

CENTRE PENITENTIAIRE DE VANNES CHAPEAU-ROUGE (56)

Maître d'Ouvrage APIJ		Immeuble Okabe 67 avenue de Fontainebleau 94270 Le Kremlin-Bicêtre	tél. : 01 88 28 89 48 mail : sophie.martel@apij-justice.fr
Assistance Maîtrise d'Ouvrage Mott MacDonald		15/17 Rue Traversière 75012 Paris	tél. : 01 87 40 67 05 mail :
Assistance Maîtrise d'Ouvrage BIM		1703 route de Gournay 76160 Préaux	tél. : 06 45 47 21 45 mail : bim@alyosingenierie.fr
Contrôleur Technique Bureau VERITAS		2, rue de Suède – BP 90404 56404 AURAY CEDEX	tél. : 02 97 37 25 99 mail :
SPS Bureau VERITAS		2, rue de Suède – BP 90404 56404 AURAY CEDEX	tél. : 02 97 37 25 99 mail :
Entreprise Générale Mandataire LEON GROSSE		22 chemin de la vie Guerse 69500 Bron	tél. : 04 78 78 81 00 mail : et.cp-vannes@leongrosse.fr
Architecte GROUPE 6 SAS		12 rue des arts et métiers 38000 Grenoble	tél. : 04 38 21 03 58 mail : cpvannes@groupe-6.com
Bureau d'Etudes Techniques (CFO/Cfa - Sécurité active- CSSI) BETEG SARL		22 chemin de la vie Guerse 69500 Bron	tél. : 04 78 41 23 10 mail : beteg@beteg-sarl.fr
Bureau d'Etudes Techniques (CVCD – Plomberie) EDEIS		18 rue de La Petite Sensive 44312 Nantes	tél. : 02 51 86 98 55 mail : herve.jehanno@edeis.com
Bureau d'Etudes Environnement EODD Ingénieurs Conseils		171/173 rue Léon Blum 69100 Villeurbanne	tél. : 04 72 76 06 90 mail : contact@eodd.fr

M2



BILAN D'ÉMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE							DATE :	28/05/2025
							ECHELLE :	
CPV	APD	EOD	TCE	ECR	TZO	TNI	0053	C
PROJET	PHASE	EMETTEUR	LOT	TYPE	ZONE/BAT	NIVEAU	NUMÉRO	INDICE

PHASE	INDICE	DATE	MODIFICATION
M2	A	16/12/2024	Édition initiale
M2	B	20/02/2025	Version 2
M2	C	28/05/2025	Version 3 – intégration des émissions GES de la voie nouvelle

SOMMAIRE

1.	SYNTHESE DES RESULTATS	4
2.	MISE EN CONTEXTE ET OBJECTIFS	6
2.1.	AMENAGEMENT ET GES : DE QUOI PARLE-T-ON ?	6
3.	METHODOLOGIE	7
3.1.	DEFINITION DES NOTIONS CLES	7
3.2.	PRESENTATION DU SCENARIO D'ETUDE	9
3.3.	POSTES D'EMISSIONS RETENUS.....	9
3.4.	HYPOTHESES ET DONNEES D'ENTREE GENERALES	10
3.4.1.	PERIODE CONSIDEREE.....	10
3.4.2.	SURFACES.....	10
3.4.3.	FACTEURS D'EMISSIONS.....	11
4.	RESULTATS DETAILLES DU BILAN GES	12
4.1.	TOTAL DES EMISSIONS DE L'OPERATION	12
4.2.	DETAILS DES POSTES D'EMISSIONS	14
4.2.1.	POSTE 1 – CHANTIER DE CONSTRUCTION DES BATIMENTS NEUFS	14
4.2.2.	POSTE 2 – CHANTIER DE CONSTRUCTION DE LA VOIE NOUVELLE.....	15
4.2.3.	POSTE 3 – MATERIAUX DE CONSTRUCTION DES BATIMENTS ET DES AMENAGEMENTS EXTERIEURS 16	
4.2.4.	POSTE 4 – MATERIAUX DE CONSTRUCTION DE LA VOIE NOUVELLE	17
4.2.5.	POSTE 5 – CONSOMMATIONS ENERGETIQUES EN PHASE EXPLOITATION	17
4.2.6.	POSTE 6 – DEPLACEMENTS DES VISITEURS ET INTERVENANTS	18
4.2.7.	POSTE 7 – DEPLACEMENTS DU PERSONNEL PENITENTIAIRE.....	19
4.2.8.	POSTE 8 – DEPLACEMENTS DES VEHICULES DE SERVICES ET DE LOGISTIQUES	20
4.2.9.	POSTE 9 – DECHETS EN PHASE EXPLOITATION	21
4.2.10.	POSTE 10 – ÉMISSIONS EVITEES LIEES A LA PRODUCTION D'ENERGIE RENOUVELABLE	22
4.2.11.	POSTE 11 – ÉMISSIONS NEGATIVES LIEES AU STOCKAGE DE CARBONE DANS LE SOL	22
4.2.12.	POSTE 12 – ÉMISSIONS NEGATIVES LIEES AU STOCKAGE DE CARBONE DANS LES MATERIAUX BIOSOURCES.....	23
5.	LEVIERS DE REDUCTION	25
6.	LIMITES DE L'ETUDE	27
7.	CONCLUSION	28

1. Synthèse des résultats

Dans le cadre de l'évaluation environnementale du marché de Conception Réalisation et Aménagement d'un centre pénitentiaire situé sur la commune de Vannes (56), le présent document propose un **bilan des Gaz à Effet de Serre (GES) du projet**.

Le principe de ce bilan est de sommer les estimations des émissions de GES selon les postes considérés. L'utilisation de « *facteurs d'émissions* » de référence permet de convertir des données connues ou évaluées.

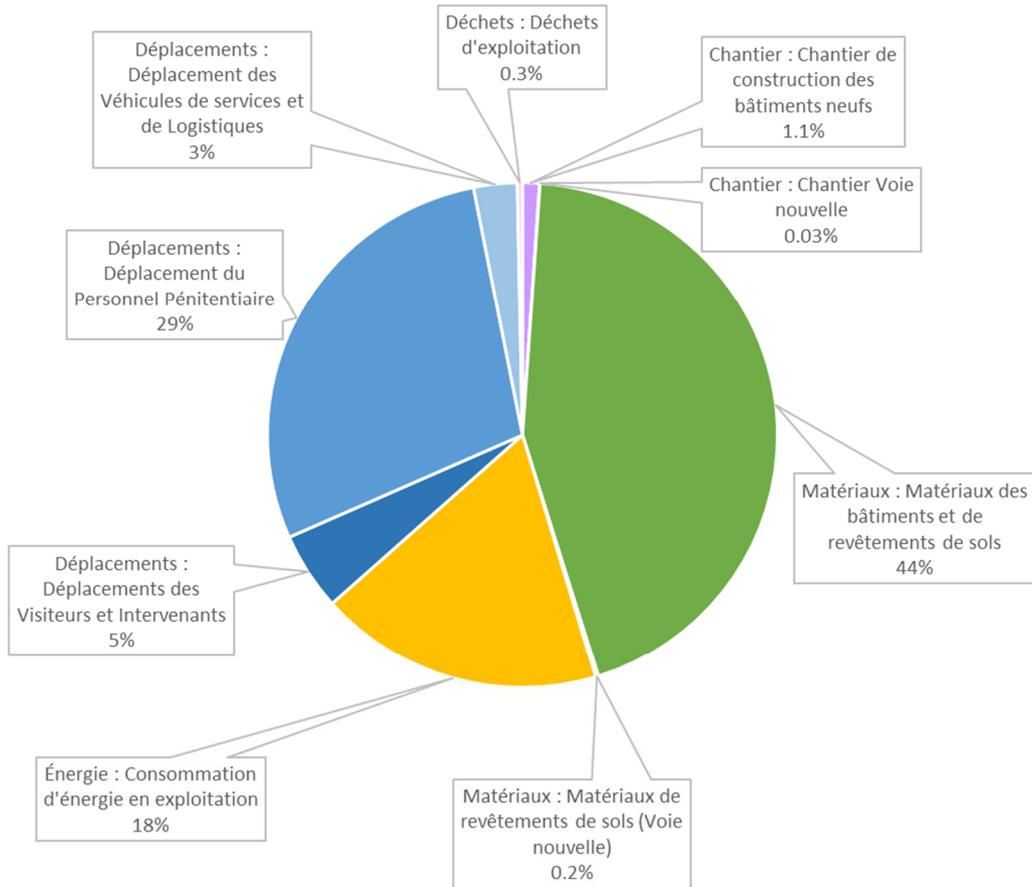
Le bilan GES du projet est calculé suivant une durée de vie de référence (DVR) du projet de 50 ans, valeur conventionnelle utilisée notamment pour le calcul carbone des bâtiments, suivant la méthode RE2020. Toutes les émissions calculées sont donc classiquement rapportées à cette durée de référence.

Les **émissions du projet** sont estimées à environ **60 424 tCO_{2e}**. Les **émissions « négatives »** représentent **- 2 118 tCO_{2e}**, ainsi le **bilan net** présente un total de **58 306 tCO_{2e}** sur une durée de vie totale de 50 ans.

Tableau 1 : Bilan des émissions de GES totales du scénario projet

	Projet		
	CO ₂ e+b	CO ₂ e	CO ₂ b
	En tonnes/50 ans		
Émissions brutes	60 424	60 424	-
Émissions négatives	-2 118	-1 091	-1 027
Émissions nettes	58 306	59 333	-1 027

Répartition des postes d'émissions de GES - Projet 2028



- Chantier : Chantier de construction des bâtiments neufs
- Chantier : Chantier Voie nouvelle
- Matériaux : Matériaux des bâtiments et de revêtements de sols
- Matériaux : Matériaux de revêtements de sols (Voie nouvelle)
- Énergie : Consommation d'énergie en exploitation
- Déplacements : Déplacements des Visiteurs et Intervenants
- Déplacements : Déplacement du Personnel Pénitentiaire
- Déplacements : Déplacement des Véhicules de services et de Logistiques
- Déchets : Déchets d'exploitation

2. Mise en contexte et objectifs

2.1. Aménagement et GES : de quoi parle-t-on ?

Tout projet d'aménagement urbain engendre des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES), selon les différentes étapes de son cycle de vie. Les **émissions en phase exploitation directes** (émissions issues des sources fixes de combustion comme les systèmes de chauffage par exemple) et indirectes (émissions indirectes liées à la consommation d'électricité, aux déplacements engendrés pour se rendre sur le site, etc.) sont les plus évidentes, mais elles ne se résument pas à cette phase.

En effet, la **phase chantier** en elle-même est responsable d'une certaine quantité d'émissions de GES directes (utilisation d'engins sur le site) ou indirectes (poids carbone des matériaux produits et utilisés pour la construction et les installations, déplacements domicile-travail des salariés et usagers, etc.), et la **phase post-exploitation** également (traitement des déchets, travaux de démantèlement sur le site).

Néanmoins, selon la conception du projet d'aménagement et des choix adoptés, une certaine quantité d'**émissions peut être évitée**, en ayant recours aux énergies renouvelables ou en axant l'accessibilité du site sur les transports en commun et les modes doux par exemple.

Il est également possible de **favoriser le stockage de carbone**, notamment en limitant l'imperméabilisation des sols au profit de zones de pleine terre végétalisées (les végétaux agissent comme des puits de carbone grâce à l'absorption du CO₂ dans le processus de la photosynthèse) ou encore en intégrant une certaine quantité de matériaux biosourcés (bois, paille, textiles recyclés, etc.) dans les constructions.

3. Méthodologie

3.1. Définition des notions clés

Gaz à Effet des Serre (GES) : constituant gazeux de l'atmosphère naturel ou anthropogène, qui absorbe et émet le rayonnement d'une longueur d'onde spécifique du spectre du rayonnement infrarouge émis par la surface de la Terre, l'atmosphère et les nuages. Ce constituant peut être émis de différentes manières, naturelle (exemple : volcanisme) ou bien d'origine humaine (exemple : la combustion de produits pétroliers, provenant du carbone accumulé dans le sous-sol, qui libère notamment du dioxyde de carbone ou CO₂).

Les gaz à effet de serre considérés sont ceux énumérés par l'arrêté du 25 janvier 2016 relatif aux GES couverts par les bilans d'émission de GES et les plans climat-air-énergie territoriaux : dioxyde de carbone (CO₂), méthane (CH₄), protoxyde d'azote (N₂O) ainsi que des gaz fluorés (HFC, PFC, SF₆, NF₃).

Bilan d'émissions de GES : évaluation du volume total de GES émis dans l'atmosphère sur une année par les activités de la personne morale sur le territoire national, et exprimé en tonnes de dioxyde de carbone équivalent.

Équivalent dioxyde de carbone (équivalent CO₂ ou « CO₂e ») : unité utilisée pour comparer les émissions de divers GES, en convertissant leurs quantités émises en la quantité équivalente de CO₂ ayant le même Potentiel de Réchauffement Global (PRG).

Potentiel de réchauffement global (PRG) : terme utilisé pour décrire la puissance relative d'un GES en tenant compte de la durée de temps pendant laquelle il restera actif dans l'atmosphère. Les PRG actuellement utilisés sont calculés sur 100 ans. Pour le dioxyde de carbone, considéré comme le gaz de référence, il lui est attribué un PRG égal à 1 pour 100 ans.

Puits de carbone : réservoir (naturel ou artificiel) qui absorbe et stocke une quantité significative de dioxyde de carbone (CO₂) afin d'en limiter la concentration dans l'atmosphère. Il peut s'agir par exemple de végétation, des océans, de matériaux biosourcés ou des sols. La séquestration du carbone désigne les processus extrayant le carbone ou le CO₂ de l'atmosphère et le stockant dans un puits de carbone. À l'inverse, on parle d'émissions de GES lorsque le puits de carbone en relargue.

Périmètre temporel : le calcul des émissions de GES d'un projet doit se faire sur l'ensemble de sa durée de vie, prenant en compte les phases de construction, exploitation et fin de vie.

Postes d'émissions : plusieurs catégories d'émissions sont distinguées, listées ci-dessous, dénommées « scope » dans certains référentiels. Elles ne s'appuient pas sur la nomenclature classique des bilans GES (émissions directes, indirectes liées à l'énergie, autres indirectes...) car il n'a pas été jugé que ce soit le plus pertinent dans le cas d'un bilan GES de projet d'un aménagement de quartier.

1 tonne de CO₂ : l'indicateur « tonne de CO₂ équivalent » est utilisé quand on évoque le changement climatique et particulièrement les émissions de GES.

Un Français émet en moyenne 12 tonnes d'équivalent CO₂ par an. Pour éviter que l'augmentation des températures ne dépasse les 2°C d'ici 2050 et tendre vers les objectifs climatiques fixés par la réglementation nationale, chaque habitant de la planète ne devrait pas émettre plus de 1,6 à 2,8 tonnes de CO₂ par an !

Pour donner des ordres de grandeur, 1 tonne de CO_{2e} correspond à, soit :

- 500 m³ de gaz (chauffe un appartement de 50 m² moyennement isolé) ou 380 litres de mazout ;
- 1 aller-retour Paris-New York en avion ;
- 190 allers-retours Paris-Bordeaux en train ;
- 14 000 km avec une Twingo en ville ;
- 4 300 kWh d'électricité ;
- 1,8 tonne de papier ;
- 1 m² de construction d'un bâtiment sur l'ensemble de son cycle de vie.

Cas du CO₂ « biogénique »

Le développement de tout végétal est lié au phénomène de la photosynthèse, qui induit la création de dioxygène, réémis dans l'atmosphère, mais aussi la formation de glucose (C₆H₁₂O₆), qui va permettre à la plante d'opérer sa croissance. Le carbone présent dans ce composé fait partie intégrante de la plante. **Ce carbone dit « biogénique », et noté « CO_{2b} », est donc le carbone constitutif du végétal**, provenant du processus de photosynthèse à partir du CO₂ présent dans l'air.

Le carbone biogénique est lié à un cycle court, c'est pourquoi on ne considère pas que les produits pétro-sourcés contiennent du carbone biogénique, car issus de matières premières végétales sur des cycles très longs (dégradation thermique de matières organiques, sur des millions d'années).

Du fait de ce prélèvement initial de CO₂ dans l'atmosphère, les végétaux contribuent à la diminution du « stock total » de GES, et présentent ainsi un bénéfice sur le changement climatique. On dit qu'ils représentent un puits carbone. Lorsqu'elle est prise en compte dans les bilans GES, la séquestration du carbone est comptée comme une émission négative (quantité de carbone négative).

Dans la présente étude, le carbone biogénique est considéré dans les postes suivants : stockage dans les sols végétaux et dans les matériaux biosourcés utilisés dans les produits de construction.

- Dans les sols végétaux : Le stockage de carbone dans le sol est très dépendant du cycle de vie de l'entité. En effet, le stock de carbone du sol s'effectue dans les matières organiques : celles-ci « entrent » dans le sol via les végétaux (chute de feuilles, résidus de culture, exsudats racinaires...), de micro-organismes ou d'animaux morts. Une partie est minéralisée rapidement (plusieurs mois), par les organismes décomposeurs. L'équilibre entre le stockage de matière organique, la vitesse de dégradation et la perte de matière organique dépend de nombreux facteurs, comme la pluviométrie, la température, l'érosion des sols, qui eux-mêmes conditionnent l'activité microbienne du sol. Selon les modalités de gestion des surfaces, les capacités de stockage des sols peuvent donc être favorisées ou dégradées.
- Dans les matériaux biosourcés : Ils sont issus de la matière organique renouvelable (biomasse), d'origine végétale ou animale. Ils peuvent être utilisés comme matériau de construction dans un bâtiment. La nature de ces matériaux est multiple : bois, chanvre, paille, ouate de cellulose, textiles recyclés, balles de céréales, miscanthus, liège, lin, chaume, herbe de prairie, etc. Leurs applications le sont tout autant : structure, isolants, mortiers et bétons, matériaux composites plastiques ou encore dans la chimie du bâtiment (peinture, colles...). Au cours de leur cycle de vie, les matériaux biosourcés séquestrent temporairement du carbone biogénique lors de la production des matières premières, et le réémettent partiellement en fin de vie. Les émissions sont donc retardées par rapport au cycle agricole naturel, plus court, qui passe par une décomposition.

3.2. Présentation du scénario d'étude

La présente étude retient un scénario d'étude pour le projet. Il s'agit de la situation du site une fois le projet du périmètre d'étude achevé, c'est-à-dire une fois que le centre pénitentiaire sera construit, que l'ensemble des bâtiments, des voiries, cheminements et espaces extérieurs seront finalisés et livrés. L'année de référence du projet est **2028** (date de livraison prévue selon le planning).

3.3. Postes d'émissions retenus

En conformité avec le guide méthodologique « *Prise en compte des émissions de gaz à effet de serre dans les études d'impact* » de février 2022 du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (MTES), n'ont été retenus que les postes d'émissions jugés « significatifs » pour le projet :

« *Les critères d'un poste significatif, dont l'identification relève de la responsabilité du porteur de projet, 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.). »*

Certains postes d'émissions exclus du bilan l'ont été par absence de données disponibles ou délibérément, en s'appuyant sur la bibliographie et l'expérience d'EODD, devant les ordres de grandeur des autres postes. Ils sont détaillés dans la section 6 « Limites de l'étude ».

Les postes d'émission retenus sont les suivants :

- **Chantier**
 1. Émissions directes des sources mobiles des engins en phase construction
 2. Émissions directes des sources mobiles des engins en phase construction de la voie nouvelle
- **Matériaux**
 3. Bâtiments et revêtements de sols : Poids carbone des matériaux utilisés pour les bâtiments neufs, pour les voiries, chemins, parcs végétaux et autres espaces extérieurs
 4. Revêtements de sols et canalisations : Poids carbone des matériaux utilisés pour la voie nouvelle (voirie et canalisations)
- **Consommations énergétiques**
 5. Émissions liées à la consommation d'énergie en phase exploitation
- **Déplacements et transports**
 6. Émissions liées aux déplacements des visiteurs et des intervenants réguliers et ponctuels
 7. Émissions liées aux déplacements quotidiens du personnel pénitentiaire
 8. Émissions liées aux déplacements des véhicules de services et de logistiques
- **Déchets**
 9. Émissions liées aux déchets d'exploitation et leur traitement
- **Émissions négatives : leviers d'actions permettant « d'éviter » des émissions de GES**
 10. Émissions liées à la production d'énergies renouvelables (EnR)
 11. Émissions liées au stockage carbone dans le sol
 12. Émissions liées au stockage carbone dans les matériaux biosourcés

Pour chacun des postes ci-dessus, le calcul des émissions de GES a été fait sur une année et en une seule fois au moment de l'année de référence du projet en 2028. Les valeurs en tCO_{2e} estimés dans

ce rapport représentent donc la somme totale des émissions sur une année. Le détail de calcul utilisé pour chaque poste est détaillé dans la section 4.2 Détails des postes d'émissions.

3.4. Hypothèses et données d'entrée générales

3.4.1. Période considérée

Le bilan GES est calculé suivant une durée de vie de référence (DVR) du projet de 50 ans, valeur conventionnelle utilisée notamment pour le calcul carbone des bâtiments, suivant la méthode RE2020.

3.4.2. Surfaces

Les surfaces de référence (surfaces utiles et surfaces de plancher) qui ont été considérées dans ce bilan – et qui ont servies dans le calcul de certains postes, notamment pour certains facteurs d'émissions qui dépendent de la surface construite – sont celles du tableau ci-dessous.

Bâtiments	Surfaces		
	SU prog	SU projet	SP projet
PHE	1276	1392	1789
AFA	128	141	192
PREJ	295	306	448
QSL	610	660	1080
PEP / PHD	411	442	423
	209	216	299
ADM / GRF	672	680	1067
	600	595	678
PEL	35	35	46
	152	166	36
PAR	541	577	1234
	189	192	411
	279	295	573
US / QAE	558	568	1291
	759	787	1227
QMA	168	178	257
	1750	1750	3340
QMV	1781	1830	3597
QCD	1694	1741	3340
QRE	1776	1823	3318
QIDV	716	741	1485
PIPR1 /PIPR2	1 845	1 911	2 473
ATE	2642	2642	2990
SAB / SAP	2541	2655	3609
	289	307	333
TOTAL Hors enceinte	2 309	2 499	3 509
TOTAL En enceinte	19 607	20 131	32 027
TOTAL	21 916	22 630	35 536

3.4.3. Facteurs d'émissions

Un facteur d'émission dans un bilan de gaz à effet de serre (GES) est un coefficient qui permet de convertir une activité donnée en quantité d'émissions de GES. Il s'exprime généralement en kilogrammes ou en tonnes de CO₂ équivalent (CO₂e) par unité de l'activité mesurée. Le facteur d'émission est utilisé pour estimer les émissions liées à différentes sources (énergie, transport, matériaux, etc.).

Voici comment il fonctionne :

- **Activité** : Il s'agit de l'élément mesuré, par exemple la quantité d'énergie consommée, la distance parcourue, la quantité de matériau utilisée, etc.
- **Facteur d'émission** : Ce coefficient exprime la quantité de GES émise par unité d'activité. Par exemple, pour 1 kWh d'électricité consommée, il existe un facteur d'émission qui varie en fonction du mix énergétique (nucléaire, renouvelable, fossile).

Les facteurs d'émissions utilisés sont issus, pour la grande majorité des cas, de la **base Empreinte**, base de données développée par l'ADEME. Néanmoins, d'autres sources ont également servi à produire ce bilan, comme la **base INIES**, qui sert de base de données pour les Analyses de Cycle de Vie des bâtiments (notamment pour les postes d'émissions n°1 et n°2 liés au chantier, n°2 et n°3 liés aux matériaux de construction). Enfin, tous les facteurs d'émissions liés aux véhicules légers et aux poids lourds sont issus de la **base de données HBEFA 4.2**, qui donne les émissions par véhicule et par km projetées jusqu'en 2050.

4. Résultats détaillés du bilan GES

4.1. Total des émissions de l'opération

Les émissions du projet sont estimées à environ **60 424 tCO_{2e}**. Les émissions « négatives » représentent **- 2 118 tCO_{2e}**, ainsi le **bilan net** présente un total de **58 306 tCO_{2e}** sur une durée de vie totale de 50 ans.

Tableau 1 : Bilan des émissions de GES totales du scénario projet

	Projet		
	CO ₂ e+b	CO ₂ e	CO ₂ b
	En tonnes/50 ans		
Émissions brutes	60 424	60 424	-
Émissions négatives	-2 118	-1 091	-1 027
Émissions nettes	58 306	59 333	-1 027

Notons que le poste le plus important est lié aux matériaux de construction des bâtiments et des aménagements extérieurs (**26 632 tCO_{2e}**, soit **44 %**), suivi par le poste lié aux déplacements (**21 900 tCO_{2e}**, soit **36 %** du bilan d'émissions de GES total), suivi par le poste lié à la consommation d'énergie en phase exploitation (**10 909 tCO_{2e}**, soit **18 %**).

Tableau 3 : Postes pris en compte dans ce bilan d'émissions de GES

Chantier	1	Chantier de construction des bâtiments neufs
	2	Chantier Voie nouvelle
Matériaux	3	Matériaux de construction des bâtiments et des aménagements extérieurs
	4	Matériaux de construction de la voie nouvelle
Énergie	5	Consommation d'énergie en exploitation
Déplacements	6	Déplacements des Visiteurs et Intervenants
	7	Déplacement du Personnel Pénitentiaire
	8	Déplacement des Véhicules de services et de Logistiques
Déchets	9	Déchets d'exploitation
Émissions évitées	10	Production EnR
	11	Stockage de carbone dans le sol
	12	Stockage de carbone dans les matériaux biosourcés

	n°	Postes d'émissions	SCÉNARIO PROJET (2028)			
			t CO2eq + t CO2b	t CO2e	t CO2b	
Chantier	1	Chantier de construction des bâtiments neufs	646	646	0	1.1%
	2	Chantier Voie nouvelle	21	21	0	0.03%
Matériaux	3	Matériaux de construction des bâtiments et des aménagements extérieurs	26 632	26 632	0	44%
	4	Matériaux de construction de la voie nouvelle	105	105	0	0.2%
Énergie	5	Consommation d'énergie en exploitation	10 909	10 909	0	18%
Déplacements	6	Déplacements des Visiteurs et Intervenants	3 003	3 003	0	5.0%
	7	Déplacement du Personnel Pénitentiaire	17 232	17 232	0	28.5%
	8	Déplacement des Véhicules de services et de Logistiques	1 665	1 665	0	2.8%
Déchets	9	Déchets d'exploitation	196	196	0	0.3%
Émissions évitées	10	Production EnR	-1 091	-1 091	0	-1.9%
	11	Stockage de carbone dans le sol	-812	0	-812	-1.4%
	12	Stockage de carbone dans les matériaux biosourcés	-215	0	-215	-0.4%
SOMME - Émissions "négatives" (tCO2e/50 ans)			- 2 118	- 1 091	- 1 027	
SOMME - Émissions nettes (tCO2e/50 ans)			58 306	59 333	- 1 027	
SOMME - Émissions brutes (tCO2e/50 ans)			60 424	60 424	-	
SOMME - Émissions "négatives" (tCO2e/50 ans)			- 2 117.9	- 1 091	- 1 027.0	
SOMME - Émissions nettes (tCO2e/50 ans)			58 306	59 333	- 1 027.0	

4.2. Détails des postes d'émissions

4.2.1. Poste 1 – Chantier de construction des bâtiments neufs

Détail du calcul

Ces émissions correspondent à l'ensemble des opérations de chantier, notamment : émissions des engins thermiques, émissions liées aux consommations d'énergie des engins électriques ou de la base vie, émissions liées aux consommations et traitement d'eaux, émissions liées aux déchets de chantier, émissions liées au transport des matériaux.

En revanche, ce poste n'inclue pas les émissions liées aux matériaux de construction en eux-mêmes (compris leur approvisionnement sur le chantier), qui sont comprises dans le §4.2.3 Poste 3.

La méthodologie pour calculer les émissions strictes du chantier de construction repose sur le calculateur simplifié du label E+C- et de la RE2020 dont la vocation est de quantifier les émissions liées à la phase de construction de bâtiments sur la base de données d'entrées simples. Des ratios sont ensuite utilisés pour estimer les impacts. Cette méthode a été transposée ici au chantier de construction, en faisant le parallèle entre les quantités de terres excavées (qui sont une donnée d'entrée pour le calculateur) et la durée du chantier.

Les sous-postes suivants ont été considérés :

- mise à disposition d'eau potable au robinet ;
- assainissement collectif des eaux usées domestiques ;
- transport par camion benne ;
- gazole pour engins mobiles de chantier non routiers ;
- mise à disposition d'un kWh d'électricité pour les autres usages dans un bâtiment tertiaire.

Pour le calcul de ce poste, il a été considéré un planning de chantier par bâtiment, détaillé ci-dessous :

Tableau 4 : Planning de chantier par bâtiment

	LPHE	AFA	PREJ	QSL	PEP/PHD	ADM/GR F	PAR/UVF
Durée présence grues (mois)	5	5	5	5	5	5	6
Durée travaux totale (mois)	18	18	18	18	12	11	16
mois d'été (d'avril à septembre) AVEC grue	4	4	4	4	2	4	3
mois d'hiver (d'octobre à mars) AVEC grue	1	1	1	1	3	1	3
mois d'été (d'avril à septembre) SANS grue	6	6	6	6	4	6	5
mois d'hiver (d'octobre à mars) SANS grue	7	7	7	7	3	5	5

	US-QAE	QMA	QIDV	PIPR1&2	ATE	SAB/SAP
Durée présence grues (mois)	11	11	7	10	7	7
Durée travaux totale (mois)	22	22	12	13	18	18
mois d'été (d'avril à septembre) AVEC grue	5	5	2	1	3	3
mois d'hiver (d'octobre à mars) AVEC grue	6	6	5	5	4	4
mois d'été (d'avril à septembre) SANS grue	6	6	4	3	6	6
mois d'hiver (d'octobre à mars) SANS grue	5	5	1	4	5	5

De plus, à partir des données issues du DDAE, il a été considéré 2 589 m³ de déblais (terres exportées) et 74 750 m³ de terres excavées et déblais réutilisés, répartis par bâtiment comme suit :

Tableau 5 : Quantités de déblais et excavation par bâtiment

	LPHE	AFA	PREJ	QSL	PEP/PHD	ADM/GR F	PAR/UVF
Déblais de terres exportées (en m3)	130	14	33	79	53	130	162
Terres excavées et déblais réutilisés (en m3)	3 763	404	942	2 272	1 519	3 767	4 666

	US-QAE	QMA	QIDV	PIPR1&2	ATE	SAB/SAP
Déblais de terres exportées (en m3)	202	243	108	180	218	287
Terres excavées et déblais réutilisés (en m3)	5 837	7 026	3 124	5 202	6 289	8 292

La distance d'évacuation des déblais du chantier considérée est de 30 km environ.

À noter que la démolition du bâtiment existant (petit hangar) au sud du périmètre projet et les déchets générés par sa démolition a été négligé devant les ordres de grandeur des autres postes.

Bilan GES du poste

Le bilan d'émissions de GES sur ce poste pour le scénario projet est le suivant :

Tableau 7 : Bilan d'émissions de GES du poste « Chantier de construction des bâtiments neufs »

Poids carbone	Projet	
	t CO _{2e}	t CO ₂ b
TOTAL	663	-
Chantier de construction	646	-

Les émissions liées uniquement au chantier de construction des bâtiments représentent environ **1,1 %** dans les émissions totales de GES du projet, ce qui équivaut à **646 tCO_{2e}**.

4.2.2. Poste 2 – Chantier de construction de la voie nouvelle

Détail du calcul

Ce poste a été ajouté afin d'intégrer les travaux de la voie nouvelle. Il représente un impact supplémentaire pour le poste lié au chantier.

Ces émissions correspondent à l'ensemble des opérations de chantier de la voie nouvelle, notamment : émissions des engins thermiques, émissions liées aux consommations d'énergie des engins électriques ou de la base vie, émissions liées aux consommations et traitement d'eaux, émissions liées au transport des matériaux.

En revanche, ce poste n'inclue pas les émissions liées aux matériaux de construction de la voie nouvelle en eux-mêmes, qui sont comprises dans le §4.2.4 Poste 4.

La méthodologie pour calculer les émissions strictes du chantier de construction de la voie nouvelle repose sur le calculateur simplifié du label E+C- dont la vocation est de quantifier les émissions liées à la phase de construction de bâtiments sur la base de données d'entrées simples. Des ratios sont ensuite utilisés pour estimer les impacts. Cette méthode a été transposée ici au chantier de construction, en faisant le parallèle entre les quantités de terres excavées (qui sont une donnée d'entrée pour le calculateur) et la durée du chantier.

Les sous-postes suivants ont été considérés :

- mise à disposition d'eau potable au robinet ;
- assainissement collectif des eaux usées domestiques ;
- transport par camion benne ;
- gazole pour engins mobiles de chantier non routiers ;
- mise à disposition d'un kWh d'électricité pour les autres usages dans un bâtiment tertiaire.

À partir des données quantitatives fournies, il a été considéré **864 m³ de terres importées** et **3 980 m³ de terres excavées**. De plus, **la durée du chantier a été estimée à 2 mois sans grue** (hypothèse qui considère que la grue n'est nécessaire que pour les opérations de gros œuvre).

Bilan GES du poste

Le bilan d'émissions de GES sur ce poste pour le scénario projet est le suivant :

Tableau 8 : Bilan d'émissions de GES du poste « Chantier de construction de la voie nouvelle »

Poids carbone	Projet	
	t CO _{2e}	t CO ₂ b
TOTAL	21	-
Chantier de construction de la voie nouvelle	21	-

Les émissions liées uniquement au chantier de construction de la voie nouvelle représentent environ **0,04 %** dans les émissions totales de GES du projet, ce qui équivaut à **21 tCO_{2e}**.

4.2.3. Poste 3 – Matériaux de construction des bâtiments et des aménagements extérieurs

Détail du calcul

Le calcul des émissions de ce poste se base sur l'étude d'analyse de cycle de vie réalisée par EODD en phase APD. Les résultats globaux issus de cette étude ont été réinjectés dans ce poste.

À noter que les émissions GES des matériaux de revêtements de sols ont été considérées dans le cadre de l'étude d'analyse de cycle de vie (lots VRD de chaque ACV d'un bâtiment). Le lot VRD correspondant aux matériaux de revêtements des sols n'a pas fait l'objet d'un poste à part, il a été intégré directement dans ce poste. L'impact des aménagements extérieurs représentent environ **12 %** des émissions du poste, soit environ **10 206 tCO_{2e}**.

Bilan GES du poste

Le bilan d'émissions de GES sur ce poste pour le scénario projet est le suivant :

Tableau 9 : Bilan d'émissions de GES du poste « Matériaux de construction des bâtiments et des revêtements de sols »

Poids carbone	Projet	
	t CO _{2e}	t CO ₂ b
TOTAL	26 632	-
Matériaux des bâtiments et de revêtements de sols	26 632	-

Les émissions liées au poids carbone des matériaux de construction des bâtiments et des aménagements extérieurs représentent le poste le plus important dans le bilan GES du projet. Celui est responsable de **44 %** des émissions totales, ce qui équivaut à **26 632 tCO_{2e}**.

4.2.4. Poste 4 – Matériaux de construction de la voie nouvelle

Détail du calcul

Ce poste a été ajouté afin d'intégrer les matériaux de la voie nouvelle. Il représente un impact supplémentaire pour le poste lié aux matériaux de construction des aménagements extérieurs (Poste 3 ci-dessus).

Le calcul des émissions de ce poste se base sur les données quantitatives fournies.

Les sous-postes suivants ont été considérés :

- Chaussée (3 616 m²) ;
- Trottoir (485 m²) ;
- Canalisations (15 m²) et fourreau (475 ml).

Les facteurs d'émissions considérés proviennent de la base INIES :

- Enrobé -> FE de **23 kgCO_{2e}/m².50ans** ;
- Réseaux d'évacuation et d'assainissement en béton -> FE de **48 kgCO_{2e}/m².50ans** ;
- Gaines et fourreaux en polypropylène -> FE de **21 kgCO_{2e}/m².50ans**.

Bilan GES du poste

Le bilan d'émissions de GES sur ce poste pour le scénario projet est le suivant :

Tableau 10 : Bilan d'émissions de GES du poste « Matériaux de construction de la voie nouvelle »

Poids carbone	Projet	
	t CO _{2e}	t CO ₂ b
TOTAL	105	-
Matériaux de construction de la voie nouvelle	105	-

Les émissions liées au poids carbone des matériaux de construction de la voie nouvelle représentent environ **0,1 %** dans les émissions totales de GES du projet, ce qui équivaut à **105 tCO_{2e}**.

4.2.5. Poste 5 - Consommations énergétiques en phase exploitation

Détail du calcul

Les consommations d'énergie pour couvrir les besoins énergétiques des bâtiments sont considérées dans ce poste. Cela concerne les besoins de chaleur, de froid et d'eau chaude sanitaire (ECS) et d'électricité. Le calcul des émissions de ce poste se base sur l'étude de calculs thermiques réglementaires réalisée par EODD en phase APD. Les résultats globaux issus de cette étude ont été réinjectés dans ce poste.

Bilan GES du poste

Le bilan d'émissions de GES sur ce poste pour le scénario projet est le suivant :

Tableau 11 : Bilan d'émissions de GES du poste « Consommations énergétiques en phase exploitation »

Poids carbone	Projet	
	t CO _{2e}	t CO ₂ b
TOTAL	10 909	-
Consommations énergétiques en phase exploitation	10 909	-

Les émissions liées aux consommations énergétiques représentent le troisième poste le plus important dans le bilan GES du projet. Celui est responsable de **18 %** des émissions totales, ce qui équivaut à **10 909 tCO_{2e}**.

4.2.6. Poste 6 – Déplacements des Visiteurs et Intervenants

Détail du calcul

Les déplacements nécessitent des véhicules, qui émettent des GES durant leur phase de fabrication/commercialisation, tout au long de leur phase d'utilisation et également à leur fin de vie. Les émissions proviennent majoritairement des **transports routiers**, et notamment les véhicules qui utilisent des combustibles fossiles comme énergie pour se déplacer.

Sont considérés dans ce poste d'émission les **déplacements allers et retours des visiteurs et des intervenants réguliers et ponctuels** qui se rendent au centre pénitentiaire. Les émissions des personnes se déplaçant à pied, à vélo ou autre mobilité active sont considérées comme nulles (ce qui n'est pas exact en réalité, cependant le coût de fabrication d'un vélo est négligeable devant les émissions directes des véhicules à moteur thermique).

Ces émissions sont calculées sur la base d'un tableau de données d'entrée complété par l'APIJ. Ce tableau est relatif aux déplacements des personnes qui se rendent au centre pénitentiaire : effectif, distance de provenance, type de véhicule et fréquence.

À partir des données de ce tableau, il a été considéré **138 véhicules légers par jour**, parcourant chacun une **distance moyenne** d'environ **20 km (aller simple)**. À noter que les calculs partent du postulat que les visiteurs et intervenants viennent au centre pénitentiaire en **moyenne 3 fois par semaine, 52 semaines par an, soit 156 jours par an de visites** toutes confondues des visiteurs et des intervenants.

Puis, ces émissions sont donc calculées par trajet. Les trajets hebdomadaires sont multipliés pour avoir le nombre de trajet moyen annuel, ce qui donne des émissions de GES en tCO_{2e}/an. Enfin, ces émissions ont été multipliées par 50, selon la durée de vie de référence de 50 ans estimée dans les méthodes d'ACV et conformément à la réglementation.

Les facteurs d'émissions des véhicules, données en kgCO_{2e}/veh.km, sont issus :

- de la **base Empreinte de l'ADEME** pour les facteurs d'émission qui concernent la fabrication des véhicules légers → FE de **0,0410 kgCO_{2e}/veh.km** ;
- du **logiciel HBEFA 4.2.** pour les estimations des futures émissions liées à l'utilisation de carburant des véhicules légers → FE de **0,2447 kgCO_{2e}/veh.km**.

Les émissions de GES calculés ici prennent donc en compte à la fois la fabrication des véhicules, la fabrication et le transport du carburant, et la combustion du carburant.

À l'aide du logiciel HBEFA 4.2., les futures émissions liés à l'utilisation de carburant (fabrication, transport et combustion du carburant ont été projetés dans le temps (horizon 2028) selon les évolutions des parcs de véhicules et les performances énergétiques et d'émission des véhicules qui devraient aller en s'améliorant (intégration de modèles électriques, hybrides), conformément aux

fiches de cadrage de la circulaire de 2014 relative aux études socio-économiques des projets de transport. Les parcs automobiles sont cohérents avec ceux de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) qui tendent vers une composition de flotte de véhicules compatible avec l'objectif de « Zéro Émission » dans le secteur des transports terrestres en 2050.

Bilan GES du poste

Le bilan d'émissions de GES sur ce poste pour le scénario projet est le suivant :

Tableau 12 : Bilan d'émissions de GES du poste « Déplacements des Visiteurs et Intervenants »

Poids carbone	Projet	
	t CO _{2e}	t CO _{2 b}
TOTAL	3 003	-
VL des visiteurs et intervenants	3 003	-

Les émissions liées aux déplacements des visiteurs et des intervenants réguliers et ponctuels représentent **5 %** des émissions totales de GES du projet, ce qui équivaut à **3 003 tCO_{2e}**.

4.2.7. Poste 7 – Déplacements du Personnel Pénitentiaire

Détail du calcul

Sont considérés dans ce poste d'émission les **déplacements allers et retours quotidiens du personnel pénitentiaire** qui se rend au centre pénitentiaire. Les émissions des personnes se déplaçant à pied, à vélo ou autre mobilité active sont considérées comme nulles (ce qui n'est pas exact en réalité, cependant le coût de fabrication d'un vélo est négligeable devant les émissions directes des véhicules à moteur thermique).

Ces émissions sont calculées sur la base d'un tableau de données d'entrée complété par l'APIJ. Ce tableau est relatif aux déplacements des personnes qui se rendent au centre pénitentiaire : effectif, distance de provenance, type de véhicule et fréquence.

À partir des données de ce tableau, il a été considéré **408 véhicules légers par jour**, parcourant chacun une **distance moyenne** d'environ **20 km (aller simple)**. À noter que les calculs partent du postulat que le personnel pénitentiaire se rend au centre pénitentiaire en moyenne tous les jours ouvrés de l'année, soit 302 jours par an. Ce postulat a été considéré afin de prendre en compte l'ensemble des jours de congés du personnel pénitentiaire.

Puis, ces émissions sont donc calculées par trajet. Les trajets journaliers sont multipliés pour avoir le nombre de trajet moyen annuel, ce qui donne des émissions de GES en tCO_{2e}/an. Enfin, ces émissions ont été multipliées par 50, selon la durée de vie de référence de 50 ans estimée dans les méthodes d'ACV et conformément à la réglementation.

Les facteurs d'émissions des véhicules, données en kgCO_{2e}/veh.km, sont issus :

- de la **base Empreinte de l'ADEME** pour les facteurs d'émission qui concernent la fabrication des véhicules légers → FE de **0,0410 kgCO_{2e}/veh.km** ;
- du **logiciel HBEFA 4.2.** pour les estimations des futures émissions liées à l'utilisation de carburant des véhicules légers → FE de **0,2447 kgCO_{2e}/veh.km**.

Les émissions de GES calculés ici prennent donc en compte à la fois la fabrication des véhicules, la fabrication et le transport du carburant, et la combustion du carburant.

À l'aide du logiciel HBEFA 4.2., les futures émissions liés à l'utilisation de carburant (fabrication, transport et combustion du carburant ont été projetés dans le temps (horizon 2028) selon les évolutions des parcs de véhicules et les performances énergétiques et d'émission des véhicules qui devraient aller en s'améliorant (intégration de modèles électriques, hybrides), conformément aux

fiches de cadrage de la circulaire de 2014 relative aux études socio-économiques des projets de transport. Les parcs automobiles sont cohérents avec ceux de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) qui tendent vers une composition de flotte de véhicules compatible avec l'objectif de « Zéro Émission » dans le secteur des transports terrestres en 2050.

Bilan GES du poste

Le bilan d'émissions de GES sur ce poste pour le scénario projet est le suivant :

Tableau 13 : Bilan d'émissions de GES du poste « Déplacements du Personnel pénitentiaire »

Poids carbone	Projet	
	t CO _{2e}	t CO ₂ b
TOTAL	17 232	-
VL du personnel pénitentiaire	17 232	-

Les émissions liées aux déplacements du personnel pénitentiaire représentent le deuxième poste le plus important dans le bilan GES du projet. Celui est responsable de **29 %** des émissions totales, ce qui équivaut à **17 232 tCO_{2e}**.

4.2.8. Poste 8 – Déplacements des Véhicules de services et de Logistiques

Détail du calcul

Sont considérés dans ce poste d'émission les **déplacements allers et retours des véhicules de services pénitentiaires et associés, des forces de l'ordre, des pompiers, des ambulances et des véhicules de logistiques et matières (approvisionnement en marchandises)** qui se rendent au centre pénitentiaire.

Ces émissions sont calculées sur la base d'un tableau de données d'entrée complété par l'APIJ. Ce tableau est relatif aux déplacements des personnes qui se rendent au centre pénitentiaire : effectif, distance de provenance, type de véhicule et fréquence.

À partir des données de ce tableau, il a été considéré **21 véhicules légers et 34 poids lourds par jour**, parcourant chacun une **distance moyenne** d'environ **20 km (aller simple)** pour les **véhicules légers** et d'environ **40 km (aller simple)** pour les **poids lourds**. À noter que les calculs partent du postulat que ces véhicules se rendent au centre pénitentiaire en moyenne 302 jours par an.

Puis, ces émissions sont donc calculées par trajet. Les trajets journaliers sont multipliés pour avoir le nombre de trajet moyen annuel, ce qui donne des émissions de GES en tCO_{2e}/an. Enfin, ces émissions ont été multipliées par 50, selon la durée de vie de référence de 50 ans estimée dans les méthodes d'ACV et conformément à la réglementation.

Les facteurs d'émissions des véhicules, données en kgCO_{2e}/veh.km, sont issus :

- de la **base Empreinte de l'ADEME** pour les facteurs d'émission qui concernent la fabrication des véhicules légers et des poids lourds → FE de **0,0410 kgCO_{2e}/veh.km** pour les véhicules légers et de **0,1870 kgCO_{2e}/veh.km** pour les poids lourds ;
- du **logiciel HBEFA 4.2.** pour les estimations des futures émissions liées à l'utilisation de carburant des véhicules légers → FE de **0,2447 kgCO_{2e}/veh.km** pour les véhicules légers et de **0,8704 kgCO_{2e}/veh.km** pour les poids lourds.

Les émissions de GES calculés ici prennent donc en compte à la fois la fabrication des véhicules, la fabrication et le transport du carburant, et la combustion du carburant.

À l'aide du logiciel HBEFA 4.2., les futures émissions liés à l'utilisation de carburant (fabrication, transport et combustion du carburant ont été projetés dans le temps (horizon 2028) selon les évolutions des parcs de véhicules et les performances énergétiques et d'émission des véhicules qui

devraient aller en s'améliorant (intégration de modèles électriques, hybrides), conformément aux fiches de cadrage de la circulaire de 2014 relative aux études socio-économiques des projets de transport. Les parcs automobiles sont cohérents avec ceux de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) qui tendent vers une composition de flotte de véhicules compatible avec l'objectif de « Zéro Émission » dans le secteur des transports terrestres en 2050.

Bilan GES du poste

Le bilan d'émissions de GES sur ce poste pour le scénario projet est le suivant :

Tableau 14 : Bilan d'émissions de GES du poste « Déplacements des Véhicules de services et de Logistiques »

Poids carbone	Projet	
	t CO _{2e}	t CO _{2 b}
TOTAL	1 665	-
VL des visiteurs et intervenants	1 665	-

Les émissions liées aux déplacements des véhicules de services et de logistiques représentent **2,8 %** des émissions totales de GES du projet, ce qui équivaut à **1 665 tCO_{2e}**.

4.2.9. Poste 9 – Déchets en phase exploitation

Détail du calcul

Ce poste comptabilise toutes les émissions liées à **la fin de vie des ordures ménagères ainsi qu'à leur gestion**. Cela passe par la collecte, le transport, le tri, puis possiblement la valorisation énergétique, la valorisation matière, le stockage ou encore l'incinération des déchets. Toutes ces étapes ont un coût carbone, qui est comptabilisé dans les facteurs d'émissions de la base Empreinte ; cette base de données prend également en compte le taux de valorisation pour chaque type de déchet dans son facteur d'émissions.

Étant donné le peu de données fiables concernant les déchets en phase exploitation des usagers du centre pénitentiaire, il a été pris en compte les données suivantes issues du rapport d'activités 2023 du Sysem du Golfe du Morbihan. D'après ce rapport d'activités, la production unitaire de déchets généré par un **habitant** atteint **396 kg déchets par an**, avec la répartition suivante :

- Biodéchets : 0,03 kg/hab/an ;
- Papier : 24 kg/hab/an ;
- Carton : 12 kg/hab/an ;
- Plastique : 32 kg/hab/an ;
- Métaux : 8 kg/hab/an ;
- Verre : 4,5 kg/hab/an ;
- Ordures Ménagères Résiduelles (OMR) et autres : 316 kg/hab/an ;

Dans le calcul de ce poste, il a été considéré **950 usagers** (550 détenus et 400 salariés) du centre pénitentiaire.

Bilan GES du poste

Le bilan d'émission annuelle de GES sur ce poste pour le scénario projet est le suivant :

Tableau 15 : Bilan d'émissions de GES du poste « Déchets d'exploitation »

Poids carbone	Projet	
	t CO _{2e}	t CO _{2 b}
TOTAL (annuel)	196	-
Biodéchets	0,004	-
Papier	6,8	-
Carton	8,4	-
Plastique	60,7	-

Poids carbone	Projet	
	t CO _{2e}	t CO ₂ b
Métaux	2,4	-
Verre	2,1	-
Bois	-	-
OMR / Autres déchets	115,8	-

Les émissions liées aux déchets d'exploitation qui seront générés chaque année sur le site d'étude représentent **0,3 %** des émissions totales de GES du projet, ce qui équivaut à **196 tCO_{2e}**.

4.2.10. Poste 10 – Émissions évitées liées à la production d'énergie renouvelable

Détail du calcul

Ce poste correspond à la production d'énergie renouvelable sur site au moyen de **mise en place de la géothermie**, traduisant les bénéfices escomptés, en considérant que l'énergie produite sur site remplace une énergie produite de manière conventionnelle et qu'on **évite donc les impacts de cette production conventionnelle**.

Le calcul de ce poste repose sur le taux d'énergie renouvelable programmatique minimum de 10%, comme demandé au programme. Par ailleurs, devant l'ordre de grandeur relatif à la mise en place de la géothermie, la surface de 50m² de panneaux photovoltaïques mise en œuvre sur le bâtiment PREJ a été négligée.

Bilan GES du poste

Le bilan d'émission annuelle de GES sur ce poste pour le scénario projet est le suivant :

Tableau 16 : Bilan d'émissions de GES du poste « Production d'énergie renouvelable »

Poids carbone	Projet	
	t CO _{2e}	t CO ₂ b
TOTAL	-1 091	-
Production EnR (géothermie)	-1 091	-

Les émissions évitées par la mise en œuvre de la géothermie pour le projet représentent **-1,9 %** des émissions totales de GES du projet, ce qui équivaut à **-1 091 tCO_{2e}**.

4.2.11. Poste 11 – Émissions négatives liées au stockage de carbone dans le sol

Détails du calcul

Ce poste correspond au stockage de la part de carbone d'origine biogénique dans les sols qui ne seront pas artificialisés. En effet, du fait de prélèvement de CO₂ dans l'atmosphère pour réaliser leur photosynthèse, les végétaux contribuent à la diminution du « stock total » de gaz à effet de serre (GES), et présentent ainsi un bénéfice sur le changement climatique. On dit qu'ils représentent un puit carbone.

Pour rappel, les facteurs de stockage et de déstockage utilisés pour les aménagements sont issus des recommandations de l'ADEME :

- pour les cultures : 50 tC/ha soit 183 tCO_{2e} ;
- pour les forêts : 80 tC/ha soit 293 tCO_{2e} ;
- pour les prairies : 80 tC/ha soit 293 tCO_{2e} ;

- pour les sols imperméabilisés : 2 tC/ha soit 7 tCO_{2e} ;
- pour les sols non imperméabilisés (pelouses, parcs, jardins) : 5 tC/ha soit 18 tCO_{2e} ;
- pour les prairies vers les sols imperméables : 290 tCO_{2e} ;
- pour les forêts vers les sols imperméables : 291 tCO_{2e}.

NB : les tC équivalentes sont converties en tCO₂ équivalentes via le ratio 44/12.

Le stockage carbone dans le sol de l'état initial du site a été calculé, en considérant 6,8 ha de forêts et 9,1 ha de prairies. Ainsi, les émissions évitées par le stockage de carbone dans le sol pour l'état initial du site sont de **-4 686 tCO_{2e}**.

Le calcul du stockage carbone dans le sol de l'état initial du site a notamment permis de calculer le déstockage carbone dans le sol dû au projet. En supplément du déstockage carbone (émissions positives), pour le calcul du stockage carbone dans le sol du projet, il a été considéré la conservation de 0,5 ha de forêts et 8,9 ha de prairies sur l'aire d'étude selon l'impact des habitats recensés.

À noter que la compensation hors site n'a pas été considérée dans les calculs de ce poste.

Bilan GES du poste

Le bilan d'émission annuelle de GES sur ce poste pour le projet est le suivant :

Tableau 17 : Bilan d'émissions de GES du poste « Stockage de carbone dans le sol »

Poïds carbone	Projet	
	t CO _{2e}	t CO _{2 b}
TOTAL	-	-812
Déstockage	-	1 929
Forêts	-	-139
Prairies	-	-2602

Les émissions évitées par le stockage carbone dans le sol pour le projet représentent **-1,4 %** des émissions totales de GES du projet, ce qui équivaut à **-812 tCO_{2b}**.

4.2.12. Poste 12 – Émissions négatives liées au stockage de carbone dans les matériaux biosourcés

Comme expliqué au § Définition des notions clés, le recours à des matériaux de construction biosourcés (issus de matière organique renouvelable, comme du bois en structure, des isolants en paille...) permet de considérer que du carbone est stocké dans leur constitution, sur le temps d'utilisation du matériau, plutôt que d'être directement rejeté dans l'atmosphère lors du processus biologique de croissance et décomposition des végétaux (« cycle court »). Le recours à des matériaux biosourcés est donc valorisé dans la comptabilisation carbone comme un **puit de stockage**, donc au travers d'**émissions « négatives » de carbone dit « biogénique » ou « CO_{2b} »**.

Le calcul des émissions de ce poste se base sur l'étude d'analyse de cycle de vie réalisée par EODD. Les résultats de kg de carbone/m²Sref ont été considérés dans ce poste. Sont intégrés dans ce calcul des émissions négatives, les matériaux tels que les éléments structurels en bois des bâtiments (murs à ossature bois et charpente bois).

Bilan GES du poste

Le bilan d'émission annuelle de GES sur ce poste pour le projet est le suivant :

Tableau 18 : Bilan d'émissions de GES du poste « Stockage de carbone dans les matériaux biosourcés »

Poids carbone	Projet	
	t CO _{2e}	t CO ₂ b
TOTAL		-215
Matériaux biosourcés des bâtiments	-	-215

Les émissions évitées grâce à l'utilisation de matériaux biosourcés dans les bâtiments représentent **-0,4 %** des émissions totales de GES du projet, ce qui équivaut à **-215 tCO_{2b}**.

5. Leviers de réduction

Afin d'atténuer l'effet des émissions de GES et dans l'esprit de la séquence « *Éviter, Réduire, Compenser* », certains postes sont évoqués ci-dessous comme pistes d'atténuation des émissions, bien que n'ayant pas nécessairement été quantifiés en tant que telles dans le présent bilan.

- **Le stockage de carbone dans les matériaux biosourcés :**

Comme expliqué au § 4.2.10, pour le CO₂ biogénique stocké dans le sol, le recours à des matériaux de construction biosourcés (issus de matière organique renouvelable, comme du bois en structure, des isolants en paille...) permettrait de considérer que du carbone soit stocké dans leur constitution, sur le temps d'utilisation du matériau, plutôt que d'être directement rejeté dans l'atmosphère lors du processus biologique de croissance et décomposition des végétaux (« cycle court »).

Le recours à des matériaux biosourcés est donc lui aussi valorisé dans la comptabilisation carbone comme un puits de stockage, donc au travers d'émissions « négatives » de carbone dit « biogénique » ou « CO₂b ».

Améliorer le stockage de carbone dans les matériaux biosourcés des futurs bâtiments, par exemple au travers d'ambitions de qualité environnementale du bâtiment (via l'objectif d'atteinte d'une certification ou d'une labellisation) allant au-delà de la réglementation, permet de diminuer davantage les émissions de GES associées aux matériaux de construction.

- **Déplacements et mobilités :**

Le projet va globalement contribuer à augmenter les rejets de GES issus du trafic automobile. Bien que le projet n'ait pas de liberté d'action sur les transports en commun ou les aménagements cyclables dans l'agglomération de Vannes, le site sera tout de même desservi par les transports en commun. De plus, il est prévu l'installation de 6 bornes IRVE dans le parking visiteurs et 14 bornes IRVE dans le parking personnel. Dans ce contexte, travailler sur le développement renforcé des transports en commun et des mobilités douces à l'échelle du projet permettrait aussi de faire varier les parts modales vers des pratiques plus vertueuses et ainsi diminuer les émissions de GES induites : mettre en œuvre des stationnements vélos, mettre en place une bonne desserte du site en transports en commun, sécuriser et rendre confortable les pistes cyclables et les parcours piétons.

Une plateforme de covoiturage pour le personnel pénitentiaire pourrait également être mise en place afin de réduire les émissions carbonées liées aux déplacements du personnel.

- **Les consommations énergétiques en phase exploitation :**

Améliorer les performances énergétiques des futurs bâtiments, par exemple au travers d'ambitions de qualité environnementale du bâtiment allant au-delà de la réglementation, permettrait de diminuer les besoins énergétiques, et donc également les émissions de GES associées en phase exploitation (pour un même système énergétique). Cette amélioration passe par une meilleure isolation de l'enveloppe et de la compacité des bâtiments ou une optimisation des apports énergétiques.

Bien que non soumis à la réglementation thermique, les bâtiments en enceinte doivent respecter une performance énergétique basée sur un usage réglementaire équivalent et s'appuyant sur la démarche E+C- en visant un niveau Energie 1.

- **La production EnR :**

La mise en œuvre d'énergie renouvelable sur le projet, via la géothermie sur sondes pour couvrir une partie des besoins de chaleur et d'eau chaude sanitaire, complétée avec la mise en place de panneaux solaires photovoltaïques pour le bâtiment PREJ permet de remplacer en partie une

consommation d'énergie (thermique ou électrique) qui aurait, sinon, été produite de manière conventionnelle (considérant les mix énergétiques moyens nationaux, c'est-à-dire totalement ou en partie d'origine fossile). Ce qui évite donc une partie des impacts de cette production conventionnelle. Cette production doit s'envisager au regard des contraintes de sécurité inhérentes à l'établissement pénitentiaire.

- **Phase chantier :**

La mise en place d'un chantier vertueux pour la construction des bâtiments permet d'atténuer les émissions de GES, par exemple en optimisant la valorisation des déchets de chantier ou encore en mettant en œuvre des matériaux issus du réemploi. Cela implique la rédaction d'une charte « chantier vert » ou « à faibles nuisances » permettant d'optimiser les opérations et les temps de fonctionnement des engins. Des mesures telles que l'extinction des moteurs des engins dès lors qu'ils ne sont pas en service, la limitation des consommations d'énergie de la base vie, l'optimisation des chargements des transporteurs pour limiter les trajets, la limitation des déblais-remblais pour limiter les déplacements de terre par camions, etc. constituent des exemples de mesures qui peuvent être inscrites dans une charte chantier pour diminuer les émissions de GES du projet.

- **Déchets en phase exploitation :**

La limitation à la source des déchets, notamment sur la zone restauration peut être envisagée pour réduire les émissions en phase exploitation, en prévoyant par exemple des contenants réemployés, réemployables et non jetables. À noter que les déchets organiques de cuisine seront valorisés selon l'obligation réglementaire en vigueur.

6. Limites de l'étude

Des hypothèses ont été faites afin de réaliser les calculs : elles se basent principalement sur les données fournies par le Maître d'Ouvrage et l'équipe de Maîtrise d'Œuvre, mais également sur les savoirs faire et retours d'expérience d'EODD. Cela induit par conséquent certaines limites, notamment en raison des hypothèses formulées. Ces hypothèses, bien qu'indispensables pour réaliser les calculs, introduisent une part d'incertitude, car elles sont basées sur des données encore partielles et des projections.

Des limites résident dans les postes d'émission retenus dans ce calcul : **certains postes ont été négligés** par absence de données disponibles ou délibérément, en s'appuyant sur la bibliographie et l'expérience d'EODD, devant les ordres de grandeur des autres postes.

Il s'agit notamment :

- des émissions indirectes liées à la consommation d'électricité de **l'éclairage extérieur** ;
- des **consommations d'eau** des utilisateurs et bâtiments non pris en compte car ces postes sont classiquement négligeables devant les autres en termes d'ordres de grandeur, et l'effort méthodologique a plutôt été porté sur les postes « principaux » ;
- des consommations des autres usages des bâtiments type **process et équipements spécifiques** non pris en compte car ces postes sont classiquement négligeables devant les autres en termes d'ordres de grandeur, et l'effort méthodologique a plutôt été porté sur les postes « principaux » ;
- des émissions indirectes liées à la **consommation d'énergie pour la production de nourriture** (production d'électricité achetée et utilisée dans les établissements fournisseurs et consommation d'énergie pour le chauffage, la climatisation et l'éclairage dans les établissements fournisseurs) et les émissions indirectes liées à la **chaîne d'approvisionnement** (production d'ingrédients et de matières premières utilisées dans la préparation des aliments) ;
- des émissions directes liées à la flotte de véhicules pour le **transport frigorifique** notamment.

La compensation écologique hors site des surfaces de biodiversité, liée au stockage de carbone dans le sol, n'a pas été considérée car elle ne fait pas partie du périmètre d'étude.

Enfin, il faut également noter que l'étude est réalisée sans préciser les **incertitudes** inhérentes aux résultats, issues des incertitudes des facteurs d'émissions et des données d'entrée. Il convient d'autant plus de **ne pas considérer les résultats à la tonne de CO₂e près, mais davantage de s'intéresser aux ordres de grandeur des postes les uns par rapport aux autres.**

7. Conclusion

Le bilan des émissions de GES réalisé à ce stade permet de disposer de données précises concernant les postes les plus importants et les plus dimensionnants (matériaux de construction, consommations et productions énergétiques, déplacements et mobilités). Ainsi, ce bilan ne prétend pas à des résultats exhaustifs, mais offre néanmoins des ordres de grandeur globaux et par poste des émissions GES du projet.

Les bâtiments hors enceinte étant soumis à la RE2020, un travail a de ce fait été mené sur la réduction de leur impact carbone via notamment l'intégration de matériaux biosourcés (structure bois). De plus, conformément à la demande de l'APIJ, l'installation d'énergies renouvelables pour le projet permet de couvrir un taux des besoins énergétiques supérieur à 10%, participant également à diminuer le bilan des émissions GES du projet.

En outre, bien que la maîtrise d'ouvrage n'ait pas d'action directe sur les transports publics au sein de l'agglomération de Vannes, des actions peuvent être menées pour améliorer l'accessibilité du site. La mise en place d'une plateforme de covoiturage est également préconisée pour le personnel pénitentiaire, les modes doux seront favorisés. En complément, pendant la phase d'exploitation, il est recommandé de soutenir l'approvisionnement en produits locaux par le biais de circuits courts, afin de limiter les émissions liées aux déplacements des véhicules de logistiques.

Au global, les résultats de ce bilan GES font apparaître que **les émissions liées aux matériaux de construction des bâtiments et des aménagements extérieurs** ainsi que **les émissions liées aux déplacements** sont largement prépondérantes par rapport aux autres contributeurs.

En conclusion, ce bilan offre une vision globale des émissions de GES liées au projet de construction du centre pénitentiaire de Vannes et de la voie nouvelle. Il met en évidence des axes d'amélioration concrets, notamment en matière de mobilité et de gestion des ressources.