

ANNEXE 20

Mesures d'adaptation aux objectifs de la neutralité carbone
pour 2050 inscrits dans la stratégie nationale bas carbone

ETUDE SUR LA PRISE EN COMPTE DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

LAPUGNOY (62)

SIA HABITAT



Rapport final – deuxième version

Dossier 25010025_TE
13/02/2026

réalisé par



Auddicé Environnement
ZAC du Chevalement
5 rue des Molettes
59286 Roost-Warendin
03 27 97 36 39

Etude sur la prise en compte des émissions de gaz à effet de serre

LAPUGNOY (62)

SIA HABITAT



Rapport final – deuxième version

SIA HABITAT

Version	Date	Description
Rapport final – deuxième version	13/02/2026	Etude sur la prise en compte des émissions de gaz à effet de serre

	Nom - Fonction	Date
Rédaction	Garance Andrin – Consultante Climat Energie	13/02/2026



TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 1. CONTEXTE DE L'ETUDE	4
1.1 Présentation du projet d'aménagement.....	5
1.2 Les gaz à effet de serre (GES)	7
1.3 Les émissions de gaz à effet de serre sur le territoire.....	7
CHAPITRE 2. EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE DU PROJET D'AMENAGEMENT	9
2.1 Présentation des différents postes étudiés.....	10
2.2 Les changements d'occupation des sols.....	10
2.3 Les espaces extérieurs.....	12
2.3.1 La construction des espaces extérieurs.....	12
2.3.2 Les consommations d'énergie de l'éclairage public	13
2.3.3 Les déchets générés par les espaces extérieurs	14
2.4 Les bâtiments	15
2.4.1 Construction des bâtiments.....	15
2.4.2 Utilisation des bâtiments.....	16
2.5 La mobilité des habitants	18
2.6 Les déchets des habitants	19
2.6.1 Les émissions liées au traitement.....	19
2.6.2 Le recyclage et autre traitement des déchets	20
2.7 Les résultats globaux	22
CHAPITRE 3. CONCLUSION ET PLAN D'ACTION.....	24
3.1 Conclusion	25
3.2 Plan d'action de réduction des émissions de GES du projet	25
3.2.1 L'utilisation d'alternatives décarbonées dans la construction des logements.....	26
3.2.2 La consommation d'énergie renouvelable	27
3.3 Autre piste de réduction à étudier : les alternatives de mobilité moins carbonées.....	28

CHAPITRE 1. CONTEXTE DE L'ETUDE

1.1 Présentation du projet d'aménagement

Le projet d'aménagement consiste en la construction d'un ensemble de logements sur une emprise de 5,14 hectares, rue Henri Barbusse à Lapugnoy.

La zone actuelle est en terres agricoles.

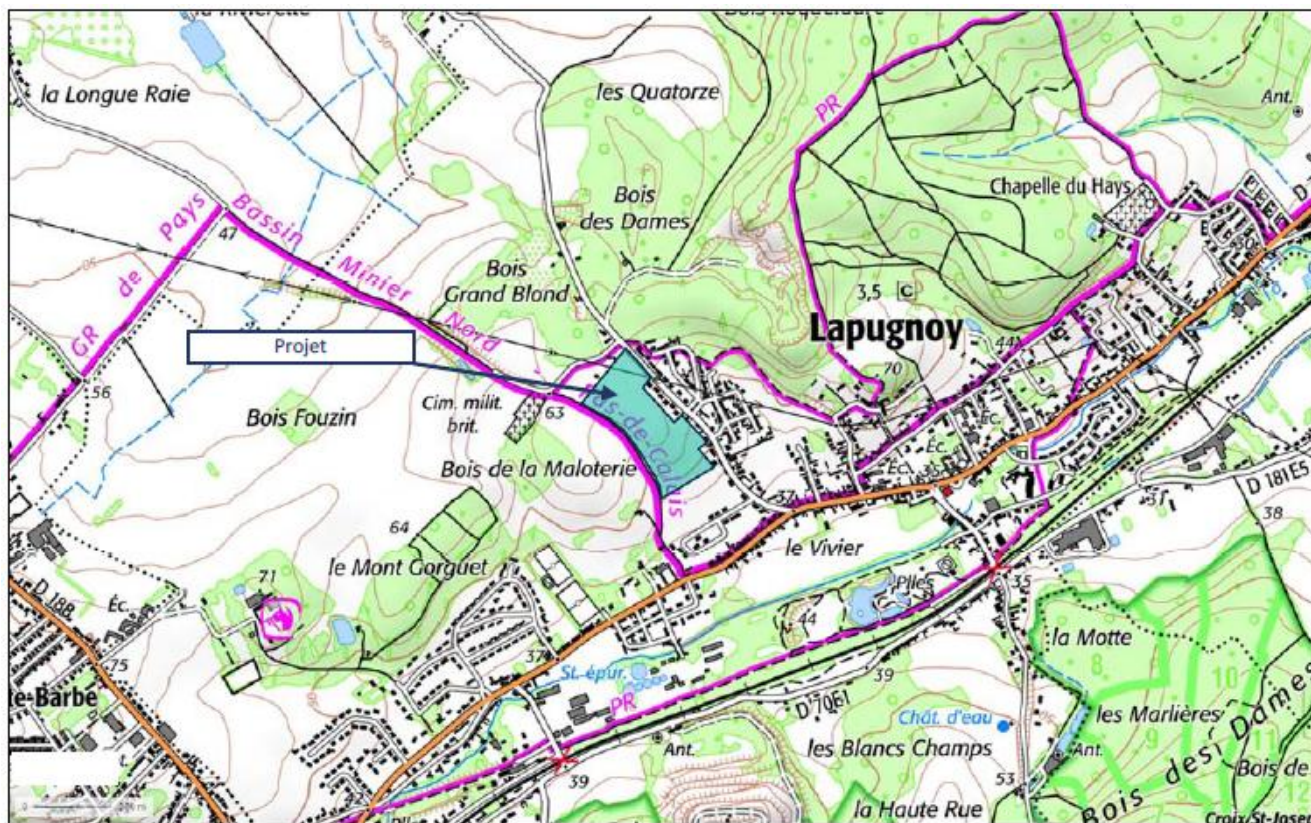


Figure 1. Localisation du site sur fond IGN

Il est prévu 146 logements, répartis en logements individuels, béguinages, semi-collectifs et lots libres :

- À destination des seniors : 18 béguinages et une résidence service de 33 logements sont prévus pour les personnes âgées, qu'elles soient autonomes ou en légère perte d'autonomie.
- À destination des familles :
 - 29 maisons individuelles sont destinés aux familles de 3 à 4 personnes.
 - 11 lots libres de constructeurs accueilleront des maisons individuelles
- À destination des personnes seules, en couple ou des jeunes familles : 55 logements intermédiaires sont ciblés pour ces compositions familiales.



Figure 1. Plan du projet d'aménagement avec ses espaces verts

1.2 Les gaz à effet de serre (GES)

Les facteurs d'émission utilisés au sein de cette étude proviennent de la Base Empreinte® maintenue par l'ADEME et de la base de données issue de la méthode Quartier Energie Carbone réalisée par l'ADEME.

Cette méthode permet de prendre en compte les 7 gaz à effet de serre inclus dans le protocole de Kyoto, à savoir :

- Le dioxyde de carbone (CO_2), dont la principale source est l'utilisation de combustibles fossiles (charbon, gaz et pétrole) ;
- Le méthane (CH_4), généré par la fermentation de matières organiques en l'absence d'oxygène (marais, rizières, élevages...) ;
- Le protoxyde d'azote (N_2O) qui a pour origine l'utilisation d'engrais ou de produits chimiques. Il est également utilisé dans le secteur médical en chirurgie ;
- Les gaz frigorigènes (HFC, PFC, SF_6 et NF_3). Ces derniers sont des gaz de synthèse, car ils n'existent pas à l'état naturel. Ils sont utilisés pour la production de froid (climatiseurs, réfrigérateurs, et autres systèmes industriels). Même s'ils sont présents en très faible concentration dans l'atmosphère, certains d'entre eux ont un fort impact sur le dérèglement climatique.

Point d'attention :

Chaque Gaz à Effet de Serre a un pouvoir de réchauffement bien spécifique inhérent à ses propriétés physico-chimiques. Par exemple, le méthane a un pouvoir de réchauffement Global (PRG à 100 ans) 25 fois plus important que le CO_2 .

Quant aux gaz présents dans les climatisations, qui sont des gaz de synthèse très stables, ils peuvent avoir un PRG à 100 ans 10000 fois plus impactant qu'une tonne de CO_2 . Autrement dit, quelques kilogrammes de ces gaz émis dans l'atmosphère ont un impact sur le changement climatique aussi important que plusieurs tonnes de CO_2 .

1.3 Les émissions de gaz à effet de serre sur le territoire

■ Présentation du PCAET de la CA de Béthune-Bruay, Artois-Lys Romane

Le PCAET 2020-2026 de la Communauté d'Agglomération Béthune-Bruay Artois Lys Romane a été arrêté à l'été 2019, puis adopté le 4 mars 2020.

Ses grands objectifs sont les suivants à horizon 2050 :

- Diminuer de 50% des consommations d'énergie par rapport à 2012,
- Réduire de 87 % les émissions de gaz à effet de serre par rapport à 2015,
- Atteindre une part de 25% de production d'énergie renouvelable,
- Multiplier par 8 les capacités de stockage du carbone, pour atteindre 25 % des émissions restantes.

Au sein du plan d'action du PCAET de la CABBALR des mesures sont en lien avec les projets d'aménagements :

- Mesure 1.1 : Prioriser dans les opérations de construction et de rénovation la gestion des eaux pluviales à la parcelle
- Mesure 16.1 : Inscrire les enjeux climat air énergie dans les documents de planification

■ Les émissions de gaz à effet de serre de la CA de Béthune-Bruay, Artois-Lys Romane

D'après les informations disponibles sur la plateforme TRACE, les émissions de GES de la CA de Béthune-Bruay, Artois-Lys Romane en 2022 étaient de 1 142 ktCO₂e réparties de la manière suivante :

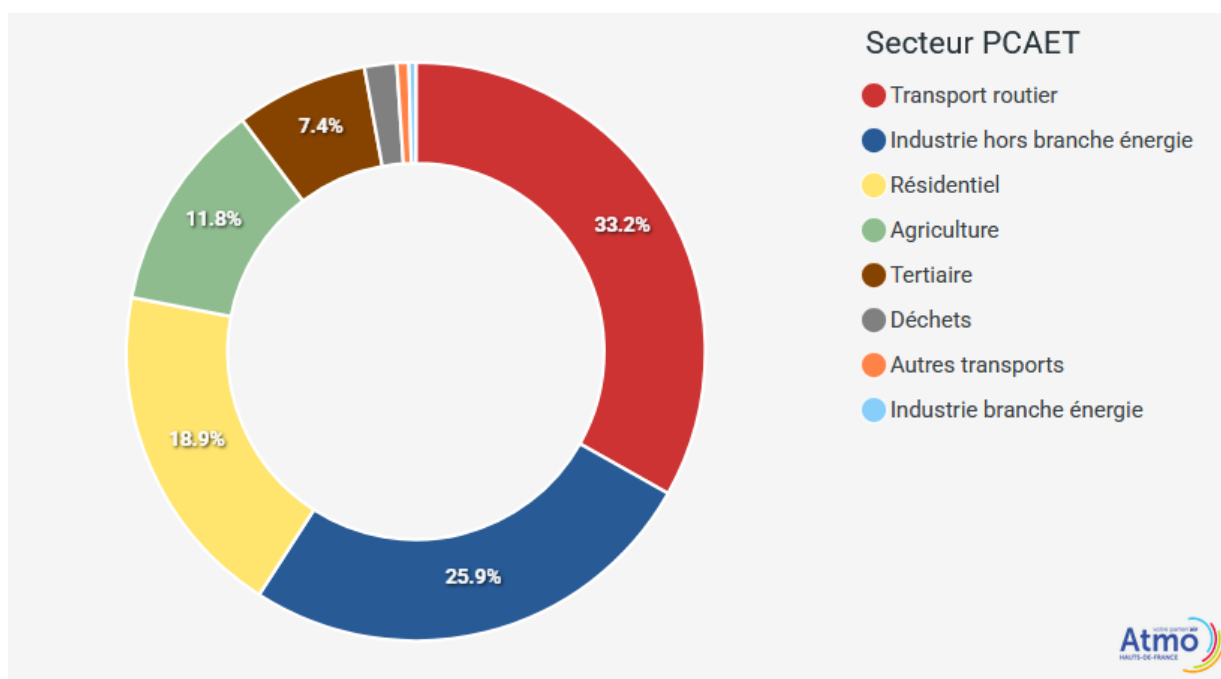


Figure 2. Répartition des émissions de GES de la CA de Béthune-Bruay, Artois-Lys Romane en 2022 -
Source : Atmo Hauts-de-France Inventaire M2024_v1

Les principaux secteurs d'émissions du territoire sont le **transport routier** avec 378 852 tCO₂e(33%), l'**industrie hors branche énergie** avec 296 393 tCO₂e (26%) et le **résidentiel** avec 215 662 tCO₂e (19%).

Ainsi, la réalisation d'un aménagement résidentiel peut jouer sur plusieurs de ces secteurs d'émissions : les nouveaux habitants vont se déplacer et contribuer aux émissions du transport routier, et la construction va contribuer au secteur résidentiel. Il paraît important de prendre en compte les émissions de GES liées à la réalisation de ce projet et de vérifier sa cohérence avec ce document réglementaire stratégique sur la politique climatique du territoire.

Les émissions par habitant et par an sont de 4,2 tCO₂e contre 7 tCO₂e au niveau régional.

CHAPITRE 2. EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE DU PROJET D'AMENAGEMENT

2.1 Présentation des différents postes étudiés

L'idée de cette étude synthétique est d'avoir une première vision en ordre de grandeur des émissions de gaz à effet de serre liées à la construction du projet d'aménagement de Lapugnoy.

Les grandes parties étudiées sont les suivantes :

- Changement d'occupation des sols du projet
- Les espaces extérieurs
 - Construction des espaces extérieurs
 - Consommations d'énergie pour l'éclairage public
 - Déchets liés aux espaces extérieurs
- Les bâtiments
 - Construction des bâtiments
 - Utilisation des bâtiments (énergie et eau)
- La mobilité des habitants
- Déchets des habitants

2.2 Les changements d'occupation des sols

Les sols et les végétaux stockent une grande quantité de carbone. A l'échelle globale, les sols et les forêts (y compris les produits issus du bois) stockent, sous forme de biomasse vivante ou morte, 3 à 4 fois plus de carbone que l'atmosphère. Toute variation négative ou positive de ces stocks, même relativement faible, peut influencer sur les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (en jouant un rôle de source ou de puits de carbone). Une réduction des stocks génère une source de carbone (émission de carbone vers l'atmosphère) et à l'inverse une augmentation des stocks (plantation et/ou croissance de végétaux) génère un puits de carbone (séquestration nette de carbone). La séquestration nette de carbone est donc un flux net positif de l'atmosphère vers ces réservoirs qui se traduit au final par une diminution du CO₂ atmosphérique.

L'estimation de ces flux (émissions et séquestration de carbone) se base sur les informations disponibles sur les changements d'affectation des sols (ex : artificialisation des sols, mise en culture de prairies permanentes, défrichements et boisements), sur la dynamique forestière (accroissement biologique des végétaux, mortalité, prélèvements) et sur les modes de gestion des milieux (ex : pratiques agricoles) qui modifient les stocks de carbone en place. L'objectif est d'évaluer l'évolution des flux de stocks de carbone avant et après projet.

OCCUPATION DES SOLS	Avant-projet (surface en m²)	Après projet (surface en m²)
Cultures	4 9150	0
Prairies zones herbacées	0	8 000
Prairies zones arbustives	0	3 705
Prairies zones arborées	2 250	20 792
Forêts	0	0
Zones humides	0	0
Vergers	0	0
Vignes	0	0
Sols artificiels imperméabilisés	0	16 703
Sols artificiels arbustifs	0	
Sols artificiels arborés et buissonnants	0	2 200

Tableau 1. Évolution de l'occupation des sols avant et après l'implantation du projet

La parcelle du projet d'une surface de 5,1 hectares, dont 4,9 ha de culture annuelle et 0,2 ha de prairie arborée, va subir une modification de l'occupation des sols avec la mise en place du projet. En effet, il est prévu l'imperméabilisation de 1,7 ha environ.

Le choix d'occupation des sols après-projet en prairie pour un projet d'aménagement peut être remis en cause si les terrains sont artificialisés durant la phase de travaux de construction du quartier.

■ Les émissions de GES

Occupation des sols finale prévue	Surface en m ²
Prairies zones herbacées	8 000
Prairies zones herbacées	3 705
Prairies zones herbacées	18 542
Sols artificiels imperméabilisés	16 703
Sols artificiels arborés et buissonnants	2 200
Surface totale de culture initiale	49 150

Tableau 2. Évolution de la surface de culture initiale suivant les types d'occupation des sols finaux

	Sol	Biomasse	Total
cultures_vers_sols artificiels imperméabilisés	-128 613	-	-128 613
cultures_vers_sols artificiels arborés et buissonnants	12 100	38 720	50 820
cultures_vers_prairies zones arborés	63 908	326 339	390 247
cultures_vers_prairies zones herbacées	27 573	-	27 573
cultures_vers_prairies zones arbustives	12 770	9 509	22 279
Total	-12 262	374 569	362 307

Tableau 3. Synthèse des séquestrations de CO₂e (kg) liées à l'évolution de l'occupation des sols du projet

Dans l'estimation des émissions de GES, il est demandé de ne pas soustraire les émissions séquestrées au bilan global. Ainsi, les émissions de GES liées au changement d'occupation des sols seront prises en compte dans les émissions globales du projet, et la séquestration, permise notamment par les espaces arborés prévus, sera comptabilisée à part.

L'utilisation de l'outil ALDO indique un flux de carbone dû à la mise en place du projet de 490 920 kgCO₂e pour la biomasse correspondant à la séquestration de carbone permise par la croissance des végétaux sur les espaces verts du projet et de -128 613 kgCO₂e pour les sols correspondant aux émissions de GES liées au changement d'affectation des sols de la culture vers un sol artificiel imperméabilisé.

■ Les hypothèses et sources de données utilisées

Les facteurs d'émission utilisés dans cette partie sont issus de la base de données ALDO de l'ADEME spécifique à la commune de Lapugnoy.

Type de changement d'occupation des sols	Sol	Biomasse	Unité
cultures_vers_sols artificiels imperméabilisés	-77	0	tCO ₂ e/ha
cultures_vers_sols artificiels arborés et buissonnants	55	176	tCO ₂ e/ha
cultures_vers_prairies zones arborés	34	176	tCO ₂ e/ha
cultures_vers_prairies zones herbacées	34	0	tCO ₂ e/ha
cultures_vers_prairies zones arbustives	34	26	tCO ₂ e/ha

Tableau 4. Données de facteurs d'émission utilisés pour estimer les flux de carbone liés au changement d'occupation des sols

Le projet d'aménagement a pour ambition de préserver entièrement le roncier et les arbres existants en frange du chemin d'Allouagne et prévoit en complément les aménagements suivants sur le site :

Type de plantations et d'aménagements projetés	Données	Unité
noues et bassins	3 705	m²
franges boisées et taillis arboré	7 670	m²
haies vives	1 088	ml
Gazon et prairie	20 700	m²
Massifs arbustifs d'accompagnement	1 112	m²
Arbres d'alignement, isolés, cépées	229	

Tableau 5. Plantation et aménagements projetées sur le site

2.3 Les espaces extérieurs

2.3.1 La construction des espaces extérieurs

■ Les émissions de GES

	Surface en m²	Pourcentage
Surface d'emprise au sol des bâtiments	7 752	15%
Surfaces en pleine terre	34 774	68%
Surface artificialisée hors bâtiments	8 875	17%
Emprise foncière de l'opération	51 400	100%

Tableau 6. Données de surface des emprises du projet

	Surface en m²	Émissions de GES sur 50 ans en kgCO ₂ e	Émissions de GES sur 1 an en kgCO ₂ e
Voirie - chaussée et voies	4 146	137 423	2 748
Chemins et trottoirs	2 117	82 563	1 651
Place Piétonne	315	15 750	315
Autre surface semi-imperméabilisée - places de stationnement	2 297	68 910	1 378
Total surface artificialisée hors bâtiments	8 875	304 646	6 093
Parc Végétal et frange ouest	13 796	689 800	13 796
Total des espaces extérieurs	22 671	994 446	19 889

Tableau 7. Synthèse des surfaces et émissions de GES liées à la construction des espaces extérieurs

Les émissions de GES liées à la construction des espaces extérieurs sont estimées à 994 446 kg CO₂e sur 50 ans soit 19 889 kg CO₂e par an.

■ Les hypothèses et sources de données utilisées

Les facteurs d'émission utilisés dans cette partie sont issus de la méthode Quartier Energie Carbone réalisée par l'ADEME.

Espace extérieur type	Impact carbone	Unité
Parc Végétal	15	kg CO2 eq./m ² et sur 50 ans
Place Piétonne	50	kg CO2 eq./m ² et sur 50 ans
Autre surface imperméabilisée	30	kg CO2 eq./m ² et sur 50 ans
Route « Axe de distribution »	33,15	kg CO2 eq./m ² et sur 50 ans
Chemin	39	kg CO2 eq./m ² et sur 50 ans

Tableau 8. Données de facteurs d'émissions utilisés pour la construction des espaces extérieurs

2.3.2 Les consommations d'énergie de l'éclairage public

■ Les émissions de gaz à effet de serre

Nombre de points lumineux estimés	76
Puissance lampadaire extérieur (W)	10
Consommation sur l'année d'un point lumineux (kWh)	29
Consommation sur l'année de l'éclairage public du quartier (kWh)	2 219
Émissions de GES liés à l'éclairage public (kg CO ₂ e)	130

Tableau 9. Estimation des émissions de GES liées à l'éclairage public sur le quartier

Les émissions de GES liées aux consommations d'énergie des espaces extérieurs, soit l'éclairage public du quartier, est estimées à 130 kg CO₂e par an.

■ Les hypothèses utilisées et sources de données utilisées

Le nombre de points lumineux estimé sur la surface du projet est 76.

Le nombre d'heures d'éclairage de l'éclairage public est de 2 920 heures (avec 8 heures d'éclairage par jour).

Type de FE	Valeur	Unité
2023 - usage (moyenne) : Eclairage public, France continentale, Bilan Empreinte®	0,0587	Kg CO ₂ e/kWh

Tableau 10. Facteur d'émission utilisé dans les émissions de GES de l'éclairage public

2.3.3 Les déchets générés par les espaces extérieurs

■ Les émissions de gaz à effet de serre

	Surface en m ²	Quantité de déchets organiques en kg/an	Quantité de déchets (considéré OM) en kg/an
Espaces végétalisés	34 774	104 322	
Espace artificialisé	8 875	8 875	17 749
Total	43 649	113 197	17 749

Tableau 11. Estimation des émissions de GES liées aux déchets générés par les espaces extérieurs

	Quantité de déchets en kg/an	Émissions de GES liés au traitement des déchets en kg CO ₂ e
Déchets organiques	113 197	15 848
Déchets en mélange (considéré en Ordures Ménagères)	17 749	6 638
Total	130 946	22 486

Tableau 12. Estimation des émissions de GES liées aux déchets générés par les espaces extérieurs

Les émissions de GES liées aux déchets générés par les espaces extérieurs, soit l'entretien des espaces verts et le traitement des déchets des poubelles publiques, sont estimées à 22 486 kg CO₂e par an.

■ Les hypothèses utilisées et sources de données utilisées

D'après la Méthode Quartier Energie Carbone, les quantités de déchets générés par les espaces extérieurs d'un quartier d'aménagement sont les suivantes :

Type de déchets	Espaces artificialisés kg/(m ² .an)	Espaces végétalisés kg/(m ² .an)
Déchets en mélange	2	-
Déchets organiques	1	3
Total	3	3

Tableau 13. Quantités de déchets générées par les espaces extérieurs Source - Méthode Quartier Energie Carbone

Les facteurs d'émission utilisés dans cette partie sont issus de la Base Empreinte®.

Type de FE	Valeur	Unité
Déchets de cuisine et déchets verts/Compostage industriel - Impacts	140	Kg CO ₂ e/tonne de déchet
Ordures ménagères résiduelles/Incinération - Impacts	374	Kg CO ₂ e/tonne de déchet

Tableau 14. Facteur d'émission utilisé pour l'estimation des émissions de GES générées par les déchets

■ Le recyclage et autre traitement des déchets

Les émissions de GES générées par les déchets des espaces extérieurs correspondent à la collecte de ceux-ci puis à leur tri et à leur traitement. Ces différentes étapes génèrent des émissions de GES qu'il est important de prendre en compte. Cependant, pour certains déchets, **des émissions dites évitées peuvent également être estimées.**

Pour les déchets d'emballage recyclable, les émissions évitées correspondent à la production de matière vierge considérée comme évitée du fait de la production d'un matériau recyclé.

Sur le territoire de la CABBALR, les ordures ménagères sont incinérées au Centre de Valorisation Énergétique situé à Labeuvrière et permettent l'alimentation du réseau de chaleur de Béthune et de ses environs. Dans ce cadre, il est également possible d'estimer les émissions évitées liées à cette énergie en comparaison à d'autres sources d'énergie, par exemple fossiles.

En ce qui concerne le compostage industriel des déchets verts et organiques, les émissions évitées, prises en compte sont :

- Une valorisation du compost permettant une substitution à des engrais de synthèse
- Le stockage dans le sol, sur une longue période, d'une partie du carbone contenu dans le compost.

	Quantité de déchets en kg/an	Émissions de GES évitées liées au recyclage des déchets en kg CO ₂ e
Déchets organiques	113 197	-2 943
Déchets en mélange (considéré en Ordures Ménagères)	17 749	-3 763
Total	130 946	-6 706

Tableau 15. Estimation des émissions de GES évitées liées au recyclage des déchets

Les facteurs d'émission utilisés dans cette partie sont issus de la Base Empreinte®.

Type de FE	Valeur	Unité
Déchets de cuisine et déchets verts/Compostage industriel - Émissions évitées	-26	Kg CO ₂ e/tonne de déchet
Ordures ménagères résiduelles/Incinération - Émissions évitées	-212	Kg CO ₂ e/tonne de déchet

Tableau 16. Facteurs d'émission utilisés pour l'estimation des émissions de GES générées par les déchets

Les émissions de GES évitées liées au recyclage des déchets générés par les espaces extérieurs sont estimées à -6 706 kg CO₂e par an. Il est donc important que les pratiques de tri soient bien mises en œuvre.

2.4 Les bâtiments

2.4.1 Construction des bâtiments

■ Les émissions de gaz à effet de serre

Type de logement	Nombre de logements	Surface habitable totale en m ²	FE (kg CO ₂ eq. / m ² SREF pour 50 ans)	kg CO ₂ eq.	t CO ₂ eq.
individuel	62	4 432	677	3 000 464	3 000
collectif	84	5 557	616	3 423 112	3 423
Total (50 ans)	146	9989		6 423 576	6 424
Total (1 an)				128 472	128

Tableau 17. Émissions de GES liées la construction des bâtiments du quartier

Les émissions de GES liées à la construction des bâtiments sont estimées à 6 423 576 kg CO₂e sur 50 ans soit 128 472 kg CO₂e par an.

■ Les hypothèses et sources de données utilisées

Les facteurs d'émissions utilisés dans cette partie sont issus de la méthode Quartier Energie Carbone réalisée par l'ADEME.

2.4.2 Utilisation des bâtiments

2.4.2.1 Consommation d'énergie des bâtiments

■ Les émissions de gaz à effet de serre

	Consommation d'énergie total en kWh/an	Consommation d'électricité hors chauffage en kWh/an	Consommation d'énergie du chauffage en kWh/an	Consommation de bois en kWh/an	Consommation d'électricité pour le chauffage en kWh/an
individuel	416 775	111 042	305 733	8 846	296 887
collectif	376 720	100 370	276 350	10 336	266 014
Total sur 1 an	793 495	211 411	582 084	19 183	562 901

Tableau 18. Consommation d'énergie estimée par type d'énergie dans le futur quartier (kWh)

	Emissions d'électricité en kgCO ₂ e	Emissions du bois en kgCO ₂ e	Emissions GES de l'énergie en kgCO ₂ e
individuel	8 206	115	8 321
collectif	7 370	134	7 505
Total sur 1 an	15 576	249	15 826

Tableau 19. Emissions de GES liées aux consommations d'énergie des bâtiments en kgCO₂e

Les émissions de GES liées à la consommation d'énergie des bâtiments sont estimées à 15 826 kg CO₂e par an.

■ Les hypothèses et sources de données utilisées

Les consommations d'énergie des bâtiments ont été estimées à partir de la réglementation thermique des bâtiments RE2020 qui indique les consommations d'énergie primaires moyennes maximales par type de logement.

Consommation max RE 2020 -	kWh/m ² /an
Maison individuelle	75
Logement collectif	85

Tableau 20. Valeur de Cep,max moyen dans le RE2020

Il s'agit ensuite de déterminer la proportion d'énergie utilisée pour le chauffage ou pour les autres usages électriques. Pour cela la répartition des consommations d'énergie par usage du secteur résidentiel en France est utilisée.

	Consommation en TWh PCI	Pourcentage
Autres énergies	1,2	0%
Bois	68,2	17%
Chaleur	14,1	4%
Electricité chauffage	43,5	11%
Electricité hors chauffage	104,4	27%
ENR Pompe à chaleur	24,0	6%

	Consommation en TWh PCI	Pourcentage
Fioul domestique	30,6	8%
Gaz de pétrole liquéfié	7,0	2%
Gaz naturel	99,0	25%
Total	392,0	100%

Tableau 21. Répartition des consommations d'énergie du secteur résidentiel en France en 2023, Source : Ceren

Ainsi, dans la consommation d'énergie des bâtiments, 27% de cette consommation a été considéré comme de l'électricité hors chauffage et le reste a été réparti entre les différentes sources de chauffage.

La répartition des types d'énergie principale de chauffage dans les résidences neuves construite en 2023 est ensuite utilisée comme hypothèse de répartition pour les futurs bâtiments du quartier.

	Appartement	Maison
Autres énergies	0,8%	3,3%
Bois	1,0%	2,3%
Chauffage urbain	23,2%	
Electricité hors pompe à chaleur	18,7%	3,2%
Electricité pompe à chaleur	8,1%	73,2%
Fioul domestique	0,0%	0,0%
Gaz de pétrole liquéfié	0,2%	0,0%
Gaz naturel	48,0%	18,1%
Total	100,0%	100,0%

Tableau 22. Répartition du type d'énergie principale de chauffage utilisé dans les résidences neuves construites en 2023 en France, Source : Ceren

	Appartement	Maison
Bois	4%	3%
Electricité	96%	97%
Total	100%	100%

Tableau 23. Hypothèse de répartition des consommations d'énergie des futurs logements du quartier

Les pourcentages utilisés ont été déterminés en retirant le pourcentage de chauffage urbain qui n'est pas présent sur la commune de Lapugnoy, ainsi que le gaz naturel qui n'est pas prévu d'être raccordé au quartier.

Le taux de conversion entre l'énergie primaire et l'énergie finale pour l'électricité est de 2,58 et de 1 pour les autres vecteurs énergétiques. Les facteurs d'émission utilisés pour les consommations d'énergie des bâtiments sont les suivants :

Facteurs d'émissions de la matrice Bilan Empreinte® utilisés	Facteurs d'émissions en kg CO ₂ e/kWh
Bois plaquette/Combustion en chaudière/Label E+/C-	0,013
Electricité/2024 - mix moyen/consommation	0,052

Tableau 24. Facteurs d'émissions utilisés pour la consommation d'énergie des bâtiments (Base Empreinte®)

2.4.2.2 Consommation d'eau des bâtiments

■ Les émissions de gaz à effet de serre

Type de logement	Nombre total d'habitants	Quantité d'eau potable consommée par usager de bâtiment en m ³ (+ taux de perte réseau eau potable)	Quantité d'eau potable consommée de bâtiment en m ³	FE (kgCO ₂ e/m ³)	Émissions dues au traitement et distribution d'eau (kg CO ₂ eq.)
Individuel	362	57,6	20 859	0,132	2 753
Collectif	163	57,6	9 388	0,132	1 239
Total	525		30 246		3 993

Tableau 25. Consommation et émissions de GES liées aux consommations d'eau des bâtiments dans le futur quartier

Les émissions de GES liées à la consommation d'eau des bâtiments sont estimées à 3 993 kg CO₂e par an.

■ Les hypothèses et sources de données utilisées

D'après la méthode Quartier Energie Carbone de l'ADEME, la quantité d'eau potable consommée par usager de logement est de 48 m³ par an. À cela il faut ajouter un taux de perte par défaut sur le réseau d'eau potable de 20%. Ainsi, il est considéré la consommation de 57,6 m³/an et par résident du quartier.

Type de FE	Valeur	Unité
Eau de réseau - hors infrastructure, France continentale, Bilan Empreinte®	0,132	Kg CO ₂ e/m ³

Tableau 26. Facteur d'émission utilisé dans les émissions de GES de la consommation d'eau du réseau

2.4.2.3 Synthèse des émissions de GES liées à l'utilisation quotidienne des bâtiments du quartier

	Consommation	Émissions de GES (kg CO ₂ e)
Consommation d'énergie des logements en kWhep	793 495	15 826
Consommation d'eau des logements en m ³	30 246	3 993
Total		19 818

Tableau 27. Synthèse des émissions de GES liées à l'utilisation des bâtiments sur 1 an

Les émissions de GES liées à l'utilisation quotidienne des bâtiments sont estimées à 19 818 kg CO₂e par an.

2.5 La mobilité des habitants

■ Les émissions de gaz à effet de serre

L'estimation des émissions de GES liées aux déplacements des habitants du futur quartier :

	Distance de déplacements des habitants par an (km)	Émissions en kgCO ₂ e
Voiture	2 231 596	564 147
Train	23 306	645
Marche	460 303	-
Vélo	5 827	64
Deux roues motorisés	14 567	3 127

	Distance de déplacements des habitants par an (km)	Émissions en kgCO ₂ e
Bus et cars	177 712	27 101
Déplacements totaux annuels des habitants du quartier	2 913 310	595 085

Tableau 28. Synthèse des émissions de GES estimées liées la mobilité des habitants du quartier sur une année

Les émissions de GES liées à la mobilité des habitants du quartier sont estimées à 595 085 kg CO₂e par an.

■ Les hypothèses et sources de données utilisées

Les hypothèses utilisées pour le calcul des émissions liées à la mobilité des habitants sont les suivantes :

- Le nombre d'habitants du quartier est indiqué par SIA Habitat avec la densité estimé par îlot de logements.
- D'après l'enquête mobilité 2023 réalisée par Artois Mobilités, la distance moyenne réalisée par jour et par personne sur la zone « Béthunois » dont fait partie la commune de Lapugnoy est de 15,2 km
- D'après l'enquête mobilité 2023 réalisés par Artois Mobilités, sur la zone « Béthunois », la répartition par moyen de déplacement est la suivante :

	Pourcentage
Voiture (conducteur)	58,9%
Voiture (passager)	17,3%
Train	0,8%
Marche	15,8%
Vélo	0,2%
Deux roues motorisés	0,5%
Bus et cars	6,1%
Autres	0,4%

- Facteurs d'émission utilisés pour la mobilité des habitants

Les facteurs d'émission utilisés proviennent de la Base Empreinte® et sont les suivants :

Type de FE	Valeur	Unité
Autobus moyen/Agglomération de plus de 250 000 habitants	0,1525	Kg CO ₂ e/ véhicule.km
Voiture/Motorisation moyenne/2023	0,2528	Kg CO ₂ e/ passager.km
Vélo/à assistance électrique	0,0110	Kg CO ₂ e/ véhicule.km
Moto > 250 cm ³ /Mixte/2023	0,2147	Kg CO ₂ e/ véhicule.km
TER/2022/Traction moyenne	0,0277	Kg CO ₂ e/ passager.km

Tableau 29. Facteurs d'émissions utilisés dans les émissions de GES de la mobilité des habitants

2.6 Les déchets des habitants

2.6.1 Les émissions liées au traitement

■ Les émissions de gaz à effet de serre

L'estimation des émissions de GES liées aux déchets des habitants du futur quartier :

	Quantité de déchets par habitant sur l'EPCI en kg/hab/an	Quantité de déchets du quartier en tonne/an	Émissions liées au traitement des déchets des futurs habitants du quartier en kgCO ₂ e
OMR	235	123	46 152
CS Verre	38	20	12 751
CS Recyclables	52	27	23 785
Déchets verts et biodéchets en mélange	156	82	11 468
CS Déchets dangereux	2	1	134
Déchèterie hors gravats	173	91	39 881
Total	656	344	134 171

Tableau 30. Synthèse des émissions de GES estimées liées au traitement des déchets des habitants du quartier sur une année

Les émissions de GES liées aux déchets des habitants du quartier sont estimées à 134 171 kg CO₂e par an.

■ Les hypothèses et sources de données utilisées

Les hypothèses utilisées pour le calcul des émissions liées aux déchets des habitants sont les suivantes :

- Le nombre d'habitants du quartier est indiqué par SIA Habitat avec la densité estimée par îlot de logements.
- Des quantités de déchets par an (sur l'année de référence 2024) et par habitant au sein de la CABBALR disponible sur la base de données SINEO.

• Facteurs d'émission utilisés pour les déchets des habitants

Les facteurs d'émission utilisés proviennent de la Base Empreinte® et sont les suivants :

Facteur d'émissions en kgCO ₂ e/tonne	Valeur
Déchets de cuisine et déchets verts/Compostage industriel - Impacts	140
Ordures ménagères résiduelles/Incinération - Impacts	374
Emballages/Verre/Recyclage - Impacts	639
Emballages/Carton/Recyclage - Impacts	992
Emballages/Plastique rigide PE bouteilles/Recyclage - Impacts	434
Emballages/Aluminium/Recyclage - Impacts	873
DIS/Stockage - Impacts	128
DEA Moyen - Fin de vie moyenne filière - Impacts, France continentale, Base Carbone	531
Ordures ménagères résiduelles - Stockage - Impacts, France continentale, Base Carbone	412

Tableau 31. Facteurs d'émission utilisés dans les émissions de GES liées au traitement des déchets par les habitants

2.6.2 Le recyclage et autre traitement des déchets

Les émissions de GES générées par les déchets des habitants correspondent à la collecte de ceux-ci puis à leur tri et à leur traitement ces différentes étapes génèrent des émissions de GES qu'il est important de prendre en compte. Cependant, pour certains déchets, **des émissions dites évitées peuvent également être estimées.**

Pour les déchets d'emballage recyclable, les émissions évitées correspondent à la production de matière vierge considérée comme évitée du fait de la production d'un matériau recyclé.

Sur le territoire de la CABBALR, les ordures ménagères sont incinérées au Centre de Valorisation Énergétique situé à Labeuvrière et permettent l'alimentation du réseau de chaleur de Béthune et de ses environs. Dans ce cadre, il est également possible d'estimer les émissions évitées liées à cette énergie en comparaison à d'autres sources d'énergie, par exemple fossiles.

En ce qui concerne le compostage industriel des déchets verts et organiques, les émissions évitées, prises en compte sont :

- Une valorisation du compost permettant une substitution à des engrais de synthèse
- Le stockage dans le sol, sur une longue période, d'une partie du carbone contenu dans le compost.

■ Les émissions de gaz à effet de serre évitées pour les déchets générés par les habitants du quartier

	Quantité de déchets du quartier en tonne/an	Émissions évitées liées au recyclage en kgCO ₂ e
OMR	123	-26 161
CS Verre	20	-23 147
CS Recyclables	27	-28 417
Déchets verts et biodéchets en mélange	82	-2 130
CS Déchets dangereux	1	
Déchèterie hors gravat	91	-12 960
Total	344	-92 815

Tableau 32. Synthèse des émissions de GES estimées liées au traitement des déchets des habitants du quartier sur une année

■ Les hypothèses utilisées et sources de données utilisées

Les facteurs d'émission utilisés dans cette partie sont issus de la Base Empreinte®.

Type de FE	Valeur	Unité
Déchets de cuisine et déchets verts/Compostage industriel - Émissions évitées	-26	Kg CO ₂ e/tonne de déchet
Ordures ménagères résiduelles/Incinération - Émissions évitées	-212	Kg CO ₂ e/tonne de déchet
Emballages/Verre/Recyclage - Émissions évitées	-1160	Kg CO ₂ e/tonne de déchet
Emballages/Carton/Recyclage - Émissions évitées	-379	Kg CO ₂ e/tonne de déchet
Emballages/Plastique rigide PE bouteilles/Recyclage - Émissions évitées	-1440	Kg CO ₂ e/tonne de déchet
Emballages/Aluminium/Recyclage - Émissions évitées	-8430	Kg CO ₂ e/tonne de déchet
Ordures ménagères résiduelles/Stockage - Émissions évitées	-216	Kg CO ₂ e/tonne de déchet

Tableau 33. Facteurs d'émission utilisés pour l'estimation des émissions de GES générées par les déchets

Les émissions de GES évitées liées au recyclage des déchets générés par les habitants sont estimées à -92 815 kg CO₂e par an. Il est donc important que les pratiques de tri soient bien mises en œuvre.

2.7 Les résultats globaux

Il existe plusieurs échelles de temps dans cette étude. En effet, les consommations d'énergie de l'éclairage public, les consommations liées à l'utilisation des bâtiments, les déchets générés et la mobilité des habitants sont étudiés sur une année. Au contraire, la construction des espaces extérieurs et des bâtiments est considérée comme amortie au bout d'une période de 50 ans. Ainsi, pour étudier toutes les émissions sur une même période de référence, les immobilisations des espaces extérieurs et des bâtiments seront ramenées à une année.

Les principaux résultats de cette étude des émissions de GES de la réalisation de l'opération d'aménagement sont les suivants :

Émissions de GES en kgCO ₂ e	sur 50 ans
Construction des espaces extérieurs	994 446
Consommation d'énergie pour l'éclairage public	6 513
Construction des bâtiments	6 423 576
Utilisation des bâtiments	990 909
Mobilité des habitants	29 754 273
Déchets	7 832 845
Changement d'occupation des sols	128 613
Total	46 131 176

Tableau 34. Répartition des résultats des émissions de GES par grands postes d'émissions en kg CO₂e sur 50 ans

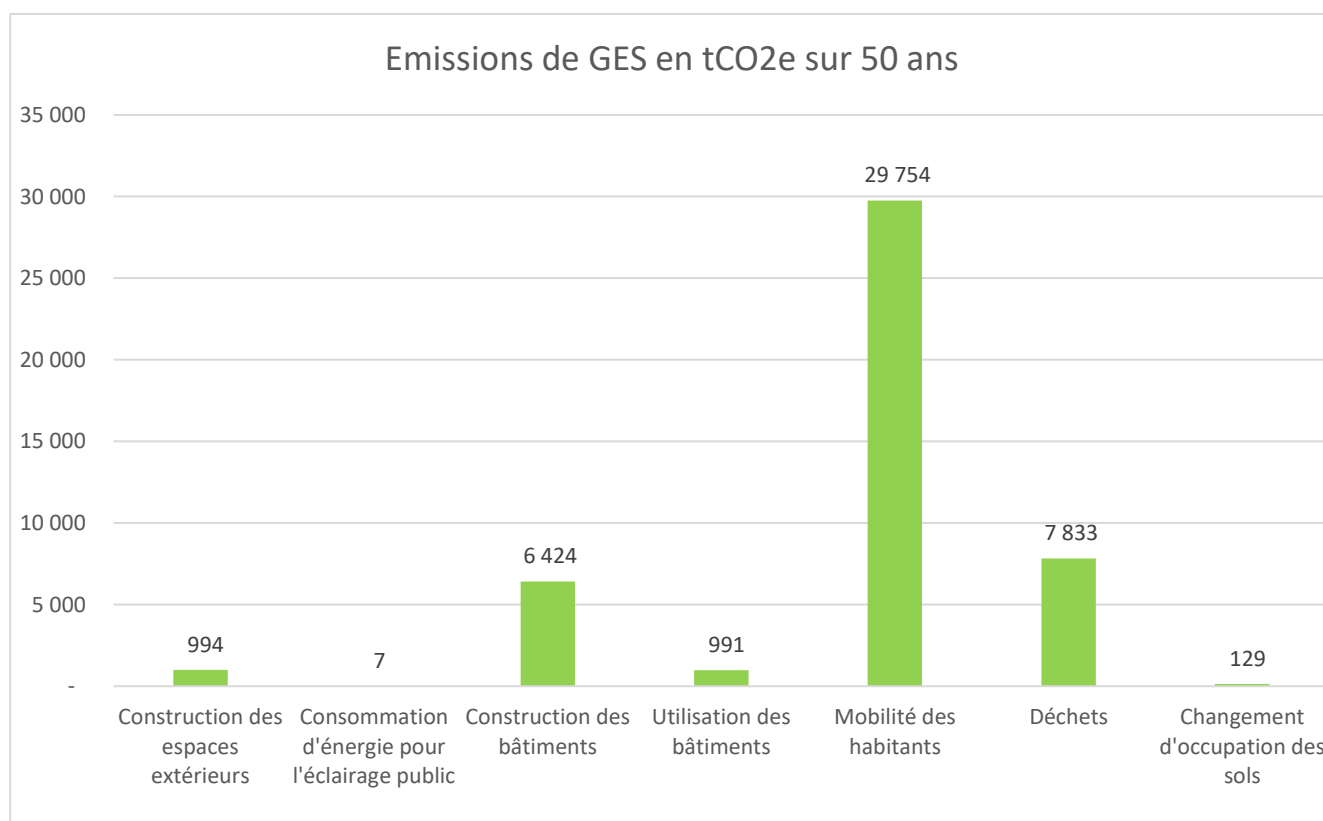


Figure 3. Répartition des résultats des émissions de GES par grands postes d'émissions en tCO₂e sur 50 ans

Émissions de GES en kgCO ₂ e	sur 1 an
Construction des espaces extérieurs	19 889
Consommation d'énergie pour l'éclairage public	130
Construction des bâtiments	128 472
Utilisation des bâtiments	19 818
Mobilité des habitants	595 085
Déchets	156 657
Changement d'occupation des sols	2 572
Total	922 624

Tableau 35. Répartition des résultats des émissions de GES par grands postes d'émissions en kg CO₂e sur 1 an

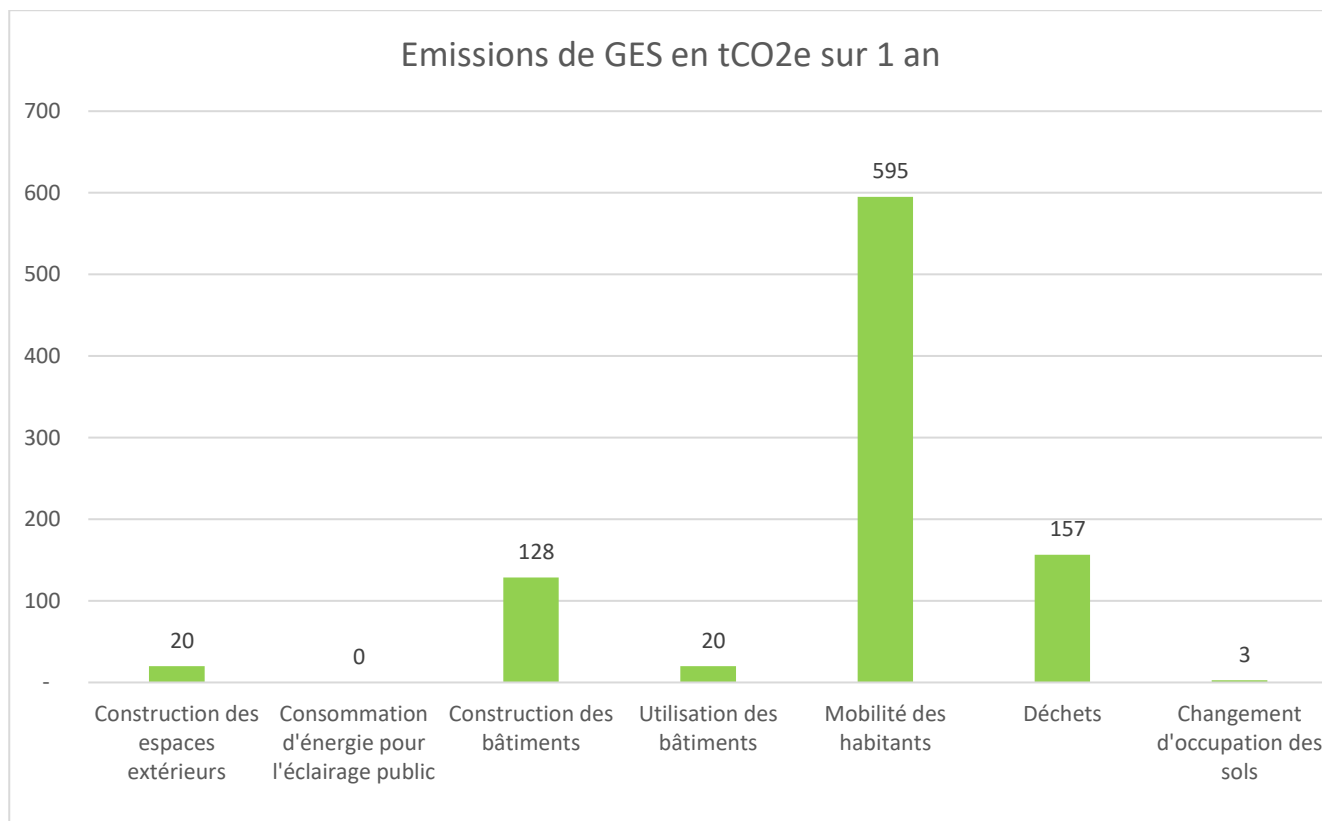


Figure 4. Répartition des résultats des émissions de GES par grands postes d'émissions en tCO₂e sur 1 an

Les émissions de GES liées au projet sont estimées à 46 131 176 CO₂e sur 50 ans soit 922 624 kg CO₂e par an.

Les changements d'occupation des sols, et notamment la biomasse générée, devraient permettre de séquestrer en comparaison 490 920 kg CO₂e sur 50 ans soit 1,1% des émissions du projet sur 50 ans.

Le poste des déplacements des habitants du quartier est le poste d'émissions le plus important dans cette étude, viennent ensuite la construction des logements et les déchets générés par les habitants du quartier.

CHAPITRE 3. CONCLUSION ET PLAN D'ACTION

3.1 Conclusion

Le projet d'aménagement projeté consiste en la construction d'un ensemble de logements sur une emprise de 5,14 hectares, rue Henri Barbusse à Lapugnoy.

L'étude sur les émissions de GES a permis de mettre en évidence les principaux postes d'émissions liées à la construction du projet :

- La **mobilité** des habitants est le premier poste d'émissions GES identifié. Dans ce cadre, des pratiques de déplacement en alternative à la voiture thermique individuelle pourront être privilégiées grâce à :
 - des offres de mobilité existantes (transport en commun, train, covoiturage, intermodalité, ...)
 - l'accompagnement de l'électrification du parc de véhicules (par l'installation de borne de recharge)
 - des continuités douces sécurisées à l'échelle de la commune ;
- La **construction** des **bâtiments** est le deuxième poste d'émissions GES du projet. Le choix de matériaux décarbonés pour la construction des logements peut permettre la réduction de ces émissions.
- Les **déchets** des habitants sont le troisième poste d'émissions GES du projet. La valorisation et le recyclage de ces déchets peuvent permettre de réduire l'impact grâce à des émissions évitées.
- **L'utilisation** des bâtiments est le quatrième poste d'émissions GES du projet. La consommation d'énergie renouvelable peut permettre de réduire l'impact de l'utilisation des bâtiments du projet et la dépendance aux énergies fossiles du territoire (production d'électricité photovoltaïque sur les toits, etc.)
- La **construction** des **espaces extérieurs** est le cinquième poste d'émissions GES du projet. La mise en place de vergers, de noues de roselières, de mares et des autres installations paysagères sont autant d'espaces extérieurs non bétonnés qui évitent l'imperméabilisation des espaces extérieurs et la fabrication de matériaux carbonés nécessaire à la construction de ces espaces. Cela peut également permettre d'être en cohérence avec le PCAET 2020-2026 de la CABBLR dont la Mesure 1.1 indique de « Prioriser dans les opérations de construction et de rénovation la gestion des eaux pluviales à la parcelle »

3.2 Plan d'action de réduction des émissions de GES du projet

Deux actions sont proposées pour réduire l'empreinte carbone du projet :

- **L'utilisation d'alternatives décarbonées dans la construction des logements** : matériaux biosourcés
- **L'utilisation d'énergies renouvelables** au quotidien dans les bâtiments.

Les réductions d'émissions estimées grâce à la mise en place d'actions sur le projet sont les suivantes :

Réduction et émissions évitées en kgCO ₂ e	Sur 1 an	Sur 50 ans
Alternatives décarbonées dans la construction des logements		1 422 085
La consommation d'énergie renouvelable	780	

Tableau 36. Réductions d'émissions estimées grâce à la mise en place d'actions sur le projet en kgCO₂e

3.2.1 L'utilisation d'alternatives décarbonées dans la construction des logements

Les facteurs d'émission utilisés pour estimer les émissions de GES de la construction des futurs logements du quartier correspondent à une construction dite classique dans la base de données de la méthode Quartier Energie Carbone. Or, il existe d'autres types de construction moins carbonés qui permettraient une réduction de l'impact de la construction des bâtiments du quartier (Mixte (classique et biosourcé : bois-béton, bois-acier...) et biosourcés et géosourcés).

Type de logement	Classique	Mixte (classique et biosourcé : bois-béton, bois-acier...)	Biosourcés et géosourcés
individuel	3 000 464	2 743 408	2 473 056
collectif	3 423 112	2 978 552	2 528 435
Total (50 ans)	6 423 576	5 721 960	5 001 491
Total (1 an)	128 472	114 439	100 030

Tableau 37. Émissions de GES liées la construction des bâtiments du quartier suivant différents « Matériaux principaux de structure »

Différences d'émissions de GES par rapport à des matériaux classiques en kgCO ₂ e	Mixte (classique et biosourcé : bois-béton, bois-acier...)	Biosourcés et géosourcés
individuel	257 056	527 408
collectif	444 560	894 677
Total (50 ans)	701 616	1 422 085
Total (1 an)	14 032	28 442

Tableau 38. Différence d'émissions de GES liées à la construction des bâtiments du quartier suivant différents « Matériaux principaux de structure » en kgCO₂e

Ainsi, en fonction des matériaux principaux utilisés pour la construction de la structure des bâtiments du quartier les émissions de GES peuvent varier. En effet, l'utilisation de matériaux mixte permettrait de réduire l'impact de la construction de 701 616 kgCO₂e alors que l'utilisation de matériaux biosourcés et géosourcés permettrait de réduire l'impact de la construction de 1 422 085 kgCO₂e.

■ Les hypothèses utilisées et sources de données utilisées

Les facteurs d'émission utilisés dans cette partie sont issus de la Méthode Quartier Energie Carbone :

Type de facteur d'émissions en kg CO ₂ eq. / m ² SREF pour 50 ans	Maison individuelle	Logement collectif
Classique	677	616
Mixte (classique et biosourcé : bois-béton, bois-acier...)	619	536
Biosourcés et géosourcés	558	455

Tableau 39. Facteurs d'émission utilisé pour les émissions de GES générées par la construction des logements

3.2.2 La consommation d'énergie renouvelable

La mise en place de bâtiments respectant la RE2020 permet déjà au poste d'utilisation quotidienne des bâtiments d'être peu prépondérant dans cette étude. Cependant, un certain nombre d'aménagements pourrait être mis en place tel que l'autoconsommation d'énergies renouvelables.

Type d'énergie	Consommation d'électricité totale en kWh/an	Émissions de GES avec consommation d'électricité du réseau en kg CO ₂ e	Émissions de GES avec consommation de PV en kg CO ₂ e	Différence d'émissions de GES en kgCO ₂ e
individuel	407 929	8 206	7 795	411
collectif	366 384	7 370	7 001	369
Total sur 1 an	774 312	15 576	14 796	780

Tableau 40. Différence d'émissions de GES entre la consommation d'électricité du réseau ou d'une production photovoltaïque en kgCO₂e

Le taux de conversion entre l'énergie primaire et l'énergie finale pour l'électricité est de 2,58. Le facteur d'émission de l'énergie photovoltaïque est le suivant en comparaison à l'électricité du réseau :

Type d'énergie	Facteurs d'émissions en kg CO ₂ e/kWh	Facteurs d'émissions de la Bilan Empreinte® utilisés
Electricité du réseau	0,0519	Electricité/2024 - mix moyen/consommation
Electricité Photovoltaïque	0,0439	Photovoltaïque - fabrication Chine (par défaut utilisé en France), France continentale, Bilan Empreinte®

Tableau 41. Facteurs d'émission issus de la Base Empreinte®

Ainsi, la consommation d'électricité autoproduite réduirait les émissions de GES du quartier d'environ 780 kgCO₂e par an en plus de permettre une réduction de la dépendance aux énergies fossiles du territoire.

3.3 Autre piste de réduction à étudier : les alternatives de mobilité moins carbonées

Le premier poste d'émissions de GES du projet correspond à la mobilité des habitants. Ainsi, la mise en place d'alternative à l'utilisation de la voiture individuelle sur le quartier pourrait permettre de réduire les émissions de GES des habitants sur ce poste. En effet, les facteurs d'émission de GES utilisés dans cette étude étant les suivants, il est visible que l'utilisation de mobilité douce ou de transport en commun permet la réduction des émissions de GES de la mobilité.

Type de FE	Valeur	Unité
Autobus moyen/Agglomération de plus de 250 000 habitants	0,1525	Kg CO ₂ e/ véhicule.km
Voiture/Motorisation moyenne/2023	0,2528	Kg CO ₂ e/ passager.km
Vélo/à assistance électrique	0,0110	Kg CO ₂ e/ véhicule.km
Moto > 250 cm ³ /Mixte/2023	0,2147	Kg CO ₂ e/ véhicule.km
TER/2022/Traction moyenne	0,0277	Kg CO ₂ e/ passager.km

Tableau 42. Facteurs d'émission utilisés dans les émissions de GES de la mobilité des habitants

Les émissions de cette action n'ont pas été estimées, dans la mesure où elle repose principalement sur des infrastructures du territoire, des politiques régionales et nationales, ainsi que sur les modes de vie des futurs habitants.

Les infrastructures déjà existantes et dont le projet devra permettre un accès privilégié sont les suivantes :

- Arrêt de bus à proximité : arrêts Barbusse et Stade, à respectivement 150 mètres et 350 mètres du projet,
- Cheminement piéton et de mobilité douce et projet de navette vers le centre-ville,
- Installation ou pré-équipement pour l'installation de bornes de recharge pour les véhicules électriques.