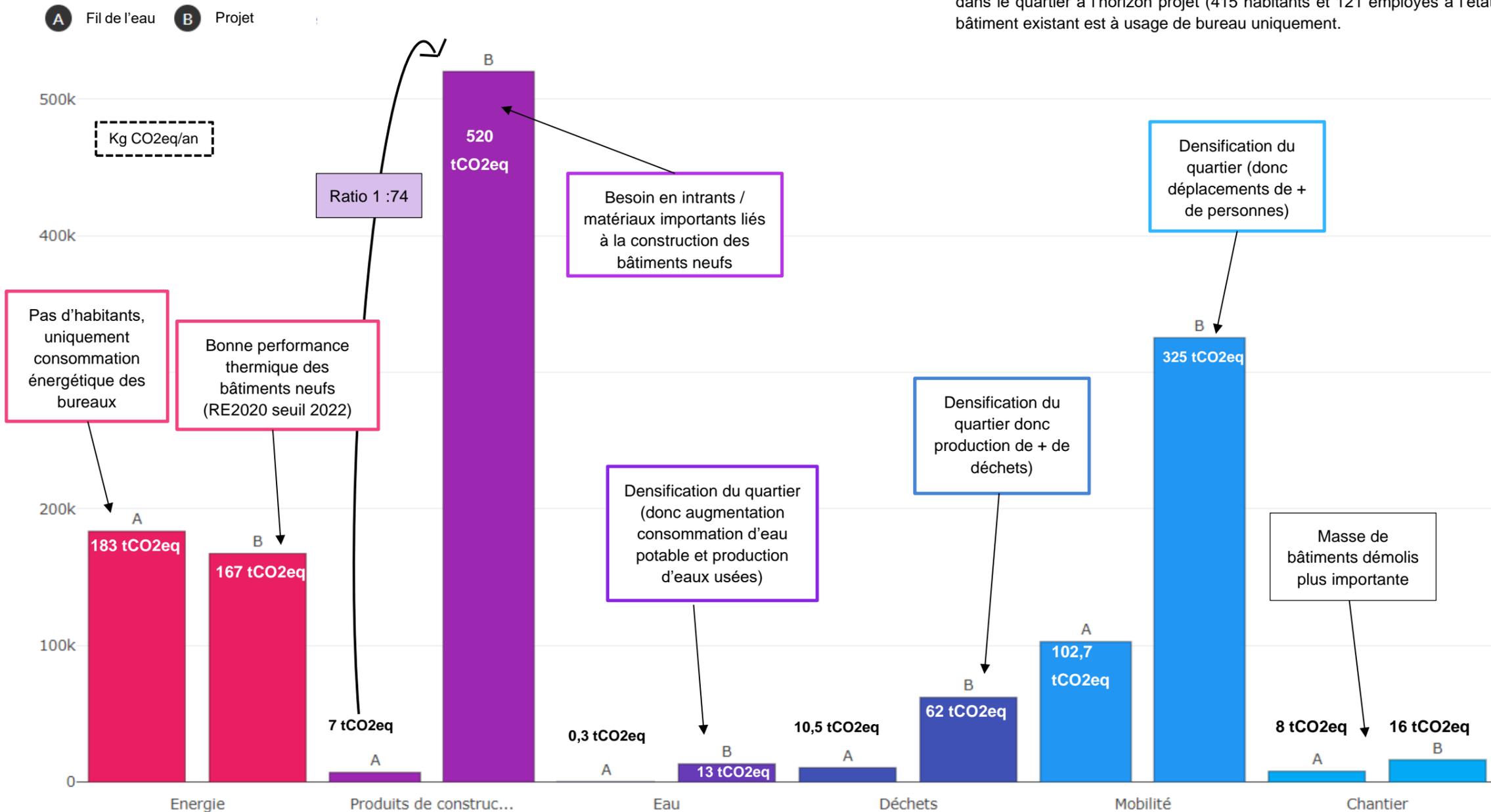


Figure 18 : Comparaison des émissions de GES du quartier par grands postes d'émission, en valeur absolue

De manière absolue, sur une période de 50 ans, la réalisation du projet entraîne l'émission de 39 500 tCO<sub>2</sub>eq supplémentaire par rapport au scénario fil de l'eau (ne rien faire) (voir en page suivante) :

- ❖ **Energie :** En valeur absolue, les émissions liées aux consommations énergétiques du scénario fil de l'eau sont plus importantes : 183 tCO<sub>2</sub>eq/an contre 167 tCO<sub>2</sub>eq/an pour l'état projet ;
- ❖ **Produits de construction :** Très logiquement, le poste « produits de construction » qui correspond aux intrants et matériaux utilisés pour la construction des bâtiments neufs, est beaucoup plus important dans le scénario projet que dans le scénario fil de l'eau où seuls quelques matériaux pour l'entretien de l'immeuble est pris en compte. Le ratio est très important : cela est lié au nombre important d'étages des nouveaux immeubles qui implique des intrants de matériaux pour les superstructures ;
- ❖ **Mobilité :** Enfin le poste mobilité est supérieur à l'état projet : en effet, davantage d'habitants sont attendus dans le quartier à l'horizon projet (415 habitants et 121 employés à l'état projet) alors qu'actuellement le bâtiment existant est à usage de bureau uniquement.

En valeur absolue, la réalisation du projet entraine l'émission de 39 500 tCO<sub>2</sub>eq supplémentaires sur 50 ans.

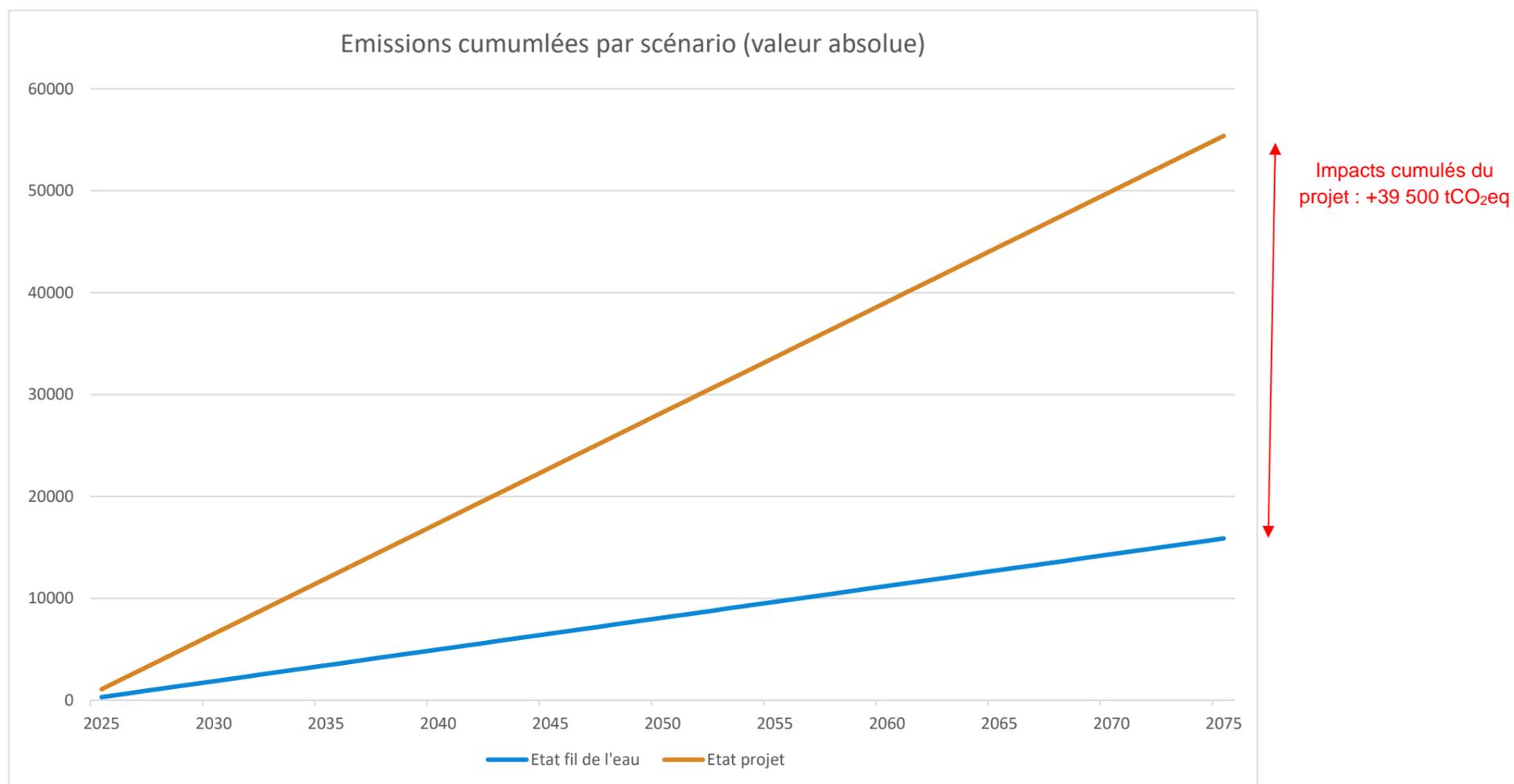


Figure 19 : Emissions cumulées par scénario (valeur absolue)

**Comparaison Etat fil de l'eau/Etat projet en valeur relative à l'usager équivalent :**

Les émissions liées au projet tout postes confondus sont de 1 422 kg CO<sub>2</sub>eq/an/Useq, tandis que sans projet, elles sont de 3 149 kg CO<sub>2</sub>eq/an/Useq. Les postes les plus émissifs sont présentés ci-après :

- ❖ **Produits de construction** : Les émissions liées aux produits de construction sont importantes à l'état projet : 0,67 tCO<sub>2</sub>eq/an/Useq contre 0,07 tCO<sub>2</sub>eq/an/Useq pour l'état fil de l'eau. Le ratio (par rapport à la valeur absolue) diminue tout de même car les émissions de GES sont réparties à l'état projet sur un nombre plus important d'habitants. Le ratio (Emissions liées aux produits de construction fil de l'eau/ Emissions liées aux produits de construction projet) passe de 1 à 9 lorsqu'on compare les émissions de manière absolue ou par habitant ;
- ❖ **Energie** : La consommation énergétique pour chaque habitant est de 1,8 tCO<sub>2</sub>eq/an/UsagerEq à l'état fil de l'eau tandis qu'elle est de 0,22 tCO<sub>2</sub>eq/an/UsagerEq pour un habitant du futur quartier en projet. Un usager du bâtiment actuel consomme donc 9 fois plus d'énergie qu'un habitant du futur quartier Vecteur Sud ;
- ❖ **Mobilité** : Il est possible de faire le même type d'observation pour le poste mobilité : davantage d'habitants sont attendus dans le quartier à l'horizon projet ce qui conduit à une inversion des tendances d'émissions pour ce poste. En effet, dans le scénario fil de l'eau, les émissions sont moins importantes que le projet en valeur absolue, mais cela s'inverse lorsque le ratio est fait à l'usager.

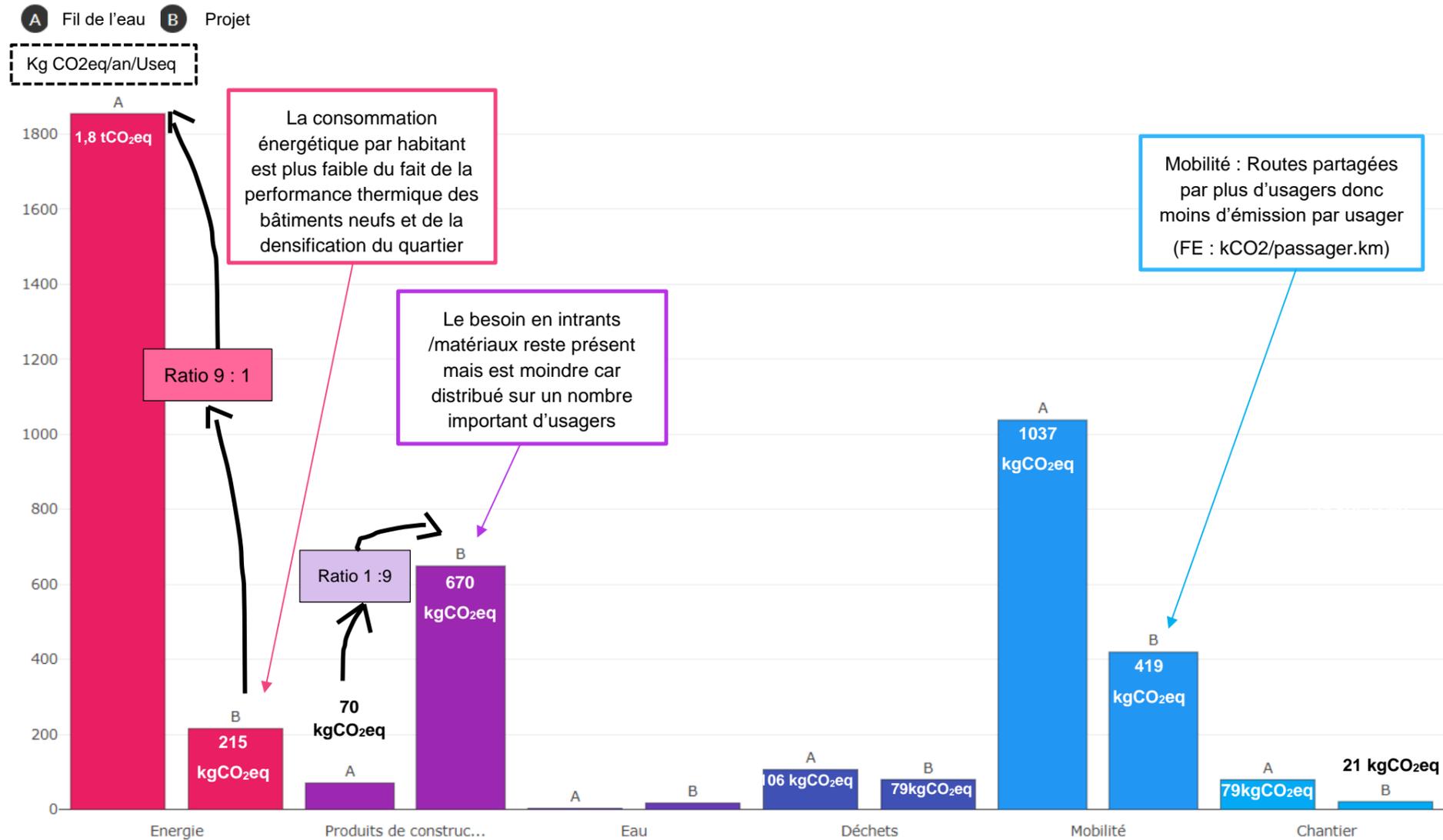


Figure 20 : Comparaison des émissions de GES du quartier par grands postes d'émission, reportées à l'usager équivalent

Rapporté au nombre d'usagers équivalents du quartier, le scénario projet émet moins de CO<sub>2</sub>eq que le scénario sans projet. Un différentiel de 88,1 tCO<sub>2</sub>eq/Useq est observé sur une période de 50 ans.

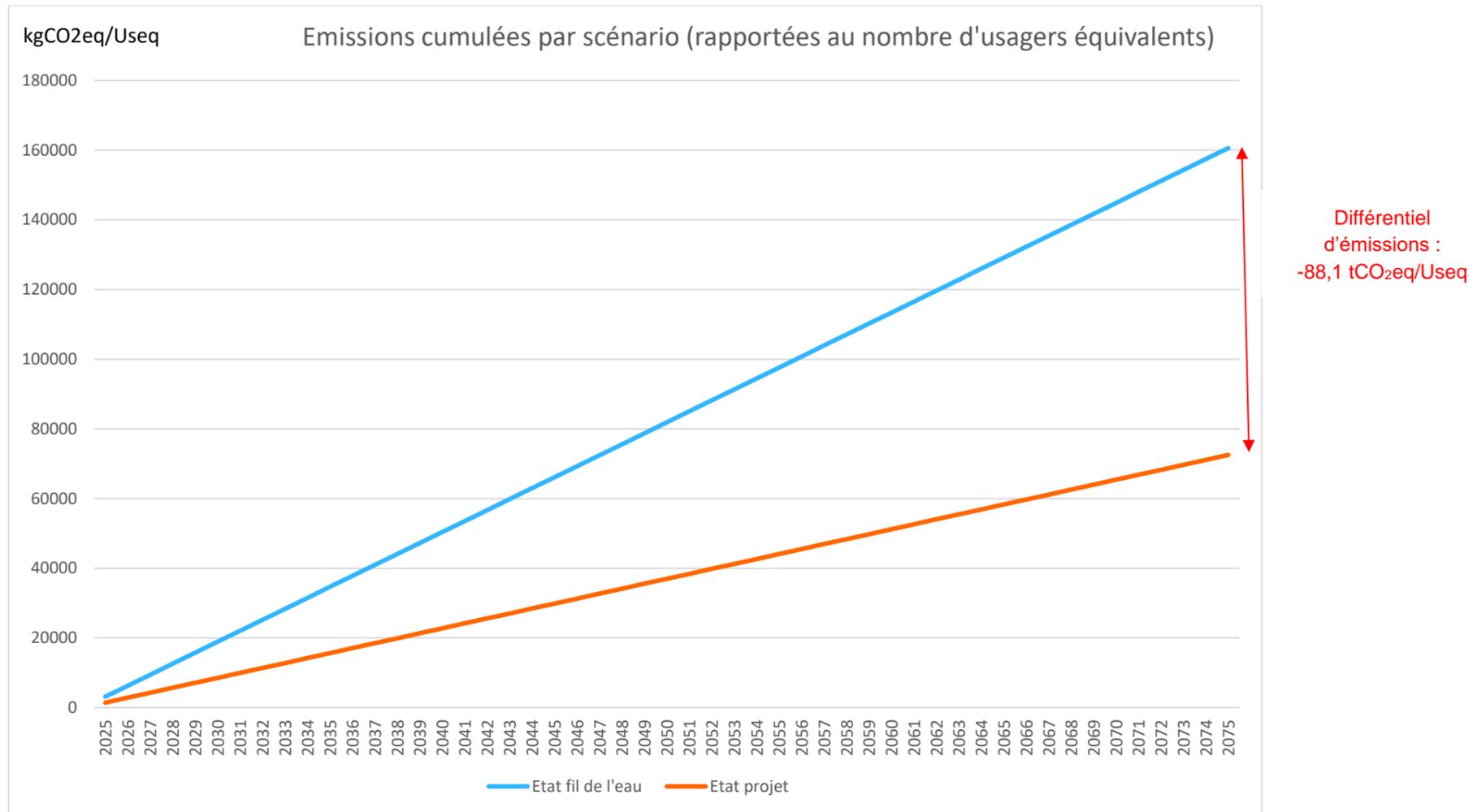


Figure 21 : Emissions cumulées par scénario (rapportées au nombre d'usagers équivalents)

### 2.5.3.3.1 Empreinte carbone moyenne d'un habitant du quartier

L'empreinte carbone par habitant est calculée en majorité grâce à des facteurs d'émission économiques (kgeqCO<sub>2</sub>/€dépensé). Elle est donc très dépendante des caractéristiques socio-économiques du quartier.

Par ailleurs, une grande partie des émissions d'un habitant n'est pas liée à l'aménageur mais à son mode de vie : alimentation, déplacement, consommation de biens, etc.

Ensuite, les leviers que peut modéliser le logiciel ne sont pas exhaustifs et ne peuvent pas faire considérablement évoluer cette empreinte carbone à l'usager. La majorité des émissions est générée par l'alimentation, la mobilité ainsi que les services publics. Trois postes où il n'existe pas de leviers d'optimisation pour l'aménageur.

L'empreinte carbone moyenne d'un usager actuel du secteur ne peut pas être calculée car il n'y a pas d'habitant mais seulement des employés.

L'empreinte carbone moyenne d'un futur habitant du quartier Vecteur Sud est de 8,7 tCO<sub>2eq</sub>/an répartie comme suit :

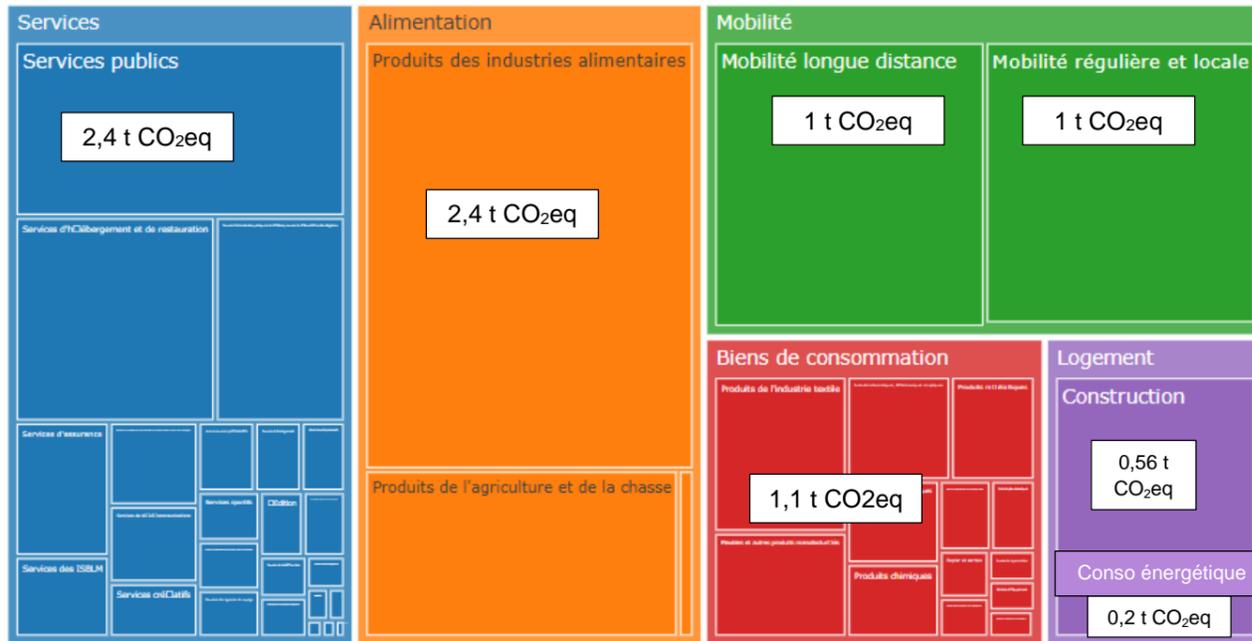


Figure 22 : Répartition des émissions de l'empreinte carbone totale d'un habitant futur de quartier Vecteur Sud (Source : SEGIC Ingénierie)

Pour rappel, le PCAET de Vallée Sud Grand Paris évoque en moyenne 5,6 tCO<sub>2eq</sub>/habitant/an sur son territoire. Les futurs usagers du quartier ont une empreinte visiblement supérieure avec 8,7 tCO<sub>2eq</sub>/habitant/an (les modes de calculs peuvent cependant être différents et expliquer la différence observée).

En outre, le PCAET indiquait que les émissions liées à la consommation énergétique des bâtiments sur le territoire de Vallée Sud Grand Paris s'élève à 2,98tCO<sub>2eq</sub>/logement/an en moyenne.

En considérant qu'un logement sur le projet fait en moyenne 48 m<sup>2</sup>, les émissions liées à la consommation énergétique d'un logement du projet s'évaluent en moyenne à 1,2 tCO<sub>2eq</sub>/an. (24.2kgCO<sub>2</sub>/an/m<sup>2</sup>). Les logements neufs du projet sont bien plus performants que la moyenne du parc résidentiel de Vallée Sud Grand Paris.

Par ailleurs, en considérant l'objectif de neutralité de la stratégie Nationale Bas carbone à l'horizon 2050 ainsi que l'évolution prospective de la population mondiale, la 2 tonnes Compagnie a évalué les émissions<sup>1</sup> moyennes par personne à cibler à l'horizon 2050 pour respecter les accords de Paris. Cet objectif à viser est de 2tCO<sub>2eq</sub>/personne/an.

Dans le cadre de cet objectif, on peut considérer qu'une tonne serait attribuable à l'aménageur (50% des émissions) et 1 tonne au reste des postes présentés ci-avant (périmètre usager : alimentation, mobilité, etc.).

Comme vu au paragraphe précédent, les émissions liées au projet tout postes confondus sont de 1,3 tCO<sub>2eq</sub>/an/Useq, tandis que sans projet, elles sont de 3 tCO<sub>2eq</sub>/an/Useq.

Le projet conduit donc à une diminution de 1,7 tCO<sub>2eq</sub> par habitant par rapport au scénario fil de l'eau.

L'objectif « aménageur » d'une tonne à l'horizon 2050 est presque atteint avec la stratégie mise en place dans le cadre du projet.

Certaines pistes d'amélioration peuvent encore être explorées afin d'atteindre l'objectif d'une tonne. Elles sont présentées dans le paragraphe suivant.

<sup>1</sup> Mise à plat méthodologique de la révision de l'objectif d'émissions moyennes par personne à l'échelle mondiale en 2050, 2 tonnes compagnie, mars 2024

### 2.5.4 PISTES D'AMELIORATION DU PROJET

A ce stade, l'analyse des résultats précédents indique que les postes : « Energie », « produits de construction » et « mobilité » sont les principaux postes d'émission du projet.

Le logiciel UrbanPrint permet de sortir, à la suite de toute la modélisation, un diagramme appelé « diagramme de Shapley ». Ce graphe permet de visualiser les émissions actuelles du projet ('projet actuel') vis à vis de la « pire stratégie » (aucun effort fait et/ou mauvais choix) et de la « meilleure stratégie » (efforts importants faits sur les leviers étudiés) de mise en œuvre du programme du quartier étudié. La baisse totale observée entre la pire stratégie et la stratégie actuelle (émissions évitées avec les leviers étudiés) et entre la stratégie actuelle et la meilleure stratégie (émissions encore évitables avec les leviers étudiés) est affectée par grande famille de leviers d'actions, permettant d'identifier les types d'actions responsables de ces écarts.

La stratégie en cours permet d'éviter 40,4% d'émissions de CO<sub>2eq</sub> associées à un projet similaire sans stratégie.

Le diagramme de Shapley du projet Vecteur Sud est présenté ci-après :

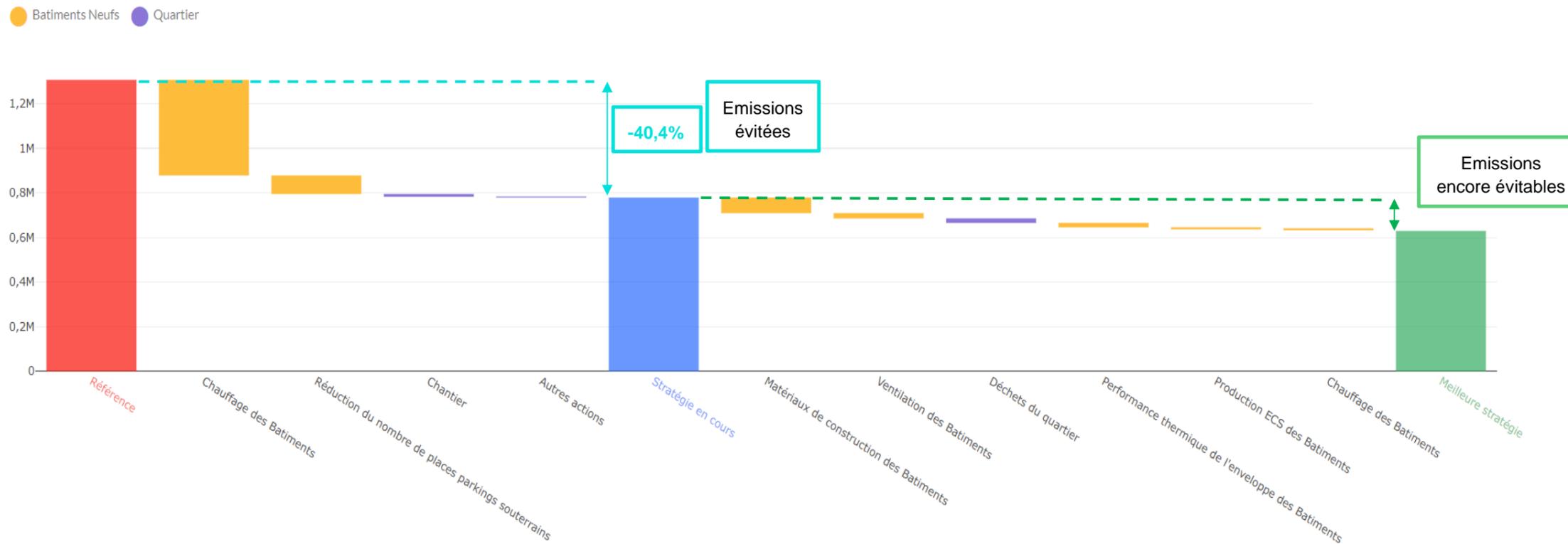


Figure 23 : Diagramme de Shapley du projet Vecteur Sud

### 2.5.4.1 LEVIER SUR LES PRINCIPAUX POSTES D'EMISSION

L'analyse du diagramme de Shapley ainsi que des observations des postes d'émissions les plus importantes indique qu'il est possible de développer les actions suivantes pour la suite du projet :

**Produits de construction** : Les actions liées aux choix des matériaux de construction des bâtiments sont les plus efficaces vis-à-vis de la réduction des émissions carbone pour se rapprocher de la performance optimale. Il est encore possible de réduire d'au moins **70 000 kgCO<sub>2</sub>eq/an** les émissions liées aux bâtiments en réfléchissant à des stratégies sur cette thématique (soit 46.8% de la réduction d'émissions encore atteignables à l'échelle globale). **En superstructure**, l'incorporation de matériaux biosourcés permettrait une réduction significative des émissions sur ce poste.

**Energie** : Une modification du mode de ventilation des bâtiments et en s'orientant vers de la ventilation mécanique double-flux (avec récupération de chaleur) permettrait de diminuer les émissions de 23 512 kgCO<sub>2</sub>eq/an ce qui représente 15,7% des émissions encore atteignables.

**Mobilité** : Ce poste ne fait pas l'objet de leviers mais la masse d'émission en fait un poste d'action prioritaire.

L'implantation de la gare GPE à proximité du projet est une réponse positive qui permettra de faire diminuer ce poste. Cela n'est cependant pas quantifiable par le logiciel à ce jour.

**Déchets** : La mise en place d'une solution de compostage à l'échelle du quartier est également un levier intéressant d'action pour limiter les émissions : environ 20 tCO<sub>2</sub>eq peuvent être évitées par ce moyen, ce qui représente 13,5% des diminutions des émissions encore atteignables.

Nota : La loi Anti-Gaspillage pour une Economie Circulaire (AGEC) prévoit notamment que depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2024, chaque collectivité doit étudier et identifier les solutions les plus pertinentes pour trier les déchets alimentaires à la source et s'assurer que ceux-ci pourront être valorisés et non mis en décharge.

## 2.6 METHODOLOGIE

### 2.6.1 PRESENTATION DU LOGICIEL URBAN PRINT

L'évaluation des émissions de gaz à effet de serre du projet de d'aménagement du Vecteur Sud a été réalisée grâce au **logiciel Urban PRINT**.

Ce logiciel permet l'évaluation en analyse de cycle de vie (ACV) de la performance Énergie/Carbone et environnementale d'un quartier ou d'un projet d'aménagement urbain. Cette évaluation se fait à partir d'un programme, d'un contexte (local et national) et d'une liste de stratégies urbaines et de leviers environnementaux actionnés ou non par les acteurs du territoire. Il s'agit d'un outil d'aide à la conception et d'aide à la décision adapté à chaque phase d'un projet d'aménagement urbain. UrbanPrint est le premier outil de référence pour appliquer la méthode Quartier E+C- développée dans un projet de recherche ADEME piloté par le CSTB (2018-2021). La vue Aménageur permet d'évaluer la performance environnementale et les impacts environnementaux associés aux équipements et services urbains sous la responsabilité des concepteurs du quartier. Une vue Usager permet quant à elle de traduire la performance environnementale du quartier au travers de l'empreinte carbone moyenne de ses usagers.

L'objectif de cet outil est de :

- ❖ Mettre en évidence à chaque phase du projet les enjeux clés et leviers les plus performants, du point de vue Énergie/Carbone et environnemental,
- ❖ Aider à la décision de l'aménageur en phase amont des projets d'aménagement urbains,
- ❖ Accompagner l'aménageur dans l'élaboration du programme avec les collectivités,
- ❖ Préciser les objectifs de performance environnementale des fiches de lots et des documents de consultation des entreprises pour les réseaux et espaces publics,
- ❖ Éviter les reports d'impacts environnementaux entre les différentes étapes du cycle de vie des produits constitutifs d'un aménagement urbain.

Il est possible dès les phases très amonts du projet (donc en l'absence de données détaillées disponibles) d'utiliser Urban Print, grâce à de nombreux enrichisseurs de données. En effet, l'outil Urban PRINT peut, à partir d'un plan masse, d'une indication sur l'usage principal des espaces extérieurs d'un estimatif des surfaces mises en œuvre et de l'énergie de chauffage principale, réaliser une première analyse en cycle de vie d'un quartier ou d'un projet d'aménagement urbain. Les informations encore inconnues, mais nécessaires au calcul, sont générées automatiquement, en s'appuyant sur des bases de données statistiques (Observatoire de la Performance Energétique) et des règles expertes. Le moteur de calcul s'appuie également sur des bases de données d'impacts environnementaux (INIES, UrbanData...).

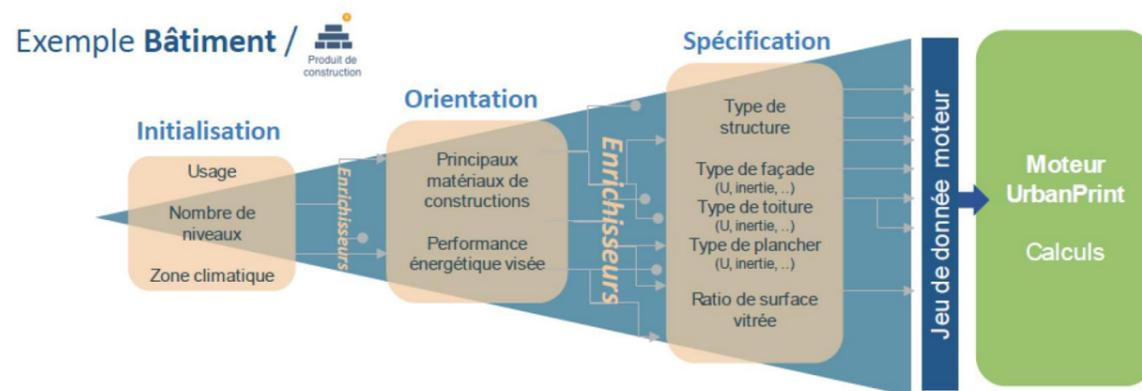


Figure 24 : Fonctionnement des enrichisseurs (Source : Documentation Urban PRINT)

Il existe deux types de périmètre :

#### Le périmètre aménageur

Ce périmètre d'évaluation correspond à ce qui est classiquement attendu de la part des acteurs de la construction/rénovation à l'échelle du quartier.

Il consiste à évaluer la performance et les impacts associés aux ouvrages et services urbains sous la responsabilité directe des concepteurs du quartier.

Ce périmètre d'évaluation prend en compte les familles d'équipements suivantes :

- ❖ Les bâtiments (où on y décrit les usages, les occupants et les systèmes qui s'y trouvent (production individuelle d'énergie, récupération d'eau, etc.);
- ❖ Les espaces extérieurs selon leur fonction (parc végétalisé, parc minéral, carrefour, place piétonne, axes de distribution, voies de desserte, etc.) et les revêtements utilisés notamment;
- ❖ Les réseaux du quartier (voiries, réseaux de chaleur, réseaux d'eau, collecte des déchets, etc.).

Et la liste des services urbains (ou contributeurs associés aux équipements) suivants :

- ❖ **Systèmes énergétiques** : description des systèmes et stratégies en lien avec la consommation énergétique (chauffage des bâtiments, éclairage des espaces extérieurs...);
- ❖ **Produits de construction** : choix des matériaux associés à l'équipement (type de façade et de planchers par exemple dans le cas d'un bâtiment, revêtements dans le cas d'un espace extérieur);
- ❖ **Eaux** : description des systèmes et stratégies en lien avec la consommation d'eau (récupération d'eau de pluie dans les bâtiments, stratégie d'arrosage des espaces verts, mode de traitement des eaux usées...);
- ❖ **Déchets** : description des systèmes et stratégies en lien avec la gestion des déchets (mode de collecte des déchets, distance des sites de traitements...);
- ❖ **Chantier** : description des stratégies pour l'accueil du projet (déconstruction, terrassement, changement d'affectation des sols...);
- ❖ **Mobilité** : description des stratégies particulières de mobilités mises en place (mise à disposition de bornes de recharges électriques, garage à vélo, etc.) permettant d'influer sur les parts modales du quartier associés à sa localisation et à sa mixité programmatique.

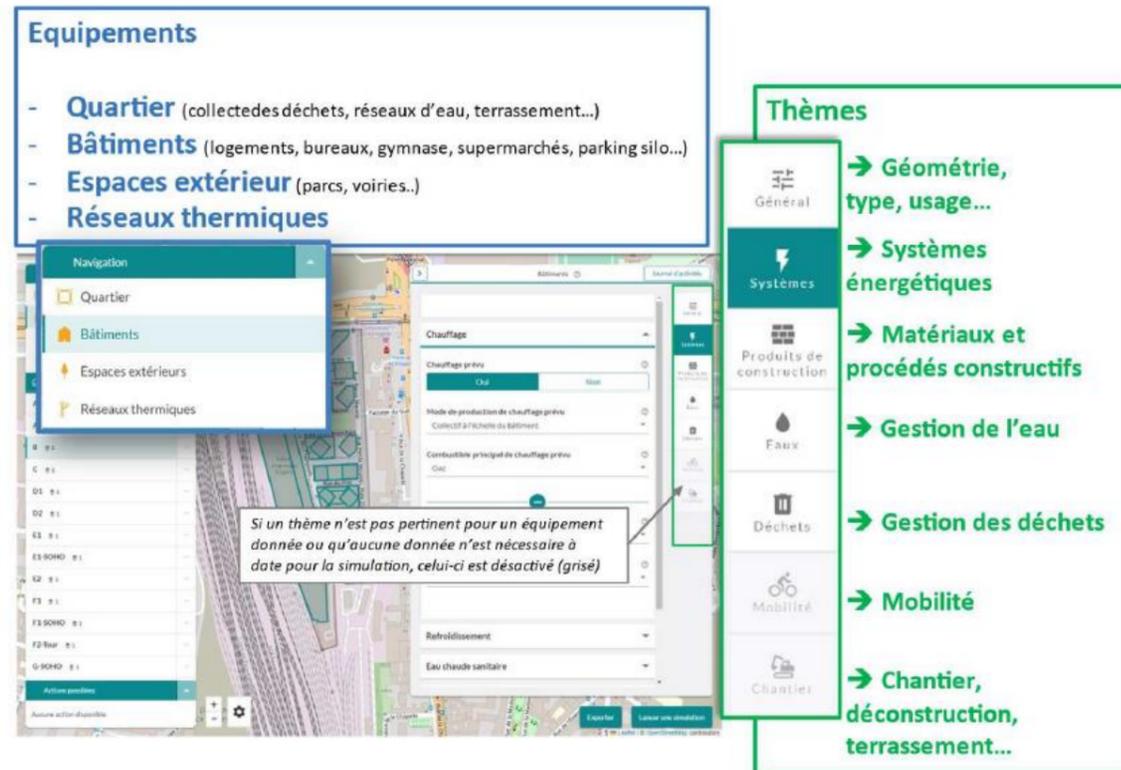


Figure 25 : Description du projet d'aménagement par équipements puis thèmes dans UrbanPrint

Sur ce périmètre, la performance du quartier est évaluée comme la somme brute des impacts des contributeurs liés aux « équipements urbains » (ou fonctions urbaines) qui le composent.

Le périmètre usager

Ce périmètre correspond à un élargissement sensible de l'évaluation de l'impact du quartier afin de changer d'échelle et d'unité d'évaluation de la performance. Sur ce périmètre, le quartier n'est plus uniquement évalué selon les performances des leviers aménageurs mobilisés, mais via sa capacité globale à diminuer l'empreinte environnementale de ses usagers (ses habitants dans cette première version de la méthode), et plus particulièrement leur empreinte carbone.

L'empreinte carbone est une représentation des émissions carbone annuelles d'un usager associées aux services ou familles de services consommés par ce dernier (approche consommateur). À titre d'illustration, l'empreinte carbone moyenne d'un français se situe aujourd'hui autour des 10 tCO<sub>2eq</sub>.an.

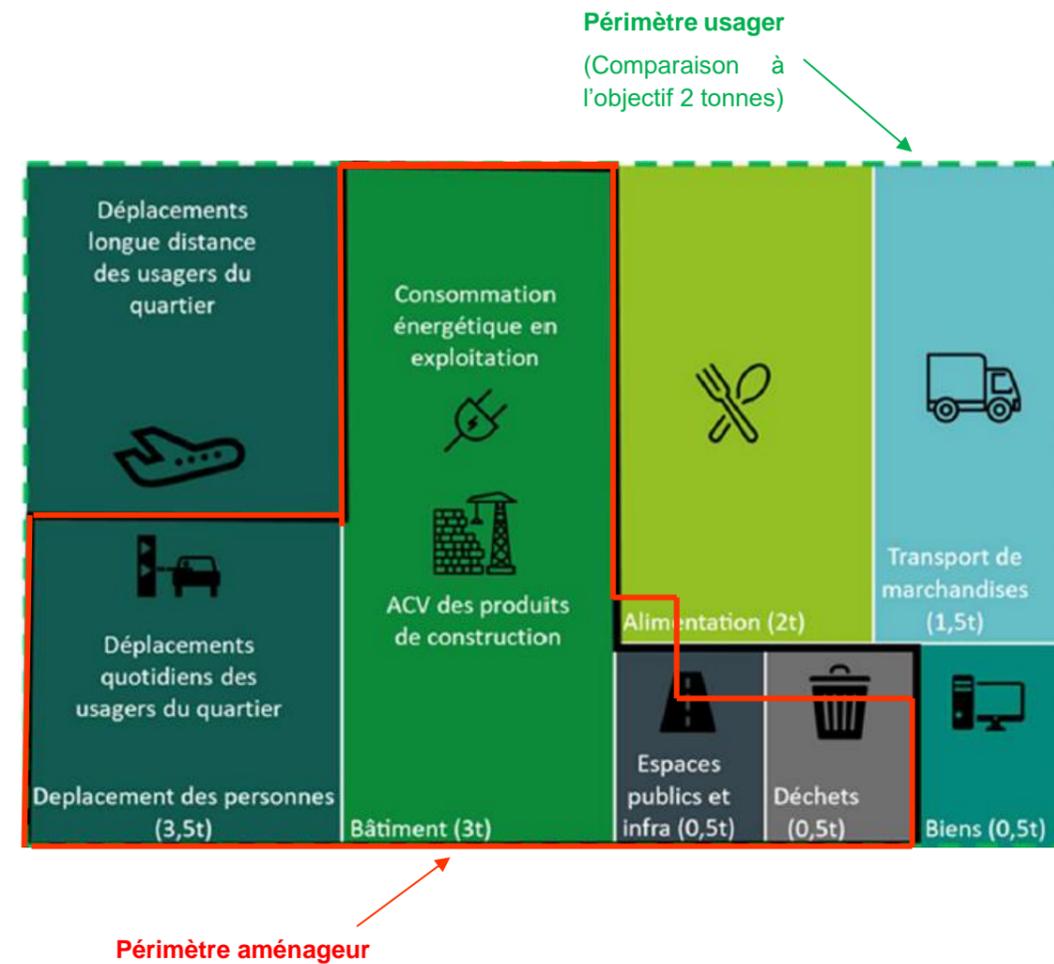


Figure 26 : Périmètres « usager » et « aménageur »

L'outil permet d'évaluer les indicateurs Énergie/Carbone du projet en le comparant à un projet de référence « Business as usual » (même localisation, même programme). La performance du quartier, dans la méthode Quartier E+C-, est établie comme le pourcentage de réduction d'impact par rapport au projet de référence pour les indicateurs carbone et énergie.

En parallèle de l'évaluation environnementale du projet à chaque instant, l'outil permet de lancer un calcul « d'aide à la décision » ou « calcul de potentiel » sur les indicateurs énergie et carbone. Ce calcul de potentiel consiste en une analyse de sensibilité conséquente (plusieurs centaines de stratégies différentes évaluées) autour des leviers accessibles au projet étudié.

UrbanPrint permet d'obtenir la performance environnementale à l'échelle de chaque équipement du quartier (bâtiment, espace extérieur) et déclinée si besoin par thème (énergie, produits de constructions, déchets, eaux, mobilité...) avec, en plus de sorties d'analyse de cycle de vie, des indicateurs comme l'autoconsommation photovoltaïque, les volumes d'eau consommés, les besoins énergétiques, les km parcourus par les usagers... et les quantitatifs qui ont servi aux calculs d'impact environnemental. Si ces résultats détaillés objet par objet permettent d'affiner l'analyse de la performance du quartier, les principaux indicateurs de sorties de l'outil se trouvent à l'échelle du quartier (échelle du projet) et permettent de communiquer sur une performance globale (un « score global »).

Afin de pouvoir situer la performance de son quartier, une comparaison relative à un « quartier de référence » est proposée dans la vue Aménageur. Le quartier de référence correspond à un quartier avec le même programme et les mêmes fonctions urbaines que le quartier étudié, sur lequel une stratégie de référence (à un niveau qualifié de « Business as Usual ») est appliquée par l'outil.

## 2.6.2 DONNEES D'ENTREE UTILISEES

### 2.6.2.1 LE SCENARIO DE REFERENCE

Le scénario de référence correspond au projet pour lequel on aurait le même plan masse (ci-dessus), mais pour lequel le porteur de projet se serait orienté vers des choix « standards » ou « business as usual », ne présentant pas une prise en compte significative des enjeux environnementaux. Ces choix permettent d'atteindre le niveau réglementaire seulement, avec notamment : des modes constructifs peu vertueux, des systèmes peu performants et des énergies non-renouvelables, des espaces publics en majorité imperméabilisés et un faible recours à une gestion alternative des eaux pluviales par exemple.

Par défaut, les hypothèses du scénario de référence sont automatiquement saisies par Urban Print en fonction de la réglementation en vigueur au moment du dépôt de permis de construire pressenti. Dans le cadre du projet Vecteur Sud, le choix a été fait de se comparer à un projet de référence « RE2020 – seuils 2022 » (seuil visé pour le projet).

Thématique	Scénario référence
Matériaux de construction	Classique (béton, acier)
Performance énergétique	Neufs RE2020 (Seuil 2022) Rénovation : pas de rénovation
Système de production énergétique du bâtiment	Neufs RE2020 (Seuil 2022)
	Chauffage : Chaudière à gaz
	Refroidissement : aucun dans le résidentiel
	Eau chaude sanitaire : PAC électrique collective Pas de système d'appoint
	Ventilation : simple flux dans le résidentiel, double-flux dans le tertiaire
	Ventilation des parkings souterrains : standard
	Eclairage : Standard (sans détection de présence)
	Eclairage des parkings souterrains : Standard par défaut (pas de détection de présence)
	Production solaire : aucune
	Pas de système de récupération d'eau de pluie
Traitement des eaux usées	Station d'épuration centralisée
Collecte et traitement des déchets	Porte à porte, tri des emballages et papiers, pas de collecte spécifique des déchets organiques
Gestion des terres de terrassements	Export vers un site de stockage par voie routière (distance identique au projet)
Stratégie d'éclairage des espaces extérieurs	Arrêt partiel la nuit, performance et densité standard des points lumineux

Thématique	Scénario référence
Usage des sols des espaces extérieurs	(Hors emprise au sol bâtiment) : après travaux : parc mixte (50% des surfaces végétalisées, 50% des surfaces imperméabilisées)
Contexte et autres données	Localisation, distances des centres de traitement, quantité de déblais-remblais : invariables

### 2.6.2.2 PARAMETRAGE DU QUARTIER

	Scénario référence	Scénario projet
Performance	RE2020 – seuil 2022	RE2020 – seuil 2022
Eau	Station d'épuration centralisée	Station d'épuration centralisée
Déchets	Porte à porte Pas de collecte spécifique des déchets organiques	Porte à porte Pas de collecte spécifique des déchets organiques
Gestion des terres de terrassement (Chantier)		
Evaluation du volume de terre terrassée	Automatique	Automatique
Stratégie de réemploi	Faible	Moyenne
Transport des terres	Routier	Routier
Distance de transport	30 km	30 km

### 2.6.2.3 PARAMETRAGE DES BATIMENTS

Le plan masse utilisé pour la modélisation du projet sur Urban PRINT est le suivant :

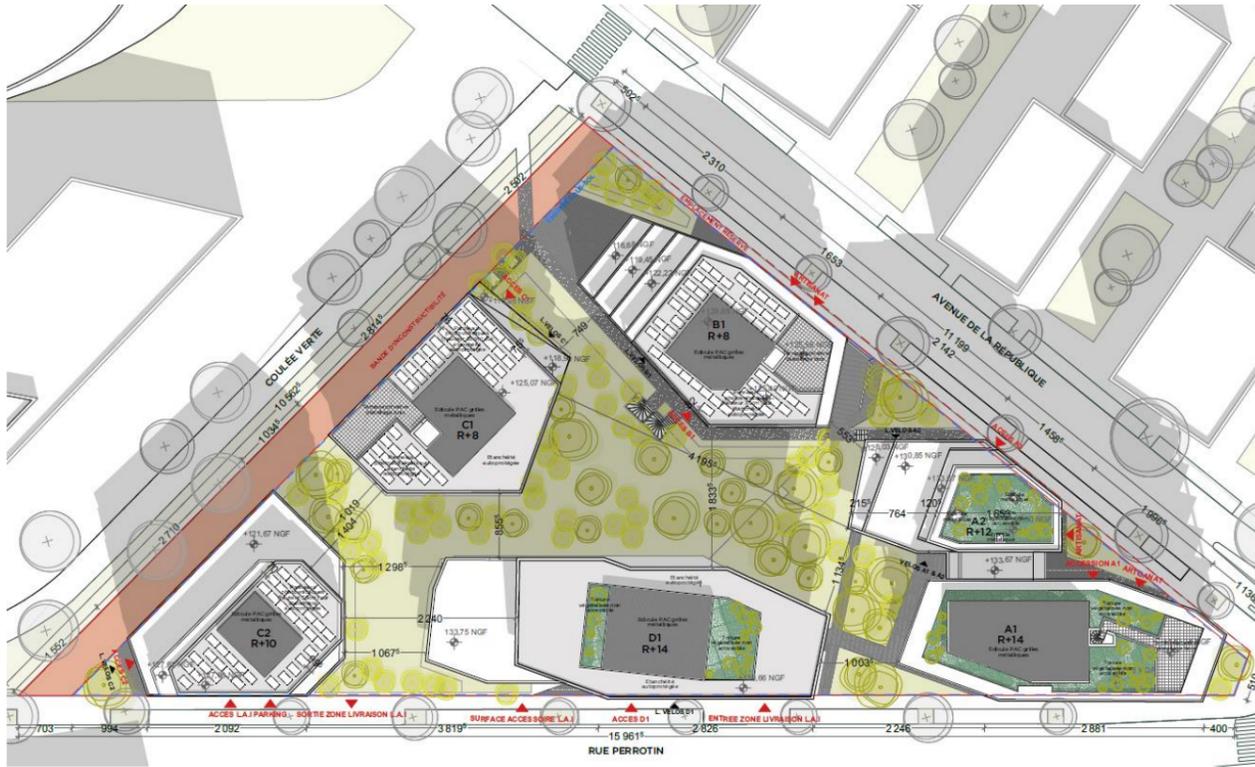


Figure 27 : Plan masse utilisé pour modéliser le projet dans Urban Print (Source : Pièce PC 2.01 Plan de masse des constructions, permis de construire, PPX Architecture, octobre 2024)

Les données concernant le nombre d'étages proviennent de ce même plan masse.

Les données concernant la répartition des logements proviennent de la pièce PC 17.1 « Tableau des surfaces de logements et logements sociaux » du dossier de permis de construire.

Les données d'entrée utilisées pour modéliser le plan masse et la première stratégie du projet sont présentées dans les tableaux suivants :

#### 2.6.2.3.1 Données générales

Général	Scénario projet
Usage des logements	
Bâtiment A1	72 logements dont : T1=6 T2 = 23 T3=25 T4=10 T5=8
Bâtiment A2	39 logements dont : T1=1 T2=19 T3=9 T4=8 T5=2
Bâtiment B1	38 logements dont : T1=0 T2=7 T3=24 T4=5 T5=2
Bâtiment C1	42 logements dont : T1=5 T2=6 T3=23 T4=7 T5=1
Bâtiment C2	43 logements dont : T1=0 T2=8 T3=16 T4=17 T5=2
Bâtiment D1	203 logements dont : T1=92 T1bis=99 T5+=12

### 2.6.2.3.2 Energie

Système énergétique	Scénario référence	Scénario projet
Chauffage	Chaudière à gaz	PAC électrique pour tous les usages résidentiels Appoint : gaz à condensation
Refroidissement	Aucun	Aucun
Eau chaude sanitaire	PAC électrique collective Pas de système d'appoint	PAC électrique collective ou double-service Appoint : Chaudière gaz à condensation
Ventilation	Simple flux	Simple flux
Eclairage	Standard	Détection de mouvement

### 2.6.2.3.3 Produits de construction

Produits de construction	Scénario référence	Scénario projet
Superstructure	RE2020 (équivalent E2 label E+ C-)	RE2020 (équivalent E2 label E+ C-)
Performances visées	Matériaux classiques	Matériaux classiques
Infrastructure	3 niveaux de souterrains correspondant à 3 niveaux de parking	2 niveaux de souterrains correspondant à 2 niveaux de parking

### 2.6.2.3.4 Utilisation de l'eau

Eau	Scénario référence	Scénario projet
Récupération de l'eau de pluie	Pas de récupération	Pas de récupération

### 2.6.2.4 PARAMETRAGE DES ESPACES EXTERIEURS

	Scénario référence	Scénario projet
Cœur du secteur		
Eclairage	Arrêt partiel la nuit, performance et densité standard des points lumineux	Arrêt partiel la nuit, performance et densité standard des points lumineux
Transport des produits de construction	Routier	Routier
Arrosage	Standard	Standard

### 2.6.2.5 PARAMETRAGE DES RESEAUX DE CHALEUR

Pas de réseau de chaleur.

### 2.6.3 BIAIS ET LIMITES D'URBAN PRINT

Le logiciel considère une durée de vie du projet de 50 ans (construction, utilisation et démolition des bâtiments sur cette période). Sachant que les bâtiments auront une durée de vie probablement supérieure, cela conduit à une surestimation des émissions (qui peuvent être lissées sur une période plus longue).

Cette hypothèse conduit également à estimer qu'à l'horizon 50 ans, les impacts du projet sont amortis.