



Analyse de l'empreinte carbone d'un projet d'aménagement

Expertise carbone



Informations générales

Maîtrise d'ouvrage (et partenaires)



3F Normandie – Direction du Développement et de la Maîtrise d’Ouvrage – Pôle Construction
✉ [189, impasse de la Briqueterie – 76550 SAINT AUBIN SUR SCIE, CS 60017 – 76201 DIEPPE Cedex](mailto:189,impasse.de.la.Briqueterie-76550.SAINT.AUBIN.SUR.SCIE,CS.60017-76201.DIEPPE.Cedex)
📄 michel.sayasithsena@groupe3f.fr ; [02 77 07 80 00](tel:0277078000)

Groupement d'études



INGETEC
✉ [135 All. Paul Langevin, 76230 Bois-Guillaume](mailto:135.All.Paul.Langevin,76230.Bois-Guillaume)
📄 ingetec@ingetec.fr ; [02 35 07 94 20](tel:0235079420)

Caractéristiques du projet

Intitulé	Val d'Arquet Est
Ville	Dieppe
Département	Seine-Maritime (76)

Cette étude consiste en une estimation et une analyse de l’empreinte carbone du projet d’aménagement du Val d’Arquet Est. Elle a mobilisé l’outil UrbanPrint, premier outil commercial mettant en œuvre la méthode E+C- développée par l’ADEME et fondée sur les règles de l’analyse en cycle de vie (ACV), et dont l’objectif est d’évaluer de manière quantitative et prédictive la performance carbone et énergétique d’un projet d’aménagement. Le projet sera donc analysé sur une durée de vie de 50 ans (réalisation, exploitation/vie en œuvre, fin de vie) puis mis en perspective avec un scénario de référence répondant à la même programmation sans ambitions environnementales autres que le respect de la réglementation en vigueur à date. Cette analyse permettra de situer la performance du projet analysé par rapport au scénario de référence mais également de placer le projet au regard des objectifs de neutralité carbone à horizon 2050.

Table des matières

1. Préambule.....	4
1.1. Contexte du projet.....	4
1.2. Rappel du contexte climatique.....	6
1.4. La notion de CO ₂ e	9
1.5. La stratégie nationale bas-carbone (SNBC) et les objectifs climatiques en France	10
1.6. La notion d’empreinte carbone.....	10
1.6.1. L’empreinte carbone individuelle.....	11
1.6.2. L’empreinte carbone du secteur du bâtiment.....	12
2. Méthodologie	13
2.1. Outil utilisé : UrbanPrint	13
2.2. Définition des périmètres d’étude	14
2.2.1. Le périmètre spatial	14
2.2.2. Le périmètre temporel.....	14
2.2.3. Le périmètre fonctionnel	15
2.3. Les résultats attendus.....	17
2.4. Données d’entrée et hypothèses retenues	19
2.4.1. Les hypothèses retenues à l’échelle du quartier.....	19
2.4.2. Les hypothèses retenues à l’échelle du bâti.....	20
2.4.3. Les hypothèses retenues à l’échelle des espaces extérieurs.....	28
3. Résultats & analyses	33
3.1. Empreinte carbone Quartier.....	33
3.2. Analyse globale des résultats	35
3.2.1. Résultats détaillés par postes.....	36
3.3. Empreinte carbone Habitant.....	42
3.3.1. Approche globale	42
3.3.2. Impacts du projet sur l’empreinte carbone d’un habitant du quartier.....	43
3.3.3. Impact du projet sur la part logement / habitat de l’empreinte habitant du quartier.....	43
3.4. Analyse des leviers d’optimisation de l’empreinte carbone du projet (périmètre aménageur).....	44
3.5. Analyse de la performance du projet au regard du label BBCA Quartier.....	46
3.6. Synthèse des résultats.....	47
4. Table des figures	49

1. Préambule

1.1. Contexte du projet

Le projet d’aménagement du Val d’Arquet Est, objet de la présente étude, se situe sur la territoire de la commune de **Dieppe**, dans le département de la Seine-Maritime (76), en région Normandie.

Le projet est situé dans la partie Est de Dieppe, au droit de l’ancienne commune de Neuville-lès-Dieppe. Le périmètre de projet occupe une emprise d’environ 17,63 hectares.

Le schéma suivant localise géographiquement le projet.

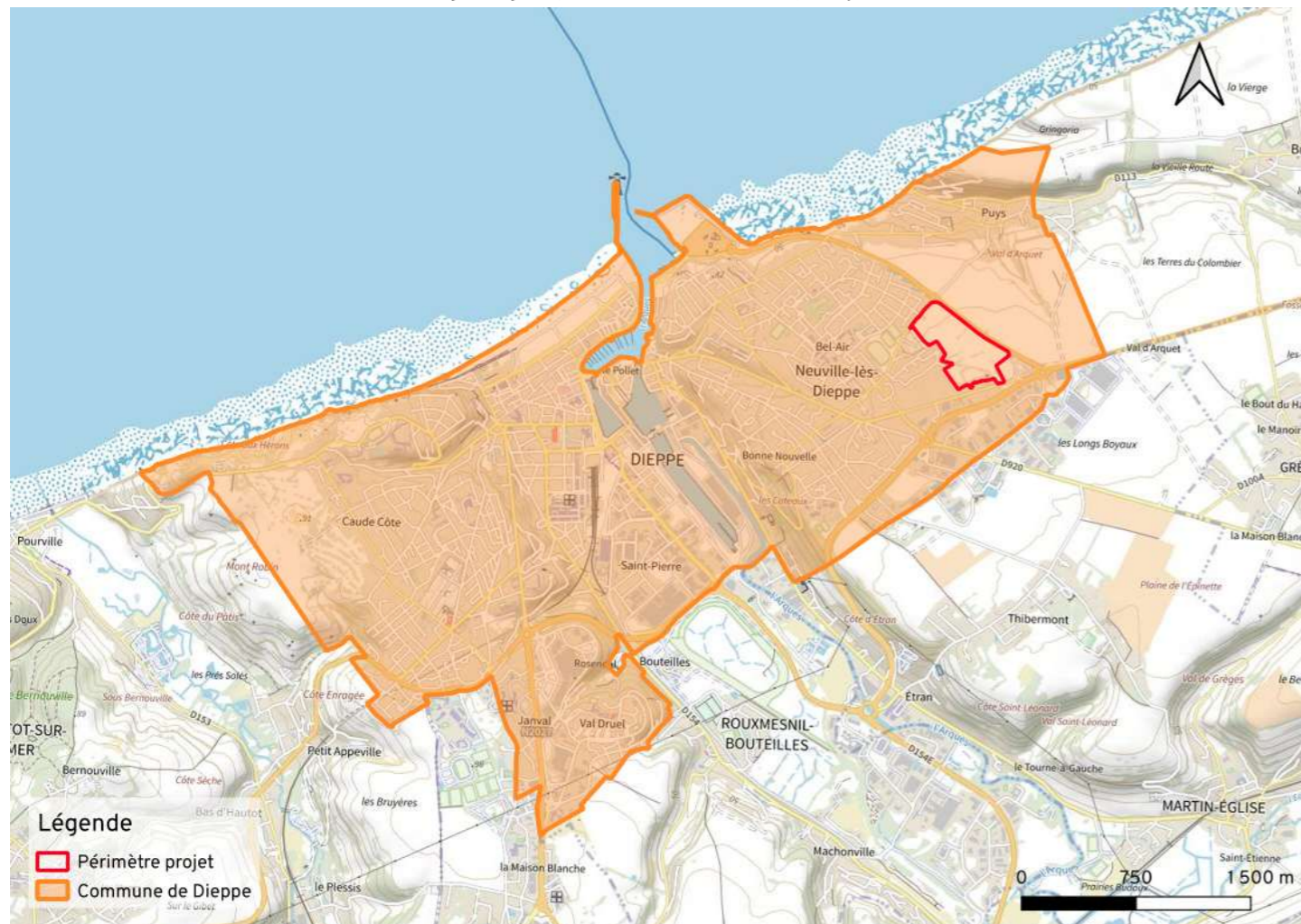


Figure 1 Localisation du projet du Val d’Arquet

La programmation du projet comprend la construction de plusieurs macro lots pour un objectif de 650 logements environ à terme. Le programme comprendra des immeubles de tailles et de hauteurs différentes ainsi que des logements intermédiaires et des maisons individuelles. La gestion du stationnement sera étudiée finement afin de minimiser son impact. Une partie sera gérée par des parkings semi-enterrés sous les bâtiments d’habitat collectif. Le reste sera en aérien, avec du stationnement en poche et/ou le long des voies.

A ce stade, la programmation prévisionnelle est la suivante :

1. 516 logements familiaux (3F Normandie et lots à bâtir)
2. Logements modulaires (3F Résidences) :
 - Temps 1 : Résidence mobilité : 360 logements (10-15 ans/chantier EPR 2)
 - Temps 2 : définitif : 134 Logements locatifs sociaux
3. Un ou plusieurs locaux d’activité pourraient être intégrés à l’opération d’aménagement du Val d’Arquet Est, l’étude des besoins est en cours.

Le projet d’aménagement des espaces publics est également au cœur du projet de création du quartier Val d’Arquet Est, avec notamment :

- Une voie centrale, dite « manivelle », comprenant voirie, noues paysagères et trottoirs pour une surface totale de 15 200 m² ;
- Une voie verte de 9 800 m² ;
- Des espaces verts comprenant deux coulées vertes avec jardin de pluie, jeux et mise en valeur des blockhaus, et un merlon paysager le long de la RD485, pour une surface totale de 36 500 m².

Le plan masse à date est inséré en page suivante.



Figure 2 Plan masse du projet du Val d'Arquet Est

1.2. Rappel du contexte climatique

Le climat est un système complexe dont l'équilibre, certes dynamique, se construit sur plusieurs milliers à dizaines de milliers d'années, soit des échelles de temps insaisissables pour l'humain. Or l'on constate aujourd'hui que plusieurs indicateurs (augmentation des températures à la surface de la Terre / élévation du niveau moyen des océans) mettent en avant un changement climatique rapide.

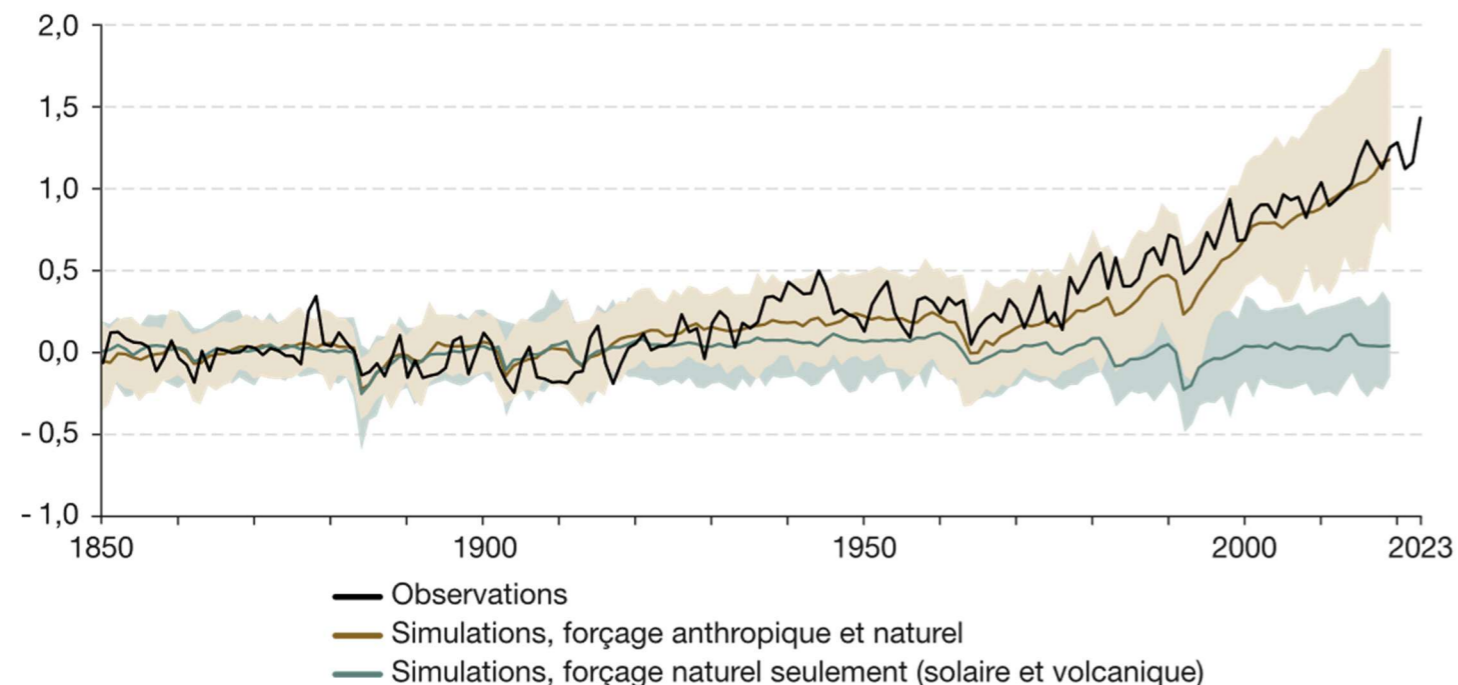


Figure 2 Anomalie mondiale de température (°C) par rapport à la période 1850-1900 - GIEC

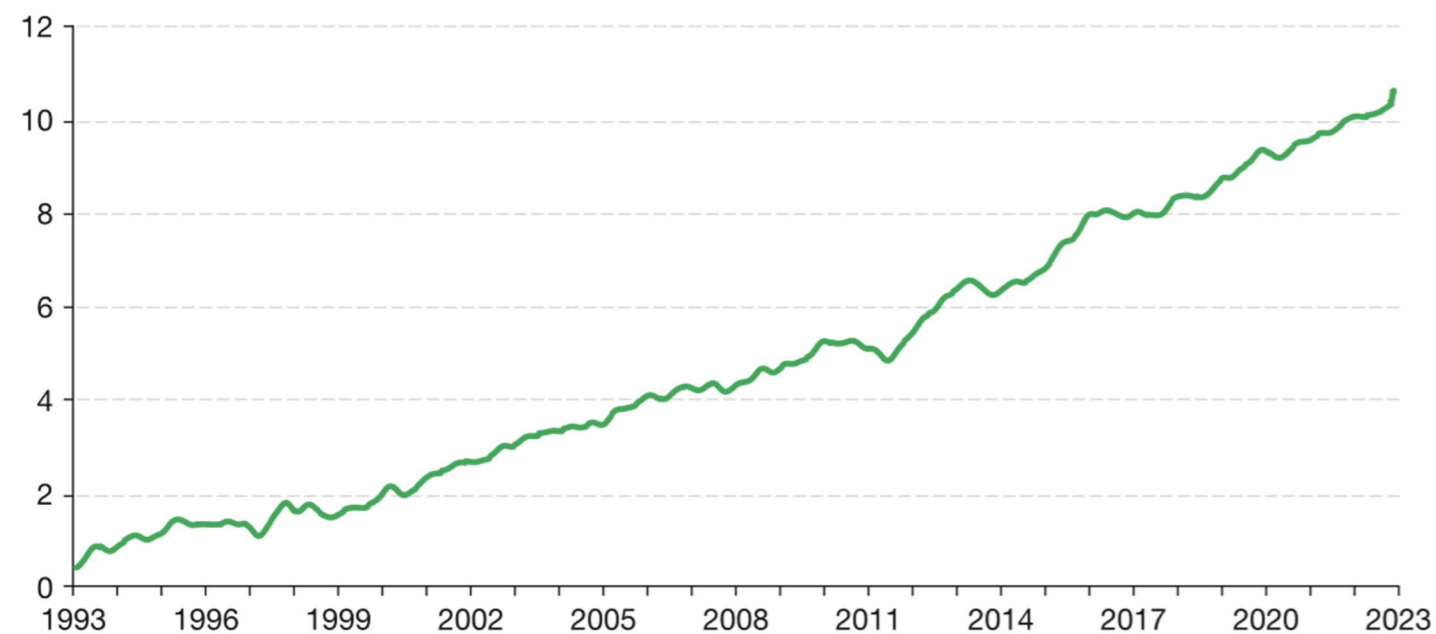


Figure 3 Augmentation du niveau moyen des mers et océans depuis 1993 - Copernicus

En effet, si l'écart temporel entre l'époque moderne et la dernière ère glaciaire est d'environ 10 000 ans pour un différentiel de -5 °C, depuis 1850 la température moyenne mondiale a déjà augmenté de plus de 1°C et les projections envisagent une augmentation de l'ordre de 4°C d'ici 2100 soit sur l'espace de 250 ans.

La responsabilité des activités humaines dans ce changement est aujourd'hui avérée et fait consensus au sein de la communauté scientifique mondiale. Depuis 1850 ces activités sont supportées par des sources énergétiques principalement fossiles et dont la combustion entraîne la libération de dioxyde de carbone (CO₂), augmentant sa concentration dans l'atmosphère et renforçant l'effet de serre qu'il induit.

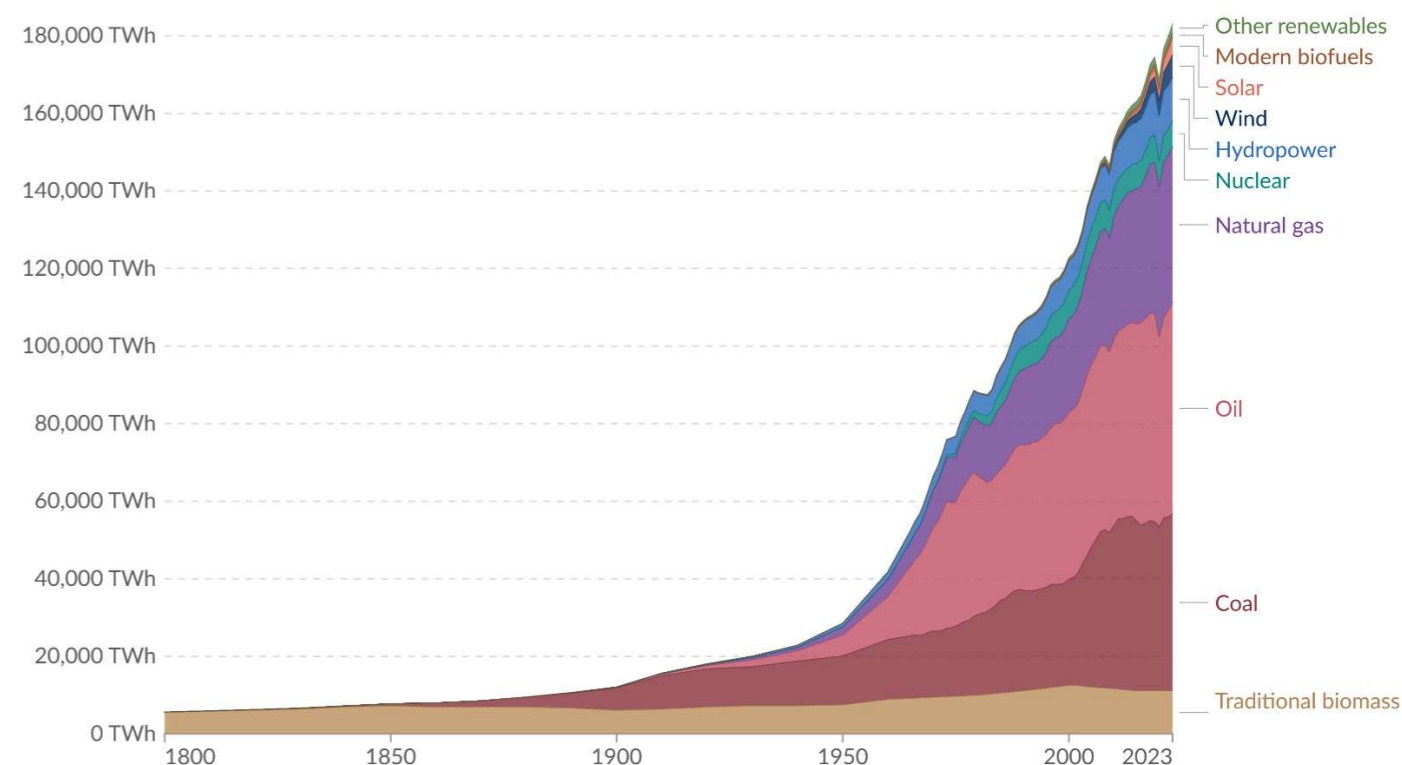


Figure 4 Consommation mondiale d'énergie primaire par source - Our World In Data

Si le CO₂ est le principal gaz à effet de serre il n'est pas le seul puisque les activités humaines génèrent ou mobilisent d'autres gaz qui participent également à cet effet (méthane CH₄, protoxyde d'azote N₂O, hexafluorure de soufre SF₆, hydrofluorocarbures HFC, etc.).

Le GIEC est l'organe scientifique intergouvernemental en charge d'évaluer et de faire la synthèse des connaissances scientifiques, techniques et socio-économiques en matière de climat. Il synthétise des scénarios prospectifs selon le niveau futur d'émission qui permettent de mesurer les efforts à faire selon l'objectif visé. Des scénarios d'émissions futures basses à très basses permettraient de maintenir le réchauffement en dessous de +2°C en 2100 par rapport à 1900. Ces scénarios demandent des évolutions considérables des modes de développement

et des paradigmes énergétiques. A l'inverse, les scénarios dans lesquels ces évolutions sont marginales aboutissent à des augmentation de température située entre +3.6°C et +4.4°C d'ici 2100 par rapport à 1900. Un tel niveau de réchauffement engendrerait des conséquences catastrophiques pour l'ensemble de la biosphère terrestre, dont les société humaines font partie et dépendent de manière existentielle.

● Années 40 ● Années 50 ● Années 60 ● Années 70 ● Années 80 ● Années 90
● Années 2000 ● Années 2010 ● Années 2020 ● Année 2023 ● Année 2024

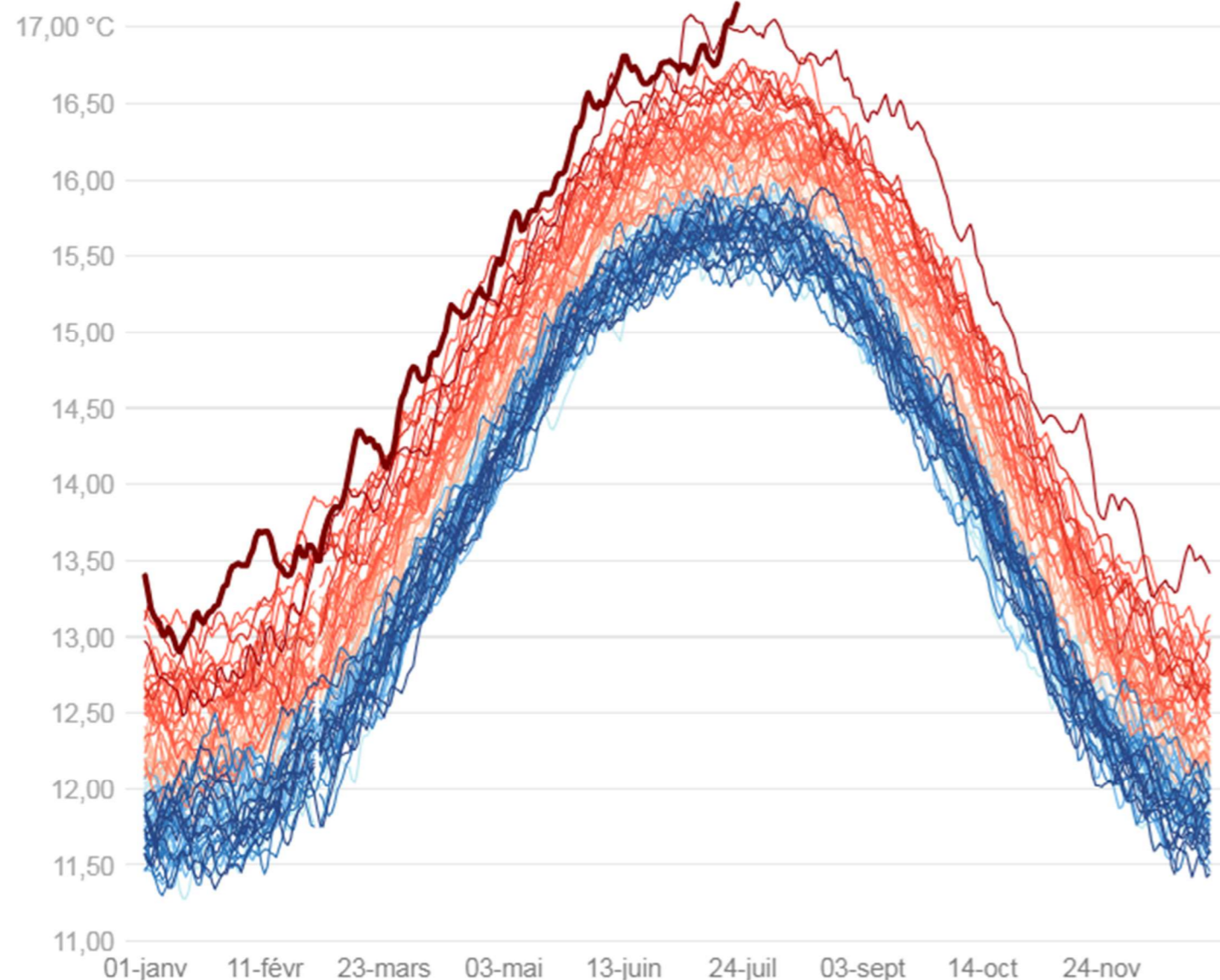


Figure 5 Température journalière mondiale depuis 1940 - Copernicus

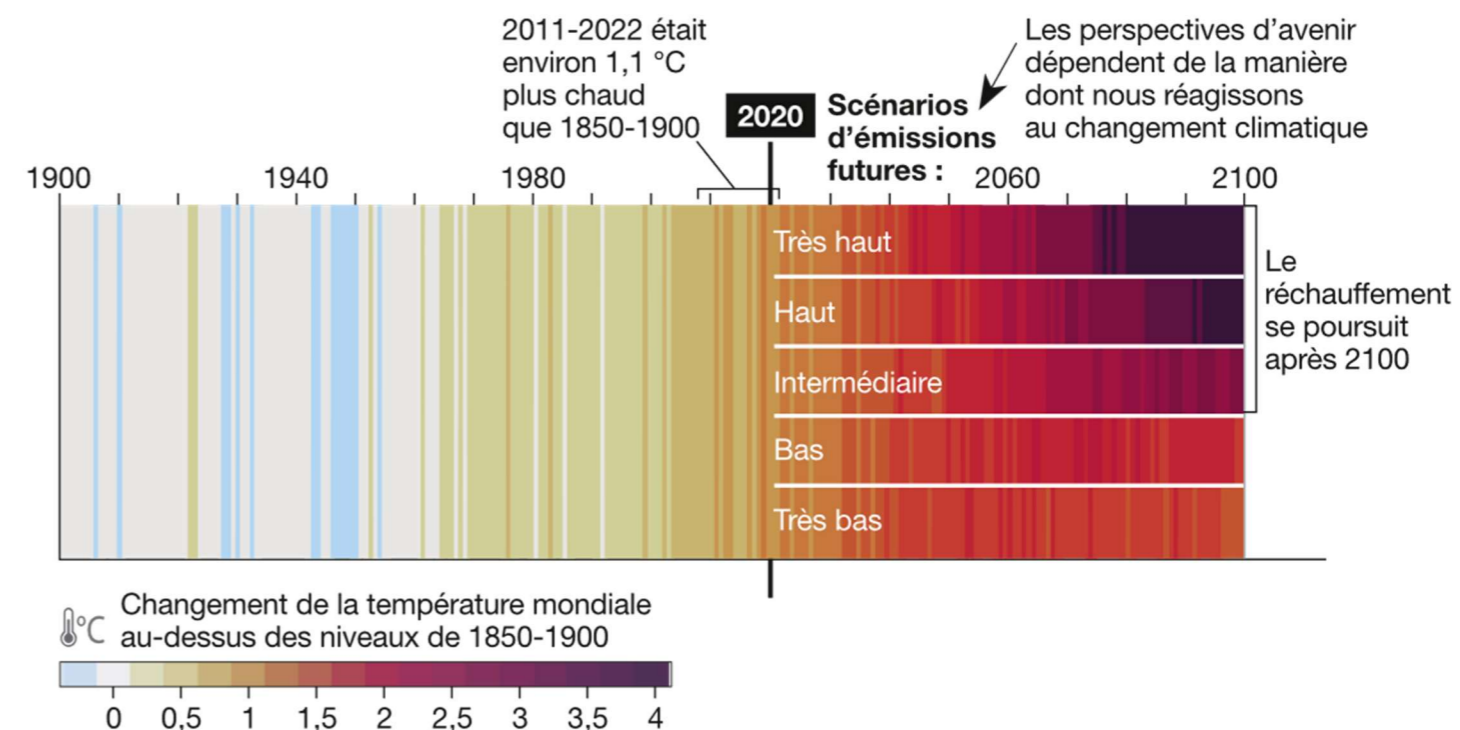


Figure 6 Historique des émissions et projections selon les scénario d'émissions de GES - MTE

Les effets du changement climatique sont d'ores et déjà présents en France : les 5 années les plus chaudes en France métropolitaine depuis 1900 sont toutes situées entre 2018 et aujourd'hui (2022 ,2023, 2020, 2018, 2024) soit seulement 8 années.

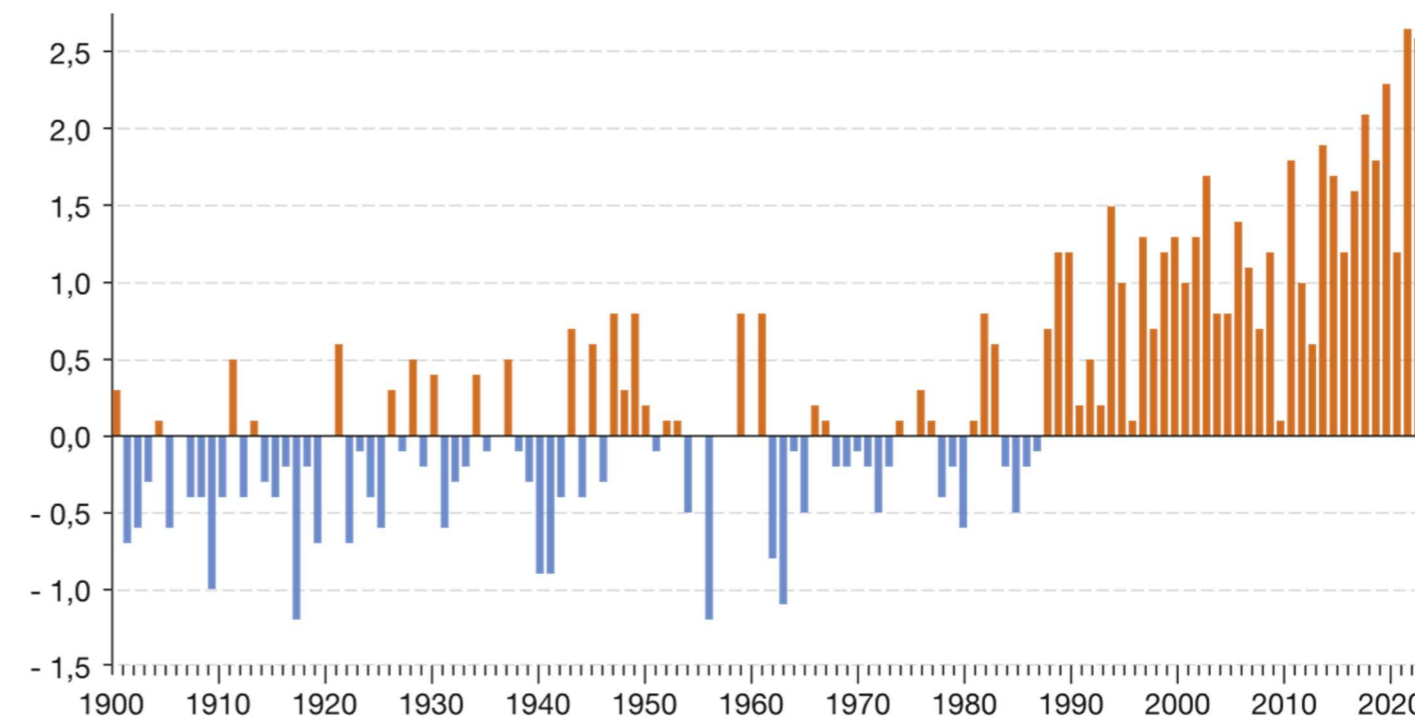


Figure 7 Écart de °C par rapport à la normale 1961-1990 (France Métropolitaine) - MTE

Les évènements météorologiques de ces dernières années en France donnent un aperçu de ce qui pourrait devenir une nouvelle norme dans le futur. **La période 2023-2027 est la plus chaude jamais enregistrée sur Terre** d'après l'Organisation des Nations Unies. Ces urgences climatiques, énergétiques et environnementales nous imposent **une accélération sans précédent des efforts collectifs pour réduire notre empreinte écologique.**

En tant que « pratique visant à disposer avec ordre à travers l'espace et dans une vision prospective, les humaines, leurs activités ainsi que les équipements et moyens de communication qu'ils peuvent utiliser », **l'aménagement du territoire est une activité particulièrement émettrice de gaz à effet de serre ; elle** est le support d'autres activités elles aussi émettrices. Directement ou indirectement, l'aménagement du territoire participe également à la destruction des espaces naturels et des services écosystémiques rendus (séquestration de carbone, réservoir de biodiversité, gestion de l'eau, etc.) et à la consommation des ressources naturelles.

Si l'aménagement du territoire participe aujourd'hui à l'intensification du changement climatique, il pourrait devenir **un levier de son atténuation** en œuvrant à la restauration des milieux et au développement des puits de carbone, en limitant la consommation d'espace et en privilégiant des opérations dans des secteurs déjà artificialisés, en concevant des aménagements moins émissifs dans leur mise en œuvre (dimensions, matériaux, méthodes, etc.) et qui vont permettre de **réduire les émissions des activités qu'ils supportent** (logements, activités, transports/mobilités, loisirs, etc.).

Face aux effets du changement climatique, d'ores et déjà présents, l'aménagement du territoire doit aussi être un levier de l'adaptation notamment en concevant des aménagements qui vont **intégrer les contraintes du changement climatique** (hausse des températures, sécheresses, inondations, etc.) et ainsi **y apporter des réponses adaptées** : végétalisation, ombrage et aération naturelle, gestion alternative des eaux, agriculture urbaine, etc.

1.3. La notion de CO₂e

Le CO₂e est une unité normalisée de comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre (GES).

La communauté scientifique a établi pour chacun des GES un **potentiel de réchauffement global** (PRG) mesuré comparativement au CO₂ sur une plage temporelle donnée (20, 100 ou 500 ans). Le CO₂, étalon de cette mesure, a un donc PRG de 1. Par convention, c'est l'horizon à 100 ans (PRG100) qui est utilisé dans le cadre de la comptabilité carbone. Les valeurs de PRG sont régulièrement actualisées selon les données du GIEC qui fait la synthèse de l'état des connaissances scientifiques en matière climatique.

Le tableau ci-dessous indique les principaux GES et le PRG associé. Avec un PRG de 27,9, on considère donc qu'1 kg de méthane (CH₄) a un pouvoir réchauffant équivalent à 27,9 kg de CO₂ ; rapporté à 1 kg de matière, le méthane a donc un pouvoir de réchauffement 27,9 fois supérieur que le CO₂.

Gaz	Origine	PRG 100
CO ₂ (dioxyde de carbone)	Combustion d'énergie fossile, production de ciment, déforestation	1
CH ₄ (méthane)	Agriculture, élevage, procédés industriels, décharge	27,9
N ₂ O (oxyde d'azote)	Agriculture, procédés industriels, utilisation d'engrais	273
HFCs (hydrofluorcarbures, famille composée de différentes molécules)	Sprays, réfrigération, procédés industriels	4,84 à 14 600
PFCs (perfluorcarbures, famille composée de différentes molécules)		0,004 à 12 400
SF ₆ (hexafluorure de soufre)		25 200
NF ₃ (trifluorure d'azote)	Fabrication de composants électroniques	17 400

Figure 8 Tableau récapitulant les principaux GES

Ainsi, si une activité, un procédé de production, un produit, etc., émet 3 kg de CO₂, 1 kg de CH₄ et 0.5kg de N₂O, elle engendre un rejet équivalent à 167,4 kgCO₂e ($3 \times 1 + 1 \times 27.9 + 0.5 \times 273 = 167.4 \text{ kgCO}_2\text{e}$).

Gaz	PRG 100	Quantité	Emissions (kgCO ₂ e)
CO ₂	1	3	3
CH ₄	27,9	1	27,9
N ₂ O	273	0,5	136,5
Total			167,4

Figure 9 Exemple de calcul GES

L'intérêt principal de cette unité est de permettre **l'agrégation et la comparaison des émissions de différents gaz à effet de serre en une seule unité de mesure**, le dioxyde de carbone équivalent, en fonction de leur potentiel de réchauffement global (PRG). C'est dans cette unité que sont exprimés les facteurs d'émissions, quantités d'émissions associés à la production, au transport (entre autres) d'une unité de bien, de service, etc. S'agissant d'une unité de masse, les unités répondent au même formalisme :

Unités	Valeurs en kgCO ₂ e
1 tCO ₂ e	1 000 kgCO ₂ e
1 KtCO ₂ e	100 000 kgCO ₂ e

Figure 10 Equivalence des unités de masse de CO₂e

La notion de facteur d'émission correspond alors à la quantité de CO₂e émise par une activité ou un process, rapportée à la grandeur le caractérisant au travers d'une analyse de cycle de vie (ACV) incluant, sa fabrication, son transport, son utilisation et son traitement en fin de vie.

Par exemple le facteur d'émission de l'acier « neuf » est de 2 211 kg CO₂e par tonne d'acier ; il est de 938 kg CO₂e par tonne pour l'acier recyclé (source : ADEME – Base Empreinte). L'écart étant ici lié à l'économie de ressources et d'énergie générée par le processus de recyclage comparativement à une production primaire.

1.4. La stratégie nationale bas-carbone (SNBC) et les objectifs climatiques en France

Au travers des accords de Paris (2015), la communauté internationale s’est entendue pour fixer un objectif dans la lutte contre le changement climatique : limiter le réchauffement mondial en dessous de +2°C par rapport aux niveaux préindustriels et poursuivre les efforts pour le limiter à +1,5 °C.

En France, la stratégie nationale bas-carbone traduit les orientations nationales en matière de lutte contre le changement climatique définies dans la loi pour la transition écologique et la croissance verte (2015) et dans la loi Climat & Résilience (2021). Cette SNBC porte deux ambitions principales : atteindre la neutralité carbone en 2050 et réduire l’empreinte carbone des Français.

Il s’agit d’une stratégie pluriannuelle (actuellement SNBC3) définissant des budgets carbone (ou plafonds d’émissions, les principaux GES étant pris en compte) répartis par secteurs d’activités. Les budgets sont établis pour une période de 5 ans et sont réduits à chaque itération. Les secteurs visés sont les transports, l’agriculture, l’industrie, le bâtiment, la production d’énergie et les déchets (émissions de GES) mais aussi le secteur des terres (utilisation et changement d’affectation des terres, foresterie, etc.) dont le rôle de stockage permet de contrebalancer une partie des émissions des autres secteurs et à terme, les émissions résiduelles françaises.

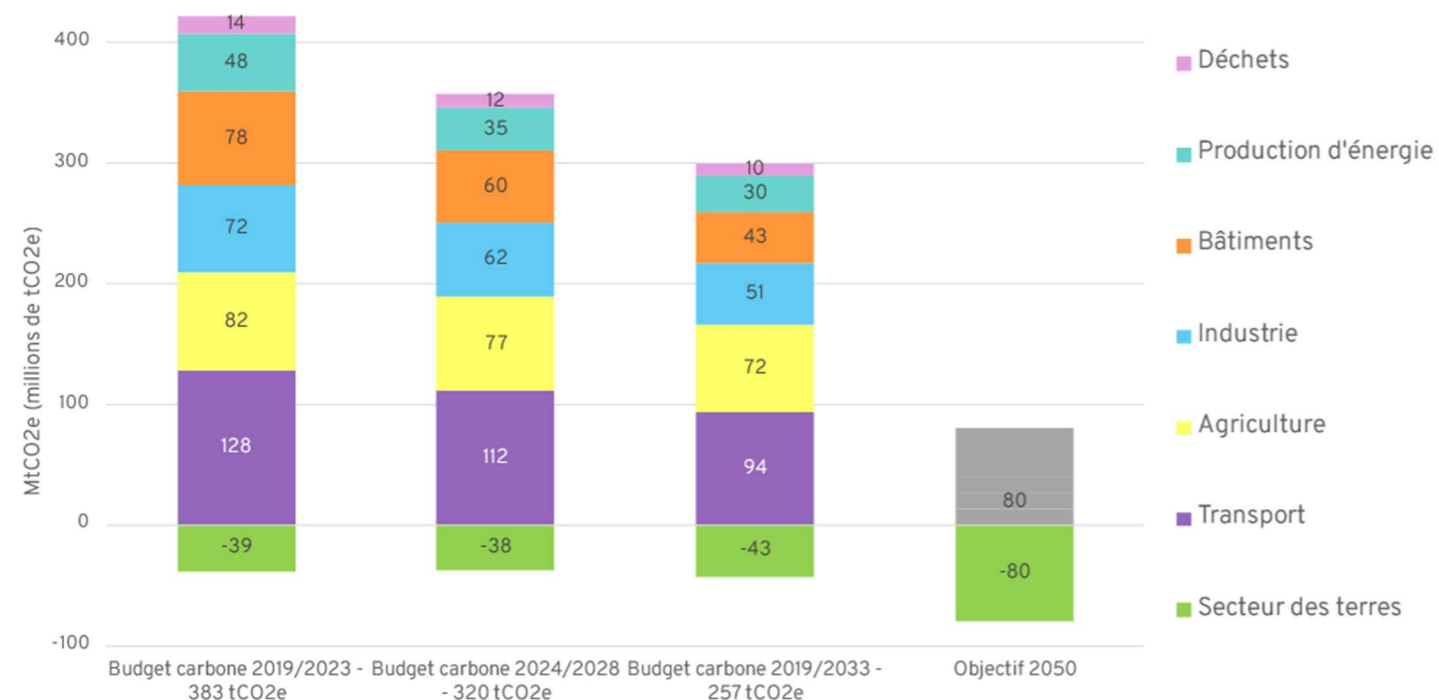


Figure 11 Budgets carbone de la SNBC et Objectif neutralité 2050

Dans cette stratégie, les émissions cumulées de chaque secteur émissif devraient se situer aux environs de 80 MtCO_{2e} en 2050. Par ailleurs, le secteur des terres devrait voir sa capacité d’absorption croître pour attendre -80 MtCO_{2e}. La somme de ces flux d’émission et de séquestration étant de 0, il s’agit donc bien d’une perspective de neutralité carbone française à terme.

1.5. La notion d’empreinte carbone

La trajectoire de la SNBC est basée sur les chiffres du CITEPA¹, qui fait l’inventaire des émissions dans une approche territoriale c’est-à-dire considérant seulement les émissions ayant lieu sur le territoire national. Or, la France s’inscrivant dans un système économique mondialisé, elle importe une certaine quantité de biens et services depuis d’autres territoires. De la même manière d’autres territoires importent également des biens et services depuis la France. Si l’on cherche à analyser conjointement les émissions territoriales et les émissions liées aux importations, dans la mesure où elles sont induites par la demande finale intérieure, on parle alors d’empreinte carbone.

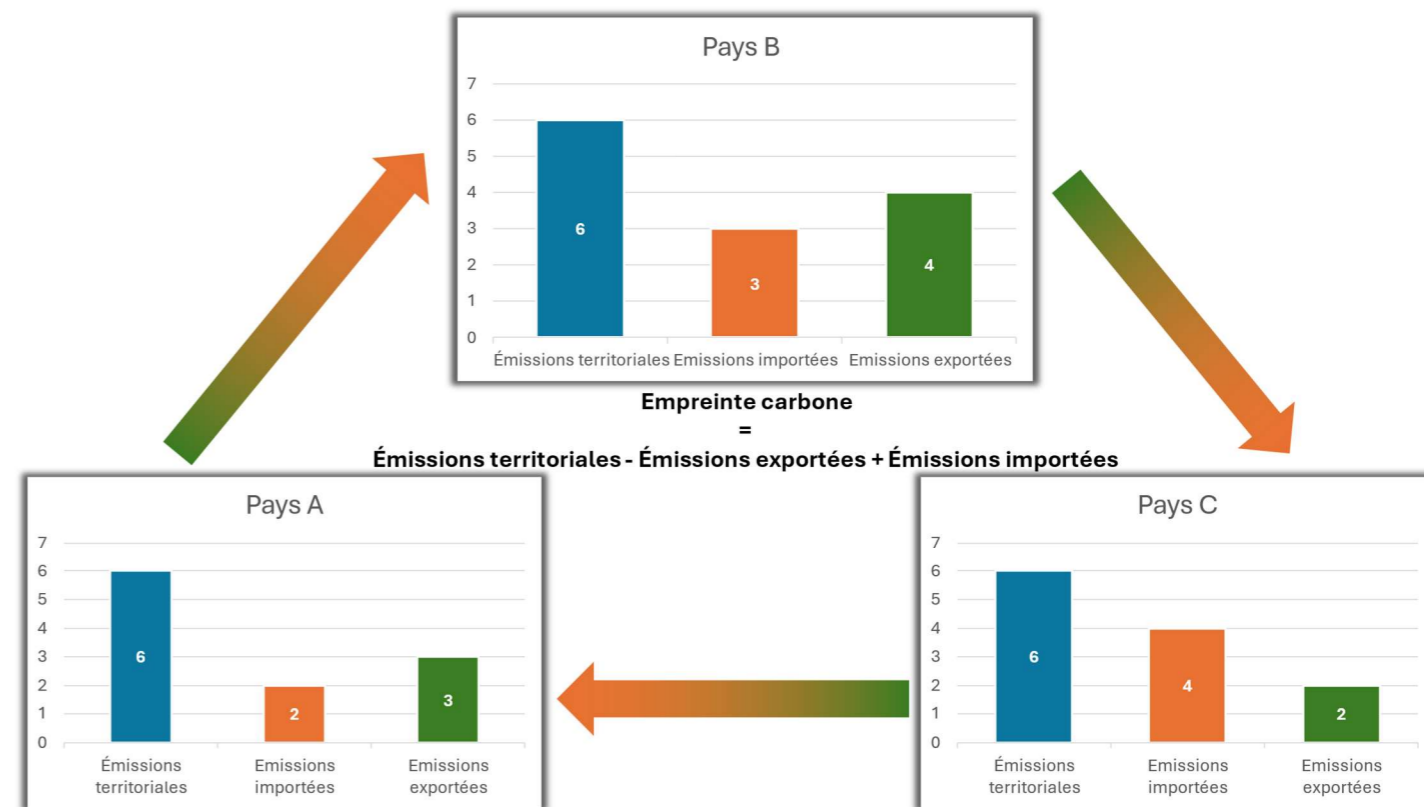


Figure 12 Schéma de l’approche Empreinte Carbone

¹ <https://www.citepa.org/donnees-air-climat/donnees-gaz-a-effet-de-serre/namea/>

Dans ce schéma, chaque pays a les mêmes émissions territoriales (6) mais des émissions à l'import et à l'export différentes. Dans ce cas, le pays A a une empreinte carbone de 5, le pays B de 5 également mais le pays C de 8. Cette variation des résultats illustre la pertinence de la notion d'empreinte carbone puisque tout en maintenant le volume global (18) elle ventile différemment les émissions selon la localisation de la demande les ayant engendrées et illustre par-là la **dépendance d'un territoire aux émissions réalisées dans un autre pour son propre compte**.

L'empreinte carbone se définit plus rigoureusement² comme « la quantité de gaz à effet de serre (GES) induite par la demande finale intérieure d'un pays (consommation des ménages, des administrations publiques et des organismes à but non lucratif et les investissements), que les biens ou services consommés soient produits sur le territoire national ou importés.

L'empreinte carbone de la France est donc constituée :

- des **émissions directes de GES des ménages** (principalement liées à la combustion des carburants des véhicules particuliers et la combustion d'énergies fossiles pour le chauffage des logements) ;
- des émissions de GES issues de la production intérieure de biens et de services destinée à la demande intérieure (c'est-à-dire hors exportations) ;
- des émissions de GES associées aux biens et services importés, pour usage final des ménages ou pour les consommations intermédiaires des entreprises pour produire les biens et services destinés à la demande intérieure. »

D'après le Haut Conseil pour le Climat³, l'empreinte carbone de la France est 1,4 fois plus élevée que les émissions produites sur le territoire Français.

1.5.1. L'empreinte carbone individuelle

L'empreinte carbone d'un pays peut être rapportée à sa population pour obtenir un **indicateur normalisé des émissions**. Il s'agit d'un indicateur utile pour opérer des comparaisons pertinentes entre territoires (ex : 11 tCO₂e/hab.an pour l'UE27, 21,3 tCO₂e/hab.an aux États-Unis, 8,3 tCO₂e/hab.an en Chine) puisqu'il mobilise la quantité d'émissions engendrée pour répondre à la demande interne d'un pays et la rapporte à la population de ce pays, génératrice de cette demande interne. Cet indicateur est aussi mobilisé pour inciter les individus à agir et à se responsabiliser face au changement climatique.

D'après le ministère de la transition écologique, l'empreinte carbone annuelle de la France s'élève à **644 millions de tonnes de CO₂e en 2023⁴**. Rapportée aux **68 millions d'habitants**, on obtient une empreinte carbone moyenne de **9.5 tCO₂e/habitant.an**.

Si l'on se projette en 2050, nous savons que la SNBC table sur 80 MtCO₂e d'émissions territoriales. Nous savons également que l'empreinte carbone de la France représente aujourd'hui 1,4 fois les émissions territoriales. On peut donc estimer que l'empreinte carbone de la France sera d'environ **112 MtCO₂e** (80 x 1,4) en 2050. Rapporté aux estimations démographiques de l'INSEE pour 2050⁵ (**74 millions d'habitants**) cela correspond à une empreinte carbone par habitant de 1,5 tCO₂e/an. En prenant en compte l'incertitude liée aux hypothèses de calcul on peut retenir un ordre de grandeur de 2 tCO₂e/habitant.an.

C'est ainsi que ce chiffre, l'objectif de 2 tCO₂e/habitant.an, est apparu. Il ne s'agit donc pas d'un objectif légal en tant que tel mais d'une transposition, à l'échelle individuelle, des objectifs de la SNBC. Celle-ci fait d'ailleurs l'objet de diverses critiques :

- questionnement de notre capacité réelle à atteindre les objectifs de la SNBC (manque de moyens mis en œuvre, transformations profondes nécessaires et non implémentées aujourd'hui) ;
- remise en question des hypothèses de la SNBC (hypothèse plus qu'ambitieuse du doublement de la capacité de stockage des puits de carbone d'ici 2050) ;
- absence de prise en compte des principes de responsabilité établis par l'ONU dans le cadre de la lutte contre le changement climatique (principe d'équité, principe de responsabilité commune mais différenciée).

² Définition de l'empreinte carbone – INSEE <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c2132>

³ Rapport 2020 du HCC https://www.hautconseilclimat.fr/wp-content/uploads/2020/10/hcc_rapport_maitriser-lempreinte-carbone-de-la-france-1.pdf

⁴ <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/emissions-de-gaz-effet-de-serre-et-empreinte-carbone-de-la-france-une-baisse-significative-en-2023?rubrique=27&dossier=1286>

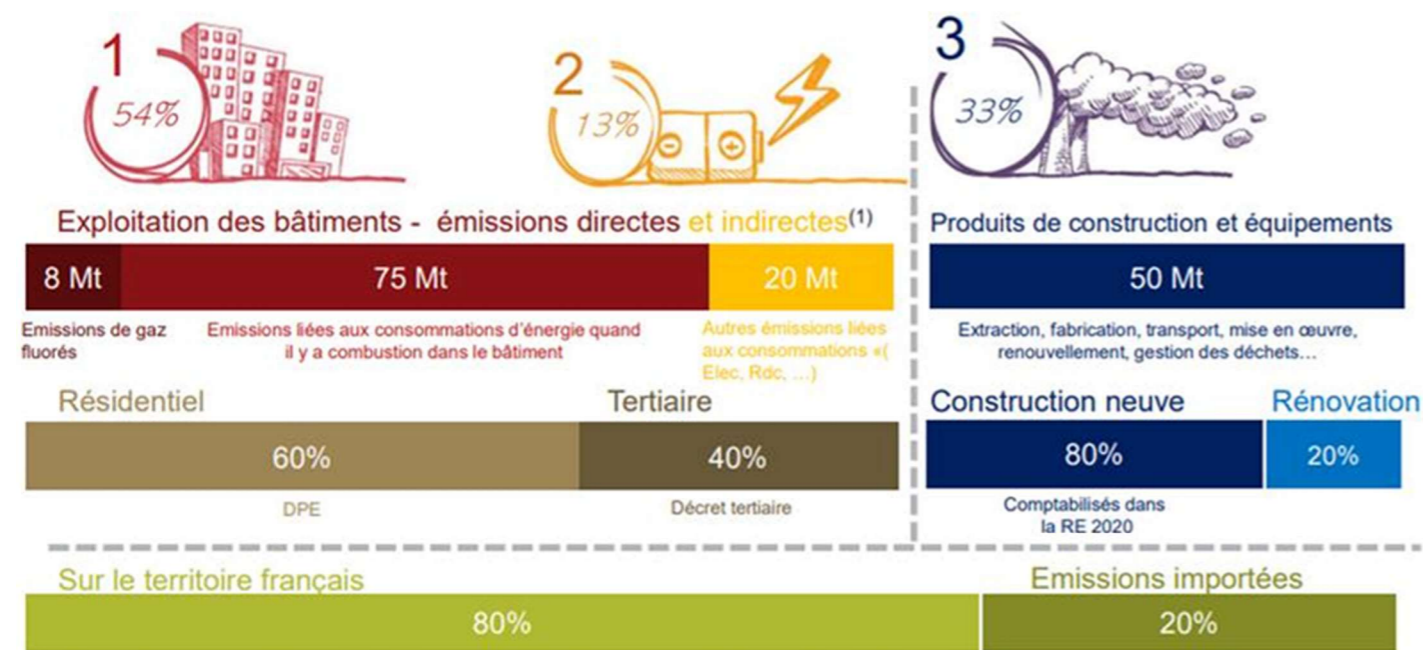
⁵ Projection démographique INSEE – 2017 (considérant la poursuite des tendances actuelles) <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2867738>

1.5.2. L'empreinte carbone du secteur du bâtiment

Les dernières données ministérielles disponibles⁶ estiment que **les émissions liées au cycle de vie du bâti représentent 153 MtCO₂e** soit environ 25% de l'empreinte carbone de la France.

L'empreinte carbone par habitant étant estimée à 9,5tCO₂e/habitant.an, avec un cycle de vie du bâti pesant 25% de l'empreinte, on peut estimer les émissions par habitant en lien avec le bâti à **2,4 tCO₂e**.

Pour atteindre la neutralité carbone en 2050, l'empreinte carbone par habitant devra être réduite à seulement 2 tCO₂e/habitant.an. Or aujourd'hui, rien que la part liée au cycle de vie du bâti est supérieure à cet objectif. Le rôle des acteurs de la construction et de l'aménagement est donc particulièrement fort car sur eux reposent des choix qui dimensionneront pour l'avenir les émissions engendrées par le logement / habitat d'aujourd'hui. Aujourd'hui, 50 MtCO₂e sont liées aux produits de construction, largement importés, et 95 MtCO₂e sont liées aux consommations énergétiques durant l'exploitation, largement liées aux énergies fossiles.



(1) Emissions comptabilisées selon le cycle de vie des vecteurs énergétiques. L'utilisation de produits domestiques est partiellement incluse.
Sont exclus : les déchets et brûlage domestiques et eaux usées, les engins domestiques (ex: jardinage).

Figure 13 Empreinte Carbone de la chaîne de valeur du cycle de vie du bâti

Sur la base de la trajectoire dessinée par la SNBC, les objectifs fixés à la chaîne de valeur du bâti sont les suivants :

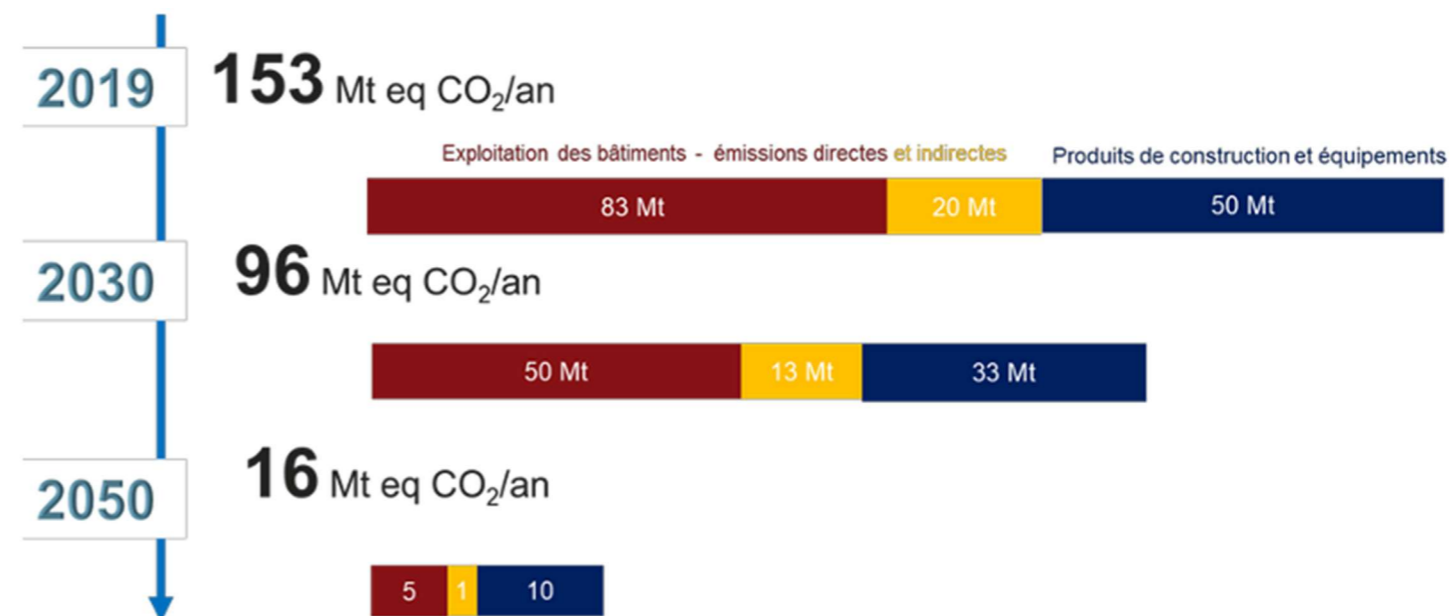


Figure 14 Trajectoire de réduction de l'empreinte carbone de la chaîne de valeur du bâti

Il s'agit donc d'objectifs particulièrement ambitieux, fixant pour 2050 une division par 10 de l'empreinte carbone du secteur. A horizon 2050, les 16 MtCO₂e/an du secteur, rapportés aux 74 millions d'habitants, correspondent à 0,2 tCO₂e/habitant.an soit 10% de l'empreinte carbone par habitant attendue pour 2050.

L'objectif de la présente étude sera notamment de vérifier si l'aménagement projeté s'inscrit dans cette trajectoire.

⁶ Feuille de route de la décarbonation du cycle de vie du bâtiment - 2022
<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/8-3-Empreinte-carbone.pdf>

2. Méthodologie

2.1. Outil utilisé : UrbanPrint

UrbanPrint est un outil d'aide à la décision, développé par Efficacity et le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) qui 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.

Il s'agit du premier logiciel commercial mettant en œuvre la méthode « Quartier Energie-Carbone⁷ » développée par l'ADEME et le CSTB et dont l'objectif est « l'évaluation quantitative et prédictive de la performance carbone et énergétique d'un quartier (ou d'un projet d'aménagement) selon les règles de l'analyse de cycle de vie (ACV) à partir d'un programme, d'un contexte (local et national) et d'une liste de stratégies urbaines et de leviers actionnés ou non par les acteurs du projet. »

Son objectif est de mettre en évidence, à chaque phase du projet, les enjeux clés et les leviers d'action les plus performants du point de vue Energie/Carbone. Pour ce faire, l'outil s'appuie sur une méthode en analyse de cycle de vie permettant de quantifier les impacts du projet au travers d'indicateurs environnementaux sur les émissions de GES, la consommation d'énergie, l'économie circulaire, l'épuisement des ressources, la santé, la biodiversité, etc. L'outil propose une approche tournée vers l'action, ainsi, si le résultat absolu est pertinent, c'est surtout sa position par rapport à des scénarios comparatifs qui est analysée : d'une part le scénario de référence qui correspond à l'état des pratiques usuelles au moment de l'évaluation⁸ et d'autre part le scénario optimal dans lequel l'ensemble des leviers d'amélioration du projet ont pu être activés.

L'outil offre une analyse multi-échelles :

- A l'échelle de l'aménageur en identifiant les leviers dépendant directement de ses compétences et décisions.
- A l'échelle de l'utilisateur en évaluant l'empreinte carbone d'un habitant du futur quartier et la place en comparaison avec la trajectoire de neutralité carbone à horizon 2050 et l'objectif de 2 tonnes de CO₂e/personne.

L'outil offre également la possibilité d'une évaluation évolutive dans le temps en adaptant progressivement les hypothèses de calculs aux caractéristiques du projets et à son environnement.

A ce stade du projet, l'objectif est donc de réaliser un bilan estimatif des émissions carbone en analysant les choix retenus mais également d'identifier les leviers d'action mobilisables pour optimiser l'empreinte carbone du projet. Les enseignements tirés de cette analyse pourront nourrir les prescriptions des CPAUPE et des fiches de lots et ainsi faire l'objet d'une traduction opérationnelle.

UrbanPrint



**METHODE QUARTIER ÉNERGIE
CARBONE**

DESCRIPTION ET IMPLEMENTATION DE LA METHODE

EXPERTISES

Septembre
2022
(v1.1)



⁷ <https://librairie.ademe.fr/urbanisme-territoires-et-sols/5802-methode-quartier-energie-carbone.html>

⁸ Ou autre référence choisie pour comparer le projet : l'outil propose de choisir entre un calcul automatique de la référence ou une référence basée sur le respect des normes règlementaires (RT2012, RE2020 seuil 2022, RE2020 seuil 2025, RE2020 seuil 2030)

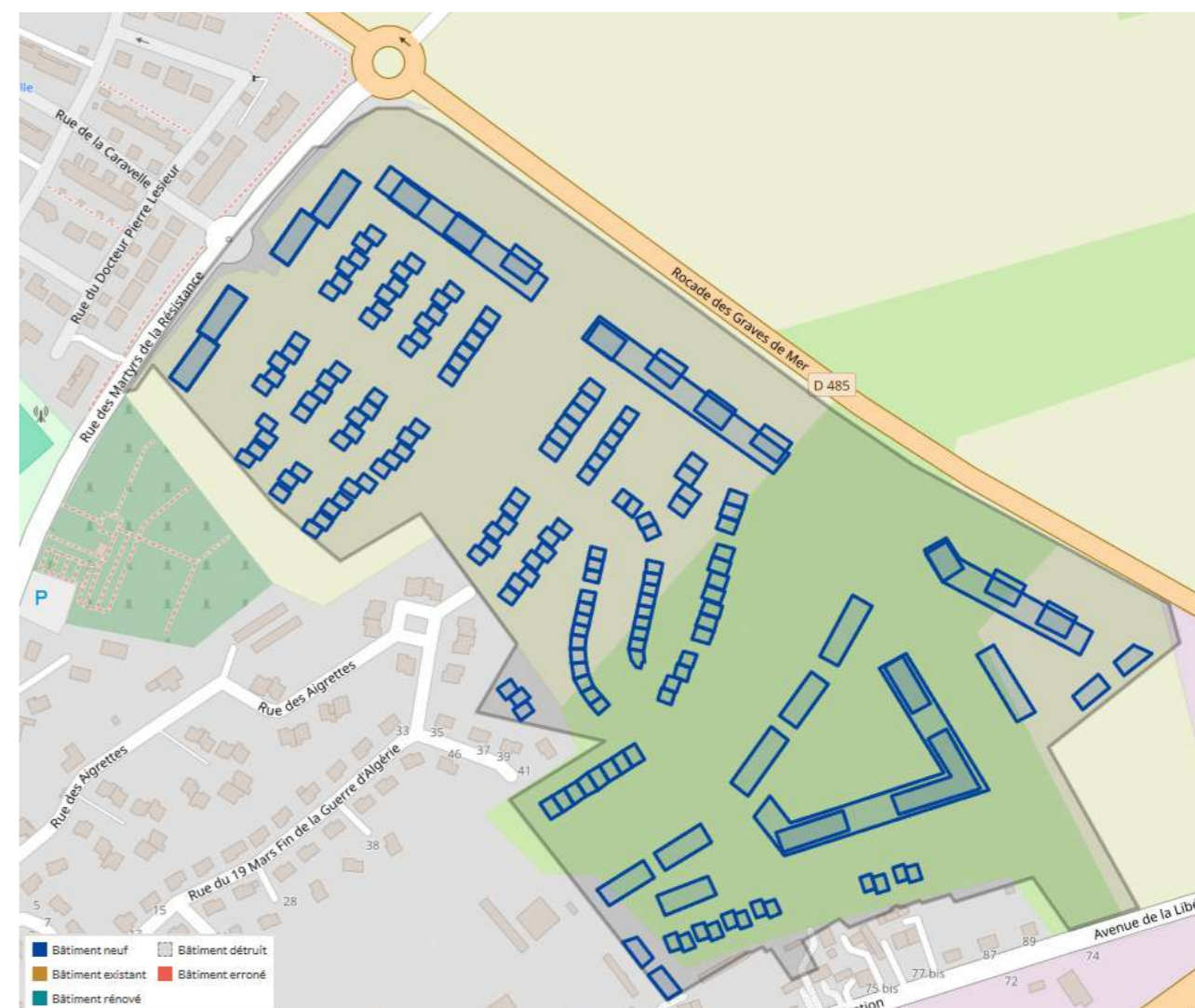
2.2. Définition des périmètres d'étude

2.2.1. Le périmètre spatial

Situé sur une zone agricole en bordure du secteur résidentiel de la commune de Dieppe, le futur quartier Val d'Arquet Est répond à la programmation prévisionnelle suivante :

- L'aménagement des espaces publics permettra tout d'abord de rendre le terrain d'emprise viable d'un point de vue fonctionnel avec la création de voiries (voie principale centrale, dite « manivelle », comprenant voirie, noues paysagères et trottoirs pour une surface totale de 15 200 m² ; voie verte de 9 800 m² et voies de desserte internes) et d'espaces verts paysagers et de gestion des eaux pluviales (deux coulées vertes avec jardin de pluie, jeux et mise en valeur des blockhaus, et un merlon paysager le long de la RD485, pour une surface totale de 36 500 m²).
- Une fois les espaces publics aménagés, la programmation constructive suivante sera déployée :
 - T1 : Création de 516 logements familiaux (3F Normandie et lots à bâtir) et de 360 logements modulaires, destinés dans un premier temps (10-15 ans) à la résidence mobilité en lien avec le chantier EPR 2 de Penly, soit un total de 815 logement initialement.
 - T2 : Modulation des 360 logements temporaires en 134 logement locatifs sociaux, soit un total de 650 logements.

Compte tenu du fait que le Temps 2 ne consiste qu'en une modulation interne de constructions réalisées en Temps 1, le choix a été fait de ne prendre en compte que les opérations entraînant des constructions soit celles du Temps 1.



2.2.2. Le périmètre temporel

La norme NF EN 15978 sur l'évaluation des performances environnementales d'un bâtiment introduit la notion de **période de référence pour le calcul**. Cette période est définie comme « période pendant laquelle sont analysées les caractéristiques temporelles de l'objet de l'évaluation » (CEN, 2014). Le recours à une durée de vie normalisée permet le calcul des taux de renouvellement des produits et équipements, et de la durée d'entretien et d'exploitation du bâtiment.

Les impacts associés à l'exploitation du bâtiment (maintenance, consommations d'énergie et d'eau, etc.) sont sensibles au choix de la période de référence (plus elle sera longue, plus les impacts seront importants). **Dans la pratique une durée de 50 ans est généralement utilisée pour le calcul.** À la fin de cette durée, l'objet est considéré comme conventionnellement démoli ou déconstruit. Il s'agit d'une convention, car les bâtiments ne sont pas démolis à échéance de leur durée de vie qu'elle soit estimée, de conception ou indiquée dans le programme initial. La méthode Energie / Carbone fait le choix de transposer la durée de référence de 50 ans pour l'évaluation des opérations d'aménagement.

Ainsi, si un équipement a une durée de vie de plus de 50 ans, ses impacts seront considérés amortis après 50 ans. Par exemple, pour une route, qui a une durée de vie théorique de 80 ans, on va considérer son impact total et le diviser par 50 pour obtenir l'impact annuel. À l'inverse si un équipement a une durée de vie de moins de 50 ans, un taux de renouvellement est pris en compte au prorata.



Figure 16 Schéma du cycle de vie du bâti

2.2.3. Le périmètre fonctionnel

Dans le cadre de la méthode Energie / Carbone, le périmètre fonctionnel se divise en deux périmètres : le **périmètre Aménageur** et le **périmètre Usager**.

Le périmètre Aménageur

Ce périmètre correspond au champs d'action des acteurs de l'aménagement à l'échelle du quartier (démolition, construction, rénovation). Il permet d'évaluer les incidences et performances associées au projet tel qu'il est pensé par ses concepteurs. Ce périmètre intègre les équipements suivants :

- Bâtiments
- Espaces extérieurs
- Réseaux (voiries, chaleur / froid, eau, gestion des déchets, etc.)

Associés aux familles d'équipements cités, les contributeurs ou services urbains suivants sont pris en compte :

- Énergie
- Produits de construction
- Eaux
- Déchets
- Mobilité
- Chantier (mouvements de terres)

Dans ce périmètre Aménageur, la performance du quartier est évaluée comme la somme brute des impacts des contributeurs liés aux « équipements urbains » qui le composent.

À noter cependant que, concernant le contributeur « Mobilité », UrbanPrint n'est pas en mesure aujourd'hui de proposer des leviers d'action mobilisables par l'aménageur. L'évaluation des impacts liés à la mobilité dépend du nombre d'usagers et l'outil évalue la mobilité générée en s'appuyant notamment sur les enquêtes ménages déplacement. Des travaux sont en cours sur ce sujet afin de pouvoir intégrer des nouveaux leviers dans la prochaine version de l'outil.

Le périmètre Usager

Il s'agit ici d'élargir 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 habitants et plus particulièrement leur empreinte carbone.

L'empreinte carbone habitant correspond aux émissions carbone annuelles d'un habitant associées aux services et biens qu'il consomme (approche consommateur). Comme indiqué en préambule, l'empreinte carbone moyenne d'un français se situe aujourd'hui autour des 10 tCO₂e par an. Une étude préalable⁹ au projet ADEME Quartier Energie / Carbone a estimé que la mobilisation des leviers dits « classiques » de l'aménagement (cadre noir sur l'illustration) permettait de s'attaquer à près de la moitié des émissions des Français.

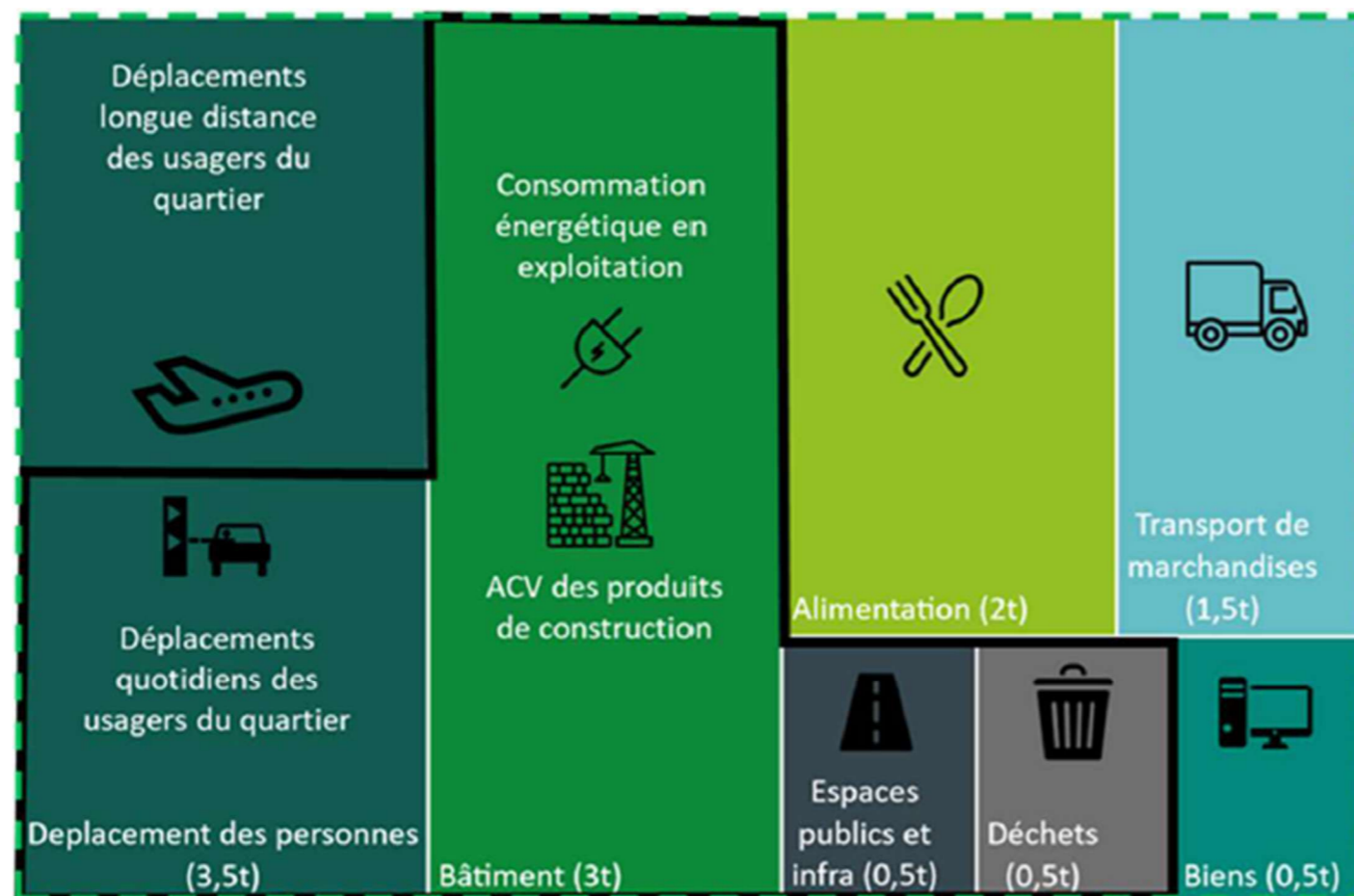


Figure 17 Empreinte carbone habitant en France

Enjeu 1

Quantifier précisément les impacts carbone dans le contexte du projet, pour que l'aménageur fasse les bons choix

Enjeu 2

Elargir l'évaluation à toutes les activités de l'utilisateur du quartier pour que l'aménageur et la collectivité fassent les bons choix

L'élargissement au périmètre Usager permet de s'orienter vers la seconde moitié en impliquant plus directement l'habitant, notamment en :

- communiquant afin d'embarquer et de responsabiliser l'utilisateur ;
- valorisant les leviers doux, indirects, incitatifs ou culturels ;
- se positionnant par rapport aux objectifs nationaux et internationaux ;
- proposant une unité d'évaluation normalisée de la performance entre quartier.

⁹ Étude commanditée par l'association BBKA, financée par BNP Paribas Real Estate et menée avec le CSTB et Elioth

2.3. Les résultats attendus

A l'issue de la modélisation du projet, l'outil UrbanPrint propose une analyse des performances du quartier en 3 axes :

- **Les impacts totaux du projet** : ceux-ci peuvent être exprimé sous l'angle du potentiel de réchauffement climatique (empreinte carbone du projet) mais également sous l'angle des catégories d'impact de l'ACV (potentiel d'acidification, d'eutrophisation, de destruction de la couche d'ozone, etc., utilisation de ressources énergétiques, déchets, parmi d'autres.). Les impacts totaux du scénario de référence sont également calculés ce qui permet de comparer les résultats du projet avec un scénario dit « Business As Usual », répondant à la même programmation mais avec un niveau d'ambitions environnementales moindre/
- **L'empreinte carbone par habitant** : il s'agit ici de quantifier dans quelle mesure le projet participe à la réduction de l'empreinte carbone de ses habitants. Cet indicateur est généré pour le projet modélisé ainsi que pour le projet de référence ce qui, comme pour les impacts totaux, permet la comparaison avec un scénario dit « Business As Usual ».
- **La conformité aux indicateurs du label BBCA Quartier** : UrbanPrint permet également d'exprimer la performance du quartier sous l'angle de sa conformité aux indicateurs formulés par le label BBCA Quartier.

Le label BBCA Quartier, porté par l'Association BBCA, a pour objectif d'identifier et de valoriser les quartiers exemplaires en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Il vise à intégrer la dimension carbone dès la conception des projets d'aménagement, en s'appuyant sur une approche performancielle et sur des obligations de résultats.

Il permet ainsi d'optimiser la planification urbaine, en agissant sur plusieurs leviers : construction bas carbone, efficacité énergétique, mobilité durable et aménagements favorisant un mode de vie à faible impact environnemental.

Le référentiel est construit sur 5 indicateurs correspondant aux champs d'action et de responsabilité des acteurs de l'aménagement : viabilisation, énergie, construction, aménagement et empreinte habitant. Pour chacun de ces

indicateurs, deux niveaux de performance sont proposés. Ces niveaux sont exprimés en kg de CO₂e par usager par an, sauf pour l'empreinte carbone exprimée en tCO₂e par habitant par an.

Pour obtenir la labélisation BBCA Quartier, le projet doit non seulement être conforme aux différents niveaux attendus pour les indicateurs mais il doit également répondre à des critères spécifiques comme avoir au moins un bâtiment labélisé BBCA par usage présent dans le quartier (niveau 1) ou avoir au moins 30% des surfaces du projet labélisées BBCA (niveau 3).

L'outil UrbanPrint n'analyse pas ces critères supplémentaires et s'attarde seulement sur les indicateurs techniques mis en avant dans la figure 13. Il ne permet donc pas d'affirmer une conformité au référentiel de manière univoque.

Niveau	Exigences
BBCA Quartier Standard	<ul style="list-style-type: none"> • Les plafonds d'émissions de Niveau 1 sont respectés sur les 5 indicateurs • Au moins un bâtiment labélisé BBCA par usage présent dans le quartier parmi les usages suivants : Résidentiel collectif neuf, Résidentiel collectif rénové, Bureau neuf, Bureau rénové.
BBCA Quartier Performant	<ul style="list-style-type: none"> • Le niveau BBCA Quartier Standard est atteint • Les plafonds de Niveau 2 sont respectés sur 3 des 5 indicateurs
BBCA Quartier Excellent	<ul style="list-style-type: none"> • Le niveau BBCA Quartier Performance est atteint • Les plafonds de Niveau 2 sont respectés sur les 5 indicateurs • Au moins 30% des surfaces sont labélisées BBCA

Figure 18 Critères de labélisation du Label BBCA Quartier

Indicateurs	IcQ_Viabilisation (kgCO2e/Usager.an)	IcQ_Construction (kgCO2e/Usager.an)	IcQ_Energie (kgCO2e/Usager.an)	IcQ_Aménagement (kgCO2e/Usager.an)		Empreinte habitant (tCO2e/hab.an)
Niveaux attendus	Niv 1 : 150 / Niv 2 : 100	Niv 1 : 500 / Niv 2 : 400	Niv 1 : 150 / Niv 2 : 110	Niv 1 : IAU 1 : 3 000 IAU 2 : 1 300 IAU 3+ : 1 800	Niv 2 : IAU 1 : 700 IAU 2 : 1 000 IAU 3+ : 1 700	Niv 1 : 8 / Niv 2 : 6,5

Figure 19 Indicateurs et niveaux de performance du label BBCA Quartier

2.4. Données d'entrée et hypothèses retenues

Sur la base du périmètre préalablement défini, le projet est ensuite caractérisé en termes de programmation et d'aménagements urbains. Pour consolider la caractérisation du projet, il est nécessaire de renseigner des hypothèses ou données arbitrées retenues (selon le stade de définition du projet). Ces éléments seront ensuite modélisés à différentes échelles afin de calculer l'empreinte carbone comparative au scénario de référence :

- A l'échelle du quartier
- A l'échelle des réseaux énergétiques
- A l'échelle des différents bâtiments
- A l'échelle des espaces extérieurs.

L'empreinte carbone du quartier sera calculée par rapport à un scénario de référence correspondant à un projet **équivalent en termes de programmation et de plan masse** mais répondant à des **pratiques constructives** et à un **niveau de performance dit « business as usual »**.

Ces choix permettent de respecter les exigences réglementaires minimales, sans aller au-delà. Ils se caractérisent par :

- des modes constructifs peu vertueux,
- des systèmes peu performants et des énergies non-renouvelables,
- des espaces publics en majorité imperméabilisés,
- un faible recours à une gestion alternative des eaux pluviales.

Le scénario de référence choisi ici correspond à un scénario de conformité à la RE2020 Seuil 2025 qui sera la norme minimale applicable aux futures constructions.

Les hypothèses retenues pour évaluer l'empreinte carbone du projet sont détaillées par la suite ; elles reposent sur les données fournies par le Maître d'Ouvrage et/ou validées par lui. Compte tenu du stade d'avancement du projet, certaines caractéristiques et hypothèses de la présente modélisation pourront différer de ce qui sera ultimement arrêté puis réalisé à terme.

Dans le cadre de la présente étude, deux scénarios de projet ont été proposés. Ces scénarios se distinguent quant aux sources d'apport énergétique mobilisées pour répondre aux besoins en chaleur et eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitats collectifs :

- Le premier scénario mobilise le réseau de chaleur ;

- Le second scénario mobilise des chaufferies bois à l'échelle des bâtiments.

2.4.1. Les hypothèses retenues à l'échelle du quartier

Les données requises à l'échelle du quartier concernent la **stratégie de gestion des terres du chantier, le mode de traitement des eaux usées et potables** ainsi que les principales caractéristiques de **gestion des déchets**. Les hypothèses retenues sont les mêmes pour chacun des scénarios et sont détaillées dans le tableau suivant.

Données à l'échelle du quartier

		Val d'Arquet
Généralités	Nom du quartier	Val d'Arquet
	Ville	Dieppe
	Altitude moyenne	72
	Choix de la référence	RE2020 seuil 2025
Énergie	Nom du réseau de chaleur	SODINEUF
	Type de réseau	Basse température
	Mix énergétique	33,5 % gaz et 66,5 % de récupération
Eau	Mode de traitement des eaux usées	Station d'épuration centralisée
	Mode de traitement des boues d'épuration	Epandage
	Taux de perte du réseau d'eau usée (%)	25,8
	Mode de traitement des boues de potabilisation	Epandage
	Taux de perte du réseau eau potable (%)	25,8
Déchets	Mode principal de collecte	Porte à porte
	Mode principal de traitement des déchets organiques	Plateforme de compostage
	Type d'incinérateur présent sur le territoire	Valorisation Cogénération
	Type de valorisation organique présente sur le territoire	Méthanisation
Chantier	Volume de terre terrassée (estimation UrbanPrint)	230000 t
	Stratégie de réemploi de terre in situ	Élevée

Taux de réemploi de terre in situ	40%
Volume de terre exporté (estimation UrbanPrint)	179400 t
Stratégie d'export de terre	Vers site de stockage
Destination des terres exportées	100% vers site de stockage
Volume de terre importé (estimation UrbanPrint)	79300 t
Stratégie d'import de terre	Import de terre depuis une carrière
Origine des terres d'import	100% depuis une carrière
Mode principal de transport des terres	Routier
Distance import de terre depuis carrière (km)	30
Distance import de terre depuis un autre chantier (km)	30
Distance export de terre vers site de stockage (km)	30
Distance export de terre vers autre chantier (km)	30

Les hypothèses retenues pour le réseau de chaleur urbain (RCU) sont basées sur les caractéristiques du RCU existant à proximité du projet. Il s'agit du réseau de chaleur SODINEUF, exploité par Dalkia (EDF). Long de 4km, ce réseau fournit environ 10 GWh de chaleur au territoire et est alimenté aux 2/3 par de la chaleur de récupération, le dernier tier étant assuré par du gaz. Le projet prévoyait initialement de raccorder l'ensemble des bâtiments (au moins collectifs) au RCU mais les incertitudes sur la compatibilité temporelle entre la construction du quartier et l'allongement du réseau de chaleur ont poussé à l'émergence d'un scénario alternatif, recourant à des chaudières biomasse pour assurer les besoins en chaleur et eau chaude sanitaire des bâtiments collectifs.

2.4.2. Les hypothèses retenues à l'échelle du bâti

Les hypothèses de typologie des logements sont basées sur les données fournies par la maîtrise d'ouvrage. Les bâtiments ont été regroupés selon une cohérence constructive et dimensionnelle. Nous obtenons finalement 8 groupes de bâtiments. Nous présentons dans un premier temps les éléments communs à l'ensemble des groupes pour ensuite présenter leurs éléments distinctifs.

Données communes à l'ensemble des bâtiments

Données communes à l'ensemble des bâtiments		
Généralités	Statut	Neuf
	Année de construction (dépôt PC)	2026
	Action envisagée (cas du bâti existant)	Création
	Altitude de base	72
Froid	Climatisation prévue ?	Non
Ventilation	Type de ventilation prévue	Ventilation mécanique simple flux
Superstructure	Performance énergétique visée (rénovation ou neuf)	Neuf. Élevée (RE2020 / E1-E2)
	Principaux matériaux de construction	Matériaux mixtes
	Type d'isolation des murs prévu	Intérieure (ITI)
	Inertie des murs prévue	Moyenne
	Type de vitrage prévu	Double
	Occultation extérieure prévue ?	Non
	Type d'isolation prévu de la toiture	Intérieure (ITI)
	Inertie prévue de la toiture	Moyenne
Eau	Type d'isolation prévu du plancher	Intérieure (ITI)
	Inertie prévue du plancher	Moyenne
Eau	Récupération d'eau de pluie	Utilisée par un espace extérieur
	Emprise de la toiture dédiée à la récupération	20 %
Déchets	Gestion des déchets du bâtiment	Municipalité

Données du groupe 1 – Maisons individuelles

Généralités	Numéro de groupe	1
	Nom du groupe	Maisons individuelles
	Surface de plancher totale	3 100 m ²
	Part de logements sociaux en %	0%
	Logements T4 (classique, PLAI, PLUS, PLS) - en nombre ou en % de SDP	100%
	Mode de production de chauffage prévu	Individuel
	Energie de chauffage prévue	Électricité
	Système de production de chauffage prévu	PAC Air / Air
	Mode de production de ECS prévu	Individuel
	Energie de ECS prévue	Électricité
	Système de production de ECS prévu	Ballon thermodynamique
Solaire	Système de production solaire installé ou rénové ?	Non
Superstructure	Type d'isolation des murs prévu	Intérieure (ITI)
	Inertie des murs prévue	Moyenne
	Balcon ?	Non
	Ratio de surface vitrée	16.5 %
Infrastructure	Type de fondations	Semelles filantes
	Nombre de niveaux souterrains	0

Données du groupe 2 – Logements collectifs R+3 + socle parking

Généralités	Numéro du groupe	2	
	Nom du groupe	Logements collectifs R+3 + socle parking semi-enterré	
	Usage	Logement collectif	
	Commerces en pieds d'immeubles ?	Non	
	Service de restauration ?	Non	
	Nombre de niveaux	4	
	Surface de plancher totale	15 000 m ²	
	Part de logements sociaux en %	100%	
	Logements T2 (classique, PLAI, PLUS, PLS) - en nombre ou en % de SDP	40%	
	Logements T3 (classique, PLAI, PLUS, PLS) - en nombre ou en % de SDP	50%	
	Logements T4 (classique, PLAI, PLUS, PLS) - en nombre ou en % de SDP	10%	
	Chauffage	Mode de production de chauffage prévu	Scénario 1 : Collectif à l'échelle de la ville Scénario 2 : Collectif à l'échelle du bâtiment
		Energie de chauffage prévue	Scénario 1 : Mix du RCU local Scénario 2 : Électricité
Système de production de chauffage prévu		Scénario 1 : RCU local Scénario 2 : Chaufferie biomasse	
ECS	Mode de production de ECS prévu	Scénario 1 : Collectif à l'échelle de la ville Scénario 2 : Collectif à l'échelle du bâtiment	
	Energie de ECS prévue	Scénario 1 : Mix du RCU local Scénario 2 : Électricité	
	Système de production de ECS prévu	Scénario 1 : RCU local Scénario 2 : Chaufferie biomasse	
Solaire	Système de production solaire installé ou rénové ?	Oui	

	Type de production prévue	Photovoltaïque
	Emprise projetée de toiture équipée en panneaux photovoltaïque	30%
Ventilation	Type de ventilation des parkings souterrains	Naturelle
Eclairage	Stratégie d'éclairage des parkings souterrains	Détection de présence
Superstructure	Balcon ?	Oui
Infrastructure	Type de fondations	Pieux
	Nombre de niveaux souterrains	1
	Nombre de niveaux souterrains dédiés au parking	1

Données du groupe 3 – Logements collectifs R+2 avec socle parking en RDC

Généralités	Numéro du groupe	3	
	Nom du groupe	Logements collectifs R+2 avec socle parking en RDC	
	Usage	Logement collectif	
	Commerces en pieds d'immeubles ?	Non	
	Service de restauration ?	Non	
	Nombre de niveaux	2	
	Surface de plancher totale	3 300 m ²	
	Part de logements sociaux en %	0	
	Logements T2 (classique, PLAI, PLUS, PLS) - en nombre ou en % de SDP	40%	
	Logements T3 (classique, PLAI, PLUS, PLS) - en nombre ou en % de SDP	50%	
	Logements T4 (classique, PLAI, PLUS, PLS) - en nombre ou en % de SDP	10%	
	Chauffage	Mode de production de chauffage prévu	Scénario 1 : Collectif à l'échelle de la ville Scénario 2 : Collectif à l'échelle du bâtiment
		Energie de chauffage prévue	Scénario 1 : Mix du RCU local Scénario 2 : Électricité
Système de production de chauffage prévu		Scénario 1 : RCU local Scénario 2 : Chaufferie biomasse	
ECS	Mode de production de ECS prévu	Scénario 1 : Collectif à l'échelle de la ville Scénario 2 : Collectif à l'échelle du bâtiment	
	Energie de ECS prévue	Scénario 1 : Mix du RCU local Scénario 2 : Électricité	
	Système de production de ECS prévu	Scénario 1 : RCU local Scénario 2 : Chaufferie biomasse	
Solaire	Système de production solaire installé ou rénové ?	Oui	

	Type de production prévue	Photovoltaïque
	Emprise projetée de toiture équipée en panneaux photovoltaïque	30%
Ventilation	Type de ventilation des parkings souterrains	Naturelle
Eclairage	Stratégie d'éclairage des parkings souterrains	Détection de présence
Superstructure	Balcon ?	Oui
Infrastructure	Type de fondations	Pieux
	Nombre de niveaux souterrains	1
	Nombre de niveaux souterrains dédiés au parking	1

Données du groupe 4 – Logements collectifs sociaux R+3 + socle parking

Généralités	Numéro du groupe	4
	Nom du groupe	Logements collectifs R+3 + socle parking semi-enterré
	Usage	Logement collectif
	Commerces en pieds d'immeubles ?	Non
	Service de restauration ?	Non
	Nombre de niveaux	4
	Surface de plancher totale	6 900 m ²
	Part de logements sociaux en %	100 %
	Logements T1 (classique, PLAI, PLUS, PLS) - en nombre ou en % de SDP	100 %
	Chauffage	Mode de production de chauffage prévu
Energie de chauffage prévue		Scénario 1 : Mix du RCU local Scénario 2 : Électricité
Système de production de chauffage prévu		Scénario 1 : RCU local Scénario 2 : Chaufferie biomasse
ECS	Mode de production de ECS prévu	Scénario 1 : Collectif à l'échelle de la ville Scénario 2 : Collectif à l'échelle du bâtiment
	Energie de ECS prévue	Scénario 1 : Mix du RCU local Scénario 2 : Électricité
	Système de production de ECS prévu	Scénario 1 : RCU local Scénario 2 : Chaufferie biomasse
Solaire	Système de production solaire installé ou rénové ?	Oui
	Type de production prévue	Photovoltaïque
	Emprise projetée de toiture équipée en panneaux photovoltaïque	30%

Ventilation	Type de ventilation des parkings souterrains	Naturelle
Eclairage	Stratégie d'éclairage des parkings souterrains	Détection de présence
Superstructure	Balcon ?	Oui
Infrastructure	Type de fondations	Pieux
	Nombre de niveaux souterrains	1
	Nombre de niveaux souterrains dédiés au parking	1

Données du groupe 5 – Logements sociaux R+1 à R+2 sans socle parking

Généralités	Numéro du groupe	5
	Nom du groupe	Logements collectifs sociaux R+1 à R+2 sans socle parking
	Usage	Logement collectif
	Commerces en pieds d'immeubles ?	Non
	Service de restauration ?	Non
	Nombre de niveaux	2 à 3
	Surface de plancher totale	2 600 m ²
	Part de logements sociaux en %	100 %
	Logements T1 (classique, PLAI, PLUS, PLS) - en nombre ou en % de SDP	100 %
Chauffage	Mode de production de chauffage prévu	Scénario 1 : Collectif à l'échelle de la ville Scénario 2 : Collectif à l'échelle du bâtiment
	Energie de chauffage prévue	Scénario 1 : Mix du RCU local Scénario 2 : Électricité
	Système de production de chauffage prévu	Scénario 1 : RCU local Scénario 2 : Chaufferie biomasse
ECS	Mode de production de ECS prévu	Scénario 1 : Collectif à l'échelle de la ville Scénario 2 : Collectif à l'échelle du bâtiment
	Energie de ECS prévue	Scénario 1 : Mix du RCU local Scénario 2 : Électricité
	Système de production de ECS prévu	Scénario 1 : RCU local Scénario 2 : Chaufferie biomasse
Solaire	Système de production solaire installé ou rénové ?	Oui
	Type de production prévue	Photovoltaïque
	Emprise projetée de toiture équipée en panneaux photovoltaïque	30%

Ventilation	Type de ventilation des parkings souterrains	Naturelle
Eclairage	Stratégie d'éclairage des parkings souterrains	Détection de présence
Superstructure	Balcon ?	Oui
Infrastructure	Type de fondations	Pieux
	Nombre de niveaux souterrains	1
	Nombre de niveaux souterrains dédiés au parking	1

Données du groupe 6 – Logements collectifs R+2 sans socle parking

Numéro du groupe		6
Généralités	Nom du groupe	Logements collectifs R+2 sans socle parking
	Usage	Logement collectif
	Commerces en pieds d'immeubles ?	Non
	Service de restauration ?	Non
	Nombre de niveaux	3
	Surface de plancher totale	6 000 m ²
	Part de logements sociaux en %	100 %
	Logements T2 (classique, PLAI, PLUS, PLS) - en nombre ou en % de SDP	9%
	Logements T3 (classique, PLAI, PLUS, PLS) - en nombre ou en % de SDP	24%
	Logements T4 (classique, PLAI, PLUS, PLS) - en nombre ou en % de SDP	63%
	Logements T5 (classique, PLAI, PLUS, PLS) - en nombre ou en % de SDP	4%
	Chauffage	Mode de production de chauffage prévu
Energie de chauffage prévue		Électricité
Système de production de chauffage prévu		PAC Air / Air
ECS	Mode de production de ECS prévu	Individuel
	Energie de ECS prévue	Électricité
	Système de production de ECS prévu	Ballon thermodynamique
Solaire	Système de production solaire installé ou rénové ?	Non
Superstructure	Balcon ?	Non
Infrastructure	Type de fondations	Semelles filantes
	Nombre de niveaux souterrains	0
	Nombre de niveaux souterrains dédiés au parking	0

Données du groupe 7 – Logements collectifs R+1 sans socle parking

Numéro du groupe		7	
Généralités	Nom du groupe	Logements collectifs R+1 sans socle parking	
	Usage	Logement collectif	
	Commerces en pieds d'immeubles ?	Non	
	Service de restauration ?	Non	
	Nombre de niveaux	2	
	Surface de plancher totale	6 400 m ²	
	Part de logements sociaux en %	0%	
	Logements T2 (classique, PLAI, PLUS, PLS) - en nombre ou en % de SDP	21%	
	Logements T3 (classique, PLAI, PLUS, PLS) - en nombre ou en % de SDP	71%	
	Logements T4 (classique, PLAI, PLUS, PLS) - en nombre ou en % de SDP	8%	
	Chauffage	Mode de production de chauffage prévu	Individuel
		Energie de chauffage prévue	Électricité
Système de production de chauffage prévu		PAC Air / Air	
ECS	Mode de production de ECS prévu	Individuel	
	Energie de ECS prévue	Électricité	
	Système de production de ECS prévu	Ballon thermodynamique	
Solaire	Système de production solaire installé ou rénové ?	Non	
Superstructure	Balcon ?	Non	
Infrastructure	Type de fondations	Semelles filantes	
	Nombre de niveaux souterrains	0	
	Nombre de niveaux souterrains dédiés au parking	0	

Données du groupe 8 – Logement collectifs en R+1 à R+2 sans socle parking

Généralités	Numéro du groupe	8
	Nom du groupe	Logements collectifs en R+1 à R+2 sans socle parking
	Usage	Logement collectif
	Commerces en pieds d'immeubles ?	Non
	Service de restauration ?	Non
	Nombre de niveaux	2 à 3
	Surface de plancher totale	4 150 m ²
	Part de logements sociaux en %	0%
	Logements T2 (classique, PLAI, PLUS, PLS) - en nombre ou en % de SDP	29%
	Logements T3 (classique, PLAI, PLUS, PLS) - en nombre ou en % de SDP	47%
	Logements T4 (classique, PLAI, PLUS, PLS) - en nombre ou en % de SDP	24%
	Chauffage	Mode de production de chauffage prévu
Energie de chauffage prévue		Électricité
Système de production de chauffage prévu		PAC Air / Air
ECS	Mode de production de ECS prévu	Individuel
	Energie de ECS prévue	Électricité
	Système de production de ECS prévu	Ballon thermodynamique
Solaire	Système de production solaire installé ou rénové ?	Non
Superstructure	Balcon ?	Non
Infrastructure	Type de fondations	Semelles filantes
	Nombre de niveaux souterrains	0
	Nombre de niveaux souterrains dédiés au parking	0

En résumé, on peut noter que le projet prévoit la création d'environ 47 450 m² de SDP. Les bâtiments projetés ambitionnent d'atteindre un niveau de performance énergétique élevé et mobiliseront des matériaux mixtes (classiques et biosourcés). Le chauffage et la production d'ECS pour les bâtiments collectifs (hors groupes 6, 7 et 8) seront assurés soit par le réseau de chaleur urbaine SODINEUF soit par des systèmes de chaufferies biomasse à l'échelle des bâtiments, tandis qu'ils seront assurés par des systèmes PAC associés à des ballons thermodynamiques pour les autres logements (groupes 1, 6, 7 et 8). Aucun système de climatisation n'est prévu.

La modélisation intègre également l'hypothèse selon laquelle les bâtiments collectifs (hors logements superposés – groupes 6 et 7) seront équipés de panneaux solaires photovoltaïques en toiture, occupant une surface équivalente à 30% de l'emprise de toiture de ces bâtiments. Les eaux de pluie de toiture seront également partiellement récupérées (20% de surface de toiture dédiées) et réutilisées au sein des espaces verts environnants.

2.4.3. Les hypothèses retenues à l'échelle des espaces extérieurs

Les espaces extérieurs du projet ont été classés selon 5 catégories principales :

- La voie centrale dite « manivelle » ;
- Les voiries de desserte ;
- Les parkings ;
- Les espaces verts paysagers et jardins de pluies ;
- Les espaces verts résidentiels des bâtiments individuels ;
- Les espaces verts résidentiels des bâtiments collectifs ;
- Les espaces résiduels.

Ces espaces sont caractérisés selon les usages visés, l'occupation des sols projetée, les produits de construction envisagés, la gestion de l'eau (arrosage des espaces végétalisés) et l'éclairage public.

Les différents espaces ont été modélisés sur QGIS à partir du plan masse pour obtenir une estimation de leurs caractéristiques dimensionnelles et mesurer les évolutions de l'occupation des sols en comparaison à la situation initiale.

La voie centrale dite « manivelle »

On vise ici les espaces de circulation prévus dans le cadre du projet. Il s'agit des voiries et des espaces dédiés aux circulations actives, y compris leurs accotements dédiés aux stationnements ou à des espaces verts.

	Numéro d'espace extérieur	Espace extérieur 1
Généralités	Nom d'espace extérieur	Voie centrale « manivelle »
	Type d'espace	Linéaire
	Espace existant avant-projet	Neuf
	Type de voirie	Axe de distribution
	Usage des sols initial	Espace agricole
	Usage des sols prévu	Surface imperméable
	Longueur	800 m
	Surface	17 600 m ²

	Nombre de voies circulantes	2
	Largeur d'une voie circulante (m)	3
	Nombre de bande de stationnement	1
	Piste cyclable ?	Non
	Largeur d'une piste cyclable (m)	0
	Nombre de bandes végétalisées	3
	Largeur d'une bande végétalisée (m)	3
	Nombre de trottoirs ou chemins piétons	2
	Largeur d'un trottoir ou chemin (m)	2
Systemes	Stratégie d'éclairage	Avec arrêt partiel
	Densité de points lumineux	Moyenne
	Performance des points lumineux	Neufs standards
Produits de construction	Mode de transport des produits	Routier
	Type de voirie	Voirie lourde
	Type d'espace piéton	Trottoir Asphalte
Eau	Arrosage des espaces verts	Non arrosé

Les voies de desserte

		Espace extérieur 2	
	Numéro d'espace extérieur		
	Nom d'espace extérieur	Voies de desserte	
	Type d'espace	Linéaire	
	Espace existant avant-projet	Neuf	
	Type de voirie (si linéaire)	Voie desserte	
	Usage des sols initial	Espace agricole	
	Usage des sols prévu	Surface imperméable	
	Longueur (si linéaire)	1 875 m	
Généralités	Surface	10 315 m ²	
	Nombre de voies circulantes	1	
	Largeur d'une voie circulante (m)	3,5	
	Nombre de bande de stationnement	0	
	Piste cyclable ?	Oui	
	Nombre de bandes végétalisées	1	
	Largeur d'une bande végétalisée (m)	2	
	Nombre de trottoirs ou chemins piétons	0	
	Largeur d'un trottoir ou chemin (m)	1,5	
	Systèmes	Stratégie d'éclairage	Avec arrêt partiel
		Densité de points lumineux	Moyenne
		Performance des points lumineux	Neufs standards
		Mode de transport des produits	Routier

Produits de construction	Type de voirie	Voirie intermédiaire
	Type de piste cyclable	Intégrée à la route
Eau	Arrosage des espaces verts	Non arrosé

Les parkings

		Espace extérieur 3
Généralités	Numéro d'espace extérieur	
	Nom d'espace extérieur	Parking
	Type d'espace	Surfacique
	Espace existant avant-projet	Neuf
	Type de voirie (si linéaire)	Aucune
	Usage des sols initial	Espace agricole
	Usage des sols prévu	Parking
	Surface	2 840 m ²
	Systèmes	Stratégie d'éclairage
Densité de points lumineux		Moyenne
Performance des points lumineux		Neufs standards
Produits de construction	Mode de transport des produits	Routier
	Type de voirie	Voirie légère
	Type d'espace piéton	Trottoir Pavés
Eau	Type de piste cyclable	En site propre
	Arrosage des espaces verts	Non arrosé

La voie verte

	Numéro d'espace extérieur	Espace extérieur 4
Généralités	Nom d'espace extérieur	Voie verte
	Type d'espace	Linéaire
	Espace existant avant-projet	Neuf
	Type de voirie (si linéaire)	Chemin
	Usage des sols initial	Espace agricole
	Usage des sols prévu	Surface imperméable
	Longueur (si linéaire)	700 m
	Surface	9 600 m ²
	Piste cyclable ?	Oui
	Largeur d'une piste cyclable (m)	4
	Nombre de bandes végétalisées	2
	Largeur d'une bande végétalisée (m)	5
	Systèmes	Stratégie d'éclairage
Produits de construction	Mode de transport des produits	Routier
	Type d'espace piéton	Stabilisé
	Type de piste cyclable	Intégrée au chemin piéton
Eau	Arrosage des espaces verts	Optimisé

Les espaces verts paysager et jardins de pluie

	Numéro d'espace extérieur	Espace extérieur 5
Généralités	Nom d'espace extérieur	Espaces verts paysagers et jardins de pluie
	Type d'espace	Surfacique
	Espace existant avant-projet	Neuf
	Usage des sols initial	Espace agricole
	Usage des sols prévu	Parc végétalisé
	Surface	41 000 m ²
	Systèmes	Stratégie d'éclairage
Produits de construction	Mode de transport des produits	Routier
	Mode de transport détaillé des produits de construction (% par mode)	
	Type de voirie	Voirie légère
	Type d'espace piéton	Trottoir Asphalte
	Type de piste cyclable	En site propre
Eau	Arrosage des espaces verts	Optimisé

Les espaces verts résidentiels des bâtiments individuels

	Numéro d'espace extérieur	Espace extérieur 6
Généralités	Nom d'espace extérieur	Espaces verts résidentiels des bâtiments individuels
	Type d'espace	Surfacique
	Espace existant avant-projet	Neuf
	Type de voirie (si linéaire)	Aucune
	Usage des sols initial	Espace agricole
	Usage des sols prévu	Parc mixte
	Surface	21 000 m ²
	Systemes	Stratégie d'éclairage
Produits de construction	Mode de transport des produits	Routier
	Type de voirie	Voirie légère
	Type d'espace piéton	Trottoir Asphalte
	Type de piste cyclable	Intégrée au chemin piéton
Eau	Arrosage des espaces verts	Non arrosé

Détail de l'usage des sols projeté sous la désignation « Parc mixte » :

- 66 % d'espaces verts artificiels
- 20 % d'espaces piétonnarisés
- 10% de voirie
- 4% de parking

Les espaces verts résidentiels des bâtiments collectifs

	Numéro d'espace extérieur	Espace extérieur 7
Généralités	Nom d'espace extérieur	Espaces verts résidentiels des bâtiments collectifs
	Type d'espace	Surfacique
	Espace existant avant-projet	Neuf
	Type de voirie (si linéaire)	Aucune
	Usage des sols initial	Espace agricole
	Usage des sols prévu	Parc végétalisé
	Surface	21 000 m ²
	Systemes	Stratégie d'éclairage
Produits de construction	Mode de transport des produits	Routier
	Type de voirie	Voirie légère
	Type d'espace piéton	Trottoir Asphalte
	Type de piste cyclable	Intégrée au chemin piéton
Eau	Arrosage des espaces verts	Optimisé

Détail de l'usage des sols projeté sous la désignation « Parc végétalisé » :

- 80 % d'espaces verts artificiels
- 20 % d'espaces piétonnarisés

Les espaces résiduels

	Numéro d'espace extérieur	Espace extérieur 6
Généralités	Nom d'espace extérieur	Espaces résiduels
	Type d'espace	Surfacique
	Espace existant avant-projet	Neuf
	Usage des sols initial	Espace agricole
	Usage des sols prévu	Parc mixte
	Surface	Reste
	Systemes	Stratégie d'éclairage
Densité de points lumineux		Moyenne
Performance des points lumineux		Neufs standards
Produits de construction	Mode de transport des produits	Routier
	Type de voirie	Voirie légère
	Type d'espace piéton	Trottoir Asphalte
	Type de piste cyclable	En site propre
Eau	Arrosage des espaces verts	Optimisé

Détail de l'usage des sols projeté sous la désignation « Parc mixte » :

- 50 % d'espaces verts artificiels
- 30 % d'espaces piéton artificialisé
- 10% de voirie
- 5% de parking
- 5% de piste cyclable

3. Résultats & analyses

3.1. Empreinte carbone Quartier

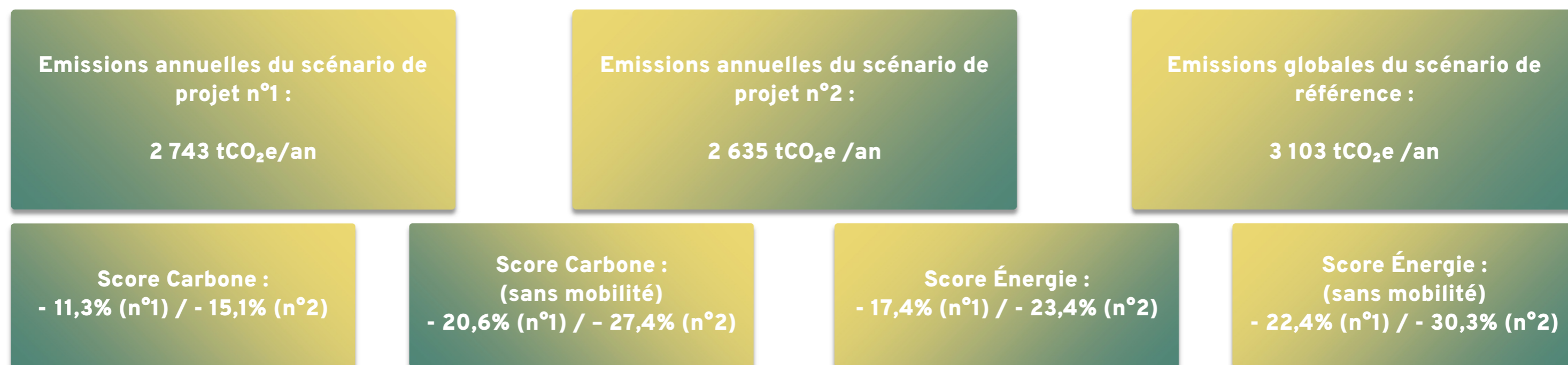
Pour rappel, le projet a été étudié au travers de deux scénarios alternatifs comparés à un scénario de référence dit « Business as usual ». En dehors d'approches différentes pour répondre aux besoins en chaleur et en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitat collectif (voir partie 2.4 Données et hypothèses retenues) les scénario 1 et 2 sont identiques.

Sur la base des hypothèses précédemment définies, l'empreinte carbone du projet du quartier Val d'Arquet Est évaluée par UrbanPrint est estimée à **2 750 tCO₂e/an**, soit **137 500 tCO₂e** sur 50 ans pour le scénario 1 et à **2 635 tCO₂e/an**, soit **131 750 tCO₂e** sur 50 ans pour le scénario 2.

En comparaison, le **scénario de référence** (répondant aux exigences minimales de la norme RE2020 seuil 2025) présente une empreinte carbone de **3 100 tCO₂e/an**, soit **155 000 tCO₂e** sur l'ensemble de la durée de vie de l'aménagement (50 ans).

Ces résultats révèlent que les choix d'aménagement opérés à ce stade permettent d'éviter l'émission de 353 à 468 tCO₂e/an selon le scénario soit de 17 500 à 23 400 tCO₂e sur l'ensemble de la durée de vie de l'aménagement, ce qui correspond à un progrès de 12% à 15 % comparativement au scénario de référence.

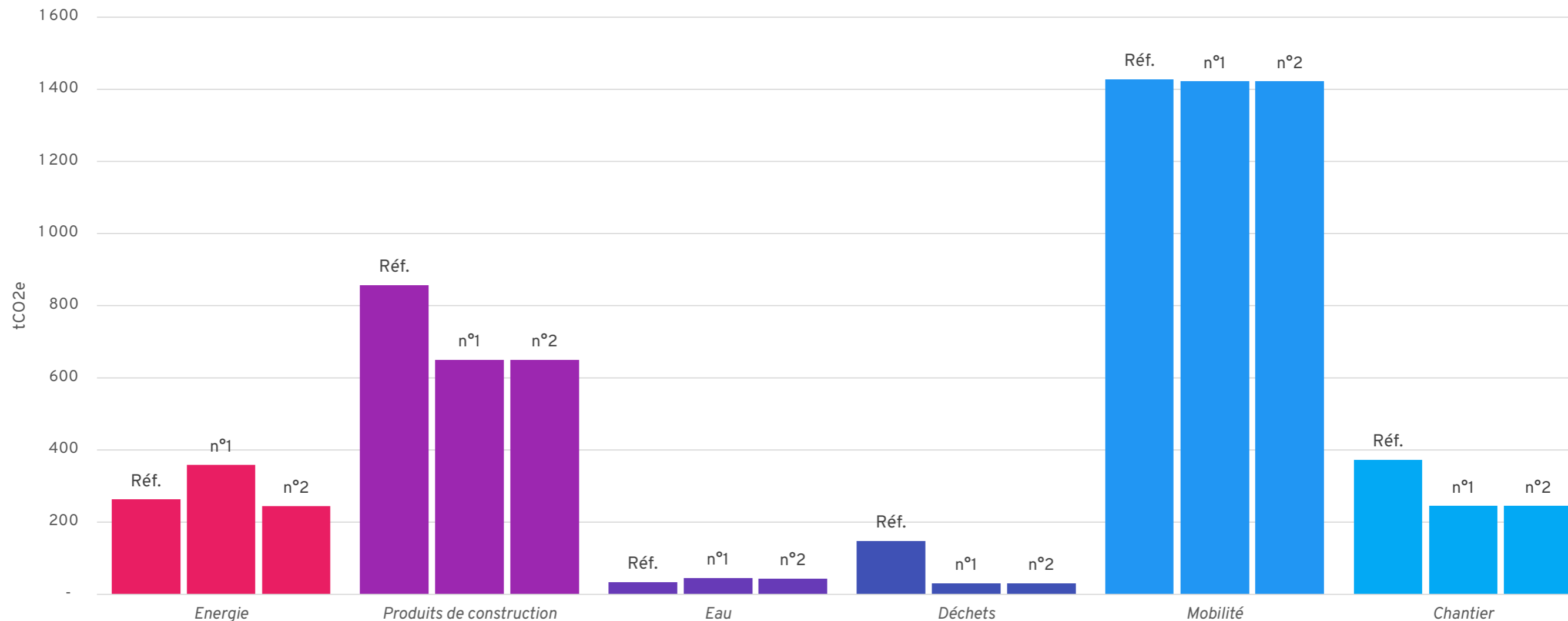
En excluant la mobilité du champ d'analyse, puisqu'il s'agit d'un poste dépassant le périmètre d'action « aménageur » et sur lequel l'outil ne permet pas aujourd'hui de dégager des leviers d'action, la réduction d'émissions permise par le scénario de projet s'établit entre 20 et 27 % selon le scénario (1 271 tCO₂e/an en moyenne des scénario de projet hors mobilité et 1 672 tCO₂e/an en scénario de référence hors mobilité).



Les score donnés ci-dessus expriment l'écart entre les scénario de projet n°1 et n°2 et le scénario de référence. Ex : L'empreinte carbone du scénario de projet n°2 est inférieure de 15,1 % à celle du scénario de référence, en incluant le poste de mobilité.

L'analyse de la répartition des émissions par poste permet de relier la majeure partie des gains aux choix et arbitrages du maître d'ouvrage quant aux modalités de construction, de gestion des matériaux et d'approvisionnement énergétique.

Comparaison des émissions entre le scénario de référence et les scénarios de projet n°1 et n°2



	Energie	Produits de construction	Eau	Déchets	Mobilité	Chantier	Total
Scénario de référence	262	857	33	148	1 428	376	3 103
Scénario de projet n°1	352	650	44	31	1 422	245	2 743
Scénario de projet n°2	245	650	44	31	1 422	245	2 635

Figure 20 Décomposition de l'empreinte carbone du quartier selon le scénario

3.2. Analyse globale des résultats

Le 1^{er} poste d'émissions du projet, dans ses caractéristiques telles que décrites précédemment, est celui de la **mobilité (1 422tCO₂e/an)**. Le calcul de ce post repose sur une modélisation simplifiée des déplacements quotidiens (travail, études, achats, loisirs), en fonction des usages du quartier (logements, bureaux, écoles...), de sa localisation, de sa desserte en transports, etc. À partir de données statistiques (répartition modale, enquêtes ménages déplacements, distances moyennes, facteurs d'émission des modes de transport), la méthode calcule les émissions annuelles de CO₂e liées aux usages de mobilité.

L'outil Urbanprint ne propose pas de levier propre à cette thématique : ce poste ne présente donc aucune amélioration par rapport au scénario de référence ce qui majore son poids relatif dans le scénario de projet au sein duquel des optimisations sur les autres postes ont pu être intégrées. Ainsi, pour une quantité d'émissions équivalentes (environ 1 425 tCO₂e/an) la part de la mobilité est alors de 53% dans les scénario de projet en moyenne de projet tandis qu'elle est de 46% dans le scénario de référence. Si l'outil ne permet pas d'agir sur ce poste, l'intégration de la mobilité permet néanmoins de souligner qu'une part non négligeable des émissions liées au projet et ses usages ne dépend pas directement du périmètre aménageur mais plutôt d'une approche territoriale fondée sur des stratégies multi-scalaires nécessairement imbriquées les unes avec les autres et déployées par les autorités compétentes en matière de mobilité (AOM, AOMR, IDFM, etc.). A ce titre, on peut relever que le site étudié ne bénéficie pas d'une desserte performante en TC (35 à 40 minutes pour parcourir les 5 kilomètres jusqu'au centre-ville) et se développe dans un espace peu maillé de continuités dédiées au modes actifs (principalement des voies partagées ou non dédiées aux mobilités actives). Néanmoins le projet intègre sur son périmètre un réseau important de mobilités douces (voie verte et voie partagée) auquel s'ajoute le prolongement prévu de la ligne de bus avec un arrêt en cœur de quartier et une fréquence de passage de l'ordre du quart d'heure. Cependant ces éléments ne peuvent pas totalement être retranscrit dans la modélisation du projet sous UrbanPrint.

Le 2nd poste d'émissions du scénario de projet est lié aux **produits de construction**. La part relative de ce poste diminue de 3 points entre le scénario de référence (27,6%) et les scénarios de projet (24% en moyenne), la valeur absolue est réduite de 207 tCO₂e/an soit **près de 25% de réduction par rapport au scénario de référence (857 tCO₂e/an)**. Ceci est lié aux arbitrages du maître d'ouvrage en termes de valorisation de matériaux biosourcés dans le cadre des aménagements projetés.

Le 3^e poste d'émissions du scénario de projet est lié à **l'énergie**. Il s'agit du poste illustrant les divergences entre les scénario de projet n°1 (raccordement au réseau de chaleur) et n°2 (chaufferies biomasse). **Le scénario n°1 entraîne une augmentation des émissions par rapport au scénario de référence (359 tCO₂e/an contre 262 tCO₂e/an pour le scénario de référence) tandis que le scénario n°2 permet de les réduire faiblement (245 tCO₂e/an contre 262 tCO₂e/an pour le scénario de référence).**

Avec des contributions relatives moins significatives :

- Les émissions liées au chantier sont évaluées à 245 tCO₂e/an, ce qui en fait le 4^e poste au sein du scénario de projet avec une part relative d'environ 9% en moyenne (contre 12% en scénario de référence). Avec une quantité d'émissions estimée à 372 tCO₂e/an en scénario de référence, le scénario de projet permet de réduire les émissions de ce poste d'environ 35%.
- L'eau représente le 4^e poste d'émissions du scénario de projet avec 44 tCO₂e/an, soit moins de 2%. Les émissions liées à ce poste augmentent très légèrement dans le scénario de projet par rapport au scénario de référence (33 tCO₂e/an).
- Enfin, le dernier poste d'émissions du projet est lié aux déchets avec 32 tCO₂e/an. Les choix modélisés (modes de collecte, gestion des biodéchets, etc.) permettent de réduire les émissions de ce poste de près de 80% par rapport au scénario de référence (148 tCO₂e/an). La part relative du poste déchets passe de 5% en scénario de référence à 1% en scénario de projet.

3.2.1. Résultats détaillés par postes

Produits de construction

La catégorie des fondations permet une réduction très importante des émissions (-35%) par rapport au scénario de référence compte tenu des caractéristiques retenues à ce stade du projet du projet et notamment de l'intégration de parking semi-enterrés. Aucune information n'ayant été fournie quant au type de fondations qui seront mises en œuvre sur le quartier, les hypothèses par défaut modélisent des fondations qui peuvent être moins impactantes qu'un projet classique.

Le recours aux matériaux mixtes (intégrant une part importante de matériaux biosourcés) sur les constructions neuves permet de diminuer l'empreinte carbone sur plusieurs catégories, notamment sur les superstructures et maçonneries, les couvertures, les façades et menuiseries extérieures, les revêtements intérieurs et dans une moindre mesure sur les menuiseries intérieures.

Les lots techniques CVC (chauffage, ventilation climatisation), installations sanitaires, réseaux d'énergie et de communication et appareils élévateurs/transport intérieur sont calculés de manière forfaitaire en fonction de la surface des bâtiments et ne varient pas donc pas par rapport au scénario de référence (données E+C-).

	Espaces extérieurs	Fondations	Superstructures	Couverture	Cloisonnement et menuiseries intérieures extérieures	Façades et menuiseries extérieures	Revêtements des sols, murs et plafonds	CVC	Installations sanitaires	Réseaux d'énergie	Réseaux de communication	Appareils élévateurs - transport intérieur	Équipement de production d'électricité
Scénario de référence	65	229	139	22	40	56	73	111	26	68	2	27	-
Scénario de projet n°1	54	94	86	17	39	52	69	111	26	68	2	27	5
Scénario de projet n°2	55	94	86	17	39	52	69	111	26	68	2	27	5

Figure 21 Décomposition du poste PRODUITS DE CONSTRUCTION (résultats exprimés en tCO2e/an)

Énergie

Les deux scénarios de projet bénéficient d'optimisations permettant de réduire les besoins énergétiques du projet :

- La construction de bâtiments neufs (conformes à la RE2020 en vigueur à date) permet de réduire les besoins énergétiques liés à l'habitat par rapport à un équivalent existant ;
- L'éclairage contrôlé, performant et différencié des espaces publics et des parkings, la ventilation naturelle des parking, etc. permettent de réduire les besoins énergétiques du quartier ;
- L'intégration de systèmes de production photovoltaïque permet de couvrir en autonomie une partie des besoins énergétiques du quartier par de l'énergie renouvelable.

Au-delà, c'est le choix des sources d'approvisionnement énergétique propre à chaque scénario qui joue un rôle majeur dans la quantité d'émissions engendrée.

En effet dans le scénario n°1, les bâtiments collectifs (hors groupes 6 et 7) sont raccordés au réseau de chaleur urbain SODINEUF tandis que dans le scénario n°2 ces bâtiments voient leur besoin énergétiques (chauffage et ECS) couvert par des systèmes de chaufferie biomasse à l'échelle des bâtiments. Les émissions du scénario n°1 sont donc principalement liées au caractéristiques du réseau de chaleur de SODINEUF tandis que celle du scénario n°2 sont liées aux systèmes de chaufferie biomasse projetés. Le mix énergétique du réseau SODINEUF est composé à 33,5 % par du gaz et à 66,5% par de l'énergie de récupération. C'est donc cette forte part d'énergie fossile dans le mix énergétique du RCU qui dégrade la performance du scénario n°1. De l'autre côté, pour le scénario n°2, la combustion de biomasse est émettrice de carbone biogénique c'est-à-dire faisant partie du cycle naturel du carbone atmosphérique (captation par les végétaux puis rejet dans l'atmosphère lors de la combustion puis captation... etc.) et est donc considérée comme nulle. Seule les parts liées à la production, l'installation et la maintenance des systèmes de chaufferie ainsi qu'au traitement et à l'acheminement des ressources en biomasse sont prise en compte.

Il est utile de noter que le « verdissement » du mix énergétique du RCU permettrait au scénario n°1 de réduire l'écart avec le scénario n°2. Une modélisation réalisée sur l'hypothèse d'un réseau de chaleur au mix énergétique composé à 90% de biomasse et à 10% de gaz montre que cette solution permet d'atteindre 247 tCO₂e pour le poste énergie soit 15 tCO₂e de moins que le scénario de référence et 2 tCO₂e de plus que le scénario de projet n°2.

	Chauffage	Refroidissement	ECS	Eclairage	Ventilation	Autres usages électriques
Scénario de référence	95	-	37	21	35	74
Scénario de projet n°1	183	-	90	9	9	61
Scénario de projet n°2	110	-	55	9	9	61

Figure 22 Décomposition du poste ENERGIE (résultats exprimés en tCO₂e/an)

Eau

Avec 44 tCO₂e/an, il s'agit d'un des poste les plus faible dans l'empreinte carbone globale du projet (1.6%). La récupération partielle des eaux de pluie en toiture entraine un surplus d'émissions lié à la production, à l'installation et à l'exploitation des systèmes de récupération (cuve de récupération, canalisations) mais engendre également une réduction des émissions liées à la production, l'acheminement et la consommation d'eau potable. Ce choix est également bénéfique du point de vue de la consommation de ressource en eau en tant que telle, autre indicateur de la méthodologie ACV. Ceci illustre l'intérêt de la dimension multicritère de l'ACV qui dépasse la seule analyse carbone pour approcher d'autres indicateurs d'impacts environnementaux comme la consommation de ressources (eau, énergie) et le potentiel de dégradation des milieux (eutrophisation, acidification, etc.), entre autres. Le projet (dans ses deux scénarios) permet de réduire de près de 4 000 m³ la consommation d'eau du quartier.

La gestion des eaux pluviales par infiltration dans les sols n'est pas prise en compte par l'outil. En tant que solution fondée sur la nature, cette approche présente pourtant des intérêt notables pour la gestion des eaux (moins de sollicitation du réseau), l'occupation de sols (désimperméabilisation ou non imperméabilisation), leur qualité (décantation des eaux, traitement par phytoremédiation) et la réduction de l'effet d'îlot de chaleur urbain (évaporation de l'eau stockée dans les sols et les ouvrages, évapotranspiration des végétaux). Cette stratégie a été adoptée dans le cadre de présent projet mais l'outil UrbanPrint n'est pas en mesure de la valoriser.

	Eau potable	Récupération d'eau de pluie	Eau usée
Scénario de référence	14	-	19
Scénario de projet n°1	13	12	19
Scénario de projet n°2	13	12	19

Figure 23 Décomposition du poste EAU (résultats exprimés en tCO₂e/an)

Déchets

Au sein du poste déchets, plus faible parmi l'ensemble des postes, l'amélioration majeure du scénario projet par rapport au scénario de référence concerne la gestion des déchets non recyclés. Cette baisse des émissions est à mettre en lien avec une réduction notable de la quantité de déchets non-recyclables produit (en lien avec les normes de tri applicables aux ménages et aux activités).

Le choix d'un mode de gestion des biodéchets en plateforme de compostage entraîne une légère augmentation liées à la collecte des biodéchets, qui reste contenue en raison du fait que le traitement est opéré par une plateforme mutualisée, préexistante. Cependant la gestion sur site permettrait de réduire les flux de transports associés à la collecte des déchets ainsi que les flux liés à la gestion des espaces verts (intégration du compost produit aux espaces verts locaux en substitution de matière d'amendement de sol issue d'apport externe).

Une gestion locale, partagée et collective des biodéchets pourrait également participer à renforcer l'implication des usagers du quartier dans la réduction de leur empreinte environnementale et notamment, carbone. Cependant, l'efficacité et la viabilité dans le temps de ce mode de gestion sont fortement liées à l'existence d'activités d'animation portant l'organisation collective.

	Gestion des biodéchets	Gestion des déchets non recyclés	Centre de tri et déchetterie	Collecte des déchets
Scénario de référence	-	234	- 90	4
Scénario de projet n°1	1	115	- 90	4
Scénario de projet n°2	1	115	- 90	4

Figure 24 Décomposition du poste DECHETS (résultats exprimés en tCO2e/an)

Chantier

La stratégie de gestion des terres modélisés dans le cadre du projet vise un réemploi sur site de 40% des terres excavées, ce qui permet de réduire les imports et les exports de terre. Cette stratégie impacte également les modes de gestion des terres puisque les terres réemployées n'auront pas à faire l'objet d'une gestion externalisée (transport et traitements divers dont stockage). Cependant, aucune stratégie visant à l'import de terres depuis un autre chantier ou à l'export de terre vers un autre chantier n'est modélisée dans le présent projet.

Les gains obtenus du point de vue du changement d'occupation des sols traduisent le travail d'évitement de l'imperméabilisation et de création d'espaces végétalisés de pleine terre permettant de renforcer la capacité de stockage de carbone de ces espaces (par rapport au scénario de référence). Comme évoqué précédemment, ces éléments jouent également un rôle dans la gestion des eaux pluviales et la réduction de l'effet d'îlot de chaleur urbain mais ces bénéfices ne sont pas pleinement valorisés dans l'outil UrbanPrint.

	Transport de terre	Travaux et modes de gestion	Changement d'occupation des sols
Scénario de référence	142	232	- 1
Scénario de projet n°1	76	177	- 8
Scénario de projet n°2	76	177	- 8

Figure 25 Décomposition du poste CHANTIER (résultats exprimés en tCO2e/an)

Mobilité

L'outil UrbanPrint ne comporte pas, à l'heure actuelle, de levier d'optimisation sur le poste mobilité. Ainsi les émissions de chaque sous-poste sont équivalentes entre le scénario de référence et le scénario de projet, sauf pour le sous-poste voirie locale qui rend compte des évolutions du réseau viaire au sein du quartier (-6 tCO₂e/an dans les scénarios de projet en raison d'un travail important en matière d'évitement de l'imperméabilisation).

On peut cependant rappeler que le poste mobilité est le plus élevé dans l'empreinte carbone du projet avec 1 422 tCO₂e/an. En son sein, les sous-postes les plus élevés sont ceux des déplacements domicile – travail (40%) et des déplacements domicile – loisirs (15%) fortement dépendant à l'usage de véhicules particuliers. La réduction de l'empreinte carbone liée à la mobilité passe donc nécessairement par l'évolution des pratiques de mobilité et le recours à des modes de transport doux, actifs ou collectifs. Or, si l'aménageur peut intégrer au projet des choix de conception favorisant ces mobilités alternatives (diminution des places de stationnement, réduction du profil en travers des voiries, intégration de pistes cyclables en site propre) le déploiement de stratégies territoriales planifiant le déploiement d'aménagements et d'équipements propices est la compétence des autorités organisatrices de mobilité, qu'elles soient locales ou régionales.

En l'espèce, le prolongement de la ligne de bus vers le cœur du quartier est prévu par la communauté d'agglomération mais cette hypothèse ne peut pas être intégrée à la modélisation du projet sous UrbanPrint.

	Domicile - Accompagnement	Domicile - Achats	Domicile - Loisirs	Domicile - Travail	Domicile - Études	Domicile - Affaires personnelles	Domicile - Autre	Travail - Secondaire (lié au travail)	Secondaire (lié ni domicile ni travail)	Voirie locale
Scénario de référence	154	146	210	579	79	148	6	35	56	15
Scénario de projet n°1	154	146	210	579	79	148	6	35	56	9
Scénario de projet n°2	154	146	210	579	79	148	6	35	56	9

Figure 26 Décomposition des émissions du poste MOBILITE (résultats exprimés en tCO₂e/an)

3.3. Empreinte carbone Habitant

3.3.1. Approche globale

En plus de proposer une estimation de l'empreinte carbone du projet sur l'ensemble de sa durée de vie, l'outil UrbanPrint permet également d'analyser dans quelle mesure l'aménagement conçu **participe à la réduction de l'empreinte carbone des habitants qui le pleupleront à terme**. Cette empreinte carbone habitant n'est pas seulement dépendante du champ d'action de l'aménageur, elle est aussi influencée par des modes d'organisations socio-économiques territoriaux (échelon local – ex : offre de mobilité locale, présence d'un réseau de chaleur ; échelon national – ex : stratégie énergétique nationale, services publics ; échelon international – ex : production de biens, dont alimentaires, internationalisée) ainsi que par le mode de vie des habitants (ex : niveau de richesse, mode d'alimentation, sensibilité aux enjeux environnementaux, etc.). Attention, le référentiel E+C- mobilise tantôt la notion d'usager du quartier, tantôt la notion d'habitant. La notion d'usager (ou équivalent usager) est plus large en ce qu'elle ajoute aux habitants les autres profils interagissant avec le quartier en prenant en compte une pondération liée à l'impact de cette interaction (1 habitant = 1 usager ; 1 employé de bureau = 0,83 usager ; 1 consommateur = 5,83 usagers ; 1 élève du secondaire = 1,79 usager ; etc.). En application de ces notions et compte tenu du fait que l'habitat représente l'intégralité de la programmation pour le présent projet, l'outil estime le nombre d'habitants à 1 726 et le nombre d'usagers à 1 726 également.

La modélisation de l'empreinte carbone par habitant se réfère exclusivement au nombre d'habitants estimé pour le quartier.

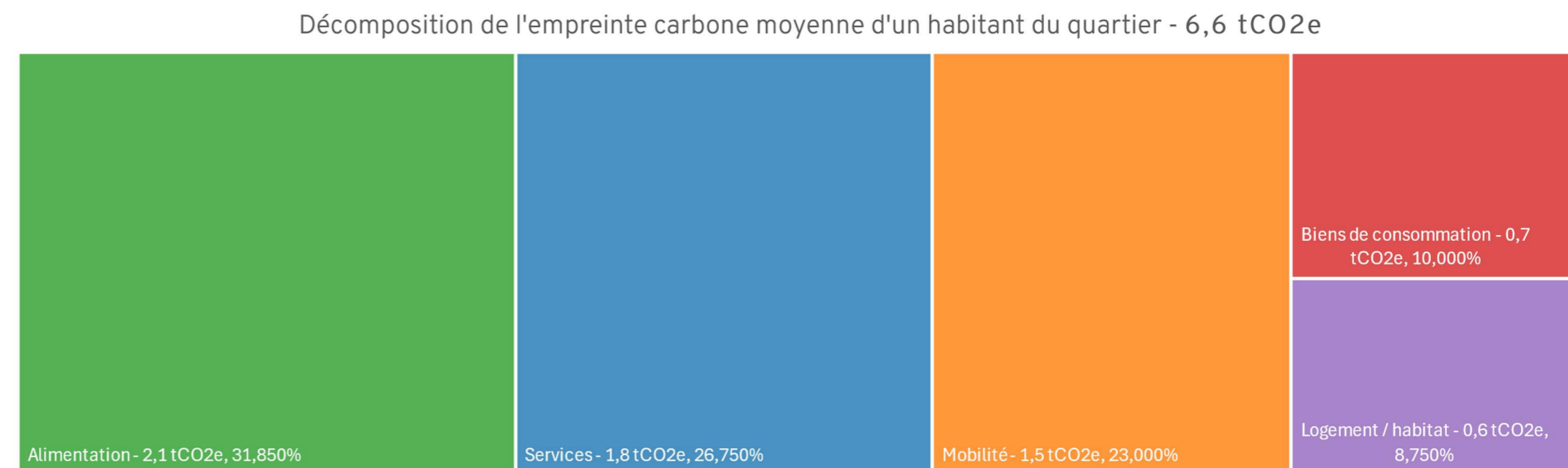
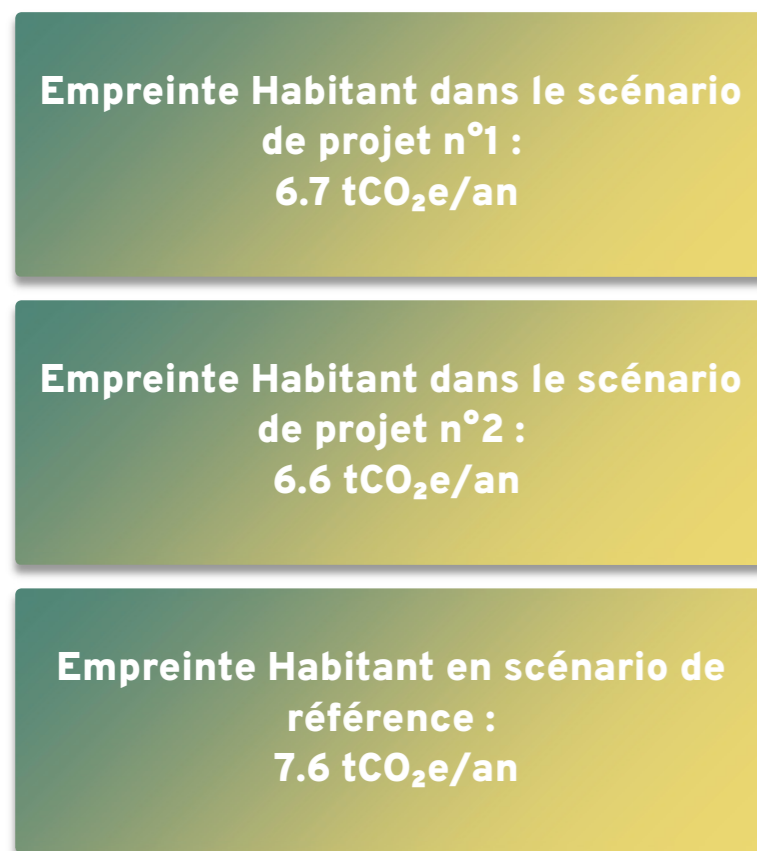


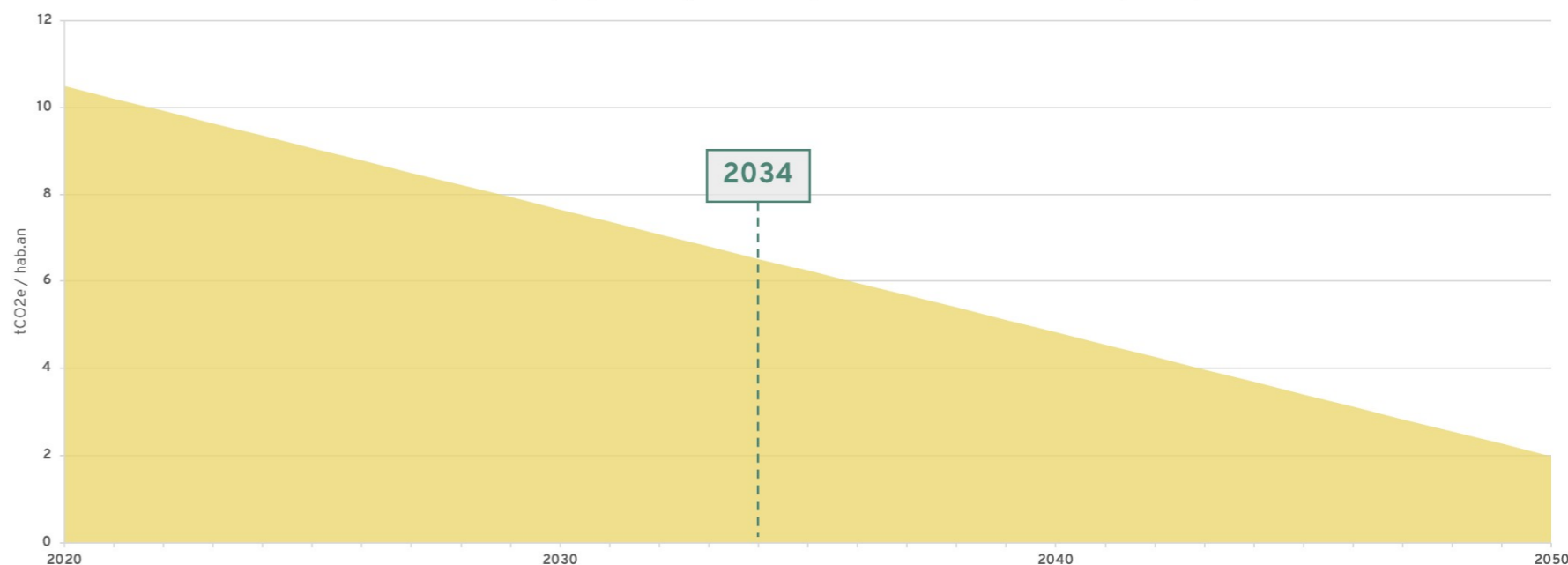
Figure 27 Empreinte carbone d'un habitant du futur quartier du Val d'Arquet – Scénario 2

3.3.2. Impacts du projet sur l’empreinte carbone d’un habitant du quartier

Dans le cas présent, l’empreinte carbone par habitant en scénario de projet est de 6,65 tCO₂e/an (6,6 en scénario n°2 et 6,7 en scénario n°1) contre 7,6 tCO₂e/an dans le scénario de référence. On peut donc dire que le projet participe à une **réduction de l’empreinte carbone de ses habitants de l’ordre de 1 tCO₂e/personne/an par rapport au scénario de référence** (même programmation avec ambitions environnementales minimales). Pour donner de la perspective à cette valeur, on peut la lire en lien avec l’objectif de neutralité carbone qui s’appuie sur une trajectoire de réduction des émissions visant à atteindre 2tCO₂e/habitant.an en 2050 (contre environ 10tCO₂e/hab.an aujourd’hui) : **avec 6,65 tCO₂e/habitant.an, l’empreinte carbone des habitants du projet est alors considérée comme équivalente au niveau d’émissions attendu pour 2034** tandis qu’avec 7,6 tCO₂e, l’empreinte habitant en scénario de référence est équivalente au niveau d’émissions attendu pour 2030.

En d’autres termes, les ambitions et performances visées par le projet permettent en elles seules aux habitants d’être alignés avec la trajectoire de neutralité carbone jusqu’en 2034. Pour maintenir un alignement au-delà (jusqu’en 2050) d’autres leviers aménageurs pourraient être actionnés mais surtout, des transformations profondes de la société (donc hors périmètre aménageur) seront nécessaires.

Performance du projet au regard de l’objectif de neutralité carbone (SNBC) :



3.3.3. Impact du projet sur la part logement / habitat de l’empreinte habitant du quartier

Pour rappel, l’objectif à horizon 2050 pour la chaîne de valeur du bâti est de représenter environ 0,2 tCO₂e/habitant.an soit 10% de l’empreinte carbone individuelle **attenuée pour 2050**. Dans le cas présent, la portion logement / habitat de l’empreinte carbone des habitants du futur quartier est estimée à 0,57 tCO₂e/habitant.an soit **28.5% de l’empreinte carbone attendue pour un français de 2050**. En suivant la trajectoire posée par la feuille de route pour la décarbonation de la chaîne de valeur du bâti, la part logement / habitat de l’empreinte carbone d’un habitant du quartier se situe au **niveau attendu pour 2043**. Le projet répond donc aux fortes ambitions de cette feuille de route. On remarque cependant qu’elles **ne suffisent pas à faire coïncider le niveau d’alignement** de l’empreinte carbone d’un habitant (2034/2050) avec le niveau d’alignement de la part logement / habitat de cette empreinte carbone habitant (2043/2050). Cette analyse confirme la **nécessité de transformations profondes de la société en dehors du périmètre aménageur** pour atteindre l’objectif de neutralité carbone de 2 tCO₂e/hab.an.

Néanmoins, les leviers de réduction des émissions restant à disposition des aménageurs sont analysés dans la section suivante.

3.4. Analyse des leviers d'optimisation de l'empreinte carbone du projet (périmètre aménageur)

Seul le scénario le plus performant, soit le scénario n°2, fera l'objet de cette analyse des leviers d'optimisation supplémentaires, le scénario n°2 constituant en lui-même une optimisation du scénario n°1.

Le graphique inséré en page suivante met en perspective les performances du projet étudié avec celles du scénario de référence et du scénario optimal.

A gauche, **en rouge**, on retrouve les émissions estimées pour le scénario de référence. Au centre, **en bleu**, on retrouve les émissions estimées pour le scénario de projet. A droite, **en vert**, on retrouve les émissions estimées pour le scénario optimal. La cascade partant du scénario de référence vers le scénario de projet quantifie les leviers de réduction activés et les identifie par équipements. La cascade partant du scénario de projet vers le scénario optimal quantifie les leviers de réduction non activés à ce stade du projet et les identifie également par équipement.

Ce graphique met donc en avant les choix opérés dans le cadre du projet qui participent à la réduction de son empreinte carbone mais également les mesures qui, si elles étaient retenues, permettraient de renforcer cette réduction. En l'état du projet tel qu'il a été modélisé dans l'outil UrbanPrint, 66% des leviers d'optimisation carbone intégrés à l'outil UrbanPrint ont pu être mis en œuvre et 34% restent à l'état de leviers potentiels.

Les principaux leviers mis en œuvre tiennent aux bâtiments (performances énergétiques visées ambitieuses en rénovation comme en construction neuve, matériaux mixtes mobilisées, recours au réseau de chaleur urbaine), au chantier (stratégie de réemploi des terres excavées, modes de gestion des terres), à la gestion des déchets (réduction des déchets produits, gestion des biodéchets sur site) et aux espaces extérieurs.

Du côté des leviers non activés à ce stade, le potentiel de réduction résiduel identifié par UrbanPrint est d'environ 228 tCO₂e/an. Plusieurs leviers sont mis en avant :

- Volet Quartier → **Mode de gestion des terres** : adopter une stratégie de réemploi des terres très élevée (supérieure à 50%), exporter les terres vers un site de réemploi (- 81 tCO₂e/an) ;
- Volet Bâtiment → **Performance énergétique des bâtiments neufs** : viser un niveau de performance E3-E4 du référentiel E+ / C- (- 28 tCO₂e/an) ;
- Volet Bâtiment → **Énergie** : pour le chauffage, installer des systèmes de pompes à chaleur (PAC) à l'échelle des bâtiments plutôt que des chaufferies biomasse (- 26 tCO₂e/an), pour l'eau chaude sanitaire, installer des ballons thermodynamiques individuels plutôt que des chaufferies biomasses à l'échelle des bâtiments (- 18 tCO₂e/an) augmenter la production solaire pour renforcer l'orientation du projet vers la dimension « Énergie positive » du référentiel E+/C- (- 7 tCO₂e/an);
- Volet Bâtiment → **Matériaux de construction** : renforcer le recours aux matériaux biosourcés (- 6 tCO₂e/an) ;
- Volet Bâtiment → **Systèmes** : installer des ventilations mécaniques double flux avec récupération de chaleur (- 25 tCO₂e/an).
- Volet Espaces extérieurs → **Fonction des espaces** : créer des espaces de zones humides ayant des fonctionnalités de stockage de carbone (- 37 tCO₂e/an)

En ajoutant les leviers potentiels aux leviers déjà activés, la réduction s'élèverait alors à 695 tCO₂e/an soit près de 22 % des émissions du scénario de référence. Il est cependant utile de noter que ces leviers ne prennent pas en compte les conditions de faisabilité technique, matérielle et financière de leur mise en œuvre dans le cadre du présent projet. Aussi, tous les leviers ne pourront pas nécessairement être activés, c'est notamment le cas pour les systèmes de ventilation mécanique double flux avec récupération de chaleur, dont la mise en œuvre est jugée difficilement compatible avec le projet (techniquement, financièrement) par le Maître d'Ouvrage. .

Diagramme des leviers mobilisés et des leviers potentiels

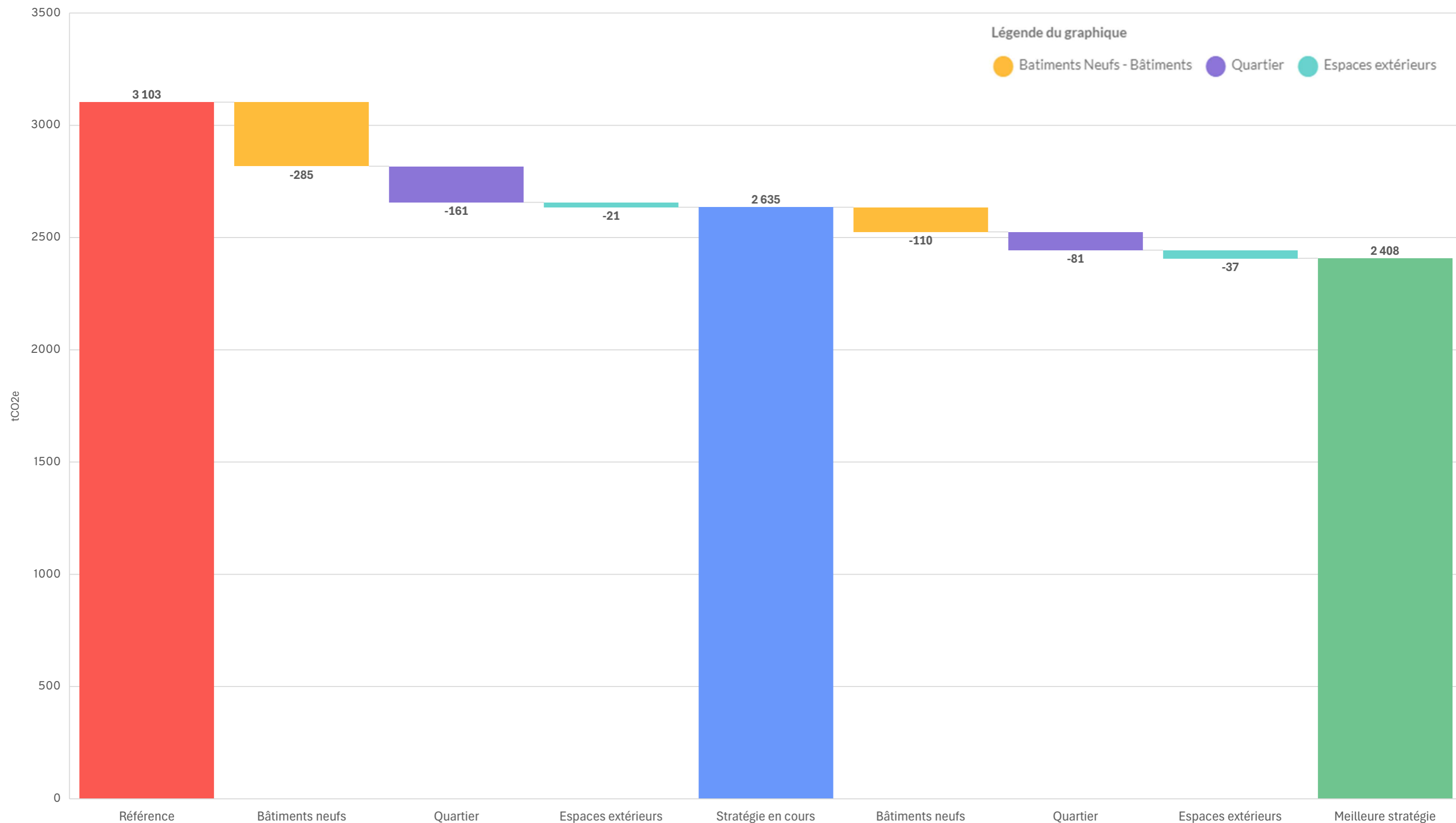


Figure 28 Diagramme de Shapley - Leviers mobilisés et leviers potentiels

3.5. Analyse de la performance du projet au regard du label BBCA Quartier

Pour rappel, le label BBCA Quartier est un référentiel dont l'objectif est d'identifier et de valoriser les quartiers exemplaires en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Il est construit sur la base de 5 indicateurs exprimant la performance de l'aménagement, dans le champ d'action et de responsabilité des acteurs de l'aménagement. Ces indicateurs sont normalisés en étant rapportés au nombre d'usagers ou d'habitants du quartier étudié.

Dans le cas présent, le projet atteint le niveau 1 pour 1 indicateur (Empreinte Habitant) et le niveau 2 pour 1 indicateur également (Énergie). En revanche pour les autres postes, le projet n'atteint pas la performance minimale de niveau 1. N'étant pas conforme à minima au niveau 1 de chaque indicateur, le projet, dans sa forme actuelle, ne semble pas répondre pas au niveau de performance minimale attendu par le référentiel.

La critère ICQ_Viabilisation est ici pénalisé car le projet ne se situe pas sur une zone déjà urbanisée ou artificialisée, ainsi tous les aménagements de voiries et les préalables géotechniques doivent être réalisés en neuf. De plus, le projet prenant place sur un site historiquement agricole, le changement d'occupation des sols engendré aura pour conséquence le déstockage du carbone aujourd'hui contenu dans ces sols.

Le critère ICQ_Construction est au seuil du niveau 1, sans l'atteindre : des améliorations sur les modes constructifs de quelques bâtiments (renforcement du recours aux matériaux biosourcés) pourraient permettre d'atteindre le niveau 1.

Le critère ICQ_Aménagement est la somme des 3 autres critères ICQ_ auxquels on ajoute les services urbains et la mobilité quotidienne.

Le tableau suivant synthétise les performances du projet, dans sa forme actuelle, au regard des indicateurs du référentiel BBCA Quartier.

Catégorie	Niveaux attendus	Résultat projet	Niveau projet
IcQ_Viabilisation (kgCO ₂ e/Usager.an)	Niv 1 : 150	198	Niv 0
	Niv 2 : 100		
IcQ_Construction (kgCO ₂ e/Usager.an)	Niv 1 : 500	507	Niv 0
	Niv 2 : 400		
IcQ_Énergie (kgCO ₂ e/Usager.an)	Niv 1 : 150	110	Niv. 2
	Niv 2 : 110		
IcQ_Aménagement (kgCO ₂ e/Usager.an)	Niv 1 :	1439 (IAU 2)	Niv 0
	IAU 1 : 3 000		
	IAU 2 : 1 300		
	IAU 3+ : 1 800		
	Niv 2 :		
	IAU 1 : 700		
	IAU 2 : 1 000		
IAU 3+ : 1 700			
Empreinte habitant (tCO ₂ e/hab.an)	Niv 1 : 8	6,6	Niv 1
	Niv 2 : 6,5		

Figure 29 Résultats du projet au regard des indicateurs du label BBCA Quartier

3.6. Synthèse des résultats

Empreinte carbone du scénario de projet (scénario 2) :
2 635 tCO₂e/an
 soit
131 750 tCO₂e
sur l'ensemble de la durée de vie du quartier
(50 ans)

Empreinte carbone d'un futur habitant :
6,6 tCO₂e/hab.an
 contre
7,6 tCO₂e/hab.an
dans le scénario de référence

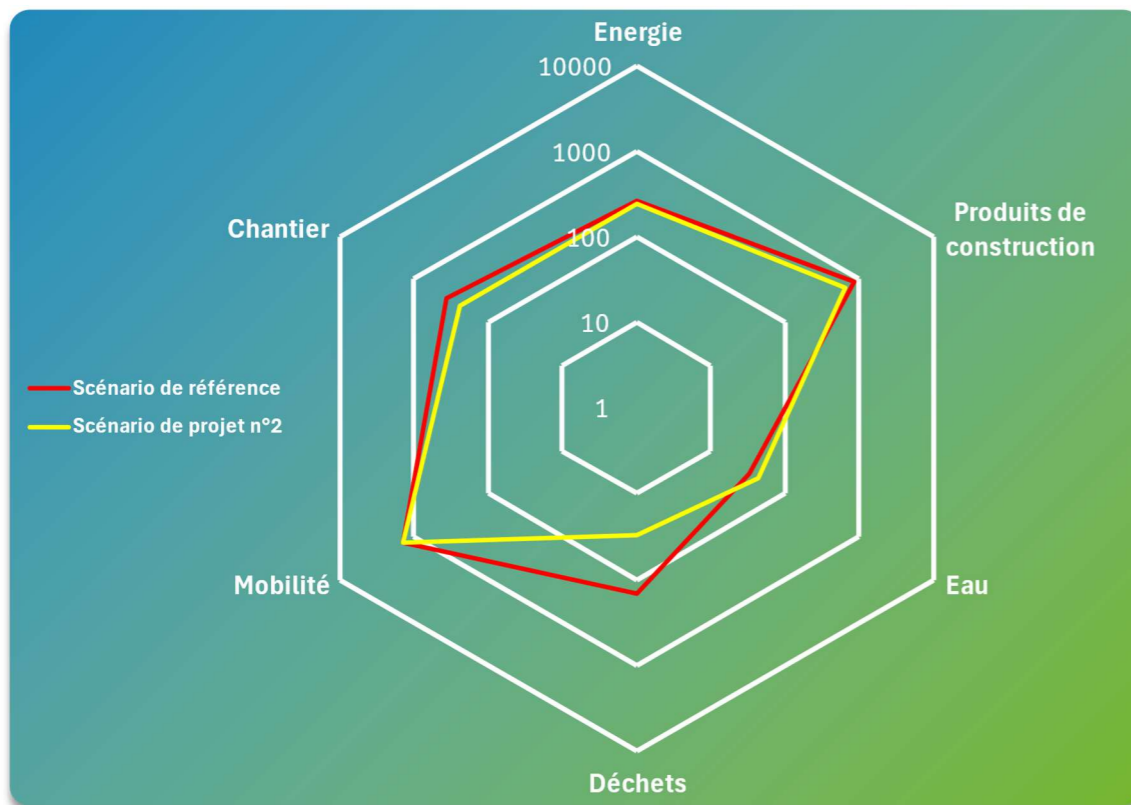


Figure 30 Diagramme RADAR comparant les émissions du scénario de projet et du scénario de référence
 (Un positionnement proche du centre est recherché)

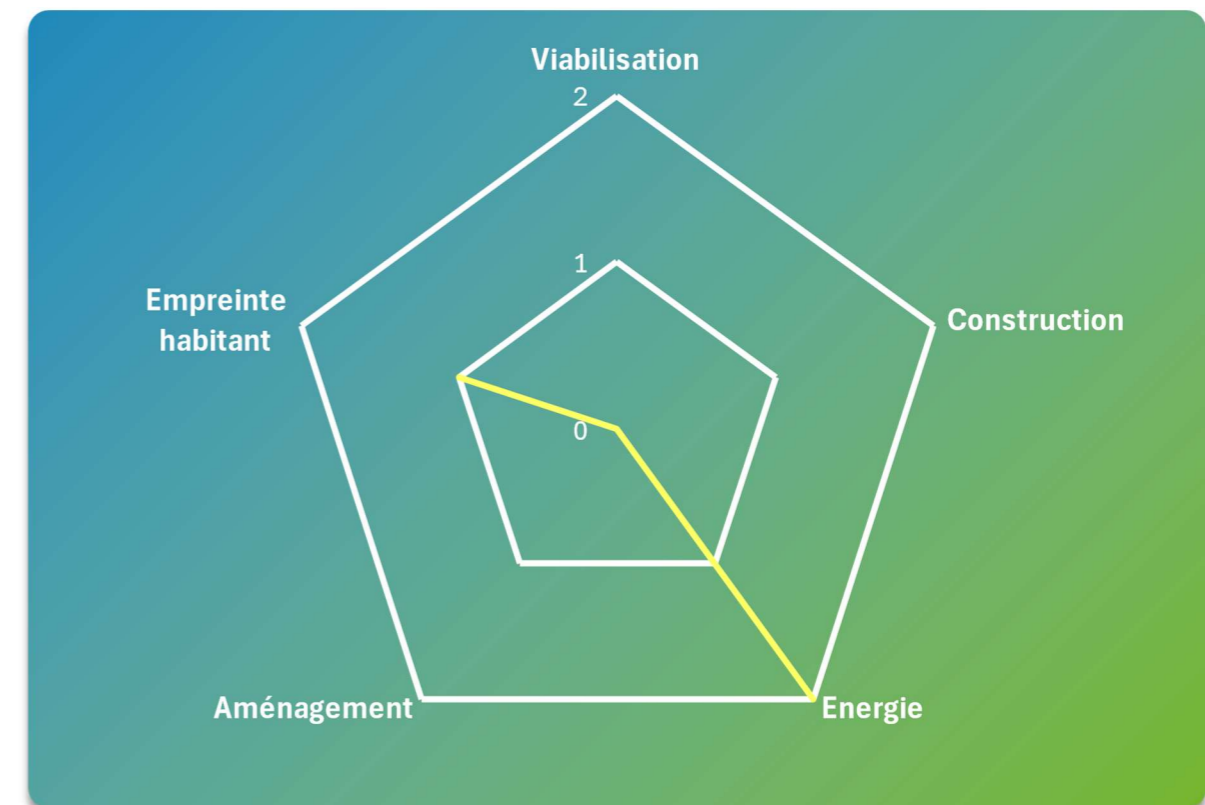
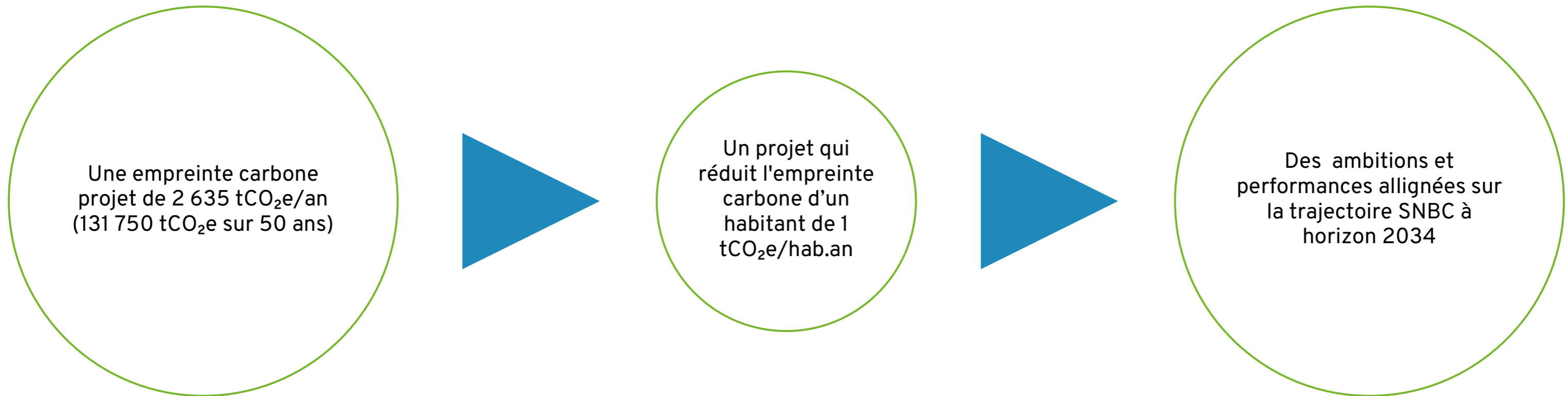


Figure 31 Diagramme RADAR du niveau de performance du projet dans le référentiel BBCA
 (Un positionnement proche des bords est recherché)



4. Table des figures

Figure 1 Localisation du projet du Val d’Arquet.....	4	Figure 17 Empreinte carbone habitant en France	16
Figure 2 Anomalie mondiale de température (°C) par rapport à la période 1850-1900 – GIEC	6	Figure 18 Critères de labélisation du Label BBCA Quartier	17
Figure 3 Augmentation du niveau moyen des mers et océans depuis 1993 - Copernicus.....	6	Figure 19 Indicateurs et niveaux de performance du label BBCA Quartier.....	18
Figure 4 Consommation mondiale d’énergie primaire par source – Our World In Data	6	Figure 20 Décomposition de l’empreinte carbone du quartier selon le scénario.....	34
Figure 5 Température journalière mondiale depuis 1940 - Copernicus.....	7	Figure 21 Décomposition du poste PRODUITS DE CONSTRUCTION (résultats exprimés en tCO2e/an)36	
Figure 6 Historique des émissions et projections selon les scénario d’émissions de GES – MTE	7	Figure 22 Décomposition du poste ENERGIE (résultats exprimés en tCO2e/an)	37
Figure 7 Écart de °C par rapport à la normale 1961-1990 (France Métropolitaine) - MTE.....	7	Figure 23 Décomposition du poste EAU (résultats exprimés en tCO2e/an)	38
Figure 8 Tableau récapitulatif des principaux GES.....	9	Figure 24 Décomposition du poste DECHETS (résultats exprimés en tCO2e/an).....	39
Figure 9 Exemple de calcul GES	9	Figure 25 Décomposition du poste CHANTIER (résultats exprimés en tCO2e/an).....	40
Figure 10 Equivalence des unités de masse de CO ₂ e.....	9	Figure 26 Décomposition des émissions du poste MOBILITE (résultats exprimés en tCO2e/an).....	41
Figure 11 Budgets carbone de la SNBC et Objectif neutralité 2050	10	Figure 27 Empreinte carbone d’un habitant du futur quartier du Val d’Arquet – Scénario 2.....	42
Figure 12 Schéma de l’approche Empreinte Carbone.....	10	Figure 28 Diagramme de Shapley - Leviers mobilisés et leviers potentiels.....	45
Figure 13 Empreinte Carbone de la chaîne de valeur du cycle de vie du bâti	12	Figure 29 Résultats du projet au regard des indicateurs du label BBCA Quartier	46
Figure 14 Trajectoire de réduction de l’empreinte carbone de la chaîne de valeur du bâti.....	12	Figure 30 Diagramme RADAR comparant les émissions du scénario de projet et du scénario de référence (Un positionnement proche du centre est recherché)	47
Figure 15 Modélisation du projet sous UrbanPrint	14	Figure 31 Diagramme RADAR du niveau de performance du projet dans le référentiel BBCA (Un positionnement proche des bords est recherché)	47
Figure 16 Schéma du cycle de vie du bâti.....	15		



Références du dossier

N° Dossier INGETEC	13777
Maître d'ouvrage	3F Normanvie
Intitulé du projet	Val d'Arquet Est
Nature du dossier	Expertise carbone
Références du dossier	Analyse de l'empreinte carbone du projet du Val d'Arquet - 13777- INGETEC.docx Version du 30/05/2025 49 pages
Auteur	Thibault FIODIERE
Responsable	Mathieu Decagny

Contacter INGETEC

	Thibault FIODIERE
	mathieudecagny@ingetec.fr ; thibaultfiodiere@ingetec.fr
	02.35.07.94.20

INGETEC - SIÈGE SOCIAL 67 RUE DAMESME 75013 PARIS	AGENCE NORMANDIE 135 ALLÉE PAUL LANGEVIN BP66 76233 BOIS-GUILLAUME CEDEX	AGENCE NOUVELLE AQUITAINE GALERIE COMMERCIALE LES GRANDS HOMMES 33001 BORDEAUX	AGENCE AUVERGNE RHÔNE-ALPES 3 RUE DE GENÈVE 69006 LYON	AGENCE DE LA RÉUNION 62 BOULEVARD DU CHAUDRON 97490 SAINT-DENIS	AGENCE DE MAYOTTE 18 RUE MARINDRINI 97600 MAMOUDZOU
--	---	--	---	---	--