

DOSSIER D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

Centre Pénitentiaire de Seine et Marne (77)

V

VOLUME G

ANNEXE ETUDE CALCUL EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE DU PROJET

25 Mars 2025

SOMMAIRE

1 PERIMETRE DE L'ETUDE ET METHODOLOGIE	3
2 EVALUATION DES EMISSIONS DE GES SELON LA METHODOLOGIE E+C-.....	4
3 EVALUATION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE LIEES AUX DEPLACEMENTS....	7
1.1 - DEPLACEMENTS LIES A L'ACTIVITE DU CHANTIER	7
1.2 - DEPLACEMENTS LIES A L'EXPLOITATION DU SITE (PERSONNEL, VISITEURS, DETENUS, PRESTATAIRES ETC.)	8
4 EVALUATION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE LIEES AUX CHANGEMENTS D'AFFECTATION DES SOLS	9
5 BILAN GLOBAL TOUS POSTES.....	11
6 MESURES DE REDUCTION DES IMPACTS ET VULNERABILITE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	12
EN PHASE CONSTRUCTION	12
EN PHASE D'EXPLOITATION.....	12
VULNERABILITE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	12

1 PERIMETRE DE L'ETUDE ET METHODOLOGIE

Les impacts principaux du projet sur le climat sont liés aux émissions de gaz à effet de serre générés par la construction et l'exploitation du projet pendant sa durée de vie.

Lors de sa construction, des gaz à effet de serre sont émis en lien avec les activités suivantes :

- Production de matériaux et équipements puis acheminement jusqu'au site de construction
- Mise en œuvre des matériaux et équipements sur le chantier
- Déplacements engendrés par l'activité du chantier

Lors de l'exploitation du projet et jusqu'à sa fin de vie, les gaz à effet de serre émis sont liés aux activités suivantes :

- Consommation d'eau et d'énergie
- Maintenance – exploitation du site, renouvellement de matériaux ou équipements
- Déplacements engendrés par l'exploitation du site (personnel, visiteurs, détenus, prestataires)
- Changement d'affectation des sols
- Déconstruction en fin de vie et traitement des déchets

La présente étude se base sur la méthode d'évaluation de la performance énergétique et environnementale des bâtiments neufs publiée par le Ministère de la transition écologique et solidaire et le Ministère de la cohésion des territoires en Juillet 2017 (Méthode dite « E+C- »). Cette méthode cadre l'évaluation des postes suivants :

		Performance environnementale du bâtiment sur son cycle de vie				
		Phase de production	Phase de construction	Phase d'exploitation	Phase de fin de vie	Bénéfices et charges au-delà du cycle de vie
Contributeurs	Produits de construction et équipements	✓	✓	✓	✓	Potentiel de réutilisation, récupération et recyclage Export de production locale d'énergie
	Consommation d'énergie			✓		
	Chantier		✓			
	Consommation d'eau			✓		

Figure 4 Présentation du cycle de vie du bâtiment et des contributeurs aux impacts

Dans ce référentiel d'Analyse de Cycle de Vie du bâtiment, les facteurs d'émissions sont tous issus de la base de données INIES ou de configurateurs agréés (Betie pour le béton prêt à l'emploi)

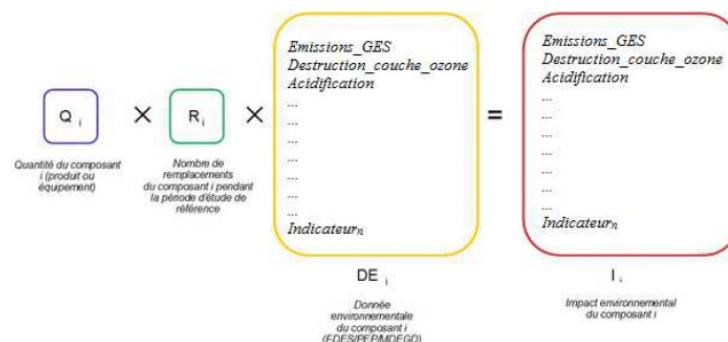
Les autres postes « **déplacements en phase chantier** » et « **déplacements en phase d'exploitation** » sont évalués via les hypothèses proposées dans l'étude de flux et via nos retours d'expérience sur des chantiers similaires. Les facteurs d'émissions utilisés proviennent de la Base Carbone ® de l'Ademe (www.bilans-ges.ademe.fr).

Le poste « **changement d'affectation des sols** » est évalué via les facteurs d'émissions proposés dans la Base Carbone ® de l'Ademe (www.bilans-ges.ademe.fr).

Cette étude intègre également l'impact des choix constructifs sur la résilience du projet face au changement climatique via la présentation de résultats de confort d'été.

2 EVALUATION DES EMISSIONS DE GES SELON LA METHODOLOGIE E+C-

Selon le référentiel Energie-Carbone de la méthode E+C-, l'évaluation ci-dessous est effectuée sur une durée de vie typique de 50 ans à l'échelle du projet. Sur cette durée, chaque matériau et équipement est évalué selon la méthode suivante :



La base INIES (www.inies.fr) répertorie l'ensemble des données environnementales valides pour les produits de construction des bâtiments (FDES – PEP – MDEGD).

Les consommations d'énergie du site en exploitation sur 50 ans sont calculées via la méthode RT2012 et la méthode E+C- pour les postes non conventionnels. Les facteurs d'émissions suivants sont utilisés (méthode E+C-) :

Dans cette annexe, les données environnementales correspondent à la fourniture d'1 kWh.

- Impacts des combustibles sur le cycle de vie

	Combustion d'un kWh de gaz naturel en chaudière	Combustion d'un kWh de fioul domestique en chaudière	Combustion d'un kWh de propane en chaudière	Combustion d'un kWh de bois granulés en chaudière	Combustion d'un kWh de bois bûches en chaudière	Combustion d'un kWh de bois plaquettes en chaudière	Combustion d'un kWh de bois plaquettes en poêle à bois	Combustion d'un kWh de bois granulés en poêle à bois	Combustion d'un kWh de bois bûches en poêle à bois
Réchauffement climatique -kg CO2 eq	0,243	0,314	0,270	0,027	0,032	0,013	0,023	0,032	0,046

- Impacts des réseaux de chaleur « type » sur le cycle de vie

	Réseau de chaleur « type biomasse »	Réseau de chaleur « type fioul »	Réseau de chaleur « type gaz naturel »	Réseau de chaleur « type charbon »	Réseau de chaleur « type cogénération gaz naturel »	Réseau de chaleur « type cogénération fioul »	Réseau de chaleur « type cogénération biomasse »	Réseau de chaleur « type cogénération biogaz »
Réchauffement climatique -kg CO2 eq	Contenu déclaré par réseau (arrêté DPE)							

- Impacts de l'électricité sur le cycle de vie selon les usages

	Résidentiel					Tertiaire				
	Chauffage	Climatisati-	ECS	Eclairage	Autres	Chauffage	Climati-	ECS	Eclairage	Autres
Réchauffement climatique -kg CO2 eq	0,210	0,065	0,083	0,121	0,065	0,210	0,066	0,066	0,066	0,066

Le logiciel utilisé est Emersus, logiciel certifié et habilité pour les études carbone de la construction ou rénovation de bâtiments dans le cadre des études E+C- et RE2020



(https://rt-re-batiment.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/2022-09-23_validation_logiciels_re2020.pdf)

L'évaluation a porté sur l'ensemble des prestations de tous les lots du projet. Par convention du référentiel E+C-, certaines données environnementales sont sélectionnées par défaut (valeurs proposées par le ministère), car il existe encore un manque de données fiables de la part des industriels pour certaines prestations.

Voici ci-dessous les choix importants qui ont été retenus afin de minimiser l'impact carbone du projet pénitentiaire de Crisenoy :

- Intégration d'une part de **béton bas carbone toujours plus importante** (via des ciments CEM III notamment) : prévus en fondation et dans le béton des

cellules préfabriquée. Ce béton réduit de 30% le bilan carbone par rapport à un béton classique

- **Intégration de bois**, notamment pour les charpentes des bâtiments RE2020 et Carbone 1, ainsi qu'une partie des autres bâtiments
- **Décarbonation de l'énergie**, avec la mise en place d'une production de chaleur 100% PAC en partie en géothermie.

Dans le cadre de la construction modulaire des cellules, nous développons par ailleurs les solutions suivantes :

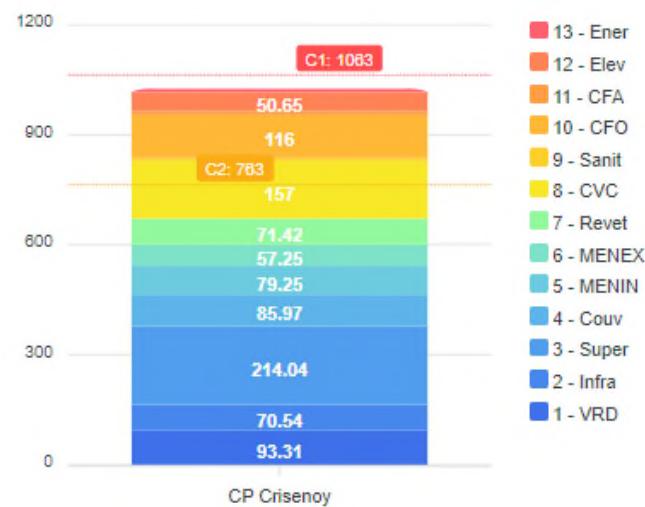
- Utilisation de béton bas carbone (**175 kgCO2/m³** sur le béton au lieu de 250)
- Approvisionnement des matériaux pour la construction modulaire : passage de camions au train pour les aciers. (**-98% de carbone** sur le transport)
- Les barreaux sont fabriqués à Crépy au lieu d'être importés de Roumanie (**-98% de carbone** sur le transport)
- Les Cadres fenêtres sont fabriqués à Crépy au lieu d'être importés de l'Est de la France (**-98% de carbone** sur le transport)
- Matériaux locaux : sable et granulés : gain de 45km

Le résultat global pour le projet de Crisenoy est le suivant (référence E+C-bâtiment tertiaire) :

Résultats E+C-	
Indicateur	Indicateur
Eges projet	1395 kgCO2e/m²
Seuils	Seuils
C1	1691 kgCO2e/m² ✓
C2	874 kgCO2e/m² ✗
C1	1064 kgCO2e/m² ✓
C2	764 kgCO2e/m² ✗
Indicateur	Indicateur
Eges energie	322 kgCO2e/m²

Le détail des impacts par lots est présenté ci-dessous :

Emissions par lot (kgCO2e/m²)



Le bilan de la construction est donc de 1 063 kgCO2e/m²sdp (51 067 m² SDP), soit **54 284 tCO2e**.

Le bilan de la consommation d'énergie pendant 50 ans est de 322 kgCO2e/m²sdp, en complétant avec les autres usages ça donne une consommation totale de 509 kgCO2e/m²sdp, soit **25 980 tCO2e** (phase exploitation).

Par ailleurs, le bilan de la consommation d'eau pendant 50 ans est de 55 kgCO2e/m²sdp, soit **2 833 tCO2e** (phase exploitation).

L'activité de chantier a un impact plus faible, d'environ 14 kgCO2e/m²sdp, soit **727 tCO2e**.

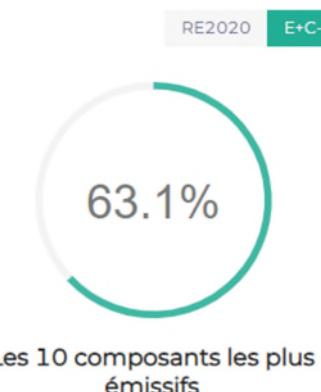
Les éléments les plus impactants sont listés ci-dessous. Les lots techniques ont été saisis de manière forfaitaire par manque de données FDES :

Emissions par composant (kgCO2e/m ²)	
Trier par	Emission pour tous lots
[E+C-] Lot forfaitaire - Lot 8 - Bâtiment tertiaire - CVC (Chauffag...	157
[E+C-] Lot forfaitaire - Lot 10 - Bâtiment tertiaire - Réseaux d'en...	116
BPS XC1 C 25/30 CEM II S4 CL 0.4%	94.58
FDES ARMATURES SUR PLAN	49.21
BPS XC2 C 25/30 CEM III S3	48.66
Chaussée avec enrobé bitumineux pour voirie	46.87
UNIMAT DALLE PORTEE, DALLE PORTEE ULTRA 305 - 600	38.26
Eléments d'ascenseur ou de monte charge électrique indépen...	35.75
Bloc porte métallique (porte de locaux techniques, de caves, de...	34.6
Profilé reconstitué soudé en acier utilisé comme élément d'oss...	24.49
Gros béton C20/25 X0 CEM II/A	21.88
BPS XF1 C 25/30 CEM II S4 CL 0.4%	18.77
Peintures solvant antirouille	15

Si on regarde les composants les plus significatifs, on remarque que les émissions des 10 produits les plus impactant totalise plus de 2/3 des émissions totales de la construction.

On remarque tout d'abord la part conséquente des corps d'états techniques (CVC, CFO), dont les émissions sont calculées de manière forfaitaire par rapport à la surface par manque de données environnementales détaillées disponibles dans les bases de données. Pour ces valeurs forfaitaires, on considère par ailleurs un bâtiment tertiaire du fait de traitement en double flux de la majorité des espaces et des installations spécifiques de sûreté d'un établissement pénitentiaire.

Mais on remarque surtout le poids considérable des éléments de gros œuvre, notamment du béton armé puisque là aussi les conditions d'usage de l'établissement imposent de manière majoritaire l'utilisation de béton armé très émissif en GES lors de sa production.



3 EVALUATION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE LIEES AUX DEPLACEMENTS

1.1 - Déplacements liés à l'activité du chantier

L'effectif sur le chantier est estimé à 204 personnes/jour en moyenne sur la durée du chantier, ainsi réparties :

- 15% d'encadrement et visiteurs (client, partenaires etc.)
- 85% de personnel de production (Bouygues et sous-traitants)

Nous mettons en place des incitations à l'usage des transports en commun. Il en résulte qu'environ 15% des effectifs effectuent leurs déplacements quotidiens vers le chantier en bus.

Le covoiturage est aussi recommandé et concerne environ 10% des effectifs.

Les 75% restants utilisent leur véhicule personnel pour se rendre sur le chantier.

La distance moyenne domicile – chantier est estimée à 15km.

La durée du chantier est de 26 mois (soit 572 jours ouvrés environ)

Tableau récapitulatif :

Hypothèse 80 pers/jr	Proportion	Distance journalière	Distance totale parcourue	Facteur émission	Impact CO2
Véhicule personnel (1 personne/ véhicule)	75%	30 km	2 533 500 km	0,231 kCO2/km	585 tCO2
Covoiturage (2 personnes)	10%	30 km	337 800 km	0,116 kCO2/km	39 tCO2
Transports en commun	15%	30 km	506 700 km	0,202 kCO2/km	102 tCO2
TOTAL					727 tCO2

Les facteurs d'émission utilisés sont les suivants (source ADEME):

Voiture/Motorisation moyenne/2018

France continentale   0.231 kg éq. CO2/km

[Afficher les détails](#)

Autobus moyen/Agglomération moins de 100 000 habitants

France continentale   0.202 kg éq. CO2/passager.km

[Afficher les détails](#)

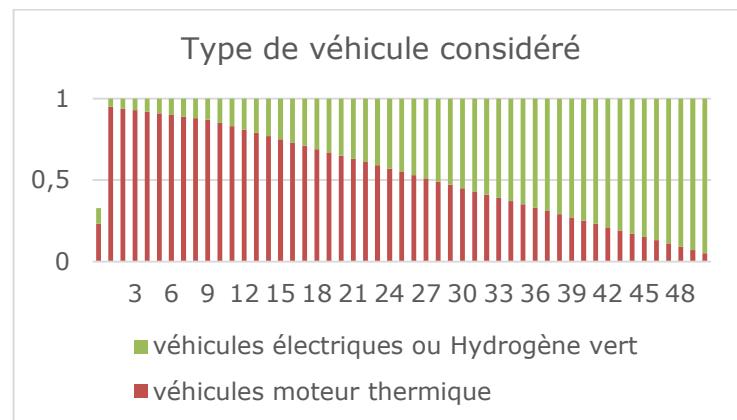
L'impact des déplacements liés à l'activité du chantier s'élève à **727 tCO2e**. Cet impact est faible devant les autres impacts calculés et ne peut être significativement réduit.

1.2 - Déplacements liés à l'exploitation du site (personnel, visiteurs, détenus, prestataires etc.)

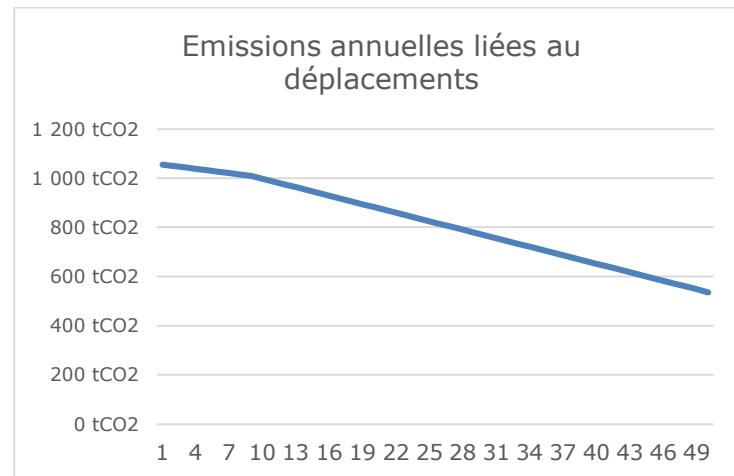
Nous prenons les hypothèses suivantes sur le trafic généré par le projet :

- Le flux généré par les futurs employés du centre pénitentiaire sera de 420 véh/jour ouvré (matin + soir)
- Le flux généré par le PREJ du centre pénitentiaire sera de 33 véh/jour ouvré (matin + soir)
- Le flux généré par les visiteurs et intervenant extérieurs est estimé à 125 véh/ jour ouvré (aller + retour)
- Le flux généré par les livraisons est de 2 véh/jour ouvré (aller+retour)

Le type de motorisation étant amené à évoluer lors des prochaines 50 années, l'hypothèse suivante est proposée pour le choix des facteurs d'émission :



Retenant une hypothèse de 12 km parcourus en moyenne par déplacement pour le personnel, 30 km pour les visiteurs et intervenants et 50 km pour les livraisons, l'impact carbone associé est calculé ci-dessous (sur une période de 50 ans) :



On remarque ici l'impact positif d'une électrification progressive des véhicules employés par le personnel ou les visiteurs du projet.

Sur 50 ans, cela représente des émissions à hauteur de 4 0720 tCO₂.

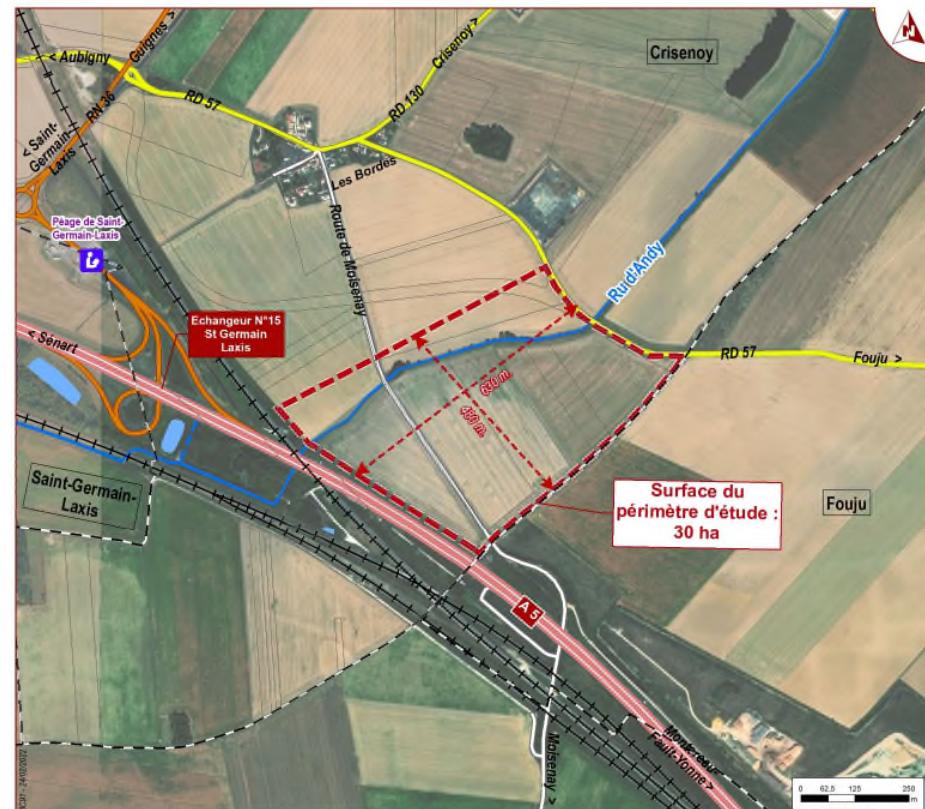
4 EVALUATION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE LIEES AUX CHANGEMENTS D'AFFECTATION DES SOLS

Le site du futur établissement pénitentiaire est situé sur la commune de Crisenoy, au sud du bourg, à proximité de l'autoroute A5 (au sud), de la RD57 (au nord) et de la RN36 (à l'ouest).

Le site représente une superficie d'environ 22,5 ha.

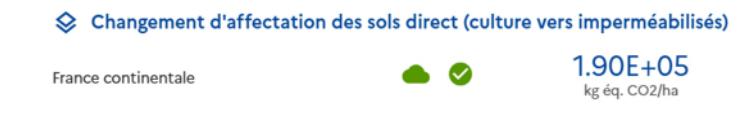
Le site se compose de terrains agricoles, est longé par le ru d'Andy, et traversé par le chemin de Moisenay.

Périmètre du site d'étude



L'emprise au sol des bâtiments et surfaces imperméabilisées représente 10 ha (passage de terre de culture à sol imperméabilisé). Ainsi, l'impact carbone lié au changement d'affectation des sols sur le projet est **de l'ordre de 1 900tCO2eq.**

L'hypothèse prise pour l'impact carbone est indiquée ci-dessous :



5 BILAN GLOBAL TOUS POSTES

L'ensemble des postes évalués précédemment sont synthétisés dans le bilan suivant (analyse sur une durée de vie typique de 50 ans du projet).

Poste évalué	Impact
Matériaux de construction	54 284 tCO2e
Activité de Chantier	497 tCO2e
Changement d'affectation des sols	1 900 tCO2e
Déplacements liés au chantier	727 tCO2e
Déplacements en exploitation pendant 50 ans	40 723 tCO2e
Consommation d'énergie pendant 50 ans	25 980 tCO2e
Consommation d'eau pendant 50 ans	2 833 tCO2e
TOTAL	126 944 tCO2e

Les postes principaux sont liés à la construction du projet et aux déplacements engendrés par le futur site. Certaines mesures ont été prises pour limiter cet impact et sont présentées dans le chapitre suivant.

6 MESURES DE REDUCTION DES IMPACTS ET VULNERABILITE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

En phase construction

Les impacts liés à la construction sont réduits via la compacité des projets (économie de matière) et l'usage de matériaux bas carbone. Le projet vise le niveau « Carbone 1 » du label E+C pour les bâtiments hors enceinte.

Les lots relatifs au Gros Œuvre sont les plus impactant et conduisent à affiner les formulations de béton. En effet, les émissions relatives aux bétons sont très dépendantes des formulations et notamment des classes de ciment (CEM I, CEM II ou CEM III selon la part de laitier), des classes de résistance et des classes d'exposition (qui impactent le dosage en ciment). Pour minimiser les émissions de GES le clinker des ciments peut en partie être substitué par des laitiers (qui sont en réalité des déchets ou co-produits issus de la fabrication d'acier). Ce sont ces bétons à plus faible impact environnementale à base de laitier qui seront utilisés dès que leur domaine d'emploi sera possible. C'est ainsi le cas de l'ensemble des bétons de fondations et des bétons qui seront coulés durant les mois d'été.

A noter aussi que le chantier prévoit la mise en œuvre de cellules préfabriquées en béton armé où les contraintes de site seront externalisées et la gestion des déchets facilités. Des bétons à plus faible impact environnemental seront employés dans l'usine de préfabrication qui sera située à environ 80 km du site, soit à distance raisonnable pour limiter les émissions liées au transport.

Enfin, un travail sur l'intégration de bois dans les ouvrages de construction permet de réduire le bilan. Ainsi, une partie des charpentes de couverture est prévu en bois.

En phase d'exploitation

Concernant l'impact lié à la consommation d'énergie, la conception est prévue pour assurer un besoin minimal en énergie avec une production à base de géothermie et pompes à chaleurs. Le projet, même si non soumis majoritairement à la Réglementation thermique, est conçu au niveau RT2012-30% selon l'usage « établissement pénitentiaire » récemment développé pour juger de la performance énergétique intrinsèque des bâtiments pénitentiaires. Les bâtiments seront ainsi beaucoup plus sobres que les centres pénitentiaires actuellement en service. Les consommations d'électricité bénéficient d'un facteur d'émission assez faible en France.

La production de chaleur est composée d'une cascades pompes à chaleur avec une base en géothermie sur nappe sans recours au gaz.

Les consommations globales du site sont donc très peu émissives en carbone par rapport aux conceptions classiques.

Les déplacements sont limités par le fait que le projet est proche des zones urbaines de Melun et dispose d'un arrêt de bus à proximité (transport en commun).

La plantation de végétaux (plantations basses et arbustives, arbres de haute tige) au niveau des zones de stationnement, des bâtiments hors enceinte, aux abords du mur d'enceinte et le long du rue d'Andy est prévue pour limiter l'imperméabilisation du site et pourra contribuer au stockage de CO₂.

Vulnérabilité au changement climatique

Le projet a aussi été évalué concernant le confort d'été et des simulations thermiques dynamique ont été effectuées sur la base de données météorologiques prospectives (Scénario GIEC 2030) afin de limiter l'inconfort en période estivale en prévision de la hausse des températures.

Résultats STD :

Bâtiment	Local	Confort norme climat RCP	Confort norme Eté chaud
QMA	Cellule nord	100% (12h)	99% (57h)
	Cellule sud	100% (22h)	99% (46h)
QMA	Salle musculation	100% (0h)	96% (110h)
	Salle d'activités	100% (0h)	100% (10h)
Admin. /Greffé	Salle de réunion	100% (0h)	100% (0h)
	Secrétariat	100% (0h)	100% (0h)
	Bureau chef unité privée	100% (0h)	100% (0h)
PIPR	Salle de cours (RDC)	100% (0%)	100% (8h)
	Salle de Forum	97% (73h)	100% (9h)
	Bureau Accès au droit	100% (8h)	100% (8h)
	Salle de réunion CPU	100% (0%)	100% (0h)
Parloirs	Salle d'audience	99% (15h)	100% (2h)
	Cabines	97% (63h)	98% (43h)
US	Salle de consultation poly	100% (0h)	100% (0h)

La variante géothermie retenue permettra d'améliorer le confort dans les cellules via un rafraîchissement par dalles actives sur géocooling pour les bâtiments concernés. Les résultats STD prévisionnel avec un fichier 2050 sont présentés ci-dessous :

Bâtiment	Local	Confort 2050
QMA	Cellule Sud-Ouest R+1 avec dalle active SF	100% (14h)
	Cellule Sud-Ouest R+3 avec dalle active SF	100% (15h)
	Cellule Nord-Est R+1 avec dalle active SF	100% (1h)
	Cellule Nord-Est R+3 avec dalle active SF	100% (1h)