

BUREAU VERITAS EXPLOITATION
Service Conseil QHSE et RSE
299 Rue du Général de Gaulle
59700 MARCQ EN BAROEUL

DALKIA

Etude relative aux émissions de gaz à effet de serre (GES) pour la construction d'une chaufferie biomasse et la création du réseau de chaleur du projet Beauvais Terre d'Energies

Référence du rapport :				
Version	V0	V1		
Date	20/08/2026	31/08/2026		
Rédacteur	Louise TREMINE	Louise TREMINE		
Relecteur	Adeline BARNET	-		
<u>Note de version (principales modifications effectuées) :</u> <i>V0 : version initiale</i> <i>V1 : modification des consommations de gaz naturel pour le poste 1.1 (d'après les données DALKIA) et ajout d'éléments de compréhension sur l'ensemble du document.</i> <i>La V1 annule et remplace la V0</i>				

Ce rapport contient 49 pages.

SOMMAIRE

1. CONTEXTE DE L'ETUDE.....	4
2. PRESENTATION DU PERIMETRE DES EMISSIONS GENEREES OU EVITEES PAR LA REALISATION DU PROJET	5
2.1. CADRE GENERAL DU PROJET	5
2.2. PERIMETRE TEMPOREL	5
2.3. PERIMETRE SPATIAL	6
3. DESCRIPTION DE L'ETAT INITIAL DE L'ENVIRONNEMENT	8
3.1. NIVEAU NATIONAL	8
3.2. NIVEAU REGIONAL	9
3.3. NIVEAU LOCAL	11
3.4. CONCLUSION	12
4. DEFINITION D'UN SCENARIO D'EMISSIONS AVEC PROJET ET D'UN SCENARIO D'EMISSIONS SANS PROJET	13
5. IDENTIFICATION DES POSTES D'EMISSIONS SIGNIFICATIFS POUR CHAQUE PHASE.....	14
5.1. ANALYSE DES SOURCES D'EMISSIONS POUR L'ENSEMBLE DES POSTES D'EMISSIONS ET POUR CHAQUE SCENARIO	14
5.1.1. <i>Scénario « sans projet »</i>	14
5.1.2. <i>Scénario « avec projet » pour la phase de construction</i>	14
5.1.3. <i>Phase d'exploitation</i>	17
6. QUANTIFICATION DES POSTES D'EMISSIONS SIGNIFICATIFS ET DES EMISSIONS EVITEES	21
6.1. METHODE UTILISEE	21
6.2. FACTEURS D'EMISSION	21
6.3. QUANTIFICATION DES EMISSIONS DE LA PHASE DE CONSTRUCTION	22
6.3.1. <i>Émissions directes des sources fixes de combustion (poste 1.1)</i>	23
6.3.2. <i>directes des sources mobiles de combustion (poste 1.2)</i>	23
6.3.3. <i>Emissions issues de la biomasse (poste 1.5)</i>	24
6.3.4. <i>Emissions indirectes liées à la consommation d'électricité (poste 2.1)</i>	25
6.3.5. <i>Transport de marchandises amont (poste 3.1)</i>	25
6.3.6. <i>Déplacements professionnel (poste 3.5)</i>	29
6.3.7. <i>Achats de biens (poste 4.1)</i>	31
6.3.8. <i>Immobilisations de biens (poste 4.2)</i>	33
6.3.9. <i>Déchets (poste 4.3)</i>	33
6.4. QUANTIFICATION DES EMISSIONS DE LA PHASE D'EXPLOITATION	35
6.4.1. <i>Emissions directes des sources fixes de combustions (poste 1.1)</i>	36
6.4.2. <i>Emissions directes des sources mobiles de combustion (poste 1.2)</i>	38
6.4.3. <i>Emissions indirectes liées à la consommation d'électricité (poste 2.1)</i>	39
6.4.4. <i>Transport de marchandises amont (poste 3.1)</i>	40
6.4.5. <i>Déplacement professionnel (poste 3.5)</i>	41
6.4.6. <i>Emissions liées à l'achat de bien (poste 4.1)</i>	41
6.4.7. <i>Immobilisations de biens (poste 4.2)</i>	43
6.4.8. <i>Déchets (poste 4.3)</i>	43
7. BILAN DU PROJET : CUMUL DES EMISSIONS GENEREES ET EVITEES DU FAIT DE LA REALISATION DU PROJET	45
7.1. RESULTATS POUR LE SCENARIO SANS PROJET	45

7.2.	RESULTATS POUR LE SCENARIO AVEC PROJET	46
7.3.	COMPARAISON DES DEUX SCENARIO	47
8.	PRESENTATION DES MESURES ERC RETENUES ET DE LEUR MISE EN ŒUVRE	48
9.	CONCLUSION : IMPACT DU PROJET SUR LE CLIMAT	49

1. Contexte de l'étude

Le projet Beauvais Terre d'Energie situé dans l'Oise (60) consiste à la création d'un réseau de chaleur d'environ 48 km qui permettra de raccorder jusqu'à 16 000 logements. Une installation énergétique composée d'une chaufferie biomasse à condensation avec pompes à chaleur à absorption (PAC) nommée Centrale Nord et d'une valorisation de l'énergie géothermique avec une PAC à absorption seront également mis en place pour alimenter ce réseau.

La combinaison de la géothermie avec les chaudières biomasse et des PAC à absorption permet d'atteindre 100 % d'énergie renouvelables et de récupération pour obtenir un rendement annuel moyen d'environ 135 %

La Centrale Nord sera implantée sur une parcelle d'environ 11 300 m² située dans le parc Marcel Dassault (zone naturelle). Elle se composera d'une chaufferie biomasse, d'une partie géothermie, et d'une chaufferie gaz qui fonctionnera en appoint et en secours.

Ce projet fait l'objet d'une demande d'enregistrement au titre de la rubrique 2910 de la nomenclature ICPE.

Dans le cadre de la réalisation de cette étude d'impact, la présente étude relative aux émissions de gaz à effet de serre (GES) est réalisée afin d'évaluer l'impact du projet sur le climat.

Cette étude respecte les fondements du *Guide du Ministère de la transition écologique sur la prise en compte des émissions de GES dans les études d'impact*, tout en respectant le principe de proportionnalité. Elle traite exclusivement de l'atténuation du changement climatique des projets et ne s'intéresse pas au volet relatif à l'adaptation.

Les incidences d'un projet sur les émissions de GES sont évaluées à travers sa contribution à augmenter ou diminuer les émissions ou les absorptions de GES.

Dans le cadre de la réalisation d'une étude d'impact, il s'agit d'évaluer la variation ou l'écart des émissions de GES entre une situation sans projet (situation de référence) et la situation avec projet.

2. Présentation du périmètre des émissions générées ou évitées par la réalisation du projet

2.1. Cadre général du projet

Le projet concerne la construction d'une chaufferie biomasse avec une partie géothermie et la création d'un réseau de chaleur urbain de 48 km avec une connexion sur le réseau de chaleur existant.

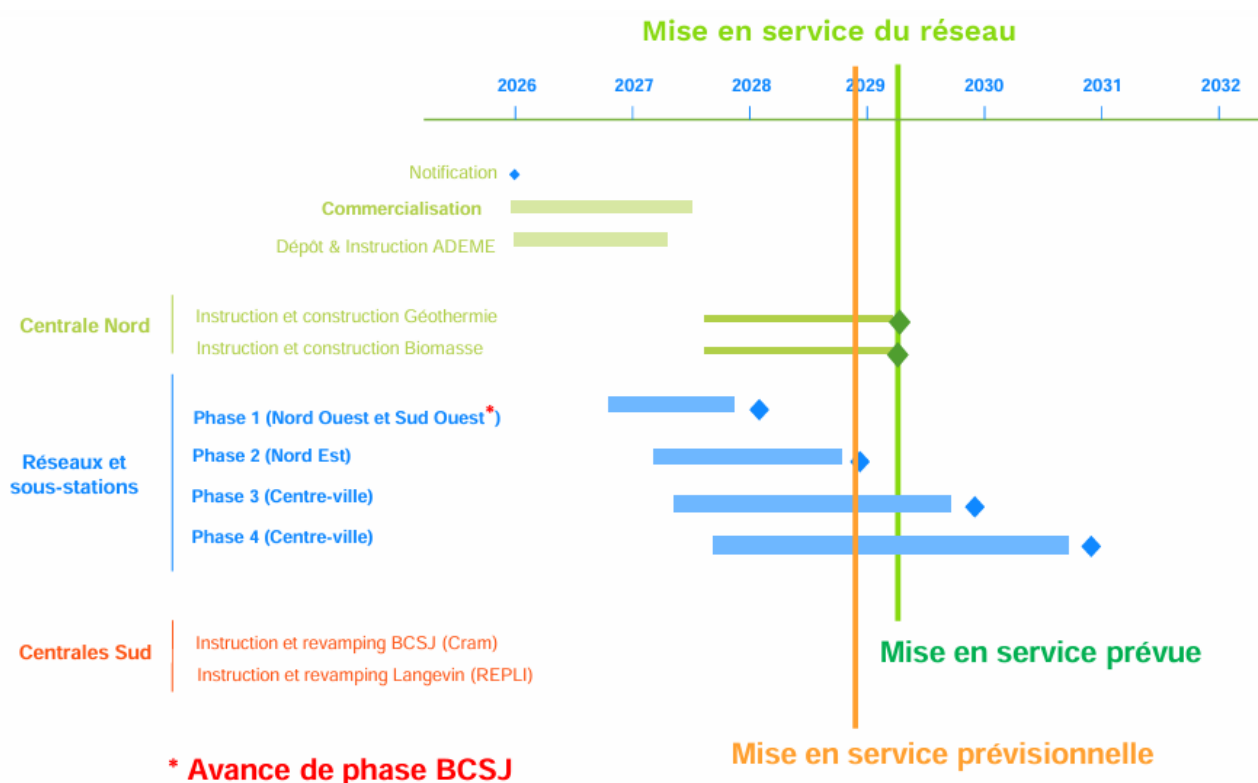
Cette étude a pour but de prendre en compte l'évolution des émissions de GES entre la situation sans projet et la situation projetée.

2.2. Périmètre temporel

Pour l'analyse des impacts sur le climat, le calcul des émissions d'un projet doit se faire sur l'ensemble de sa durée de vie.

Le périmètre temporel du projet peut être décomposé en trois phases distinctes :

- une phase de construction (incluant les études de faisabilité, conception et réalisation) jusqu'à la mise en service : la durée des travaux est estimée à 5 ans (2027-2031), elle prend en compte la construction de la chaufferie Centrale Nord (qui devrait se terminer courant 2029) et de la création du réseau connecté au réseau déjà existant (dont la dernière phase se termine en 2031)



- une phase d'exploitation (dont les opérations de mise en service, d'exploitation, d'entretien, de maintenance, de renouvellement de certains composants et d'utilisation du projet) : cette phase sera divisé en deux sous-phases correspondant à :
 - **phase de mise en service** : correspond à la mise en service de la chaufferie et au raccordement progressif du réseau aux différents logements. Cette phase sera réalisée parallèlement à la phase de construction de 5 ans (2027-2031) ;
 - **phase d'exploitation** : correspond à l'exploitation totale du réseau et de la chaufferie sur leur durée de vie qui est estimée à 40 ans (2031-2071)

2.3. Périmètre spatial

L'étude doit prendre en compte l'ensemble des émissions engendrées et/ou évitées du fait de la réalisation du projet, directement et indirectement, sur site et hors site.

Les catégories et types d'émissions à considérer sont les suivants :

Catégorie d'émissions (norme ISO 14064-1 : 2018)	Type d'émissions (norme ISO 14064-2 : 2019)
Catégorie a : émissions directes et puits	Émissions contrôlées
Catégorie b : émissions indirectes de l'importation d'énergie	Émissions associées
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	Émissions associées ou affectées

Source : CGDD, 2021

- **Les émissions directes et indirectes :**
 - *Émissions directes de GES* : il s'agit des émissions provenant des installations fixes ou mobiles situées à l'intérieur du périmètre organisationnel du projet, c'est-à-dire des émissions provenant des sources appartenant ou étant sous le contrôle du porteur du projet.
 - *Émissions indirectes de GES* : les émissions indirectes de GES sont celles qui découlent des opérations et activités situées à l'extérieur du projet, qui proviennent de sources de GES n'appartenant pas au porteur du projet ou n'étant pas sous son contrôle, mais qui sont liées à des activités nécessaires à l'existence du projet. Au sein des émissions indirectes, il peut être différencié les émissions indirectes associées à la production d'électricité, de chaleur ou de vapeur importée pour les activités du projet des autres émissions indirectement produites par les activités liées à la chaîne de valeur complète du projet.
- **Les émissions contrôlées, associées et affectées par le projet :**
 - *Émissions contrôlées et associées au projet* : les émissions de GES (ou leurs absorptions) contrôlées se situent généralement sur le site du projet dont les activités

sont placées sous la direction et l'influence du porteur de projet. Il s'agit des sources d'émissions générées par le projet lui-même, c'est-à-dire des sources directes. Les émissions de GES (ou leurs absorptions) associées au projet sont généralement situées en amont ou en aval du projet et sont liées à un flux de matière ou énergétique qui entre ou sort du site du projet. Ce sont des sources indirectes relatives aux composantes nécessaires à la mise en œuvre et à l'exploitation (voire son démantèlement) du projet (fourniture d'énergie, matériaux de construction, production de matières premières, modification de l'affectation des sols, transport de marchandises, traitement des déchets, etc.).

- *Émissions affectées (induites) par le projet* : le projet peut également avoir une incidence sur les émissions de GES d'activités situées en dehors du périmètre organisationnel du projet ou générer un effet rebond conduisant à une hausse généralisée de la demande des consommateurs (en énergie notamment) et des émissions associées.

La dimension spatiale dépend de l'ensemble des composantes du projet (énergie consommée, matériaux utilisés et leur provenance, etc.) et ne peut être définie qu'au cas par cas.

L'identification des sources d'émissions du projet, en cohérence avec ces catégories d'émissions est présentée dans la suite de ce rapport.

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

La description de l'état initial consiste en une identification des émissions du scénario sans projet. Elle doit être conduite de manière proportionnée au volume pré-estimé d'émissions générées par le projet sur son territoire d'implantation.

Aux différentes échelles territoriales, deux types de données sont disponibles :

- des inventaires nationaux et territoriaux d'émissions de GES : ils servent à décrire l'état initial sur l'aire d'étude du projet ;
- des objectifs de réduction des émissions de GES quantifiés dans le temps (objectifs sectoriels nationaux (SNBC) et objectifs territoriaux).

3.1. Niveau national

Le projet n'a pas d'aire d'influence d'envergure nationale.

La présente étude n'a donc pas lieu d'exposer dans le détail l'état initial à l'échelle nationale. Nous reprenons toutefois les éléments clés ci-dessous :

La Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) révisée, adoptée par décret du 21 avril 2020, donne les orientations stratégiques pour mettre en œuvre, dans tous les secteurs d'activité, la transition vers une économie bas-carbone et durable. Cette stratégie voit initialement le jour dans le cadre de l'Accord de Paris (2015).

Elle identifie, pour chaque secteur d'activité, des leviers pour éviter voire réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Elle fixe également des objectifs de réduction d'émissions de gaz à effet de serre à l'échelle de la France:

- Neutralité carbone en 2050 : l'objectif est d'équilibrer les émissions de gaz à effets de serre (GES) avec ce que la planète est en capacité d'absorber ;
- Réduction de 40% des émissions GES d'ici 2030 par rapport à 1990 (révisé à -55% dans le cadre du pacte vert) ;
- Sortir progressivement des énergie fossiles comme le charbon, le pétrole ou le gaz.

Pour atteindre ces objectifs, des budgets carbone sont définis par périodicités successives de cinq ans et permettent de fixer un plafonds d'émissions de gaz à effet de serre. Ils sont déclinés en sept grands domaines d'activités : transports, bâtiments résidentiels-tertiaires, industrie, agriculture, production d'énergie, déchets et par type de gaz à effet de serre.

La SNBC a été adoptée en juillet 2026 : elle fixe la trajectoire de réduction des émissions de gaz à effet de serre de la France pour les prochaines décennies et les orientations nécessaires pour accélérer la transition vers une économie décarbonée.

Cette troisième version réévalue les budgets carbone pour la période 2024-2028, 2029-2033 et 2034-2038 :

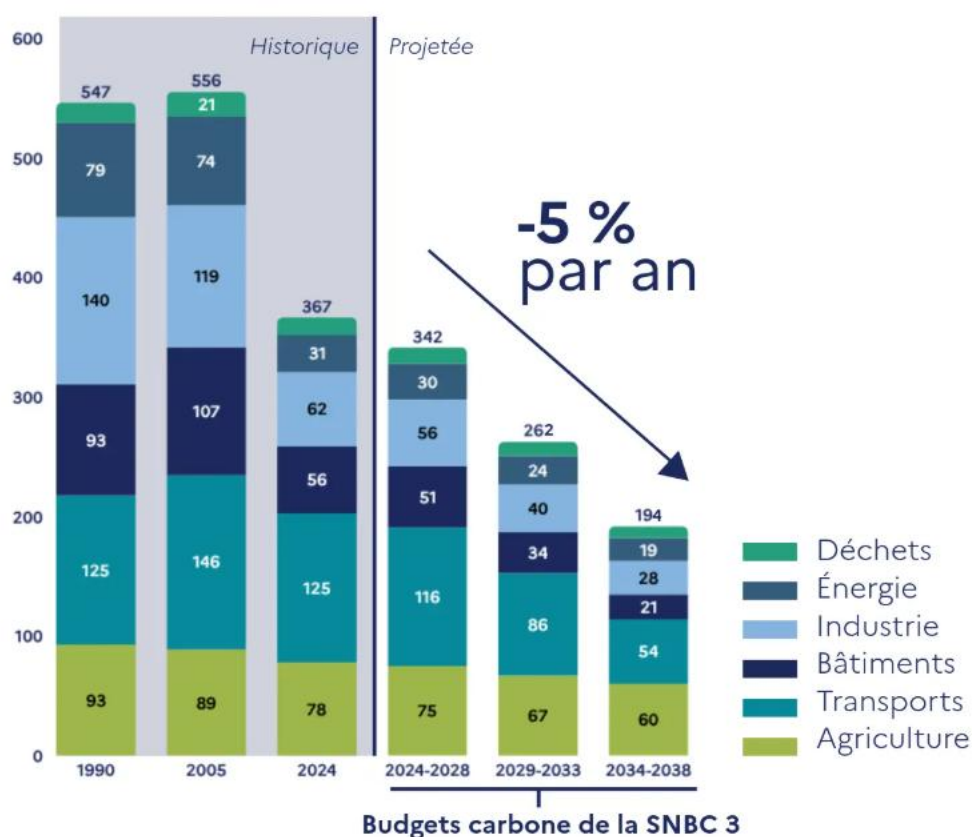


Figure 1 : Répartition sectorielle indicative des moyennes annuelles des budgets carbone SNBC 3 - source : <https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/feuille-route-climatique-francaise>

Le projet d'agrandissement du réseau de chaleur porté par la Communauté d'Agglomération du Beauvaisis est concerné par le secteur de l'énergie. L'objectif de l'Agglomération est donc de respecter le budget carbone énoncé dans la SNBC 3.

3.2. Niveau régional

Le projet n'a pas d'aire d'influence d'envergure régionale.

La présente étude n'a donc pas lieu d'exposer dans le détail l'état initial à l'échelle régionale. Nous reprenons toutefois les éléments clés ci-dessous :

Données issues de l'observatoire climat des Hauts-de-France :

A l'échelle régionale, le dernier bilan connu pour la région Haut-de-France datant de 2021, annonçait **47 983 Kt eq. CO₂**, dont 336 Kt eq. CO₂ pour la branche énergie. Le graphique représentant le bilan est présenté ci-après :

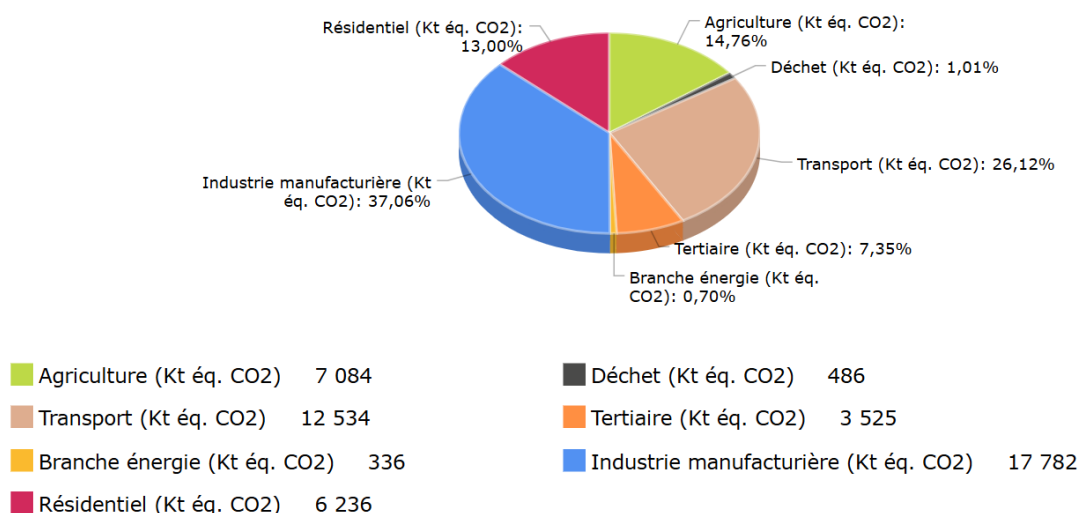


Figure 2 : Répartition des émissions de GES pour l'année 2021 (Source : observatoire climat Hauts-de-France : Inventaire 2021)

La tendance des émissions est marquée à la baisse dans la région (-18 % depuis 2012). Ce sont principalement les émissions des secteurs de l'industrie et du résidentiel qui ont diminué, respectivement de -27 % et -25 %. Les émissions liées au traitement des déchets et de l'eau ou encore liées à l'énergie ont également baissées, d'environ -42% entre 2012 et 2021.

A noter que l'énergie produite est utilisée pour l'ensemble des secteurs comme le montre le diagramme suivant :

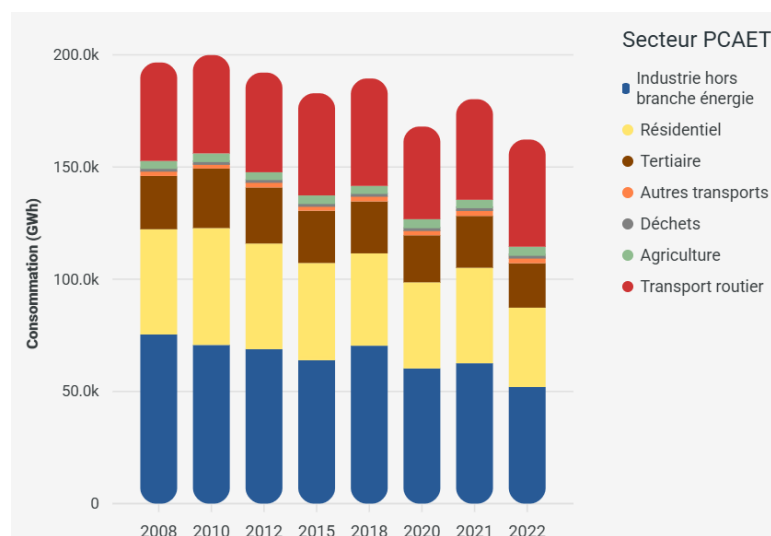


Figure 3 : consommation d'énergie de chaque secteur dans les Hauts-de-France entre 2008 et 2021 (Source : observatoire climat Hauts-de-France : Inventaire 2021)

Les secteurs résidentiel et tertiaire sont actuellement les troisième et quatrième secteurs les plus consommateurs en énergie. La répartition des émissions de GES liées à ces deux secteurs est la suivante :

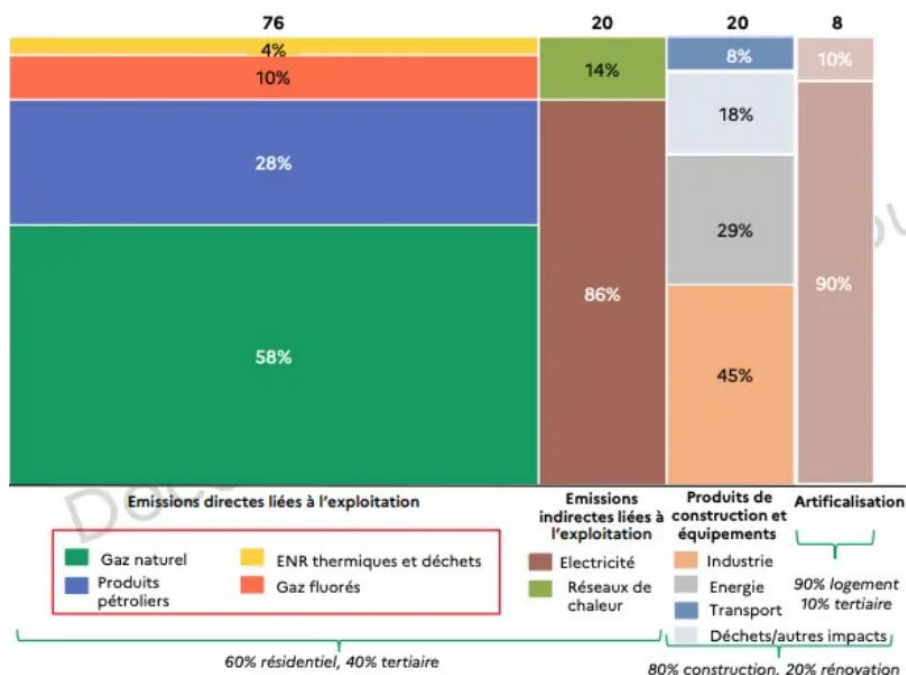


Figure 4 : Emissions liées aux secteurs résidentiel et tertiaire (source : la planification écologique des bâtiments, 2023 - SGPE, données CSTB)

Environ 85% des émissions des secteurs résidentiel et tertiaire sont liées à l'énergie, et restent encore fortement dépendantes des énergies fossiles.

Ainsi, l'agrandissement du réseau de chaleur urbain permettra de réduire les consommations d'énergie fossiles utilisées dans les secteurs du résidentiel et tertiaire.

3.3. Niveau local

Le projet a une aire d'influence d'envergure locale.

En 2016, les émissions de GES de la Communauté d'Agglomération du Beauvaisis (CAB) ont été évaluées à environ 1 400 Kt eq CO₂. La répartition sectorielle de ces émissions est présentée ci-après :

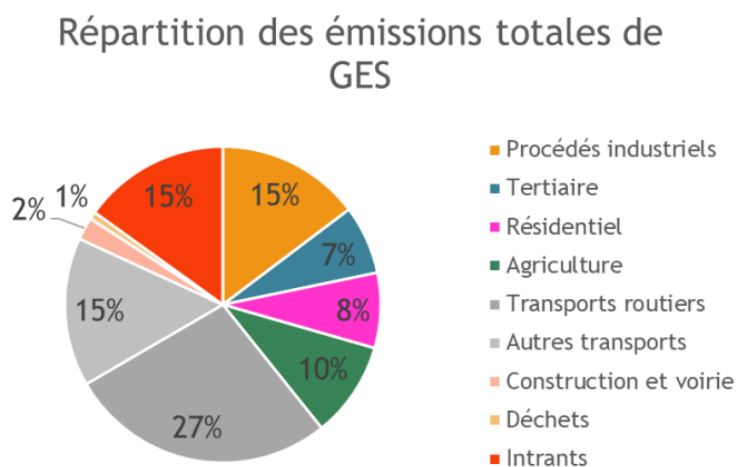


Figure 5 : bilan GES de l'Agglomération du Beauvaisis – données 2016 (émissions directes et indirectes)

Au regard de ce graphique, 15% des émissions de GES proviennent des secteurs du tertiaire et du résidentiel, ce qui représente environ 211 Kt eq CO₂.

Par ailleurs, dans le PCAET 2020-2026, il est également précisé qu'actuellement, les secteurs résidentiel et tertiaire représentent environ un quart des consommations énergétiques du territoire.

Ainsi, l'une des 5 actions prioritaires parmi les 36 actions définies dans le PCAET de la CAB est la suivante :

«Encourager la création de réseaux de chaleur»

La CAB se fixe donc plusieurs objectifs tels que :

- réduire les émissions de GES de 24% d'ici fin 2026 ;
- réduire les consommations d'énergie de 13% d'ici fin 2026 et augmenter de 48% les énergies renouvelables.

Ces deux objectifs étant en corrélation, la CAB souhaite favoriser le développement de la production locale d'énergies renouvelables et approvisionner les réseaux de distribution d'énergie par des énergies renouvelables ou de récupérations.

Le projet d'extension du réseau de chaleur urbain permettra de réduire les consommations énergétiques, et donc les émissions de GES associées, en lien avec les objectifs des trajectoires annoncées à l'échelle nationale et locale.

3.4. Conclusion

La Communauté d'Agglomération de Beauvais s'inscrit dans une démarche de réduction de ses émissions de GES en se tournant vers l'utilisation de sources d'énergie plus durables et dites renouvelables. Accompagné également par l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments (rénovations thermiques, renouvellement des équipements de chauffage) dans les secteurs résidentiel et tertiaire, le projet d'extension du réseau urbain permettra d'entamer une baisse significative des émissions de GES de la CAB.

L'enjeu est considéré comme fort.

4. Définition d'un scénario d'émissions avec projet et d'un scénario d'émissions sans projet

La définition de l'impact GES d'un projet requiert une description de l'évolution de l'état initial de l'environnement, en cas de mise en œuvre du projet, ainsi qu'un aperçu de l'évolution probable de l'environnement en l'absence de mise en œuvre du projet :

- le **scénario sans projet** est, dans le cas présent, défini comme étant la trajectoire d'évolution des émissions GES la plus probable de l'aire d'étude sans la construction de la chaufferie Centrale Nord et sans l'agrandissement du réseau de chaleur ;
- le **scénario avec projet** correspond à la trajectoire d'évolution des émissions de GES la plus probable de l'aire d'étude avec la mise en place du projet.

Rappel - cadre du projet :

Le projet concerne la construction d'une chaufferie biomasse et la création du réseau de chaleur urbain qui sera connecté au réseau de chaleur existant (48 km supplémentaires) permettant le raccordement progressif d'environ 16 000 logements supplémentaires.

Dans le cadre du présent projet, ces scénarios se matérialisent de la façon suivante :

Scénario	Description du scénario	Quantification des émissions
Sans projet	Sans le réseau de chaleur, les habitants de la CAB se chaufferaient à l'aide d'une mode de chauffage plus conventionnel (prise en compte d'un mode de chauffage au gaz uniquement, pour des raisons techniques en lien avec un potentiel raccordement au réseau de chaleur). Sans la construction de la chaufferie dans le parc Marcel Dassault, aucune modification d'affectation des sols n'est prévue.	Pour le scénario sans projet : les émissions sont principalement liées aux consommations énergétiques des chaudières individuelles et à l'entretien de celles-ci.
Avec projet	Le scénario avec projet correspond à la construction et à l'exploitation d'une chaufferie biomasse et à la création du réseau de chaleur urbain de 48 km permettant de raccorder progressivement l'équivalent de 16 000 logements supplémentaires.	Les émissions à quantifier correspondent donc aux émissions de GES liées à la construction et à l'exploitation d'une chaufferie biomasse et d'un réseau de chaleur urbain de 48 km.

Nous restons sur une approche macro, le projet ne nécessite pas de réaliser une étude de sensibilité permettant la réalisation de scénarios plus fins.

Pour le scénario « sans projet », les calculs se basent sur les consommations énergétiques et à l'entretien des moyens de chauffages de 16 000 logements de la CAB, entre 2027 et 2071 afin de rester dans le même périmètre que le scénario « avec projet ».

5. Identification des postes d'émissions significatifs pour chaque phase

Pour chaque scénario d'émissions et sur la base d'une **pré-quantification** sommaire de chaque poste d'émissions, il convient de définir et argumenter le choix des postes d'émissions significatifs pris en compte dans les calculs d'émissions de GES sur le périmètre d'étude.

La norme ISO 14064-1 et les lignes directrices pour le développement des guides sectoriels BEGES de l'ADEME permettent de donner un cadre pour déterminer les postes significatifs pour les émissions indirectes. Les postes d'émissions directes sont systématiquement pris en compte dans ces deux référentiels.

Les critères d'un poste significatif peuvent être définis notamment au regard (non exhaustif) :

- de la contribution du poste vis à vis des émissions globales du projet ;
- de son importance stratégique (image, relations avec les parties prenantes telles que les fournisseurs ou les investisseurs, etc.) ;
- de son exposition aux risques (variation du coût des énergies fossiles, réglementation contraignante, chaîne d'approvisionnement, etc.)... »

5.1. Analyse des sources d'émissions pour l'ensemble des postes d'émissions et pour chaque scénario

5.1.1. Scénario « sans projet »

Les émissions associées au scénario « sans projet », qui correspond à un mode de chauffage plus conventionnel pour 16 000 logements sont principalement liées à :

- La consommation énergétiques (gaz naturel) nécessaire au chauffage de 16 000 logements entre 2027 et 2071 ;
- L'entretien des équipements de chauffage entre 2027 et 2071.

Les données permettant de définir les émissions de GES se basent principalement sur des documents rédigés par l'agglomération, ou sur des fiches techniques associées aux différents modes de chauffage.

Ce scénario est alors comparé au scénario « avec projet » pour la phase de construction et la phase d'exploitation.

5.1.2. Scénario « avec projet » pour la phase de construction

Les émissions associées à la construction et de la chaufferie biomasse et du réseau de chaleur urbain, correspondent aux émissions liées :

- A la fabrication et à la livraison des matériaux constitutifs des bâtiments (béton, acier, bois), des voiries et parkings (enrobés),
- A la fabrication et à la livraison des nouveaux équipements,
- A la mise en œuvre du chantier (consommation d'énergie des équipements et engins de chantier, déplacements domicile-travail des salariés, etc.).

Phase de construction				
	Scénario sans projet – chauffage individuel conventionnel		Scénario avec projet - construction d'une chaufferie et d'un réseau de chaleur	
Intitulé du poste d'émissions	Source d'émissions	Données d'activités associées	Source d'émissions	Données d'activités associées
Organisation		-	Durée des travaux	5 ans (2027 – 2031)
1.1 Émissions directes des sources fixes de combustion	Consommation énergétique des chaudières individuels	Gaz	Consommations énergétiques des chaudières avant leur raccordement au réseau	Gaz
1.2 Émissions directes des sources mobiles de combustion	Sans objet	-	Utilisation d'engins de chantier	Consommation de carburants (gazole)
1.3 Émissions directes des procédés hors énergie	Sans objet	-	Sans objet	-
1.4 Émissions directes fugitives	Sans objet	-	Sans objet	-
1.5 Émissions issues de la biomasse (sols et forêts)	Sans objet	-	Changement d'affectation des sol pour la chaufferie biomasse	Imperméabilisation des sols
2.1 Émissions indirectes liées à la consommation d'électricité	Sans objet, consommation d'électricité non significative pour le fonctionnement des chaudières individuelles	-	Sans objet	-
2.2 Émissions indirectes liées à la consommation de vapeur, chaleur ou froid	Sans objet	-	Sans objet	-
3.1 Transport de marchandises amont	Sans objet	-	Transport des canalisations – réseau de chaleur et géothermie Transport des matériaux de construction – chaufferie Transport des remblais et déblais – réseau de chaleur et géothermie	[Quantité de marchandises entrantes (en tonnes)] x [nombre de km (trajet moyen)]
3.2 Transport des marchandises aval	Sans objet	-	Sans objet	-
3.3 Déplacement domicile travail	Sans objet	-	Sans objet	-
3.4 Transport des visiteurs et des clients	Sans objet	-	Sans objet	-

Phase de construction				
	Scénario sans projet – chauffage individuel conventionnel		Scénario avec projet - construction d'une chaufferie et d'un réseau de chaleur	
Intitulé du poste d'émissions	Source d'émissions	Données d'activités associées	Source d'émissions	Données d'activités associées
3.5 Déplacements professionnels	Déplacement des artisans plombiers – chauffagistes pour l'entretien des chaudières	Distance journalière parcourue, mode de transport.	Déplacement de l'ensemble des ouvriers sur les différentes zones de chantier Déplacement des artisans plombiers – chauffagistes pour l'entretien des chaudières individuelles avant que le logement soit raccordé au réseau de chaleur	Nombre d'ouvriers par jour sur chantier, durée du chantier, distance journalière parcourue, mode de transport.
4.1 Achats de biens	Remplacement des pièces défectueuses en cas de pannes	En l'absence de données suffisamment précises, prise en compte uniquement du remplacement des chaudières en pannes	Emissions liées à l'achat des matériaux de construction pour la partie chaufferie, géothermie et réseau de chaleur	Quantité et type de matériaux
4.2 Immobilisations de biens	Sans objet	-	Bâtiment (base vie) Engins de chantier / machines / gros outillages	Négligeable
4.3 Déchets	Sans objet	-	Déchets générés sur les différentes zones de chantier	Quantité de matériaux excédentaires évacués (plastiques / cartons / bois / métal / gravats) + terre végétale.
4.4 Actifs en leasing amont	Sans objet	-	Sans objet	-
4.5 Achats de services	Sans objet	-	Sans objet	-
5.1 Utilisation des produits vendus	Sans objet	-	Sans objet	-
5.2 Actifs en leasing aval	Sans objet	-	Sans objet	-
5.3 Fin de vie des produits vendus	Sans objet	-	Sans objet	-
5.4 Investissements	Sans objet	-	Sans objet	-
6.1 Autres émissions indirectes	Sans objet	-	Sans objet	-

5.1.3. Phase d'exploitation

Le tableau ci-après identifie, pour chaque poste d'émissions de GES recensé dans les standards de comptabilité carbone, les sources d'émission de GES pendant la phase d'exploitation entre 2031 et 2071 (estimée à 40 ans), et ce pour chaque scénario.

Il permet également l'identification des données d'activités qui permettront de réaliser la quantification des GES.

Phase d'exploitation					
Intitulé du poste d'émissions	Scénario sans projet – chauffage individuel conventionnel		Scénario avec projet - exploitation d'une chaufferie et d'un réseau de chaleur		
	Source d'émissions	Données d'activités associées	Source d'émissions	Données d'activités associées à la mise en exploitation courant la phase chantier	Données d'activités associées à l'exploitation postérieur à la phase chantier
Organisation	Durée	40 ans (2031- 2071)	Durée	5 ans (2027- 2031)	40 ans (2031 – 2071)
1.1 Émissions directes des sources fixes de combustion	Consommation énergétique des chaudières individuels	Gaz	Consommations énergétiques de la chaudière biomasse	Gaz - biomasse	Gaz - biomasse
1.2 Émissions directes des sources mobiles de combustion	Sans objet	-	Sans objet	-	-
1.3 Émissions directes des procédés hors énergie	Sans objet	-	Sans objet	-	-
1.4 Émissions directes fugitives	Sans objet	-	Sans objet	-	-
1.5 Émissions issues de la biomasse (sols et forêts)	Sans objet	-	Sans objet	-	-
2.1 Émissions indirectes liées à la consommation d'électricité	Sans objet, consommation d'électricité non significative pour le fonctionnement des chaudières individuelles	-	Consommation électrique pour le fonctionnement de la chaufferie	Consommation électrique	Consommation électrique
2.2 Émissions indirectes liées à la consommation de vapeur, chaleur ou froid	Sans objet	-	Sans objet	-	-

Phase d'exploitation					
Intitulé du poste d'émissions	Scénario sans projet – chauffage individuel conventionnel		Scénario avec projet - exploitation d'une chaufferie et d'un réseau de chaleur		
	Source d'émissions	Données d'activités associées	Source d'émissions	Données d'activités associées à la mise en exploitation courant la phase chantier	Données d'activités associées à l'exploitation postérieur à la phase chantier
3.1 Transport de marchandises amont	Sans objet	-	Transport de la biomasse nécessaire au fonctionnement de la chaufferie	[Quantité de marchandises entrantes (en tonnes)] x [nombre de km (trajet moyen)]	[Quantité de marchandises entrantes (en tonnes)] x [nombre de km (trajet moyen)]
3.2 Transport de marchandises aval	Sans objet	-	Sans objet	-	-
3.3 Déplacement domicile travail	Sans objet	-	Sans objet	-	-
3.4 Transport des visiteurs et des clients	Sans objet	-	Sans objet	-	-
3.5 Déplacements professionnels	Déplacement des artisans plombiers – chauffagistes pour l'entretien des chaudières	Distance journalière parcourue, mode de transport.	Déplacements professionnels des salariés lors des entretiens de la chaufferie	Négligeable en phase chantier	Distance journalière parcourue, mode de transport.
4.1 Achats de biens	Remplacement des pièces défectueuses en cas de pannes de chaudières	En l'absence de données suffisamment précises, prise en compte uniquement du remplacement des chaudières en pannes	Achat de biomasse	Quantité de biomasse entrante	Quantité de biomasse entrante
4.2 Immobilisations de biens	Sans objet	-	Sans objet	-	Négligeable
4.3 Déchets	Sans objet	-	Canalisation en fin de vie Cendres générées par la chaufferie	Tonnes de cendre	Tonnes d'acier Tonnes d'isolant Tonnes de cendre
4.4 Actifs en leasing amont	Sans objet	-	Sans objet	-	

Phase d'exploitation					
Intitulé du poste d'émissions	Scénario sans projet – chauffage individuel conventionnel		Scénario avec projet - exploitation d'une chaufferie et d'un réseau de chaleur		
	Source d'émissions	Données d'activités associées	Source d'émissions	Données d'activités associées à la mise en exploitation courant la phase chantier	Données d'activités associées à l'exploitation postérieur à la phase chantier
4.5 Achats de services	Sans objet	-	Sans objet	-	-
5.1 Utilisation des produits vendus	Sans objet	-	Sans objet	-	-
5.2 Leasing aval	Sans objet	-	Sans objet	-	-
5.3 Fin de vie des produits vendus	Sans objet	-	Sans objet	-	-
5.4 Investissements	Sans objet	-	Sans objet	-	-
6.1 Autres émissions indirectes	Sans objet	-	Sans objet	-	-

Nota : les postes d'émissions sont classifiés selon la dernière version de la norme ISO 14064-1

6. Quantification des postes d'émissions significatifs et des émissions évitées

Le but de cette étape est de quantifier, pour chaque scénario d'émissions, les postes d'émissions.

Pour une opération donnée, les émissions sont le produit entre une donnée d'activité, exprimée dans une unité d'œuvre caractérisant l'activité du poste d'émissions (quantités de matériaux mis en œuvre, les transports de matières premières, les consommations de carburants des véhicules...), et un facteur d'émission qui est l'expression des émissions unitaires par unité d'œuvre.

Le calcul suivant est ainsi réalisé :

$$\begin{array}{ccc} \text{Émissions de GES} & = & \text{données d'activités} \times \text{facteur d'émission correspondant} \\ \text{(en tCO}_2\text{e)} & & \text{(tonne ou m}^3 \text{ par exemple)} \quad \text{(tCO}_2\text{e/quantité)} \end{array}$$

6.1. Méthode utilisée

Dans le cadre de la présente étude, nous utilisons les outils de la **méthode Bilan Carbone®**, méthode de référence en France pour la comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre, à partir de données facilement disponibles (version utilisée : 9.0).

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).

Compte tenu de la nature du projet, nous considérons les hypothèses suivantes :

- la chaufferie fonctionnera avant la fin des travaux prévue en 2031 ;
- Nous ne prenons pas en compte les facteurs exogènes, susceptibles d'influencer les émissions du associées au projet à long terme (exemples : évolution du poids carbone de l'électricité en France, parc de véhicules électriques à long terme, nouvelles mobilités, réglementation sur les modes de chauffage individuel etc.).

6.2. Facteurs d'émission

Un facteur d'émission est un facteur rapportant les données d'activité aux émissions ou suppressions de GES.

Les facteurs d'émissions utilisés sont identifiés dans la suite du rapport, dans l'analyse des différents postes d'émission. Ils sont très majoritairement issus de la Base Empreinte, base de données de référence en France.

6.3. Quantification des émissions de la phase de construction

Pour ce point, nous rappelons pour les deux scénarios les conséquences sur la période de chantier :

- Sans le projet : chauffage individuel au gaz de 16 000 logements
- Avec le projet : travaux de terrassement, évacuation des matériaux excédentaires, construction de la chaufferie, agrandissement du réseau de chaleur.

L'objectif est de définir les sources d'émissions relatives à la phase de construction du projet et de quantifier ces dernières.

Rappel des sources d'émissions :

Nous choisissons d'évaluer les émissions liées aux travaux nécessaires à l'aménagement du site, tels que présentés précédemment. DALKIA qui a été missionné par la CAB pour la réalisation de ce projet, a pu fournir plusieurs données permettant d'évaluer les émissions liées à la phase de construction du projet, sans avoir à utiliser la méthode macro. Cela signifie que nous n'avons pas à utiliser la surface du projet pour faire des hypothèses sur les émissions engendrées.

Les données sont donc chiffrées ce qui permet de connaître les postes d'émissions considérés comme significatifs :

Intitulé du poste d'émissions	Postes significatifs – Construction	Activités associées
1.1 Émissions directes des sources fixes de combustion	X	Significatifs uniquement pour le scénario sans projet : consommation en gaz des logements
1.2 Émissions directes des sources mobiles de combustion	X	Consommation en carburant des engins de chantier
1.5 Emissions issues de la biomasse	X	Changement d'affectation des sols pour la construction de la chaufferie
3.1 Transport de marchandise amont	X	Approvisionnement des matériaux de construction sur les différentes zones de chantier
3.3 Déplacement professionnels	X	Déplacement des ouvriers entre leur lieu de travail et les différents chantier
4.1 Achats de biens	X	Matériaux de construction (gros œuvre, second œuvre, finitions)
4.3 Déchets	X	Déchets de chantier, d'excavation...

6.3.1. Émissions directes des sources fixes de combustion (poste 1.1)

Rappel des sources d'émissions - sans projet :

Sur la période 2027-2031 et sans le projet, nous considérons que les sources fixes de combustion correspondent aux consommations totale de gaz naturel nécessaires au chauffage des bâtiments tertiaires et résidentiels susceptibles d'être raccordés au réseau (consommations prises en compte sur 5 ans en lien avec la durée de la phase chantier).

D'après les données DALKIA, la consommations en gaz naturel nécessaire au chauffage des 16 000 logements est estimées à 135 GWh / an.

Ainsi, en absence de réseau de chaleur urbain, la consommation en gaz naturel pour le chauffage des 16 000 logements, pour la période 2027-2031 est estimée à :

$$135 \text{ GWh} * 5 \text{ ans} = 675 \text{ GWh (soit } \mathbf{675\,000\,000 \text{ kWh}})$$

Rappel des sources d'émissions - avec projet :

Avec le projet en phase travaux, les seules sources fixes de combustion sont rattachées à la mise en exploitation de la chaufferie à partir de 2029. Elles sont aussi liées à la consommation de gaz nécessaire au fonctionnement des différentes chaudières individuelles avant le raccordement des logements au réseau de chaleur.

Ainsi, les consommations énergétiques rattachées à la mise en exploitation de la chaufferie, et au chauffage des logements individuels sont comptabilisées dans le paragraphe 6.4.1, associé à la phase exploitation du projet.

Aucune émission n'est concernée par de poste sans le projet.

Calcul des émissions :

Scénario	Donnée d'activité	Facteur d'émission – part amont et part combustion	Résultat phase construction – part combustion uniquement
Sans projet	675 000 000 kWh	0,24 CO ₂ e/kWh PCI Gaz naturel - 2022 (mix moyen consommation), France, Base Carbone	135 675 teqCO₂
Avec projet	-	-	-

Nota : Le facteur d'émission de ce poste comptabilise la part amont à la combustion ET la combustion des combustibles. Seul les émissions liées à la combustion sont comptabilisées dans ce poste. Les émissions associées à la part amont sont comptabilisées dans le poste 4.1. achats de biens.

6.3.2. directes des sources mobiles de combustion (poste 1.2)

Rappel des sources d'émissions - sans projet :

Sans projet, aucune source mobile de combustion n'est identifiée.
Aucune émission n'est concernée par de poste sans le projet.

Rappel des sources d'émissions - avec projet :

DALKIA indique que de nombreux engins de chantier seront utilisés au cours de la phase chantier pour la construction de la chaufferie et pour l'agrandissement du réseau de chaleur :

	Consommation (carburant) ¹	Construction chaufferie + géothermie		Construction réseau	
		Quantité	Durée d'utilisation	Quantité	Durée d'utilisation
camion	Gazole : 45 L/h	10	8h par jour * 5 jours travaillés * 47 semaines * 2 ans = 3 760 heures	38	8h par jour * 5 jours travaillés * 47 semaines * 1 an (en équivalence) = 3 760 heures
pelle mécanique	Gazole : 18 L/h	2		38	
bulldozer	Gazole : 19 L/h	1		0	
grue	Gazole : 23 L /h	1	8h par jour * 5 jours travaillés * 47 semaines * 1,5 ans = 2 820 heures	0	/
foreuse	Gazole : 20 L/h	1	8h par jour * 67 jours = 536 heures	0	/

D'après les estimations de DALKIA concernant les durées d'utilisation mentionnées dans le tableau précédent, les consommations de carburant pour les engins de chantier sont les suivantes :

- Camion : (45 L * 3 760 h) * (10 + 38 camions) = 8 121 600 L
- Pelle mécanique : (18 L * 3 760 h) * (2 + 38 pelles) = 2 707 200 L
- Bulldozer : (19 L * 3760 h) * 1 bulldozer = 71 440 L
- Grue : (23 L * 2 820 h) * 1 grue = 64 860 L
- Foreuse : (20 L * 536 h) * 1 foreuse = 10 720 L

Ainsi, sur la durée totale des travaux, la consommation en gazole est estimée à **10 975 820 L**.

Calcul des émissions :

Scénario	Donnée d'activité	Type de carburant	Facteur d'émission – part amont et part combustion	Résultat phase construction – part combustion uniquement
Sans projet	0 L	-	-	-
Avec projet	10 975 820 L	Gazole	3,04 kgCO ₂ e/L Gazole routier B10 - contient un % de biocarburant, France continentale, Base Carbone	26 460 teqCO₂

Nota : Le facteur d'émission de ce poste comptabilise la part amont à la combustion ET la combustion des combustibles. Seul les émissions liées à la combustion sont comptabilisées dans ce poste. Les émissions associées à la part amont sont comptabilisées dans le poste 4.1. achats de biens.

6.3.3. Emissions issues de la biomasse (poste 1.5)

Rappel des sources d'émissions - sans projet :

Sans projet, aucune source d'émission issue du changement d'affectation des sols n'est identifiée. Aucune émission n'est concernée par ce poste sans le projet

¹ D'après le Bilan GES de la ZAC de la Rucherie à Bussy-Saint-Georges (77) (page 43) – 09/2021 – **ANNEXE 1**

Rappel des sources d'émissions - avec projet :

La Centrale Nord sera implantée sur une parcelle d'environ 11 300 m² situé dans le parc Marcel Dassault à Beauvais (zone naturelle).

DALKIA indique que la surface imperméabilisée sera d'environ 10 000 m² (soit **1 ha**), ce qui correspond à un changement d'affectation des sols.

Scénario	Donnée d'activité	Facteur d'émission	Résultat phase construction
Sans projet	-	-	-
Avec projet	1 ha	290 000 kgCO ₂ e/ha Changement d'affectation des sols direct (prairie vers imperméabilisés), France, [B]	290 teqCO₂

6.3.4. Emissions indirectes liées à la consommation d'électricité (poste 2.1)

Rappel des sources d'émissions sans projet :

Sans projet, chaque chaudière individuelle consomme une partie d'électricité. Cette consommation reste non significative. Il est donc considéré qu'aucune source d'émission n'est associée au poste 2.1.

Rappel des sources d'émissions avec projet – phase construction :

Les consommations d'électricité pour la construction de la Centrale Nord et du réseau de chaleur ne sont pas encore connues ni estimées. Cependant, ces consommations sembleront non significatives en comparaison avec les autres postes d'émission.

Ce poste n'est pas pris en compte.

6.3.5. Transport de marchandises amont (poste 3.1)

Rappel des sources d'émissions sans projet :

Sans le projet, aucun transport de marchandise n'est identifié.
Aucune émission n'est concernée par ce poste sans le projet.

Rappel des sources d'émissions avec projet – phase construction :

Il est considéré que les matériaux de construction sont acheminés sur le chantier par fret routier depuis les différents lieux de fabrication.

Transport des canalisations - réseau de chaleur :

D'après les informations transmises par DALKIA, les canalisations acier / isolant polyuréthane sélectionnées sont de la marque ISOPIPE ou BRUGG Pipe. Les sites de fabrication de ces différents tubes isolés sont localisés à environ 800 km de Beauvais.

L'isolant représente environ 15% du poids totale des canalisations. DALKIA indique que le tonnage d'acier par mètre linéaire de canalisation, selon le diamètre de la canalisation est le suivant :

Canalisations		Poids acier / mètre linéaire (en kg)	Poids acier total (en kg)	Poids isolant polyuréthane (en kg)
Type	Mètre linéaire total			
DN 300	17	52	884	152,5
DN 250	12 929	41,4	535 260,6	92 332,5
DN 200	3 257	31	100 967	17 416,8
DN 150	3 773	18,2	68 668,6	11 845,3
DN 125	4 130	13,4	55 342	9 546,5
DN 100	2 145	9,83	21 085,4	3 637
DN 80	3 401	6,76	22 990,8	3 965,9
DN 65	5 549	5,3	29 409,7	5 073
DN 50	5 247	4,11	21 565	3 720
DN 40	6 855	2,8	19 194	3 311
DN 25	1 060	1,4	1 484	256
DN 20	1 149	1,1	1 263,9	218
TOTAL (kg)			878 115	151 475
TOTAL (tonnes)			1 029,6	

Le poids total des canalisations est donc d'environ 1 029,6 tonnes.

Ainsi, il est considéré le transport de :

$$1\,029,6 \text{ tonnes} * 800 \text{ km} = \mathbf{823\,680 \text{ tonnes.km}}$$

Transport des canalisations - géothermie :

FPI est le fournisseur des canalisations pour la partie géothermie, sélectionné par DALKIA. Le site de fabrication se trouve aux Pays-Bas à environ 600 km de Beauvais. Environ 20 camions seront nécessaires pour acheminer le tubage jusqu'au site.

Il est estimé que le ratio acier / isolant et éléments anti-corrosion (constitué de fibre de verre) est similaire à celui utilisé pour les canalisations du réseau de chaleur. Le tableau suivant permet de définir le poids des puits, selon le diamètre défini :

	Canalisations		Poids acier / mètre linéaire (en kg)	Poids acier (en kg)	Poids isolant / anti-corrosion (kg)
	Diamètre (m)	Profondeur (m)			
Puit de production	0,9144	50	537	26 850	4 631,6
	0,6604	370	290	107 300	18 509
	0,4445	125	131	16 375	2 824,7
	0,3112	924	64	59 136	10 201
Puit d'injection	0,6604	50	290	14 500	2 501
	0,4445	385	131	50 435	8 700
	0,3112	1151	64	73 664	12 707
	0,2159	220	31	6 820	1 176,5
TOTAL (kg)				355 080	61 251
TOTAL (tonnes)				416,3	

Le poids total des canalisations pour la partie géothermie est donc d'environ 416,3 tonnes.

Ainsi, il est considéré le transport de :

$$416,3 \text{ tonnes} * 600 \text{ km} = \mathbf{249\,780 \text{ tonnes.km}}$$

Transport ciment – géothermie :

Egalement, plusieurs camions-toupies seront nécessaires durant la phase de chantier pour acheminer le ciment. DALKIA indique qu'environ 10 camions par puit seront livrés.

En moyenne, un camion-toupie peut contenir environ 7 m³ de ciment et la densité du ciment est d'environ 2,9 t/m³.

Ainsi, le poids total de ciment acheminé sur le site pour la partie géothermie est de :

$$2 * 10 \text{ camions} * (7 \text{ m}^3 * 2,9 \text{ t/m}^3) = 406 \text{ tonnes}$$

Deux cimenteries se trouvent dans un rayon de 15 km autour du projet. Ainsi, il est considéré le transport de :

$$406 \text{ tonnes} * 15 \text{ km} = \mathbf{6\,090 \text{ tonnes.km}}$$

Transport des matériaux – Centrale Nord :

De nombreux matériaux seront nécessaires à la fabrication de la chaufferie.

Le béton sera le matériau principal utilisé pour la construction de la Centrale. D'après les dimensions de la chaufferie transmises par DALKIA, le bâtiment aura une surface d'environ 2 800 m² et une hauteur moyenne de 10 m.

DALKIA indique également qu'il faudra environ 4 300 m³ de béton pour construire la chaufferie.

Sachant qu'un camion-toupie peut contenir environ 7 m³ de béton de densité 2,9 t / m³, environ 614 camions seront livrés sur le chantier. Deux cimenteries se trouvant à 15km du projet, il est alors considéré le transport de :

$$614 \text{ camions} * (7 \text{ m}^3 * 2,9 \text{ t/m}^3) * 15 \text{ km} = \mathbf{186\,963 \text{ tonnes.km}}$$

Par ailleurs et d'après la présentation du projet architectural, la façade Ouest de la chaufferie présentera un filtre architectural composé de lames verticales réalisées en composite et aluminium de la marque STACBOND (référence ECOGREEN). Ces lames seront posées sur environ 100 m de long et sur une hauteur estimative de 6m, soit environ 600 m². STACBOND indique que la masse surfacique des lames est de 7,7 kg / m².

L'usine STACBOND se trouve en Espagne, à 1 470 km de Beauvais. Ainsi, il est considéré le transport de :

$$(0,0077 \text{ tonne/m}^2 * 600 \text{ m}^2) * 1\,470 \text{ km} = \mathbf{6\,791,4 \text{ tonnes.km}}$$

Transport du remblais :

Une fois les travées réalisées et les canalisations posées, DALKIA précise que des matériaux de types gravats, sables ou autres seront acheminés pour combler les tranchées. Voici les données transmises :

	Volume déblais (m ³)*	Volume canalisation (m ³ / m linéaire)	Longueur total canalisation (m) **	Volume canalisation total (m ³)	Volume remblais total (m ³)***
DN20	1331,9	0,0004	1149	0,4596	1 331,4
DN25	1228,8	0,0006	1060	0,636	1 228,2
DN40	7946,3	0,0015	6855	10,2825	7 936
DN50	6082,3	0,0023	5247	12,0681	6 070,2
DN65	6432,4	0,0039	5549	21,6411	6 410,8
DN80	3942,4	0,0053	3401	18,0253	3 924,4
DN100	2788,5	0,009	2145	19,305	2 769,2
DN125	5745,9	0,0138	4130	56,994	5 688,9
DN150	5602,9	0,0202	3773	76,2146	5 526,7
DN200	5668,6	0,0347	3257	113,0179	5 555,6
DN250	27150,9	0,0543	12929	702,0447	26 448,9
DN300	35,7	0,0768	17	1,3056	34,4
TOTAL					72 924,7

* voir le détail au paragraphe 5.1.7.2.6.

** calculé selon le catalogue ISOPLUS (ANNEXE 2)

** correspond à la différence entre le volume de déblais et le volume des canalisations

DALKIA a considéré une densité moyenne de 1,8 t/m³ pour l'ensemble de ces matériaux. Ainsi, le poids des remblais acheminés sur les différentes zones raccordées est de :

$$72\,924,6 * 1,8 = 131\,264,3 \text{ t}$$

Plusieurs prestataires pouvant fournir les remblais sur la période des travaux se trouvent dans un périmètre de 20 km autour de Beauvais. Il est donc considéré que la maîtrise d'ouvrage se fournira chez l'un de ces prestataires. Ainsi il est considéré le transport de :

$$131\,264,3 * 20 = \mathbf{2\,625\,286 \text{ tonnes.km}}$$

Transport de déblais - réseau de chaleur :

D'après DALKIA, il est considéré que les matériaux excavés avant l'installation des canalisations seraient soit :

- Entreposés in-situ pour les sites considérés comme « pollués » ;
- Transportés et recyclés

Voici le volume de déblais estimé selon le type de canalisation posée :

	Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)	Volume de déblais (m ³)
DN20	1149	0,92	1,26	1331,9208
DN25	1060	0,92	1,26	1228,752
DN40	6855	0,92	1,26	7946,316
DN50	5247	0,92	1,26	6082,3224
DN65	5549	0,92	1,26	6432,4008
DN80	3401	0,92	1,26	3942,4392
DN100	2145	1	1,3	2788,5
DN125	4130	1,05	1,325	5745,8625
DN150	3773	1,1	1,35	5602,905
DN200	3257	1,23	1,415	5668,64565
DN250	12929	1,4	1,5	27150,9
DN300	17	1,4	1,5	35,7
Total	49512			73 956,6

Sur les 5 années de travaux, DALKIA a considéré un volume total de déblais de 73 956,6 m³. En considérant que la masse volumique moyenne des déblais est de 1,8 t/m³, cela représente environ 133 121,9 tonnes de déblais.

Ne connaissant pas la part de terres polluées ou non, il est considéré que l'ensemble des déblais soient catégorisés de déchet et valorisés par des entreprises adaptées.

Les entreprises susceptibles d'intervenir dans la valorisation des déblais se trouvent dans un périmètre d'environ 50 km autour de Beauvais :

Cela revient donc au transport de :

$$133\,121,9 \text{ tonnes} * 50 \text{ km} = \mathbf{6\,656\,094 \text{ tonnes.km}}$$

Transport de déblais - forage géothermie :

Comme indiqué par DALKIA, un projet de géothermie sur les parcelles de la future chaufferie est prévu afin de capter la chaleur de l'aquifère profonde. Ce projet se composera de deux puits :

- un puit de production (GBVS1) : d'une profondeur de 1 469 mètres ;
- un puit d'injection (GBVS2) : d'une profondeur de 1 806 mètres.

Le forage est réalisé en phases successives afin d'atteindre les profondeurs suffisantes avant l'installation des canalisations.

DALKIA indique qu'environ 1 800 m³ de matériaux seront alors excavés avec l'avancement de chaque forage. En considérant que la masse volumique moyenne des déblais correspond à 1,8 t/m³, cela représente environ 3 240 tonnes de déblais par puits, soit 6 480 tonnes de déblais au total.

Les entreprises susceptibles d'intervenir dans la valorisation des déblais se trouvent dans un périmètre d'environ 50 km autour de Beauvais :

Cela revient donc au transport de :

$$6\,480 \text{ tonnes} * 50 \text{ km} = \mathbf{324\,000 \text{ tonnes.km}}$$

Calcul des émissions :

Scénario	Donnée d'activité	Type de construction	Facteur d'émission	Résultat phase construction
Sans projet	-	-	-	0
Avec projet	823 680 tonnes.km	Livraison des canalisations pour le réseaux	0,14 kgCO ₂ eq/tonne.km (Rigide, 20 à 26 T, diesel routier, 7% biodiesel, France continentale, Base Carbone) *	118 teqCO ₂
	249 780 tonnes.km	Livraison des canalisations pour la géothermie		36 teqCO ₂
	6 090 tonnes.km	Livraison ciment (géothermie)		0,9 teqCO ₂
	186 963 tonnes.km	Livraison ciment (Centrale)		27 teqCO ₂
	6 791,4 tonnes.km	Livraison bardage pour la chaufferie		1 teqCO ₂
	2 625 286 tonnes.km	Livraisons des matériaux de remblais - réseau		375 teqCO ₂
	6 656 094 tonnes.km	Transport de déblais – réseau de chaleur		950 teqCO ₂
	324 000 tonnes.km	Transport de déblais – forage géothermie		46 teqCO ₂

* En l'absence d'élément plus précis à ce stade du projet, nous avons décidé de prendre en compte le transport des matériaux à l'aide de camions standards.

6.3.6. Déplacements professionnel (poste 3.5)

Rappel des sources d'émissions - sans projet :

Dans ce poste, il est considéré le déplacement des artisans plombiers – chauffagistes qui interviennent sur la CAB pour les contrôles annuels des chaudières des 16 000 logements.

Il est considéré que le périmètre d'intervention des artisans dans la CAB est d'environ 20 km sur la commune de Beauvais. Nous estimons que les artisans parcourent environ 40 km par jour pour faire leur tournée quotidienne.

Comme il est indiqué dans le Décret n° 2009-649 du 9 juin 2009, l'entretien annuel des chaudières dont la puissance nominale est comprise entre 4 et 400 kilowatts doit être réalisé. Les 16 000 logements pris en compte dans cette étude auront alors une vérification chaque année sur les 4 ans de travaux.

De cette façon, la distance domicile-travail retenue est de :

$$(16\,000 \text{ logements} * 40 \text{ km}) * 5 \text{ ans} = \mathbf{3\,200\,000 \text{ km parcourus}}$$

Rappel des sources d'émissions - avec projet :

Déplacement des collaborateurs pour la partie chantier (géothermie, Centrale, réseau) :

Durant la phase de construction, le déplacement des collaborateurs pour se rendre sur les différentes zones de travaux doit être pris en compte. Il est considéré que les collaborateurs réalisent chaque jour, 60 km en voiture pour rejoindre les différents chantiers.

D'après les données de DALKIA, il est prévu :

	Nombre de collaborateur*	Jours travaillés*	Distance parcouru (aller – retour)	Distance totale parcouru par chantier
Réseau	216	235	60 km	3 045 600 km
Géothermie	20	67		80 400 km
Chaufferie	40	235		564 000 km

* Le tableau reprend le nombre de collaborateur TOTAL retrouvés sur les différents zones de chantier au cours des 5 ans de travaux rattaché à la durée pour laquelle ils travaillent sur ces zones de chantier.

Ainsi, la distance domicile travail des ouvriers est estimée à **3 690 000 km parcourus**

Déplacement des artisans chauffagistes (avant le raccordement au réseau):

Doit également être pris en compte le déplacement des artisans plombiers – chauffagistes pour le retrait des chaudières qui ne seront plus utilisées avec le raccordement des bâtiments au réseau de chaleur. C'est l'équivalent de 16 000 chaudières individuelles qui seront supprimées.

De cette façon, la distance parcourue par les artisans qui est retenue est de :

$$16\,000 \text{ logements} * 40 \text{ km} = \mathbf{640\,000 \text{ km parcourus}}$$

Il faut également considérer les entretiens annuel des chaudières pour les logements avant leur raccordement au réseau :

Développement du réseau	2027	2028	2029	2030	2031
Bâtiments raccordés*	0	8 000	4 000	4 000	0
Nombre d'entretien annuel	16 000	8 000	4 000	0	0

Cela revient alors à :

$$(16\,000 + 8\,000 + 4\,000 \text{ logements} * 40 \text{ km}) = \mathbf{1\,120\,000 \text{ km parcourus}}$$

Calcul des émissions :

Scénario	Donnée d'activité	Facteur d'émission	Résultat phase construction
Sans projet	Déplacement des artisans : 3 200 000 km	0,25 kgCO ₂ eq/véhicule.km (Voiture - motorisation moyenne - 2023, France continentale, Base Carbone)	796 teqCO₂
Avec projet	Déplacement des collaborateurs : 3 690 000 km	0,25 kgCO ₂ eq/véhicule.km*	576 teqCO₂
	Déplacement des artisans : 640 000 + 1 120 000 km	(Voiture - motorisation moyenne - 2023, France continentale, Base Carbone)	275 teqCO₂

* Nota : Pour le scénario avec projet, le facteur d'émission de ce poste comptabilise la part amont à la combustion ET la combustion des combustibles ET l'immobilisation des véhicules supportés par DALKIA Seul les émissions liées à la combustion sont comptabilisées dans ce poste. Les émissions associées à la part amont sont comptabilisées dans le poste 4.1. achats de biens, et les émissions associées à la part immobilisation sont comptabilisées dans le poste 4.2. immobilisation.

6.3.7. Achats de biens (poste 4.1)

Rappel des sources d'émissions - sans projet :

Sur les 5 années de travaux, certaines des chaudières retrouvées dans les 16 000 bâtiments peuvent tomber en panne et devront être remplacées.

Pour calculer les émissions associées au remplacement de chaudière dans les 16 000 bâtiments, il est pris en considération les données issues de la base INIES², concernant une chaudière à condensation pour logement collectif d'une puissance comprise entre 50 kW et 100kW.
La durée de vie d'une chaudière de ce type-là est estimée à 22 ans.

La durée des travaux étant estimée à 5 ans, cela correspond à 23% de la durée de vie de ces chaudières. Ce même ratio est alors calculé pour définir le nombre de chaudières qui seront potentiellement remplacées au cours des 5 ans dans les 16 000 bâtiments pouvant être raccordés :

$$16\,000 \text{ bâtiments} \times 23\% = \mathbf{3\,680 \text{ chaudières}}$$

Toujours selon la base INIES, le facteur d'émission d'une chaudière est de 2 470 kg eq CO₂ / chaudière.

Rappel des sources d'émissions - avec projet :

Construction du réseau et des puits géothermiques :

Les émissions liées à la fabrication des canalisations comptabilisées font références aux données calculées dans le paragraphe 5.1.7.2.5. Les canalisations seront en grande partie fabriquées à base d'acier (**1 233,2 tonnes**), d'isolant polyuréthane pour la partie réseau (environ **131,7 tonnes**), et de fibre de verre pour la partie géothermie (**53,3 tonnes**), et de béton (**406 tonnes**).

² <https://base-inies.fr/infos-produit/32690>

Construction de la chaufferie :

Comme vu dans le paragraphe 6.3.5, environ 4 300 m³ de béton devront être nécessaire à la construction de la chaufferie. La densité moyenne du béton est d'environ 2,9 t/m³ ce qui représente environ **12 470 tonnes** de béton.

Un bardage en composite et aluminium de la marque STACBOND (référence ECOGREEN) sera également disposé sur la façade Ouest du bâtiment, sur une surface d'environ 600 m². D'après STACBOND³, la référence ECOGREEN présente un facteur d'émission de 9,8 kgCO₂eq/m².

Les autres façades resteront en béton brut.

Ces données restent encore hypothétiques à ce stade du projet.

Calcul des émissions :

Scénario	Donnée d'activité	Facteur d'émission	Résultat phase construction
Sans projet	3 680 chaudières	2 470 kgCO ₂ eq / chaudière Base INIES	9 090 teqCO₂
Avec projet	Réseau + géothermique : acier : 1 233 tonnes	2 210 kgCO ₂ eq/tonne Acier ou fer blanc, France continentale, Base Carbone	2 725 teqCO₂
	Réseau - polyuréthane : 151,5 tonnes	1 920 kgCO ₂ eq/tonne Plastique (PEHD), France continentale, Base Carbone	291 teqCO₂
	Géothermie – béton : 406 tonnes	88 kgCO ₂ eq/tonne Béton C25/30CEM II, France continentale, Base Carbone	36 teqCO₂
	Géothermie - fibre de verre : 61 251 kg	2,13 kgCO ₂ eq/kg Fibre de verre neuf, France continentale, Base Carbone	130 teqCO₂
	Béton chaufferie : 12 470 tonnes	88 kgCO ₂ eq/tonne Béton C25/30CEM II, France continentale, Base Carbone	1 097 teqCO₂
	Bardage chaufferie : 600 m ²	9,8 kgCO ₂ eq / m ² Lame ECOGREEN – STACBOND	6 teqCO₂

Pour information, il n'est pas encore possible d'estimer l'impact carbone de l'ensemble des équipements retrouvés dans la chaufferie. De ce fait, ces données ne sont pas intégrées au calcul global.

A cela s'ajoute les émissions associées à l'achat de biens liées aux énergies mentionnées aux postes d'émissions vus précédemment (partie amont de la combustion) :

Scénario	Poste d'émission	Résultat phase construction
Sans projet	1.1	25 785 teqCO₂
Avec projet	1.2	6 908 teqCO₂
	3.5	282 teqCO₂

³ <https://stacbond.com/fr/ecogreen/>

Ainsi, les émissions associées au poste 4.1 pour la période d'exploitation sont :

- Scénario sans projet : **34 875 teqCO₂**
- Scénario avec projet : **11 475 teqCO₂**

6.3.8. Immobilisations de biens (poste 4.2)

Rappel des sources d'émissions - sans projet :

Sans projet, aucune sources d'émissions n'est liées à l'immobilisation de bien.
Ainsi, aucune émission n'est associée à ce poste.

Rappel des sources d'émissions – avec projet :

Avec projet, seules les émissions associées à l'immobilisation des véhicules de maintenance sont comptabilisées dans ce poste. Elles représentent **123 t teqCO₂**.

6.3.9. Déchets (poste 4.3)

Rappel des sources d'émissions - sans projet :

Sur les 5 années de chantier, il est possible de considérer que 3 680 chaudières sur les 16000 bâtiments seront remplacées au minimum une fois. Les émissions associées à la fin de vie des chaudières sont déjà prises en compte dans le poste 4.1.
Ainsi, aucune émission n'est associée à ce poste.

Rappel des sources d'émissions - avec projet :

Les **16 000 chaudières** nécessaires au chauffage individuel des différents bâtiments raccordés seront supprimées au cours de la phase chantier, considéré alors comme déchet.

Déchet de chantier – géothermie

Différents types de déchets seront générés lors de l'installation des puits géothermique :

Type de déchets	Volume	Masse volumique	Tonnage
Gravat - déblais	3600 m ³	1,8 t / m ³	6 480 tonnes
DIB	200 m ³	0,5 t / m ³	100 tonnes

Également, pour la réalisation des forages, 80 m³/h d'eau (réinjectés dans le réseau d'eau usée), par puit sont nécessaires. Les travaux vont durer 8h / jour pendant 67 jours soit l'équivalent de 536 heures.

Ainsi, la consommation totale en eau est estimée à **42 880 m³**.

Déchets de chantier – réseau de chaleur :

Sont calculées les émissions liées à la gestion des produits issus des matériaux excédentaires. Pour rappel, les excédents à évacuer sont principalement des terres et remblais de voirie.
Comme vu dans le paragraphe 6.3.5, l'ensemble des matériaux excavés sont considérés comme des déchets et représentent **131 122 tonnes**.

Déchets de chantier – chaufferie :

La chaufferie aura une surface d'environ 2 800 m². D'après un rapport du de la FFB, la production moyenne de déchets lors d'un chantier en France est la suivante :

Type de déchets	Données FFB	Déchets chaufferie
Gravat - déblais	36 kg/m ²	100,8 tonnes
Métaux	1 kg/m ²	2,8 tonnes
Bois	3,2 kg/m ²	9 tonnes
DIB	11,8 kg/m ²	33 tonnes
Cartons	0,35 kg/m ²	1 tonnes

Calcul des émissions :

Scénario	Donnée d'activité	Facteur d'émission	Résultat phase construction
Sans projet	-	-	-
Avec projet	DIB :133 tonnes	87 kgCO ₂ e/tonne Déchets non dangereux en mélange (DIB) - Fin de vie moyenne - Impacts, France continentale, Base Carbone	12 teqCO₂
	Métaux -chaufferie : 3 tonnes	8 kgCO ₂ e/tonne Métaux - Fin de vie hors recyclage - Impacts, France continentale, Base Carbone	0 teqCO₂
	Gravats et déblais géothermie, réseau et chaufferie : 137 703 tonnes	13 kgCO ₂ e/tonne (Déchets inertes en mélange (Gravats) - Fin de vie moyenne - Impacts, France continentale, Base Carbone)	1 790 teqCO₂
	Bois - chaufferie : 9 tonnes	122 kgCO ₂ e/tonne Bois de classe B - Fin de vie moyenne - Impacts, France continentale, Base Carbone	1 teqCO₂
	Carton -chaufferie : 1 tonne	120 kgCO ₂ e/tonne Carton - Incinération - Impacts, France continentale, Base Carbone	0 teqCO₂
	Eau géothermie : 42 880 m ³	0,26 kgCO ₂ e/m ³ Traitement des eaux usées, hors infrastructure réseau, France continentale, Base Carbone	11 teqCO₂
	16 000 chaudières	1370 kgCO ₂ e/unité Chaudière - Fin de vie, France continentale, Base INIES	21 920 teqCO₂

6.4. Quantification des émissions de la phase d'exploitation

Il s'agit de calculer les émissions sur la phase d'exploitation du site, en évaluant les postes d'émissions précédemment identifiés.

Durée considérée : 40 ans (2031-2071).

Rappel des sources d'émissions :

Nous choisissons d'évaluer les émissions liées à l'exploitation de Centrale Nord et du réseau de chaleur telle que présentée précédemment. L'analyse se concentre sur les postes d'émissions considérés comme significatifs.

Intitulé du poste d'émissions	Postes significatifs – Exploitation	Activités associées
1.1 Émissions directes des sources fixes de combustion	X	Consommation de gaz naturel pour la chaufferie
1.2 Émissions directes fugitives	X	Consommation de carburant pour les opérations de maintenances
2.1 Emissions indirectes liées à la consommation d'électricité	X	Consommation électrique pour la chaufferie
3.1 Transport des marchandises amont	X	Livraison de la biomasse jusque sur la Centrale Nord
3.5 Déplacement professionnel	X	Déplacements des salariés pour se rendre sur la Centrale Nord pour les opérations de maintenance
4.1 Achats de biens	X	Achat de biomasse pour la chaufferie
4.3 Déchets	X	Déchets générés par la mise en exploitation du réseau, par la chaufferie biomasse et par l'élimination de certain matériaux du réseau.

6.4.1. Emissions directes des sources fixes de combustions (poste 1.1)

Rappel des sources d'émissions - sans projet :

Les données prises en compte sont celles retrouvées dans le paragraphe 6.3.1, pour la partie expliquant les sources d'émissions sans projet.

Seule la durée considérée est modifiée, ainsi les consommations énergétiques associées à l'utilisation de chaudière fonctionnant au gaz naturel appliquée à la période 2031 – 2071 (soit 40 ans) sont les suivantes :

$$135 \text{ GWh / an} * 40 \text{ ans} = \mathbf{5\,400 \text{ GWh}}$$
 (soit 5 400 000 000 kWh)

Rappel des sources d'émissions - avec projet : phase de mise en exploitation :

Consommation de gaz naturel – chauffage logement individuel avant la mise en exploitation (avant raccordement) :

Avec le projet, nous considérons que les sources fixes de combustion correspondent aux consommations d'énergie nécessaires au chauffage des bâtiments progressivement raccordés au réseau de chaleur.

Le développement du réseau étant réalisé sur 4 années, le raccordement des différents bâtiments au réseau de chaleur sera progressif. D'après DALKIA, le nombre de bâtiments raccordés (équivalent logement) est estimé à :

Développement du réseau	2027	2028	2029	2030	2031
Bâtiments raccordés *	0	8 000	4 000	4 000	0
Nombre de bâtiment raccordé total *	0	8 000	12 000	16 000	16 000

* Les bâtiments qui doivent être raccordés chaque année, le seront de façon progressive au cours de ces années. Cependant, il n'est pas encore possible d'estimer avec exactitude à quel moment de l'année ces bâtiments seront raccordés au réseau. Nous sommes donc partis sur le scénario le plus défavorable en estimant que les bâtiments seraient tous raccordés au 31 décembre de chaque année. Les consommations énergétiques suivent donc ce scénario.

Comme vu dans le scénario sans projet, la consommation de gaz naturel est de 135 GWh par an pour 16 000 bâtiments.

Ainsi, la consommation en gaz naturel sur les 5 années au cours desquelles les bâtiments seront progressivement raccordés au réseau de Beauvais est la suivante :

Développement du réseau	2027	2028	2029	2030	2031
Nombre de bâtiment raccordé total *	0	8 000	12 000	16 000	16 000
Consommation gaz naturel (GWh) **	135	135	67,5	33,75	0

* nous avons estimées que ces bâtiments seraient raccordés au 31 décembre de chaque année

** nous avons calculé les consommations de gaz naturel jusqu'au 31 décembre de chaque année (avant le raccordement des logements)

La consommation totale en gaz naturel sur les 5 années de travaux pour le chauffage des différents bâtiments non raccordés est estimée à 371,25 GWh (soit **371 250 000 kWh**).

Consommation de gaz naturel nécessaire au fonctionnement de la chaufferie – mise en exploitation :

En parallèle, il y a lieu de prendre en compte les consommations de gaz dans le cadre de l'exploitation de la nouvelle chaufferie qui sera raccordée au réseau de chaleur. Ces consommations de gaz sont associées à la chaufferie gaz qui fonctionne parallèlement à la chaufferie biomasse.

D'après les données transmises par DALKIA, les consommations de gaz nécessaires au fonctionnement de la future chaufferie raccordée au réseau sont de :

- Gaz naturel (PCI) : 8 600 MWh/an (soit 8 600 000 kWh).

La chaufferie sera fonctionnelle à partir de l'année 2030, suite à la mise en exploitation du réseau, ainsi la consommation réelle en gaz naturel pour le fonctionnement de la chaufferie en phase chantier est de :

- Gaz naturel (PCI) : $8\,600\,000 \times 2 = 17\,200\,000$ kWh

Consommation de biomasse nécessaire au fonctionnement de la chaufferie – mise en exploitation :

Également, la partie biomasse de la chaufferie, sera fonctionnelle à partir de 2031. D'après les estimations transmises par DALKIA, les consommations énergétiques issues de la biomasse pour le fonctionnement de la chaudière sont de :

- Biomasse (PCI) : 105 000 MWh/an (**105 000 000 kWh**)

Ainsi, les consommations de biomasse pendant la phase de mise en exploitation sont de 105 000 000 kWh.

Rappel des sources d'émissions - avec projet : phase d'exploitation :

Consommation de gaz naturel nécessaire au fonctionnement de la chaufferie – exploitation :

D'après les estimations transmises par DALKIA, les consommations de gaz sont de 8 600 MWh / an. Ainsi, sur les 40 années d'exploitation, la consommation en gaz sera de :

$$8\,600\text{ MWh} \times 40\text{ ans} = \mathbf{344\,000\text{ MWh}}$$
 (soit 344 000 000 kWh)

Consommation de biomasse nécessaire au fonctionnement de la chaufferie – exploitation :

D'après les estimations transmises par DALKIA, les consommations énergétiques issues de la biomasse sont de 105 000 MWh PCI / an soit une consommation totale de :

$$105\,000\text{ MWh} \times 40\text{ ans} = \mathbf{4\,200\,000\text{ MWh}}$$
 (soit 4 200 000 000 kWh)

Calcul des émissions :

Scénario	Donnée d'activité	Facteur d'émission – part amont et part combustion	Résultat phase construction – part combustion uniquement
Sans projet	5 400 000 000 kWh	0,24 CO ₂ e/kWh PCI Gaz naturel - 2022 (mix moyen consommation), France, Base Carbone	1 085 400 teqCO₂

Scénario	Donnée d'activité	Facteur d'émission – part amont et part combustion	Résultat phase construction – part combustion uniquement
Avec projet – mise en exploitation	17 200 000 kWh	0,24 CO ₂ e/kWh PCI Gaz naturel - 2022 (mix moyen consommation), France, Base Carbone	3 457 teqCO₂
	203 750 000 kWh	0,24 CO ₂ e/kWh PCI Gaz naturel - 2022 (mix moyen consommation), France, Base Carbone	40 954 teqCO₂
	105 000 000 kWh	0,02 kgCO ₂ e/kWh PCI Plaquettes forestières sèches (25% humidité), France continentale, Base Carbone	0 teqCO₂
Avec projet - exploitation	344 000 000 kWh	0,24 kgCO ₂ e/kWh PCI Gaz naturel - 2022 (mix moyen consommation), France, Base Carbone	69 144 teqCO₂
	4 200 000 000 kWh	0,02 kgCO ₂ e/kWh PCI Plaquettes forestières sèches (25% humidité), France continentale, Base Carbone	0 teqCO₂

Nota : Le facteur d'émission de ce poste comptabilise la part amont à la combustion ET la combustion des combustibles. Seul les émissions liées à la combustion sont comptabilisées dans ce poste. Les émissions associées à la part amont sont comptabilisées dans le poste 4.1. achats de biens ;

6.4.2. Emissions directes des sources mobiles de combustion (poste 1.2)

Rappel des sources d'émissions - sans projet :

Sans projet, aucune source mobile de combustion n'est nécessaire au fonctionnement des installations de chauffage des différents bâtiments de la CAB.

Aucune émission n'est concernée par ce poste sans le projet.

Rappel des sources d'émissions - avec projet :

DALKIA indique que différentes opérations de maintenance auront lieu sur les installations rattachées à la partie géothermie :

Opération de maintenance	Fréquence	Durée d'intervention	Durée d'intervention / 40 ans	Appareil d'intervention
Auscultation / géochimie	6 fois par an	1 jour	240 jours	1 véhicule léger
Remontée / descente de pompe	1 fois tous les 5 ans	14 jours	112 jours	1 grue 2 camions
Inspection de l'intégrité des tubages et de la fibre par traçage à l'eau douce	1 fois tous les 3 ans	2 jours	26 jours	1 grue 2 camions
Rechemisage / changement de la fibre	Tous les 40 ans	1 mois	30 jours	1 grue 2 camions

Pour rappel, voici la consommation des différents engins pour 8h de travail (soit l'équivalent d'un jour sur site) :

- Camion : 360 L gazole / jour ;
- Grue : 184 L gazole / jour ;
- Véhicule léger : 32 L gazole / jour.

Nous considérons que les opérations de maintenances seront réalisées par DALKIA.

Ainsi, la consommation en carburant pour les opération de maintenance des installations rattachées à la partie géothermie sont de :

- Camion : $360 \text{ L} * (112 \text{ jours} * 2 \text{ camions} + 26 \text{ jours} * 2 \text{ camions} + 30 \text{ jours} * 2 \text{ camions})$
= 120 960 L
- Grue : $184 \text{ L} * (112 \text{ jours} + 26 \text{ jours} + 30 \text{ jours}) = 30 912 \text{ L}$
- Véhicule léger : $32 \text{ L} * 240 \text{ jours} = 7 680 \text{ L}$

Sur la durée de vie totale du réseau, la consommation de gazole est estimée à **159 552 L**.

Calcul des émissions :

Scénario	Donnée d'activité	Type de carburant	Facteur d'émission	Résultat phase construction
Sans projet	0 L	-	-	-
Avec projet	159 552 L	Gazole	3,04 kgCO ₂ e/L Gazole routier B10 - contient un % de biocarburant, France continentale, Base Carbone	385 teqCO₂

6.4.3. Emissions indirectes liées à la consommation d'électricité (poste 2.1)

Rappel des sources d'émissions sans projet :

Sans projet, chaque chaudière individuelle consomme une partie d'électricité. Cette consommation reste non significative. Il est donc considéré qu'aucune source d'émission n'est associée au poste 2.1.

Rappel des sources d'émissions - avec projet : mise en exploitation :

D'après les estimations transmises par DALKIA, les consommations en électricité de la Centrale Nord sont de 2 500 MWh / an. La chaufferie fonctionnera en 2031 avant la fin des travaux liées au raccordement de tous les logements. Ainsi, **2 500 000 kWh** d'électricité seront utilisés durant la mise en exploitation du réseau.

Rappel des sources d'émissions - avec projet : exploitation :

Sur les 40 années d'exploitation, la consommation électrique de la Centrale sera de :

$$2\,500 \text{ MWh} * 40 \text{ ans} = 100\,000 \text{ MWh (soit } 100\,000\,000 \text{ kWh)}$$

Calcul des émissions :

Scénario	Donnée d'activité	Facteur d'émission	Résultat phase construction
Sans projet	-	-	0
Avec projet	2 500 000 kWh	0,05 kgCO ₂ e/kWh 2024 - mix moyen, France continentale, Base Carbone	88 teqCO ₂
	100 000 000 kWh		3 500 teqCO ₂

Commentaires :

Les valeurs ci-dessus correspondent uniquement à la phase de production (combustion à la centrale). Une part des émissions est également reportée dans le poste relatif aux achats de biens (amont de l'énergie avec la phase de fabrication de l'électricité et les fuites du réseau) – (poste 4.1 – non repris ci-après car jugé non significatif).

6.4.4. Transport de marchandises amont (poste 3.1)

Rappel des sources d'émissions - sans projet :

Sans le projet, aucun transport de marchandise n'est nécessaire
Aucune émission n'est concernée par ce poste sans le projet.

Rappel des sources d'émissions avec projet – phase d'exploitation :

Afin d'alimenter la chaufferie, de grande quantité de biomasse doivent être livrée sur le site.
D'après les informations transmises par DALKIA, 10 camions de 38 tonnes seront livrés par jour, 5 jours par semaine.
Le fournisseur principal, NOVABIOM, est localisé à proximité de Chartres, à environ 175 km de Beauvais.
Ainsi, sur les 40 années d'exploitation, les quantités de biomasses transportées sont de :

$$(38 \text{ t} * 10 \text{ camions} * 5 \text{ jours} * 52 \text{ semaines} * 40 \text{ ans}) * 175 \text{ km} = \mathbf{691\ 600\ 000 \text{ tonnes.km}}$$

Le nombre de livraison sera plus important en hiver qu'en été. Les données utilisées correspondent à des données moyennes lissées sur l'année.

Le fret associé aux cendres issues de la chaufferie biomasse est associé à la partie 4.3 déchets.

Calcul des émissions :

Scénario	Donnée d'activité	Facteur d'émission	Résultat phase construction
Sans projet	/	/	0 teqCO ₂
Avec projet	691 600 000 tonnes.km	0,09 kgCO ₂ eq/tonne.km Articulé, 34 à 40 T, diesel routier, 7% de biodiesel, France continentale, Base Carbone	60 494 teqCO ₂

6.4.5. Déplacement professionnel (poste 3.5)

Rappel des sources d'émissions sans projet :

Dans ce poste, il est considéré le déplacement des artisans plombiers – chauffagistes qui interviennent sur la CAB pour les contrôles annuels des chaudières des 16 000 logements.

Il est considéré que le périmètre d'intervention des artisans dans la CAB est d'environ 20 km sur la commune de Beauvais. Nous estimons que les artisans parcourent environ 40 km par jour pour faire leur tournée quotidienne.

Comme il est indiqué dans le Décret n° 2009-649 du 9 juin 2009, l'entretien annuel des chaudières dont la puissance nominale est comprise entre 4 et 400 kilowatts doit être réalisé. Les 16 000 logements pris en compte dans cette étude auront alors une vérification chaque année sur les 40 ans d'exploitation.

De cette façon, la distance domicile-travail retenu est de :

$$(16\,000 \text{ logements} * 40 \text{ km}) * 40 \text{ ans} = \mathbf{25\,600\,000 \text{ km parcourus}}$$

Rappel des sources d'émissions avec projet – phase d'exploitation :

Une fois le réseau posé et exploité, aucun déplacement n'est nécessaire à son fonctionnement. Cependant, des opérations de maintenance doivent avoir lieu pour la chaufferie. DALKIA estime que 4 personnes interviendront sur le site 30 jours dans l'année.

Nous estimons également que ces intervenants parcourent 40 km par jour pour se rendre sur le site. Ainsi, sur les 40 années d'exploitation, la distance parcourue par ces intervenants est de :

$$(4 \text{ personnes} * 40 \text{ km} * 30 \text{ jour}) * 40 \text{ ans} = \mathbf{192\,000 \text{ km parcourus}}$$

Calcul des émissions :

Scénario	Donnée d'activité	Facteur d'émission	Résultat phase construction
Sans projet	25 600 000 km	0,25 kgCO ₂ eq/véhicule.km Voiture - motorisation moyenne - 2023, France continentale, Base Carbone	6 369 teqCO₂
Avec projet	192 000 km	0,25 kgCO ₂ eq/véhicule.km * Voiture - motorisation moyenne - 2023, France continentale, Base Carbone	48 teqCO₂

* Nota : Pour le scénario avec projet, le facteur d'émission de ce poste comptabilise la part amont à la combustion ET la combustion des combustibles ET l'immobilisation des véhicules supportés par DALKIA Seul les émissions liées à la combustion sont comptabilisées dans ce poste. Les émissions associées à la part amont sont comptabilisées dans le poste 4.1. achats de biens, et les émissions associées à la part immobilisation sont comptabilisées dans le poste 4.2. immobilisation.

6.4.6. Emissions liées à l'achat de bien (poste 4.1)

Rappel des sources d'émissions - sans projet :

Pour rappel, la durée de vie d'une chaudière de ce type-là est estimée à 22 ans.

Sur les 40 années d'exploitation, il est possible de considérer que l'ensemble des chaudières des 16000 bâtiments sera remplacé au minimum une fois.

Comme vu dans le 6.3.7, les données issues de la base INIES, concernant une chaudière à condensation pour logement collectif d'une puissance comprise entre 50 kW et 100kW, sont utilisées dans cette étude.

Il est donc possible d'estimer que **16 000 chaudières** seront remplacées sur 40 ans.

Nous ne prenons pas en compte les évolutions relatives aux réglementations futures en lien avec la transition énergétique et la probabilité que les chaudières à gaz puissent être supprimées du marché dans les 40 années à suivre.

Rappel des sources d'émissions - avec projet :

Au cours des 40 années d'exploitation, du matériel de maintenance sera acheté en cas de remplacement de pièce par exemple. Cependant, à ce stade du projet, il est encore difficile de définir les quantités et pièces qui seront nécessaires.

Il est considéré qu'aucun matériau entrant ne sera nécessaire au fonctionnement de la chaufferie et du réseau.

Calcul des émissions :

Scénario	Donnée d'activité	Facteur d'émission	Résultat phase construction
Sans projet	16 000 chaudières	2 470 kgCO ₂ eq / unité Base INIES	39 520 teqCO₂
Avec projet	-	-	-

A cela s'ajoute les émissions associées à l'achat de biens « énergie » liées aux postes d'émissions vus précédemment :

Scénario	Poste d'émission	Résultat phase construction
Sans projet	1.1	206 280 teqCO₂
Avec projet	1.1	92 183 teqCO₂
	1.2	100 teqCO₂
	2.1	1 778 teqCO₂
	3.5	10 teqCO₂

Ainsi, les émissions associées au poste 4.1 pour la période d'exploitation sont :

- Scénario sans projet : **245 800 teqCO₂**
- Scénario avec projet : **94 071 teqCO₂**

6.4.7. Immobilisations de biens (poste 4.2)

Rappel des sources d'émissions - sans projet :

Sans projet, aucune sources d'émissions n'est liées à l'immobilisation de bien pour la CAB.
Ainsi, aucune émission n'est associée à ce poste.

Rappel des sources d'émissions – avec projet :

Avec projet, seules les émissions associées à l'immobilisation des véhicules de maintenance sont comptabilisées dans ce poste. Elles représentent **8 t teqCO₂**.

6.4.8. Déchets (poste 4.3)

Rappel des sources d'émissions sans projet :

Sur les 5 années de chantier, il est possible de considérer que 3 680 chaudières sur les 16 000 bâtiments seront remplacées au minimum une fois. Cependant, les émissions associées à la fin de vie des chaudières sont déjà prises en compte dans le facteur d'émission dans le poste 4.1.

Ainsi, aucune émission n'est associée à ce poste.

Rappel des sources d'émissions avec projet :

DALKIA a estimé que la durée de vie des canalisations du réseau et de la géothermie était de 40 ans. De ce fait, l'ensemble des matériaux les constituant seront considérés comme déchets d'ici 2071.

Cela représente donc **878 tonnes** d'acier et d'environ **151,5 tonnes** d'isolant polyuréthane.
Il est estimé que la chaufferie et la partie géothermie auront une durée de vie supérieur à 40 ans.

Egalement, de grande quantité de cendres issues de la combustion de la biomasse sera traitée comme déchet .

D'après Biomasse Normandie, le taux de cendre suite à la combustion de la biomasse est environ égal à 1% du poids de la biomasse avant combustion. Ainsi, sur 40 ans d'exploitation, on sait qu'il y aura environ 3 952 000 tonnes de biomasse livrée sur la Centrale.

Les quantité de cendre seront alors de :

$$3\,952\,000 * 0,01 = 39\,520 \text{ tonnes}$$

A cela s'ajoute les quantité de cendre généré lors de la mise en exploitation du réseau en 2031, ce qui ajoute 98 800 tonnes de biomasse et par conséquent, 988 tonnes de cendres.

Un total de **40 508 tonnes** de cendres sont évacuées comme déchets au cours des 40 ans d'exploitation.

Calcul des émissions :

Scénario	Donnée d'activité	Facteur d'émission	Résultat phase construction
Sans projet	-	-	-
Avec projet	878 tonnes	938 kgCO ₂ eq / tonne Métaux ferreux - Fin de vie moyenne - Impacts, France continentale, Base Carbone	7 teqCO₂
	151,5 tonnes	2655 kgCO ₂ eq / tonne Autres plastiques et plastiques complexes - Incinération - Impacts, France continentale, Base Carbone	401 teqCO₂
	40 508 tonnes	20 kgCO ₂ eq / tonne Déchets verts - Compostage domestique en tas - Impacts, France continentale, Base Carbone *	810 teqCO₂

* Facteur d'émission trouvé se rapprochant le plus possible des caractéristiques des cendres

7. Bilan du projet : cumul des émissions générées et évitées du fait de la réalisation du projet

L'impact GES d'un projet se calcule en faisant la différence entre les émissions cumulées de GES du scénario avec projet et les émissions cumulées de GES du scénario sans projet.

7.1. Résultats pour le scénario sans projet

Comme présenté précédemment, le scénario sans projet de la présente étude se base sur les émissions générées par l'exploitation des chaudières dites « individuelles ».

Seules les sources d'émissions connues et celles pour lesquelles des hypothèses ont pu être définies ont été prises en compte. Les émissions calculées sont celles associées :

- aux consommations de gaz des chaudières individuelles;
- aux déplacements des artisans ;
- au remplacement des pièces ou chaudières en fin de vie ;

Synthèse des résultats :

	Chauffage individuel (2027-2031 : 5 ans)	Chauffage individuel (2031-2071 : 40ans)
	<i>en tCO₂e</i>	
1.1 Émissions directes des sources fixes de combustion	135 675	1 085 400
3.5 Déplacement professionnel	796	6 369
4.1 Achats de biens	34 875	245 800
Total	171 346	1 337 569

Ainsi, pour un scénario sans projet, en considérant que les 16 000 bâtiments ne modifient pas leur moyen de chauffage par rapport à l'état actuel, les émissions totales entre 2027, le début des travaux, et 2071 (la durée de vie maximale du réseau) sont de **1 508 915 tCO₂e**.

Les émissions sont principalement dues à la combustion d'énergies fossiles nécessaire au fonctionnement des différentes chaudières individuelles.

7.2. Résultats pour le scénario avec projet

Il est important de prendre en compte les émissions de la phase de construction (4 ans) et les émissions de la phase exploitation (40 ans) pour connaître l'impact global du projet de réseau de chaleur urbain de la CAB.

Synthèse des résultats :

	Construction RCU	Exploitation RCU (40 ans)
	en tCO ₂ e	
1.1 Émissions directes des sources fixes de combustion	0	113 555
1.2 Émissions directes des sources mobiles de combustion	26 460	385
1.5 Émissions issues de la biomasse (sols et forêts)	290	0
2.1 Emissions indirectes liées à la consommation d'électricité	0	3 588
3.1 Transport de marchandises amont	1 554	60 494
3.5 Déplacement professionnel	851	48
4.1 Achats de biens	11 475	94 071
4.2 Immobilisations de biens	123	8
4.3 Déchets	23 734	1 218
Total	64 487	273 367
Part des émissions globales (construction + exploitation)	19 %	81 %

Ainsi, pour le scénario avec projet, les émissions globales estimées (phases de construction et d'exploitation pendant 40 ans) sont de **337 854 teqCO₂**.

Plus des deux tiers des émissions GES liée au projet de réseau de chaleur urbain du Beauvaisis sont générées durant la phase d'exploitation du projet.

Ces chiffres sont à prendre avec précaution étant donné que certaines données se basent sur des hypothèses et sont parfois issues d'études réalisées dans le cadre d'autres projets.

Les postes les plus émissifs sont associés à :

- La consommation énergétique issue des sources fixes et mobiles de combustion (poste 1.1) : représente plus de la moitié des émissions pour la phase d'exploitation.
- L'achat de biens (poste 4.1) : qui est associé à l'achat des différents éléments constructifs du réseau, mais également lié à la part amont des combustibles, étapes qui précèdent la combustion.
- La livraison des combustibles pour la chaufferie (poste 3.1) : notamment pour la phase d'exploitation, la livraison de la biomasse permettant d'alimenter la chaufferie correspond à un peu moins d'un tiers de l'impact carbone du projet.

7.3. Comparaison des deux scénario

Le tableau ci-après présentent la répartition des émissions selon les différents postes, pour chacun des deux scénario :

	Sans projet		Avec projet	
Poste	en tCO ₂ e	en %	en tCO ₂ e	en %
1.1	1 221 075	80,8 %	113 555	33,6 %
1.2	-	-	26 845	8 %
1.5	-	-	290	0 %
2.1	-	-	3 588	1 %
3.1	-	-	62 048	18,3 %
3.5	7 165	0,6%	899	0,3 %
4.1	280 675	18,6 %	105 546	31,3 %
4.2	-	-	131	0%
4.3	-	-	24 952	7,5 %
Total	1 508 915	100%	337 854	100%

Ainsi, les émissions générées par le projet de réseau de chaleur urbain de la CAB sont beaucoup plus faibles que celles observées dans le cas d'un chauffage au gaz individuel plus traditionnel.

Le tableau ci-dessus justifie qu'en 2071, soit 40 ans après le raccordement des 16 000 bâtiments au réseau de chaleur, **1 171 061 teqCO₂ auront été évitées.**

Pour rappel, la CAB se fixe plusieurs objectifs, tels que:

- réduire les émissions de GES de 24% d'ici fin 2026 ;
- réduire les consommations d'énergie de 13% d'ici fin 2026 et augmenter de 48% les énergies renouvelables 1 400 Kt eq CO₂

La mise en place de ce réseau de chaleur contribue à la réduction des émissions GES et des consommations énergétiques de la CAB :

Emissions GES :

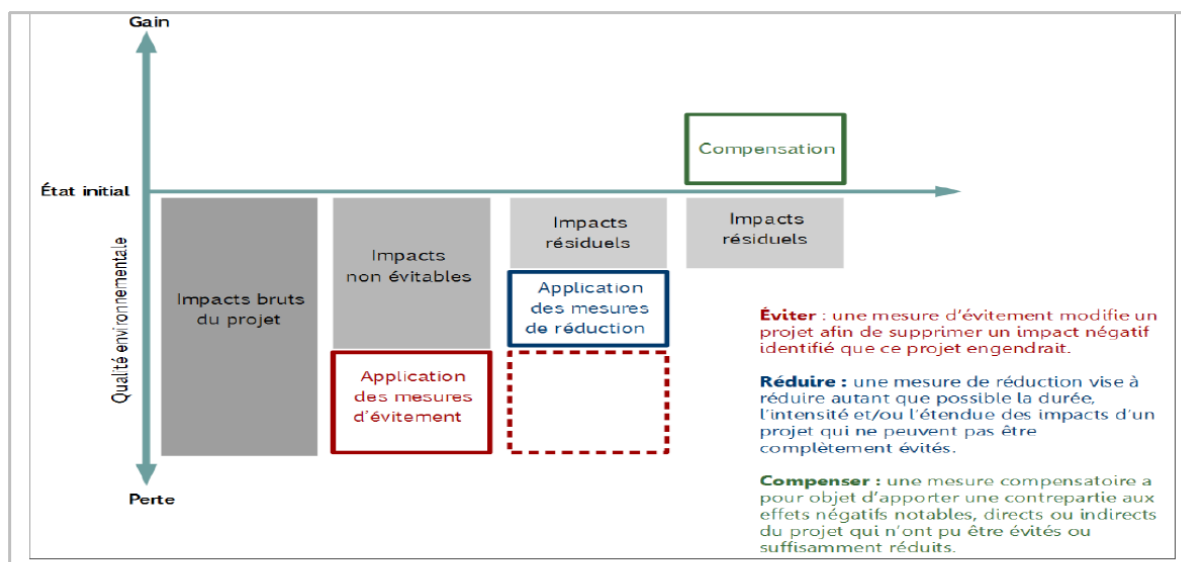
Les émissions GES liées au chauffage de 16 000 bâtiments de la CAB en l'absence de réseau de chaleur sont de 1 508 915 teqCO₂ entre 2027 et 2071 ce qui représente : 33 531,4 teqCO₂ par an.

Avec la mise en place du RCU, les émissions GES liées au chauffage de 16 000 bâtiments dans la CAB sont de : 7 507,8 teqCO₂ par an, soit une réduction des émissions GES d'environ **78 %**.

Cette réduction permet de suivre la trajectoire énoncée par la CAB.

8. Présentation des mesures ERC retenues et de leur mise en œuvre

Conformément aux principes de base d'une étude d'impact, la séquence ERC (Eviter Réduire Compenser) s'applique également aux émissions de GES.



Source : CGDD

Sur l'aspect émissions de GES, nous constatons que la mise en œuvre du projet est susceptible de constituer, à l'échelle de la CAB, un gain pour l'environnement du fait de taux d'émissions de GES réduits grâce à l'utilisation d'un réseau de chaleur urbain. Ainsi, la mise en œuvre du projet constitue une **mesure d'évitement** au niveau local.

9. Conclusion : impact du projet sur le climat

Bien qu'à l'échelle du site les éléments présentés précédemment mettent en évidence des émissions de GES à la fois pendant la phase de construction mais aussi pendant la phase d'exploitation du projet, il est important de souligner que **dans une approche territoire** et d'un point de vue local, le projet de réseau de chaleur urbain de la CAB permet **une importante réduction de l'empreinte carbone des secteurs résidentiel et tertiaire** grâce à la réduction des consommations énergétiques et à l'utilisation d'énergie moins carbonée, pour le chauffage des différents bâtiments.

Partant de ce constat, et en admettant que ce projet ne se limitera pas au raccordement de 16 000 bâtiments mais à un plus grand nombre au cours des 40 ans d'exploitation, nous estimons que **le projet est une source de réduction carbone à l'échelle du territoire au sein duquel il est implanté.**