

Étude sur l'impact en émissions de gaz à effet de serre

Projet d'extension de la ZA du Martray à Giberville (14)
Caen-la-Mer Normandie Communauté Urbaine



Extension de la Zone d'activité du Martray à l'Est
Source : Géoportail

En application de l'article R.122-5 du code de l'environnement

Rapport d'étude – octobre 2024 – version provisoire

Sommaire

INTRODUCTION	3
1. CONTEXTE ET PRÉSENTATION DU PROJET.....	4
1.1. Contexte réglementaire	4
1.2. Situation géographique et milieu physique.....	4
1.3. Projet d'aménagement	6
2. DESCRIPTION DE L'ÉTAT INITIAL DU SITE	7
3. DÉFINITION DES SCÉNARIOS, AVEC ET SANS PROJET	8
3.1. Éléments communs aux deux scénarios.....	8
3.2. Scénario sans projet	8
3.3. Scénario avec projet.....	9
3.4. Durée des scénarios	9
4. DÉTERMINATION DES POSTES SIGNIFICATIFS D'ÉMISSIONS	10
5. ÉVALUATION DES ÉMISSIONS DE GES – SCÉNARIO SANS PROJET.....	11
5.1. Émissions/absorptions générées par la biomasse	11
5.2. Émissions des entreprises	11
5.3. Émissions totales	12
6. ÉVALUATION DES ÉMISSIONS DE GES – SCÉNARIO AVEC PROJET.....	13
6.1. Émissions générées par le changement d'affectation des sols	13
6.2. Émissions générées par les travaux	14
6.3. Émissions en exploitation	15
6.4. Fin de vie	16
7. IMPACT DU PROJET	17
7.1. Émissions uniques	17
7.2. Émissions récurrentes (annuelles)	18
7.3. Impact global du projet.....	19
8. MESURES ERC (ÉVITER, RÉDUIRE, COMPENSER).....	21
CONCLUSION.....	22
ANNEXE : EXEMPLES DE SOLUTIONS POUR BAISSER LES ÉMISSIONS DES PROJETS	23

Nom et qualification des auteurs et relecteurs de l'étude

- Auteur de l'étude : Olivier DESCOUT, ingénieur
- Relecteur : Geoffrey LEPEERS, ingénieur

INTRODUCTION

Cette étude porte sur les émissions de gaz à effet de serre du projet d'extension de la zone d'activité (ZA) du Martray, dans la commune de Giberville (14), sur un terrain initialement agricole.

L'opération concerne l'aménagement d'une zone de 11 hectares permettant la création d'un pôle à vocation économique. Le terrain se divise en une trentaine de parcelles où s'installeront des entreprises essentiellement industrielles et logistiques.

Cet aménagement est prévu sur une période longue, de plusieurs années. Les nouvelles constructions seront soumises à la norme RE 2020 ou une norme de construction ultérieure le cas échéant.

Conformément à la réglementation (voir section « Contexte réglementaire » ci-après), l'objectif de cette étude est de quantifier et de comparer les émissions de gaz à effet de serre engendrées dans un scénario avec projet par rapport à un scénario sans projet, et de préconiser des mesures permettant de réduire l'impact de l'opération projetée en matière d'émissions de gaz à effet de serre.

1. CONTEXTE ET PRÉSENTATION DU PROJET

1.1. Contexte réglementaire

Selon l'article R.122-5 du code de l'environnement, alinéa 4° du II (introduit par le décret n°2016-1110 du 11 août 2016, article 1) : « En application du 2° du II de l'article L. 122-3, l'étude d'impact comporte les éléments suivants [...] 4° Une description des facteurs mentionnés au III de l'article L. 122-1 susceptibles d'être affectés de manière notable par le projet : [...] **le climat** [...]. »¹

De ce fait, tout projet d'aménagement doit inclure, dans son étude d'impact, un volet « Émissions de gaz à effet de serre ». Un document dédié, édité par le ministère de la Transition Écologique précise la manière dont cette étude d'impact doit prendre en compte les émissions de gaz à effet de serre engendrées par le projet².

1.2. Situation géographique et milieu physique

Le projet est situé dans l'agglomération de Caen, préfecture du département Calvados en région Normandie, sur la commune de Giberville, à l'est de Caen. En 2020, la commune comptait un peu moins de 5 000 habitants.



Figure 1. Localisation du site du projet à l'échelle régionale.

Source : Google Maps

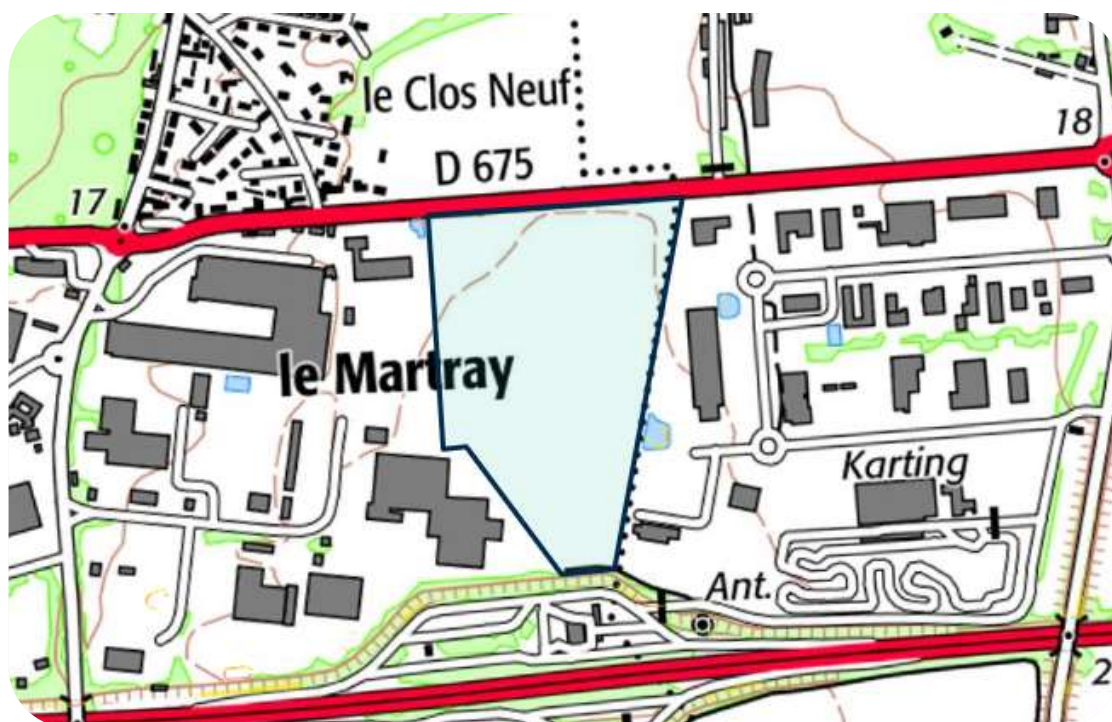
¹ https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000046974945

² [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Prise en compte des émissions de gaz à effet de serre dans les études d'impact_0.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Prise%20en%20compte%20des%20%C3%A9missions%20de%20gaz%20%C3%A0%20effet%20de%20serre%20dans%20les%20%C3%A9tudes%20d'impact_0.pdf)



*Figure 2. Localisation du site du projet sur une vue aérienne du nord-est de Caen.
Source : Géoportail*

Le projet est une extension de la zone d'activité du Martray, à l'extrémité est de la limite du territoire de la commune de Giberville. La parcelle concernée est un terrain agricole. La nouvelle zone est également bordée au Sud par l'Aire d'autoroute de Giberville Nord, par la départementale D675 au Nord, et par la zone d'activités du Clos Neuf.



*Figure 4. Localisation du site du projet au cœur de la ZA du Martray
Source : fond de carte IGN sur Géoportail*

1.3. Projet d'aménagement

Le projet est une extension d'une zone industrielle, en s'installant sur une ancienne terre agricole, située entre deux zones d'activités. Il est destiné à accueillir des entreprises : des petites industries et artisans.

Trente-et-une parcelles sont prévues sur le site, avec des tailles de l'ordre de 2 500 m² chacune, soit 75 454 m² cessibles au total, les autres espaces du site étant réservés aux voies de communication et aux espaces verts.

À l'heure où est écrit ce rapport, le projet est encore peu avancé et les activités qui s'installeront sur le site ne sont pas encore connues, à l'exception de l'entreprise de logistique TODD, avec qui un accord devrait être passé afin de permettre un droit de passage en échange de l'agrandissement du site existant sur une partie du terrain visé par cette étude.

Une poche centrale d'emplacements pour les voitures est envisagée, en alternative au fait de laisser chaque entreprise prévoir ses propres places sur sa parcelle.

2. DESCRIPTION DE L'ÉTAT INITIAL DU SITE

Le site est un terrain agricole. Il est bordé à l'est et à l'ouest par les bâtiments d'activités économiques de la zone industrielle existante : au nord par la D675, puis un terrain agricole ; au sud par l'aire de Giberville Nord sur l'autoroute A13.



Figure 3. Vue aérienne du secteur – Source : Géoportail

3. DÉFINITION DES SCÉNARIOS, AVEC ET SANS PROJET

Estimer l'impact en GES du projet nécessite de réaliser deux calculs : l'un est dévolu aux émissions de GES du projet lui-même ; l'autre cible les émissions qui auraient lieu si le projet n'était pas réalisé, toutes choses étant égales par ailleurs. Nous déduisons ensuite l'impact en GES du projet comme la différence des deux calculs.

Il nous faut donc définir les scénarios avec et sans projet, et ce en quoi ils diffèrent.

Une des conséquences de la prise en compte de ces deux scénarios est que les entreprises ciblées pour intégrer l'extension de la zone d'activité (scénario avec projet), sont également à prendre en compte pour le scénario sans projet.

Dans les deux scénarios, ces entreprises sont basées dans un bâtiment, consomment de l'énergie, des biens et effectuent des déplacements. Et ces activités émettent des gaz à effet de serre. Notre étude s'attache à la quantification de ces émissions, hormis pour les cas où elles sont considérées comme identiques.

3.1. Éléments communs aux deux scénarios

Nous supposons que les entreprises qui occupent la Zone d'Activités dans le scénario avec projet, existent déjà ailleurs en France avant le projet et sont opérationnelles. Les émissions engendrées par leur activité doivent donc être prises en compte pour les deux scénarios, en particulier la consommation d'énergie liée au chauffage des locaux, la consommation d'électricité, les déplacements des collaborateurs, etc.

L'écosystème économique de la Communauté Urbaine Caen-la-Mer fait que les entreprises sont très majoritairement locales et, quand elles déménagent, restent dans la même partie de la zone urbaine. Par conséquent, nous considérons que les déplacements domicile-travail et professionnels des collaborateurs sont les mêmes dans les deux scénarios.

Nous supposons également que dans les deux scénarios, avec et sans projet, l'ensemble des entreprises consomment la même quantité de biens, de services et d'électricité spécifique pour leur activité propre, et que leurs collaborateurs consomment la même quantité de produits alimentaires.

3.2. Scénario sans projet

a) État de la Zone d'Activités

La zone concernée, pour ce scénario, est telle qu'elle est à ce jour, soit une parcelle agricole, soit un champ céréalier cultivé.

b) Émissions liées à l'activité des entreprises ciblées pour occuper la ZA

Nous prenons l'hypothèse que pour les entreprises ciblées, les trois-quarts des locaux qu'elles occupent aujourd'hui sont chauffés au gaz, et un quart, avec des radiateurs électriques à effet Joule.

3.3. Scénario avec projet

Le projet est une zone d'activités avec voirie, cheminements et lots privatifs. Les entreprises faisant l'acquisition des lots privatifs réaliseront, sur leurs lots, des voies d'accès et de cheminement, des parkings et des espaces verts.

Dans chaque lot, une partie du sol est artificialisée pour les bâtiments d'activités, la voirie, les cheminements et les parkings ; le reste est supposé être transformé en espace vert.

Le projet conduit donc à imperméabiliser une partie de la zone qui est, sans projet, une friche végétale. Bien que la friche corresponde à un sol artificiel, cette étude l'assimilera à un espace de type prairie pour pouvoir estimer les émissions de gaz à effet de serre engendrées par le changement d'usage des sols du projet.

3.4. Durée des scénarios

La durée des deux scénarios correspond à celle du projet. En l'absence de donnée précise, nous prenons une durée de vie des bâtiments égale à 50 ans³, soit, avec une phase globale de travaux de deux ans et un an de fin de vie, une durée totale des scénarios de 53 ans.

³ Source : RE2020, Eurocode 0 (NF EN 1990).

4. DÉTERMINATION DES POSTES SIGNIFICATIFS D'ÉMISSIONS

Les postes d'émissions significatifs découlent des scénarios. Parmi les postes significatifs, nous retenons ceux qui sont affectés par le scénario avec projet, à savoir :

- les émissions dues à la construction des nouveaux bâtiments,
- les émissions dues à l'usage des nouveaux bâtiments, dont :
 - consommation d'énergie (chaleur et électricité) des futurs occupants,
- les émissions dues aux déplacements domicile-travail
- les émissions dues à la fin de vie des bâtiments.

Le tableau ci-dessous reprend chacun des postes d'émissions et indique s'il est commun aux deux scénarios ou différent, et s'il est considéré comme significatif dans le cadre de cette étude.

Poste d'émission	Identique ou différent selon le scénario ?	Significatif ?
Changement d'usage des sols	Différent	Oui
Construction des nouveaux bâtiments	Différent	Oui
Usage des bâtiments : consommation de chaleur	Différent	Oui
Usage des bâtiments : consommation d'électricité	Identique	Oui
Usage des bâtiments : déchets verts	Différent	Non
Achats de biens et services des entreprises	Identique	Non
Déplacements domicile-travail des habitants	Identique	Non
Fin de vie des bâtiments	Différent	Oui

5. ÉVALUATION DES ÉMISSIONS DE GES – SCÉNARIO SANS PROJET

5.1. Émissions/absorptions générées par la biomasse

En scénario sans projet, la parcelle est telle qu'aujourd'hui, à savoir, un champ cultivé. Cette surface représente 10,4 hectares. Pour évaluer la quantité de CO₂ absorbée par la biomasse sur cette surface, nous considérons qu'elle est assimilable à une prairie.

En prenant un indicateur GES de $-1,0 \text{ tCO}_2\text{e/ha.an}^4$, **les émissions absorbées annuellement par le site de la Zone d'Activités en scénario sans projet sont estimées à : un peu plus de 10,4 t CO₂e par an.**

5.2. Émissions des entreprises

Les émissions concernées sont celles qui sont engendrées, dans le scénario sans projet, par les entreprises ciblées pour occuper la Zone d'Activités dans le scénario avec projet.

Dans le principe, il faut distinguer les émissions dues à la consommation d'énergie (chaleur et électricité) des entreprises là où elles se trouvent dans le scénario sans projet, et les émissions dues aux déplacements de leurs collaborateurs dans ce même scénario.

Au préalable, nous allons établir des hypothèses, afin de caractériser les entreprises sur les critères des bâtiments et des déplacements, pour le scénario sans projet.

a) Consommation de chaleur dans les bâtiments

Les estimations de besoins en chauffage des entreprises de la Zone d'Activités correspondent à celles calculées dans le rapport EnR⁵, auxquelles est appliqué un facteur multiplicatif correspondant à la baisse d'un tiers de consommation d'énergie grâce à une meilleure isolation des bâtiments de la Zone d'Activités par rapport à leurs bâtiments existants.

La consommation de chaleur et les émissions de GES associées sont donc les suivantes :

	Besoin en chaleur (MWh/an)	Mode de chauffage utilisé	Part	FE (t CO ₂ e/MWh thermique)	Émissions théoriques (t CO ₂ e/an)
Bureaux	1 290	Gaz naturel	75%	0,227	229,7
		Radiateurs électriques à effet Joule (France)	25%	0,080	29,2
Activités	3 697	Gaz naturel	75%	0,227	658,3
		Radiateurs électriques à effet Joule (France)	25%	0,080	83,6
Total	4 988				1001

⁴ Indicateur GES basé sur l'équivalent d'une prairie avec pâturage, en prenant en compte les quelques arbres.

⁵ Étude sur le potentiel de développement des énergies renouvelables et de création d'un réseau de chaleur ou de froid, pour l'extension de la ZI de Martray – Giberville, du 31 mai 2023

b) Consommation d'électricité spécifique dans les bâtiments

Les estimations de besoins en électricité spécifique des entreprises de la Zone d'Activités correspondent à celles calculées dans le rapport EnR⁶. Elles sont supposées être les mêmes avant et après projet.

La consommation d'électricité spécifique et les émissions de GES associées sont donc les suivantes :

	Besoin en électricité spécifique (MWh/an)	FE (t CO _{2e} /MWh électrique)	Émissions théoriques (t CO _{2e} /an)
Bureaux	258	0,052	13,4
Activités	739		38,5
Total	998		51,9

c) Consommation d'énergie liées aux déplacements de personnes

Du fait des hypothèses prises, les déplacements domicile-travail et professionnels sont supposés être similaires dans les deux scénarios. Par conséquent, Les émissions de GES liées aux déplacements de personnes sont également similaires et ne sont pas calculées dans cette étude.

5.3. Émissions totales

Pour le scénario sans projet, les émissions des différents postes sont données dans le tableau suivant.

Catégorie d'émissions	Émissions totales (t CO _{2e}) ⁷	Émissions annuelles (t CO _{2e} /an)
Consommation de chaleur	47 400	1001
Consommation d'électricité	2 600	52
Déplacements	Idem Scénario avec projet	Idem Scénario avec projet

⁶ Étude sur le potentiel de développement des énergies renouvelables et de création d'un réseau de chaleur ou de froid, pour l'extension de la ZI de Martray – Giberville, du 31 mai 2023.

⁷ Émissions calculées ou estimées pour une durée de 50 ans à partir des émissions annuelles.

6. ÉVALUATION DES ÉMISSIONS DE GES – SCÉNARIO AVEC PROJET

6.1. Émissions générées par le changement d'affectation des sols

Le projet implique l'imperméabilisation d'une partie du sol de la Zone d'Activités. A minima, les chantiers de terrassement pour les bâtiments et la création du réseau viaire et des parkings vont supprimer une partie du sol perméable, qu'il soit naturel ou à l'état de friche végétale, après projet.

Néanmoins, le projet prévoyant de conserver des espaces verts, il subsistera une surface de sol perméable, à savoir les espaces verts aménagés sur le site du projet, et les parties des lots non construites.

Nous considérons donc les types de sol suivants :

- Toutes les surfaces imperméabilisées, c'est-à-dire traitées en enrobé (accès, voirie, parking, cheminement), ainsi que l'emprise au sol des constructions sur chacun des lots.
- Le reste, soit l'ensemble des espaces verts communs aménagés ainsi que les surfaces de pelouse des différents lots privés, que nous assimilons à de la prairie.

En l'absence de donnée plus précise sur les surfaces des futurs bâtiments et voiries privées à l'intérieur des lots, nous reprenons les hypothèses du rapport EnR⁸, à savoir : 50 % de la superficie des lots seront occupés par du bâti, et 20 % supplémentaires le seront par la voirie, les cheminements et les parkings privés des entreprises installées dans la Zone d'Activités.

Par conséquent, les surfaces de ces sols sont les suivantes :

Type		Surface (m²)
Sols artificiels	Surfaces traitées en enrobé	32 130
	Emprise au sol des bâtiments	37 725

Les émissions de CO₂ générées une seule fois, à la fin de la phase Travaux sont les suivantes :

Type	Surface (ha)	Type de Facteur d'Émission	FE (t CO ₂ /ha)	Émissions (t CO ₂)
Sol imperméabilisé	7,6	Prairie vers sol imperméabilisé	290	1 445

Les émissions générées par le changement d'affectation des sols dans la zone d'activités sont donc estimées à : 1 445 t CO₂e.

⁸ Étude sur le potentiel de développement des énergies renouvelables et de création d'un réseau de chaleur ou de froid, pour l'extension de la ZI de Martray – Giberville, du 31 mai 2023.

6.2. Émissions générées par les travaux

a) Matériaux, ressources utilisées et travaux de construction

La Base Empreinte®⁹ propose des facteurs d'émissions pour **l'empreinte carbone de bâtiments**, tenant compte des matériaux utilisés et de l'énergie consommée pour la construction. Ces facteurs sont des ratios d'émissions de CO₂ ramenés à la surface de plancher (SDP). Les surfaces de plancher sont issues du rapport EnR¹⁰.

Structure	SDP (m ²)	FE <small>Erreur ! Signet non défini.</small> (tCO ₂ e/m ²)	Émissions (tCO ₂ e)
Bâtiments	49 043	0,525 ⁹	25 747

Les émissions générées par la construction des bâtiments du projet sont estimées à : 25 747 t CO₂e.

b) Voiries et parkings

Nous pouvons également calculer les émissions générées par les matériaux et la construction des parkings et voiries.

NB. Ces données ont été extrapolées à partir d'autres études réalisées par le cabinet Lamy Environnement (ratio par rapport à la surface globale du projet).

Espace public	Surface (m ²)	Type de voirie	FE (tCO ₂ e/m ²)	Émissions (tCO ₂ e)
Voirie publique traitée en béton armé enrobé	6 980	TC2	0,087	607
Voirie et parkings privés traitée en enrobé	25 150	TC1	0,015	377
Cheminements	6 200	terre battue	0,025	155

Les émissions générées par la construction de la voirie et des autres surfaces en enrobé sur le projet sont estimées à : 1 140 t CO₂e.

⁹ Source : Base Empreinte® de l'ADEME (Agence de la Transition Écologique).

¹⁰ Ces valeurs sont issues de notre rapport *Étude sur le potentiel de développement des énergies renouvelables et de création d'un réseau de chaleur ou de froid*, pour l'extension de la ZI de Martray – Giberville, du 31 mai 2023.

6.3. Émissions en exploitation

a) Consommation de chaleur dans les bâtiments

Concernant le besoin en chaleur, nous partons du principe qu'aucun bâtiment ne sera chauffé ni au gaz naturel (la Communauté Urbaine a choisi de ne pas étendre son réseau à la Zone d'Activités), ni au fioul, ni au propane (ni au charbon évidemment). La Communauté Urbaine ne disposant d'aucun réseau de chaleur dans le secteur, ce mode de chauffage ne pourra pas non plus être utilisé par les entreprises de la Zone d'Activités à moyenne échéance.

Pour les bureaux comme les locaux d'activités, nous supposons que, du fait des obligations énergétiques et d'émissions de GES du décret Tertiaire, la totalité des entreprises choisiront un système de chauffage par pompe à chaleur (PAC) et une production d'eau chaude sanitaire (ECS) par chauffe-eau thermodynamique (CET). Nous prenons les valeurs de coefficients de performance (COP) pour ces deux systèmes à, respectivement, 3 et 2 (valeurs conservatives).

Enfin, nous supposons que la consommation d'énergie pour produire l'eau chaude sanitaire (ECS) est faible, d'environ 1/9 supplémentaire, comparée à celle du chauffage et à la climatisation des locaux.

	Besoin en chaleur (MWh/an)	Mode de chauffage utilisé	Part	FE (tCO ₂ e/MWh thermique)	Émissions théoriques (tCO ₂ e/an)
Bureaux	1 290	PAC (COP = 3,5)	90 %	0,017	20,1
		Chauffe-eau thermodynamique (COP = 2)	10 %	0,026	3,4
Activités	3 697	PAC (COP = 3,5)	90 %	0,017	57,7
		Chauffe-eau thermodynamique (COP = 2)	10 %	0,026	9,6
Total	4 988				90,8

NB. Les valeurs de besoins en chaleur sont issues du rapport EnR ¹¹.

Les émissions générées par les besoins de chauffage sont estimées à : 91 t CO₂e.

b) Consommation d'électricité dans les bâtiments

Pour évaluer les émissions de la consommation d'électricité dans les bâtiments, nous prenons le besoin en électricité (y compris celui des PAC et des chauffe-eau thermodynamiques du fait des besoins de chaleur), auquel nous soustrayons la quantité d'électricité produite par les panneaux photovoltaïques (PV).

¹¹ Étude sur le potentiel de développement des énergies renouvelables et de création d'un réseau de chaleur ou de froid, pour l'extension de la ZI de Martray – Giberville, du 31 mai 2023.

Notons qu'en cas d'activité de pressing ou de laverie, les besoins en électricité spécifique pourraient être plus importants que ceux supposés. Nous avons pris l'hypothèse que ce type d'activité ne serait pas présent sur le site.

Nous supposons enfin que la part de l'électricité photovoltaïque produite et non autoconsommée est injectée sur le réseau électrique, puis consommée ailleurs dans le pays.

	Besoin total en électricité (MWh/an)	Production PV (MWh/an)	FE (t CO ₂ e/MWh électrique généré)	Émissions théoriques (tCO ₂ e/an)
Artisanat + Bureaux	998 + 1 746 = 2 743	1 756	0,0439	77,1

En tenant compte de la production d'électricité photovoltaïque, les émissions dues à la consommation totale d'électricité (consommation d'électricité spécifique + consommation d'électricité engendrée par la consommation de chaleur) **sont donc de 128,4 t CO₂e/an**, et permettent d'éviter l'émission de 14,2 t CO₂e/an.

c) Consommation d'énergie liées aux déplacements de personnes

Du fait des hypothèses prises, les déplacements domicile-travail et professionnels sont supposés être similaires dans les deux scénarios. Par conséquent, les émissions de gaz à effet de serre liées aux déplacements de personnes sont également similaires.

Conclusion

Les émissions dues à la consommation d'énergie sont de 128,4 t CO₂e/an.

6.4. Fin de vie

À partir des émissions calculées pour la construction des bâtiments, nous pouvons estimer les émissions dues à la fin de vie de ceux-ci. Ces émissions sont engendrées notamment par la démolition des bâtiments (énergie pour les engins...), le transport et le traitement des déchets (gravats...). La valeur approchée de 10 % des émissions dues à la construction se pratique pour effectuer ce calcul.

Éléments	Surface de plancher totale (m ²)	Émissions Construction (t CO ₂ e)	Émissions Fin de vie bâtiments (t CO ₂ e)
Bâtiments	49 043	25 747	2 575
Voirie, parkings, cheminements	38 330	1 140	114
TOTAL		26 887	2 689

Les émissions générées par la fin de vie des bâtiments sont estimées à : 2 689 tCO₂e.

7. IMPACT DU PROJET

L'impact du projet se définit par la différence entre les émissions engendrées par le scénario avec projet et les émissions du scénario sans projet.

Il faut cependant distinguer les émissions qui n'ont lieu qu'une fois (émissions uniques) et pendant une période courte (phase de travaux, période d'un à deux ans) de celles qui sont récurrentes pendant toute la durée d'exploitation du projet (consommation d'énergie et déplacements, calculés annuellement, sur les 50 ans du projet).

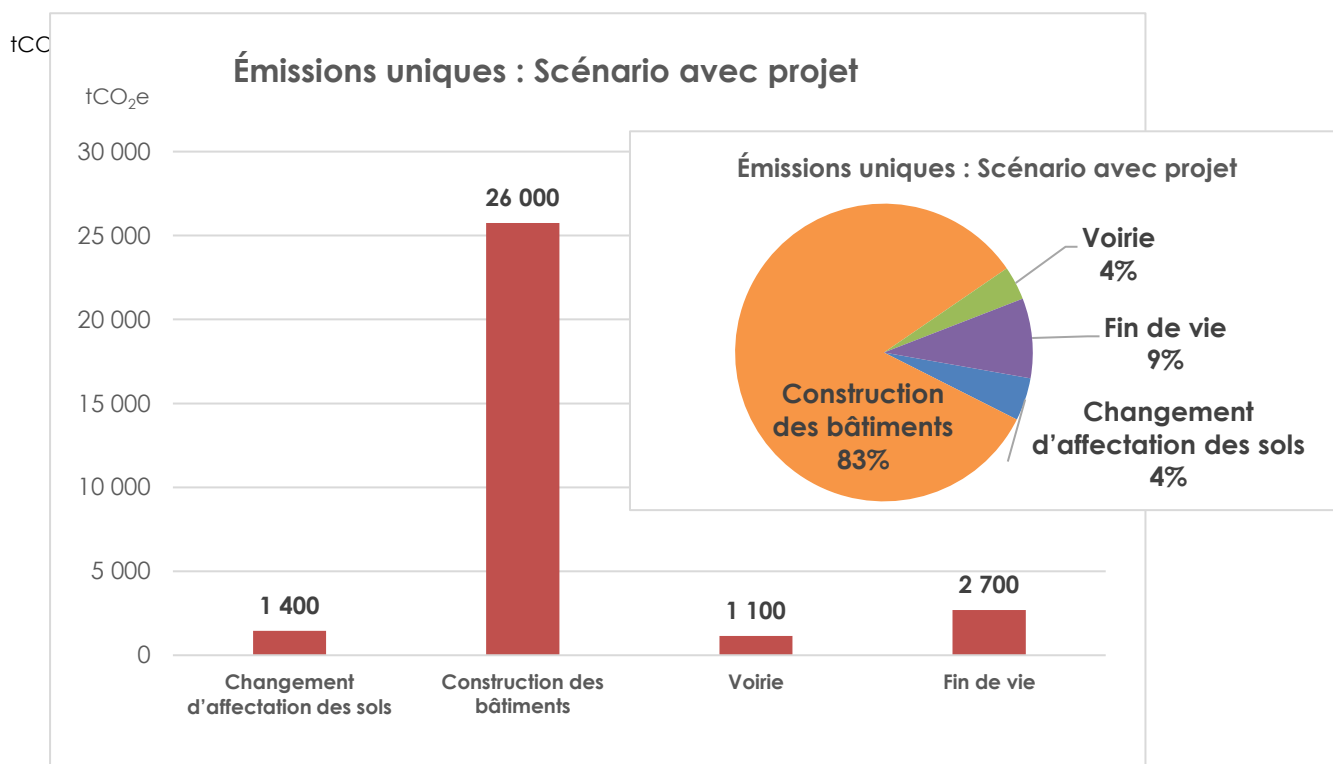
Ci-dessous figurent les données récapitulatives. Les émissions uniques sont en couleur.

Catégorie d'émissions	Émissions CO ₂ e sans projet	Émissions CO ₂ e avec projet	Quand ?
Changement d'affectation des sols		1 445 tCO ₂ e	Fin travaux
Construction des bâtiments		25 747 tCO ₂ e	Fin travaux
Voiries, parkings		1 543 tCO ₂ e	Fin travaux
Émission/absorption des sols	-0,15 tCO ₂ e/an	0 tCO ₂ e/an	Exploitation
Consommation d'énergie	1 561 tCO ₂ e/an	143 tCO ₂ e/an	Exploitation
Déplacements			Exploitation
Fin de vie des bâtiments et voiries		2 689 tCO ₂ e	Fin du projet

7.1. Émissions uniques

Le scénario sans projet n'engendre pas d'émissions uniques, hormis la séquestration.

Les graphiques ci-dessous montrent comment se répartissent les émissions uniques avec projet (les valeurs numériques ont été arrondies).



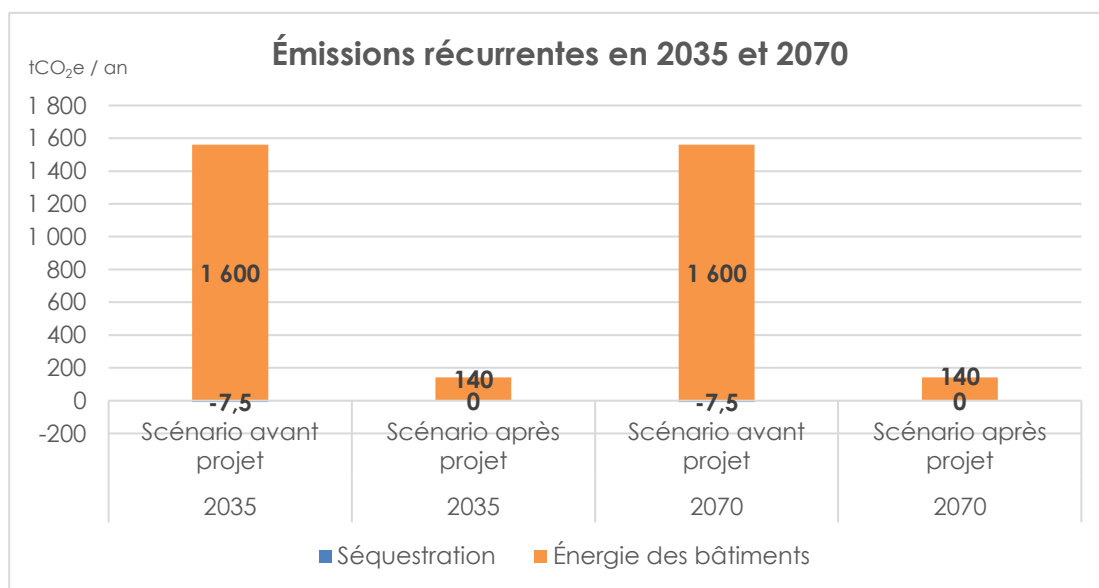
7.2. Émissions récurrentes (annuelles)

Le graphique ci-dessous donne un ordre de grandeur des émissions récurrentes (annuelles) et de leur répartition par poste, pour chacun des deux scénarios. Nous avons choisi les deux années suivantes pour en montrer la répartition :

- 2035 : exploitation démarrée depuis 8 ans ;
- 2070 : fin du projet dans 6 ans.

Il convient toutefois de rappeler certains éléments de contexte :

- Nous avons considéré une durée d'exploitation des bâtiments de 50 ans, une durée de travaux d'aménagement et de construction de 2 années et une fin de vie d'une année. De ce fait, les travaux étant supposés commencer début 2025, la phase d'exploitation démarre début 2027, pour s'achever fin 2076. L'année 2077 est l'année de fin de vie du projet. Tout ceci reste bien-sûr très théorique. L'objectif de ces hypothèses est de poser un cadre réaliste afin de comparer deux scénarios.
- Nous avons supposé les déplacements domicile-travail et professionnels et les achats de biens et services inchangés par le projet. Leurs émissions n'apparaissent donc pas ici.
- Les valeurs du graphique ont été arrondies.

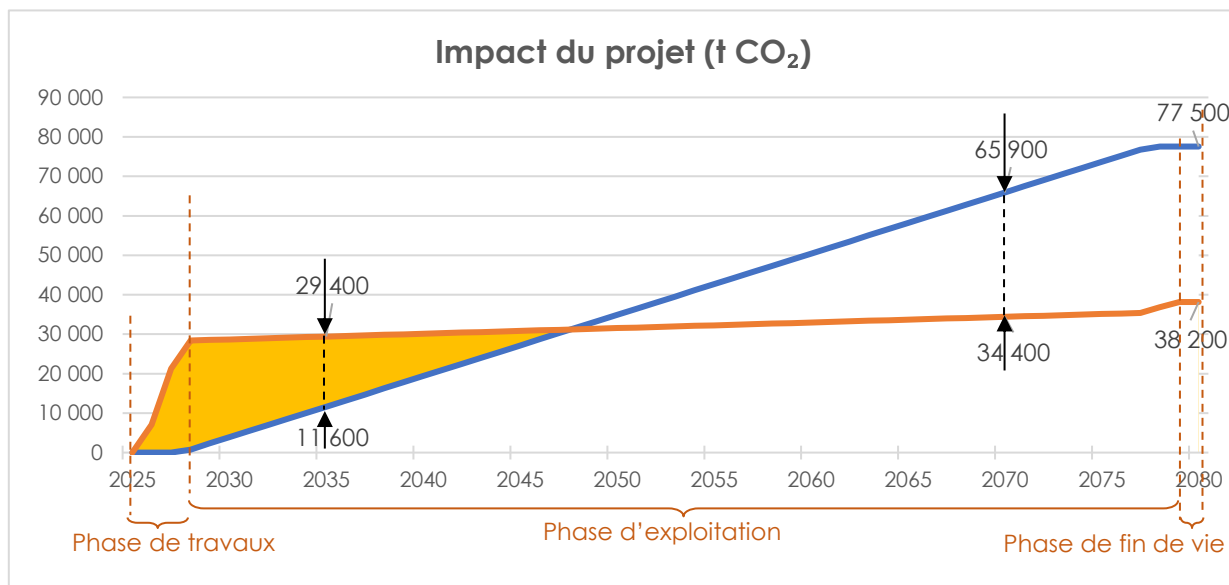


Nous constatons que les émissions du scénario avec projet sont nettement moins élevées que pour le scénario sans projet.

Les émissions annuelles sont identiques sur ces deux années du fait des hypothèses prises : en particulier, le fait de ne pas avoir fait apparaître les déplacements ne montre pas l'effet de l'électrification progressive du parc automobile, qui aurait accru l'écart d'émissions totales en 2070 par rapport à celles en 2035.

7.3. Impact global du projet

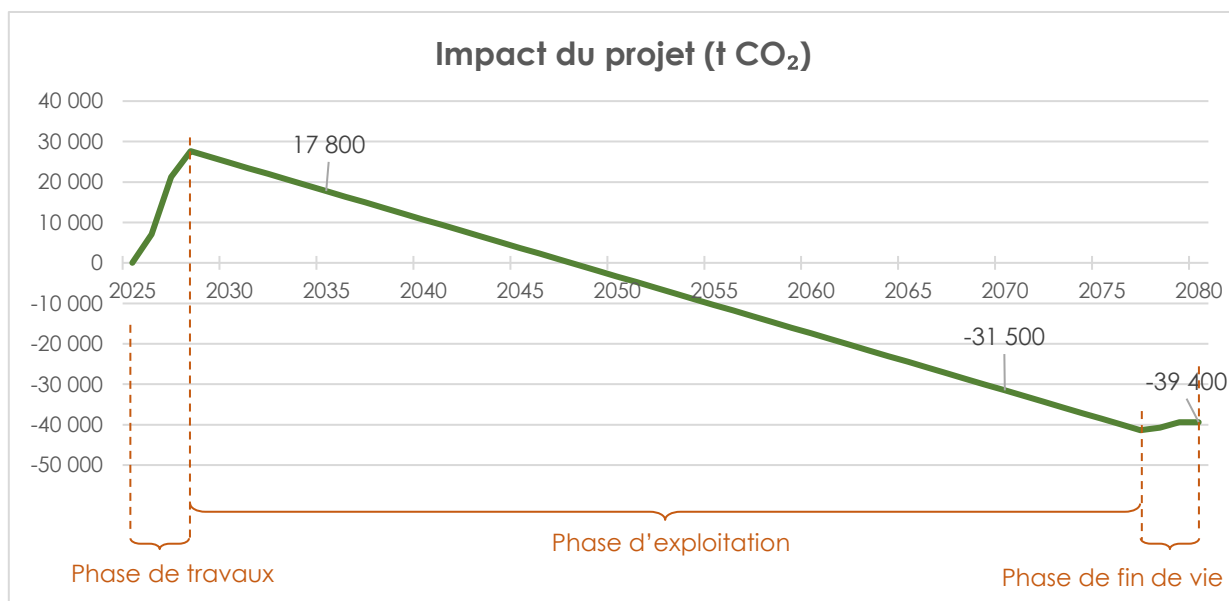
L'impact en GES du projet est défini par la différence entre les émissions du projet et celles du scénario sans projet. Nous pouvons visualiser les émissions de ces deux scénarios sur le graphique ci-dessous (les valeurs numériques ont été arrondies) :



Nous voyons l'évolution de l'impact (espace vertical entre les deux courbes) tout au long du projet. Il apparaît que cet impact est important vers la fin de la phase de travaux, puis se réduit jusqu'à s'annuler, puis devenir un gain au bout d'une vingtaine d'années. La phase de fin de vie des bâtiments réduit légèrement ce gain.

Ces observations sont dues dans un premier temps à l'impact marqué de la phase de travaux (très émettrice de GES), puis dans un second temps à la phase d'exploitation, plus performante pour le projet que dans le scénario sans projet.

Une autre représentation, matérialisant la différence d'émissions en une seule courbe, montre plus précisément l'évolution de l'impact du projet :



L'impact du projet, peut être donné pour les deux cas spécifiés au paragraphe « 7.2 Émissions récurrentes (annuelles) » :

- en 2035, impact du projet = +17 800 tCO₂e émis
- en 2070, impact du projet = -31 500 tCO₂e émis

Nous évaluons l'impact résiduel final du projet, après les 53 années dont 2 ans de travaux, 50 ans d'exploitation et 1 an de fin de vie, à une économie d'environ 39 400 tCO₂e.

D'une façon globale, en termes de gaz à effet de serre, nous pouvons établir que la phase de travaux (changement d'affectation des sols mais surtout construction des bâtiments et mise en œuvre de la voirie) impacte d'abord fortement le projet sur toute la durée de la phase Travaux.

Ensuite, en phase d'exploitation (consommation d'énergie et déplacements des habitants notamment), le scénario avec projet est plus performant que celui sans projet, faisant plus que compenser le surcroît d'émissions dues aux travaux.

8. MESURES ERC (ÉVITER, RÉDUIRE, COMPENSER)

L'économie en GES est estimée à environ 39 400 tCO₂e en fin de projet. Il est possible d'en économiser encore plus. Sont listées ci-dessous les mesures qu'aménageur et propriétaires des lots peuvent prendre pour, en priorité, **ÉVITER** une part des émissions prévisionnelles, puis **RÉDUIRE** les émissions qui ne peuvent être évitées, et enfin **COMPENSER** une partie des émissions qui ne peuvent être ni évitées ni réduites, selon la séquence ERC (Éviter, Réduire, Compenser) précisée dans les articles L.122-1-1 et R. 122-5 du code de l'environnement.

Poste d'émissions	Mesures	ERC	Détails → voir exemples en annexe	Baisse des émissions de GES	Phase ¹²	Responsabilité	Coûts ¹³
Changement d'affectation des sols	Intégrer la plus grande part possible de sols naturels (prairie) et arborés	R	Adopter cette pour les aménagements en bordure de voirie	**	C	Aménageur	+
Construction des bâtiments	Réduire les émissions liées aux matériaux	R	Favoriser l'utilisation de matériaux végétaux ou peu émetteurs	***	C	Aménageur	+
			Utiliser du bois d'œuvre pour la structure.	***	C	Propriétaire	++
	Recourir aux énergies peu émettrices de CO ₂ e	R	Utiliser des engins plus vertueux (moins consommateurs de carburant, hybrides, électriques, même si c'est en développement dans ces métiers)	*	C	Aménageur Propriétaire	? ?
Voirie	Utiliser des solutions non ou moins fossiles pour le bitume de la voirie	E	Utiliser d'autres revêtements (enrobés végétaux...), en particulier des revêtement perméables partout où cela est possible	***	C	Aménageur	++
	Mutualiser les parkings	E	Limiter la construction de parkings privatifs en incitant à l'utilisation de parkings communs à plusieurs lots, et renaturer les espaces ainsi gagnés	**	C	Aménageur & Propriétaire	++
Consommation d'énergie	Limitation des besoins en chauffage des bâtiments	R	Limiter les besoins en énergie en construisant des bâtiments bien isolés → bien respecter la RE2020 et surveiller ce point de près (ponts thermiques...)	**	C	Propriétaire	++
	Limitier la consommation liée à l'éclairage public	R	Mise en place de LED pour l'éclairage public, limiter les temps d'éclairage des voies publiques (périodes d'éclairage ou détection)	*	C	Aménageur	+
Déplacements	Limiter les déplacements entre la résidence et les villes alentours	R	Renforcer les aménagements pour les modes actifs, notamment pour les deux-roues (vélos, trottinettes) : cheminement spécifique, signalisation...	**	C	Collectivités territoriales	+
			Développer les commerces à proximité de la résidence	**	E	Commune	++
	Développer le covoiturage pour les déplacements domicile-travail	R	Inciter les habitants à s'inscrire sur une plateforme existante / organiser une rencontre covoiturage...	***	F	Collectivité	+
Fin de vie	Privilégier des solutions moins émettrices	R	À la démolition, substituer les solutions de déconstruction, et surtout de rénovation de bâtiments existants	***	F	Propriétaire	++

¹² C : phase Construction, E : phase Exploitation, F : phase Fin de vie.

¹³ Coûts -> + vers +++ = du moins cher au plus cher.

CONCLUSION

Selon les hypothèses exposées dans le présent rapport, **l'impact du projet sur l'environnement en termes d'émissions de gaz à effet de serre**, a été estimé. Celui-ci évolue le long du projet et peut être chiffré à une économie d'environ **39 400 tCO₂e** en fin de projet.

Ce résultat s'explique par le **niveau d'émission performant du scénario avec projet**. Cette performance est notamment portée par la **consommation d'énergie** des bâtiments, fortement réduite à une excellente isolation thermique et un système de chauffage économe en énergie, et alimenté par de l'énergie décarbonée. Ce gain permet de compenser les émissions liées à la construction des bâtiments.

Cela dit, ces émissions peuvent encore être réduites. Nous l'avons vu avec la séquence E-R-C (Éviter, Réduire, Compenser) : des solutions existent, par exemple au travers du choix des matériaux de construction ou des types d'enrobés.

La fin de vie est aussi un poste significatif d'émissions de gaz à effet de serre, que l'on peut aussi réduire. On peut notamment prolonger la durée de vie des bâtiments existants au moment où ils perdent leurs fonctions premières, en réalisant des rénovations performantes (par exemple, via une isolation thermique par l'extérieur).

ANNEXE : EXEMPLES DE SOLUTIONS POUR BAISSER LES ÉMISSIONS DES PROJETS

Un enrobé végétal sur les routes pour remplacer le bitume issu du pétrole :

<https://www.reussir.fr/un-enrobe-vegetal-sur-les-routes-pour-remplacer-le-bitume-base-de-petrole>

<https://www.lanouvellerepublique.fr/deux-sevres/commune/azay-le-brule/azay-le-brule-un-enrobe-vegetal-et-bas-carbone-pour-la-voirie-de-la-zone-d-activites>

Les engins de chantier passent au vert :

<https://leonard.vinci.com/les-engins-de-chantier-passent-au-vert/>

Alternatives au bitume, revêtements de sol perméables : stabilisateurs de gravier, dalles alvéolaires, pavés... :

<https://www.adopta.fr/revetements-de-sol-permeables/>

Mise en œuvre d'un système « d'arbres de pluies » pour limiter les besoins de climatisation tout en réduisant le ruissellement urbain, recharger les nappes phréatiques, lutter contre les îlots de chaleur urbains, accroître la biodiversité et améliorer le cadre de vie (livret technique publié par le « Grand Lyon ») :

<https://www.ofb.gouv.fr/le-projet-life-integre-artisan/documentation-life-artisan/grand-lyon-livret-technique-les-arbres-de>