



SEDELKA

Projet de FLEURY SUR ORNE ILOT C

Évaluation de l'impact du projet d'aménagement en termes d'émissions GES

Proposition technique et financière

Réf : CICENO223065/ RICENO01375

ESO / MCS/ DN

17/01/2023

SEDELKA

Projet de FLEURY SUR ORNE ILOT C

Évaluation de l'impact du projet d'aménagement en termes d'émissions GES

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de :

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Validation Nom / signature
Rapport	17/01/2023	01	E. SONTAG	M. CLAUS	D. NEUBAUER

Numéro de contrat / de rapport :	CICENO223065/ RICENO01375
Numéro d'affaire :	A44749
Domaine technique :	ME05

GINGER BURGEAP Agence Ile-de-France • 143 avenue de Verdun – 92442 Issy-les-Moulineaux
Cedex

Tél : 01.46.10.25.70 • burgeap.paris@groupeginger.com

SOMMAIRE

1.	Contexte	5
2.	Définition de l'aire d'étude	5
2.1	Périmètre d'étude	5
2.1.1	Gaz à effet de serre considéré	5
2.1.2	Périmètre temporel	5
2.1.3	Périmètre spatiale	6
3.	Description de l'état initial de l'environnement.....	7
3.1.2	Description du site en regard des émissions de GES.....	10
4.	Définition des scénarios avec et sans projet	11
4.1	Choix des hypothèses.....	11
4.2	Description du scénario sans projet.....	11
4.3	Description du scénario avec projet.....	11
5.	Détermination des postes d'émissions significatifs pour chaque scénario	14
5.1	Scénario sans projet	14
5.1.1	Description des postes	14
5.1.2	Significativité des postes	14
5.2	Scénario avec projet.....	17
5.2.1	Description des postes	17
5.2.2	Significativité des postes	20
6.	Quantification des émissions et estimation des incertitudes pour chaque scénario.....	23
6.1	Scénario avec projet.....	23
6.2	Scénario sans projet	25
6.3	Scénario sans projet en prenant en compte les émissions liées aux usagers qui seraient venues sur le site en cas de projet (hors demande réglementaire).....	26
6.4	Scénario dégradé	27
7.	Calcul de l'impact du projet	27
7.1	Calcul de l'impact entre le scénario avec projet et sans projet (restreint à la parcelle)	27
7.2	Calcul de l'impact entre le projet avec scénario et sans scénario (en prenant en compte les émissions des usagers qui seraient venus sur le site en cas de projet).....	29
8.	Propositions de mesures ERC.....	30
8.1	Mesures déjà mises en place	30
8.2	Pour aller plus loin	30
9.	Conclusion	31

TABLEAUX

Tableau 1 : Significativité des postes, répartition des émissions par catégorie (norme ISO 14064-1/2018)	15
Tableau 2 : Besoins en énergie des bâtiments du projet (en kWh _{ef} /an/m ² _{SDP})	18
Tableau 3 : Besoins en énergie totale du projet par usage (MWh _{ef} /an)	18

Tableau 4 : Parts modales	19
Tableau 5 : Distance moyenne parcourue pour chaque mode de déplacement.....	19
Tableau 6 : nombre de déplacement jour par type d'usage.....	19
Tableau 7 : Significativité des postes, répartition des émissions par catégorie (norme ISO 14064-1/2018)	21
Tableau 8 : répartition des émissions par type d'émission sur l'ensemble de la durée de vie du projet (54 ans) pour le scénario avec projet (en tCO ₂ e)	23
Tableau 9 : répartition des émissions par type d'émission sur l'ensemble de la durée de vie du projet (54 ans) pour le scénario sans projet en comptant que les émissions liées au site	26
Tableau 10 : Parts modales	26
Tableau 11 : répartition des émissions par type d'émission sur l'ensemble de la durée de vie du projet (54 ans) pour le scénario sans projet en comptant également les émissions hors site.....	27
Tableau 12 : répartition des émissions par type d'émission sur l'ensemble de la durée de vie du projet (54 ans) pour le scénario dégradé (en tCO ₂ e).....	27
Tableau 13 : Impact global par type d'émission sur l'ensemble de la durée de vie du projet (50 ans) en prenant uniquement, pour le scénario sans projet, les émissions provenant du site.	28
Tableau 14 : Mesures ERC du projet d'aménagement.....	30
Tableau 15 : Mesures ERC du projet d'aménagement.....	31

FIGURES

Figure 1 : Situation de l'îlot C (en rouge sur la photo satellite)	6
Figure 2 : Limite du périmètre de l'étude (en rouge).....	7
Figure 3 : Plan du projet.....	20
Figure 4 : Émissions annuelles sur la durée de vie du projet.....	24
Figure 5 : Émissions annuelles cumulées sur la durée de vie du projet.....	25
Figure 6 : Impact du projet sur les émissions GES	28
Figure 7 : Impact projet en prenant en compte déplacement et bâtiments sans projet hors site.....	29

1. Contexte

En application de l'évolution législative d'août 2021 au travers de la Loi Climat et Résilience, la société SEDELKA souhaite mettre en œuvre un **Bilan des Gaz à Effet de Serre (BEGES) lors de la réalisation de l'étude d'impact du projet** en accord avec le Guide Méthodologique du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) édité en mars 2022 [Prise en compte des Gaz à Effet de Serre dans les Études d'Impact].

2. Définition de l'aire d'étude

2.1 Périmètre d'étude

2.1.1 Gaz à effet de serre considéré

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

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

Les puits de carbone sont comptabilisés en émission négative.

2.1.2 Périmètre temporel

Comme demandé dans l'article R. 122-5, le calcul des émissions de gaz à effet de serre du projet sera fait sur l'ensemble de sa durée de vie soit sur 54 ans : 3 ans de chantier avant les premiers emménagements et 50 ans de vie des bâtiments, 1 an pour la démolition. Il est considéré que l'ensemble des bâtiments construits sera démolie ensemble.

Les différentes phases prises en compte sont :

- La phase d'aménagement et de construction jusqu'à la mise en service. Dans le cas de l'installation d'un nouveau projet sur le périmètre d'un ancien projet, la phase de fin de vie de l'ancien projet (démolition par exemple) doit être incluse dans la phase de travaux du nouveau projet (phase de construction)
 - La phase de fonctionnement qui comprend les opérations d'exploitation, d'entretien, de maintenance, de renouvellement de certains composants et d'utilisation du projet, ainsi que les déplacements des résidents.
 - Une phase de fin de vie, le cas échéant, qui comprend les opérations de transformation effectuées à l'issue de la phase de fonctionnement, telles que la déconstruction, le transport et le traitement des déchets des matériaux et équipements du projet, ainsi que la remise en état des terrains occupés.
-

2.1.3 Périmètre spatiale

2.1.3.1 Catégories d'émission

Le guide proposé par le Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) présente les différents postes par catégorie au sens de la norme ISO 14064-1 : 2018 :

- Catégorie a : Émissions directes et puits de carbone,
- Catégorie b : Émissions indirectes de l'importation d'énergie,
- Catégorie c : Émissions indirectes du transport,
- Catégorie d : Émissions indirectes des produits utilisés,
- Catégorie e : Émissions indirectes associées à l'utilisation de produits,
- Catégorie f : autres émissions indirectes.

Le calcul des émissions de gaz à effet de serre générées (directes et indirectes) et évitées par la réalisation du projet se base sur les données collectées dès les premiers stades de l'étude et est réalisé sur les postes d'émission considérés significatifs. Ces données brutes sont par la suite intégrées au tableur Bilan Carbone V 8.7.2®. Les facteurs d'émissions utilisés pour la conversion des données proviennent de la Base Carbone de l'ADEME, ou de guides sectoriels (retours d'expérience publiés par l'ADEME) existants sur le secteur de la construction.

L'impact du projet sera ensuite analysé en comparant l'évolution des émissions de gaz à effet de serre liées à la réalisation du projet d'aménagement avec un scénario sans projet, correspondant à l'évolution des émissions de GES du site sans la création du projet.

L'ensemble des éléments pris en compte dans le bilan est repris dans le tableau qui suit.

2.1.3.2 Périmètre de la parcelle

L'évaluation des émissions de gaz à effet de serre, liée au projet d'aménagement, concerne le projet de construction d'un ensemble immobilier de l'îlot C à Fleury sur Orne, réalisé par la société SEDELKA.

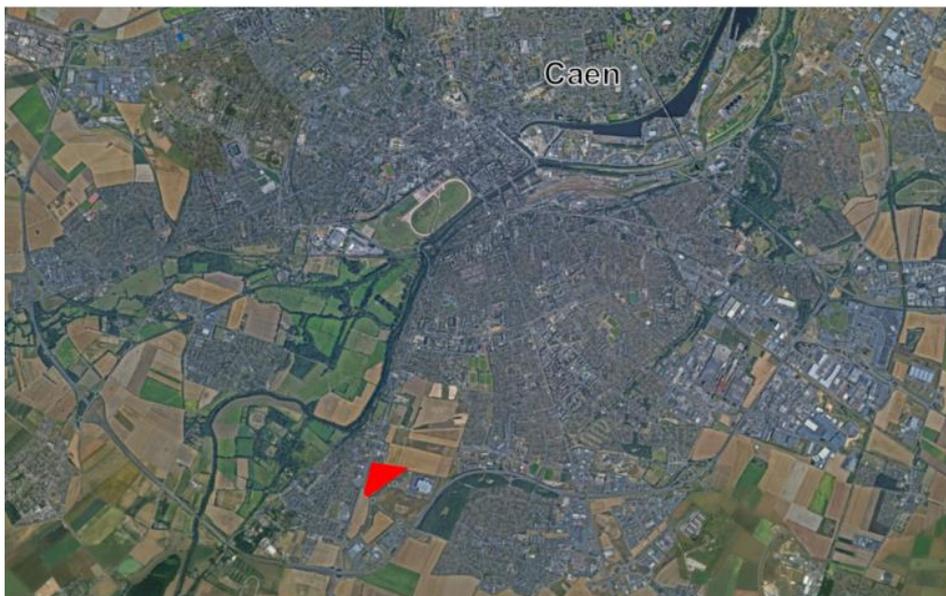


Figure 1 : Situation de l'îlot C (en rouge sur la photo satellite)



Figure 2 : Limite du périmètre de l'étude (en rouge)

3. Description de l'état initial de l'environnement

La zone d'étude est soumise à des outils de planification au niveau régional ou local. Ces outils fixent des orientations et/ou des mesures devant être respectées. Les documents ayant un impact direct sur la qualité de l'air et/ou les émissions de GES au droit de la zone d'étude sont listés ci-dessous :

- Le Schéma Régional Climat, Air et Énergie de Basse Normandie (SRCAE) ;
- Le Programme Régional de surveillance de la qualité de l'air en Normandie (PRSQA) ;
- Le Plan Régional Santé Environnement (PRSE)
- Le Plan de Déplacements Urbains de Caen-la-Mer (PDU) ;
- Le Plan Climat Air Énergie Territorial (PCAET) du Calvados.

► Le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie (SRCAE)

Le SRCAE de Basse-Normandie, construit conformément aux dispositions du décret n°2011-678 du 11 juin 2011, a été approuvé le 30 décembre 2013 par le préfet de région. Ce dernier est constitué de quatre parties :

- L'état des lieux en matière d'énergie, d'air et de climat,

- La scénarisation afin d'illustrer les trajectoires des consommations d'énergie, des émissions de GES et du développement des énergies renouvelables (ENR) par secteur selon différentes hypothèses de politiques et mesures régionales,
- Les 40 orientations pour atteindre les objectifs cibles régionaux,
- Les annexes.

Les 40 orientations stratégiques de la région Basse-Normandie sont réparties sur neuf secteurs :

- Bâtiment (4 orientations),
- Transports (5 orientations),
- Urbanisme (5 orientations),
- Industrie (5 orientations),
- Agriculture (6 orientations),
- Production d'énergie renouvelable (6 orientations),
- Qualité de l'air (4 orientations),
- Adaptation au changement climatique (4 orientations),
- Lutte contre la précarité énergétique (1 orientation).

► Le Programme Régional de surveillance de la qualité de l'air en Normandie (PRSQA)

Atmo Normandie est l'organisme agréé par le ministère en charge de l'environnement pour la surveillance et l'information sur la qualité de l'air en Normandie. Il a pour mission de mettre en œuvre une surveillance de la qualité de l'air sur la Normandie et de fournir des informations adaptées au public et aux autorités, afin de permettre de préserver durablement la santé des Normands et l'environnement. Atmo Normandie résulte de la fusion des deux associations Air C.O.M. et Air Normand en décembre 2016.

Structurée en association quadripartite, Atmo Normandie rassemble à l'échelle de la Normandie les principaux acteurs concernés par les enjeux atmosphériques : Etat, collectivités, acteurs économiques, milieu associatif et personnalités qualifiées. Sa gouvernance équilibrée ainsi que son financement partagé lui assurent d'être en interaction permanente avec les attentes de la société et garantissent son indépendance.

Atmo Normandie définit, à travers le présent document, le programme de surveillance à mettre en œuvre sur la période 2017-2021 (PRSQA – Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air). Ce programme fixe les orientations stratégiques de l'association en s'appuyant notamment sur une analyse actualisée des enjeux, les besoins exprimés par ses membres ainsi que sur le premier Plan National de Surveillance de la Qualité de l'air (PNSQA 2016-2021). Le PRSQA inclut aussi une analyse des conditions de sa réussite.

Ce PRSQA normand 2017-2021 sera décliné, chaque année, en un programme de travail adapté voté en assemblée générale d'Atmo Normandie, tenant notamment compte des évolutions du contexte, des exigences réglementaires et des ressources financières.

► Le Plan Régional Santé Environnement (PRSE III)

Pour agir sur la qualité de l'environnement et préserver la santé des normands, le troisième Plan Régional Santé Environnement (PRSE III), élaboré en 2017, a ciblé des priorités visant à réduire les impacts des facteurs environnementaux sur la santé, mais aussi à promouvoir des dynamiques pour un environnement favorable à la santé.

Le plan n'a pas vocation à se substituer aux différents plans sectoriels existants (Plan de protection de l'atmosphère, Plan régional santé, Plan Ecophyto, Plan régional santé travail, Plan alimentation...). Il s'agit davantage de renforcer la cohérence et la lisibilité des actions.

Ainsi, faisant suite à un état des lieux régional partagé et, après une large concertation, les contributions ont permis de cibler cinq priorités :

- Agir localement pour un environnement favorable à la santé de tous ;
- Améliorer la qualité des eaux destinées à la consommation humaine et des eaux littorales ;
- Agir pour des bâtiments et un habitat sain ;
- Réduire l'exposition à la pollution de l'environnement extérieur et aux espèces nuisibles à la santé ;
- Mieux observer, informer et former.

Caractéristique marquante du PRSE III, l'action locale est un élément central et déterminant de ce plan.

Des actions pour améliorer l'observation, renforcer la formation et faciliter l'information pour un environnement sain, complètent ce plan de façon transversale.

Aussi, défini pour la période 2017 – 2021, le PRSE III s'articule autour de 5 priorités (voir ci-dessus) et de 16 objectifs déclinés dans un programme de 67 actions. Ce programme a été mis en œuvre dès la validation du projet début 2018.

Globalement comme on peut le voir dans la figure tirée du bilan ci-dessous, on peut retenir que l'ensemble des priorités sont engagées.

- Plus de 8 actions sur 10 (85%) sont réalisées en totalité, partiellement ou bien en cours de réalisation.
- Plus de la moitié (54%) des actions sont réalisées. Parmi celles-ci, près de 8 actions sur 10 sont des actions récurrentes soit parce qu'elles sont structurantes (réseau, coordination d'acteurs, temps de rencontre annuel...) ou bien pluriannuelles (actions de sensibilisation des professionnels, d'éducation auprès des jeunes). Elles ont fait l'objet d'une première réalisation depuis le démarrage du plan et sont renouvelées.
- Un tiers des actions sont partiellement réalisées ou en cours de réalisation. Ces actions doivent faire l'objet d'attention et de mobilisation renforcée afin d'aboutir d'ici à fin 2021.

► Le Plan de Déplacements Urbains de Caen-la-Mer (PDU)

Le site d'étude est localisé en Zone 2 du PDU de Caen-la-Mer.

Le PDU 2013-2018 de l'agglomération caennaise fournit des indications en matière de mobilité cyclable.

L'armature du réseau cyclable devrait se renforcer progressivement au fil des prochaines années. L'îlot C en bénéficiera.

Un projet de réaménagement de la route d'Harcourt à Caen et Fleury-sur-Orne est à l'étude et est inscrit dans le PDU. Il intégrera certainement une piste cyclable continue, selon un axe Nord-Sud, qui irriguera directement le site de l'îlot C depuis le centre-ville de Caen. L'emprise de la rue le permet.

L'îlot C est déjà bien desservi par les infrastructures cyclables existantes, mais que cette offre s'étoffera encore au fil des prochaines années.

► Plan Climat Air Énergie Territorial (PCAET)

En 2018, Caen Normandie Métropole a débuté l'élaboration de deux Plans Climat Air Énergie Territorial (PCAET)

- Un à l'échelle du Schéma de Cohérence Territorial (SCoT Caen-Métropole), afin de donner plus d'ampleur à la stratégie environnementale pensée par les élus (l'élaboration du Plan ayant été transférée au Pôle par les établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) couverts par le SCoT).

Le PCAET de la CU de Caen-la-Mer fait actuellement l'objet d'une consultation réglementaire.

- Un second à l'échelle de la Communauté de Communes (CdC) du Pays de Falaise, membre du Pôle "Socle", dans le cadre d'une action métropolitaine.

Pour plus d'informations, se référer à l'état initial de l'Étude d'Impact du projet.

3.1.2 Description du site en regard des émissions de GES

Le site d'étude est actuellement occupé, d'Ouest en Est, par :

- Des habitations individuelles occupées ou abandonnées avec zones enherbées et jardins potagers,
- Des jardins familiaux bordés par un parking,
- Un champ cultivé.



Vue sur une zone de stationnement puis sur des maisons d'habitation



Vue sur le champ puis sur la zone boisée



Vue sur le champ depuis l'avenue de Suisse Normande



Vue sur des maisons d'habitation avenue d'Harcourt (RN814)



Vue sur une parcelle arborée avenue d'Harcourt (RN814)



Vue sur le chemin d'accès aux jardins familiaux sur la parcelle arborée avenue d'Harcourt (RN814)

Photographie 1 : Etat du site

4. Définition des scénarios avec et sans projet

4.1 Choix des hypothèses

Les hypothèses seront les mêmes pour les scénarios avec et sans projet.

Il est supposé que :

- Le facteur d'émission de la production d'électricité restera constant
- Les facteurs d'émissions liés aux transports en commun resteront constants
- Le facteur d'émission des voitures individuelles va varier au cours du temps en raison de l'électrification progressive du parc. Il a été supposé que l'ensemble des voitures aura en 2050 un facteur d'émission égale à celui des voitures électriques.

4.2 Description du scénario sans projet

Le terrain est actuellement composé de :

- Environ 7 000 m² de parcelle habitée sur lesquels sont construites 4 pavillons d'une surface d'environ 700 m² habitables
- Environ 7 000 m² de friche
- Environ 13 000 m² de jardin potager
- Environ 100 000 m² de champs en culture conventionnelle

Il a été supposé que :

- Les pavillons (environ 700 m² habitables) actuellement sur le site resteront pour les 54 prochaines années.
- Les terrains en friche resteront en friche. La friche sera régulièrement coupée empêchant sa transformation en forêt.
- Les jardins potagers et les champs resteront utilisés comme actuellement

4.3 Description du scénario avec projet

La société SEDELKA souhaite aménager et construire 3 macro-lots. Les travaux se dérouleront au total sur 5 ans. Les premiers habitants emménageront 3 ans après les débuts des travaux. Ce scénario sera pris comme scénario avec projet.

Les macro lots sont les suivants.

► Macro-lot A



Secteur destiné à constituer le quart sud-est du futur centre-ville centré sur l'avenue d'Harcourt, à dominante résidentielle avec commerces et services de proximité en socle d'immeubles

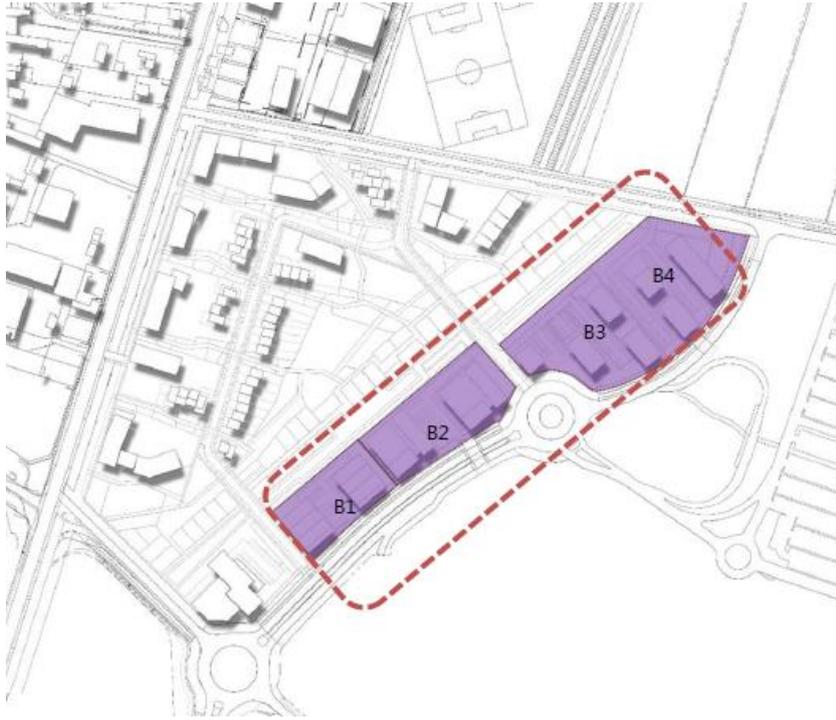
Une différenciation en termes de logements avec:

- L'aménagement de logements collectifs en front de la route d'Harcourt et de la rue du Fier à Bras, participant à la valorisation du quart sud-est du centre-bourg élargi, et la création d'une façade urbaine,
- Développement de maisons appartements sur les parties arrières des îlots dédiés aux logements collectifs,
- Aménagement de maisons individuelles–maisons de ville en cœur de site en lien avec la trame paysagère centrale, cadrés par les espaces verts structurants.

Des lots de tailles variables allant de 1500 à 6000 m² maximum.

- Total macro-lot A : 30859m²
- Programme : 36967m² SDP
- Logements : 35767m² SDP – environ 540 logements,
- Commerces/Services en pied d'immeubles : 1200m²

▀ Macro-lot B



Secteur destiné prioritairement à l'accueil d'activités tertiaires impliquées dans la « ville intelligente/ville connectée » (start-up, recherche, formation, ...) ainsi qu'à l'aménagement de locaux mixte et locaux d'activités.

Ce secteur sera aménagé façon campus : absence de clôtures, liaisons piétonnes faciles et directes entre immeubles,

Développement de 4 à 5 lots visant une programmation mixte : bureaux, locaux mixtes dédiés aux TPE/PME – PMI et locaux d'activités.

Des lots de tailles variables allant de 2500 à 5500m² maximum.

Total macro-lot B : 25313m²

- Programme : 17900m² SDP
 - Tertiaire : 10500m² SDP
 - Activités/Locaux mixte : 7324m² SDP

► Macro-lot C



Secteur destiné à accueillir une offre d'hébergement spécifique avec une fonction service Les activités ciblées sont résidence hôtelière, résidence services, co living.
Création d'un bâtiment signal à R+ 6

Développement d'un lot visant une programmation à dominante hébergement et services
Total macro lot C 4 394 m²
Hébergement services liés à la typologie d'hébergement 5 867 m² SDP

5. Détermination des postes d'émissions significatifs pour chaque scénario

5.1 Scénario sans projet

5.1.1 Description des postes

Les postes d'émission du scénario sans projet sont les suivants :

- Consommation énergétique des pavillons
- Émissions liées à l'exploitation du champ (tracteur, émissions liés aux intrants, travail de la terre)

Il est considéré que la friche ne changera pas d'affectation de sol et qu'il n'y aura ainsi pas de variation d'émission lié.

5.1.2 Significativité des postes

La significativité des postes et la correspondance des postes avec les catégories sont décrites dans le tableau suivant

dans les postes précédents												
9. Achats de produits ou services						Non significatif en quantité						
10. Immobilisations de biens						Les pavillons ont été construits il y a plus de 40 ans						
11. Déchets						Non significatif en quantité						
12. Transport de marchandises amont						Non présent						
13. Déplacements professionnels						Non présent						
14. Actifs en leasing amont						Non présent						
15. Investissements						Non présent						
16. Transport des visiteurs et des clients						Non significatif en quantité						
17. Transport des marchandises aval						Non présent						
18. Utilisation des produits vendus						Non présent						
19. Fin de vie des produits vendus						Non présent						
20. Franchise aval						Non présent						
21. Leasing aval						Non présent						
22. Déplacement domicile travail						Non significatif en quantité						
23. Autres émissions indirectes						Non présent						

5.2 Scénario avec projet

5.2.1 Description des postes

► Démolition

Quelques maisons individuelles sont sur le terrain correspondant à, environ, 700m² habitables. Les émissions liées à leur démolition seront prises en compte.

► Chantier

Les émissions de GES liés à la phase de construction du projet portent sur les postes ci-dessous :

- Immobilisations des équipements, des engins du chantier et de la base vie ;
- Consommation d'énergie pendant les différentes phases de travaux ;
- Transport des équipements sur le chantier ;
- Transport des excédents de chantier (déchets de chantier, déblais) ;
- Matériaux et services entrants / frets.

En l'absence d'informations précises sur la quantité de matériaux mis en œuvre, l'impact des matières premières utilisées dans la construction des bâtiments a été estimé grâce au poids des matériaux (fondation gros œuvre, second œuvre, réseaux, route parking).

Une distance moyenne de 10 km a été utilisée pour l'acheminement des engins de chantier vers le site.

Une distance moyenne de 40 km a été utilisée pour l'apport et l'évacuation des produits de démolition, déchets, terres.

D'après les informations transmises, la phase de chantier s'étend sur environ 5 ans avec un début d'exploitation au bout de 3ans pour la première phase. Les émissions liées aux immobilisations sur chantier ont été comptabilisées en divisant les émissions par la durée de la phase de construction.

► Exploitation liée aux bâtiments

Les émissions de GES liés à la phase de vie du bâtiment portent sur les postes ci-dessous :

- Exploitation du bâtiment;
- Déplacement des résidents

L'estimation des besoins énergétiques annuels des activités du projet est réalisée sur la base des ratios présentés ci-dessous basée sur les contraintes de la RE2020.

Tableau 2 : Besoins en énergie des bâtiments du projet (en kWh_{ef}/an/m²_{SDP})

	Chauffage	ECS	Froid	Électricité réglementaire	Électricité spécifique
Logements collectifs	29,00	36,00		8,00	42,00
Maisons individuelles	30,00	27,00		8,00	42,00
Bureaux	25,00	40,00	3,00	8,00	35,00

Sur l'ensemble du projet, les besoins en MWh_{ef}/an s'élèvent à :

Tableau 3 : Besoins en énergie totale du projet par usage (MWh_{ef}/an)

	Chauffage	ECS	Froid	Électricité réglementaire	Électricité spécifique
Logements collectifs	935 250	1 161 000		258 000	1 354 500
Maisons individuelles	322 500	290 250		86 000	451 500
Bureaux	450 000	720 000	54 000	144 000	630 000

L'impact des consommations d'énergie durant la phase de fonctionnement du projet a été calculé sur la base du mix énergétique envisagé par l'aménageur pour le projet :

- Pour le chauffage, utilisation du réseau de chaleur Caen Sud ayant un facteur d'émissions de 0,12 kgCO_{2e}/KWh
- Les besoins de froid sont couverts par une PAC d'un COP de 2;
- Le réseau électrique urbain couvre les besoins électriques du site.

► Exploitation liée aux déplacements des usagés

Les déplacements de personnes ont également été estimés sur la base des études mobilité de l'INSEE¹ et une étude de l'observatoire des territoires² en utilisant une répartition de la distance parcourue par part modale. La distance totale parcourue par l'ensemble des résidents a ensuite été modélisée sur la base de la taille moyenne d'un ménage (2.2 personnes/logement) et sur une surface moyenne d'occupant pour les bureaux, ateliers et hôtel (20m²/occupant).

Le type de zone urbaine choisi est : banlieue d'une aire urbaine comprise entre 100 000 et 500 000 habitants. Les parts modales dépendent du type de zone urbaine :

¹ : Source :La Revue, « se rendre au travail ou faire ses courses motive toujours un déplacement quotidien sur deux. Le recours à la voiture se stabilise » ; CGDD, service de l'observation et des statistiques

² Source Base unifié des enquêtes déplacement, Cerema 2019- RP, Insee 2010 2015 – traitement Observatoire des territoires – Réalisation CGET 2019

Tableau 4 : Parts modales

Mode de déplacement	Parts modales
Voiture	73%
Transport public	7%
Mode actif	20%

Les distances de déplacement dépendent des parts modales.

Tableau 5 : Distance moyenne parcourue pour chaque mode de déplacement

Mode de déplacement	Distance moyenne par déplacement (km)
Voiture	11,3
Transport public	6,0
Vélo/marche	1,9

Le nombre de déplacements journaliers dépend du type d'usage (logement ou bureau).

Tableau 6 : nombre de déplacement jour par type d'usage

Type d'usage	nb déplacement /jour
Bureau	1,4
logement	3,4

Un bus vient actuellement jusqu'au site. Il est supposé que la communauté de communes ajustera le trafic des bus en fonction de l'augmentation de la population sur le site. Il a été pris ce mode de transport public pour réaliser les calculs.

► **Changement affectation des sols**

Le projet d'aménagement, réalisé sur un terrain d'environ 13 ha, prévoit la création d'environ 4 ha d'espaces verts privés et publics, avec une imperméabilisation du reste du site (emprise bâtie, voies de circulation, places de stationnement). Les émissions de GES liées aux changements d'affectation des sols (prairie vers imperméabilité et pelouses) ont été prises en compte sur le projet.



Figure 3 : Plan du projet

5.2.2 Significativité des postes

La significativité des postes et la correspondance des postes avec les catégories sont décrites dans le tableau suivant

dans les postes précédents												travaux, exploitation
9. Achats de produits ou services	X	X	X	X	X					Matériaux de construction		
10. Immobilisations de biens	X		X	X						Immobilisation engins travaux		
11. Déchets	X		X	X	X					Déchets chantier		
12. Transport de marchandises amont	X	X	X	X	X		Carburant camion					
13. Déplacements professionnels						Non significatif						
14. Actifs en leasing amont						Non présent						
15. Investissements						Non présent						
16. Transport des visiteurs et des clients						Presque inexistant						
17. Transport des marchandises aval						Non présent						
18. Utilisation des produits vendus	X	X	X	X	X					combustion, carburant, électricité, exploitation bâtiment	Amont exploitation	
19. Fin de vie des produits vendus	X		X	X	X					chantier de déconstruction		
20. Franchise aval						Non présent						
21. Leasing aval						Non présent						
22. Déplacement domicile travail	X		X	X	X				Lié aux ouvriers sur le chantier			
23. Autres émissions indirectes						Non présent						

6. Quantification des émissions et estimation des incertitudes pour chaque scénario

6.1 Scénario avec projet

La répartition des émissions est la suivante :

Tableau 8 : répartition des émissions par type d'émission sur l'ensemble de la durée de vie du projet (54 ans) pour le scénario avec projet (en tCO₂e)

	Catégorie a (tCO ₂ e)	Catégorie b (tCO ₂ e)	Catégorie c (tCO ₂ e)	Catégorie d (tCO ₂ e)	Catégorie e (tCO ₂ e)	Catégorie f (tCO ₂ e)	TOTAL
Changement d'affectation des sols	1 520	-	-	-	-	-	1 520
Destruction préalable et terrassement	38	-	1 534	4	-	9	1 585
Chantier sans terrassement	400	94	340	1 532	-	123	2 490
Matière première bâtiment et infrastructure	-	-	-	32 170	-	-	32 170
Exploitation - Énergie	-	-	-	-	22 345	4 943	27 289
Exploitation - Déplacements de personnes	-	-	-	-	29 746	28 270	58 017
Fin de vie	-	-	-	-	1 657	-	1 657
TOTAL	1 959	94	1 874	33 706	53 749	33 346	124 727

Les éléments présentés ci-dessus montrent la prédominance (67%) des émissions indirectes liées à l'utilisation du bâtiment (catégorie e) et majoritairement les déplacements de résidents sur l'ensemble de la phase d'exploitation du projet qui comptent pour 52% des émissions sur le périmètre global. Le porteur de projet n'ayant pas de contrôle en phase d'exploitation, l'ensemble de ces émissions sur toute la durée d'utilisation se classent en catégorie e, il s'agit donc ici d'émissions associées au projet.

Les émissions indirectes liées aux immobilisations des engins et camions et à la matière première du bâtiment et des infrastructures (catégorie d) représentent un poste d'un niveau inférieur. La part la plus importante étant liée aux matériaux de construction.

Les autres émissions indirectes (catégorie f) liées aux émissions amonts des énergies utilisées lors du projet et pendant la phase d'exploitation, sont de l'ordre de 11%.

Enfin les autres postes (déplacements des résidents, émissions indirectes liées à l'énergie et autres émissions indirectes) peuvent être qualifiés de postes secondaires avec un total représentant 2% des émissions globales.

Les graphiques suivants présentent les émissions de GES annuelles sur l'ensemble de la durée de vie du projet.

Les incertitudes sont de l'ordre de 50% provenant de :

- Incertitude concernant les données brutes (poids de matière première, distance aux fournisseurs, ...)

- Les facteurs d'émission

Ces incertitudes ne changent pas la hiérarchie des types d'émission et les ordres de grandeur.

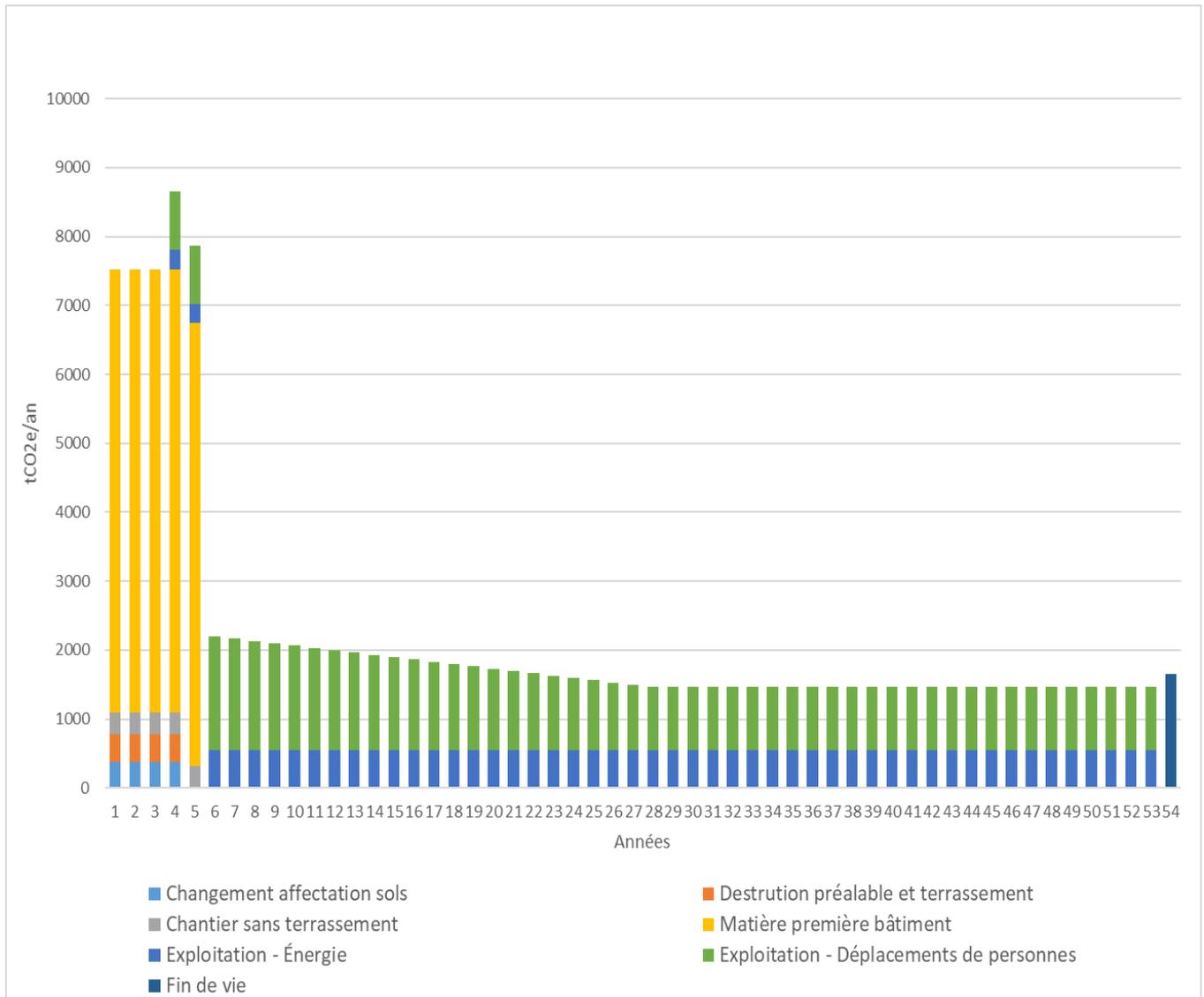


Figure 4 : Émissions annuelles sur la durée de vie du projet

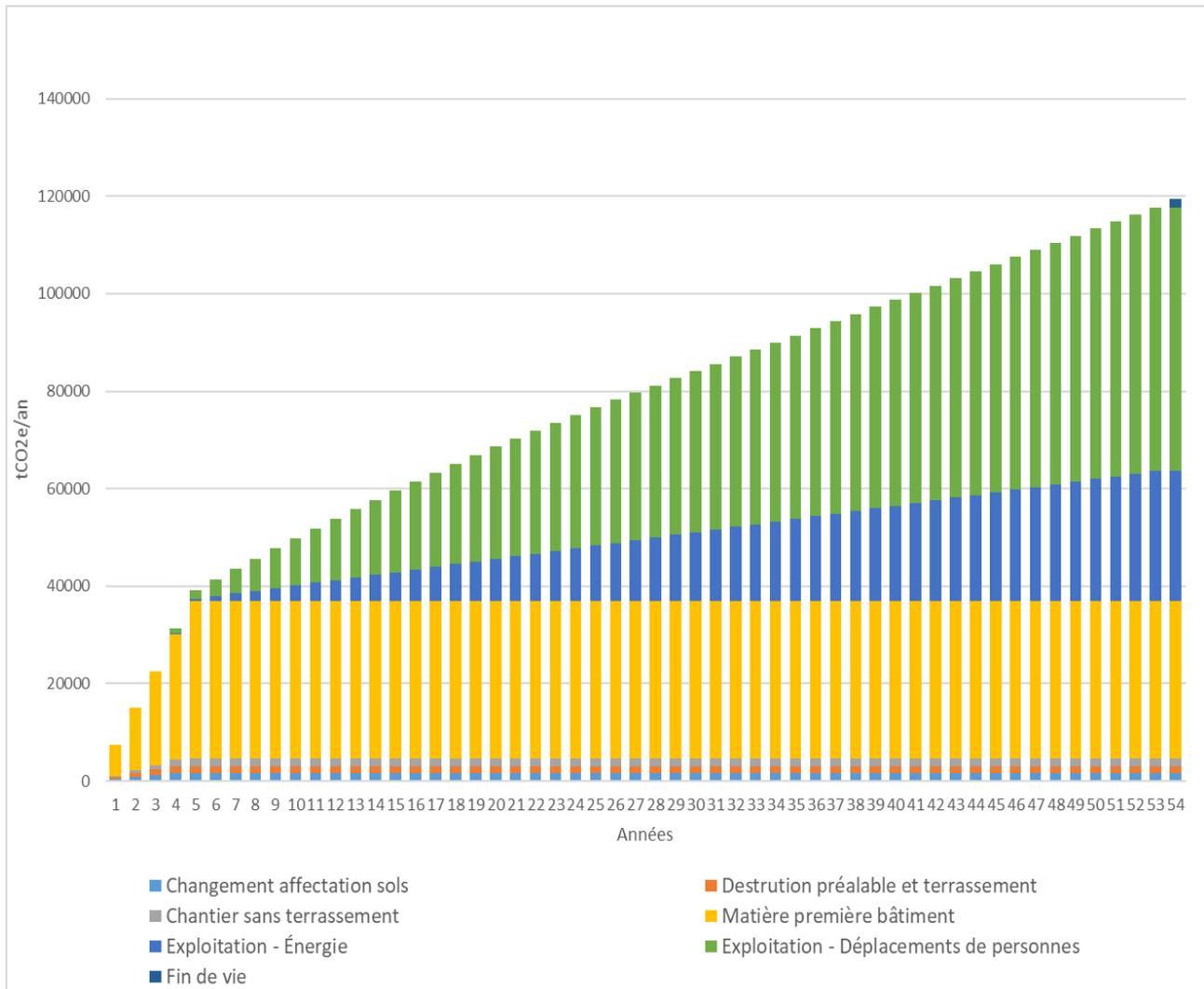


Figure 5 : Émissions annuelles cumulées sur la durée de vie du projet

6.2 Scénario sans projet

Les émissions liées aux pavillons sont d'environ **404 tCO₂e** sur les 54 ans prochaines années.

Il a été supposé que le champ resterait exploité de manière conventionnelle. Le facteur d'émission de 4tCO₂e/ha.an a été pris pour les émissions liées à ce champ³.

Ces émissions sont d'environ **24 000 tCO₂e** sur les 54 ans prochaines années.

Les incertitudes sont de l'ordre de 50% provenant de :

- Incertitude concernant les données brutes (poids de matière première, distance aux fournisseurs, ...)
- Les facteurs d'émission

³ Source FAL report 58 (2005)

Ces incertitudes ne changent pas la hiérarchie des types d'émission et les ordres de grandeur.

Tableau 9 : répartition des émissions par type d'émission sur l'ensemble de la durée de vie du projet (54 ans) pour le scénario sans projet en comptant que les émissions liées au site

	Catégorie a (tCO2e)	Catégorie b (tCO2e)	Catégorie c (tCO2e)	Catégorie d (tCO2e)	Catégorie e (tCO2e)	Catégorie f (tCO2e)	TOTAL
Exploitation agricole	24 200	-	-	-	-	-	24 200
Exploitation - Énergie site actuel	-	-	-	-	310	94	404
TOTAL	24 200	-	-	-	310	94	24 604

6.3 Scénario sans projet en prenant en compte les émissions liées aux usagers qui seraient venues sur le site en cas de projet (hors demande réglementaire)

À titre indicatif, bien que les émissions associées au scénario sans projet doivent être estimées sur l'aire d'étude, il a été quantifié également les émissions liées au transport et à la consommation énergétique des bâtiments en l'absence de projet (pour les résidents si le projet n'avait pas lieu). L'idée étant de mettre en exergue l'impact de l'emplacement du projet (pour les déplacements) et l'amélioration des performances énergétiques des bâtiments.

► Déplacement

Ainsi, pour information, les émissions de GES associés aux déplacements des résidents sur leur lieu actuel de résidence pourraient être comptabilisées en prenant comme hypothèse que les futurs habitants habitent dans la commune centre de Caen. Ces émissions associées, **sont égales à 50 000 tCO₂e (au lieu des 68 000 tCO₂e pour le scénario projet)** sur l'ensemble de la durée de vie du projet. Les parts modales pour les habitants de la commune centre de Caen sont les suivantes :

Tableau 10 : Parts modales

Type de déplacement	Parts modales
Voiture	57%
Transport public	10%
Mode actif	33%

► Bâtiment

Concernant les consommations des bâtiments, il a été pris les émissions moyennes par français (0,83 tCO₂e/an). Ces émissions associées, **sont égales à 98 000 tCO₂e (au lieu des 27 000 tCO₂e pour le scénario projet)**

Tableau 11 : répartition des émissions par type d'émission sur l'ensemble de la durée de vie du projet (54 ans) pour le scénario sans projet en comptant également les émissions hors site

	Catégorie a (tCO2e)	Catégorie b (tCO2e)	Catégorie c (tCO2e)	Catégorie d (tCO2e)	Catégorie e (tCO2e)	Catégorie f (tCO2e)	TOTAL
Exploitation agricole	24 200	-	-	-	-	-	24 200
Exploitation - Énergie	-	-	-	-	-	98 517	98 517
Exploitation - Déplacements de personnes	-	-	-	-	26 307	23 484	49 791
TOTAL	24 200	-	-	-	26 307	122 001	172 508

6.4 Scénario dégradé

Le scénario dégradé entraîne une modification des émissions liées à l'exploitation : le chauffage prévu dans le projet avec un mix réseau de chaleur est envisagé en gaz.

Tableau 12 : répartition des émissions par type d'émission sur l'ensemble de la durée de vie du projet (54 ans) pour le scénario dégradé (en tCO₂e)

	Catégorie a (tCO2e)	Catégorie b (tCO2e)	Catégorie c (tCO2e)	Catégorie d (tCO2e)	Catégorie e (tCO2e)	Catégorie f (tCO2e)	TOTAL
Changement d'affectation des sols	1 520	-	-	-	-	-	1 520
Destruction préalable et terrassément	38	-	1 534	4	-	9	1 585
Chantier sans terrassément	400	94	340	1 532	-	123	2 490
Matière première bâtiment et infrastructure	-	-	-	32 170	-	-	32 170
Exploitation - Énergie dégradé	-	-	-	-	21 466	8 402	29 869
Exploitation - Déplacements de personnes	-	-	-	-	29 746	28 270	58 017
Fin de vie	-	-	-	-	1 657	-	1 657
TOTAL	1 959	94	1 874	33 706	52 870	36 805	127 307

Les variations sont très faibles (une augmentation de 2%) en raison des contraintes fortes de la RE2020 réduisant de manière importante les consommations liées au chauffage.

7. Calcul de l'impact du projet

7.1 Calcul de l'impact entre le scénario avec projet et sans projet (restreint à la parcelle)

La comparaison des émissions liées au scénario avec projet et au scénario sans projet (en prenant uniquement les émissions liées à la parcelle) nous permet de calculer l'impact du projet.

Tableau 13 : Impact global par type d'émission sur l'ensemble de la durée de vie du projet (50 ans) en prenant uniquement, pour le scénario sans projet, les émissions provenant du site.

	Catégorie a (tCO2e)	Catégorie b (tCO2e)	Catégorie c (tCO2e)	Catégorie d (tCO2e)	Catégorie e (tCO2e)	Catégorie f (tCO2e)	TOTAL
Changement d'affectation des sols	1 520	-	-	-	-	-	1 520
Destruction préalable et terrassement	38	-	1 534	4	-	9	1 585
Chantier sans terrassement	400	94	340	1 532	-	123	2 490
Matière première bâtiment et infrastructure	-	-	-	32 170	-	-	32 170
Exploitation - Énergie	-	-	-	-	22 035	4 849	26 884
Exploitation - Déplacements de personnes	-	-	-	-	29 746	28 270	58 017
Fin de vie	-	-	-	-	1 657	-	1 657
Exploitation agricole	-	24 200	-	-	-	-	24 200
TOTAL	- 22 241	94	1 874	33 706	53 439	33 251	100 123

Le graphique ci-dessous présente la différence entre les deux scénarios d'étude sur la durée de vie du projet.

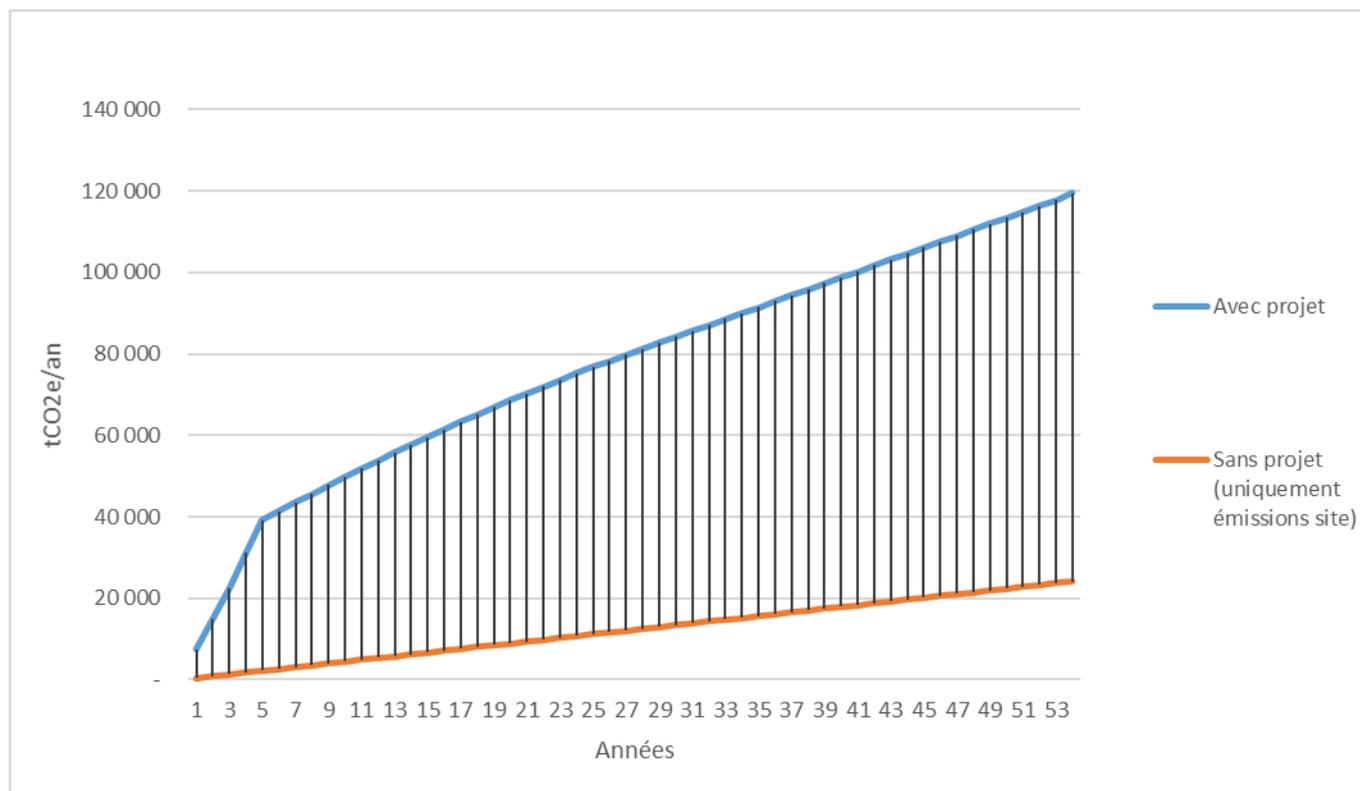


Figure 6 : Impact du projet sur les émissions GES

7.2 Calcul de l'impact entre le projet avec scénario et sans scénario (en prenant en compte les émissions des usagers qui seraient venus sur le site en cas projet)

Le diagramme ci-dessous représente, à titre indicatif car non demandé d'un point de vue réglementaire, la différence entre le projet envisagé et un scénario sans projet en prenant en compte les déplacements et les consommations énergétiques des bâtiments hors site des futurs habitants.

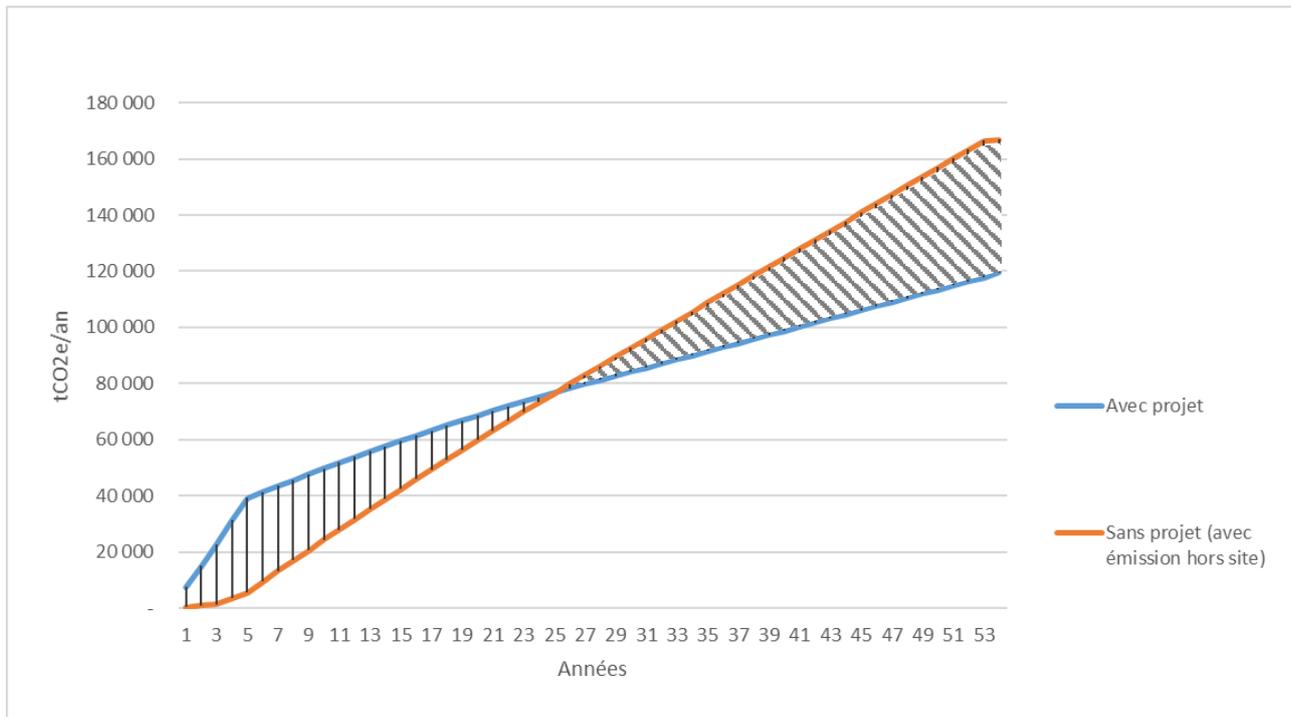


Figure 7 : Impact projet en prenant en compte déplacement et bâtiments sans projet hors site

Les déplacements carbonés des résidents seront plus importants dans le projet (que hors du projet), mais leurs consommations énergétiques liées aux bâtiments seront moins émissives. Il est à remarquer que les émissions liées au chantier et à des déplacements plus importants avec le projet sont équilibrées au bout de 40 ans par la réduction des émissions liées aux bâtiments.

8. Propositions de mesures ERC

Les mesures ERC sont l'ensemble des mesures prévues par le maître d'ouvrage pour :

- Éviter les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine ;
- Réduire les effets n'ayant pu être évités ;
- Compenser les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être évités ni suffisamment réduits.

Sur l'ensemble des phases du projet d'aménagement, les mesures permettant de pallier ces incidences sont de deux ordres :

8.1 Mesures déjà mises en place

Les mesures suivantes sont celles déjà mises en œuvre dans le cadre du scénario avec projet.

Tableau 14 : Mesures ERC du projet d'aménagement

Mesures associées	Type de mesure	Gain			
		Catégorie d'émission concernée	Type d'émission	Pourcentage de gain par type d'émission (%)	Gain en émission (tCO ₂ e)
Pour le chauffage : utilisation du réseau de chaleur de Caen Sud à la place du gaz	Réduction	e	Exploitation énergie bâtiment	9%	2 600
Remplacer dans 10% des bâtiments de logement d'une partie du béton par du bois	Réduction	d	Matière première bâtiment et infrastructure	3%	1 000

8.2 Pour aller plus loin

Les mesures suivantes pourraient être mises en œuvre soit par d'autres parties prenantes (commune, département, ...) soit par le promoteur avec un surcoût important.

Tableau 15 : Mesures ERC du projet d'aménagement

Mesures associées	Type de mesure	Gain			
		Catégorie d'émission concernée	Type d'émission	Pourcentage de gain par type d'émission (%)	Gain en émission (tCO ₂ e)
Doubler la surface de jardin potager, ce qui réduira les émissions liées à l'achat de légume.	Réduction	e	NA	NA	23
Mise en place d'offres de transports alternatives performantes : bus et piste cyclable, covoiturage en dehors du site.	Réduction	e	Exploitation - Déplacements de personnes	24%	24 000
Utilisation de béton bas carbone pour la construction des bâtiments	Réduction	d	Matière première bâtiment et infrastructure	20%	6 400
Réduction des surfaces imperméabilisées de 10%	Evitement	e	Changement affectation du sol ET Chantier sans terrassement	NA	240

9. Conclusion

Les émissions globales du projet le plus probable sont d'environ 100 ktCO₂e sur la durée de vie du projet (durée de vie du bâtiment et travaux). La part la plus importante étant liée à l'exploitation du site (énergie des bâtiments et déplacements des usagers liés au site).

Le site, étant dans une zone peu dense et peu desservi par les transports publics, les usagers des nouvelles constructions vont augmenter leurs émissions liées aux déplacements. Toutefois cela sera limité par le fait que les usagers vont occuper des bâtiments énergétiquement performants (RE 2020).

Plus globalement, la réduction, pour les usagers, des consommations énergétiques des bâtiments va s'équilibrer avec l'ensemble des émissions liées à la construction du site au bout de 27 ans.