



DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE AU TITRE DES INSTALLATIONS CLASSÉES (ICPE)

**PROJET DE PLATEFORME DE LOGISTIQUE URBAINE MULTIMODALE
SUR LE PORT DE GENNEVILLIERS (92)**

PROJET GREEN DOCK

PARTIE 3

**Pièce 3.4 /
Annexes 8 à 20**

Cahier 15/16

Annexe 19 / Évaluation des émissions de gaz à effet de serre

Identification et révision du document

Identification du document

Projet	Construction d'une plateforme de logistique urbaine multimodale— Projet Green Dock Gennevilliers (92)
Maître d'Ouvrage	Goodman France
Document	ANNEXE n°19 — Évaluation des émissions de gaz à effet de serre
Version	Version 4 du 09/01/2024

Révision du document

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Rédacteur(s)	Qualité du (des) rédacteur(s)	Vérificateur/Approbateur
1	25/09/2023	45	P.VALLEZ	Cheffe de projet	A.SARELLI
2	13/10/2023	59	P.VALLEZ	Cheffe de projet	A.SARELLI
3	07/12/2023	65	A.SARELLI	Ingénieur d'études Direction Technique	P.VALLEZ
4	09/01/2024	152	P.VALLEZ	Cheffe de projet	A.SARELLI

Sommaire

1. Contexte du projet.....	6
2. Localisation du projet	7
3. Description du projet.....	9
4. Méthodologie	10
5. Définition des périmètres de l'étude.....	11
5.1. Périmètre temporel.....	11
5.2. Périmètre spatial	12
6. Description de l'état initial	14
6.1. Niveau national	14
6.2. Niveau régional.....	16
6.3. Niveau local	18
7. Définition du scénario sans et du scénario avec projet.....	22
7.1. Scénario sans projet	24
7.2. Scénario avec projet.....	26
8. Détermination des postes d'émissions significatifs pour chaque scénario.....	28
9. Quantification des émissions et estimation des incertitudes pour chaque scénario	31
9.1. Méthodologie de quantification et des facteurs d'émissions.....	31
9.2. Calcul des émissions.....	31
9.2.1. Scénario sans projet.....	31
9.2.2. Scénario avec projet.....	36
9.3. Les facteurs d'émissions considérés	44
9.4. Incertitudes	49
9.5. Les limites de l'étude.....	50
10. Calcul de l'impact du projet.....	51
10.1. Comparaison du bilan avec les objectifs sectoriels.....	55
11. Stratégie environnementale et décarbonation des activités	59
12. ANNEXES.....	68
12.1. Annexe 1 : Rapport d'étude « Note carbone » réalisé par Elioth.....	68
12.2. Annexe 2 : Rapport d'étude « Base de conception — SED-APS » réalisé par EGIS.....	69

Table des figures

Figure 1 : Localisation du projet sur un extrait de carte IGN au 1/25000 ^{ème}	7
Figure 2 : Localisation du projet sur un extrait de carte IGN au 1/5000 ^{ème}	8
Figure 3 : Catégories et Postes d'émissions	12
Figure 4 : Historique et projection des émissions du secteur des transports (Source SNBC 2020)	14
Figure 5 : Historique et projection des émissions du secteur des bâtiments (Source SNBC 2020)	15
Figure 6 : Émissions de gaz à effet de serre des transports de la région Île-de-France	17
Figure 7 : Hypothèses du scénario territorialisé du PCAET de BNS	19
Figure 8 : Objectifs de réduction par secteur du PCAET de BNS	19
Figure 9 : Périmètre géographique des deux scénarii	23
Figure 10 : Flux du scénario sans projet	26
Figure 11 : Flux du scénario avec projet	27
Figure 12 : Données du scénario sans projet par flux	32
Figure 13 : Données du scénario avec projet par flux	37
Figure 14 : Évolution de la motorisation de la flotte de camion pour le transport amont avec le scénario AMS de l'IFSTTAR	41
Figure 15 : Évolution de la motorisation de la flotte de véhicule pour le transport aval des marchandises	42
Figure 16 : Données du scénario avec projet par flux (scénario AMS)	46
Figure 17 : Données du scénario sans projet par flux (scénario AMS)	47
Figure 18 : Comparaison des émissions par scénario en tCO ₂ eq	54
Figure 19 : Comparaison des émissions par scénario en tCO ₂ eq sur les premières années du projet	54
Figure 20 : Évolution de l'impact transport dans le temps	55
Figure 21 : Évolution de l'impact des bornes de recharge dans le temps	56
Figure 22 : Émissions en tCO₂eq par scénario	66
Figure 23 : Émissions en tCO₂eq par scénario	66

Table des tableaux

Tableau 1 : Postes d'émissions significatifs.....	30
Tableau 2 : Résultats des ACVs construction des bâtiments chez Goodman France (source : Goodman France).....	33
Tableau 3 : Consommation énergétique du scénario avec projet sur 60 ans.....	40
Tableau 4 : Comparaison des émissions liées aux transports (amont, aval et domicile-travail) des scénarios sans et avec projet	43
Tableau 5 : Facteurs d'émissions ayant servi de base de calcul pour le bilan carbone des scénarii avec et sans projet.....	44
Tableau 6 : Évolution des facteurs d'émissions des carburants (hors effets amont) pour le scénario AME	48
Tableau 7 : Évolution des facteurs d'émissions des carburants (hors effets amont) pour le scénario AMS	48
Tableau 8 : Comparaison des t.km parcourus par scénario	53
Tableau 9 : Comptabilisation carbone des mesures visant à réduire l'impact du projet.....	59
Tableau 10 : Engagements permettant de réduire l'impact du projet	60

1. Contexte du projet

Dans le cadre de l'achèvement de la convention d'occupation temporaire (COT) du terrain accordé à la société FINANCIÈRE LOGIMMO ET DÉVELOPPEMENT en fin d'année 2021, HAROPA PORT a lancé en octobre 2020 un appel à projets afin de déterminer la future occupation du site. Le projet « Green Dock » porté par la société Goodman France a été désigné lauréat de cet appel à projets, identifié, parmi un panel de solutions alternatives, comme le plus en adéquation avec les objectifs de restructuration et de densification des activités économiques issus des différents documents d'urbanisme et notamment du schéma d'orientation et de développement durable (SODD) du Port de Gennevilliers.

Ainsi, la société Goodman France a choisi, à travers le projet de plateforme logistique multimodale nommé « Green Dock », d'opter pour une proposition de redéveloppement complet du site. L'objectif poursuivi à travers le projet Green Dock est de fixer un maximum de flux logistiques in situ au plus proche de la zone dense, au sein d'un bâtiment favorisant le transport durable des marchandises grâce au déploiement de solutions bas carbone, tant fluviales que routières.

Dans le cadre de l'étude d'impact du projet, l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre a été réalisée afin de vérifier que le projet Green Dock respecte les orientations et la trajectoire de réduction des émissions de GES définies par la stratégie nationale bas-carbone (SNBC).

Au-delà de la nécessité d'évaluer le projet, Goodman France a voulu vérifier que la stratégie mise en place était bien porteuse de réduction d'émission de gaz à effet de serre par rapport à un scénario logistique standard.

Cette évaluation fait l'objet de la présente note.

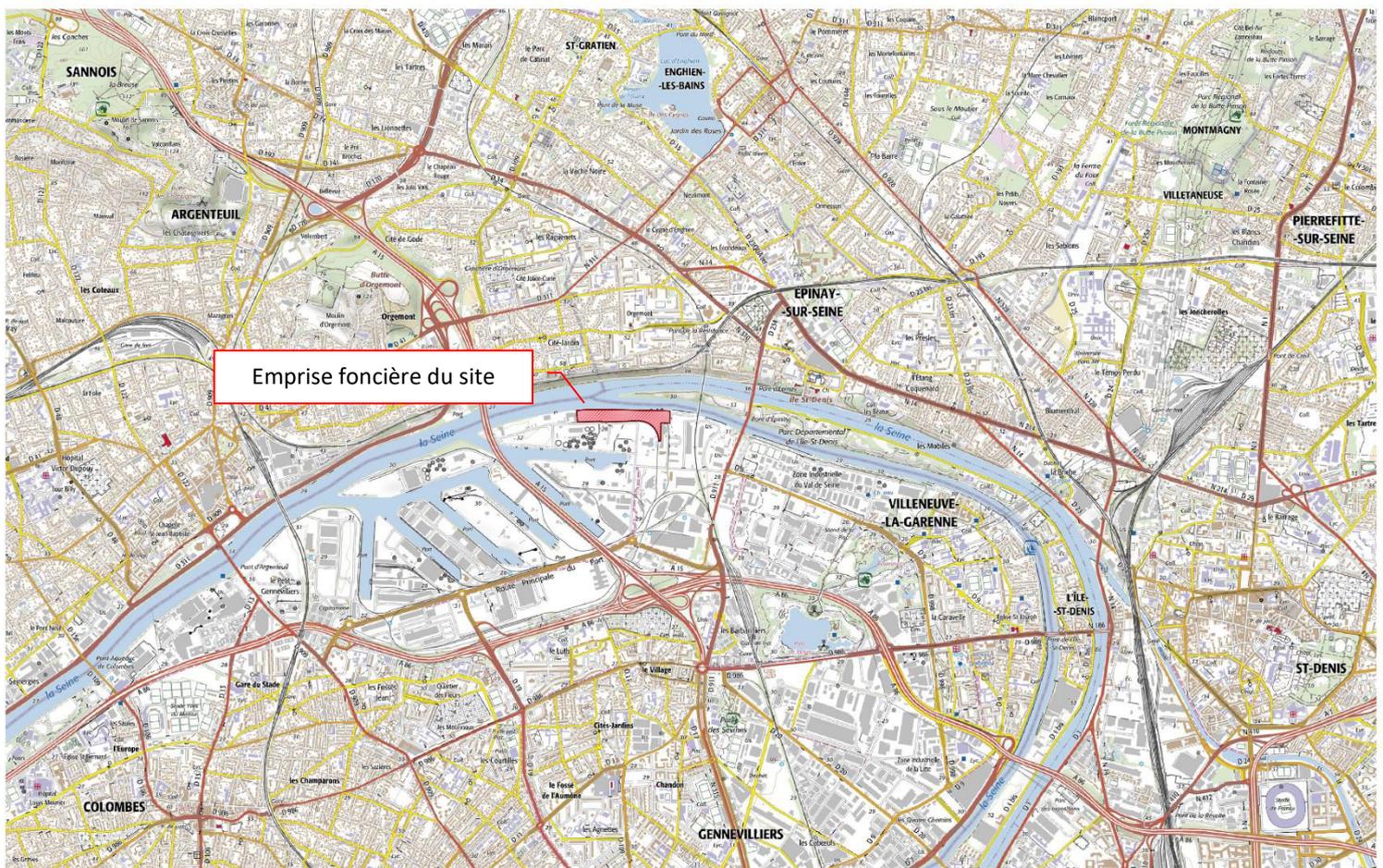
2. Localisation du projet

Le terrain du projet de redéveloppement d'environ 6,3 hectares est situé 28 route du bassin numéro 6 au sein du port industriel et logistique de Gennevilliers (92) et appartient à l'établissement public de l'État dénommé HAROPA PORT, Grand Port fluvio-maritime de l'axe Seine qui regroupe les ports de Paris, du Havre et de Rouen.

Le projet de plateforme logistique Green Dock vise à répondre à une demande croissante du marché logistique et des circuits de marchandises sur le Bassin parisien. Le site a été choisi notamment :

- Pour sa situation géographique stratégique par rapport à la demande du marché et du critère de desserte multimodale ;
- Pour ses accès faciles aux grandes voies de communication (D19 et réseau autoroutier francilien A15 et A86) ;
- Pour son accès fluvial (il est situé en bordure de la Seine) au sein de la zone industrialo-portuaire au sud, permettant ainsi de capter au mieux les flux des axes Nord Seine et Sud Seine et de présenter une alternative au mode de transport routier afin de réduire l'émission de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre ;
- Dans une zone existante industrialo-portuaire afin de ne pas artificialiser les sols.

Les extraits de plan IGN sont présentés ci-après.



0 750 1 500 m



Plan de localisation du projet sur un extrait de carte IGN au 1/25000

Figure 1 : Localisation du projet sur un extrait de carte IGN au 1/25000^{ème}

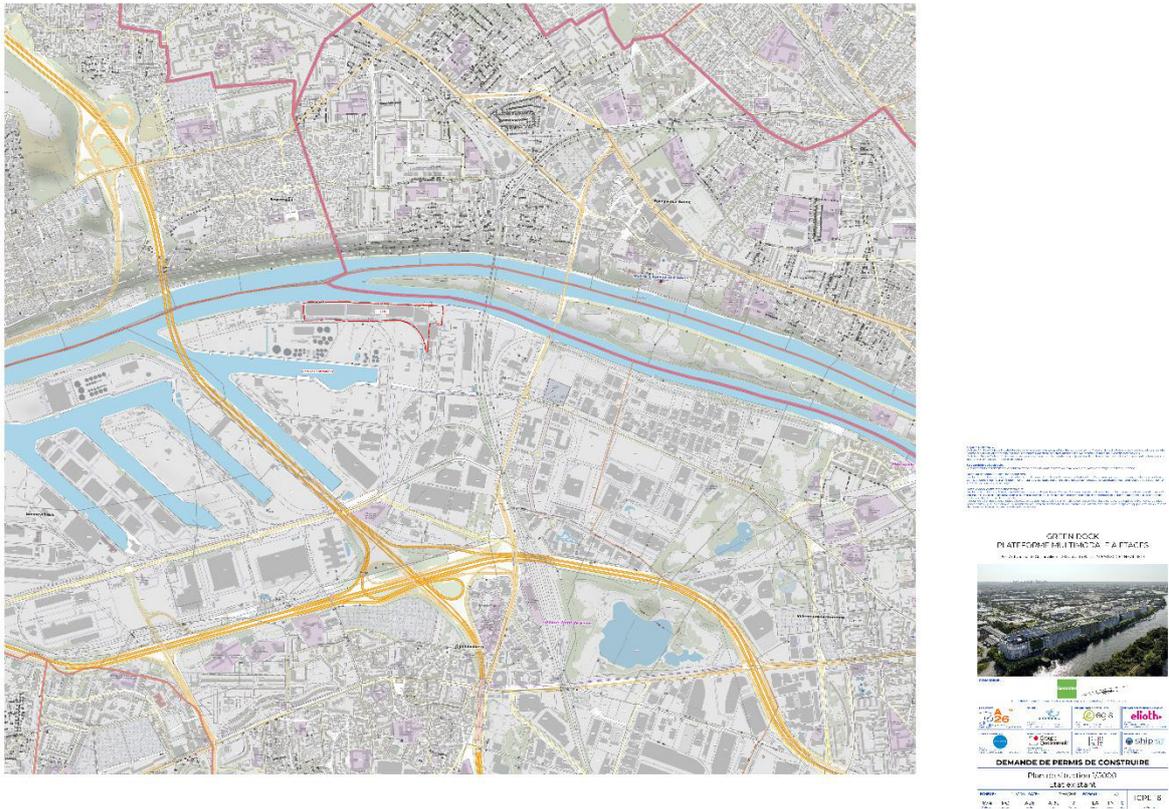


Figure 2 : Localisation du projet sur un extrait de carte IGN au 1/5000^{ème}

Dans le cadre de la convention d'occupation temporaire (COT) entre la société Goodman France et HAROPA PORT, en date du 2 novembre 2022, la société Goodman France a la jouissance d'un espace sur la Seine correspondant à une bande de 24 mètres de large depuis la tête du perré béton (bande non cadastrée), constituant la berge du terrain, et permettant de déployer des infrastructures en lien avec les activités de logistique fluviale.

3. Description du projet

Afin d'accueillir à la fois des espaces pour les activités de stockage de marchandises, mais également des espaces permettant le déploiement de flux de distribution et de livraison urbaine, la société Goodman France a choisi de mettre en œuvre un projet vertical, répondant ainsi aux enjeux de densification et de non-consommation d'espaces naturels ou agricoles. Le projet Green Dock permet en effet de développer 85 000 m² de bâtiments logistiques et 11 000 m² de bureaux sur un terrain d'une surface de 6,3 hectares. En centralisant à la fois le stockage et la distribution, le projet permet d'éviter les émissions dues au transport qu'on observe habituellement entre les deux fonctions.

Le projet Green Dock, localisé en bord à voie d'eau, permet de favoriser le développement du trafic fluvial et constitue ainsi un vecteur de la décarbonation du secteur du transport et de la logistique.

La situation géographique du site est idéale, car elle est très proche de leur zone de chalandise finale. La densification des activités aux abords de la zone dense réduit significativement le nombre de kilomètres par tonnes transportées et donc l'impact du transport de marchandises en comparaison avec un projet classique. Sur le thème du transport, le projet souhaite s'emparer du sujet de l'empreinte carbone du transport et contribuer à la décarbonation des flottes de véhicules en anticipant leur transformation. Les parkings du site seront donc équipés de bornes de recharge adaptées aux véhicules légers, utilitaires, mais aussi aux poids lourds.

Le recours au mode fluvial et la promotion de moyens de transport zéro émission pour la livraison du dernier kilomètre (s'appuyant notamment sur l'installation au sein du projet Green Dock d'une flotte de bornes de recharge pour véhicules électriques) concourent donc au développement d'une logistique décarbonée.

Les directives de la DRIEAT ainsi que le SDRIF préconisent de privilégier les projets qui « s'avèrent compacts et denses, favorisant la densification des entrepôts et locaux d'activités existants et situés au sein de zones d'activités existantes prévoyant ce type d'installation ».

Une vraie réflexion autour des matériaux de construction a également été menée. L'utilisation de matériaux biosourcés et peu carbonés a été privilégiée dès que cela était techniquement possible selon la formule : « utiliser le bon matériau au bon endroit ». Ainsi, le projet comporte beaucoup de matériaux biosourcés sur les zones de bureaux ainsi que du béton à faible émission et une sobriété générale quant à l'utilisation de la matière.

Le choix de la densification implique des contraintes structurelles fortes, mais ce choix a été guidé par une vision globale du carbone. En effet, si le bilan carbone du bâtiment et des matériaux employés est plus élevé que pour un entrepôt traditionnel, il s'avère que le bilan carbone global comprenant consommations énergétiques et transport de marchandises est bien plus faible sur les 60 années d'exploitation que sur scénario standard. Cet investissement a donc un Temps de Retour Carbone ou TRC suffisamment faible pour être dans une démarche de sobriété.

4. Méthodologie

Le Ministère de la transition écologique a publié un guide méthodologique le 21 février 2022 dont l'objectif est d'évaluer l'incidence des projets sur les émissions de gaz à effet de serre dans les études d'impact, intégrant :

- Le périmètre d'étude : phase de construction, phase de fonctionnement et phase de fin de vie ;
- Les scénarios à étudier : sans projet et avec projet.

L'étude se déroule en plusieurs phases :

- 1) Définition de l'aire d'étude. Compte tenu de l'impact planétaire des GES sur le climat, l'aire d'étude peut être étendue au-delà du périmètre d'implantation du projet afin de prendre en compte les émissions indirectes ;
- 2) Description de l'état initial de l'environnement qui consiste à identifier et à quantifier les postes d'émissions de GES et/ou les postes de puits carbone sur le site du projet et sur l'aire d'étude ;
- 3) Définition des scénarios avec et sans projet
 - a. 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 en l'absence de réalisation du projet.
 - b. Le scénario avec projet correspond à la trajectoire d'évolution des émissions de GES la plus probable de l'aire d'étude à laquelle est ajoutée l'estimation quantifiée des émissions de GES induites par le projet (directes et indirectes).
- 4) Détermination des postes d'émissions significatifs. Pour chaque scénario et sur la base d'une pré-quantification sommaire de chaque poste d'émissions, Antea Group définira et argumentera le choix des postes d'émissions significatifs pris en compte dans ses calculs d'émissions de GES sur le périmètre d'étude ;
- 5) Quantification des émissions et estimation des incertitudes de chaque scénario (avec et sans projet). Le but de cette étape est de quantifier, pour chaque scénario, les postes d'émissions en s'appuyant, par exemple, sur les guides sectoriels existants, les bases de données existantes ou les estimations d'experts disponibles pour des cas proches ou équivalents à ceux mobilisés par le projet. Cette partie présente donc la méthode de calcul à appliquer à chaque scénario avec et sans projet. Antea Group devra le cas échéant justifier la non-quantification de certains postes d'émissions. A minima, une estimation quantitative des émissions des GES du projet (ou fourchette d'émissions) est néanmoins attendue pour la phase « travaux » comme pour celle de la phase « d'exploitation ».
- 6) Calcul de l'impact sur projet sur les émissions de GES. 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) Définition des mesures ERC (Éviter, Réduire, Compenser). Si à l'issue de l'étape de quantification des émissions de GES du projet, des impacts notables sont mis en évidence, l'application de la séquence ERC est alors obligatoire.

C'est la méthode retenue pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre et qui est développée dans ce rapport.

5. Définition des périmètres de l'étude

5.1. Périmètre temporel

Le site existant est occupé par des bâtiments logistiques, construits dans les années 60, au niveau de vétusté avancé. Les bâtiments présentent de nombreux risques et ne répondent plus aux exigences actuelles d'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. De plus, ils présentent de nombreux risques liés à la sécurité des biens, des personnes et de l'environnement (présence d'amiante, absence de dispositifs de protection incendie adaptés, dispositions constructives inadaptées aux rubriques ICPE autorisées...).

Ces bâtiments auraient dû être démolis par le précédent titulaire de la convention d'occupation temporaire en vigueur sur le site, qui s'est achevée à la fin de l'année 2021. Ayant failli à ses obligations contractuelles et réglementaires, c'est finalement HAROPA Port de Gennevilliers qui fera procéder à la démolition des bâtiments existants sur le site.

La phase de démolition, sous maîtrise d'ouvrage HAROPA Port, n'est de ce fait, pas intégrée à la présente étude, dont l'état initial correspond au terrain projet vide de tout bâtiment.

Le calcul des émissions de gaz à effet de serre prend donc en compte toutes les phases du projet, dès la construction et jusqu'à la remise en état de la parcelle en fin de vie. Le périmètre temporel se décline ainsi en 3 phases présentées ci-après.

- **Phase de construction**

La phase de construction durera 24 à 30 mois, selon la saisonnalité et les niveaux de nappes souterraines. Les activités de construction ainsi que la production, transformation et acheminement des matériaux sont source d'émissions de GES.

- **Phase de fonctionnement**

Les sociétés Goodman France et Haropa Port de Gennevilliers ont signé une Convention d'Occupation Temporaire du terrain objet du projet pour une durée de 60 ans. Ainsi les émissions GES des scénarios avec et sans projet seront calculées sur une durée identique de 60 années. La durée de la Convention d'Occupation Temporaire ne préjuge pas du maintien du projet au-delà de cette durée de 60 ans. En effet, le projet Green Dock est conçu pour constituer une infrastructure, au service du déploiement d'une logistique bas-carbone au sein de la métropole parisienne, qui pourra avoir plusieurs vies, au-delà de la durée de 60 ans retenue dans le cadre de l'étude.

- **Phase de fin de vie**

Afin d'adopter une démarche conservatrice, l'étude considèrera la remise en état de l'installation au bout de 60 ans, ce qui implique une gestion des déchets de démolition qui sera comptabilisée dans le bilan GES.

5.2. Périmètre spatial

Le projet engendrera ou évitera des émissions qui sont présentées au sein du calcul d'émissions de GES. Ces émissions peuvent être directes ou indirectes. Les postes d'émissions sont présentés dans la figure ci-après.

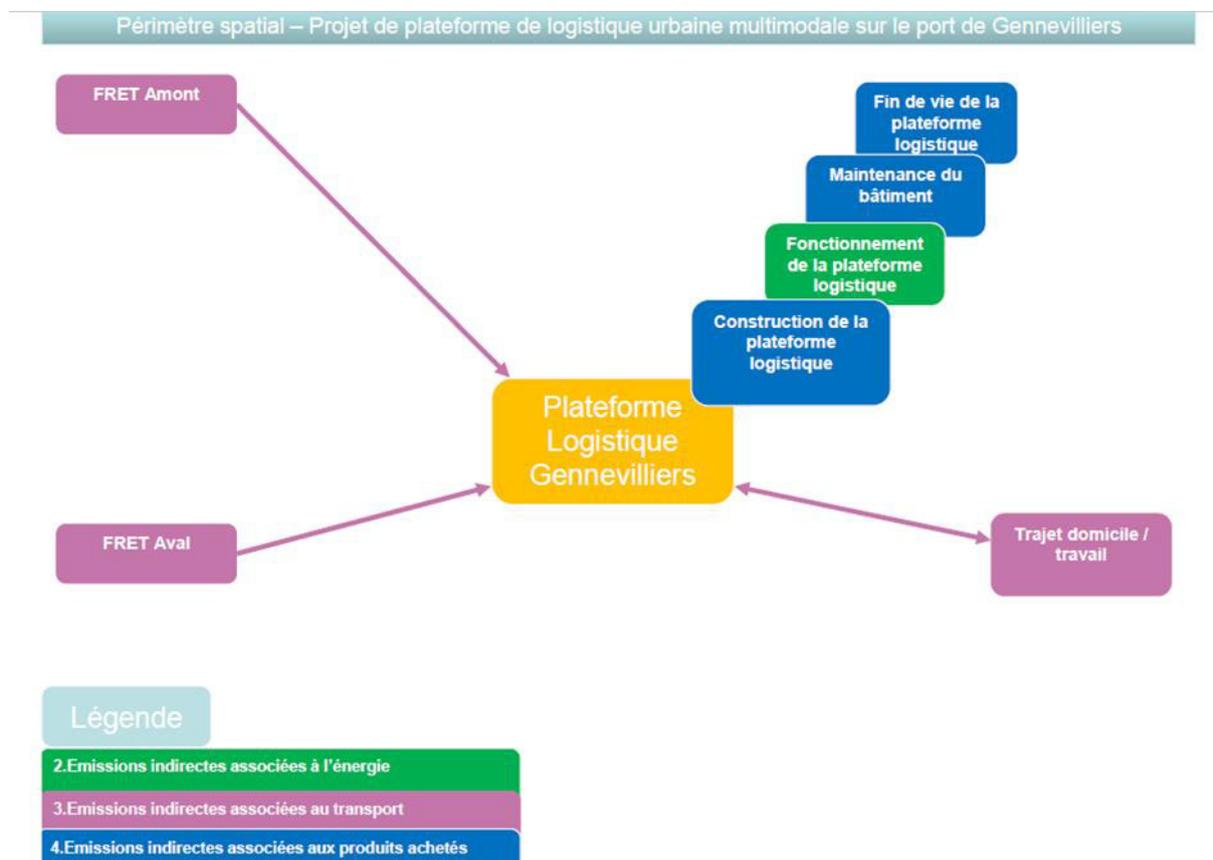


Figure 3 : Catégories et Postes d'émissions

Les postes d'émissions du projet ont été répartis par catégorie d'émissions. Ces catégories d'émissions sont identiques à celles listées pour un bilan carbone réglementaire (Article L229-25 CE réglementaire pour sociétés/collectivités) et englobent donc les trois scopes.

Au sens du guide, les émissions directes de GES sont 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**.

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.

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** (combustibles des chaudières, carburants des engins de chantier, etc.).

Les émissions de GES (ou leur absorption) associées au projet sont généralement situées en amont ou en aval du projet et sont liées à un flux de matière ou d'énergie 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.).

6. Description de l'état initial

6.1. Niveau national

Dans un objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre sur le territoire, une stratégie nationale, découlant de la loi de transition énergétique, a été élaborée. La France s'est engagée, avec la Stratégie Nationale Bas-Carbone, à réduire de 75 % ses émissions GES à l'horizon 2050 par rapport à 1990 (le Facteur 4). Ces ambitions ont été revues à la hausse en 2018-2019 avec l'objectif d'atteinte de la neutralité carbone en 2050. La stratégie bas carbone traduit les mesures et les leviers pour réussir la mise en œuvre afin d'atteindre ces objectifs, dans tous les secteurs d'activité. Elle fixe surtout des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle nationale pour réussir la transition vers une économie bas-carbone et durable.

Elle fixe notamment 2 objectifs principaux :

- Réduction de 27 % des émissions de GES par rapport à 2013 à l'horizon du 3e budget-carbone. Les budgets carbone correspondent à des plafonds d'émissions de GES fixés par périodes successives de 4 à 5 ans, pour orienter la trajectoire de baisse des émissions. Les premiers budgets carbone ont été définis en 2015 pour les périodes 2015-2018, 2019-2023 et 2024-2028. Ces derniers sont déclinés par grands domaines d'activité.
- Atteinte de la neutralité carbone à 2050.

Les figures ci-après illustrent les historiques et les projections des secteurs des transports et du bâtiment. Secteurs qui concernent principalement le projet Green Dock.

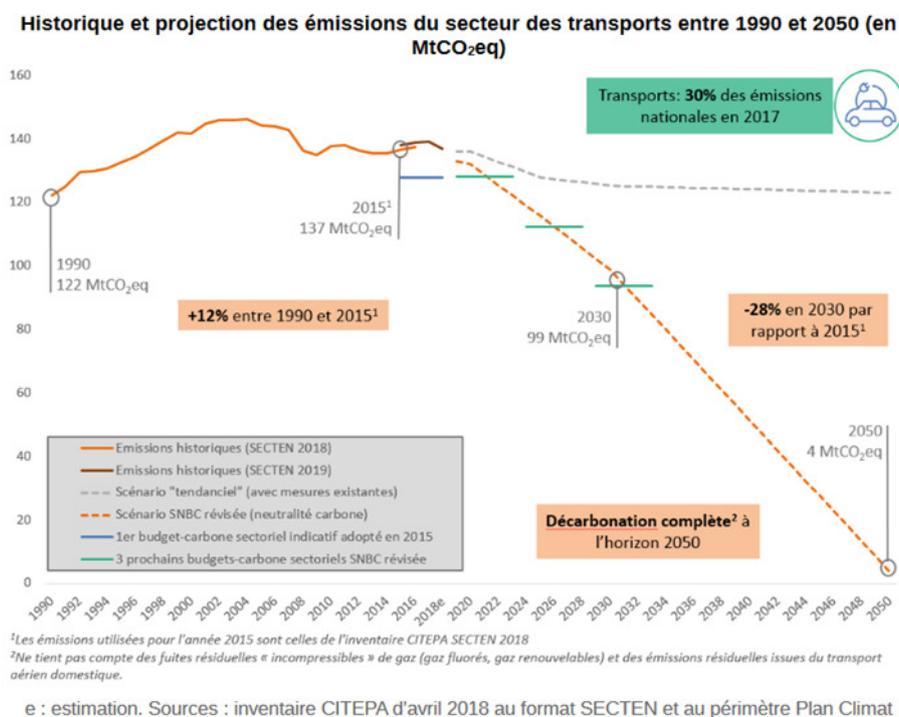


Figure 4 : Historique et projection des émissions du secteur des transports (Source SNBC 2020)

L'objectif est donc de réduire les émissions de ce secteur de **28 % en 2030** par rapport à 2015.

La SNBC indique que cinq grands leviers à mobiliser :

- Décarbonation de l'énergie consommée par les véhicules et adaptation des infrastructures associées ;
- Amélioration de la performance énergétique des véhicules ;
- Maîtrise de la croissance de la demande (pour le transport de voyageurs et de marchandises) ;
- Report modal (pour le transport de voyageurs et de marchandises vers les modes les plus économes en énergie et les moins émetteurs ;
- Optimisation de l'utilisation des véhicules (pour le transport de voyageurs et de marchandises).

Le projet Green Dock mobilisera les deux derniers leviers en optimisant le transport fluvial amont et aval, en ayant une flotte de véhicules 100 % non-émettrice en 2030.

La trajectoire définie par la SNBC pour le secteur du bâtiment est la suivante :

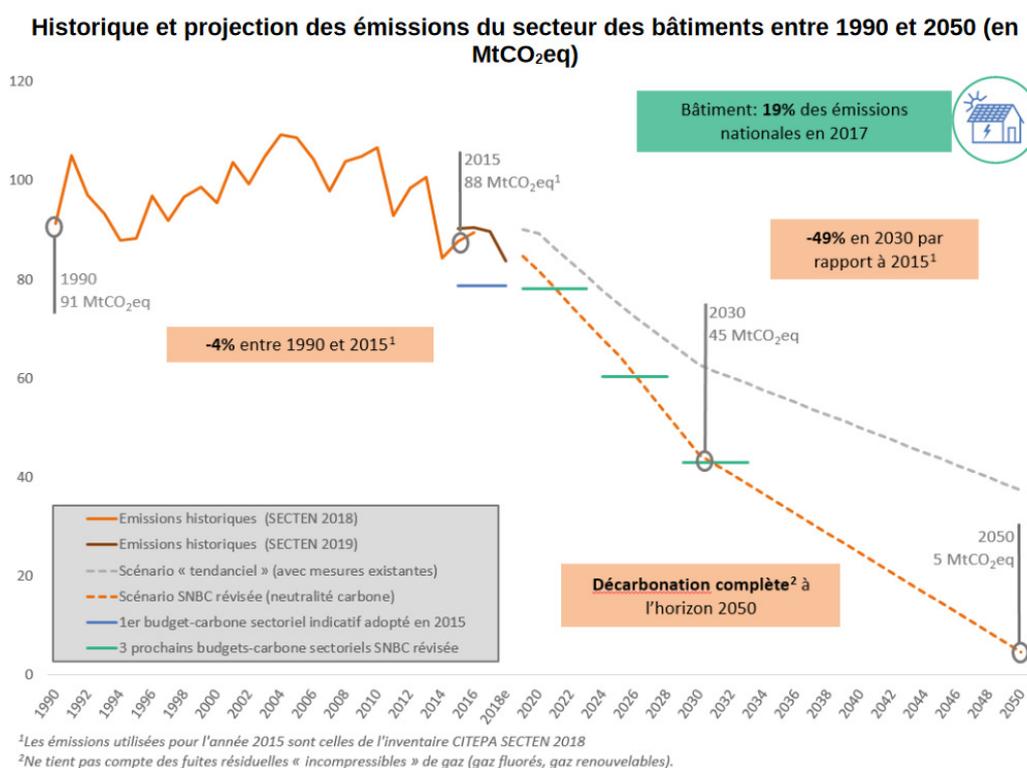


Figure 5 : Historique et projection des émissions du secteur des bâtiments (Source SNBC 2020)

L'objectif est donc de réduire les émissions de ce secteur de 49 % en 2030 par rapport à 2015.

La SNBC indique qu'une décarbonation complète du secteur en 2050 implique pour le secteur du bâtiment :

- Des efforts très ambitieux en matière d'efficacité énergétique, avec une forte amélioration de la performance de l'enveloppe et des équipements, ainsi qu'un recours accru à la sobriété ;
- De réduire drastiquement la consommation énergétique de ce secteur ;
- De ne recourir qu'à des énergies décarbonées (cf. chapitre 4.2.vi. sur l'énergie) ;
- De maximiser la production des énergies décarbonées les plus adaptées à la typologie de chaque bâtiment ;
- D'avoir davantage recours aux produits de construction et équipements les moins carbonés et ayant de bonnes performances énergétiques et environnementales, comme dans certains cas ceux issus de l'économie circulaire ou biosourcés, via des objectifs de performance sur l'empreinte carbone des bâtiments sur leur cycle de vie, à la fois pour la rénovation et la construction.

Le projet Green Dock mobilisera l'ensemble des leviers de par la performance de son enveloppe et sa conception bioclimatique, le recours à des énergies décarbonées uniquement et une optimisation de l'empreinte carbone des produits de construction et équipements via un travail sur l'analyse de cycle de vie du projet dès son amorce.

6.2. Niveau régional

Le Schéma Régional Climat Air Énergie

Prévu par la loi Grenelle 2, le SRCAE a pour vocation de traduire à l'échelle régionale les engagements nationaux et internationaux en matière d'économie d'énergie, de valorisation des énergies renouvelables et de qualité de l'air. Il doit également dessiner un cadre stratégique pour l'ensemble des acteurs concernés (État, collectivités, opérateurs, entreprises, citoyens...) afin de renforcer la cohérence des actions de chacun.

Le SRCAE est un document stratégique. Il n'a pas vocation à comporter des mesures ou des actions. Ces dernières relèvent des collectivités territoriales via notamment les Plan Climat Air Énergie Territorial (PCAET).

Approuvé en 2012, le SRCAE de l'Île-de-France doit permettre de définir les objectifs régionaux qui contribueront aux ambitions nationales du « 3x20 » et du « Facteur 4 ». Les acteurs franciliens ont ainsi précisé leurs objectifs aux regards de leurs spécificités régionales. Des scénarios prospectifs aux horizons 2020 et 2050 ont été construits afin d'appuyer cette réflexion commune. Quatre scénarios ont été élaborés dans le cadre de cette démarche : deux premiers scénarios permettent de fournir une base à la réflexion :

- Un scénario « Pré-Grenelle » vise à mettre en perspective quelle serait l'évolution des consommations énergétiques et d'émission de GES si aucun effort supplémentaire n'avait été fait depuis 2005.
- Un scénario « Tendancier » vise à retranscrire la dynamique dans laquelle s'inscrit actuellement le territoire régional. Il prend ainsi en compte les efforts déjà entrepris et l'impact des principales évolutions réglementaires aujourd'hui validées, notamment dans le cadre des lois Grenelle (Crédit d'impôt développement durable, Eco-prêt à taux zéro, réglementations thermiques, directive Eco-conception, normes euros sur les moteurs...).

Deux scénarios « exploratoires » permettent ensuite d'accompagner la définition des objectifs :

- Un scénario exploratoire « Objectif 3x20 » construit pour définir la portée des ambitions à l'horizon 2020. L'objectif national d'amélioration d'efficacité énergétique de 20 % à l'horizon 2020 correspond à une réduction de 20 % de la consommation d'énergie finale par rapport à la consommation qui serait obtenue en 2020 sans les mesures du Grenelle de l'Environnement.
- Un scénario exploratoire « Objectif Facteur 4 » construit afin de définir la portée de l'ambition de réduction par quatre des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050, par rapport à la valeur de référence de 1990.

Les objectifs régionaux de l'île de France pour le climat et l'énergie sont définis dans son schéma régional climat-air-énergie (SRCAE), datant de 2012, ce dernier étant repris dans le schéma directeur de la région Île-de-France SDRIF.

SDRIF-E-2040

Le nouveau schéma directeur de la Région Île-de-France a été arrêté le 12 juillet 2023 par le Conseil régional. Cette étape essentielle dans la procédure de révision ouvre une nouvelle phase de travail jusqu'à l'adoption du document à l'été 2024, puis son approbation par décret en Conseil d'État. Le projet arrêté sera prochainement transmis pour avis aux personnes publiques associées et à l'autorité environnementale, avant d'être soumis à enquête publique fin 2023-début 2024.

Le schéma directeur de la Région Île-de-France est un document réglementaire qui a pour objectif :

- D'encadrer la croissance urbaine, l'utilisation de l'espace et la préservation des zones rurales et naturelles,
- De déterminer la localisation des grandes infrastructures de transports et des grands équipements,
- De favoriser le rayonnement international de la région.

Une fois définitivement adopté et approuvé par le Conseil d'État, le SDRIF-E sera le document de référence pour l'aménagement de l'Île-de-France et la planification stratégique du territoire avec comme objectif de garantir un cadre de vie de qualité aux Franciliens à l'horizon 2040.

SDRIF-E-2040 est donc à prendre en considération dans ce projet.

À l'heure d'aujourd'hui, aucun objectif chiffré n'est communiqué. Nous pouvons cependant reprendre les grandes ambitions que ce schéma défend, à savoir :

- Un nouvel équilibre autour d'une région polycentrique
- Une île de France verte
- Une île de France connectée
- Préserver le capital productif francilien

En attendant les nouveaux objectifs chiffrés, nous pouvons visualiser les graphiques (figure n°6) de la région Île-de-France qui retracent l'historique des données, puis comparent la trajectoire réalisée avec les objectifs du schéma régional, depuis son approbation en 2012.

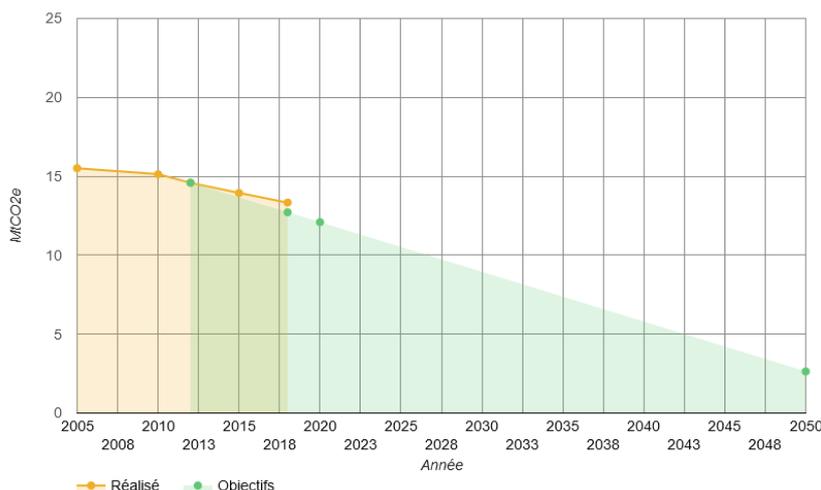


Figure 6 : Émissions de gaz à effet de serre des transports de la région Île-de-France

La trajectoire de réduction des émissions de gaz à effet de serre pour le secteur des transports en Île-de-France suit les objectifs suivants : -22 % en 2020 par rapport à 2005 et -83 % en 2050.

Le Plan Climat Air Énergie Métropolitain

Approuvée en 2018, la stratégie de la Métropole du Grand Paris inscrite dans le PCAEM correspond à la formalisation de l'ambition métropolitaine. Elle fixe une vision de long terme, celle d'un avenir désirable et ambitieux, ainsi qu'un chemin pour la réaliser en identifiant les opportunités. Cette ambition s'articule autour des objectifs stratégiques et opérationnels prioritaires suivants :

- Atteindre la neutralité carbone à 2050, c'est-à-dire zéro émission nette, en alignement avec la trajectoire 2 °C issue de l'Accord de Paris et avec le Plan Climat national
- Atteindre le facteur 4 à l'horizon 2050, en alignement avec le SRCAE d'Île-de-France de 2012 et LTECV du 17 août 2015
- Accroître la résilience de la métropole face aux effets du changement climatique
- Ramener les concentrations en polluants atmosphériques à des niveaux en conformité avec les seuils fixés par l'Organisation Mondiale de la Santé
- Réduire massivement les consommations énergétiques finales, notamment pour les secteurs résidentiels et tertiaires et pour le secteur des transports
- Obtenir un mix énergétique diversifié et décarboné, grâce au développement des énergies renouvelables et de récupération.

6.3. Niveau local

L'EPT Boucle Nord de Seine (BNS) a publié son Plan Climat Air Énergie Territorial (PCAET) respectivement en 2016 et 2022.

Le scénario territorialisé a été construit sur la base des objectifs du Plan Climat Air Énergie Métropolitain (PCAEM) en termes d'évolution du mix énergétique, en se basant sur les résultats du diagnostic énergie-climat du territoire et des potentiels de développement des énergies renouvelables déterminés pour le territoire.

Le scénario territorialisé permet in fine de fixer les objectifs du territoire en termes de réduction des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre sur tous les secteurs (résidentiel, tertiaire, transport de personnes, agriculture, déchets et industrie).

La figure ci-dessous décrit les hypothèses prises en compte dans le scénario territorialisé.

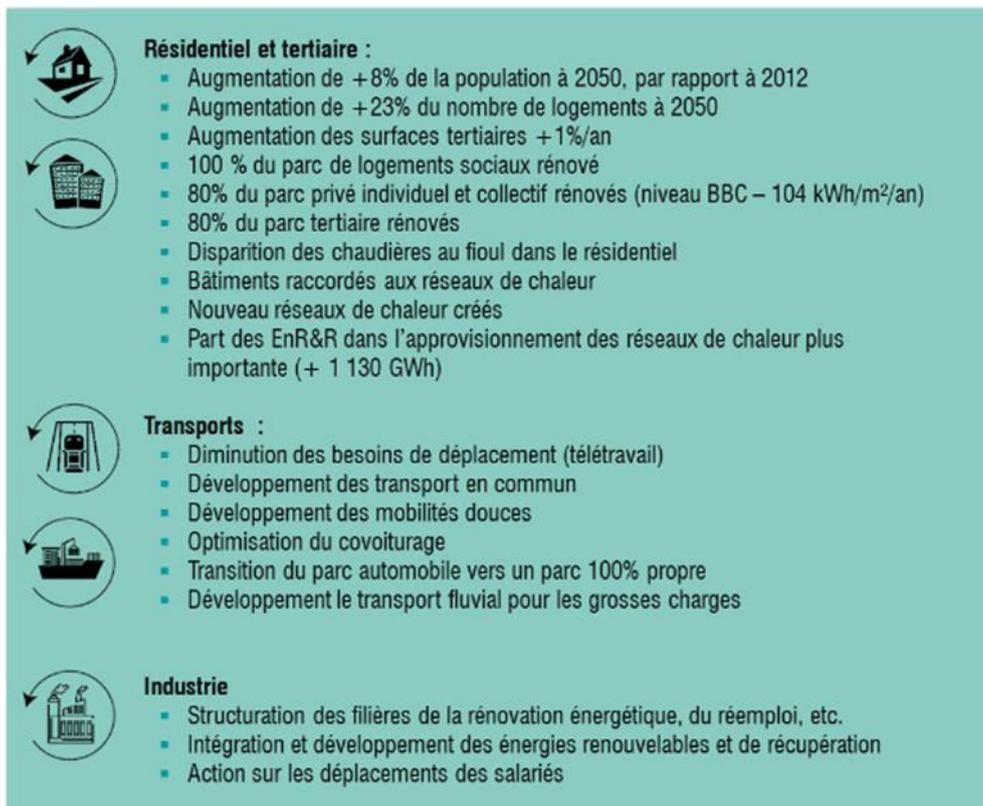


Figure 7 : Hypothèses du scénario territorialisé du PCAET de BNS

Les objectifs de réduction par secteur sont rappelés ci-dessous.

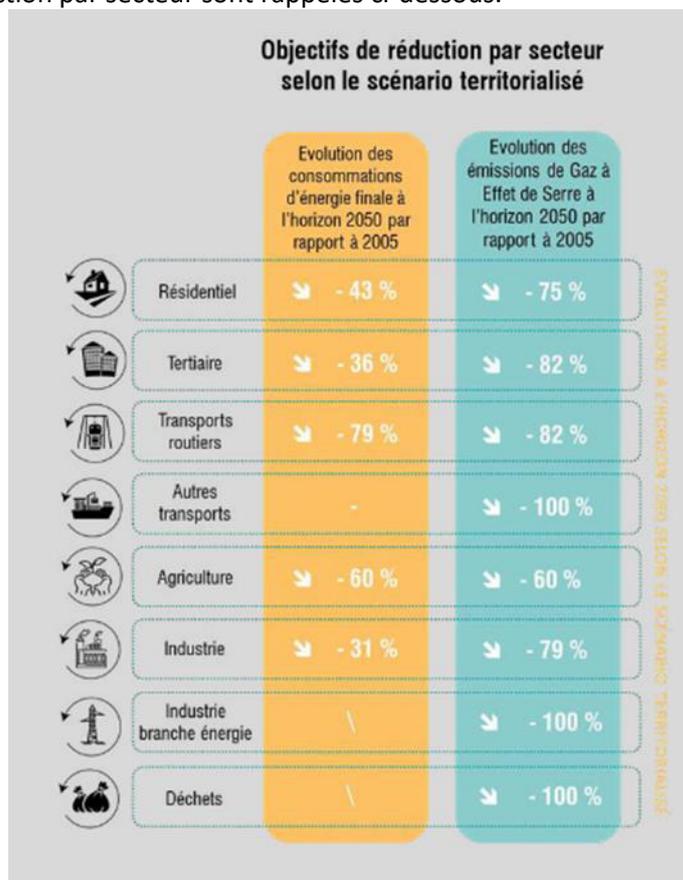


Figure 8 : Objectifs de réduction par secteur du PCAET de BNS

Le scénario territorialisé permet donc de faire converger les objectifs réglementaires du SRCAE et du PCAEM avec les enjeux de développement du territoire.

Comparer les différents plans climat avec le projet porté par Goodman amène les conclusions suivantes :

THÈME	PLAN, SCHÉMA ou PROGRAMME	CONCLUSION
	SNBC de Mars 2020	<p>Concernant le secteur du transport, mobilise deux des cinq piliers à savoir :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Report modal (pour le transport de voyageurs et de marchandises vers les modes les plus économes en énergie et les moins émetteurs ; - Optimisation de l'utilisation des véhicules (pour le transport de voyageurs et de marchandises). <p>Côté secteur du bâtiment, il remplit les objectifs suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sobriété énergétique via : <ol style="list-style-type: none"> 1. Une enveloppe très performante (isolation, étanchéité à l'air, inertie, utilisation et maîtrise des apports solaires) confirmée par une Simulation Energétique Dynamique réalisée en amorce de projet pour évaluer les consommations tous usages de l'ensemble du bâtiment 2. Des équipements particulièrement performants : pompe à chaleur, centrale de traitement d'air à échangeur, éclairage intérieur et extérieur 3. Une gestion technique du bâtiment (GTB) poussée et robuste, permettant de consommer au plus juste et au bon moment quand les usages le permettent (solution de flexibilité énergétique pour la gestion des recharges de véhicules électriques par exemple) grâce à un pilotage attentif via la GTB <p>Cette sobriété est confirmée par la Simulation Energétique Dynamique qui évalue les consommations tous usages de l'ensemble du bâtiment en annexe 2 du dossier et met en exergue :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le recours à des systèmes énergétiques entièrement décarbonés et les plus adaptés au projet : géothermie et installation photovoltaïque - Une sobriété matérielle par le choix d'un mode constructif robuste et de produits durables. Une réflexion sur l'évolutivité du bâtiment a été menée afin de limiter les impacts des rénovations/restructurations futures et d'éviter le risque d'obsolescence rapide du bâtiment, réduction de la quantité de matériaux utilisés via par exemple la préfabrication d'un maximum d'éléments ou des simulations avec scénario climatique futur. - Le recours à des modes constructifs bas carbone : <ol style="list-style-type: none"> 1. Structure bois pour la partie bureaux (les contraintes structurelles du bâtiment de bureaux étant moins importantes que sur le reste du projet) 2. Cloisons en terre crue dans les bureaux 3. Mise en œuvre d'enrobés et de béton intégrant des matériaux recyclés, et d'une partie des éléments structurels en béton bas carbone. Ces solutions seront approfondies dans les phases avancées du projet, à travers des échanges avec les acteurs de la filière, et les études de projet détaillées. <p>L'étude ACV en annexe 1 permet d'évaluer le poids carbone des produits de construction et équipements.</p>
	Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie (SRCAE) arrêté le 14 décembre 2012	<p>Il y a 10 axes (proposant chacun des objectifs et des orientations) dans le SRCAE et le projet s'inscrit dans au moins 2 d'entre eux à savoir :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Encourager la sobriété énergétique dans les bâtiments et garantir la pérennité des performances (BAT 1) - Améliorer l'efficacité énergétique de l'enveloppe des bâtiments et des systèmes énergétiques (BAT 2) - Favoriser le développement des énergies renouvelables intégrées au bâtiment (ENR 2) — ENR 2.1 : Accélérer le développement des pompes

THÈME	PLAN, SCHÉMA ou PROGRAMME	CONCLUSION
		<p>à chaleur géothermales et aérothermiques et ENR 2.2 : Accompagner le développement des filières solaires thermique et photovoltaïque</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réduire les consommations et émissions du transport de marchandises (TRA 2) - Favoriser le choix et l'usage de véhicules adaptés aux besoins et respectueux de l'environnement (TRA 3) <p>Accroître la résilience du territoire francilien aux effets du changement climatique (ACC 1).</p>
	<p>schéma directeur de la région Île-de-France (SDRIF) du 27 décembre 2013 (Éléments pertinents intégrés dans le PLU révisé)</p>	<p>Le projet prend en considération les objectifs suivants :</p> <p>Objectif 2 : refonder le dynamisme économique francilien — Créer 28 000 emplois par an. Le projet prévoit de créer de l'emploi de qualité à l'échelle de la région</p> <p>Objectif 2 : Réindustrialiser et développer de nouveaux champs d'activité.</p> <p>Objectif 4 : encourager l'intensification - -Optimiser les espaces urbanisés</p> <p>Objectif 8 : optimiser le fonctionnement logistique métropolitain. Valoriser les opportunités du système fluvial et portuaire. Maintenir et optimiser la logistique urbaine</p> <p>Objectif 9 : limiter les risques et les nuisances (pollution de l'air, nuisances sonores, limiter les risques technologiques et naturels, en particulier le risque inondation)</p> <p>Objectif 10 : réduire les émissions de gaz à effet de serre. Réduire les émissions de GES liées au transport routier.</p> <p>La Région a amorcé la réflexion autour de la construction du Schéma directeur avec des orientations stratégiques pour une Région ZAN (Zéro Artificialisation Nette), ZEN (Zéro Émission nette), circulaire, polycentrique et résiliente. Le projet prend en considération les objectifs suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Objectif Zéro artificialisation nette (ZAN) (Préserver les sols de l'artificialisation pour développer un urbanisme raisonné, tout en intensifiant les actions en faveur de la renaturation et de la dépollution des sols) <p>Objectif Zéro ressource nette (région circulaire). Réduire la vulnérabilité de l'Île-de-France dans son approvisionnement et ne pas accroître sa dépendance à l'extérieur.</p>
	<p>Plan Climat Air Énergie Métropolitain (PCAEM) de la Métropole du Grand Paris approuvé en novembre 2018</p>	<p>Le PCAET est en cohérence avec le PCAEM on retrouve donc un projet qui s'inscrit également dans les objectifs suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Soutenir le développement d'Énergie renouvelables et de récupération - Aller vers des motorisations plus propres <p>Le respect des objectifs du PCAEM sera confirmé au sein du volet air et santé de l'étude d'impact.</p>
	<p>Plan Climat Air Énergie Territorial (PCAET) du territoire Boucle Nord de Seine approuvé en novembre 2022</p>	<p>Il y a 7 axes dans le PCAET et le projet s'inscrit dans au moins 2 d'entre eux à savoir :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Axe 1 : avec l'action n°6 : Développer les énergies renouvelables et de récupération et des réseaux de chaleur vertueux - Axe 5 : avec l'action n°23 : Inventer la logistique urbaine de demain <p>Le projet est en accord avec les actions du PCAET, en particulier l'action 23 qui concerne le secteur logistique et l'action 25 qui concerne l'impact du trafic routier sur la qualité de l'air.</p>

NB : Aucun élément concernant les performances énergétiques des bâtiments ou l'approvisionnement en énergie ne figure dans les différentes pièces (règlement, PADD, OAP)

7. Définition du scénario sans et du scénario avec projet

Le guide sur la prise en compte des émissions de gaz à effet de serre dans les études d'impact spécifie les points suivants concernant la définition des scénarios.

« L'article R. 122-5 relatif au contenu d'une étude d'impact 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 en l'absence de réalisation du projet ;
- le scénario avec projet correspond à la trajectoire d'évolution des émissions de GES la plus probable de l'aire d'étude à laquelle est ajoutée l'estimation quantifiée des émissions de GES du projet.

CHOIX DES HYPOTHÈSES

Ces deux scénarios sont construits en s'appuyant sur des hypothèses de scénarisation communes :

- une durée identique, correspondant à la durée de vie du projet ; les hypothèses d'évolution des émissions de GES de l'économie française considérées dans la SNBC10 (scénario avec mesures supplémentaires (AMS)), déclinées par secteurs d'activité ;
- l'intégration des échéances intermédiaires correspondant aux objectifs nationaux déclinés localement (en particulier les budgets carbone et la neutralité carbone à l'horizon 2050 de la SNBC) ;
- l'intégration des scénarios et objectifs des plans et programmes territoriaux : les SRCAE/SRADET et PCAET. »

Ici, les hypothèses communes retenues sont les suivantes :

- **durée de vie identique à savoir 60 ans ;**
- **quantité de marchandises gérées identique ; isotonnage de 2 568 tonnes ;**
- **gestion du même périmètre géographique (isopérimètre).**

Le site accueillant le projet est actuellement occupé par les bâtiments inutilisés de l'ancienne société FINANCIÈRE LOGIMMO ET DEVELOPPEMENT (ex XPO ; ex-ND G3 ; ex MGF LOGISTIQUE), qui occupait le terrain jusqu'en décembre 2021.

Les bâtiments seront démolis et cette démolition n'est pas incluse dans le périmètre des scénarios avec et sans projet.

Pour les deux scénarios définis, il a été considéré le périmètre géographique suivant :

La zone de chalandise a été définie au cours des échanges avec les principaux prospects identifiés pour le bâtiment. En logistique, pour approvisionner la MGP (Métropole du Grand Paris), les utilisateurs positionnent leurs bâtiments dans la continuité de la provenance des flux depuis les territoires, pour éviter d'avoir à faire le tour de Paris. Un bâtiment positionné au Nord-Ouest de la MGP captera donc logiquement les flux logistiques nord — nord-ouest.

Pour le fluvial (corroboré par Schenker), beaucoup de produits arrivent aujourd'hui d'Anvers ou Rotterdam puis viennent par camion vers la France. Green Dock permettrait, grâce au fluvial amont compétitif, de reterritorialiser des flux vers Le Havre et de sortir des camions de l'A1 du fait de ce report.

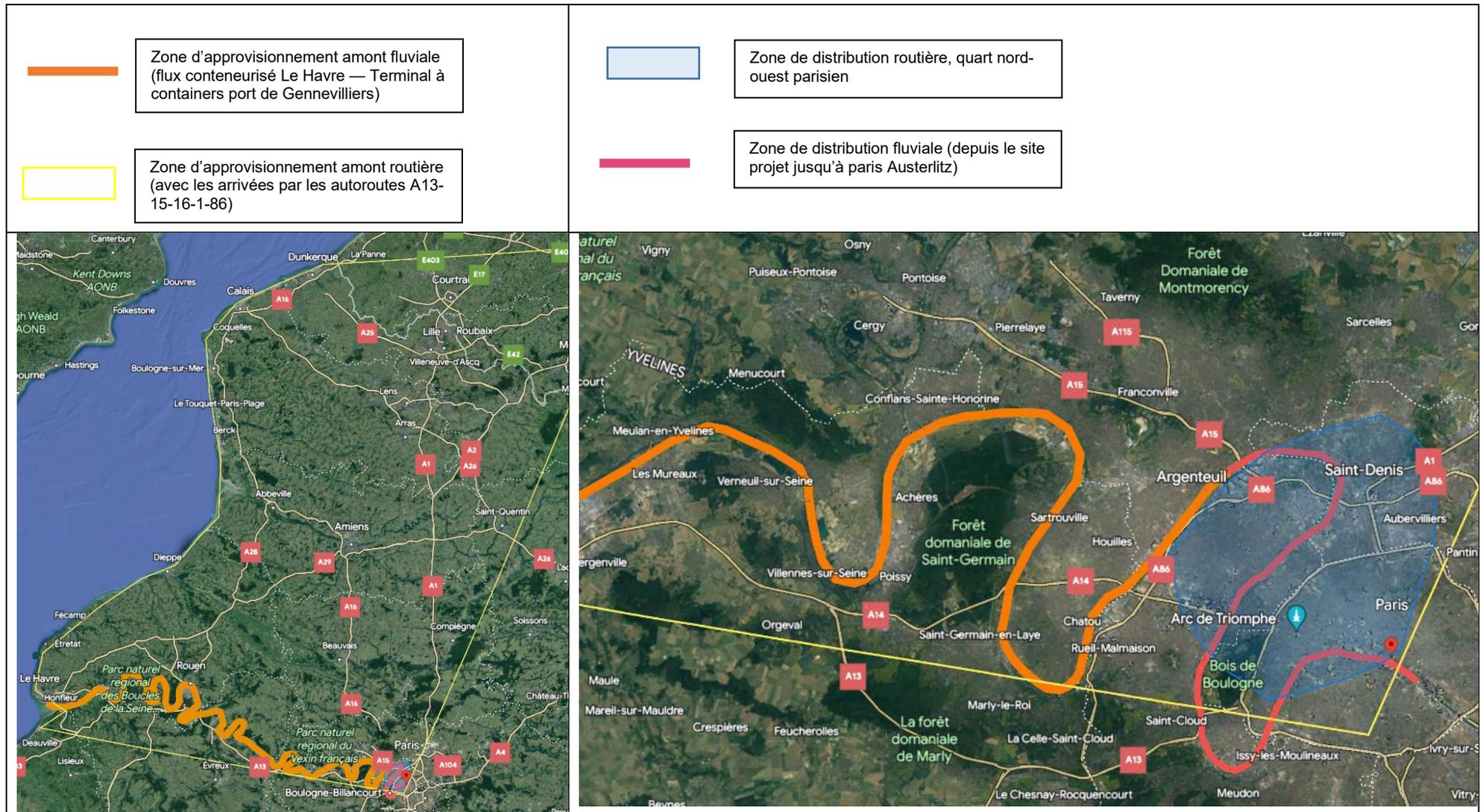


Figure 9 : Périmètre géographique des deux scénarii

7.1. Scénario sans projet

Le chapitre « 3.10. Évolution probable des aspects pertinents de l'état initial de l'environnement avec et sans mise en œuvre du projet » de l'étude d'impact du Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale détaille dans sa sous-partie « 3.10.1. Scénario sans projet » les faits suivants :

La dispersion historique des activités logistiques et l'éloignement de plus en plus en périphérie des agglomérations de ces activités perturbent le bon fonctionnement des villes et génèrent des dysfonctionnements nombreux en matière d'occupation des sols, de flux et de trafic, d'environnement, de sécurité, de conflit d'usage... Les espaces urbains les mieux connectés aux modes alternatifs à la route (emprises ferroviaires et portuaires) sont souvent très disputés entre les différentes fonctions urbaines et sont de plus en plus souvent soustraits à leur vocation logistique, ce qui contribue d'une part à marginaliser la logistique dans la ville et à affaiblir les transports ferroviaires et fluviaux.

Historiquement, nous avons donc un modèle de logistique qui se base sur des entrepôts en périphérie urbaine (seconde couronne et au-delà) couplés avec des bâtiments de distribution positionnés en première couronne, avec des implantations reculant au fil des années.

Le scénario sans projet vise donc à modéliser une chaîne logistique standard, correspondant à l'évolution des pratiques constatées sur les 15 dernières années, en opposition avec le modèle proposé par le projet Green Dock.

Le scénario sans projet est basé sur un volume de marchandise transportée iso fixée à 2568 tonnes/jours, sur une durée de vie identique de 60 ans, et gérant le même périmètre géographique. En effet, afin de rendre la comparaison entre le scénario sans projet et le scénario Green Dock exacte, il est nécessaire de pouvoir objectiver l'impact de deux chaînes logistiques différentes par nature au moyen de l'évaluation des impacts par tonne de marchandises transportées. Cette hypothèse est fondamentale.

Le scénario sans projet, permettant de traiter un volume de marchandise iso, est défini comme suit :

- **Construction d'un entrepôt de stockage de 32 000 m² (31 000 m² de stockage, 1 000 m² de bureaux) en périphérie urbaine,**

La zone retenue étant celle de Cergy-Pontoise, correspondant à la même zone de chalandise que celle proposée par le projet Green Dock. En effet, la zone de Cergy-Pontoise est aujourd'hui, au sein du secteur Nord-Ouest, la zone la plus proche de Paris qui voit le redéveloppement de friches industrielles à des fins d'accueil d'activités logistiques de stockage. La surface de stockage de 31 000 m² retenue est plus faible que la surface de stockage proposée au sein du projet Green Dock, car dans cette zone, une hauteur libre bâtementaire plus importante pourrait être adoptée avec un bâtiment construit en rez-de-chaussée. Le choix de considérer la construction d'un entrepôt de stockage en périphérie sur une friche industrielle est adopté, car il correspond aux trajectoires environnementales adoptées par la société Goodman.

Toutefois, ce développement pourrait aussi bien se faire sur des terres naturelles, encore plus éloignées au sein de la Métropole, conduisant à l'artificialisation nette de foncier naturel ou agricole. En effet, le redéveloppement de bâtiments logistiques sur des friches industrielles dans la zone de Cergy-Pontoise, donne lieu à l'émergence de loyers en moyenne 25 % plus chers que le marché existant (du fait des coûts projets élevés : prix élevés du foncier et démarches de requalification de friches longues et coûteuses, répercutés sur le niveau de loyer pratiqué). Depuis la zone de Cergy-Pontoise, située à une trentaine de kilomètres de Paris, opérer des activités de distribution n'est pas réaliste, notamment demain, dans un contexte d'adoption de véhicules de distribution décarbonés, aux autonomie plus restreintes. Il faut donc adjoindre à cet entrepôt logistique de stockage, des surfaces de distribution pouvant prendre en charge la quantité de marchandise iso du projet Green Dock ;

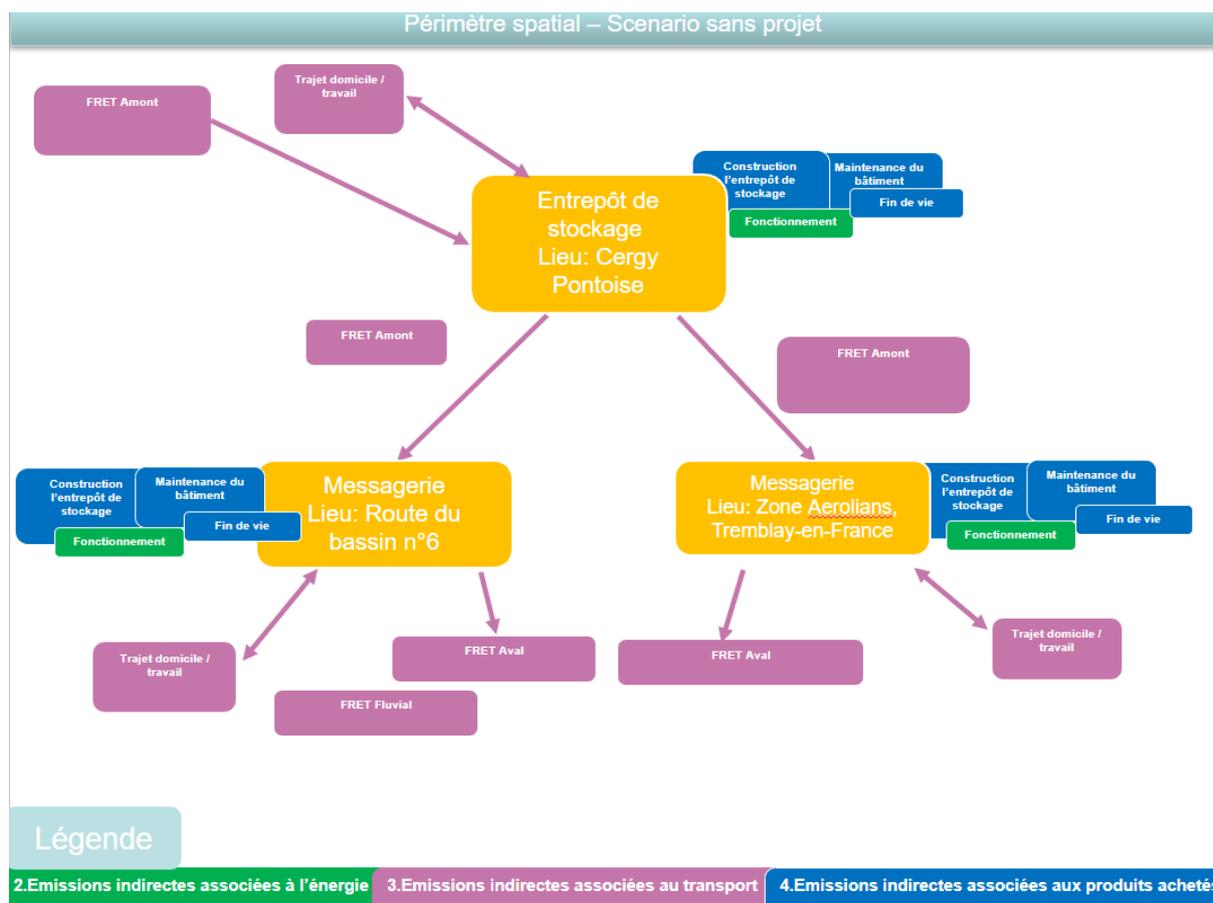
- **Construction sur le terrain projet, route du bassin numéro 6, d'une messagerie de distribution urbaine de 15 000 m²,**
- Il est ici fait le choix de considérer que le site projet est fléché pour accueillir des activités logistiques, positionnées par Haropa Port en bord de voie d'eau pour permettre le développement d'activités de logistique fluviale et éloigner au centre du port de Gennevilliers les activités les plus impactantes pour l'environnement. Dans ce cadre, il apparaît logique de considérer le développement d'un bâtiment de distribution (correspondant à la fonction des précédents entrepôts vétustes exploités par la société MGF, mais également aux derniers développements en rez-de-chaussée constatés sur le port de Gennevilliers). Cette messagerie, au vu de la configuration terrain, ne pourrait pas faire plus de 15 000 m², car il faudrait développer énormément de surface de quais, de parkings et de circulation extérieure au rez-de-chaussée du projet. Cela amènerait d'ailleurs à une occupation des sols aujourd'hui proche de la situation actuelle, à savoir 95 % d'imperméabilisation des sols sur le terrain projet. Il est fait le choix de conserver une capacité d'envoi fluvial au départ de ce projet de messagerie, afin de respecter le cahier des charges imposé par Haropa Port sur ce terrain (le niveau d'investissement nécessaire à la construction d'une solution de logistique fluviale paraissant toutefois peu compatible avec le développement de seulement 15 000 m² de messagerie urbaine). En revanche, il est important de noter que l'approvisionnement fluvial amont de cette plateforme de messagerie ne serait pas possible. En effet, le fluvial amont permet de massifier de grandes quantités de marchandises homogènes destinées à être stockées et éclatées par la suite, ce que ne permet pas un bâtiment purement dédié à la distribution urbaine. Les opérateurs logistiques occupant cette messagerie ne pourraient donc pas faire émerger une chaîne logistique fluviale amont massifiée vers cette plateforme de distribution, car trop peu de marchandises seraient éligibles au fluvial et le nombre de ruptures de charge serait trop élevé. Cette plateforme de messagerie de 15 000 m² ne permet pas de gérer l'ensemble du flux sortant du projet Green Dock, il faut donc trouver une surface complémentaire de distribution ;
- **Construction d'un second bâtiment de distribution urbaine, au sein de la zone Aérolians de Tremblay-en-France, d'une surface de 12 500 m².**

Il est en effet nécessaire d'identifier une localisation permettant d'adresser le quart Nord-Ouest de la Métropole du Grand Paris (zone de chalandise du projet Green Dock). La zone Aérolians située à Tremblay-en-France est une localisation permettant de desservir la zone de chalandise visée, qui voit aujourd'hui l'émergence de plateformes de messagerie de distribution urbaine, sur des fonciers agricoles. Ce choix illustre la réalité constatée à ce jour d'un éloignement des activités de distribution logistique, repoussées plus loin au sein de la Métropole du Grand Paris, notamment du fait de la concurrence des usages. La construction d'une telle messagerie engendrerait l'artificialisation d'un peu plus de 6 hectares de terres agricoles (en adoptant des ratios classiques d'emprise au sol de bâtiments de messagerie). Cette localisation, plus lointaine dans la Métropole, serait desservie à 100 % par voie routière et donnerait lieu à l'émergence d'une logistique aval également intégralement routière, éloignée de la ZFE.

Le scénario sans projet correspond à un scénario réaliste, plutôt minimaliste (construction de l'entrepôt de stockage sur une friche industrielle, choix d'une activité logistique mobilisant le vecteur fluvial sur le site projet, malgré les écueils économiques certains d'un tel choix), basé sur des hypothèses de marché actuelles. Ce scénario sans projet rentre pleinement dans la définition de la trajectoire « Fil de l'eau » établie dans le cadre du rapport¹ produit par l'Institut Paris Région afin de modéliser les différentes hypothèses d'évolution de l'immobilier logistique Francilien à l'horizon 2040.

¹ « L'Immobilier Logistique Francilien, quelles trajectoires à l'horizon 2040 », Institut Paris Région, Novembre 2023

On peut donc schématiser le scénario à travers la figure ci-dessous.



7.2. Scénario avec projet

Le site fera l'objet de travaux pendant 24 à 28 mois.

Concernant le projet Green Dock, les hypothèses suivantes sont retenues (reprises également dans le chapitre « 3.10.2. Scénario avec projet » de l'étude d'impact du DDAE :

- La construction d'un bâtiment sur cette même emprise sera prise en compte (R+3). Bâtiment à usage tertiaire et de logistique.
- Prise en compte de l'impact amont et aval du trafic pour le site sur l'emprise concernée. Nous avons pris en considération les trajets de véhicules de leur point de prise en charge vers Green Dock (et pas plus en amont) et de Green Dock vers le point de livraison.
- Mêmes hypothèses pour le fluvial ;
- Fonctionnement pendant 60 ans des activités logistiques. Les activités tertiaires n'ayant pas été définies, il ne sera pris en compte que des trajets potentiels domicile-travail ;
- Prise en compte de l'installation de panneaux photovoltaïques et d'un réseau de géothermie ;
- Les activités logistiques impliqueront la consommation d'électricité, d'eau, de réseau de chaleur, rejet d'eaux usées...
- En fin de vie de l'installation, les activités de déconstruction et de gestion des matériaux seront des sources d'émissions.

On peut donc schématiser le scénario à travers la figure ci-après.

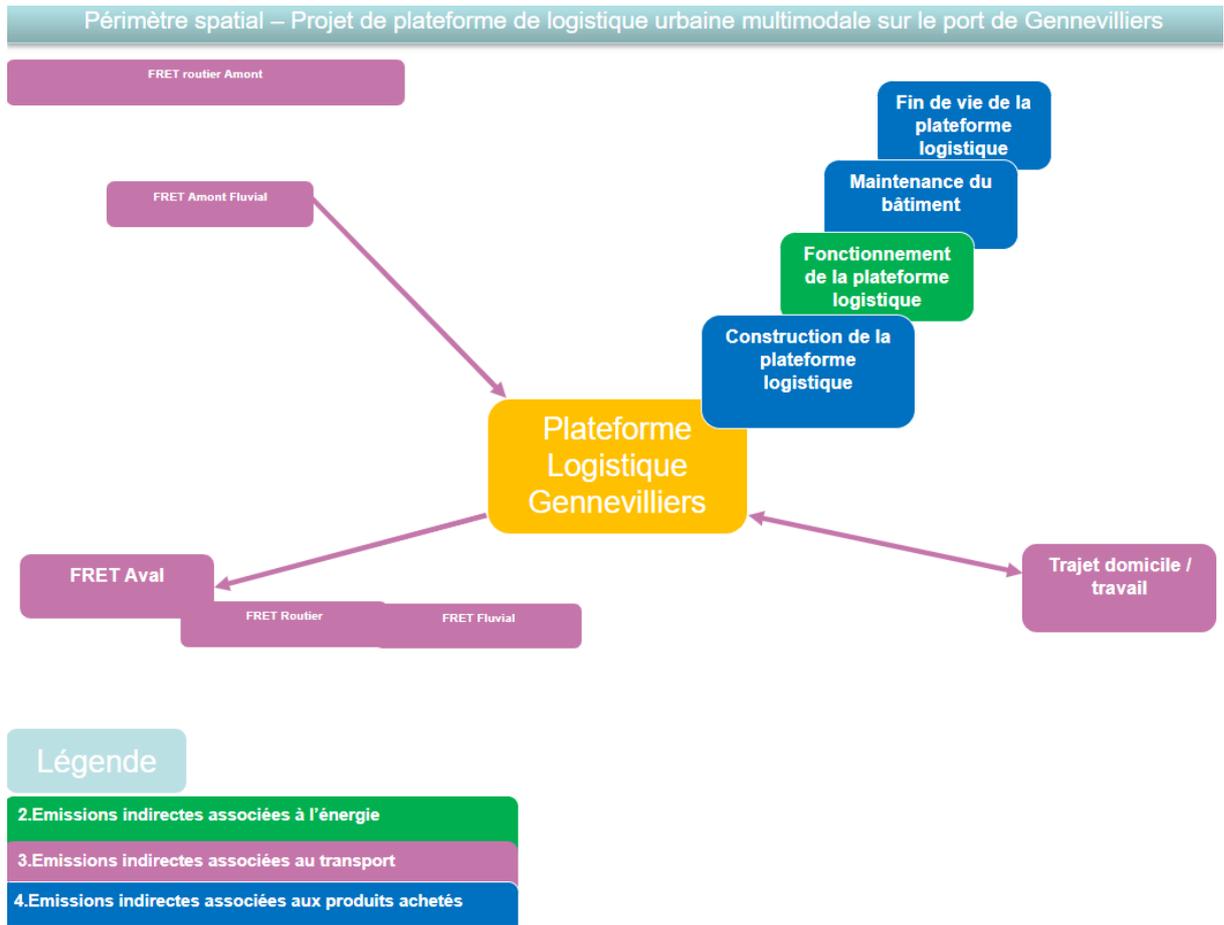


Figure 11 : Flux du scénario avec projet

Le scénario avec projet correspondant à la modélisation du projet Green Dock et de son fonctionnement sur toute sa durée de vie rentre dans la définition de la trajectoire « Intensive » décrite dans le rapport produit par l'Institut Paris Région afin de modéliser les différentes hypothèses d'évolution de l'immobilier logistique francilien à l'horizon 2040. En effet, le projet Green Dock répond au besoin d'optimisation et de transformation des chaînes logistiques franciliennes dans un contexte de limitation de l'étalement urbain des surfaces logistiques en périphérie des villes.

8. Détermination des postes d'émissions significatifs pour chaque scénario

Le tableau ci-après indique les postes d'émissions retenus pour chaque scénario ainsi que le justificatif d'exclusion des autres postes.

Catégories d'émissions	Numéros	Postes d'émissions	Postes significatifs		Justification de l'exclusion	
			Sans projet	Avec projet	Sans projet	Avec projet
1. Émissions directes de GES	1,1	Émissions directes des sources fixes de combustion	x	x		
	1,2	Émissions directes des sources mobiles à moteur thermique			Pris en compte dans poste 3.1 et 3.2	Pris en compte dans poste 3.1 et 3.2
	1,3	Émissions directes des procédés hors énergie			Non rencontré : l'activité de l'entreprise n'implique pas de procédés à l'origine des émissions non énergétiques	Non rencontré : l'activité de l'entreprise n'implique pas de procédés à l'origine des émissions non énergétiques
	1,4	Émissions directes fugitives	x	x		
	1,5	Émissions issues de la biomasse (sols et forêts)	x		Changement d'affectation des sols pour un des sites	Non rencontré
2. Émissions indirectes associées à l'énergie	2,1	Émissions indirectes liées à la consommation d'électricité	X	X		
	2,2	Émissions indirectes liées à la consommation d'énergie autre que l'électricité	X	X		
3. Émissions indirectes associées au transport	3,1	Transport de marchandise amont	X	x		
	3,2	Transport de marchandise aval	x	x		
	3,3	Déplacements domicile travail	x	x		
	3,4	Transport des visiteurs et des clients			Non rencontré	Non rencontré
	3,5	Déplacements professionnels			Non rencontré	Non rencontré

			Sans projet	Avec projet	Sans projet	Avec projet
4. Émissions indirectes associées aux produits achetés	4,1	Achats de biens	X	×	Liés à la construction exclusivement	Liés à la construction exclusivement
	4,2	Immobilisations de biens			Non rencontré	Non rencontré
	4,3	Gestion des déchets	X	×	Liés à la démolition exclusivement	Liés à la démolition exclusivement
	4,4	Actifs en leasing amont			Non rencontré	Non rencontré
	4,5	Achats de services			Non rencontré	Non rencontré
5. Émissions indirectes associées aux produits vendus	5,1	Utilisation des produits vendus			Non rencontré	Non rencontré
	5,2	Actifs en leasing aval			Non rencontré	Non rencontré
	5,3	Fin de vie des produits vendus			Non rencontré	Non rencontré
	5,4	Investissements			Non rencontré	Non rencontré
6. Autres émissions indirectes	6,1	Autres émissions indirectes			Non rencontré	Non rencontré

Tableau 1 : Postes d'émissions significatifs

Les émissions indirectes des produits vendus ne sont pas prises en compte dans le périmètre de l'étude. En effet, il n'est pas possible de connaître en amont quels produits vont être transportés. Les hypothèses seraient trop complexes et engendreraient trop d'incertitudes. De plus, l'utilisation sera la même entre les deux scénarios avec et sans projet puisque nous sommes à isopérimètre et isotonnage (§ 7).

9. Quantification des émissions et estimation des incertitudes pour chaque scénario

9.1. Méthodologie de quantification et des facteurs d'émissions

La quantification des émissions de GES a été faite selon la méthodologie Bilan Carbone® à l'aide du tableur version 8.91. Les facteurs d'émission de ce tableur sont les plus à jour et reprennent les facteurs d'émissions de la Base Empreinte® de l'ADEME.

9.2. Calcul des émissions

9.2.1. Scénario sans projet

La figure ci-après présente l'activité logistique retenue pour le projet Green Dock et les données du scénario sans projet par flux.

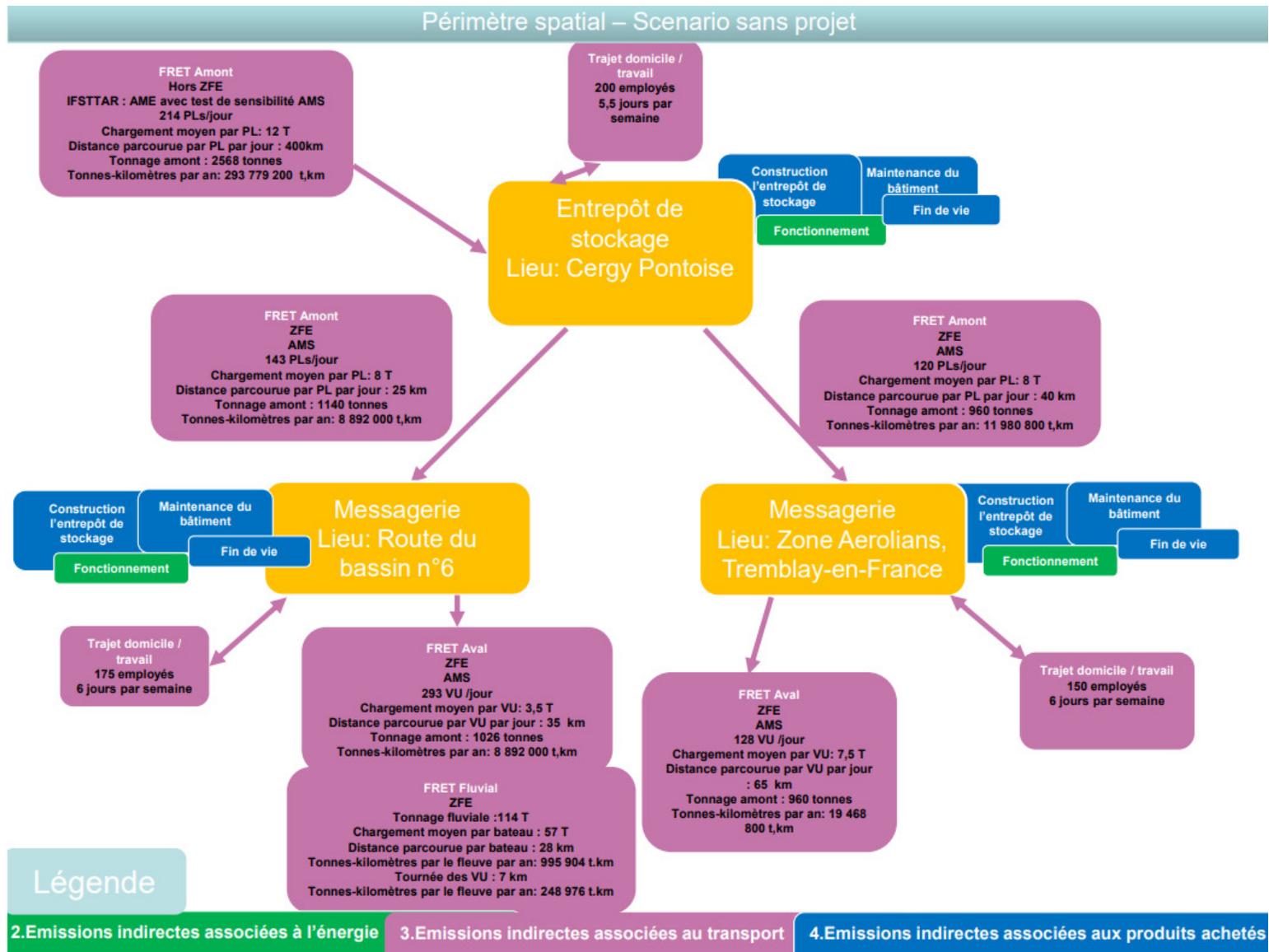


Figure 12 : Données du scénario sans projet par flux

ACV Bâtiment

Un benchmark des bâtiments construits par Goodman pour une meilleure représentation de l'impact des bâtiments du SSP (scénario sans projet).

Goodman France réalise systématiquement une ACV pour chacun de ses projets depuis 2019, qui comprend des références de bâtiment de stockage et de messagerie. Afin d'assurer l'exhaustivité de la démarche, les estimations liées aux bilans GES des bâtiments du scénario sans projet sont basées sur les ACVs réalisées par Goodman France sur ses derniers bâtiments construits. Le tableau 2 présente l'impact de la construction des derniers bâtiments construits par Goodman France.

Ainsi, on considérera que sur 60 ans, les émissions de gaz à effet de serre liées à la construction des deux bâtiments et leur exploitation sont :

- Un bâtiment de distribution/messagerie classique en structure et enveloppe à base de béton et de métal entraîne un poids carbone de 601 kgCO₂eq/m² pour la construction du bâtiment (poids des lots VRD très important sur ces bâtiments, du fait des très nombreuses voiries et espaces de stationnement nécessaires)
- Un bâtiment de stockage classique en structure béton entraîne un poids carbone de 340 kgCO₂eq/m² dû à la phase de construction.

Overview - results comparison

Construction	Val d'Europe Warehouse		Serris - Schenker Cross-dock Charpente métallique		Lambres C3 Warehouse		Andrézieux Warehouse	
	tCO ₂ eq	kgCO ₂ eq/m ²	tCO ₂ eq	kgCO ₂ eq/m ²	tCO ₂ eq	kgCO ₂ eq/m ²	tCO ₂ eq	kgCO ₂ eq/m ²
Résultats	11356	347	7318	764	13169	362	18165	298

Berre extension Warehouse		DNC2 Avion Cross-dock Charpente béton		Lambres C2 Warehouse		BREBIERES Warehouse		Lambres C4 Warehouse	
tCO ₂ eq	kgCO ₂ eq/m ²	tCO ₂ eq	kgCO ₂ eq/m ²	tCO ₂ eq	kgCO ₂ eq/m ²	tCO ₂ eq	kgCO ₂ eq/m ²	tCO ₂ eq	kgCO ₂ eq/m ²
3059	341	5405	439	8953	362	22131	321	12658	344

Tableau 2 : Résultats des ACVs construction des bâtiments chez Goodman France (source : Goodman France)

On évalue à 850 kgCO₂eq/m² les émissions de gaz à effet de serre pour les consommations énergétiques d'après les retours d'expérience de Goodman France sur ses projets. Il est à noter que ces 850 kgCO₂eq/m² liés à l'exploitation seraient plutôt ramenés à la moitié sur la durée de vie soit à hauteur de 400 kgCO₂eq/m², notamment du fait des trajectoires imposées par le décret tertiaire (objectif du décret tertiaire de -60 % en 2050).

Les émissions de gaz à effet de serre durant les 60 ans d'exploitation sont liées aux consommations énergétiques qui sont assez élevées dans le cas des entrepôts. En effet, il n'y a aucune réglementation actuelle qui pousse les entrepôts neufs à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre, contrairement à d'autres typologies. Les standards sont d'utiliser une chaudière à gaz pour la production de chauffage. Les émissions de gaz à effet de serre du bâtiment de stockage sont évaluées à 650 kgCO₂eq/m² sur les 60 ans de la phase d'exploitation. Afin d'adopter le même raisonnement lié à la mise en œuvre du décret tertiaire, le poids carbone total de ce bâtiment sur sa durée de vie est ramené à 400 kgCO₂eq/m².

Au total, c'est un bilan carbone sur 60 ans de 1 454 kgCO₂eq/m² pour un bâtiment de distribution et 990 kgCO₂eq/m² pour un bâtiment de stockage. Ramenées à notre scénario, les émissions totales sont donc estimées à :

	Émissions de construction sur 60 ans (tCO ₂ eq)	Émissions de consommations énergétiques sur 60 ans (tCO ₂ eq)
Entrepôt de stockage — Cergy-Pontoise	10 880	12 800
Messagerie — route du bassin n°6	9 015	6 000
Messagerie — Tremblay-en-France	7 513	5 000
TOTAL	27 408	23 800

Nous avons estimé que les émissions de gaz à effet de serre produites durant le chantier sont d'environ 205 tCO₂eq.

Ceci provient de la gestion des terres : tout transport de terre à partir du chantier ou vers celui-ci est comptabilisé. On y trouve souvent des terres excavées pour une nouvelle infrastructure, mais aussi par exemple l'import de terres lorsque l'on a besoin de remplacer des terres polluées. Dans le scénario sans projet, qui n'a pas de sous-sol, la quantité de terres excavées est beaucoup plus faible que le scénario avec projet. Il a donc été considéré un impact chantier nul pour l'entrepôt. L'impact chantier des messageries a été calculé avec 50 % de la valeur de Green Dock/m². L'approche reste une approche conservatrice donc acceptable.

Fret AMONT

Une flotte de véhicule qui suit les trajectoires des scénarios AMS et AME.

La distance parcourue retenue par poids lourd par jour est de 400 kms. Elle a été établie sur la base des hypothèses transmises par les opérateurs logistiques consultés lors de la conception du projet Green Dock ainsi que sur l'étude « Commerce en ligne : impacts environnementaux de la logistique, des transports et des déplacements » publiée en 2023 et pilotée par l'ADEME et le ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. En effet, comme indiqué précédemment, la zone de chalandise amont correspond au Nord— Nord-Ouest de la France jusqu'aux ports d'Anvers et Rotterdam, points d'entrée massifs de marchandises irriguant ensuite l'ensemble de l'Europe de l'Ouest, dont la Métropole du Grand Paris au moyen de flux routiers arrivant par l'A1.

Le nombre de poids lourds journaliers a été défini par Goodman sur la base que les 2 568 tonnes de marchandises seraient réparties dans 214 PLs à 12 t de charges utiles.

Les camions sont redirigés vers des plateformes locales, donc pas de retour à vide, et les trajets sortant du site sont non comptés dans le BEGES de l'opération.

Le fret Amont sur la zone de CERGY-Pontoise ne sera pas soumis à une ZFE. Le scénario retenu pour cette zone repose donc sur la base des données du PARC IFSTTAR de 2022 avec le scénario AME (avec mesures existantes) qui reflète l'impact des politiques et mesures adoptées.

Concernant les zones ZFE de Tremblay et du port de Gennevilliers, route du bassin n°6, le scénario retenu pour cette zone repose donc sur la base des données du PARC IFSTTAR de 2022 avec le scénario AMS (avec mesures supplémentaires) qui reflète les mesures complémentaires à adopter pour atteindre l'objectif de la SNBC. Les zones ZFE seront vraisemblablement les premières zones qui bénéficieront de cet impact positif.

Au-delà de 2050, il n'y a plus de données disponibles, aussi, afin de compléter les années manquantes et dont nous avons besoin, il est fait l'hypothèse selon laquelle la répartition des motorisations de 2051 à 2087 est identique à celle de 2050.

Le poids carbone du Fret AMONT du scénario dans projet est donc de 1 513 128 tonnes équivalent CO₂ pour la période 2027-2087.

Fret AVAL

Une flotte de véhicule qui suit la trajectoire du scénario AMS

La distance parcourue par VUs (véhicules utilitaires) et les porteurs est similaire à la tournée du fret aval avec projet (valeur transmise par Goodman le 14/09/2023).

Le nombre de VUs journalier a été défini par Goodman sur la base d'une gestion quotidienne d'un flux de marchandise de 1 140 tonnes, pour la messagerie positionnée route du bassin n°6 sur le port de Gennevilliers, et de 960 tonnes pour la messagerie positionnée sur la zone Aerolians à Tremblay-en-France. Du fait d'un entrepôt excentré, la proportion de marchandise éligible au trafic fluvial aval diminue fortement par rapport au scénario sans projet. Il a été conservé la même optique d'augmentation dans le temps à savoir un doublement des capacités d'emport fluvial en 2045.

Au même titre que le fret amont et afin d'être le plus juste possible sur la répartition des motorisations en France à partir de 2027 et pendant 60 ans, nos calculs se sont basés sur les données du PARC IFSTTAR de 2022 avec le scénario AMS (avec mesures supplémentaires).

Au-delà de 2050, il n'y a plus de données disponibles, aussi, afin de compléter les années manquantes et dont nous avons besoin, il est fait l'hypothèse selon laquelle la répartition des motorisations de 2051 à 2087 est identique à celle de 2050.

Le poids carbone du Fret AVAL du scénario sans projet représente 121 943 tonnes équivalent CO₂ pour la période 2027-2087.

Déplacements Domicile-Travail

Les hypothèses concernant le déplacement des employés se sont basées sur l'enquête de mobilité de la zone portuaire réalisée par Mobil'Ethic (05/2023). Cette étude a été réalisée avec les habitudes quotidiennes des employés actuels de la zone portuaire.

Les résultats de l'étude indiquent 68 % des répondants habitent dans un rayon de 20 km.

Les déplacements domicile-travail comprennent le déplacement de 525 employés répartis sur les 3 sites de la manière indiquée en figure n°10.

Il a été considéré que les employés ne retourneraient pas chez eux pendant leur pause déjeuner.

Le poids carbone des trajets domicile-travail du scénario sans projet représente 35 552 tonnes d'équivalent CO₂ pour la période 2027-2087.

9.2.2. Scénario avec projet

La figure ci-après présente l'activité logistique retenue pour le projet Green Dock et les données du scénario avec projet par flux.

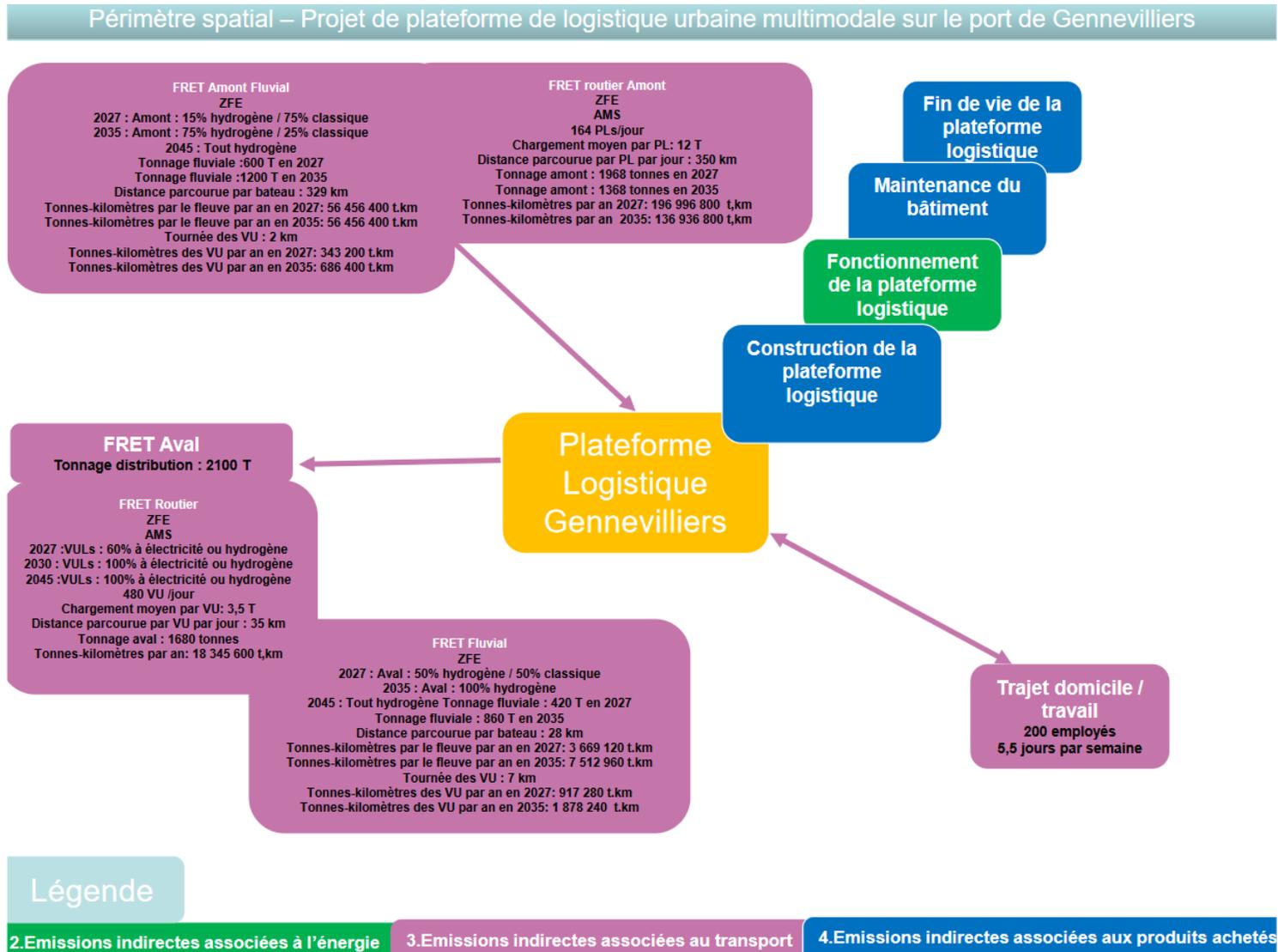


Figure 13 : Données du scénario avec projet par flux

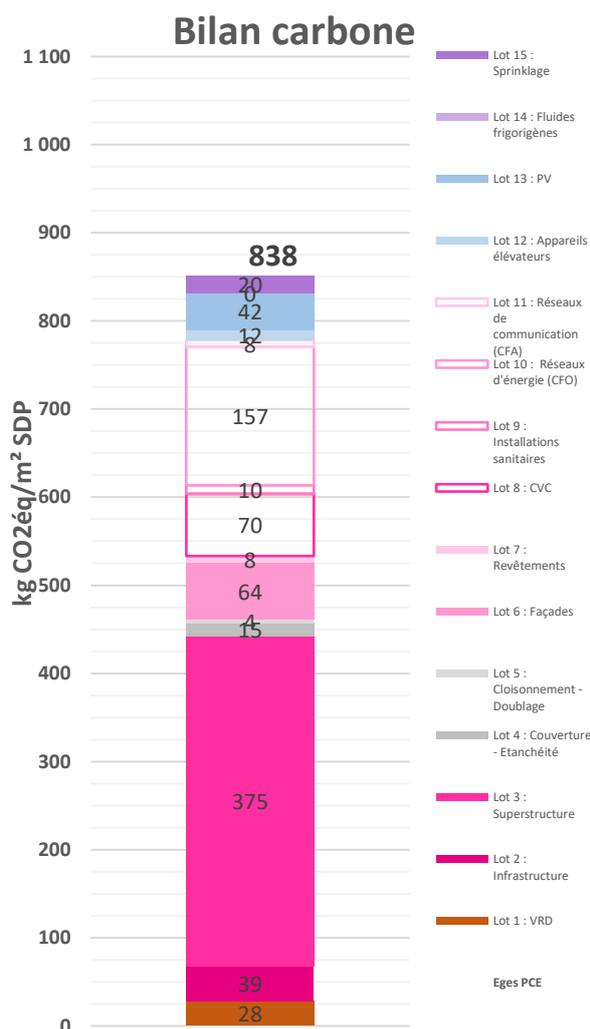
ACV Bâtiment

Une conception ambitieuse dépassant les exigences et les habitudes

La construction, le fonctionnement et la fin de vie du bâtiment prévu dans le projet ont bénéficié d'une étude spécifique permettant de quantifier les impacts environnementaux du projet et d'évaluer sa performance environnementale par rapport aux différents objectifs fixés. Elle propose une première évaluation par une Analyse de Cycle de Vie conforme à la norme 15978 appliquée à l'ensemble du projet.

Le projet comporte deux usages. Premièrement, 11 000 m² environ d'usage de bureaux qui se veulent exemplaires en matière d'émissions de gaz à effet de serre. Si la réglementation environnementale 2020 ou RE2020 définit des plafonds d'émissions dégressifs dans le temps à respecter, Goodman France a décidé d'anticiper la réglementation en vigueur en respectant d'ores et déjà les exigences applicables en 2025 et d'ambitionner d'atteindre celles de 2028. Grâce à une superstructure et enveloppe utilisant majoritairement du bois malgré les contraintes, les bâtiments de bureaux ont un bilan carbone inférieur à 678 kgCO₂eq/m². Ceci passe aussi par une sobriété dans les matériaux de finition et dans les équipements techniques, qui ont tous été évalués au détail dès cette phase amont.

Comme cela a été abordé plus haut, la conception d'un bâtiment d'entrepôt à étage est un investissement de matière. Il engendre des contraintes structurelles importantes, à savoir la circulation des poids lourds sur les coursives extérieures sur 3 niveaux, le bois n'est pas utilisable. Nous avons donc choisi d'utiliser des éléments préfabriqués et précontraints en béton de façon à limiter le volume



de béton utilisé et donc les émissions de gaz à effet de serre de la structure de l'entrepôt. De même, nous avons choisi des façades en panneaux sandwich avec un isolant minéral qui permet d'obtenir une performance thermique supérieure aux pratiques standards. Un travail a commencé à être mené sur les jonctions structurelles et d'enveloppe de façon à limiter les ponts thermiques. La résille extérieure qui entoure le bâtiment a également été travaillée sur ce volet, aboutissant à un compromis entre contraintes techniques, vision architecturale et sobriété dans l'utilisation de la matière.

Au global, les émissions de gaz à effet de serre sont évaluées à 838 kgCO₂eq/m², soit près de 77 300 tCO₂eq.

Sobriété et performance énergétique

Le concept d'entrepôt à étage a aussi un autre avantage, c'est sa compacité. En superposant les cellules logistiques, on diminue les surfaces déperditives et donc les consommations de chauffage. Pour les diminuer encore, nous avons amorcé un gros travail sur l'enveloppe. Les panneaux sandwich choisis ont une plus grande épaisseur que ce que l'on met couramment et donc une meilleure résistance thermique. Enfin, le choix des portes sectionnelles est également important, car il s'agira de limiter les infiltrations d'air froid tandis qu'elles sont ouvertes durant les chargements et déchargements. La position des aérothermes permettra aussi de combattre ces flux indésirables. Le même raisonnement a été appliqué aux bureaux avec encore plus d'efficacité puisque ces espaces sont chauffés à plus haute température. Nous avons donc utilisé des Façades Ossature Bois avec isolant minéral afin d'obtenir la performance recherchée. Les deux bâtiments de bureaux bénéficient également d'une bonne compacité et d'une paroi commune avec les entrepôts. En isolant par l'extérieur, nous avons limité au maximum les ponts thermiques.

Nous avons donc véritablement cherché à diminuer les besoins en premier lieu. Ensuite, nous avons conçu un système énergétique efficace, peu carboné et cohérent avec les potentiels du site. La production de chaud et de froid nécessaire aux entrepôts et aux bureaux sera réalisée par une Pompe à Chaleur Air-eau couplée à de la géothermie. Grâce au potentiel disponible sur la parcelle, nous pouvons utiliser cette ressource naturelle qu'est la température constante de l'eau contenue dans la nappe. Elle est utilisée en hiver pour diminuer les consommations de chauffage et en été pour diminuer celle de refroidissement. Couplée à l'enveloppe décrite sur l'entrepôt comme sur les bureaux, nous estimons à ce stade les consommations énergétiques à **seulement 3,5 kWh/m² par an pour le chauffage** sur l'ensemble du bâtiment.

Une importante installation photovoltaïque a aussi été conçue sur une importante partie de la toiture afin d'alimenter le site. Afin de lisser la production, nous avons évalué qu'il était plus pertinent d'orienter les panneaux photovoltaïques à l'Est et à l'Ouest que de maximiser la production instantanée en orientant les panneaux au sud. En effet, les consommations électriques évaluées par l'étude de Simulation Énergétique Dynamique (SED) réalisée par Elioth montrent que le projet n'a pas de pic journalier de besoin en électricité, mais plutôt une demande relativement constante dans la journée. L'orientation choisie répond à cette spécificité et permet un taux d'autoconsommation horaire de quasiment **100 %**.

En plus d'une attention sur les besoins actuels du site, nous avons porté notre réflexion sur l'anticipation des futurs besoins. En effet, il faut éviter l'obsolescence du projet pour qu'il puisse durer le plus longtemps possible et éviter des interventions futures. Nous avons donc décidé non seulement d'installer des bornes de recharge pour véhicules électriques de différentes sortes (VL, VU et PL), mais avons anticipé dans l'implantation des locaux techniques et réseaux électriques un potentiel agrandissement de l'installation pour permettre plus de bornes de recharge. Ceci entraîne plus de consommations électriques sur le site. Le scénario défini est donc une montée progressive de ces consommations entre 2030 et 2050 puis leur stabilité. Cela correspond à un scénario compatible avec les objectifs de décarbonation du secteur du transport et contribue également à la transformation de celui-ci.

La SED a permis d'évaluer les émissions de gaz à effet de serre sur l'ensemble des consommations électriques, y compris bornes de recharge, éclairages ou équipements intérieurs (étude complète en annexe 2) :

Émissions bâtimentaires énergétiques (tCO ₂ eq)	8 191
Émissions bornes de recharge (tCO ₂ eq)	29 033
Émissions évitées par le PV (tCO ₂ eq)	- 9 523
Emissions totales énergétiques (tCO₂eq)	27 701

Tableau 3 : Consommation énergétique du scénario avec projet sur 60 ans

Il nous faut également tenir compte des émissions de gaz à effet de serre dues au chantier. Pour l'heure, deux solutions sont envisagées. Les solutions sont détaillées dans les tableaux 17 (solution A) et 18 (solution B) de la PJ n°4 :

- Solution A sans palplanches avec un impact carbone estimé à 1346 tCO₂eq
- Solution B avec palplanches avec un impact carbone estimé à 1267 tCO₂eq

Afin de garder une approche conservatrice, c'est l'impact de la solution A qui est comptabilisé dans le présent bilan.

Fret AMONT

*Des bornes de recharges disponibles pour les premiers camions électriques.
Des barges 100 % hydrogène à l'horizon 2045.*

La distance parcourue par poids lourd a été établie via l'étude « Commerce en ligne : impacts environnementaux de la logistique, des transports et des déplacements » publiée en 2023 et piloté par l'ADEME et le ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires. Cette distance est identique au scénario sans projet.

La distance parcourue par le fleuve correspond à la distance obtenue sur Fluvia Carte : Fluvia carte, cartes et guides pour la navigation intérieure. La marchandise partira du Havre pour arriver au port de Gennevilliers (valeur transmise par Goodman le 30/06/2023).

Concernant le trafic routier amont, les hypothèses du scénario AMS sont retenues. En effet, le projet qui se trouve dans une zone ZFE, intégrera dès le départ des bornes de recharge pour les poids lourds afin de favoriser ce type de véhicule propre pour la réception des marchandises. Cette démarche s'aligne donc avec le scénario AMS.

Concernant les barges, les hypothèses suivantes sont retenues :
2027 : 15 % hydrogène/75 % classique
2035 : 75 % hydrogène/25 % classique
2045 : Tout hydrogène (valeurs transmises par Goodman le 30/06/2023).

Le projet Green Dock prévoit dès sa phase de conception les installations nécessaires pour réceptionner des marchandises provenant du fleuve. De plus, le projet prévoit également une augmentation progressive de camions électriques (figure 13). Il est fort probable qu'au début de leur mise en service, les camions électriques servent à ravitailler les sites qui possèdent déjà des bornes de recharge pour les camions au détriment d'autres sites qui n'en possèdent pas.

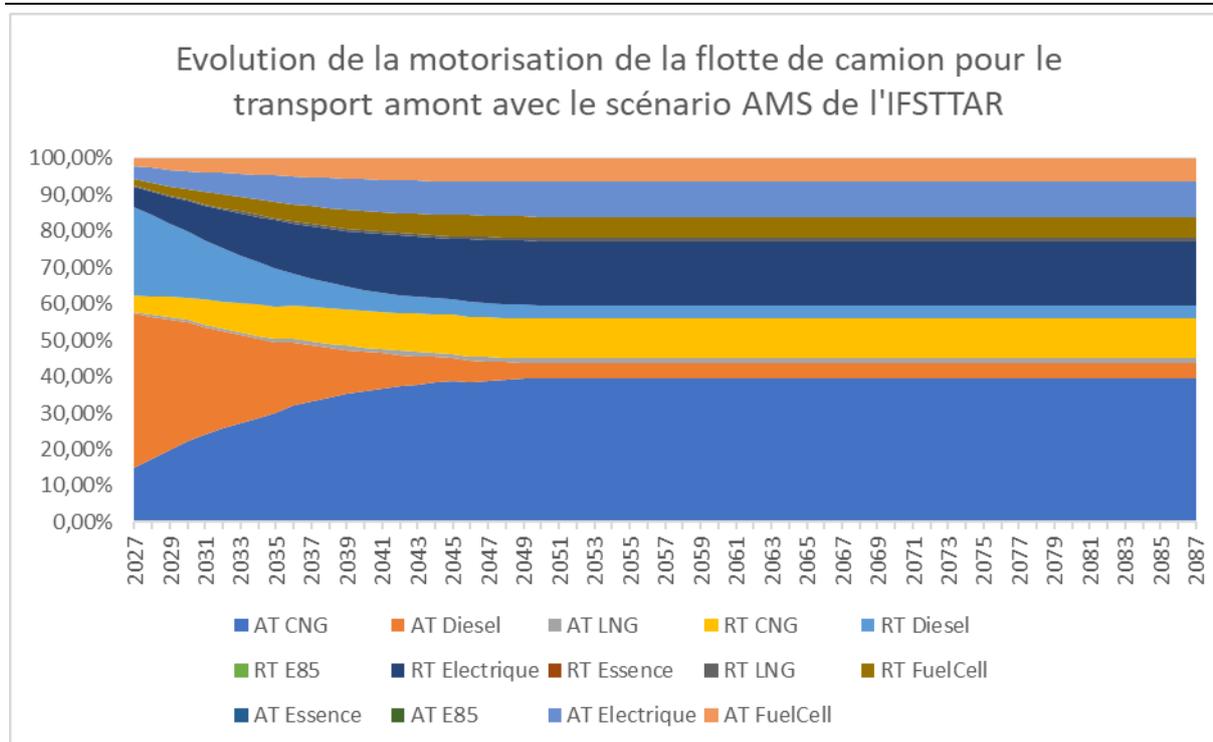


Figure 14 : Évolution de la motorisation de la flotte de camion pour le transport amont avec le scénario AMS de l'IFSTTAR

Le poids carbone du Fret AMONT du scénario avec projet est donc de 658 845 tonnes équivalent CO₂ pour la période 2027-2087.

Pour rappel, celui du scénario sans projet s'élève à plus d'1,5 millions de tonnes équivalent CO₂ sur cette même période.

Fret AVAL

Une flotte automobile 100 % non-émissive. Des barges 100 % hydrogène à l'horizon 2035.

La distance parcourue par VU est similaire à la tournée du fret aval sans projet (valeur transmise par Goodman le 19/06/2023).

La motorisation des VUs a été définie par Goodman. En effet, depuis son commencement, ce projet se veut exemplaire en matière de transport de marchandises. Aussi, dès le départ ce projet a pour objectif de déployer une flotte non émissive.

Les hypothèses suivantes sont donc retenues (valeur transmise par Goodman le 22/06/2023) :

2027 : VUs : 60 % à électricité ou hydrogène

2030 : VUs : 100 % à électricité ou hydrogène

2045 : VUs : 100 % à électricité ou hydrogène

La figure ci-dessous nous permet d'observer l'évolution de la motorisation de la flotte de véhicules. On observe une baisse linéaire de l'utilisation de VUs diesel au profit de l'augmentation de VUs électrique et hydrogène pour atteindre 100 % VUs à électricité ou hydrogène en 2030.

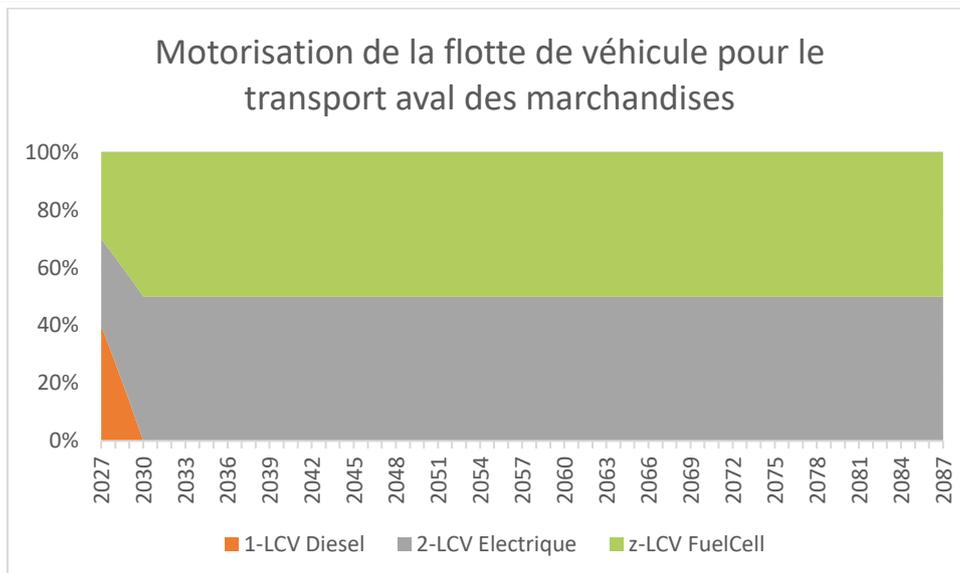


Figure 15 : Évolution de la motorisation de la flotte de véhicule pour le transport aval des marchandises

Concernant la flotte fluviale :

2027 : 50 % hydrogène/50 % classique

2035 : 100 % hydrogène

2045 : Tout hydrogène

Le poids carbone du Fret AVAL du scénario avec projet est donc de 70 288 tonnes équivalent CO₂ pour la période 2027-2087.

À titre de comparaison, celui du scénario sans projet s'élève environ 120 000 tonnes équivalent CO₂ sur cette même période.

Déplacement domicile-travail des employés

Les hypothèses concernant le déplacement des employés se sont basées sur l'enquête de mobilité de la zone portuaire réalisée par Mobil'Ethic (05/2023). Cette étude a été réalisée avec les habitudes quotidiennes des employés actuels de la zone portuaire.

L'étude montre que 68 % des répondants habitent dans un rayon de 20 km.

Les déplacements domicile-travail comprennent le déplacement de 700 employés répartis sur 6 jours. De même que pour le scénario sans projet, il a été considéré que les employés ne retourneraient pas chez eux pendant leur pause déjeuner.

Le poids carbone des trajets domicile-travail du scénario avec projet est donc de 47 389 tonnes équivalent CO₂ pour la période 2027-2087, contre 35 000 tonnes environ pour le scénario sans projet.

Cette augmentation est due principalement au nombre d'employés dans le cadre du projet.

En effet, on passe de 200 employés pour le scénario sans projet contre 700 employés avec le projet Green Dock.

Bilan Transports

Émissions en tCO ₂ eq	Fret AMONT	Fret AVAL	Déplacements domicile-travail	Total
Scénario sans projet	1 513 128	121 943	35 552	1 670 623
Scénario avec projet	658 845	70 288	47 389	776 522

Tableau 4 : Comparaison des émissions liées aux transports (amont, aval et domicile-travail) des scénarios sans et avec projet

Les émissions de gaz à effet de serre liées aux transports (fret amont, aval et déplacements domicile-travail) du scénario avec projet sont **54 % plus faibles** que celles du scénario sans projet (si le projet Green Dock n'était pas mis en place).

9.3. Les facteurs d'émissions considérés

Les facteurs d'émissions pris en compte sont ceux de la base empreinte excepté pour le facteur d'émission d'un PL fonctionnant à l'hydrogène. Celui-ci a été calculé sur la base de l'étude de l'ADEME publiée en juin 2022 « TRANPLHYN TRANSPORTS LOURDS FONCTIONNANT A L'HYDROGÈNE »

Tableau 5 : Facteurs d'émissions ayant servi de base de calcul pour le bilan carbone des scénarii avec et sans projet

Véhicule particulier	
FE kgCO2e/km	
0,21	Voiture/Motorisation gazole/2018
0,103	Voiture particulière/Cœur de gamme — Véhicule compact/électrique
0,223	Voiture/Motorisation essence/2018
0,217	Voiture/Motorisation GPL/2018
0,221	Voiture/Motorisation GNV/2018
0,232	Voiture particulière/Cœur de gamme — Véhicule compact/Hybride, mild, essence
0,073 3	Voiture particulière/Cœur de gamme — Véhicule compact/Hybride rechargeable, plug in-hybrid, P2/prius
0,147	Voiture/Motorisation E85/2018
0,216	Voiture particulière/Berline/Hydrogène SMR GN centralisé
0,21	Voiture/Motorisation gazole/2018
0,103	Voiture particulière/Cœur de gamme — Véhicule compact/électrique
0,223	Voiture/Motorisation essence/2018
Transports en commun	
0,122	Autobus/GNV
0,113	Autobus/Gazole
0,021 7	Autobus/électrique
0,074 3	Autobus/Hybride parallèle
Motos	
0,076 3	Cyclomoteur/Mixte/2018
Poids Lourds	
kgCO2e/t*km	
0,079 8	Articulé/34 à 40 tonnes/GNC
0,085 3	Articulé/< 34 tonnes/Diesel routier, incorporation 7 % de biodiesel
0,155	Rigide/12 à 20 tonnes/GNC
0,16	Rigide/12 à 20 tonnes/Diesel routier, incorporation 7 % de biodiesel
0,058	Rigide/3,5 à 7,5 tonnes/électrique
0,186	Rigide/12 à 20 tonnes/GNL
0,021 5	Calcul ANTEA sur la base de l'étude « TRANPLHYN TRANSPORTS LOURDS FONCTIONNANT A L'HYDROGÈNE » Juin 2022 de l'ADEME
0,078 8	Articulé/34 à 40 tonnes/GNL, incorporation bio 20 %
VUL	
kgCO2e/t*km	
0,826	VUL/< 3,5 tonnes/Diesel routier, incorporation 7 % de biodiesel
0,058	Rigide/3,5 à 7,5 tonnes/électrique
1,16	VUL/< 3,5 tonnes/Essence
0,813	VUL/< 3,5 tonnes/GPL
0,299	Rigide/3,5 à 7,5 tonnes/Hybride série
0,299	Rigide/3,5 à 7,5 tonnes/Hybride série
0,773	VUL/< 3,5 tonnes/GNC
0,155	Rigide/12 à 20 tonnes/GNC
0,16	Rigide/12 à 20 tonnes/Diesel routier, incorporation 7 % de biodiesel
0,186	Rigide/12 à 20 tonnes/GNL
Fret fluvial	
kgCO2e/t*km	
0,045 7	Ro-Ro/Chargement moyen/HFO-MGO

Pour rappel, le scénario AME a été utilisé pour calculer les impacts pour le Fret en amont de l'entrepôt de stockage de Cergy-Pontoise dans le scénario sans projet.

Le scénario AMS a été utilisé pour les autres flux logistiques. Voir le détail sur les graphiques ci-après.

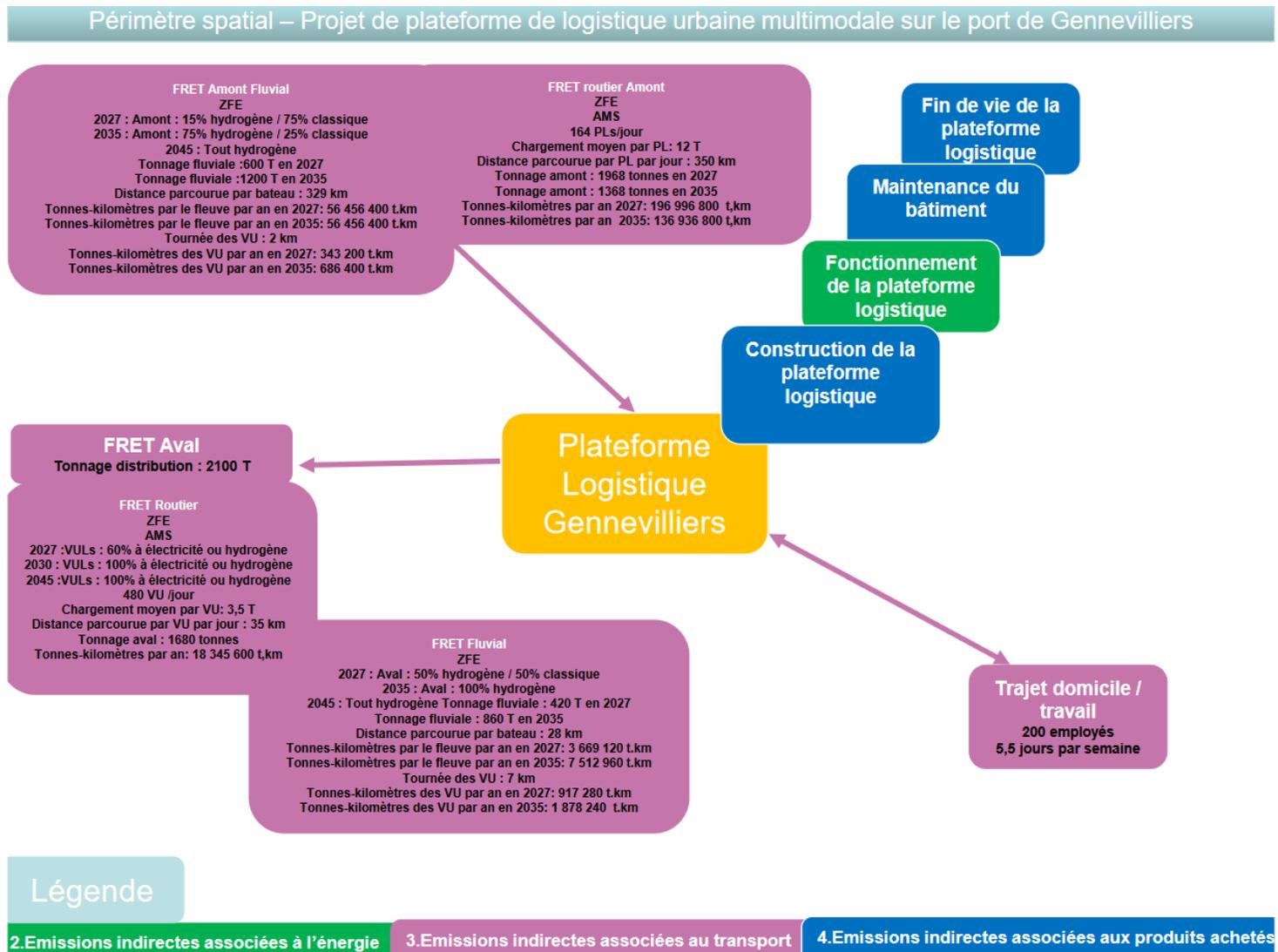


Figure 16 : Données du scénario avec projet par flux (scénario AMS)

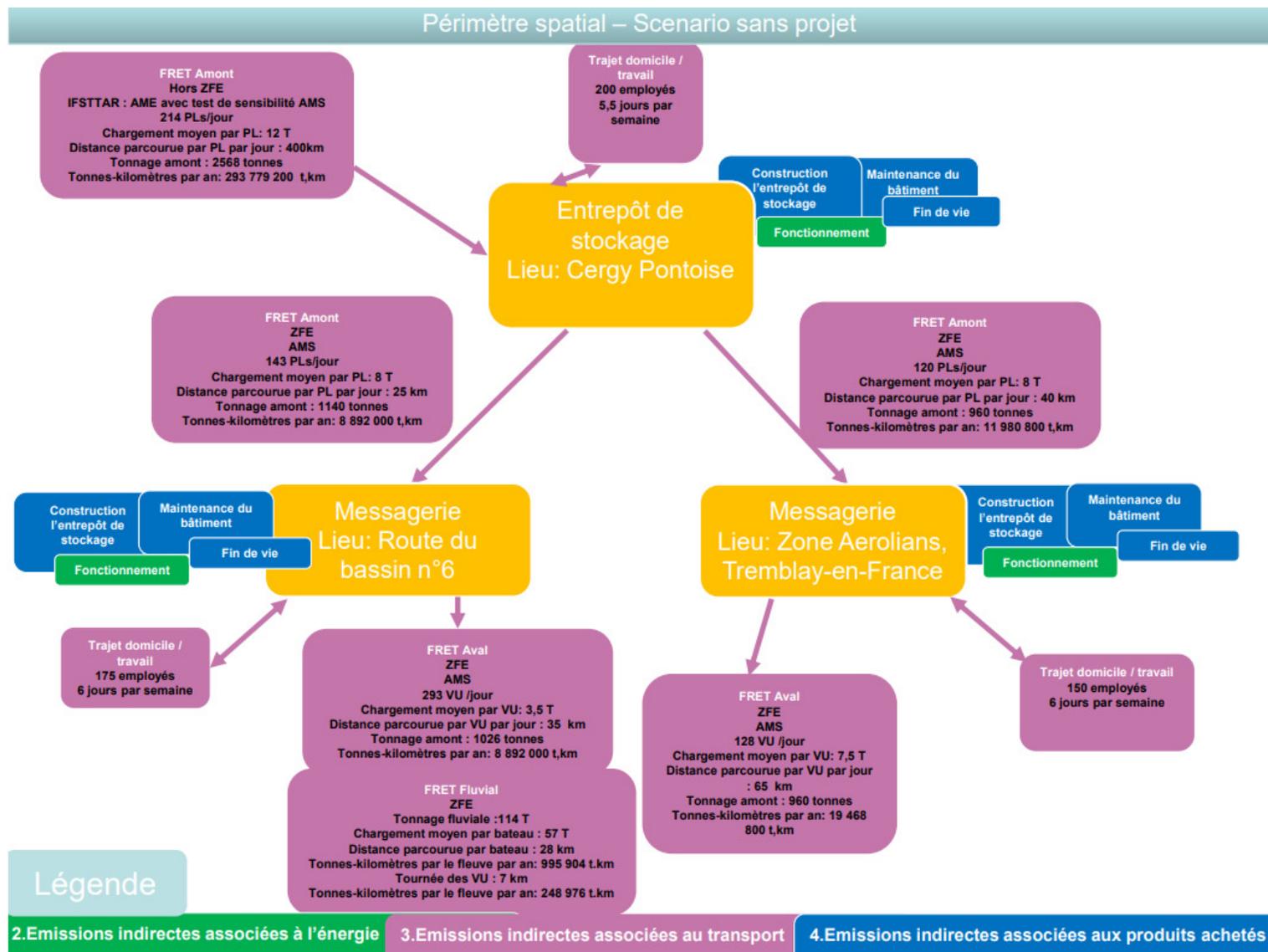


Figure 17 : Données du scénario sans projet par flux (scénario AMS)

Évolution des facteurs d'émissions dans le temps.

Afin d'être le plus fidèle sur l'évolution de la SNBC, la partie combustion des facteurs d'émissions a été calculée pour évoluer dans le temps de manière linéaire et ainsi coller aux scénarios AME et AMS de la SNBC.

Les données utilisées pour faire évoluer l'impact de la combustion sont tirées de la note « Cadrage du scénario de référence » version du 09 mai 2019 pour les études socio-économiques.

Pour faire évoluer les facteurs d'émissions listés dans tableau n°5, suivant le scénario AME, les données suivantes ont été utilisées :

Tableau 10: Facteurs d'émission des carburants (hors effets amonts)

Facteur d'émission en GES	2015	2030	2050	2070
Essence (kg/L)	2,24	2,13	0	0
Diesel (kg/L)	2,49	2,37	0	0
Électricité (kg/kWh)	0,049	0,049	0	0
GNV (kg/kg)	2,16	1,94	0	0
Moyenne VP (g/km)	157,2	94,0	0	0
Moyenne PL (g/km)	844	653	0	0

Tableau 6 : Évolution des facteurs d'émissions des carburants (hors effets amont) pour le scénario AME

Pour faire évoluer les facteurs d'émissions listés dans tableau n°5, suivant le scénario AMS, les données suivantes ont été utilisées :

Tableau 19: Facteurs d'émission des carburants (hors effets amonts)

Facteur d'émission en GES	2015	2030	2050	2070
Essence (kg/L)	2,24	2,24	2,24	0
Diesel (kg/L)	2,49	2,49	2,49	0
Électricité (kg/kWh)	0,049	0,049	0,049	0
GNV (kg/kg)	2,16	2,16	2,16	0
Moyenne VP (g/km)	157,2	120,9	87,2	0
Moyenne PL (g/km)	844	782	672	0

Tableau 7 : Évolution des facteurs d'émissions des carburants (hors effets amont) pour le scénario AMS

9.4. Incertitudes

L'incertitude sur les émissions peut être importante en fonction des postes et des méthodologies de calculs utilisées. L'appréciation de la qualité/incertitude des données d'activité a été évaluée suivant le guide méthodologique « Prise en compte des émissions de gaz à effet de serre dans les études d'impacts ».

Dans le cadre du scénario sans projet, Goodman France a été sollicité pour fournir les données actuelles à disposition, tel que le facteur d'émission pour l'ACV d'un bâtiment de messagerie. Ces données sont considérées avec une incertitude moyenne de 30 %.

L'évaluation des émissions de gaz à effets de serre du scénario avec projet concerne une installation non réalisée. Ainsi il ne s'agit pas de données observées ou mesurées, dites primaires, mais de données extrapolées qui ont été utilisées. Les différents calculs d'émissions de GES se sont basés sur des hypothèses issues du DDAEU de Green Dock et de la documentation. À ces données est associée une incertitude de 30 %.

L'ACV bâtiment Green Dock comporte une incertitude de 15 % à ce stade du projet (voir étude ACV en annexe 1). L'Analyse de Cycle de Vie est une étude itérative qui s'affine au fur et à mesure de la conception et de la réalisation d'un projet. Le bilan carbone définitif n'est connu qu'à la livraison, mais l'étude permet de guider la conception puis la réalisation du projet.

9.5. Les limites de l'étude

Cette étude permet d'avoir une vision de l'impact des deux scénarios décrits dans les paragraphes précédents avec les données actuelles sur l'évolution des émissions dans les secteurs du transport et du bâtiment.

Les facteurs d'émissions utilisés pour les calculs proviennent de la base empreinte et font état des émissions actuelles et non futures.

De ce fait, il n'existe pas présentement un facteur d'émission pour bateau fonctionnant à l'hydrogène, afin de calculer les émissions de ce flux, il a été intégré le facteur d'émission d'un Ro-Ro/Chargement moyen/HFO-MGO. Ce flux est donc surestimé.

Afin de modéliser les facteurs d'émissions dans le temps, nous avons utilisé la méthode décrite dans le paragraphe 9.3. Cependant, cette méthode permet uniquement de faire évoluer la partie combustion des facteurs d'émissions. La partie fabrication et amont des facteurs d'émissions n'évolue donc pas dans le temps et reste inchangée pendant 60 ans. L'absence de données chiffrées sur les facteurs d'émissions (totaux ou partiels) rend la projection effectuée dépendante des hypothèses choisies.

Dans le scénario avec projet, l'impact de la consommation électrique liée aux bornes de recharge est intégré dans la partie consommation énergétique et pèse environ 30 000 tCO₂eq sur 60 ans.

Dans le scénario sans projet, nous n'avons pas pu estimer cet impact. Ce dernier n'est donc pas intégré dans la partie consommation énergétique. Pour cette partie, il y a donc une minimisation de l'impact de la consommation énergétique du scénario sans projet. Cet impact représenterait moins de 5 % de l'impact total du scénario sans projet.

10. Calcul de l'impact du projet

SCENARIO SITUATION SANS PROJET						SCENARIO SITUATION AVEC PROJET	
		Entrepot de stockage à Cergy Pontoise	Messagerie + Ponton Route du bassin n°6	Messagerie Zone AEROLIANS, Tremblay en	TOTAL (t CO2e)		GREEN DOCK
1. Emissions issues de la biomasse	Artificialisation			1188	1 188	Artificialisation	
	Chantier	-	112	93	205	Chantier	1 346
4. Emissions indirectes associées aux produits achetés	Construction et fin de vie du bâtiment	10 880	9 015	7 513	27 408	Construction et fin de vie du bâtiment	77 300
	Consommation énergétique	12 800	6 000	5 000	23 800	Consommation énergétique batimentaire	8 191
2. Emissions indirectes associées à l'énergie						Consommation énergétique des bornes de recharge	29 033
						Emissions évitées par le PV	- 9 523
3. Emissions indirectes associées au transport	Fret amont	1 433 736	20 922	58 470	1 513 128	Fret amont	658 845
	Fret aval		46 450	75 494	121 944	Fret aval	70 288
	Trajet domicile travail	13 550	11 847	10 155	35 552	Trajet domicile travail	47 389
	TOTAL (t CO2e)				1 723 225	TOTAL (tCO2e)	882 869

EMISSIONS CUMULEES PAR SCENARIO	
---------------------------------	--

Scénario sans projet 1 723 225 Teq CO₂ **si l'impact est < 0 alors projet bénéfique pour le climat**
si l'impact est > 0 et notable alors mesures ERC à mettre en place

Scénario avec projet 882 869 Teq CO₂

Impact total - 840 356 Teq CO₂ Impact annualisé = impact total / durée de vie du projet

Impact annualisé - 14 006 Teq CO₂

Le scénario avec projet permet une réduction de **840 356 tCO₂eq** par rapport au scénario sans projet soit une réduction d'un peu plus de 14 000 tCO₂eq par an. C'est donc **49 % de moins que le scénario sans projet**. D'après les objectifs du SDRIF (voir figure 6), les émissions liées aux transports de marchandises dans le projet contribuent à hauteur 0,08% des émissions annuelles imputables aux transports en île de France en 2027 et à hauteur de 0,07% à l'horizon 2050.

Le Fret amont se trouve être le poste le plus impactant, quel que soit le scénario. La globalité des émissions liées aux transports (fret amont, aval et les déplacements domicile-travail) représente 96 % de l'impact global pour le scénario sans projet et 83 % pour le scénario avec projet.

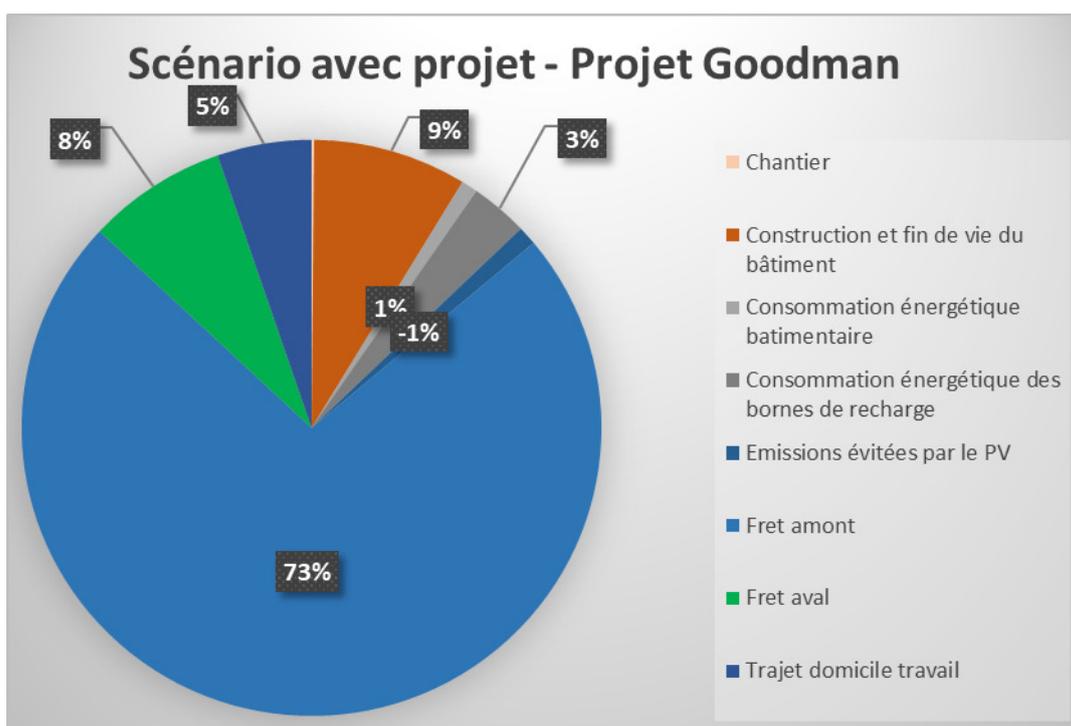
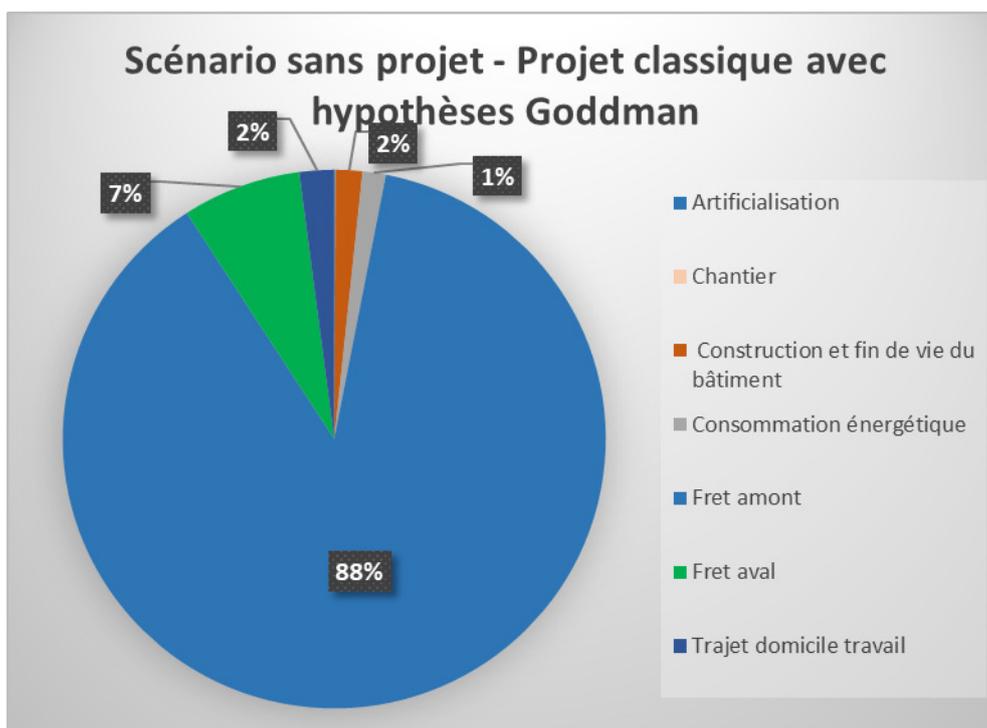


Figure 17 : Impact des scénarios par poste

Dans les deux cas, on remarque que les émissions liées au fret (amont et aval cumulé) occupent la plus grosse part parmi les deux scénarios. C'est donc bien là où les efforts doivent être mis en priorité.

Le choix de l'intermodalité et d'une plateforme logistique regroupant les activités de stockage et de déploiement de flux de distribution, est un pari gagnant en termes de réduction de l'impact carbone.

Pour desservir la même zone et gérer la même quantité de marchandise, le scénario sans projet ne permet pas le développement du fret fluvial amont. Très peu de marchandises pourraient être asservies à la flotte fluviale aval et celle-ci serait donc développée de manière moins conséquente que celle du scénario avec projet.

On peut également observer grâce au tableau n°6 que l'augmentation du trafic fluvial amont permet de diminuer les t.km de marchandises transportées en amont.

État 2027	Sans projet	Avec projet
Fret amont en t.km par an (routier + fluvial)	314 652 000 dont 0 % en fluvial	253 796 400 dont 22 % en fluvial
Fret aval en t.km par an (routier + fluvial)	31 917 600 dont 3 % en fluvial	22 932 000 dont 16 % en fluvial
État 2035		
Fret amont en t.km par an (routier + fluvial)	314 652 000 dont 0 % en fluvial	250 536 000 dont 45 % en fluvial
Fret aval en t.km par an (routier + fluvial)	31 917 600 dont 6 % en fluvial	22 932 000 dont 33 % en fluvial

Tableau 8 : Comparaison des t.km parcourus par scénario

Ce type de plateforme nécessite, comme nous l'avons vu plus haut dans la description du projet, un bâtiment à étage et donc une superstructure plus carbonée que des bâtiments logistiques classiques. Si l'on compare les deux scénarios, on constate que cet investissement est estimé à 49 892 tCO₂eq. Cet investissement n'est rentable que s'il permet des économies suffisantes sur les autres postes comme nous l'avons abordé : les consommations énergétiques et le transport des marchandises. On voit sur la figure 19 ci-dessous que le Temps de Retour Carbone (TRC) est inférieur à 3 ans. Comme on l'a vu dans la figure 17, le poste de transport occupe une proportion si importante des émissions de gaz à effet de serre que les économies carbone s'accroissent extrêmement vite et changent radicalement les conclusions.

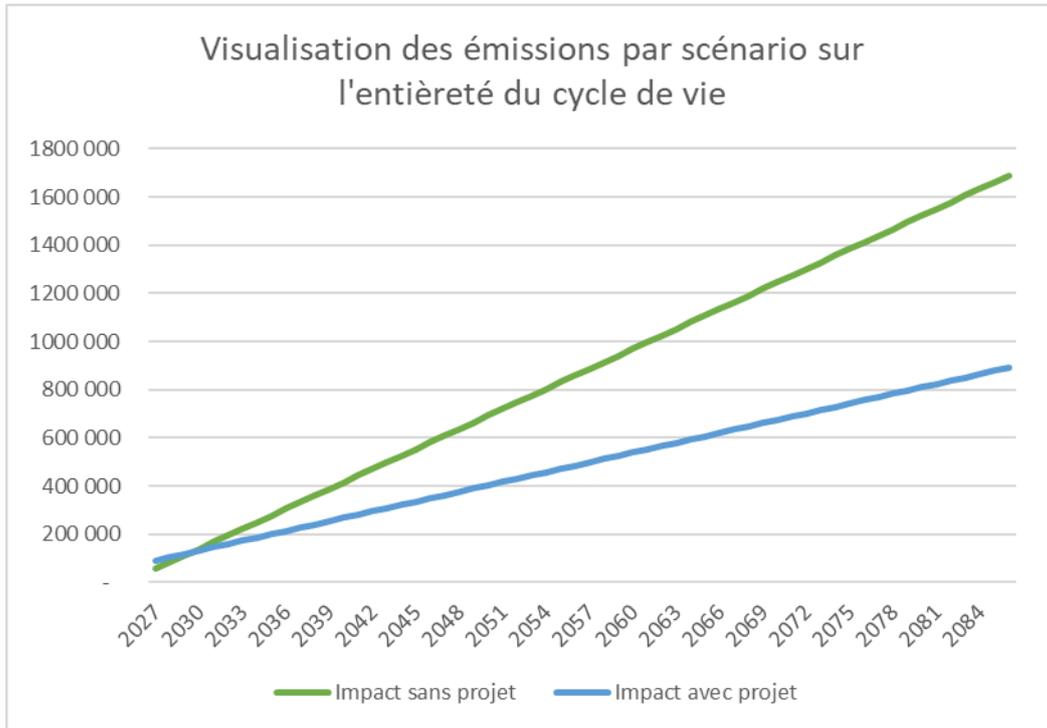


Figure 18 : Comparaison des émissions par scénario en tCO₂eq

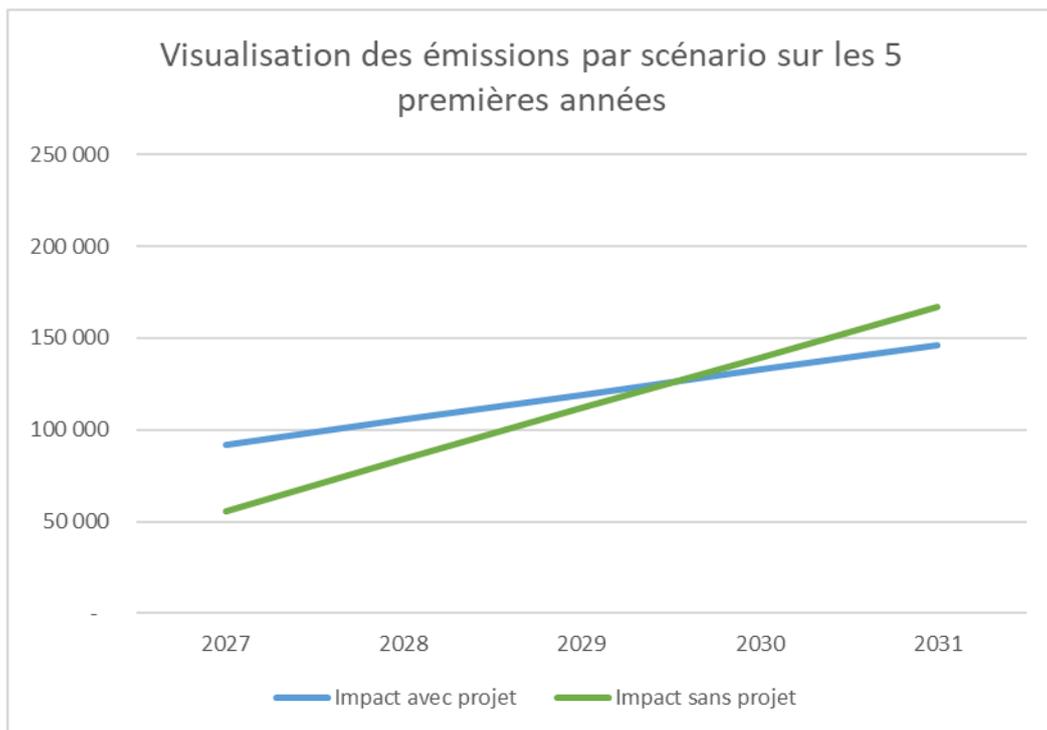


Figure 19 : Comparaison des émissions par scénario en tCO₂ eq sur les premières années du projet

Associer des espaces dédiés aux activités de stockage de marchandises, mais également des espaces permettant le déploiement de flux de distribution et de livraison urbaine dans un bâtiment vertical permet de rapprocher les marchandises au plus près de leur zone de chalandise finale, et ainsi de réduire significativement le nombre de kilomètres par tonnes transportées et donc l'impact du transport de marchandises en comparaison avec un projet classique.

Ici, le projet Green Dock est en mesure de diminuer de 19 % les tonnes-kilomètres parcourus en amont par rapport au scénario sans projet et de 26 % les tonnes-kilomètres parcourus en aval par rapport au scénario sans projet.

10.1. Comparaison du bilan avec les objectifs sectoriels

Un projet qui répond aux enjeux de décarbonation du secteur du transport et de la logistique.

⇒ SNBC

La SNBC impose au secteur de la logistique une baisse de l'ordre de 30 % par rapport à 2017 d'ici 2030. Les engagements pris par Green Dock permettent de réduire les émissions du projet concernant le transport de près de **53 % en 2050 par rapport à l'année de mise en service (2027)**, avec une nette diminution les premières années. Ici, la baisse de 30% est également effective en 2030 par rapport à la date du début du projet à savoir 2027.

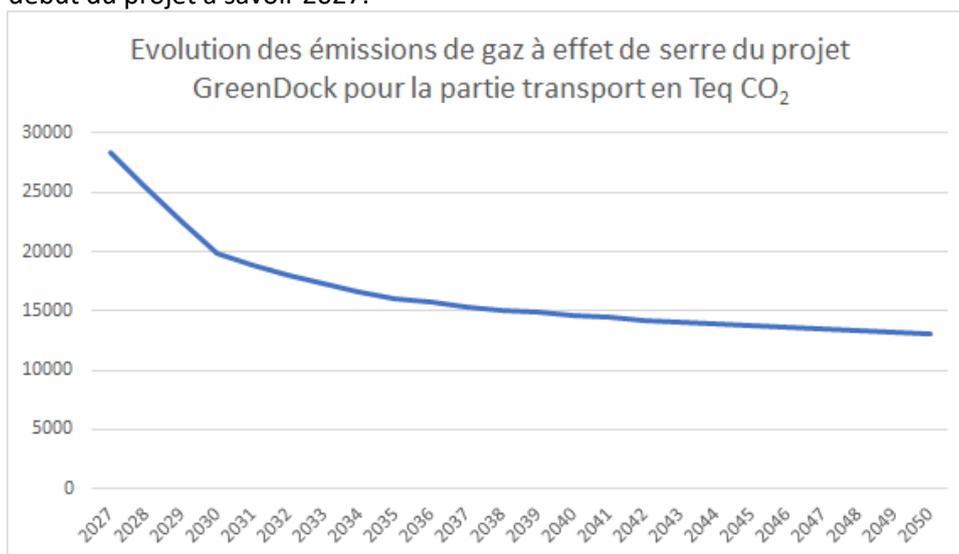


Figure 20 : Évolution de l'impact transport dans le temps

⇒ SDRIF

Si on compare maintenant aux objectifs du SDRIF, le secteur des transports devrait baisser de 74 % en 2050 par rapport à l'année 2027 (première année de fonctionnement du projet).

Le projet quant à lui **diminue ses émissions de 54 % en 2050 par rapport en 2027**.

Afin d'atteindre les objectifs établis dans le cadre du SDRIF, la transformation des flottes de véhicules de transport devra être encore plus rapide que dans le cadre des hypothèses ambitieuses. La transformation des flottes de véhicules de transport retenues dans le cadre du projet Green Dock reste réaliste.

Cette baisse des émissions liées aux transports est notamment due à l'évolution de la flotte de véhicules qui sera utilisée par les futurs usagers de la plateforme logistique. Cette évolution va être permise par l'utilisation de flottes de véhicules zéro-émission qui seront rechargées par les bornes installées sur le site. L'augmentation de la part de ces véhicules se retranscrit dans l'augmentation des émissions liées aux bornes de recharge électrique.

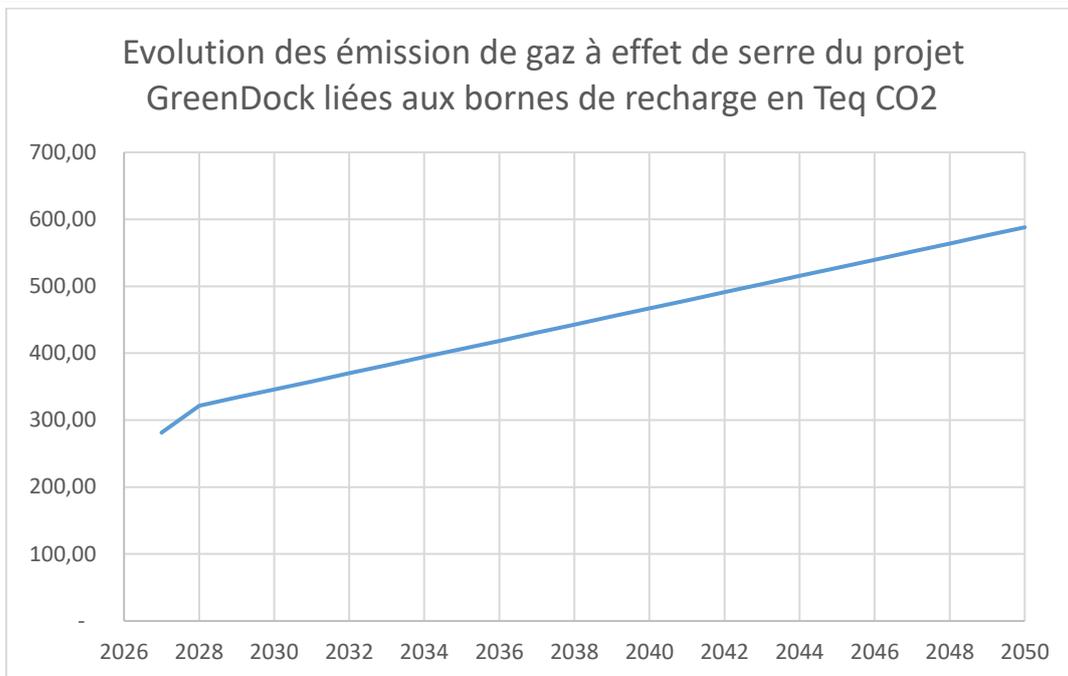


Figure 21 : Évolution de l'impact des bornes de recharge dans le temps

Un test de sensibilité a également été mené afin de vérifier l'impact du scénario sans projet dans une situation où le scénario sans projet était établi avec une hypothèse AMS pour le fret amont.

Le changement d'hypothèse dans la définition du scénario sans projet diminue son impact de 37 % alors que l'impact du scénario avec projet n'évoluerait pas. La différence entre les deux serait donc amoindrie de près de 79 %.

Dans ce contexte, le scénario avec projet aurait un impact plus faible de 19 % par rapport au nouveau scénario sans projet.

Test de sensibilité							
	SCENARIO SITUATION SANS PROJET (AMS pour le fret amont)				SCENARIO SITUATION AVEC PROJET		
		Entrepot de stockage à Cergy Pontoise	Messagerie + Ponton Route du bassin n°6	Messagerie Zone AEROLIANS, Tremblay en France	TOTAL (t CO2e)		GREEN DOCK
1. Emissions issues de la biomasse	Artificialisation			1188	1 188	Artificialisation	
4. Emissions indirectes associées aux produits achetés	Chantier	-	112	93	205	Chantier	1 346
	Construction et fin de vie du bâtiment	10 880	9 015	7 513	27 939	Construction et fin de vie du bâtiment	77 300
2. Emissions indirectes associées à l'énergie	Consommation énergétique	12 800	6 000	5 000	23 800	Consommation énergétique batimentaire	8 191
						Consommation énergétique des bornes de recharge	29 413
3. Emissions indirectes associées au transport	Fret amont	826 656	20 922	28 189	875 767	Fret amont	658 845
	Fret aval		46 450	75 494	121 944	Fret aval	70 288
	Trajet domicile travail	13 550	11 847	10 155	35 552	Trajet domicile travail	47 389
	TOTAL (t CO2e)				1 086 395	TOTAL (tCO2e)	883 249
EMISSIONS CUMULEES PAR SCENARIO							

Scénario sans projet 1 086 395 Teq CO₂

si l'impact est < 0 alors projet bénéfique pour le climat

si l'impact est > 0 et notable alors mesures ERC à mettre en place

Scénario avec projet 883 249 Teq CO₂

Impact total - 203 146 Teq CO₂

Impact annualisé = impact total / durée de vie du projet

Impact annualisé - 3 386 Teq CO₂

Le scénario avec projet permettrait alors, une réduction des émissions de gaz à effet de serre par rapport au scénario sans projet. En effet, même dans un scénario incluant une transition complète, avec des flottes décarbonées à l'horizon 2050, le projet est toujours plus vertueux que des chaînes logistiques classiques parce qu'il permet d'économiser des t.km.

Dans cette configuration, le scénario avec projet permet une réduction de 203 000 tCO₂eq par rapport au scénario sans projet soit une réduction de 3 300 tCO₂eq par an sur l'ensemble de la durée de vie du projet. Soit une réduction totale de près de 19 %.

11. Stratégie environnementale et décarbonation des activités

En résumé, les grands objectifs de décarbonation poursuivis par Goodman France dans le cadre du projet Green Dock sont donc les suivants :

- Minimiser l'impact carbone en intégrant les principes de développement durable suivant une stratégie de décarbonation (Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC3)) conformément à l'objectif national de neutralité carbone d'ici 2050 et le décret tertiaire de 2018 ;
- Assurer une grande qualité des aménagements, notamment au travers du choix des matériaux ;
- Assurer une durabilité dans le temps du bâtiment et des matériaux utilisés.

Ainsi, dans une approche de développement durable, le choix a été fait d'intégrer une démarche de construction respectueuse de l'environnement et des individus. Pour cela des enjeux de développement durable ont été intégrés au projet dès la phase de conception, et les objectifs sont partagés avec l'ensemble des acteurs.

La stratégie environnementale du projet s'appuie sur une comptabilité carbone élargie via la Matrice Net Zéro Initiative (NZI) dont les objectifs sont :

- A. S'efforcer de réduire au maximum les émissions induites par le projet sur le périmètre maîtrisé par l'équipe projet : construction et l'approvisionnement énergétique
- B. Mettre en œuvre les conditions qui permettront à d'autres d'éviter des émissions : les opérateurs logistiques occupant les surfaces du bâtiment, les collectivités, les voisins, la chaîne d'approvisionnement
- C. Maximiser le stockage carbone à longue durée, sur et en dehors du site : dans les produits biosourcés et les espaces végétalisés, et dans les territoires

Une conception ambitieuse dépassant les exigences et les habitudes.

Ainsi, des études de Simulation Énergétique Dynamique (SED) (annexe 2) et d'Analyse en Cycle de Vie (ACV) (annexe 1) sur 60 ans (durée de vie du projet) ont été menées en parallèle de la conception pour évaluer respectivement la consommation énergétique et l'impact carbone des matériaux de construction du projet. Ces études ont permis de challenger les solutions constructives et techniques au regard des enjeux carbone et climatique sur les zones bureaux et les zones à usage logistique. En parallèle, la présente étude des émissions de GES sur l'ensemble de la durée de vie du projet a permis également de faire ressortir les efforts en termes de réduction des émissions liées au trafic amont comme aval.

Le tableau ci-dessous permet de comptabiliser les émissions évitées grâce aux mesures prises par Goodman pour réduire au maximum l'impact du projet Green Dock sur 60 ans.

Comptabilisation	À/je minimise mes émissions de GES	B/ Je réduis les émissions des autres	C/ J'augmente les puits de carbone
Dans ma chaîne de valeur CHEZ MOI	-9 522 tCO ₂ eq		
Dans ma chaîne de valeur EN AMONT ET EN AVAL	-11 789 tCO ₂ eq		
Hors de ma chaîne de valeur		-188 859 tCO ₂ eq	

Tableau 9 : Comptabilisation carbone des mesures visant à réduire l'impact du projet

Les engagements ou **mesures complémentaires** ayant permis la réduction des émissions comptabilisées en tableau 9, sont décrits dans le tableau 10 ci-dessous.

Tableau 10 : Engagements permettant de réduire l'impact du projet

Les engagements correspondants	A/je minimise mes émissions de GES	B/ Je réduis les émissions des autres	C/ J'augmente les puits de carbone								
<p>Dans ma chaîne de valeur « Projet Green Dock »</p>	<p>Grâce à une étude de Simulation Energétique Dynamique, les bâtiments sont peu consommateurs d'énergie grâce à :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une grande compacité, - Des enveloppes très performantes et étanches à l'air, avec une attention particulière sur les cellules logistiques et les portes sectionnelles, démarche jamais vu sur ce type d'usage, - Une Gestion Technique du Bâtiment robuste dont les régulations seront élaborées dès la conception, permettant de bien ajuster - Des équipements efficaces et peu carbonés : Pompe à Chaleur couplé à un système de géothermie d'une puissance de 1 MW, Centrales de Traitement d'Air avec échangeur à hauts rendements, installation photovoltaïque de 2,7 MWc sur la façade sud et en toiture du projet. La production photovoltaïque permet de couvrir 27% des consommations énergétiques du site, - Une réflexion sur l'évolutivité du bâtiment par le choix d'un mode constructif robuste et facilement transformable pour éviter les futures restructurations lourdes. - Une attention à l'utilisation de produits plus durables qui évitent l'obsolescence programmée. <p>Ces dispositions permettent de limiter les consommations sur l'ensemble des postes bâtimentaires, ce qui se traduit par seulement 8 191 tCO₂eq d'émissions sur les 60 ans d'exploitation. La consommation énergétique totale du projet sur 60 ans représente au total un poids carbone de 27 701 tEqCO₂</p> <table border="1" data-bbox="300 967 992 1150"> <tbody> <tr> <td>Émissions bâtimentaires énergétiques (tCO₂eq)</td> <td>8 191</td> </tr> <tr> <td>Émissions bornes de recharge (tCO₂eq)</td> <td>29 033</td> </tr> <tr> <td>Émissions évitées par le PV (tCO₂eq)</td> <td>- 9 523</td> </tr> <tr> <td>Emissions totales énergétiques (tCO₂eq)</td> <td>27 701</td> </tr> </tbody> </table> <p>La sobriété matérielle a également été recherchée avec le recours à des modes constructifs bas carbone :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une sobriété matérielle par le choix d'un mode constructif robuste et de produits durables. Une réflexion sur l'évolutivité du bâtiment a été menée afin de limiter les impacts des rénovations/ restructurations futures et d'éviter le risque d'obsolescence rapide du bâtiment, 	Émissions bâtimentaires énergétiques (tCO ₂ eq)	8 191	Émissions bornes de recharge (tCO ₂ eq)	29 033	Émissions évitées par le PV (tCO ₂ eq)	- 9 523	Emissions totales énergétiques (tCO₂eq)	27 701	/	<p>Augmentation des espaces verts : 12 661m² de surfaces de pleine terres, plantées de différentes strates arbustives, soit une renaturation de 15% de la surface de la parcelle (de 5% avant le projet à 20% avec le projet de la surface totale du terrain). Création de 15 345 m² de surfaces végétalisées en toiture du projet.</p>
Émissions bâtimentaires énergétiques (tCO ₂ eq)	8 191										
Émissions bornes de recharge (tCO ₂ eq)	29 033										
Émissions évitées par le PV (tCO ₂ eq)	- 9 523										
Emissions totales énergétiques (tCO₂eq)	27 701										

Les engagements correspondants	À/je minimise mes émissions de GES	B/ Je réduis les émissions des autres	C/ J'augmente les puits de carbone
	<p>réduction de la quantité de matériaux utilisés via par exemple la préfabrication d'un maximum d'éléments ou des simulations avec scénario climatique futur.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Structure bois pour la partie bureaux (les contraintes structurelles du bâtiment de bureaux étant moins importantes que sur le reste du projet) - Cloisons en terre crue dans les bureaux, utilisation de matériaux réemployés et biosourcés ; - Mise en œuvre d'enrobés et de béton intégrant des matériaux recyclés, et d'une partie des éléments structurels en béton bas carbone. Ces solutions seront approfondies dans les phases avancées du projet, à travers des échanges avec les acteurs des différentes filières, et les études de projet détaillées. <p>L'étude ACV a évalué à seulement 838 kgCO₂eq/m² (soit environ 77 300 tEqCO₂) le poids carbone des produits de construction et équipements envisagés</p> <p>Émissions évitées supplémentaires grâce à la mise en place d'une toiture en grande partie solaire (toiture entrepôts et auvents) : 9 522 tCO₂eq</p>		
<p>Dans ma chaîne de valeur « EN AMONT ET EN AVAL »</p>	<p>Imposition par Goodman France dans le cadre de ses baux commerciaux de l'utilisation de flottes de véhicules répondant aux objectifs poursuivis dans le cadre du projet.</p> <p>Émissions évitées supplémentaires grâce au choix d'une flotte automobile et fluviale aval zéro émission : 11 789 tCO₂eq</p> <p>En termes de circulation automobile et de circulation fluviale, les projections de décarbonation considérées pour le projet Green Dock sont les suivantes :</p> <p>Flotte automobile amont zéro émission (électrique ou hydrogène) selon évolution suivante :</p> <p>Les projections de décarbonation retenues sont basées sur le scénario IFSTTAR « avec mesures supplémentaires » dit AMS, basé sur les scénarios prospectifs énergie-climat-air élaborés par le Ministère de la Transition Ecologique.</p> <p>Flotte fluviale Fret amont 100% zéro émission en 2045 selon évolution suivante :</p> <p>2027 : Amont : 15% hydrogène / 75% classique</p> <p>2035 : Amont : 75% hydrogène / 25% classique</p> <p>2045 : Amont : tout hydrogène</p>	/	/

Les engagements correspondants	A/ Je minimise mes émissions de GES	B/ Je réduis les émissions des autres	C/ J'augmente les puits de carbone
	<p>⇒ Le poids carbone du Fret AMONT du scénario avec projet est de 658 845 tonnes équivalent CO2 pour la période 2027-2087. Pour rappel, celui du scénario sans projet s'élève à plus d'1,5 millions de tonnes équivalent CO2 sur cette même période.</p> <p>Flotte automobile fret aval zéro émission (électrique ou hydrogène) selon évolution suivante : 2027 :VU : 60% à électricité ou hydrogène 2030 : VU : 100% à électricité ou hydrogène 2045 :VU : 100% à électricité ou hydrogène Flotte fluviale Fret aval 100% zéro émission à partir de 2035 selon évolution suivante : 2027 : Aval : 50% hydrogène / 50% classique 2035 : Aval : 100% hydrogène. 2045 : Aval : tout hydrogène</p> <p>⇒ Le poids carbone du Fret AVAL du scénario avec projet est donc de 70 288 tonnes équivalent CO2 pour la période 2027-2087. À titre de comparaison, celui du scénario sans projet s'élève environ 120 000 tonnes équivalent CO2 sur cette même période.</p> <p>Les émissions de gaz à effet de serre liées aux transports (fret amont, aval et déplacements domicile-travail) du scénario avec projet sont 54 % plus faibles que celles si le projet Green Dock n'était pas mis en place.</p>		
Hors de ma chaîne de valeur	/	<p>Mobilités décarbonées pour les utilisateurs et les marchandises</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flux Baisse de 20% des tonnes-kilomètres transportés en amont grâce à une plateforme multimodale regroupant les activités d'entrepôt et de cross-docking. - Mise en place de bornes de recharge électrique pour PL et VL (les VU ne sont pas concernés par le fait de réduire les émissions des 	<p>Projet de logistique multimodale, densifiée, permettant d'éviter l'artificialisation de terres naturelles ou agricoles, à la périphérie de la métropole parisienne.</p>

Les engagements correspondants	A/ je minimise mes émissions de GES	B/ Je réduis les émissions des autres	C/ J'augmente les puits de carbone
		<p><u>autres car ça permet de réduire les émissions GES du projet– voir engagement « Dans ma chaîne de valeur « EN AMONT ET EN AVAL »)</u></p> <p>Les installations électriques du site ont été pensées pour anticiper une augmentation du nombre de bornes de recharge électriques d'ici à 2050 pour accompagner la décarbonation du secteur.</p> <p>2027 : pour les PL et porteurs (logistique amont), 4 places seront équipées de bornes de recharge présentant une puissance unitaire de 150kW, soit 600 kW au total. 25% des places VLs (99) seront équipées de bornes présentant une puissance unitaire de 11kW, soit 1,1 MW au total.</p> <p>Chaque zone de parking vélo accueillera quatre points de recharge dédiés aux vélos électriques, d'une puissance unitaire inférieure à 0,5kW, soit une puissance totale inférieure à 4kW.</p> <p>2050 : pour les PL et porteurs (logistique amont), 10 bornes de 150 kVA soit 1500 kW au total. 100% des places VLs (388) seront équipées de bornes. Pour les vélos, idem 2027.</p>	

Les engagements correspondants	A/ je minimise mes émissions de GES	B/ Je réduis les émissions des autres	C/ J'augmente les puits de carbone
		Émissions évitées supplémentaires grâce au choix d'une plateforme multimodale et la mise en place de bornes de recharges pour les poids lourds : 188 859 tCO2eq	

Un projet répondant aux enjeux de décarbonation du secteur du transport et de la logistique.

Du fait de sa conception, sa consommation énergétique ainsi que de l'optimisation du trafic, le projet Green Dock prend en compte les orientations de la SNBC.

Un impact minimal sur l'artificialisation des sols

Il respecte également l'objectif du SDRIF qui vise une zéro artificialisation nette. Le projet permettra de convertir des zones imperméables en zones végétalisées, permettant de rétablir en partie l'équilibre des sols, de faciliter l'écoulement de l'eau et de créer des zones favorables à la biodiversité.

Un chantier à faible impact environnemental

Pour l'heure, d'après le bilan estimatif des déblais/remblais, le chantier aura un impact de 1 365 tCO₂eq représentant moins de 1 % de l'impact total du projet.

Le porteur de projet s'engage dans une démarche de chantier à faible impact environnemental en lien avec la certification BREEAM International 2016. Le chantier sera contrôlé à l'avancement par un responsable environnement chantier missionné par le porteur de projet et son AMO.

La démarche chantier à faible impact environnemental porte également sa contribution en termes de réduction de son empreinte carbone, à savoir :

- Émissions carbone du chantier : réflexion sur l'approvisionnement choix de fournisseurs et partenaires locaux, un suivi des émissions liées aux engins de chantier, aux livraisons des produits et matériaux sur site et à l'enlèvement des déchets.

Dans une moindre mesure, les engagements suivants contribuent également à la réduction de l'empreinte carbone :

- Gestion des déchets : encourager la préfabrication hors site, limiter la production de déchets, valoriser au minimum de 85 % la masse de déchets produite, trier sur site
- Consommations d'eau et d'énergie : compteurs communicants pour le suivi des consommations du chantier et de la base vie, installations de chantier économes (équipements performants, régulation, réutilisation des eaux...)

La part des nuisances et des émissions carbone liées au transport de produits et matériaux de construction pourra être réduite en utilisant le transport fluvial et l'accès direct au quai public à côté du site.

Cette étude permet d'avoir une vision de l'impact global du projet avec les connaissances et les facteurs d'émissions que nous avons à l'heure d'aujourd'hui.

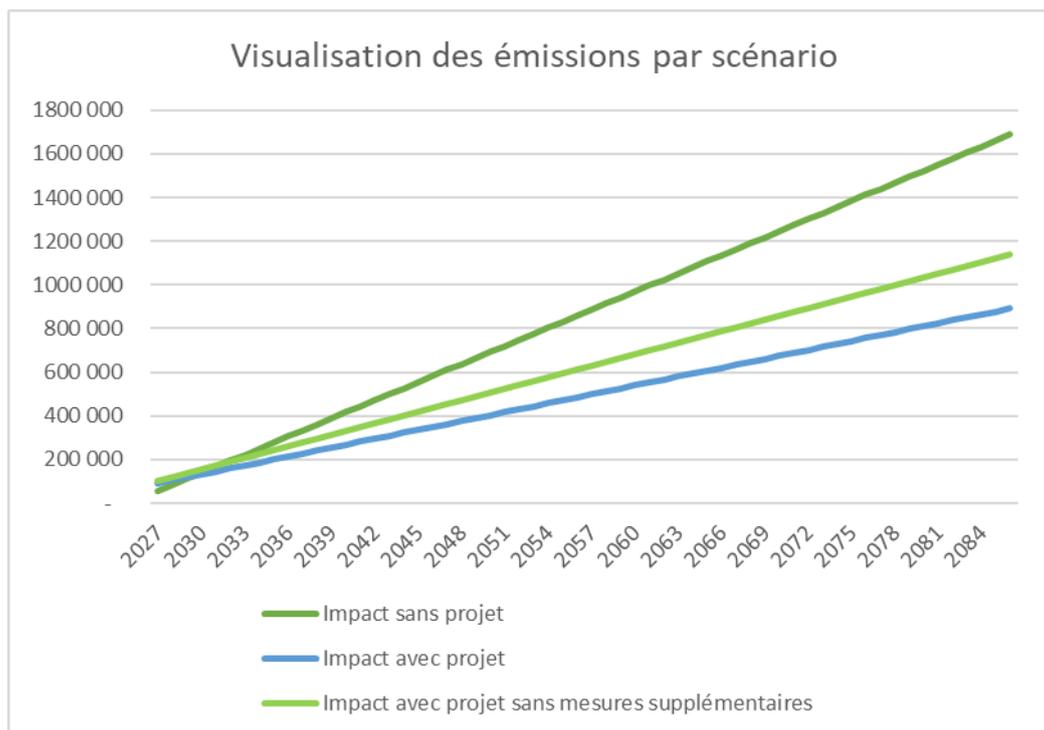


Figure 22 : Émissions en tCO₂eq par scénario

Si le projet Green Dock est plus carboné à la construction qu'un entrepôt classique, notamment par l'impact de la superstructure, le projet permet de diminuer grandement les émissions sur la phase d'exploitation grâce à l'utilisation d'énergies 100 % décarbonées et la décarbonation des flux amont et aval permise par le projet.

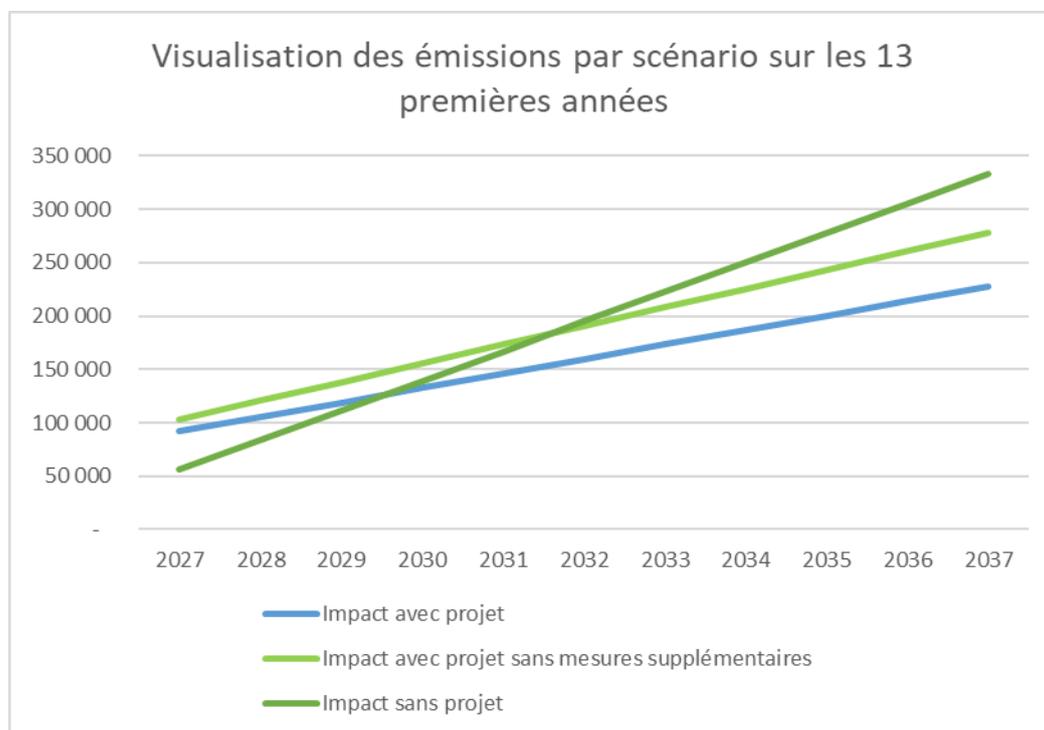


Figure 23 : Émissions en tCO₂eq par scénario

Comme le montre la figure 22 :

- Si le projet Green Dock n'avait pas intégré les engagements listés dans le tableau 9, l'impact du projet aurait été plus important (210 000 tCO₂eq supplémentaires sur 60) différence entre la courbe vert clair et bleue dans la figure 22.
- **Le projet Green Dock permet une réduction de plus de 840 000 tCO₂eq par rapport au scénario sans projet (différence entre courbe verte et bleue dans la figure 22) soit une réduction d'un peu plus de 14 000 tCO₂eq par an sur l'ensemble de la durée de vie du projet. Soit une réduction totale de près de 49 %.**

On peut aussi mettre en exergue que les mesures complémentaires permettent de réduire le Temps de Retour Carbone de 5 ans à seulement 3 ans.

Ce résultat est **excessivement faible et témoigne bien de l'effort mis en place par Goodman France et l'équipe de maîtrise d'œuvre** sur le projet Green Dock.

12. ANNEXES

12.1. Annexe 1 : Rapport d'étude « Note carbone » réalisé par Elioth



Green Dock

Port de Gennevilliers

Note carbone

BILAN CARBONE

30/11/2023

SUIVI DES MODIFICATIONS

INDICE	MODIFICATIONS	DATE D'EMISSION	ETABLI PAR	VALIDE PAR	Approbation
1	Rédaction	04/07/2023	CM / KG	QG	MJ
2	Mise à jour	30/11/2023	CM	QG	MJ

1 - INTRODUCTION	4
1.1 - Contexte global.....	4
1.2 - Projet de GreenDock.....	4
2 - OBJECTIFS	5
3 - MÉTHODES ET DONNÉES D'ENTRÉES	6
3.1 - Le bilan carbone	6
3.2 - La RE2020.....	7
3.3 - Analyse de Cycle de Vie sur 60 ans.....	9
3.4 - Données d'entrées	9
4 - RÉSULTATS	13
4.1 - Global	13
4.2 - Entrepôt	15
4.3 - Bureaux.....	18
5 - BILAN CARBONE SUR 60 ANS	24
6 - CONCLUSION.....	27

1 - INTRODUCTION

1.1 - Contexte global

Il est primordial aujourd'hui, à la lumière de la COP26 et du 6^{ème} rapport du GIEC, de pouvoir évaluer la performance d'une construction en termes d'émissions de gaz à effet de serre. La lutte contre le changement climatique est le défi de notre siècle et la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) fixe les trajectoires nécessaires pour que la France respecte l'objectif de neutralité carbone en 2050. Cela passe impérativement par la **réduction d'émissions de CO2** de la construction elle-même, par la **réduction des consommations énergétiques** du bâtiment mais aussi par le travail sur les autres contributeurs aux émissions de gaz à effet de serre (GES) de nos cadres de vie.

L'Analyse de Cycle de Vie du projet Green Dock est différente d'une Analyse de Cycle de Vie standard appliquée dans le cadre de projets logistiques classiques. En effet, le projet Green Dock réinterroge le modèle de l'entrepôt en RDC, positionné en zone périurbaine, et propose le développement d'une plateforme logistique proche des zones urbaines et qui mutualise les fonctions de stockage et de distribution. Afin de répondre notamment aux objectifs de la ZAN, le projet Green Dock consiste en la densification, sur une parcelle de faible surface, d'espaces logistiques superposés auxquels accèdent les véhicules (Poids Lourds, Véhicules Utilitaires) liés aux opérations logistiques. Dans le cadre de la démarche d'ACV du projet, trois études sont réalisées :

- Le bilan carbone de la partie construction ;
- La Simulation Energétique Dynamique du projet permettant de dresser le bilan carbone en exploitation des bâtiments constituant le projet ;
- Le bilan Gaz à Effet de Serre, permettant de compiler les résultats du bilan carbone construction, de la SED ainsi que de la composante bilan carbone liée à la partie transport du projet.

La présente note est dédiée à l'étude du bilan des émissions de gaz à effet de serre des produits de construction seuls.

1.2 - Projet de GreenDock

L'opération consiste au développement, sur une friche industrielle, d'une plateforme de logistique urbaine multimodale à étages dans la commune de Gennevilliers (92230), accueillant des espaces logistiques et de bureaux sur un terrain d'une surface de 6,3 hectares. Cette plateforme est composée de deux bâtiments comprenant chacun un double bloc de surfaces logistiques auquel est adjoint un bloc de bureaux. Chaque bâtiment comprend un sous-sol destiné au stationnement des véhicules légers (employés et véhicules utilitaires légers de type VUL).

Les grands objectifs de la démarche de conception environnementale mise en œuvre dans le cadre du projet sont les suivants :

- Minimiser l'impact carbone du projet en intégrant les principes de sobriété, d'optimisation et de durabilité sur l'ensemble du projet ;
- Porter une ambition forte sur les blocs bureaux grâce aux modes constructifs intégrant des matériaux biosourcés, réemployés ou recyclés ;
- Assurer une durabilité dans le temps du bâtiment et des matériaux utilisés ;

La présente étude permet de quantifier les impacts environnementaux du projet et d'évaluer sa performance environnementale par rapport aux différents objectifs fixés. Elle propose une première évaluation du calcul en méthode statique applicable sur l'ensemble du projet, et du calcul RE2020 applicable sur la partie bureaux.

Ensuite, une autre version du calcul ajusté sur une durée de vie du bâtiment de 60 ans est proposée pour servir à un calcul global d'émissions de gaz à effet de serre sur un périmètre intégrant les autres grands postes d'émissions.

Cette note est rédigée au stade **APS** du projet.

2 - OBJECTIFS

Afin d'inscrire le projet dans une approche de développement durable, le choix a été fait d'intégrer une démarche de construction respectueuse de l'environnement et des individus. Pour cela des enjeux de développement durable sont intégrés au projet dès la phase de conception, et les objectifs sont partagés avec l'ensemble des acteurs.

Depuis le 1^{er} juillet 2022, les projets de construction de bureaux sont soumis à la RE2020. Le projet est conçu afin de dépasser l'exigence réglementaire puisque l'objectif d'atteinte du niveau 2025 est retenu dans le cadre de sa conception.

3 - SYNTHÈSE DES RESULTATS

Conformément à l'objectif, les efforts menés sur les blocs de bureau issus des nouvelles pratiques de la construction permettent de limiter les émissions de gaz à effet de serre à **seulement 678 kgCO₂eq/m² et donc de respecter le niveau 2025 de la RE2020.**

Années	Seuils pivot	Seuils I _c construction modulé	I _c construction
2022	980	823	678 (-145)
2025	810	683	678 (-5)

L'évaluation sur l'ensemble du projet est de **838 kgCO₂eq/m² sur les 60 ans de vie** théorique du bâtiment. Ce résultat prend en compte la construction, le renouvellement des différents produits de construction et la démolition au bout des 60 ans. Ce résultat, plus élevé que pour une plateforme logistique en rez-de-chaussée, reflète l'investissement matière complémentaire mobilisé dans le cadre du projet, notamment au niveau des superstructures employées pour la construction de cet entrepôt à étages. Toutefois, l'investissement carbone consenti au niveau des matériaux de construction est à mettre en perspective des gains et émissions évitées par le projet décrits dans le Bilan de Gaz à Effet de Serre de l'opération.

4 - MÉTHODES ET DONNÉES D'ENTRÉES

4.1 - Le bilan carbone

4.1.1 - Méthodologie de calcul

Le bilan carbone est calculé à l'aide d'une **étude d'Analyse de Cycle de Vie (ACV)**. C'est une méthode d'évaluation environnementale qui permet de quantifier l'impact d'un produit pendant son cycle de vie, détaillé suivant les phases présentées ci-dessous :

- (Module A1-A3) La phase fabrication du produit de construction : elle inclut l'extraction, le transport des matières premières jusqu'à l'usine et les procédés de fabrication ;
- (Module A4-A5) La phase de construction : y compris le fret et la mise en œuvre ;
- (Module B) La phase utilisation : elle comprend la maintenance et/ou le remplacement du produit, ainsi que les consommations d'eau et d'énergie liées ;
- (Module C) La phase de fin de vie : elle inclut la déconstruction de l'ouvrage, le transport des déchets et leur traitement dans des filières adaptées.
- (Module D) Potentiel de réutilisation, récupération, recyclage

Un corpus normatif conséquent permet de définir le cadre d'évaluation et les méthodes de calcul des performances d'un bâtiment :

- NF EN ISO 14044 : spécifie les principes et le cadre applicables à la réalisation d'ACV ;
- NF EN 15804 : fournit le tronc commun des règles de catégories de produits pour les déclarations environnementales de Type III relatives à tout produit et service de construction ;
- NF EN 15978 : fournit la méthode de calcul reposant sur l'analyse du cycle de vie (ACV) et d'autres informations environnementales quantifiées, qui permet d'évaluer la performance environnementale d'un bâtiment.

L'ACV est réalisée, dans le cadre français, uniquement à partir des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES). L'étude réalisée se base sur la méthodologie E+C-. Le bilan carbone du projet comprend deux indicateurs d'émissions de gaz à effet de serre : le « Eges-PCE » et le « Eges ».

Il n'est pas possible d'utiliser des FDES qui ne seraient pas obtenues par la base de données INIES ou un configurateur validé par le CSTB. Notons qu'une FDES a une durée de validité qu'il faut respecter au moment de la livraison. Si une FDES arrive à terme avant la fin de chantier il faut s'assurer que le fabricant de matériaux mette à jour sa FDES et qu'elle soit intégrée dans INIES à la date de réception.

L'indicateur « **Eges-PCE** » est la somme de l'empreinte carbone de l'ensemble des produits de construction et équipements mis en œuvre dans le projet tout au long son cycle de vie. Il est calculé comme suit :

$$\text{Eges-PCE} \text{ [kgCO}_2\text{e/m}^2\text{SDP]} = \sum \text{Quantité des éléments constructifs} \times \text{Empreinte carbone par unité fonctionnelle} \times \text{Taux de remplacement sur 50 ans}$$

L'indicateur « **Eges** » représente le bilan carbone sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment, y compris les produits de construction, les consommations énergétiques en phase chantier et en exploitation, ainsi que les consommations et rejets d'eau :

$$\text{Eges} \text{ [kgCO}_2\text{e/m}^2\text{SDP]} = \text{Eges-PCE} + \underbrace{\text{Consommations énergétiques [kWhEF]} \times \text{Facteur de conversion [kg CO}_2\text{ éq. / kWhEF]}}_{\text{Émissions CO}_2\text{ des consommations d'énergie}} + \text{Émissions CO}_2\text{ des postes Eau et Chantier}$$

4.1.2 - Outils et base de données

La présente étude a été effectuée grâce à un outil Excel interne. Cet outil réalise une ACV à partir des FDES (spécifiques, collectives ou DED) issues de la base de données INIES, conformément à la méthodologie de l'ACV.

La base de données utilisées est celle d'INIES. Il s'agit de la base nationale française de référence sur les déclarations environnementales et sanitaires des produits, équipements et services ; qui compile les fiches environnementales de matériaux (FDES) existantes. Ces fiches synthétisent l'évaluation environnementale des produits et équipements avec une approche multi-indicateurs. Les fiches sont fabriquées selon la norme NF EN 15804 et le complément national, et sont vérifiées par un vérificateur externe avant leur publication sur INIES. Elles sont produites sur la base d'une unité fonctionnelle sur laquelle le calcul de l'ACV est réalisé.

Il existe trois types des fiches environnementales ou FDES, utilisées en fonction des informations disponibles :

- Les fiches spécifiques ou individuelles, qui caractérisent un produit précis ;
- Les fiches collectives, qui caractérisent un produit ou famille de produit de plusieurs fabricants, dont certaines sont paramétrables via des outils en ligne ;
- Les données environnementales par défaut, créées pour combler le manque de fiches produits pour un type d'élément, elles sont pénalisantes car les coefficients de sécurité peuvent aller jusqu'à +100%.

Différents configurateurs de FDES sont aussi acceptés pour le calcul du niveau d'émission de gaz à effet de serre. On citera les configurateurs suivants : **BETie** (configurateur de bétons), **Environnement-IB** (configurateur de produits préfabriqués en béton), **DE-BOIS** (configurateurs d'éléments en bois) et **SAVE** (configurateur d'éléments en acier).

4.2 - La RE2020

4.2.1 - Présentation

La nouvelle réglementation environnementale **RE2020** est l'aboutissement de l'expérimentation E+C- et introduit pour la première fois des limites d'émissions de GES lors de la vie d'un bâtiment neuf hors atteinte de label.

4.2.2 - Méthodologie de calcul

Même si la méthodologie s'appuie sur celle développée par l'E+C-, on peut noter des modifications importantes :

- **Surface de référence différente** : la Surface Utile et la Surface Habitable (SU et SHAB)
- **Nouveaux seuils, dégressifs** avec le temps :

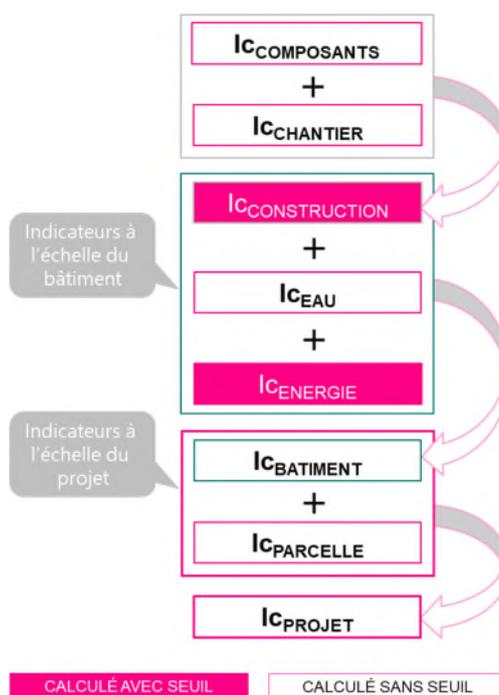
	Valeurs de $I_{c,construction_max}$ moyen (kg éq. CO ₂ /m ²)			
	2022	2025	2028	2031
Maison ind.	640	530	475	415
Logement coll.	740	650	580	490
Bureaux	980	810	710	600

Enseignement	900	770	680	590
--------------	-----	-----	-----	-----

Nota : Les valeurs du tableau sont des valeurs moyennes soumises à modulations. Le seuil exact à respecter du projet sera donné par la suite

Ces seuils sont la transcription de l'objectif de neutralité à horizon 2050 établi par la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC).

- **Nouveaux indicateurs** dont l'organisation est expliquée ci-contre. Les deux indicateurs avec exigence réglementaire sont :
 - $I_{\text{construction}}$ qui s'apparente à l'Eges-PCE de l'E+C-
 - $I_{\text{énergie}}$ qui s'apparente au contributeur énergie



Les autres indicateurs doivent être calculés et fournis à titre indicatif dans l'ACV réglementaire.

- **L'ACV dynamique** est le changement majeur dans la méthodologie de calcul. Dans cette méthode, on s'attache à allouer une temporalité aux émissions de CO_2eq sur 50 ans. Une fois le calcul fait, on utilise des coefficients de pondération de l'empreinte carbone d'un produit qui décroît avec le temps. Cette méthode de calcul permet de favoriser les produits dont les émissions sont plus importantes en fin de vie qu'à leur fabrication, comme tous les matériaux biosourcés. Les produits employés doivent être couverts par des FDES, comme pour le label E+C-.
- **Le périmètre de calcul** est aussi un peu différent. Une partie des lots forfaitaires en E+C- (lots techniques) doit maintenant être calculée.
- Application au 1^{er} janvier 2022 pour les constructions neuves de Maisons Individuelles et Logements Collectifs, **Application au 1^{er} juillet 2022 pour les constructions neuves de Bureaux et d'Enseignement** primaire et secondaire.

Dans la pratique, le Maître d'Ouvrage s'engage au moment du Permis de Construire à réaliser une Analyse de Cycle de Vie conforme à la méthode RE2020 durant la phase conception. Dans le cadre de la déclaration d'ouverture de chantier, l'étude doit pouvoir être fournie durant toute la durée du chantier. Elle doit contenir

l'ensemble des indicateurs avec exigence réglementaire et à portée indicative. Enfin, l'étude doit être mise à jour en fin de phase Réalisation. **Il est important de ne pas comparer les résultats entre la méthodologie E+C- avec l'évaluation RE2020 en raison de toutes les différences listées ci-dessus.**

4.2.3 - Périmètres d'étude

Le projet est soumis à la **Réglémentation Environnementale** en vigueur à la date du dépôt du permis de construire, c'est-à-dire la RE2020. Cette dernière s'applique aux projets de construction neuve de **bureaux** depuis le 1^{er} juillet 2022.

La **surface utile** (SU) de l'**espace bureaux** concerné est de **10 904 m²**. Elle comprend :

- 4 niveaux de bureaux par bâtiment ;
- 4 niveaux de vestiaires associés par bâtiment ;
- Un niveau de restauration par bâtiment.

Adjoint à ces espaces de bureaux se trouve un grand **espace de logistique** (non soumis à la RE2020) où se trouve des surfaces de stockage et des surfaces de distribution, dédiées à la logistique du dernier kilomètre.

De part et d'autre des espaces de logistiques viennent se positionner des espaces de manœuvre et de stationnement pour camions afin de permettre le chargement et déchargement de ceux-ci. Les deux bâtiments ainsi que les cours camions sont reliés par des voiries situées au Sud du site. Deux rampes aux extrémités permettent aux véhicules lourds d'accéder à l'ensemble des niveaux de la plateforme.

Les **surfaces de projet** (SDP et SU) utilisées pour le calcul ACV sont les suivantes :

- SDP entrepôt : 80 809 m², valeur transmise par A26 le 26/06/2023 ;
- SDP bureaux et vestiaires : 11 471 m², valeur transmise par A26 le 26/06/2023 ;
- SDP globale : 92 208 m², somme des deux valeurs précédentes ;
- SU entrepôt : 80 035 m², valeur transmise par A26 le 26/06/2023 ;
- SU bureaux et vestiaires : 10 904 m², valeur commune avec la note de calcul RE2020 réalisée par EGIS le 23/05/2023. Cette valeur sera à mettre à jour avec les nouvelles surfaces transmises par A26.

4.3 - Analyse de Cycle de Vie sur 60 ans

Une analyse de Cycle de vie sur 60 ans est aussi calculée afin de répondre au critère MAT01 et d'évaluer le bilan carbone sur la durée d'exploitation du site qui est prévu sur 60 ans. Pour ce faire, nous prendrons en référence l'Analyse de Cycle de Vie en mode statique sur 50 ans sur laquelle nous reverrons à la fois la période de référence mais aussi la durée de vie de certains produits. Ceci dans le but de s'adapter aux engagements de GOODMAN sur l'exploitation de site et limiter les interventions, garantir l'utilisation des produits de construction sur la plus grande durée de vie possible.

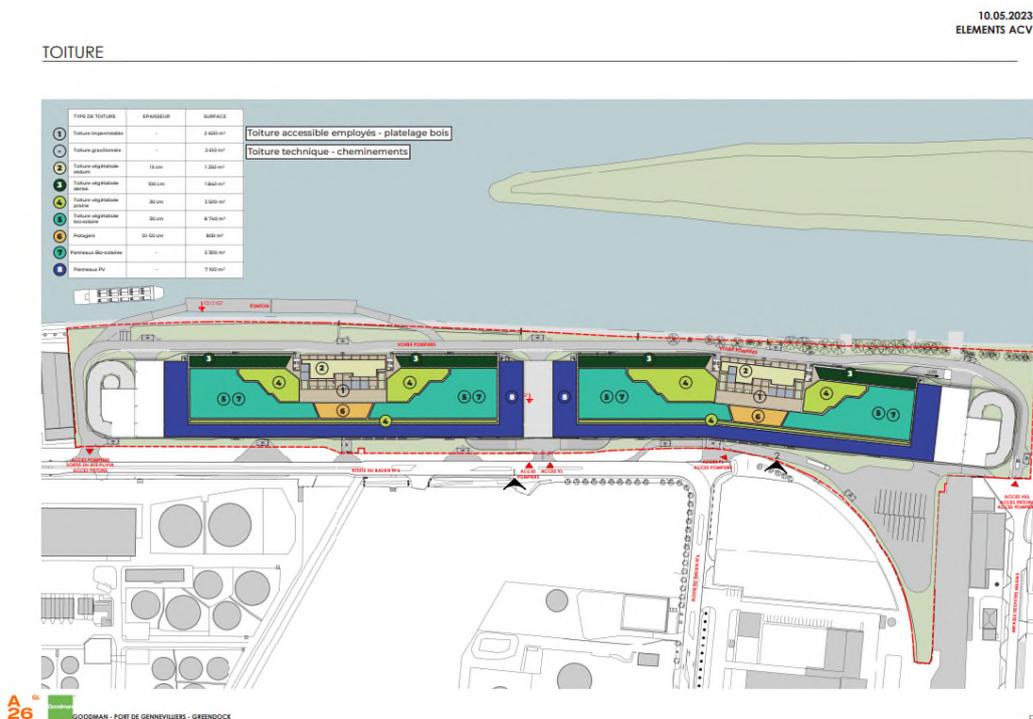
4.4 - Données d'entrées

L'Analyse de Cycle de Vie est basée sur les quantitatifs et hypothèses ci-dessous :

- Les quantitatifs pour le **lot VRD** transmises par EGIS en mai 2023, distribués à l'entrepôt et aux bureaux au prorata de leurs surfaces respectives (88% pour l'entrepôt et 12% pour les vestiaires) ;
- Les quantitatifs et hypothèses pour les **lots fondations et infrastructure, et superstructure,**

transmises par GSE en mars 2023, auxquels nous avons appliqué le même ratio que le lot VRD ;

- Les quantitatifs et hypothèses pour le **lot couverture – étanchéité** se basent sur le plan ci-dessous, fournit par A26 en mai 2023 dans le document PDF « 1674_Goodman_GNV_Eléments pour RE2020 et ACV ». Le document comprend également quelques coupes schématiques pour les différents complexes de toitures. Nous avons pris en hypothèse pour l'isolant, un panneau en polyuréthane EFIGREEN ALU+ de chez SOPREMA d'une épaisseur de 120 mm et d'une résistance $R=5,45 \text{ m}^2.K/W$



- Pour les **lots cloisonnement-doublage et revêtements**, nous avons rapidement réalisé des métrés sur la base des plans DWG transmis par A26 en mai 2023.

Nous avons fait les hypothèses suivantes pour la partie bureaux + vestiaires :

- Cloisons avec deux plaques de plâtre, un isolant et une ossature métallique ;
- Portes intérieures en bois avec huisserie métallique ;
- Faux-plafonds avec une plaque de plâtre et une ossature métallique ;
- Stores intérieurs en tissu à enroulement manuel dans les bureaux et vestiaires ;
- Sol en PVC dans les circulations ;
- Sol en carrelage dans les espaces humides et les vestiaires ;
- Sol en moquette dans les bureaux ;
- Mur en faïence dans les espaces humides et vestiaires sur toute leur hauteur ;
- Mur peint dans les bureaux et circulations.

Ayant peu d'information, nous avons utilisé majoritairement des DED ainsi que quelques FDES collectives qui couvraient un très grand nombre de produits. Ceci sera une large piste d'optimisation pour la phase de conception suivante.

Pour les entrepôts, il n'y a ni cloisonnement-doublage ni revêtement, ces deux lots sont donc nuls dans le bilan carbone.

- Les quantitatifs pour le **lot façade** transmises par Elioth pôle façade en mai 2023. Des modifications de façade ont été mentionnées par A26 au début de juin 2023. Sans mise à jour des métrés, nous avons fait les hypothèses suivantes :
 - Pas de modification prise en compte pour la résille et son ossature. Les quantités sont celles du 26/05/2023 ;
 - Suppression de l'ossature des panneaux sandwich sans remplacement par des fixations,

et mise à jour du produit avec le choix de panneaux Kingspan KS1170 d'une épaisseur de 120 mm ;

- Mise à jour de la surface de vitrage des modules de FOB. Sur plan avec des mesures rapides, nous avons constaté une augmentation d'environ 20% de menuiseries, et donc une diminution identique de FOB. Nous avons donc ajusté les quantités initiales pour tenir compte de cette variation de 20% en plus de vitrage et de partie opaque en moins ;
- Certaines modifications évoquées (comme les prémurs béton côté cours camion, ou les différents remplissage des ventelles) n'ont pas été quantifiées ni finalisées, nous ne les avons donc pas pris en compte.

- Pour le **lot CVC** :
 - Pour le **calcul statique**, nous avons utilisé le ratio forfaitaire E+C- ;
 - Pour le **calcul dynamique des bureaux**, nous avons utilisé le ratio forfaitaire RE2020 ;
 - Pour le **calcul dynamique de l'entrepôt**, nous avons retravaillé les ratios forfaitaires des sous-lot RE2020 de bureaux, en comparant les installations des bureaux et de l'entrepôt. Pour exemple, l'entrepôt n'a pas de Centrale de Traitement d'Air (CTA) de ventilation mécanique, le sous-lot 8.4 a donc un bilan carbone nul. Nous avons commencé par poser la question du type de ventilation utilisé, l'entrepôt étant complètement sur la ventilation naturelle. Nous avons alors décomposé le lot 8 CVC sur des sous-lots :
 - Le sous-lot 8.4 concerne les systèmes du traitement d'air dans leurs ensemble (CTA, terminaux, bouches, grilles, ...). Puisque l'entrepôt fonctionne en ventilation naturelle, il n'y aura pas d'impact de tels composants. Le sous-lot aura un bilan carbone nul ;
 - Le sous-lot 8.5 concerne les conduits et les réseaux dans leur ensemble (canalisations, filtres, calorifugeage...). On estime que 90% de l'impact carbone du sous-lot est dû aux réseaux de ventilation et sont donc exclus du bilan carbone de l'entrepôt. Les 10% restant sont conservés car ce sont d'autres composants du sous-lot (conduites des systèmes de chauffage et de refroidissement) qui sont bien installés dans le bâtiment ;
 - Pour l'ensemble des sous-lots restants, on garde la valeur forfaitaire identique à un usage de bureau.

- Pour le **lot plomberie** :
 - Pour le calcul statique, nous avons utilisé des valeurs forfaitaires ;
 - Pour le calcul dynamique, nous avons réalisé un calcul détaillé pour les deux parties bureaux et entrepôt, grâce à un quantitatif précis réalisé par le spécialiste plomberie fournit le 06/06/2023

- Pour le **lot CFO** :
 - Après l'échange avec l'ingénieur CFO nous avons pu formuler les hypothèses suivantes pour le calcul statique :
 - Pour les bureaux, nous avons pris la valeur forfaitaire ;
 - Pour l'entrepôt, les mètres linéaires de réseaux et de chemin de câble utilisés dans l'entrepôt sont deux fois supérieurs à ceux utilisés dans la partie bureaux. Pour un bâtiment de bureaux, l'impact carbone des réseaux électriques constituent 40% du l'impact carbone du total (valeur issue des études réalisées par l'IFPEB sur les lots techniques). Nous utiliserons donc pour l'entrepôt une valeur forfaitaire de bureau augmentée de 40% ;
 - Pour le calcul dynamique, nous avons utilisé des valeurs forfaitaires ;

- Pour le **lot CFA** :
 - Pour le calcul statique des bureaux, nous avons utilisé des valeurs forfaitaires ;
 - Pour le calcul statique de l'entrepôt, les mètres linéaires des réseaux et de chemin de câble utilisés dans les bureaux sont deux fois supérieurs à ceux utilisés dans la partie entrepôt

(utilisation des PC et équipements dans les bureaux nécessitant des grands quantités des réseaux de communication). Nous avons donc réduit de moitié le forfait pour bureaux afin d'obtenir celui de l'entrepôt.

- Pour le calcul dynamique des bureaux, nous avons utilisé les valeurs forfaitaires ;
- Pour le **lot panneaux photovoltaïques** :
 - Nous avons considéré les mêmes panneaux photovoltaïques en façade et en toiture (produit de chez VOLTEC). Nous avons fait une mise à jour de l'ossature support en façade le 29/06/2023.
 - Les quantités de panneaux photovoltaïques en toiture ont été estimés par ELIOTH ;
 - Les quantités de panneaux photovoltaïques en façade proviennent d'un mail d'A26, le 25/05/2023.
- Pour le **lot sprinklage**, pour les réseaux principaux, nous avons réalisé un calcul détaillé en se basant sur les estimations réalisées par l'ingénieur sprinklage. Pour les réseaux secondaires, nous avons réalisé l'estimation suivante : nous avons pris 3m de DN25 et 1m de DN65 pour chaque tête de sprinkler. La répartition entre bureaux et entrepôt a été réalisée au détail.

Il est important de rappeler que l'analyse a été faite avec les informations à notre disposition et que celles-ci sont encore en partie incomplètes en début de conception. Le bilan carbone de chaque lot, et donc le bilan global, évolueront encore par la suite. Pour les lots couverture, cloisonnement et revêtement nous devons prendre une marge de sécurité pour anticiper ces incomplétudes. Ainsi, nous présentons ici un calcul avec des hypothèses conservatives. Des pistes d'optimisation sont présentées ici et nous travaillerons dès le début de phase suivante sur leur mise en œuvre.

Le choix plus précis de produits pourra permettre de revoir à la baisse les résultats. Nous présenterons tout au long des prochaines phases de conception des bilans carbones comparatifs pour différents produits à fort impact. Il est également important de rappeler qu'une ACV est une photo d'un projet à un instant donné et qui évoluera au fil des choix et changements de conception, ceux-ci pouvant impacter de manière plus ou moins importante le bilan carbone ou même de l'évolution, des données environnementales disponibles.

Avec ces hypothèses, nous obtenons les plafonds d'émissions RE2020 suivants :

Seuils RE2020 (bureaux)

Années	Seuils pivot	Seuils Iccconstruction modulé
2022	980	823
2025	810	683
2028	710	602/
2031	600	511

5 - RÉSULTATS

5.1 - Global

5.1.1 - Résultats en calcul statique

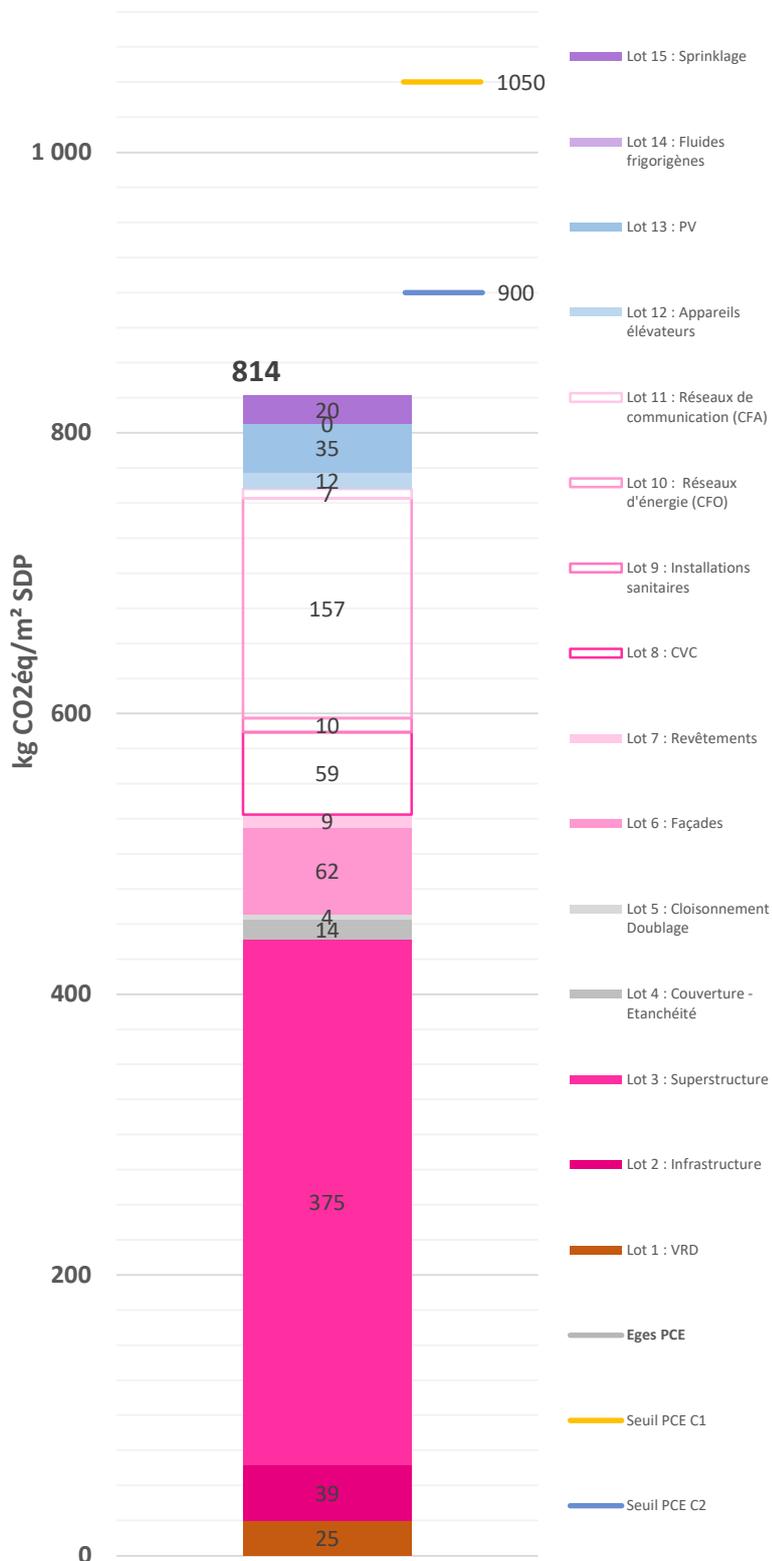
Nous avons réalisé une première ACV selon la méthodologie E+C- sur l'ensemble des lots sur le **périmètre global du projet** GreenDock, comprenant les espaces de bureaux, vestiaires et entrepôt. Les lots 1, 2, 3 et 6 ont été évalués de manière plus détaillée avec des estimations de quantités pour chaque élément. Les autres lots ont été évalués à l'aide d'indications fournies par les architectes et en utilisant des retours d'expériences. En phase APD, ces lots devront être évalués au détail pour confirmer l'atteinte de la performance présentée ici.

	Eges PCE	
	(kg CO ₂ eq/m ² SDP)	
Lot 1 : VRD	25	3%
Lot 2 : Infrastructure	39	5%
Lot 3 : Superstructure	375	44%
Lot 4 : Couverture - Etanchéité	14	2%
Lot 5 : Cloisonnement - Doublage	4	0%
Lot 6 : Façades	62	7%
Lot 7 : Revêtements	9	1%
Lot 8 : CVC	59	7%
Lot 9 : Installations sanitaires	10	1%
Lot 10 : Réseaux d'énergie (CFO)	157	18%
Lot 11 : Réseaux de communication (CFA)	7	1%
Lot 12 : Appareils élévateurs	12	1%
Lot 13 : PV	35	7%
Lot 14 : Fluides frigorigènes	0	0%
Lot 15 : Sprinklage	20	2%
Eges PCE	814	

NB : le résultat ci-dessus comprend, comme la méthode E+C- le définit, une prise en compte du module D à hauteur d'un tiers de sa valeur pour l'ensemble des produits de construction.

5.1.2 - Analyse

Eges PCE (kg CO₂éq/m² SDP)



Les premiers résultats sont basés sur les hypothèses prises en phase APS et seront revues dans les prochaines phases. Au niveau global, nous atteignons un Eges PCE de **814 kgCO₂eq/m² SDP**. Si nous comparons le résultat aux seuils du label E+C- pour le programme de bureaux, le projet reste en dessous du seuil C1, qui est à 1050 kgCO₂eq/m² SDP.

Néanmoins, il serait plus pertinent de comparer ce résultat global à un programme d'entrepôt, ce qui est fait en partie 6 de cette note.

Il reste important de faire attention aux évolutions futures, tant au niveau des quantités que des produits afin de ne pas voir le résultat global augmenter.

A ce stade, nous pouvons lister parmi les postes les plus impactant :

- Le lot superstructure,
- le lot CFO
- le lot façade,
- le lot panneau photovoltaïque

Nous donnerons le détail de l'analyse sur les deux parties suivantes.

5.2 - Entrepôt

5.2.1 - Résultats en calcul statique

Nous avons réalisé une première ACV selon la méthodologie E+C- sur l'ensemble des lots sur le **périmètre des entrepôts** de Greendock. Les lots 1, 2, 3 et 6 ont été évalués de manière plus détaillée avec des estimations de quantités pour chaque élément. Les autres lots ont été évalués à l'aide d'indications fournies par les architectes et en utilisant des retours d'expériences. En phase APD, ces lots devront être évalués au détail pour confirmer l'atteinte de la performance présentée ici.

	Eges PCE	
		(kg CO ₂ eq/m ² SDP)
Lot 1 : VRD	25	3%
Lot 2 : Infrastructure	36	4%
Lot 3 : Superstructure	417	50%
Lot 4 : Couverture - Etanchéité	12	1%
Lot 5 : Cloisonnement - Doublage	0	0%
Lot 6 : Façades	57	7%
Lot 7 : Revêtements	0	0%
Lot 8 : CVC	45	5%
Lot 9 : Installations sanitaires	6	1%
Lot 10 : Réseaux d'énergie (CFO)	162	19%
Lot 11 : Réseaux de communication (CFA)	6	1%
Lot 12 : Appareils élévateurs	13	2%
Lot 13 : PV	35	4%
Lot 14 : Fluides frigorigènes	0	0%
Lot 15 : Sprinklage	22	3%
Eges PCE	823	

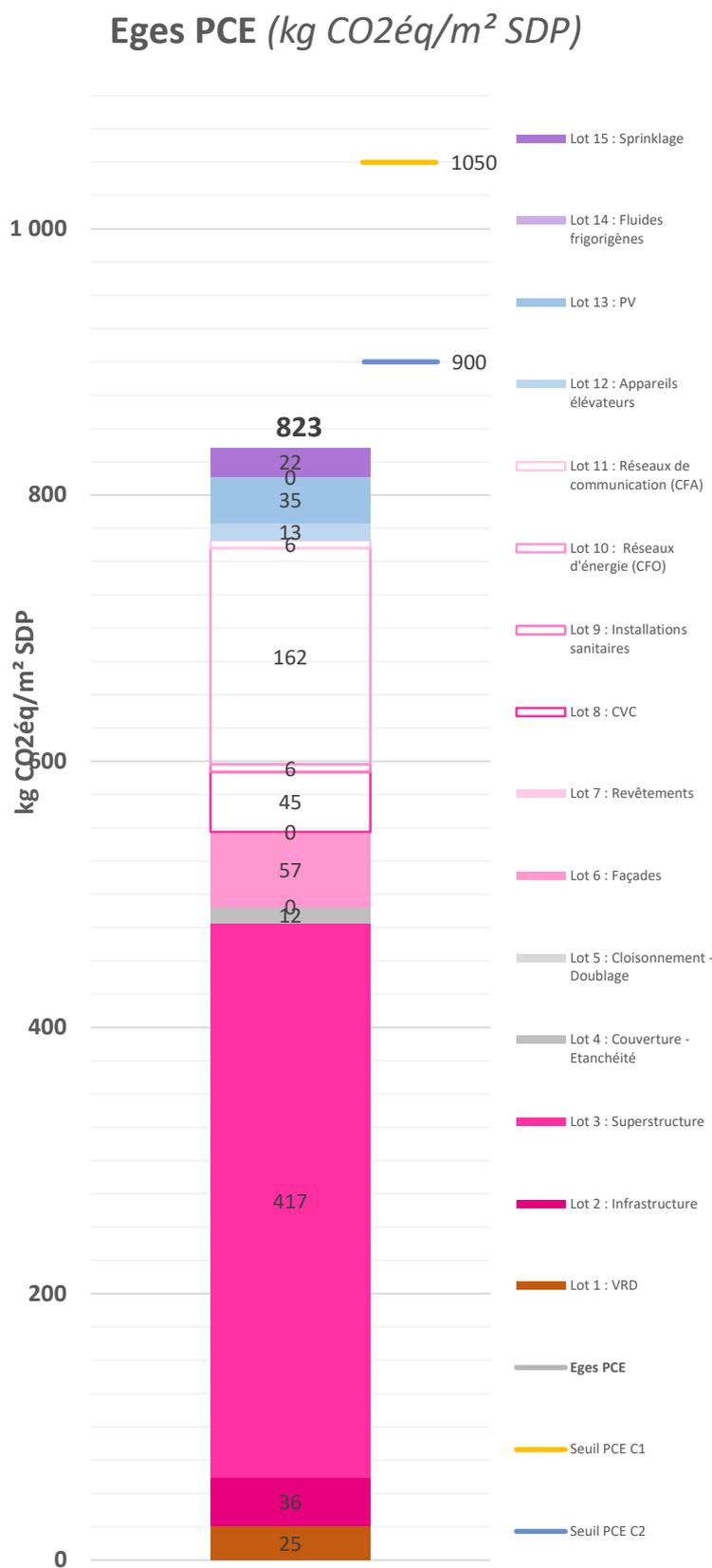
NB : le résultat ci-dessus comprend, comme la méthode E+C- le définit, une prise en compte du module D à hauteur d'un tiers de sa valeur pour l'ensemble des produits de construction.

STATIQUE

	Eges PCE
	(kg CO ₂ eq/m ² SDP)
Lot 1 : VRD	25
Lot 2 : Infrastructure	37
Lot 3 : Superstructure	526
Lot 4 : Couverture - Etanchéité	12
Lot 5 : Cloisonnement - Doublage	0
Lot 6 : Façades	53

Lot 7 : Revêtements	0
Lot 8 : CVC	94
Lot 9 : Installations sanitaires	20
Lot 10 : Réseaux d'énergie (CFO)	116
Lot 11 : Réseaux de communication (CFA)	12
Lot 12 : Appareils élévateurs	13
Lot 13 : PV	47
Lot 14 : Fluides frigorigènes	0
Lot 15 : Sprinklage	22
Eges PCE	978

5.2.2 - Analyse



Les premiers résultats sont basés sur les hypothèses prises en phase APS et seront revues dans les prochaines phases. Sur le périmètre des entrepôts, nous atteignons un Eges PCE de **823 kgCO₂eq/m² SDP**. Si nous comparons le résultat aux seuils du label E+C- pour le programme de bureaux, le projet reste en dessous du seuil C1, qui est à 1050 kgCO₂eq/m² SDP.

Cependant, comme expliqué au paragraphe précédent, il serait plus pertinent de comparer ce résultat global à un programme d'entrepôt.

Il sera important de réaliser un suivi et une actualisation régulière du projet pour tenir compte des évolutions futures, tant au niveau des quantités que des produits afin de ne pas faire augmenter le résultat global. Chaque optimisation possible sera intéressante afin de diminuer les émissions globales du projet.

Premièrement, on constate que c'est bien le lot Superstructure qui le plus d'impact. Nous avons travaillé sur les ouvrages structurels et sur leur formulation. La première question posée était leur nature : nous avons choisi le béton plutôt que l'acier pour des raisons de bilan carbone. Ensuite, ces éléments ont été choisis préfabriqués et précontraints de façon à diminuer les volumes de béton nécessaires par rapport à des ouvrages standards et avoir des portées plus importantes. Ensuite, nous avons des façades en panneau sandwich acier avec isolant entre les parements. La façade est aussi pourvue de beaucoup de portes sectionnelles en acier qui permettent aux Poids Lourds et Véhicules Utilitaires Légers. Ces produits ne sont pas utilisés habituellement pour des entrepôts mais nous les avons choisis pour obtenir une performance thermique supérieure. Cet investissement carbone, qui reste

modéré, permet de diminuer les émissions de gaz à effet de serre en exploitation.

En deuxième lot le plus impact, on trouve le lot CFO. Comme expliqué en hypothèse, il est estimé au ratio pour le moment. Cet impact reste donc assez imprécis et devra être confirmé en phase suivante.

On trouve également le lot de panneaux photovoltaïque qui est très important. A l'intérieur, on a les différentes installations, divisé en trois parties : toiture biosolaire avec structure légère, en ombrière au-dessus des circulations des véhicules et cours camions et enfin en façade. Cela totalise 7 000m² environ d'installation.

5.3 - Bureaux

5.3.1 - Résultats en calcul statique

Nous avons réalisé une première ACV selon la méthodologie E+C- sur l'ensemble des lots sur le **périmètre des bureaux** de Greendock. Nous rappelons que dans nos hypothèses le périmètre des bureaux inclut les bureaux et les vestiaires. Les lots 1, 2, 3 et 6 ont été évalués de manière plus détaillée avec des estimations de quantités pour chaque élément. Les autres lots ont été évalué à l'aide d'indications fournies par les architectes et en utilisant des retours d'expériences. En phase APD, ces lots devront être évalués au détail pour confirmer l'atteinte de la performance présentée ici.

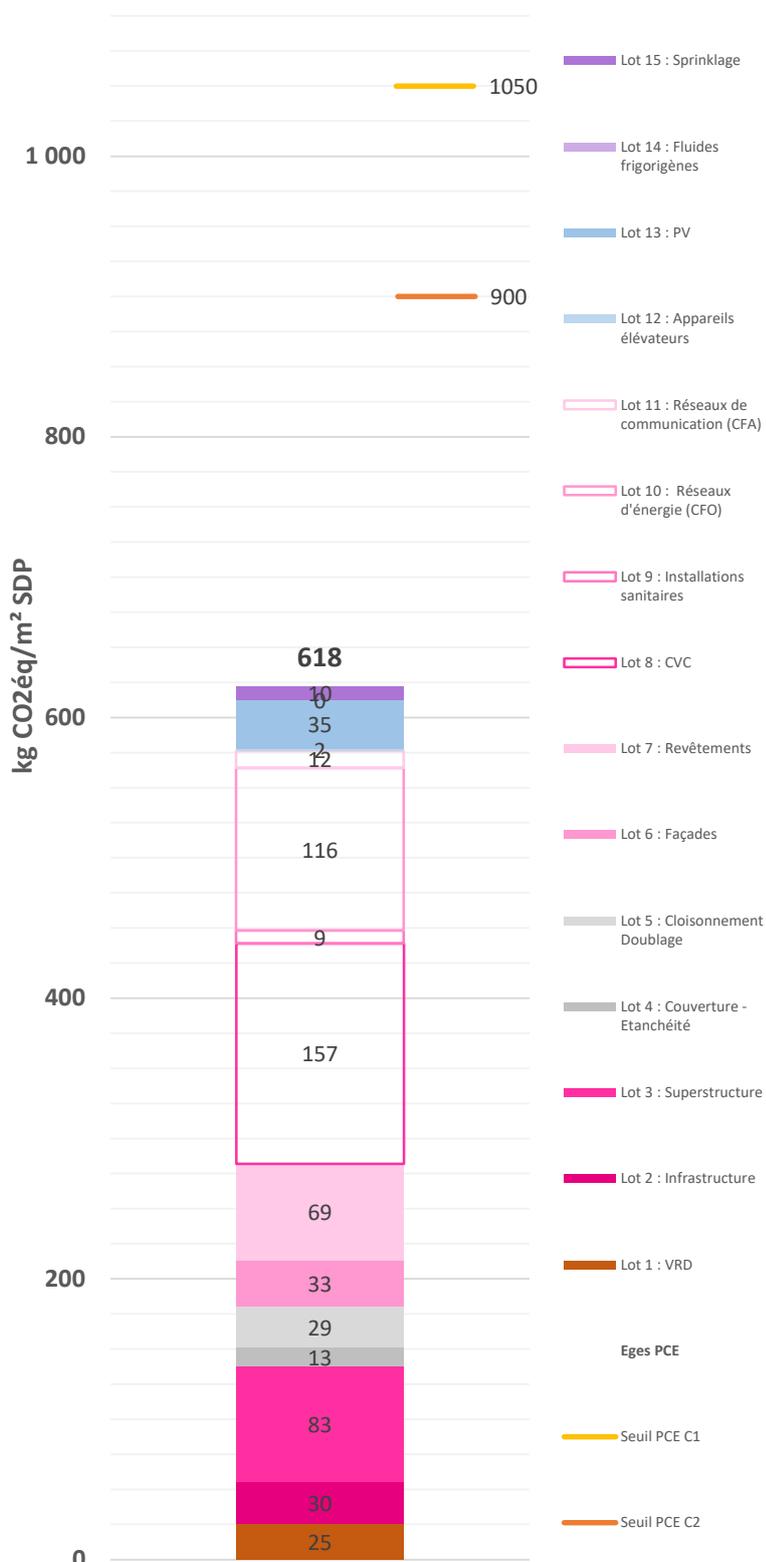
	Eges PCE	
	(kg CO ₂ eq/m ² SDP)	
Lot 1 : VRD	25	4%
Lot 2 : Infrastructure	30	5%
Lot 3 : Superstructure	83	13%
Lot 4 : Couverture - Etanchéité	13	2%
Lot 5 : Cloisonnement - Doublage	29	5%
Lot 6 : Façades	33	5%
Lot 7 : Revêtements	69	11%
Lot 8 : CVC	157	25%
Lot 9 : Installations sanitaires	9	1%
Lot 10 : Réseaux d'énergie (CFO)	116	19%
Lot 11 : Réseaux de communication (CFA)	12	2%
Lot 12 : Appareils élévateurs	2	0%
Lot 13 : PV	35	6%
Lot 14 : Fluides frigorigènes	0	
Lot 15 : Sprinklage	10	0%
Eges PCE	618	

NB : le résultat ci-dessus comprend, comme la méthode E+C- le définit, une prise en compte du module D à hauteur d'un tiers de sa valeur pour l'ensemble des produits de construction.

On constate que le lot de revêtement est assez élevé par rapport à nos retours d'expérience. Si la présence d'une surface importante de vestiaire explique un résultat plus haut, il semble qu'une consolidation des hypothèses de ce lot soit nécessaire pour pouvoir donner un résultat précis.

5.3.2 - Analyse

Eges PCE (kg CO₂eq/m² SDP)



clarifier ces éléments.

Les premiers résultats sont basés sur les hypothèses prises en phase APS et seront revues dans les prochaines phases. Sur le périmètre des bureaux et vestiaires, nous atteignons un Eges PCE de **618 kgCO₂eq/m² SDP**. Nous ne dépassons donc pas le seuil PCE C2, qui pour rappel est à **900 kgCO₂eq/m² SDP**.

Le projet est donc plus de **30% moins carboné que le seuil C2**, ce qui est exceptionnel pour un bâtiment de bureaux. Il reste important de faire attention aux évolutions futures, tant au niveau des quantités que des produits afin de ne pas faire augmenter le bilan carbone.

Ceci est rendu possible par une utilisation massive de produits biosourcés dès que cela a été possible. On trouve notamment :

- Une structure mixte bois-béton avec des dalles bois-béton et des verticaux en préfabriqué béton,
- Une Façade Ossature Bois (FOB) avec revêtement enduit et brise-soleils en bois,
- Des menuiseries bois-aluminium
- Des cloisons en terre cuite

Les deux blocs de bureaux bénéficient de toute l'expérience accumulée sur les projets avant-gardiste de ces dernières années et du développement des planchers mixtes bois-béton chez beaucoup de fabricants accompagnée d'une FDES performante.

Comme dit précédemment, nous avons encore des incertitudes, qui nous amènent à utiliser des fiches par défaut (DED) à l'impact carbone plus élevé, ou à faire des hypothèses pouvant être erronées. Il est donc nécessaire de

5.3.3 - Résultats en calcul dynamique

Nous avons réalisé une première ACV dynamique selon la méthodologie RE2020 sur l'ensemble des lots sur le **périmètre des bureaux** de Greendock. Les lots 1, 2, 3 et 6 ont été évalués de manière plus détaillée avec des estimations de quantités pour chaque élément. Les autres lots ont été évalués à l'aide d'indications fournies par les architectes et en utilisant des retours d'expériences. En phase APD, ces lots devront être évalués au détail pour optimiser le résultat présenté ici.

	Ic composants	
	(kg CO ₂ eq/m ² SDP)	
Lot 1 : VRD	17	3%
Lot 2 : Infrastructure	32	5%
Lot 3 : Superstructure	62	9%
Lot 4 : Couverture - Etanchéité	12	2%
Lot 5 : Cloisonnement - Doublage	25	4%
Lot 6 : Façades	23	3%
Lot 7 : Revêtements	67	10%
Lot 8 : CVC	200	30%
Lot 9 : Installations sanitaires	55	8%
Lot 10 : Réseaux d'énergie (CFO)	115	17%
Lot 11 : Réseaux de communication (CFA)	15	2%
Lot 12 : Appareils élévateurs	2	0%
Lot 13 : PV	33	5%
Lot 15 : Sprinklage	10	1%
Ic composant	668	
Ic chantier	10	
Ic construction	678	

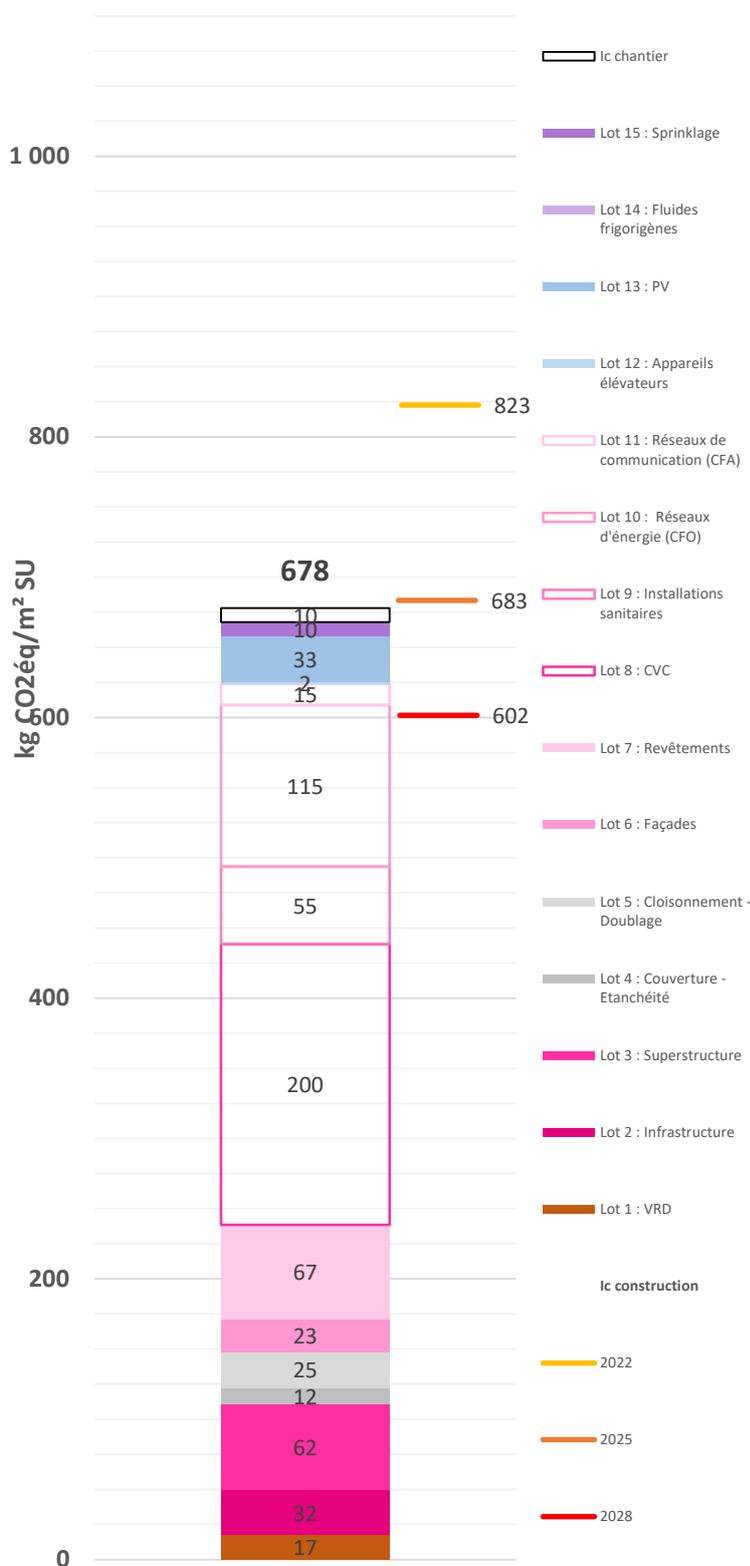
	Ic composants
	(kg CO ₂ eq/m ² SU)
Lot 1 : VRD	22
Lot 2 : Infrastructure	32
Lot 3 : Superstructure	95
Lot 4 : Couverture - Etanchéité	15
Lot 5 : Cloisonnement - Doublage	41
Lot 6 : Façades	23
Lot 7 : Revêtements	105
Lot 8 : CVC	200
Lot 9 : Installations sanitaires	55
Lot 10 : Réseaux d'énergie (CFO)	115
Lot 11 : Réseaux de communication (CFA)	15
Lot 12 : Appareils élévateurs	2
Lot 13 : PV	44

Lot 14 : Fluides frigorigènes	68
Lot 15 : Sprinklage	10
lc composants	843
lc chantier	10
lc construction	853

	lc composants
	<i>(kg CO2eq/m² SU)</i>
Lot 1 : VRD	22
Lot 2 : Infrastructure	32
Lot 3 : Superstructure	95
Lot 4 : Couverture - Etanchéité	15
Lot 5 : Cloisonnement - Doublage	41
Lot 6 : Façades	23
Lot 7 : Revêtements	105
Lot 8 : CVC	200
Lot 9 : Installations sanitaires	55
Lot 10 : Réseaux d'énergie (CFO)	115
Lot 11 : Réseaux de communication (CFA)	15
Lot 12 : Appareils élévateurs	2
Lot 13 : PV	44
Lot 14 : Fluides frigorigènes	68
Lot 15 : Sprinklage	10
lc composants	843

5.3.4 - Analyse

Ic construction (kg CO₂eq/m² SU)



Les premiers résultats sont basés sur les hypothèses prises en phase APS et seront revues dans les prochaines phases. Sur le périmètre des bureaux et vestiaires, nous atteignons un **Ic construction** de **678 kgCO₂eq/m² SU**. (Pour rappel, le Ic construction est la somme du Ic composant, ici à 668 kgCO₂eq/m² SU, et du Ic chantier, à 10 kgCO₂eq/m² SU). Nous ne dépassons pas le seuil 2022, qui est à 823 kgCO₂eq/m² SU, après modulation.

A ce stade, nous sommes **5 kgCO₂eq/m² SU en-dessous du seuil 2025** qui est à 683 kgCO₂eq/m² SU après modulation. Nous atteignons donc l'objectif fixé mais avec une marge de sécurité faible.

Comme nous l'avons dit, le projet bénéficie de l'ensemble des matériaux biosourcés choisis pour sa construction en structure et en enveloppe. La RE2020 valorise encore plus leur emploi.

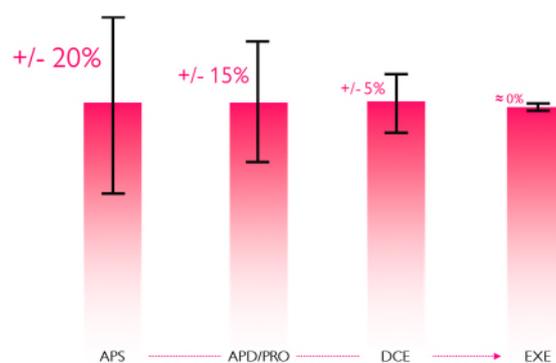
A ce stade, la marge de sécurité sur l'atteinte de l'objectif n'est pas encore suffisante. L'une des raisons qui explique ce résultat est le fait que les vestiaires soient intégrés à l'usage de bureaux. Le lot plomberie est alors plus élevé qu'à la normale (55 kgCO₂eq/m²). Il reste encore des éléments à préciser et des optimisations à activer, notamment sur les finitions et sur les corps d'état technique. Ils devront servir à sécuriser l'atteinte du niveau 2025.

En sommant l'indicateur Ic composant et l'indicateur Ic chantier, le **Ic construction** s'élève donc à **678 kgCO₂eq/m² SU**.

Comparaison de Ic construction par rapport aux seuils :

Années	Seuils pivot	Seuils Icconstruction modulé	Ic _{construction}
2022	980	823	678 (-145)
2025	810	683	678 (-5)
2028	710	602	678 (+76)
2031	600	511	678 (+167)

L'indicateur calculé sur le projet atteint le seuil 2025 à ce stade. Comme évoqué au-dessus, il reste des incertitudes qui pourront nous permettre de sécuriser ce résultat et lié l'avancement actuel du projet. Néanmoins, il est important de rappeler que l'ACV évolue dans le temps du projet. Le résultat de la phase APS, par manque de précisions et d'informations sur certains éléments du projet, a un pourcentage d'incertitude et d'évolution de 20%, aussi bien dans le positif que dans le négatif.



Ainsi, ce graphique montre l'importance de bien prendre en compte le carbone dès le début des prochaines phases pour améliorer le bilan global et orienter les choix de conception.

6 - BILAN CARBONE SUR 60 ANS

Nous avons réalisé une deuxième version de l'ACV selon la méthodologie E+C- mais en ajustant la période de référence à 60 ans. En théorie, cet ajustement devrait augmenter le bilan carbone de 25% car la plupart des durées de vie des données environnementales sont calibrées sur une période de référence de 50 ans. Néanmoins, nous avons réalisé un premier tri dans les durées de vie des produits de construction. Cela n'apporte aucun avantage sur le calcul puisqu'avec une durée de vie égale ou supérieure à 50 ans, l'analyse de cycle de vie un produit de construction est prise une seule fois et en entier. Il y a donc une grande majorité de produit dont la durée de vie doit être revue.

Il convient donc d'effectuer un travail sur les durées de vie de façon à tenir compte à la fois de ce phénomène mais aussi de s'adapter au bail de 60 ans d'exploitation du site et à la gestion de GOODMAN durant celle-ci. Parmi les hypothèses retenues :

- Hypothèse d'un seul renouvellement de la façade sur les 60 ans d'exploitation,
- Aucune intervention sur les ouvrages structurels, leur durée de vie est donc d'au moins 60 ans,
- Ajustement des données environnementales par défaut (DED) pour les produits de construction de VRD et les équipements techniques dont la durée de vie est de 50 ans à 60 ans,
- Ajustement des ratios utilisés pour les lots techniques (E+C- ou RE2020) par un coefficient de 1,25

De cette façon, le bilan carbone obtenu sera plus réaliste et correspond mieux à la gestion du bâtiment à venir. L'ensemble des produits dont la durée de vie a été modifié sont listés en Annexe 2. Les résultats de cette ACV sont :

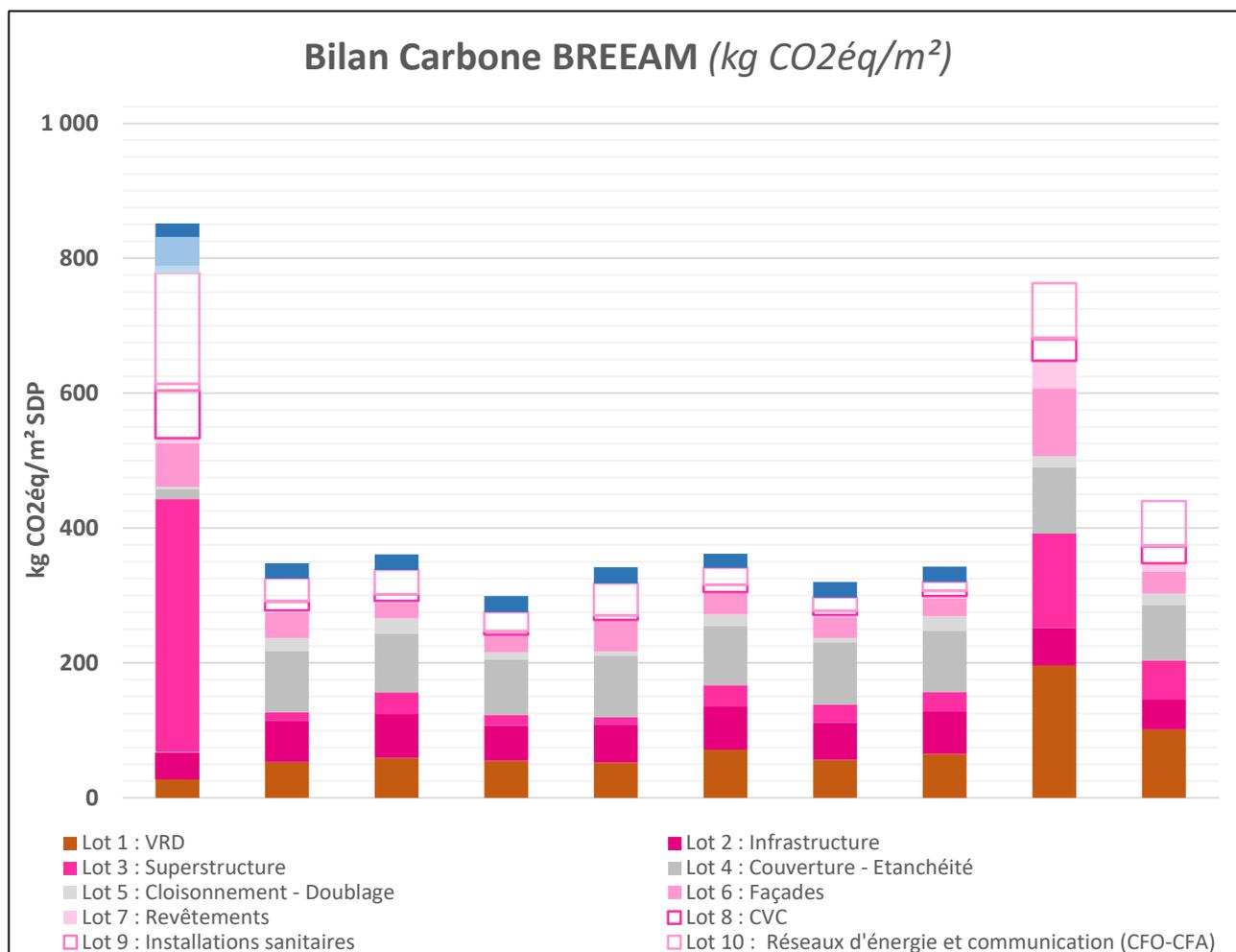
	Eges PCE
	(kg CO ₂ eq/m ² SDP)
Lot 1 : VRD	28
Lot 2 : Infrastructure	39
Lot 3 : Superstructure	375
Lot 4 : Couverture - Etanchéité	15
Lot 5 : Cloisonnement - Doublage	4
Lot 6 : Façades	64
Lot 7 : Revêtements	8
Lot 8 : CVC	70
Lot 9 : Installations sanitaires	10
Lot 10 : Réseaux d'énergie (CFO)	157
Lot 11 : Réseaux de communication (CFA)	8
Lot 12 : Appareils élévateurs	12
Lot 13 : PV	42
Lot 14 : Fluides frigorigènes	0
Lot 15 : Sprinklage	20
Eges PCE	838

NB : le résultat ci-dessus comprend, comme la méthode E+C- le définit, une prise en compte du module D à hauteur d'un tiers de sa valeur pour l'ensemble des produits de construction.

On remarque que l'analyse de cycle de vie n'a que peu évoluée malgré le changement de période de référence : +23 kgCO₂eq/m². Ces changements concernent principalement les lots techniques, de façade et de panneaux photovoltaïques.

On compare maintenant les résultats de l'Analyse de Cycle de Vie du projet aux autres projets développés par GOODMAN. On trouve deux types de bâtiments :

- Les entrepôts
 - Val d'Europe,
 - Lambres C3,
 - Andrezieux,
 - Berre Extension,
 - Lambres C2,
 - Brebieres,
 - Lambres C4,
- Les messageries
 - Serris-schenker,
 - DNC2 Avion



Bien sûr, on remarque beaucoup de variations entre le projet Green Dock et les autres entrepôts. Parmi elles, on peut noter :

- Un lot façade plutôt élevé même si ce n'est pas le plus élevé du benchmark. Ceci provient notamment d'une isolation plus importante que dans la plupart des entrepôts. Cet investissement de matière est source d'économies d'émissions de GES en phase d'exploitation,
- Un lot couverture très bas grâce à une structure béton ou mixte tandis que les couvertures standards des entrepôts utilisent plutôt des éléments en acier,
- Un lot photovoltaïque qu'on ne trouve pas sur les autres ouvrages. Cette installation est elle aussi source d'émission de GES évitées en phase d'exploitation,
- Un lot d'infrastructure environ 40% inférieur à la plupart des entrepôts. Ceci est grâce à la compacité du bâtiment à étage contrairement aux autres et à l'emprise au sol qui est donc plus réduite en proportion.

La principale différence, comme on le voit sur le graphique, concerne le lot 3 de superstructure qui est beaucoup plus important sur le projet Green Dock que sur les ouvrages d'entrepôt ou de messagerie. En effet, la construction d'une plateforme de logistique à étages demande l'utilisation de plus de matière au niveau des superstructures (rampes, voiries en étages, planchers logistiques...).

La mutualisation de surfaces de distribution et de stockage au sein d'une plateforme logistique multimodale permet d'amortir largement l'investissement carbone lié aux matériaux de construction à travers la réduction et l'évitement d'émissions de gaz à effet de serre bien plus importants en phase d'exploitation du projet.

7 - CONCLUSION

Le résultat de l'analyse de cycle de vie global est évalué à **838 kgCO₂eq/m²** sur les 60 ans de vie du bâtiment. Ce résultat est bon et issu d'une réflexion sur l'ensemble des matériaux de construction utilisés.

Sur les deux blocs de bureaux, le résultat est excellent et nous parvenons à passer en-dessous du **seuil 2025** de la RE2020. Ce résultat provient de l'utilisation massive de matériaux biosourcés dans la structure et l'enveloppe des blocs malgré des contraintes importantes, comme la présence d'un système de sprinklage.

En phase suivante, l'ACV du projet sera réalisée sur OneClick LCA afin de répondre à l'exigence 3 du **Mat 01** « Life cycle impacts ». Outil reconnu par le BRE, nous l'utiliserons pour réaliser une ACV telle que celle présentée dans ce document. D'après le Mat 01 calculator disponible sur le site du BREEAM, l'ACV couvrira donc bien suffisamment des produits de construction afin d'obtenir plus de 80% des points pour le thème. Les 4 crédits de **Mat 01** seront donc obtenus.

Pour l'entrepôt, le résultat paraît plus important que d'autres bâtiments à usage similaires mais le résultat de l'ACV des matériaux de construction ne laisse pas transparaître l'ensemble des bénéfices des choix de conception réalisés :

- L'entrepôt à étage permet une bien meilleure compacité et donc une meilleure efficacité énergétique,
- L'enveloppe de l'entrepôt a été travaillée pour avoir de meilleures propriétés thermiques et moins d'infiltrations d'air pour réduire les consommations énergétiques. Ceci se traduit parfois par un investissement carbone d'utilisation de matière,
- La mutualisation des fonctions d'entrepôt et de messagerie permet d'éviter des flux de transport qui ne sont pas évalués ici,
- L'entrepôt à étage permet aussi d'éviter une plus grande artificialisation des sols et l'étalement urbain qui est un des enjeux forts de la Stratégie Nationale Bas Carbone,

Cette étude permet de mieux appréhender le bilan des émissions de gaz à effet de serre liés aux matériaux de construction mobilisés dans le cadre du projet et constitue une brique de la stratégie environnementale globale du projet. L'exemplarité constructive des blocs de bureaux et l'ensemble des efforts porté sur les entrepôts permettent de limiter au maximum les émissions de gaz à effet de serre concernant l'ensemble des matériaux de construction qui serviront à l'édification du projet.

Les autres pans de l'ACV globale du projet, à savoir les études SED et BEGES, permettent d'appréhender le bilan carbone complet de l'opération Green Dock et d'explicitier les gains carbone permis par le projet dans sa globalité.

12.2. Annexe 2 : Rapport d'étude « Base de conception — SED-APS » réalisé par EGIS

BASE DE CONCEPTION – SED - APS



GREENDOCK

8 décembre 2023



Informations relatives au document

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Auteur(s) LP
Volume du document -
Version Ind C
Référence
Numéro CRM -
Chrono -

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Version	Date	Rédigé par	Visé par	Modifications
Ind A	18/07/2023	QG	MJ	
Ind B	08/11/2023	QG	MJ	
Ind C	08/12/2023	MJ	QG	

DESTINATAIRES

Nom	Entité
-----	--------

SOMMAIRE

1 - GÉNÉRALITÉS.....	5
1.1 - Objet du présent document	5
1.2 - Présentation générale du projet	5
1.3 - Certification environnementale	6
2 - INTRODUCTION	7
2.1 - Principes généraux de la STD	7
2.2 - Outil utilisé	7
2.3 - Incertitudes de calcul	8
3 - HYPOTHESES	9
3.1 - Caractéristiques de l'enveloppe bâti et des équipements techniques CVC- CFO	9
3.2 - Caractéristiques des équipements ECS et usages.....	22
3.3 - Caractéristiques des installations électriques complémentaires	24
3.4 - Bornes de recharges de véhicules électriques	25
3.5 - Autres postes de consommations électriques	28
4 - RESULTATS SED :	30
4.1 - Résultats consommations restreints.....	30
4.2 - Résultats avec consommations des cellules frigorifiques	42
4.3 - Bilan sur 60 ans :.....	52
5 - DISCUSSION	54
6 - CONCLUSION	55

1 - GÉNÉRALITÉS

1.1 - Objet du présent document

Parmi les enjeux nécessaires à l'établissement d'une feuille de route d'un projet visant l'excellence environnementale, la question de l'étude des flux d'énergie traversant le bâtiment est prépondérante. Notre projet cherche à concevoir un bâtiment énergétiquement équilibré, à savoir un bâtiment qui connaît et maîtrise tant ses consommations que sa production et recherche à équilibrer ses flux. Pour y parvenir, les axes principaux développés et étudiés sont les suivants :

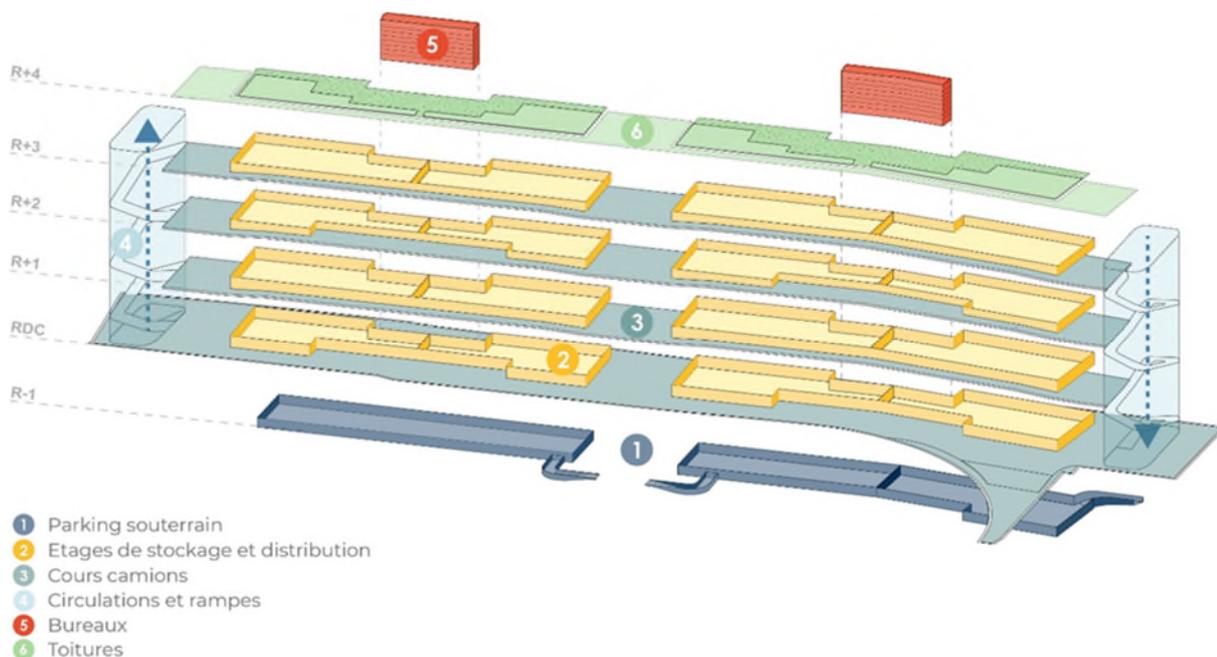
- Minimisation de la consommation énergétique par le biais de actions suivantes :
 - o Déploiement d'une stratégie d'enveloppe thermique adaptée aux besoins de l'utilisateur
 - o Intégration d'un système de ventilation mécanique optimisée
 - o Intégration d'un système d'éclairage artificiel adapté
- Anticipation des besoins d'énergie pour la mobilité électrique et le process d'une manière générale
- Production d'énergie renouvelable par le biais d'une centrales solaire photovoltaïque
- Compréhension fine de la synergie entre consommation et production d'énergie
- Et enfin projection du projet dans le futur de manière à anticiper les nouveaux besoins notamment en lien avec l'évolution de la mobilité électrique.

La présente notice a donc pour but de présenter l'ensemble des hypothèses et résultats de l'étude de Simulation Energétique Dynamique (SED) ayant pour but de simuler la consommation du bâtiment de logistique, notamment sur la partie chauffage/climatisation de manière à apporter un ordre de grandeur de besoins chaud/froid pour la réalisation des études de conception de la solution de production par géothermie.

Cette étude doit permettre *in fine* d'estimer le bilan entre consommation d'énergie et production, aujourd'hui et tout au long de la vie du bâtiment, en gardant un œil averti sur le taux d'autoconsommation de l'électricité renouvelable produite sur site. Ce document prouve également que, à son échelle, la conception envisagée répond bien aux enjeux environnementaux et énergétique de demain.

1.2 - Présentation générale du projet

Le projet Green Dock est un centre logistique de 95 000m² situé en bord de Seine à Gennevilliers, dans la zone portuaire. Disposé en étage, c'est un projet qui revoit entièrement le modèle logistique actuel en regroupant sur un même site proche des axes importants et de la ville à la fois les espaces de stockages et les messageries de distribution. Le projet est également composé de deux blocs de bureaux qui abritent à la fois des espaces de bureaux et des vestiaires pour les employés des espaces logistiques. L'ensemble des niveaux est desservi par des voies d'accès pour les véhicules utilitaires comme pour les poids lourds. L'organisation des deux bâtiments est décrite sur le schéma ci-dessous.



En sous-sol, on trouve un espace de parking qui permet de desservir chacun des deux bâtiments. Les aires des stationnements intérieures et extérieures comportent des bornes de recharge pour véhicules électriques adaptés pour différents types de véhicules. On trouve également un ponton permettant le chargement et déchargement par voie fluviale.

1.3 - Certification environnementale

Le maître d'ouvrage souhaite aller au-delà de la réglementation, et s'inscrire dans une démarche environnementale vertueuse. En outre, le projet vise une certification BREEAM International New Construction 2016 au niveau OUTSTANDING.



Le projet est également engagé sur une démarche générale de sobriété et de réduction des émissions de gaz à effet de serre. L'énergie représente un poste important dans le secteur du bâtiment, il est donc nécessaire de traiter et minimiser les consommations énergétiques.

2 - INTRODUCTION

2.1 - Principes généraux de la STD

Le calcul de consommations énergétique est réalisé par une simulation thermique dynamique. L'approche dynamique du calcul permet d'accepter le bâtiment comme un objet "vivant", réactif aux éléments extérieurs, elle tient compte de la réponse des matériaux à une variation des sollicitations thermiques internes (occupants, équipements...) et externes (soleil, vent...). A l'opposé, une simulation statique considère le bâtiment comme un objet inerte, simple addition de matériaux. Par exemple, les calculs statiques calculent les apports solaires théoriques mais ne savent pas déterminer à quel niveau et comment le bâtiment est capable de les valoriser.

Dans une simulation thermique dynamique, les phénomènes thermo-aérauliques ne sont traités qu'au niveau macroscopique, entre pièces et/ou entre une pièce et son environnement, mais présentent l'avantage d'être réalisés en régime dynamique, avec des conditions aux limites variables. Les températures d'air calculées sont des températures moyennes des volumes d'air contenus dans les pièces sans prise en compte de gradients verticaux et horizontaux à l'inverse d'étude CFD. Pour ces dernières, les phénomènes thermiques et aérauliques sont traités de manière microscopique, en régime stationnaire, et permettent de connaître température, pression, vitesse, etc. en tout point de la pièce.

Dans une telle étude, le comportement thermique du bâtiment est donc simulé tout au long de l'année en fonction des interactions locales du bâti avec son environnement avec une prise en compte des données météorologiques via un fichier météo.

De nombreux autres paramètres tels que l'occupation, les consignes de températures, les débits de ventilation, l'ouverture des baies, les apports internes liés aux équipements (bureautique, éclairage...) sont également pris en compte dans le calcul.

Ces paramètres sont détaillés dans les sections suivantes.

La Simulation Thermique Dynamique fournit des besoins énergétiques (chauffage, refroidissement, etc.). Les divers systèmes sont alors modélisés pour transformer les besoins en consommations énergétiques.

2.2 - Outil utilisé

Dans le cadre de cette Simulation Energétique, le logiciel de thermique dynamique multi-zone IES Virtual Environment version 2022.1.0 a été utilisé. Cet outil permet de créer une volumétrie 3D du bâtiment, de définir les propriétés des matériaux, de définir les apports internes (équipements + occupants) ainsi que les habitudes de fonctionnement, ceci afin d'obtenir des besoins affinés du bâtiment.

Les modules suivants ont été utilisés dans le cadre de cette étude :

- ModellT : modélisation géométrique,
- Suncast : calcul d'ombrage dynamique,
- ApacheSim : simulation thermique dynamique,
- ApacheHVAC : modélisation des systèmes CVC détaillé
- MacroFlo : modélisation des écoulements d'air entre les espaces intérieurs et extérieurs,
- VistaPro : Analyse fine des résultats par zone et pour chaque composant du système énergétique.

IES est un logiciel de thermique dynamique qui a de nombreuses applications dans le domaine de la Haute Qualité Environnementale. C'est un outil d'aide à la conception dès les phases amont du projet. Il permet d'analyser le comportement du bâtiment organe par organe dans le temps.

2.3 - Incertitudes de calcul

Les modélisations sont par nature, une tentative de traduction en chiffres de situations réelles, variables et parfois imparfaitement connues. Les consommations d'un bâtiment sont certes impactées par les installations techniques mais dépendent aussi fortement notamment des usages, des utilisateurs, de la météo. De plus, les lois thermodynamiques de rendement de consommation ne sont pas toujours linéaires. Ainsi, la réalisation de simulations thermiques et les résultats présentent des limites théoriques. Enfin, les modèles proposent des paramètres fixes et homogènes, ils tiennent difficilement compte des défauts ponctuels que l'on peut retrouver dans un bâtiment. Des tests de sensibilité montrent qu'il faut donc lire les valeurs avec un intervalle de confiance de $\pm 15\%$.

3 - HYPOTHESES

3.1 - Caractéristiques de l'enveloppe bâti et des équipements techniques CVC-CFO

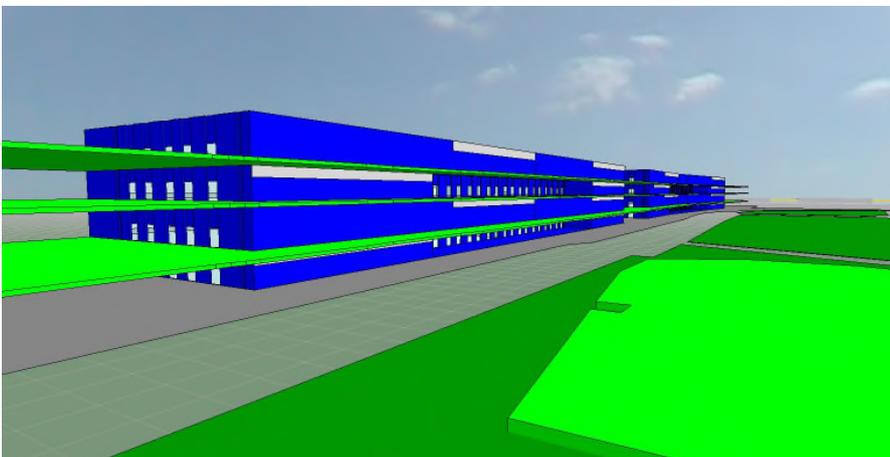
Les sections qui suivent présente les spécificités du projet en termes d'enveloppe thermique et de systèmes. Notons au préalable les éléments de conception développés dans l'optique de réduire l'impact environnemental du projet :

- Compacité – La géométrie de l'ensemble du complexe démontre une excellente compacité globale. Notons par exemple la présence de plusieurs niveaux qui permettent une meilleure compacité comparée à un entrepôt logistique standard à un seul étage. A noter que la compacité est un facteur clef pour réduire la consommation énergétique du bâtiment mais également la quantité de matière injectée dans le projet.
- Imbrication – Les zones administratives représentent une zone particulière avec une température plus élevée pour le confort des utilisateurs. Le projet propose donc des bureaux enchâssés dans la zone de process pour chercher à la fois une réduction des consommations par réduction des déperditions thermiques tout en assurant un bon accès à la lumière naturelle.
- Fraction vitrée – A l'heure des bâtiments de bureaux entièrement vitrés, notre expression architecturale permet une bonne maîtrise des surfaces de vitrage dans le bâtiment. Une surface vitrée aussi limitée que possible nous conduit à une réduction des déperditions par conduction thermique et une limitation de l'impact carbone du verre.
- Performance des éléments opaques – Les performances thermiques de tous les éléments de l'enveloppe sont maîtrisées et suivent une stratégie globale à savoir des entrepôts isolés sur toute leur périphérie et une zone administrative sur-isolée par rapport à ces derniers.
- Des installations techniques raisonnées avec des dispositifs de récupération d'énergie
- Des installations d'éclairage artificiel peu énergivores et une stratégie d'éclairage en fonction des besoins.

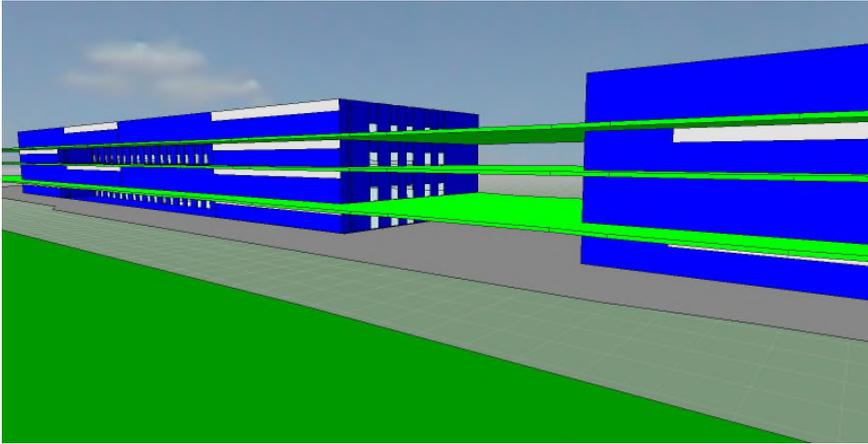
3.1.1 - Le projet et son environnement

Les figures qui suivent présentent des représentations 3D de notre modèle thermique. Ces figures sont issues du logiciel IES VE utilisé pour nos simulations thermiques dynamiques. L'ensemble du modèle est basé sur les plans en date du 26/05/2023 et les figures qui suivent présentent les vues suivantes :

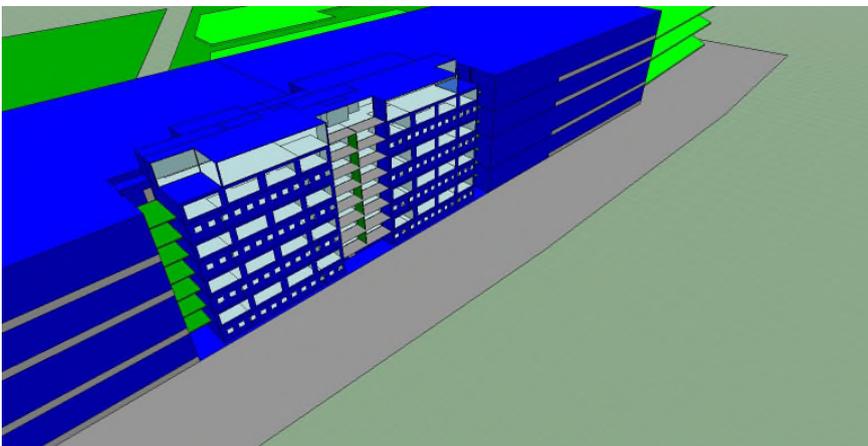
- Vue Ouest
- Vue sur la cour camion
- Vue sur le noyau de bureaux



VUE 1 – VUE OUEST



VUE 2 – COUR CAMION



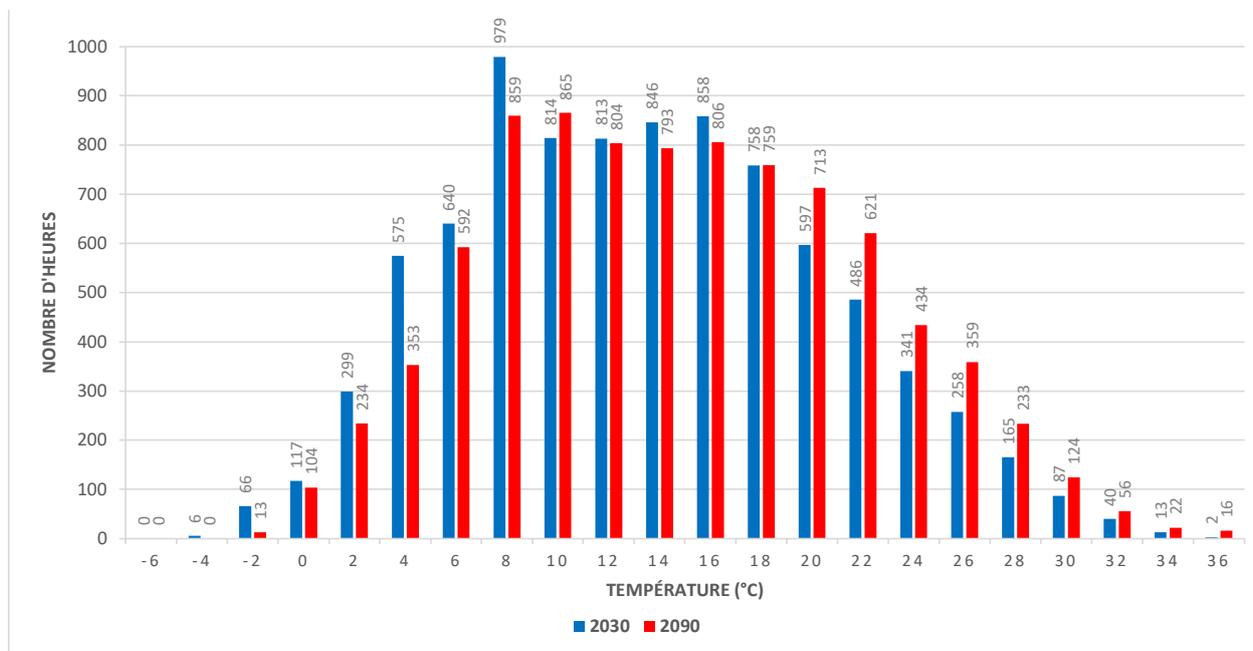
VUE 3 – BUREAUX

3.1.2 - Fichier météo

La modélisation thermique dynamique s'appuie sur des données météorologiques représentatives du climat caractéristique de la zone géographique et de la période d'étude. A défaut d'intégration d'un fichier spécifique issu d'un relevé de MétéoFrance®, la simulation sera réalisée sur la base d'un fichier météorologique dit « de référence » issu des bases de données climatiques horaires MeteoNorm® du lieu. Nous utilisons pour cette étude le scénario de référence SSP 4.5 projection 2030 et ultérieure (2090).

L'année climatique de référence extraite de cette base de données, reconstitue une année dite « réelle », avec des journées chaudes et des journées froides, des pics et des situations accidentelles, sur la base de données collectées sur les périodes choisies.

Le fichier météo utilisé pour cette étude provient de MeteoNorm v.8 pour la station de Paris-Montsouris. La figure qui suit représente la distribution annuelle des températures pour 2030 et 2090. Cette représentation nous permet de comprendre le décalage des températures en lien avec le réchauffement climatique en cours.



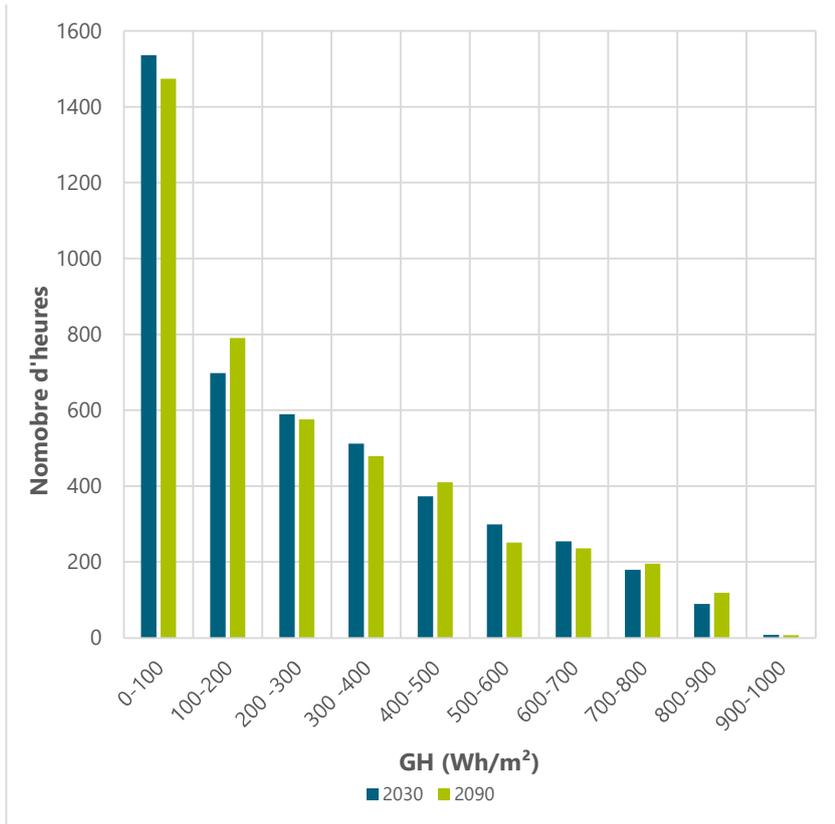
FREQUENCE DES TEMPERATURES – FICHER METEOROLOGIQUE PARIS MONTSOURIS SCENARIO SSP 4.5 2030 ET 2090

On constate qu'en 2090, les températures sont plus élevées qu'en 2030, avec 810 heures où la température dépasse 26 °C, soit davantage que les 565 heures dans les données météorologiques de 2030. En ce qui concerne les températures froides, en 2030, il y a eu 7368 heures en dessous de 20 °C, tandis qu'en 2090, ce chiffre s'élève à 6895 heures. Cela suggère que les besoins en chauffage devraient diminuer entre 2030 et 2090. Cependant, les besoins en refroidissement devraient augmenter.

Cette hypothèse est également confirmée par le changement dans les DJU. Qui sont passés de 2003 en 2030 à 1712 en 2090 en DJUc, tandis que les DJUf sont passés de 17 en 2030 à 33 en 2090.

Pour notre analyse, nous nous sommes également intéressés à l'évolution du rayonnement solaire incident. Les figures qui suivent présentent respectivement l'énergie solaire incidente pour chaque mois de l'année et la distribution de l'intensité sur une année.

	Horizontal	
Année	2030	2090
Janvier	24	24
Février	39	39
Mars	94	94
Avril	137	131
Mai	160	159
Juin	174	178
Juillet	175	180
Août	158	160
Septembre	116	120
Octobre	66	68
Novembre	29	30
Décembre	22	22
Somme (Wh/m²)	1 193	1 204
Moyenne (Wh/m²)	99	100



IRRADIATIO FREQUENCE DES RAYONNEMENTS – FICHER METEOROLOGIQUE PARIS MONTSOURIS SCENARIO SSP 4.5 2030 ET 2090

En ce qui concerne le rayonnement solaire, on peut constater que la différence entre 2030 et 2090 est très légère. L'irradiation totale augmente de seulement 10 kWh/m².an entre 2030 et 2090, passant d'une moyenne de 136 Wh/m² en 2030 à 137 Wh/m² en 2090. Cette légère variation suggère qu'il n'y aura pas d'impact significatif sur la production photovoltaïque entre 2030 et 2090.

3.1.3 - Enveloppe thermique

Les sections qui suivent décrivent les compositions et les performances thermiques considérées dans le projet. Outre une performance élevée, le projet a cherché à concevoir un volume efficace en termes de compacité et de juxtaposition des différentes zones.

Espaces logistiques

Type	U (W/(m ² .K))	Description
Paroi verticale	0,16	Panneau sandwich 120mm laine minérale entre deux parements acier
Toiture terrasse	0,175	Isolant polyuréthane sur dalle béton

Type	U (W/(m ² .K))	Description
Porte sectionnelle	0,9	Deux tôles métalliques avec isolant compressé
Ouvrants de désenfumage	1,7	Ventelle de désenfumage

NB : une dégradation de ces performances a été introduite pour prise en compte du phénomène de ponts thermique. La conductance thermique de la paroi verticale a été renseignée à 0,2 W/(m².K)

Espaces bureaux

Type	U (W/(m ² .K))	Description
Paroi verticale	0,16	Mur Ossature Bois avec remplissage en laine minérale et parement ...
Toiture terrasse	0,175	Isolant polyuréthane sur dalle béton
Dalle sur parking	0,34	Isolant laine minérale 100mm sous dalle béton
Plancher intermédiaire	0,24	Isolant laine minérale 100 mm sur plancher béton

Type	U (W/(m ² .K))	Description
Châssis	1,4	Châssis mixte bois-aluminium
Mur rideau	1,4	Mur rideau aluminium

Type	U (W/(m ² .K))	Description
Porte sectionnelle	1,2	Porte sandwich acier avec isolant injecté
Ventelle désenfumage	1,7	Ventelles vitrées

NB : une dégradation de ces performances a été introduite pour prise en compte du phénomène de ponts thermique. La conductance de la paroi verticale a été renseignée à 0,17 W/(m².K).

Étanchéité à l'air

L'étanchéité à l'air est un élément clef dans la consommation énergétique de volume traités thermiquement. Si les éléments opaques et les éléments vitrés sont bien maîtrisés, l'enjeu d'un entrepôt se situe au niveau de ces portes d'accès qui représente la principale faiblesse du système. Le niveau d'étanchéité final dépendra principalement de la qualité d'exécution des éléments mis en œuvre.

Bureaux : **Q4 = 1,7 m³/h.m² surface déperditive**

Remarque : cette valeur ambitieuse nécessite une attention spécifique lors de la pose, des tests sur témoin puis globaux sur chaque bâtiment pour s'assurer de la qualité des travaux.

Entrepôt : **Q4 = 2,5 m³/h.m² surface déperditive**

Remarque : cette valeur ambitieuse nécessite une attention spécifique lors de la pose, des tests sur témoin puis globaux sur chaque bâtiment pour s'assurer de la qualité des travaux.

Selon le retour d'expérience sur un projet similaire (parc d'expositions), il faudra prendre en compte une grande déperdition de performance par les portes sectionnelles (éventuellement monté jusqu'à 15,0 m³/h.m²), ventelles de désenfumage et des éventuels passages de gaine. La façade opaque avec les panneaux sandwich sera très étanchée sur la partie courante (inférieur à 1,0 m³/h.m² avec la vigilance sur les points singuliers). Étant donné qu'il y a beaucoup de porte sectionnelle, la valeur peut arriver à environ 2,0 m³/h.m² sous Q4 en prenant en compte une bonne performance sur les portes sectionnelles. Si les portes sectionnelles sont très bien réalisées sur le chantier, nous pouvons arriver idéalement à 1,7 m³/h.m².

3.1.4 - Profils thermiques

Les profils thermiques représentent les horaires et les taux d'occupation pris en compte dans notre simulation. Ces hypothèses découlent à la fois de retours d'expérience et d'éléments projet en lien avec les besoins de l'activité future de l'équipement. Elles sont détaillées dans les sections qui suivent.

Espaces de bureaux

- Occupation :
 - Effectif : **200 personnes, soit une densité : 2300m² de bureaux donc 11,2 m²/personne**
 - Avec 70 W/m² d'apports sensible et 60 W/m² d'apports latentes.

Heure	Bureaux	Salle de réunion
Occupation	11,2 m ² /personne	3

- Jours : **6j/7 hors dimanche**

Heure	Bureaux	Salle de réunion
00:00:00	0	0
01:00:00	0	0
02:00:00	0	0
03:00:00	0	0
04:00:00	0	0
05:00:00	0	0
06:00:00	0	0
07:00:00	0	0
08:00:00	1	1
09:00:00	1	1
10:00:00	1	1
11:00:00	1	1
12:00:00	1	1
13:00:00	0,5	0,5
14:00:00	0,5	0,5
15:00:00	1	1
16:00:00	1	1
17:00:00	1	1
18:00:00	1	1
19:00:00	0	0
20:00:00	0	0
21:00:00	0	0
22:00:00	0	0
23:00:00	0	0

Heure	Bureaux	Salle de réunion
Eclairage artificiel	5 W/m ²	5 W/m ²

L'éclairage artificiel est gradé et géré automatiquement par sonde de présence et de luminosité.

On prend également en compte 100W par poste de travail pour les ordinateurs et autres équipements.

Heure	Bureaux	Salle de réunion
Apports internes	8,9 W/m ²	220 W

Ces apports coïncident avec les heures d'occupation des locaux.

Espaces de restauration communs

- Occupation :

Un effectif de 350 personnes a été pris en compte dans cet espace, 6j/7, suivant ce profil :

Heure	Espace de restauration
00:00:00	0
01:00:00	0
02:00:00	0
03:00:00	0
04:00:00	0
05:00:00	0
06:00:00	0
07:00:00	0
08:00:00	0
09:00:00	0
10:00:00	0
11:00:00	0.4
12:00:00	1
13:00:00	1
14:00:00	0.4
15:00:00	0
16:00:00	0
17:00:00	0
18:00:00	0
19:00:00	0
20:00:00	0
21:00:00	0
22:00:00	0
23:00:00	0

Espaces de logistique

- Occupation :

Le personnel travaillant dans les espaces logistiques est évalué à 500 personnes sur chaque phase de chargement/déchargement de marchandises. Cela fait donc 17 personnes environ par cellule (4 cellules par étage) et ce 7 jours sur 7. Le profil d'occupation est le suivant :

Heure	Cellules logistiques
00:00:00	1
01:00:00	0.5
02:00:00	0.5
03:00:00	0.5
04:00:00	0.5
05:00:00	0.5
06:00:00	1
07:00:00	1
08:00:00	1
09:00:00	1
10:00:00	1
11:00:00	1
12:00:00	1
13:00:00	1
14:00:00	1
15:00:00	1
16:00:00	1
17:00:00	1
18:00:00	1
19:00:00	0.5
20:00:00	0.5
21:00:00	0.5
22:00:00	1
23:00:00	1

- Eclairage artificiel :

Heure	Zones logistiques
Eclairage artificiel	4 W/m ²

L'éclairage artificiel est gradé et géré automatiquement par sonde de présence et de luminosité.

- Régulation : **Cf. occupation – détection de présence à prévoir**

3.1.5 - Systèmes énergétiques et régulation

Tout comme pour les profils thermiques, nous faisons des hypothèses sur la régulation thermique des espaces et distinguant leur fonction. Ces hypothèses sont explicitées dans les sections qui suivent.

Espaces de bureaux

- Chauffage/climatisation :
 - Profils

On définit trois régimes d'ambiance différents : **pré-occupation** (mise en chauffe du bâtiment avant arrivée des occupants), **occupation** (pendant les heures de travail) et **économie** (durant la nuit)

Heure	Bureaux	Salles de réunion	Vestiaires
00 :00:00	Économie	Économie	Economie
01:00:00	Économie	Économie	Economie
02:00:00	Économie	Économie	Economie
03:00:00	Économie	Économie	Economie
04:00:00	Économie	Économie	Pré-Occupation
05:00:00	Économie	Économie	Pré-Occupation
06:00:00	Pré-occupation	Pré-occupation	Occupation
07:00:00	Pré-occupation	Pré-occupation	Occupation
08:00:00	Occupation	Occupation	Occupation
09:00:00	Occupation	Occupation	Occupation
10:00:00	Occupation	Occupation	Occupation
11:00:00	Occupation	Occupation	Occupation
12:00:00	Occupation	Occupation	Occupation
13:00:00	Occupation	Occupation	Occupation
14:00:00	Occupation	Occupation	Occupation
15:00:00	Occupation	Occupation	Occupation
16:00:00	Occupation	Occupation	Occupation
17:00:00	Occupation	Occupation	Occupation
18:00:00	Occupation	Occupation	Occupation
19:00:00	Pré-occupation	Pré-occupation	Occupation
20:00:00	Économie	Économie	Occupation
21:00:00	Économie	Économie	Occupation
22:00:00	Économie	Économie	Pré-Occupation
23:00:00	Économie	Économie	Economie

Type de local	T Hiver °C			T Eté °C		
	Occupation	Pré-occupation	Économie	Occupation	Pré-occupation	Économie
Bureaux	20	18	16	26	-	28
Salles de réunion	20	18	16	26	-	28
Vestiaires	19	18	16	26	-	28

Espaces de restauration communs

Heure	Espace de restauration
00:00:00	Économie
01:00:00	Économie
02:00:00	Économie

03:00:00	Économie
04:00:00	Économie
05:00:00	Économie
06:00:00	Économie
07:00:00	Économie
08:00:00	Économie
09:00:00	Économie
10:00:00	Pré-occupation
11:00:00	Pré-occupation
12:00:00	Occupation
13:00:00	Occupation
14:00:00	Occupation
15:00:00	Pré-occupation
16:00:00	Économie
17:00:00	Économie
18:00:00	Économie
19:00:00	Économie
20:00:00	Économie
21:00:00	Économie
22:00:00	Économie
23:00:00	Économie

Nom IES	T Hiver °C			T Eté °C		
	Occupation	Pré-occupation	Économie	Occupation	Pré-occupation	Économie
Bureaux	20	18	16	26	-	28
Salles de réunion	20	18	16	26	-	28
Vestiaires	19	18	16	26	-	28

Espaces de logistique

- Chauffage par aérotherme et panneaux radiants basse température
 - Profils : **Constant**

T Hiver °C	
Nom IES	Occupation
Espace logistique	11.5

Les espaces de logistiques ne sont pas traités en froid, il n'y a donc aucun système ou terminal.

Nous considérerons dans cette catégorie la consommation électrique des aérothermes. Ceux-ci n'apportent pas d'air neuf mais ont pour rôle de réchauffer l'air ambiant et le font circuler à travers la cellule. Ils ont pour consigne de réchauffer l'air à 11,5°C en fonction des capteurs de température ambiants dans la cellule.

On considère que 50% des aérothermes fonctionnent toute la journée :
Il n'y a pas de ventilation mécanique dans les espaces de logistique.

Espaces logistiques	
Profil quotidien - aérothermes	
Heure	
00:00:00	0,5
01:00:00	0,5
02:00:00	0,5
03:00:00	0,5
04:00:00	0,5
05:00:00	0,5
06:00:00	0,5
07:00:00	0,5
08:00:00	0,5
09:00:00	0,5
10:00:00	0,5
11:00:00	0,5
12:00:00	0,5
13:00:00	0,5
14:00:00	0,5
15:00:00	0,5
16:00:00	0,5
17:00:00	0,5
18:00:00	0,5
19:00:00	0,5
20:00:00	0,5
21:00:00	0,5
22:00:00	0,5
23:00:00	0,5

3.1.6 - Ventilation mécanique

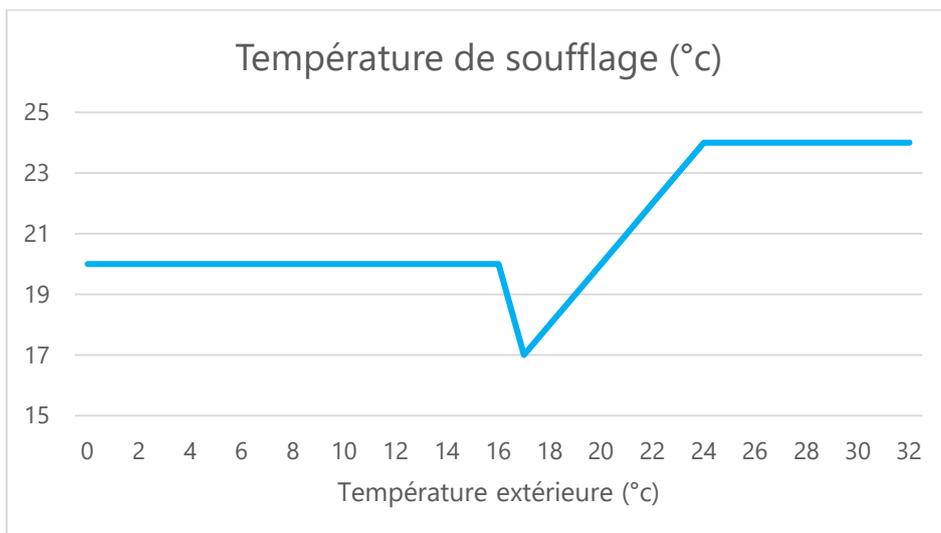
Cette section présente les hypothèses de régulation de la ventilation mécanique. Elle retrace nos hypothèses en termes d'horaires et intensité de ventilation.

Espaces de bureaux

- Ventilation mécanique :

La ventilation mécanique est assurée dans les deux bâtiments de bureaux par des Centrales de Traitement d'Air double flux avec échangeur à plaques (rendement à 75%).

La température de soufflage des CTA de bureaux est définie selon la loi de régulation suivante :



Les horaires de fonctionnement sont définis comme suit :

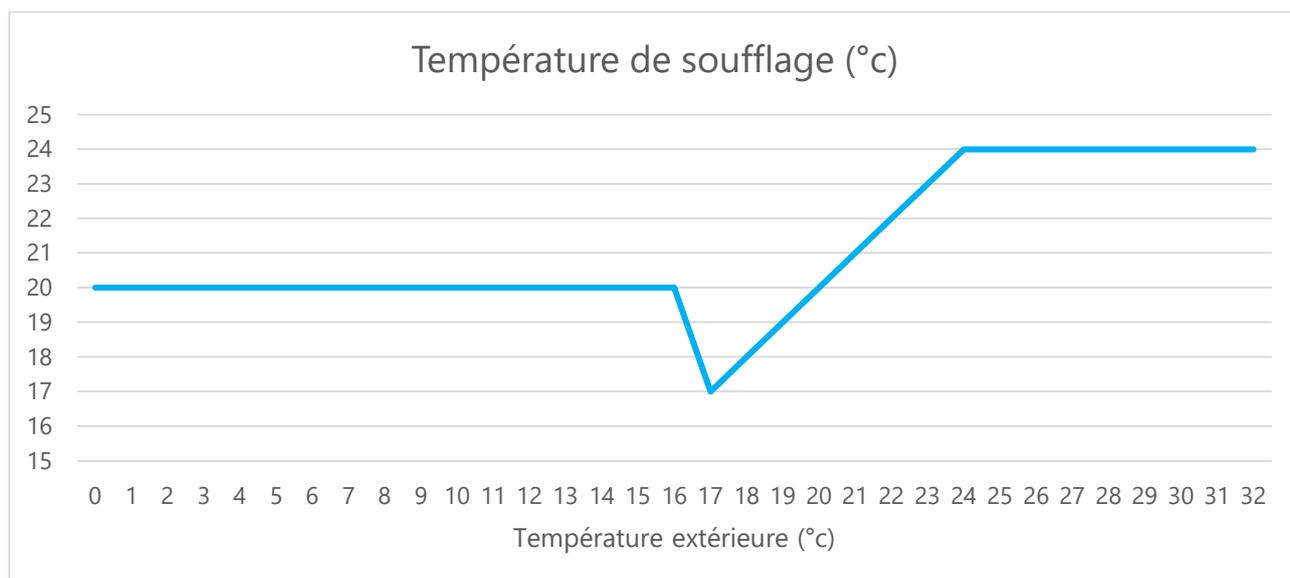
Heure	Bureaux
0h à 7h	Arrêt
7h à 19h	En marche
19h à 0h	Arrêt

Les Centrales de Traitement d’Air délivreront un débit d’air de **36 m3/h** par personne dans les espaces de bureaux. Dans les salles de réunions, ce débit unitaire est de **45 m3/h** par personne.

Espaces de restauration communs

Un débit de 3 000 m3/h est prévu pour chaque espace de restauration.

La température de soufflage des CTA de bureaux est définie selon la loi de régulation suivante :



Les horaires de fonctionnement sont définis comme suit :

Heure	Bureaux
0h à 7h	Arrêt
7h à 19h	En marche
19h à 0h	Arrêt

3.1.7 - Amenées d'air dans l'espace Logistique

Une quantité d'air frais extérieur est amenée par l'ouverture des portes. Cet élément ayant un impact sur nos simulations, les hypothèses retenues sont décrites dans les section qui suivent. Les cellules sont utilisées 24 heures par jour et ceci toute l'année. Il a deux zones à distinguer dans les cellules :

- Cellules stockage arrivage (comprend des portes pour poids lourds)
- Cellules distribution urbaine (comprend des portes pour poids lourds et véhicules utilitaires légers)

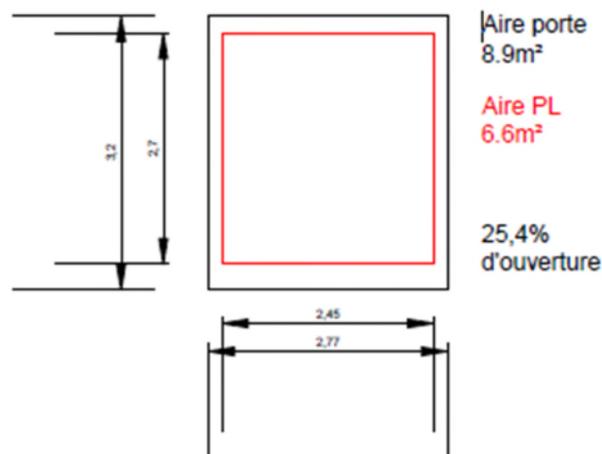
Les hypothèses suivantes sont conservatives. Des équipements supplémentaires permettant de limiter les entrées d'air sont prévus mais nous resterons conservatifs dans cette étude.

3.1.7.1 - Scénarios d'ouverture des portes sectionnelles

Les hypothèses suivantes ont été retenues pour prendre en compte l'ouverture des portes sectionnelles en fonction de leur typologie :

Ouvertures des portes Stockage

Trois vagues d'arrivées sont prises en compte pour les poids lourds. Les portes sectionnelles de 9m² chacune environ s'ouvrent et des camions viennent bloquer une grande part de l'ouverture. En prenant en compte une porte et un camion selon les dimensions du schéma du dessous, on constate que 25,4% de la porte reste à l'air libre.



On y ajoute un coefficient de foisonnement de 80% car l'ensemble des portes sectionnelles ne sont pas ouvertes en même temps.

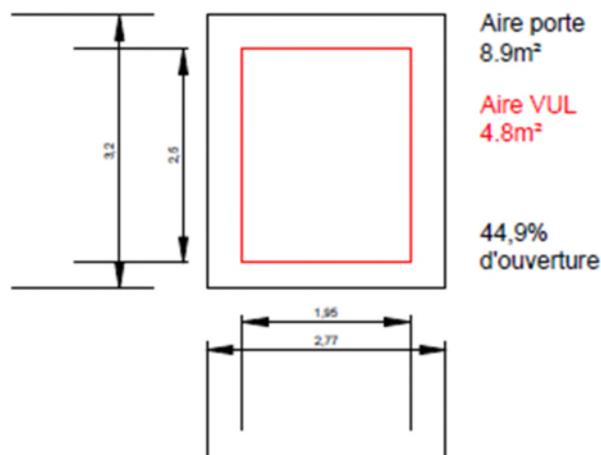
Ainsi, on prendra en compte un pourcentage d'ouverture sur l'ensemble des portes sectionnelles de 20,3%.

Vagues de déchargement + remplissage

- **Journée :**
 - 6h-22h : 100 PLs répartis sur la journée
- **Nuit :**
 - 22h-1h : 20PLs/h
 - 1h-5h : 6PL/h
 - 4h-6h : 10PLs/h

Ouvertures des portes Distribution

Quatre vagues d'arrivées sont prises en compte pour les Véhicules Utilitaires Légers (VUL). Les portes sectionnelles de 9m² chacune environ s'ouvrent et les VUL viennent bloquer une part de l'ouverture. En prenant en compte une porte et un VUL selon les dimensions du schéma du dessous, on constate que 44,9% de la porte reste à l'air libre.



On y ajoute un coefficient de foisonnement de 80% car l'ensemble des portes sectionnelles ne sont pas ouvertes en même temps.

Ainsi, on prendra en compte un pourcentage d'ouverture sur l'ensemble des portes sectionnelles de 36%.

Vagues de chargement

- 1ère vague : 6h à 6h45
- 2ème vague : 7h à 7h45
- 3ème vague : 13h à 13h45
- 4ème : 17h à 17h45

3.2 - Caractéristiques des équipements ECS et usages

Cette section présente les hypothèses retenues en termes de consommation d'eau chaude sanitaire (ECS). Elles sont représentées dans le tableau qui suit.

Type local	Type de ballon	Quantité	Puissance unitaire
Sanitaires	30 L	16	3000 W

Local ménage	30L	4	3000 W
Vestiaires	200L	16	2500 W
Espace de restauration	200L	2	2500 W

Un groupe de suppression pour l'Eau Froide est également prévu avec une puissance unitaire de 8000 W.

Une station de relevage des Eaux Pluviales est également prévue pour la réutilisation des EP depuis la cuve de stockage jusqu'aux sanitaires. Cette pompe a une puissance de 10kW.

L'utilisation de ces différents équipements est simulée selon les profils suivants :

Heure	Bureaux	Entrepôt	Espace de restauration
	Profil quotidien - Bureaux	Profil quotidien - Entrepôt	Profil quotidien - Restauration
00:00:00	0	0,2	0,2
01:00:00	0	0,2	0,2
02:00:00	0	0,2	0,2
03:00:00	0	0,2	1
04:00:00	0	0,2	1
05:00:00	0	0,2	0,2
06:00:00	0	1	0,2
07:00:00	0	1	0,2
08:00:00	0,5	0,2	0,2
09:00:00	0,5	0,2	0,2
10:00:00	0,5	0,2	0,2
11:00:00	0,5	0,2	0,2
12:00:00	0,5	1	0,2
13:00:00	0,5	1	0,2
14:00:00	0,5	0,2	1
15:00:00	0,5	0,2	1
16:00:00	0,5	0,2	1
17:00:00	0,5	0,2	0,2
18:00:00	0	0,2	0,2
19:00:00	0	0,2	0,2
20:00:00	0	0,2	0,2
21:00:00	0	1	0,2
22:00:00	0	1	0,2
23:00:00	0	0,2	0,2

Heure	Bureaux - week-end	Surpresseur	Surpresseur
	Profil quotidien - Bureaux week-end	Profil quotidien - Bureaux week-end	Profil quotidien - Bureaux week-end
00:00:00	1	0,4	0,4
01:00:00	0	0,4	0,4
02:00:00	0	0,4	0,4
03:00:00	0	0,4	0,4
04:00:00	0	0,4	0,4
05:00:00	0	0,4	0,4
06:00:00	0	0,4	0,4
07:00:00	0	0,4	0,4
08:00:00	0	0,4	0,4
09:00:00	0	0,4	0,4
10:00:00	0	0,4	0,4
11:00:00	0	0,4	0,4
12:00:00	0	0,4	0,4
13:00:00	0	0,4	0,4
14:00:00	0	0,4	0,4
15:00:00	0	0,4	0,4
16:00:00	0	0,4	0,4
17:00:00	0	0,4	0,4
18:00:00	0	0,4	0,4
19:00:00	0	0,4	0,4
20:00:00	0	0,4	0,4
21:00:00	0	0,4	0,4
22:00:00	0	0,4	0,4
23:00:00	0	0,4	0,4

3.3 - Caractéristiques des installations électriques complémentaires

3.3.1 - Eclairage artificiel extérieur

Les consommations d'éclairage artificiel extérieur devront refléter l'intention du projet : rester sobre et éviter des éclairages non nécessaires qui pourraient gêner la faune et les bâtiments environnants.

Point d'attention : Les informations fournies via mail par INGELUX concernaient l'éclairage côté BERGE. Ce qui correspond à la voie pompière. Cet éclairage sera donc très peu utilisé.

Les **zones éclairées en permanence** seront les **entrées** et les **postes de garde** avec des puissances respectives de 30W chacune.

Les **zones d'activité éclairées de façon intermittente** (détection présence, allumage 100% de la puissance puis extinction progressive) :

- Voiries 2x30 W
- Rampe 8 730 W
- Cour camions 139 771 W

Constat : Les consommations énergétiques de l'éclairage extérieur ne sont pas « dimensionnantes » dans la mesure où les horaires de consommations diffèrent de la production des panneaux solaires photovoltaïque.

Les deux voies d'accès, nord et sud, sont toutes deux équipées d'éclairage activés sur détection de présence de puissance :

- Mats au Nord 30 W
- Mats au Sud 30 W

3.3.2 - Ascenseurs et Monte-charge

Egis doit contacter les ascensoristes (OTIS, KONE, SCHINDLER, THYSSENKRUP, ORONA) de manière à obtenir des solutions adaptées au projet (référence produit, nombre) et établir une **étude trafic + consommation** pour la partie **ascenseurs** (transport hommes/femmes) et la partie **monte-charge** (marchandise).

A ce stade, l'hypothèse retenue est la suivante : 630 kg x2 / bloc de bureau

3.4 - Bornes de recharges de véhicules électriques

Pour notre calcul de consommation énergétique, les besoins de la mobilité électrique sont importants. Le projet visant à promouvoir leur déploiement avec une interaction forte avec l'installation photovoltaïque. A ce stade de développement du projet, certains éléments sont bien maîtrisés et d'autres moins. Les hypothèses retenues pour les différents types de véhicules (véhicule utilitaire léger, Véhicules légers, Véhicules Poids Lourds) sont décrites dans les sections qui suivent.

3.4.1 - Véhicules utilitaires légers

3.4.1.1 - Scénario 2027

Dans le cadre du scénario 2027, nous prévoyons que :

- Les 150 places destinées aux véhicules utilitaires légers (VUL) seront prêtes à accueillir des bornes de recharge.
- Parmi ces places, 45%, soit environ 68 places, seront équipées de bornes de 22 kW, représentant une puissance totale de 1,5 MW, foisonnée à 40%.
- Ces bornes de recharge seront situées dans le parking souterrain.

3.4.1.2 - Scénario 2050

Pour le scénario 2050, nous souhaitons

- Progressivement augmenter le pourcentage des places équipées de bornes de recharge pour atteindre 100% des 150 places destinées aux VUL.
- Chaque place VUL sera équipée d'une borne de 22 kVA.
- On considère que seuls 40% des bornes fonctionnent en même temps.

3.4.2 - Véhicules légers (persos)

3.4.2.1 - Scénario 2027

Dans le scénario 2027 :

- Concernant les véhicules légers (VL) appartenant au personnel, nous prévoyons que la totalité des 400 places VL sera prête à accueillir des bornes de recharge.
- Sur ces places, 25% soit environ 100 places VL seront équipées de bornes de 11 kW, représentant une puissance totale de 1,1 MW foisonnée à 40%. Ces bornes de recharge seront réparties entre les deux parkings souterrains.

3.4.2.2 - Scénario 2050

- Notre intention pour le scénario 2050 :

- Toutes les places VL soient pré-équipées.
- Nous visons 100% des 400 places VL pré-équipées, dont 40% soit 160 places équipées de bornes de recharge de 11 kVA, représentant une puissance totale de 1,76 MW foisonné à 40%.

3.4.3 - Véhicules Poids Lourds

3.4.3.1 - Scénario 2027

Dans le scénario 2027, nous prévoyons que :

- Les 4 places destinées aux poids lourds (PL) seront prêtes à accueillir des bornes de recharge. Parmi ces places, 4 places seront équipées de bornes de recharge de 150 kW, représentant une puissance totale de 600 kW foisonné à 40%.
- Ces bornes seront situées sur la place d'attente du rez-de-chaussée, après le poste de garde, en face de la cour camion D.

3.4.3.2 - Scénario 2050

Dans le scénario 2050, nous prévoyons que :

- On augmente le nombre des bornes de recharge à 10 bornes de 150 kVA, foisonné à 40% d'utilisation.

3.4.4 - Profils de recharge

Heure	Véhicules utilitaires légers	Véhicules légers (personnel)	Véhicules poids lourds
	Profil quotidien - charge des VUL	Profil quotidien - charge des VL	Profil quotidien - charge des VPL
00:00:00	0,5	0,1	0,8
01:00:00	0,3	0,1	0,4
02:00:00	0,1	0,8	0
03:00:00	0,1	1	0
04:00:00	1	0,8	0
05:00:00	0,75	0,5	0
06:00:00	0,2	0,3	0
07:00:00	0,1	0,8	0,4

08:00:00	0,1	1	0,2
09:00:00	0	1	0
10:00:00	0	0,8	0
11:00:00	0	0,8	0
12:00:00	0	0,8	0
13:00:00	0,1	0,5	0,4
14:00:00	1	1	0,4
15:00:00	0,7	0,8	0,4
16:00:00	0,4	0,3	0
17:00:00	0,1	0,3	0
18:00:00	0	1	0
19:00:00	0	0,8	0,8
20:00:00	0	0,8	0,4
21:00:00	0,2	0,3	0,1
22:00:00	1	0,3	0
23:00:00	0,75	0,1	0

Ces profils ont été conçu en fonction des heures de chargement/déchargement. En effet, il n'y a quasiment aucune charge durant ces heures puisque les véhicules sont immobilisés au niveau des portes qui n'ont pas de bornes de recharge.

Avec les hypothèses précédentes, les profils ont aussi été calibrés de façon que l'énergie quotidienne dédiée aux recharges par type de véhicule ne soit pas supérieure à la capacité des batteries de l'ensemble de la flotte de véhicules électriques avec une hypothèse sur la capacité moyenne de batterie pour chaque type de véhicule. Le calcul donne ainsi :

Véhicules utilitaires légers	Quantité	Unité
Energie batterie	65	kWh
% de VUL se rechargeant par jour	100	%
	9 750	kWh

Poids lourds	Quantité	Unité
Energie batterie	600	kWh
% de PL se rechargeant par jour	100	%
	2 400	kWh

Véhicules légers	Quantité	Unité
Energie batterie	75	kWh
% de VL se rechargeant par jour	100	%
	11 970	kWh

Avec le profil quotidien imaginé, nous avons donc la consommation d'énergie suivante : 9 770 kWh pour les VUL, 10 530 kWh pour les VL et 2 500 kWh pour les PL. Cet ordre de grandeur correspond au calcul ci-avant. Nos hypothèses sont donc cohérentes avec la capacité de charge disponible sur site.

3.4.1 - Vélos électriques

Intention : A définir

Nombre : Aucune recharge de batterie de vélo électrique n'est prise en compte à ce stade.

3.5 - Autres postes de consommations électriques

Les consommations additionnelles suivantes sont prises en compte dans notre simulation.

3.5.1 - Chariots élévateurs

Activité de logistique : Usage de chariots élévateurs électriques (type Fenwick)

Hypothèses :

- Nombre : 2 chariots pour 1000m² de cellule (Env 150 chariots.)
- Profiter d'un shift pour charger ceux du shift précédent.
- 8h par jour de charge (durée d'un SHIFT)
- Capacité : 50kWh (FENWICK)
- Charge complète assez conservatrice (manque de REX données)
- Prévoir un système de SWITCH de batterie pour qu'elles soient en charge lors de la production d'ENR via solaire PV ?

3.5.2 - Autres postes qui seront à prendre en compte

- Portes de quai
- Quais niveleurs
- Appel de froid (process)
- Compacteurs
- Chambres froides négatives

L'utilisation de ces différents équipements est simulée selon les profils suivants :

Heure	Divers (chambres froides et autres installations) Profil quotidien – Divers
00 :00 :00	0,4
01 :00 :00	0,4
02 :00 :00	0,4
03 :00 :00	0,4
04 :00 :00	0,4
05 :00 :00	0,4
06 :00 :00	0,4
07 :00 :00	0,4
08 :00 :00	0,4
09 :00 :00	0,4
10 :00 :00	0,4
11 :00 :00	0,4
12 :00 :00	0,4
13 :00 :00	0,4

14 :00 :00	0,4
15 :00 :00	0,4
16 :00 :00	0,4
17 :00 :00	0,4
18 :00 :00	0,4
19 :00 :00	0,4
20 :00 :00	0,4
21 :00 :00	0,4
22 :00 :00	0,4
23 :00 :00	0,4

- Les cellules logistiques fonctionnent en continu. Avec un foisonnement de 0.4 de la puissance totale.
- Pour les cellules, la puissance totale est de 2 MW est de 912 kW en foisonnement.

3.5.3 - Description des postes

Les résultats énoncés dans les parties suivantes seront regroupés par poste. Une définition de chacun d'eux est donnée dans le tableau ci-dessous afin de bien définir leurs périmètres respectifs.

	Description
Chauffage	Regroupe les consommations de chauffage pour le bâtiment de bureaux et l'entrepôt.
Refroidissement	Regroupe les consommations de refroidissement pour le bâtiment de bureaux.
ECS	Regroupe l'ensemble des consommations liées à la production d'eau chaude sanitaire pour les sanitaires, le local ménage, l'espace de restauration, les vestiaires et les bureaux :
Plomberie (Eaux et EP)	Regroupe l'ensemble des consommations liées aux pompes de surpression et de recyclage des eaux pluviales.
Eclairage Intérieur	Regroupe l'ensemble des consommations d'éclairage intérieur pour les cellules logistiques, les bureaux et le réfectoire.
Equipements	Regroupe l'ensemble des consommations divers équipements (PC, etc.) ainsi que la consommation des portes de quais et des quais niveleurs.
Ascenseurs	Regroupe la consommation des ascenseurs et des monte-charges.
CTA	Regroupe la consommation des centrales de traitement d'air pour les bureaux, les vestiaires et l'espace de restauration.
Cellules frigorifiques	Regroupe l'ensemble des consommations des cellules frigorifiques

4 - RESULTATS SED :

Nous avons d'abord entrepris une analyse des principales consommations du projet, qui englobent les éléments suivants : ECS (Eau Chaude Sanitaire), Plomberie, Éclairage extérieur et intérieur, Équipements, Ascenseurs, Bornes de recharge, Chariots élévateurs et CTA (Centrales de Traitement d'Air). Dans un 1^{er} temps, nous avons exclu les consommations frigorifiques des cellules logistiques.

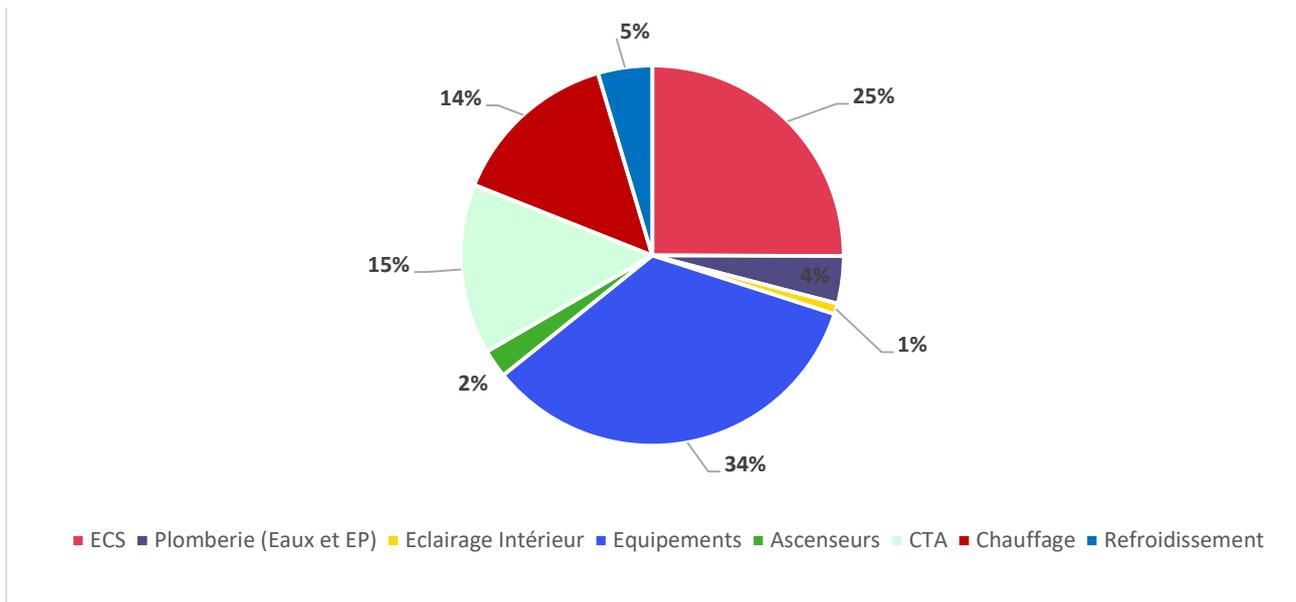
L'objectif est d'étudier la répartition des principales consommations au niveau du bureau et de l'entrepôt, puis à l'échelle globale du projet. Une fois cette étude réalisée, nous intégrerons les autres consommations pour obtenir une vision plus globale des consommations énergétiques du projet. Cela nous permettra de mieux comprendre comment la production photovoltaïque répond aux différentes consommations du bâtiment.

4.1 - Résultats consommations restreints

4.1.1 - Résultats partie bureaux

	Consommation en MWh	Consommation en kWh/m ²
ECS	207	18,1
Plomberie (Eaux et EP)	33	2,9
Eclairage Intérieur	7	0,7
Equipements	283	24,7
Ascenseurs	20	1,7
CTA	120	10,5
Chauffage	119	10,4
Refroidissement	38	3,3
TOTAL	827	72,3

La consommation la plus élevée provient des consommations des équipements, avec environ 34% de la consommation totale, ce qui correspond à une consommation annuelle de 283 MWh. Ensuite, 32% de la consommation est attribuée aux systèmes CVC, et 25% à l'ECS. En combinant ces trois postes, nous avons 93% de la consommations totale. Et pour l'ensemble de l'usage bureaux, nous obtenons une consommation totale de 828 MWh par an, équivalant à environ 72 kWh/m² par an.



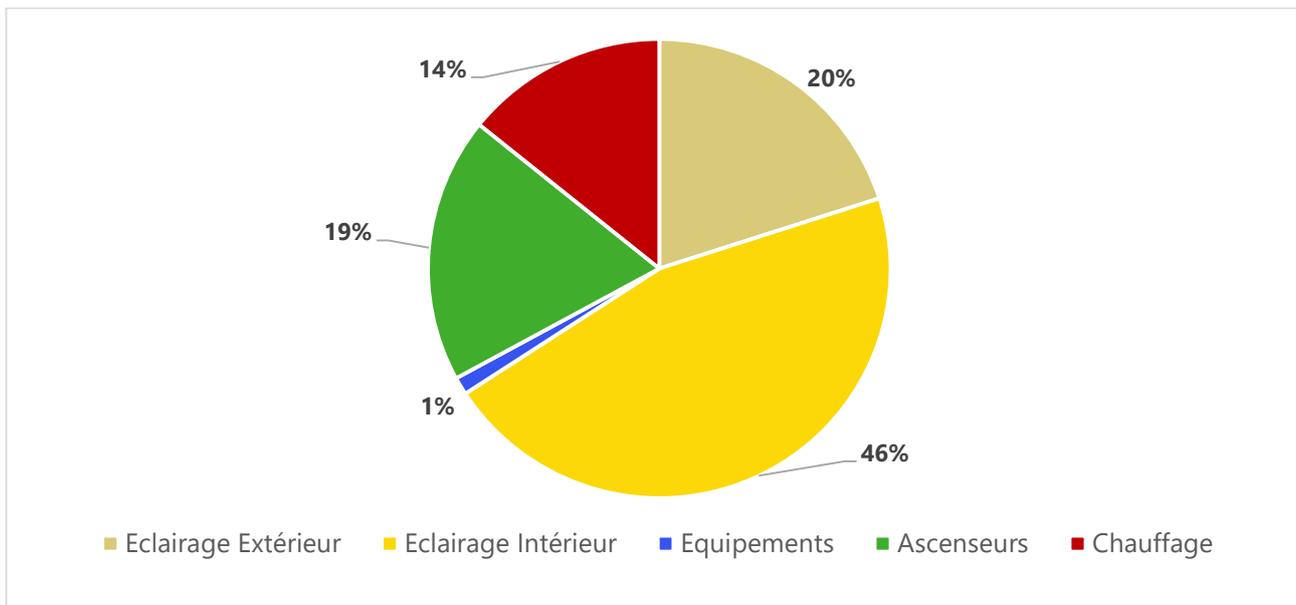
REPARTITION DES CONSOMMATIONS ELECTRIQUES EN FONCTION DES POSTES – BUREAUX

4.1.2 - Résultats Partie Entrepôt

	Consommation en MWh	Consommation en kWh/m ²
Eclairage extérieur	289	3,6
Eclairage Intérieur	659	8,2
Equipements	18	0,2
Ascenseurs	270	3,3
Chauffage	204	2,5
TOTAL	1 440	17,8

L'éclairage intérieur représente la plus grande part de la consommation énergétique de l'entrepôt, avec un pourcentage de 46% de la consommation totale du projet. Il consomme annuellement 659 MWh, ce qui équivaut à environ 8,16 kWh/m².

La consommation totale de l'entrepôt est de 1440 MWh par an, correspondant à environ 17,8 kWh/m² annuels.



REPARTITION DES CONSOMMATIONS ELECTRIQUES EN FONCTION DES POSTES – ENTREPOT

4.1.3 - Résultat Global

Pour le résultat global, on calcule la répartition des consommations sur l'ensemble des deux bâtiments : bureau et entrepôt. Nous distinguons deux scénarios. Le premier scénario concerne les conditions de mise en service en 2027, avec une mise en service partielle du potentiel total des bornes de recharge. Ce potentiel augmentera progressivement jusqu'à une mise en service complète en 2050.

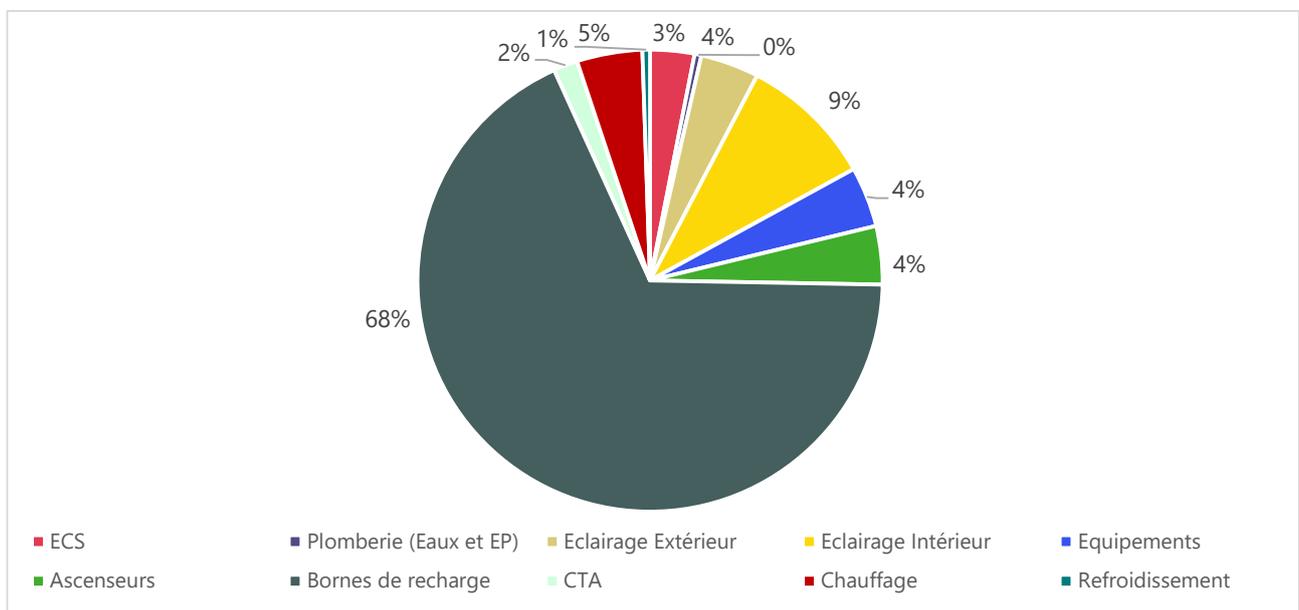
4.1.3.1 - Résultats pour le scénario 2027 :

	Consommation en MWh	Consommation en kWh/m ²
ECS	202	2,2
Plomberie (Eaux et EP)	33	0,4
Eclairage Extérieur	289	3,1
Eclairage Intérieur	667	7,2
Equipements	301	3,3
Ascenseurs	290	3,1
CTA	120	1,3
Bornes de recharge 2027	4 836	52,4
Chauffage	323	3,5

Refroidissement	38	0,4
TOTAL	7 103	77

Pour l'étude du scénario 2027, nous constatons que les bornes de recharge ont une consommation annuelle de 4 836 MWh, ce qui représente 68% de la consommation énergétique totale du projet. Le poste de consommation suivant en importance est l'éclairage intérieur avec 9% de la consommation total. La consommation de CVC représente quant à elle 8% de la consommation globale. La consommation énergétique totale du projet s'élève à 7 103 MWh.

Ces résultats soulignent l'impact significatif des bornes de recharge sur la consommation énergétique globale du projet, avec plus que la moitié des consommations provenant des bornes, leurs profils d'utilisation va impacter le taux de couverture et l'énergie autoconsommée par le photovoltaïque. Cet impact va augmenter avec la mise en place complète des bornes en 2050.



REPARTITION DES CONSOMMATIONS ELECTRIQUES EN FONCTION DES POSTES – GLOBAL

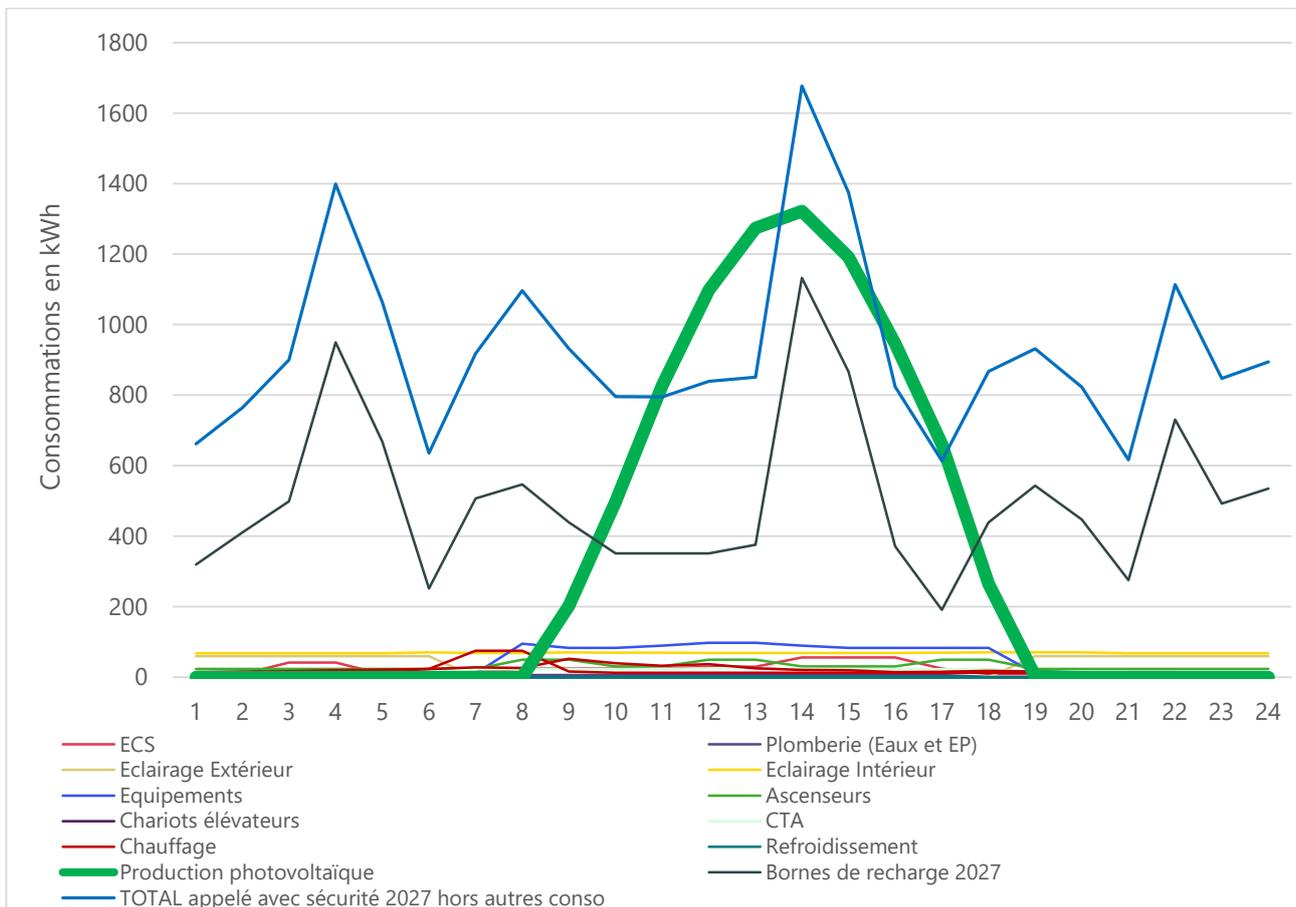
4.1.3.2 - Production photovoltaïque (PV) 2027

Le photovoltaïque génère une production totale de 2 291 MWh par an. Dans le scénario de 2027, une grande partie de l'énergie produite est autoconsommée, soit 80% de la production totale.

Grâce à cette production d'énergie solaire, nous sommes en mesure de couvrir 27% de nos besoins énergétiques dans le scénario de 2027.

L'énergie excédentaire, soit la production non consommée, représente 20% de la production totale du système photovoltaïque pour le scénario 2027. Cela signifie que dans certains moments, le champ photovoltaïque produit plus d'énergie que ce qui est immédiatement consommé.

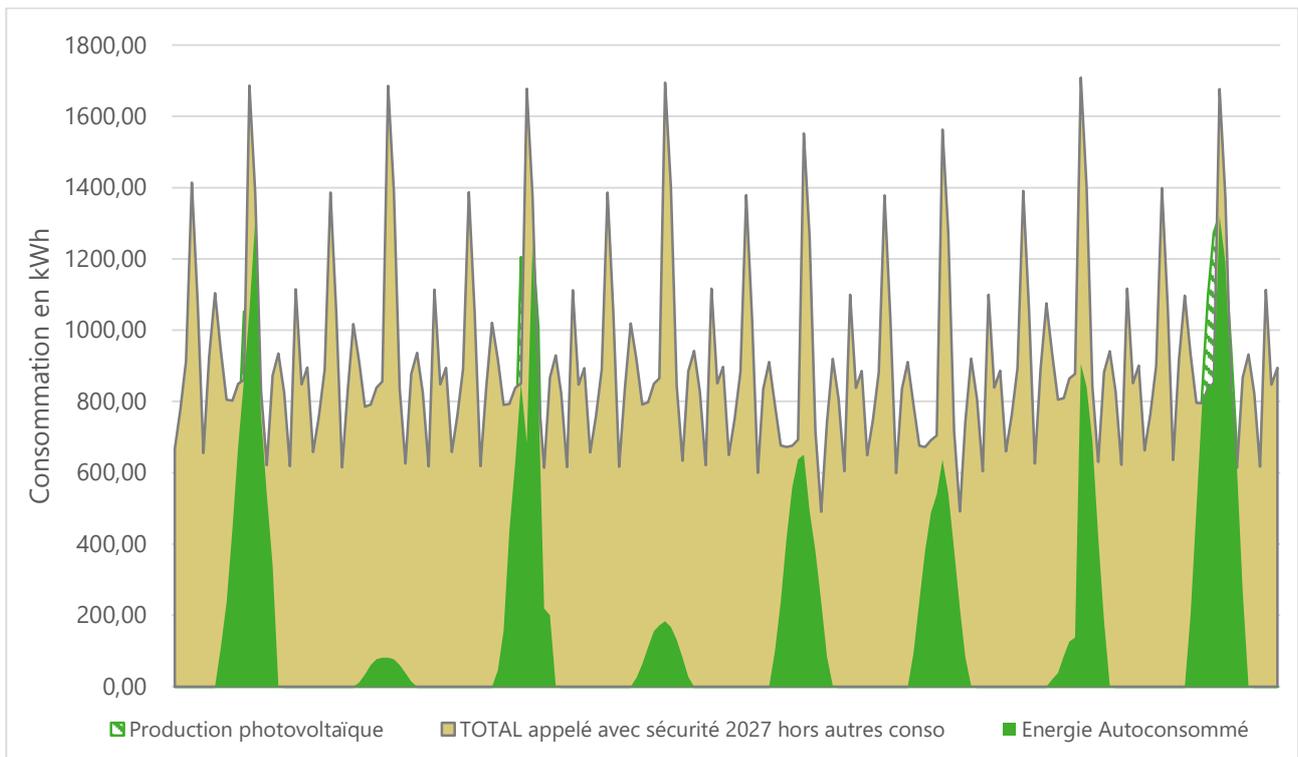
Energie produite (MWh)	Taux de couverture	Taux D'autoconsommation	Taux D'autoproduction	Energie Autoconsommé (MWh)	Energie Surproduite (MWh)	Energie Appelé Du réseau (MWh)
2 291	34%	80%	27%	2164	556	5738



CONSOMMATIONS HORAIRES PAR POSTE – JOURNEE HIVER – GLOBAL 2027

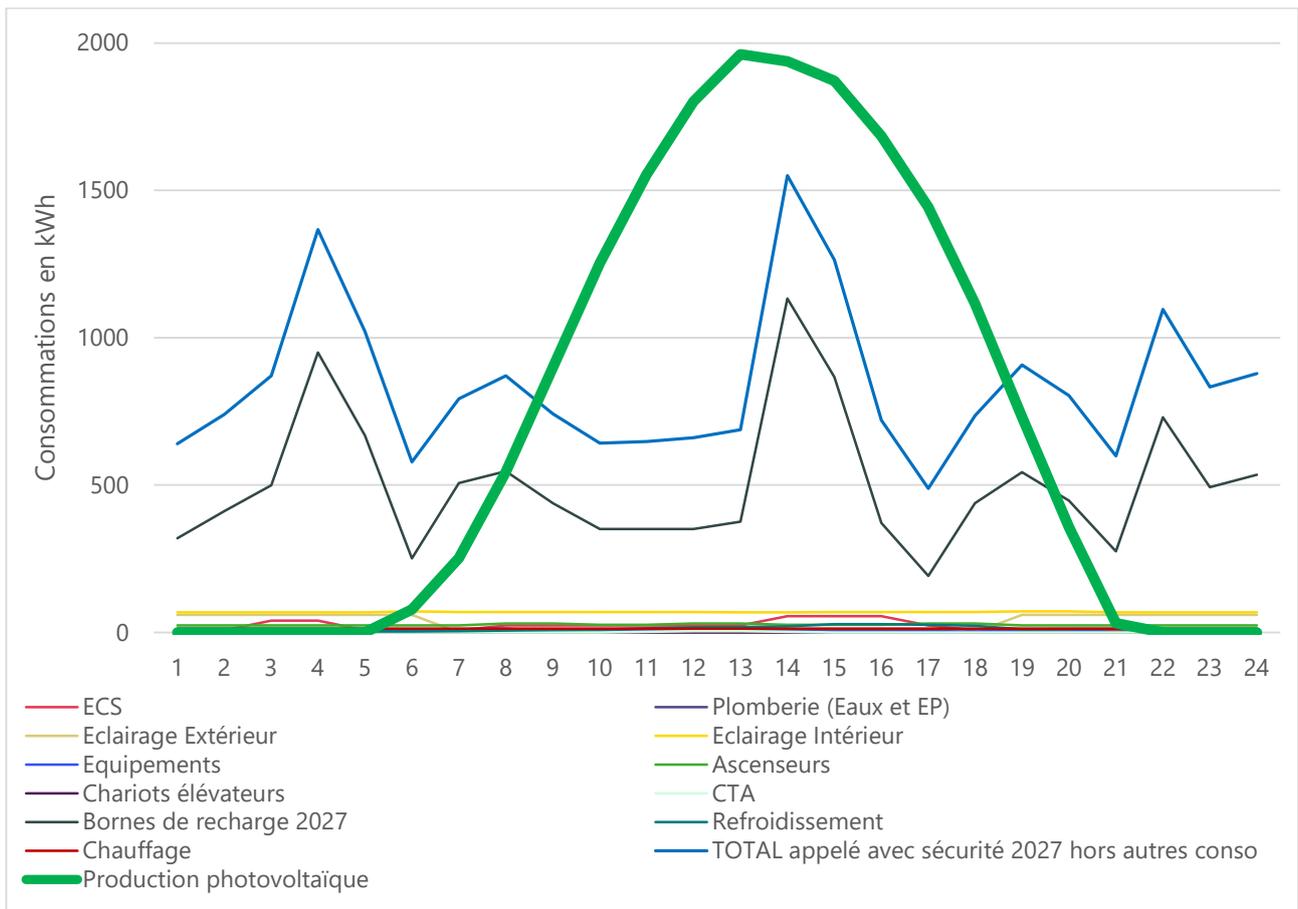
Sur le profil horaire d'une journée type d'hiver, on remarque que la plus grande partie des consommations provient des bornes de recharges électriques. Conclusion qu'on a déjà établie à partir des études précédentes. La consommation s'étend sur 24h avec un pic entre 13h et 16h. Les variations de consommations sont globalement guidées par l'utilisation des bornes de recharge pour les véhicules légers personnels.

Au niveau de la production photovoltaïque, les simulations montrent qu'on atteint un taux de couverture de 150%, alors qu'on ne couvre pas la totalité de nos besoins lors du pic des consommations entre 13 et 16h. Donc toute augmentation de la production photovoltaïque va nous permettre d'augmenter notre taux de couverture mais risque également d'augmenter la proportion d'énergie produite et non consommée. Pour l'éviter, il faut arriver à augmenter la production l'après-midi et lisser la production photovoltaïque sur la journée.



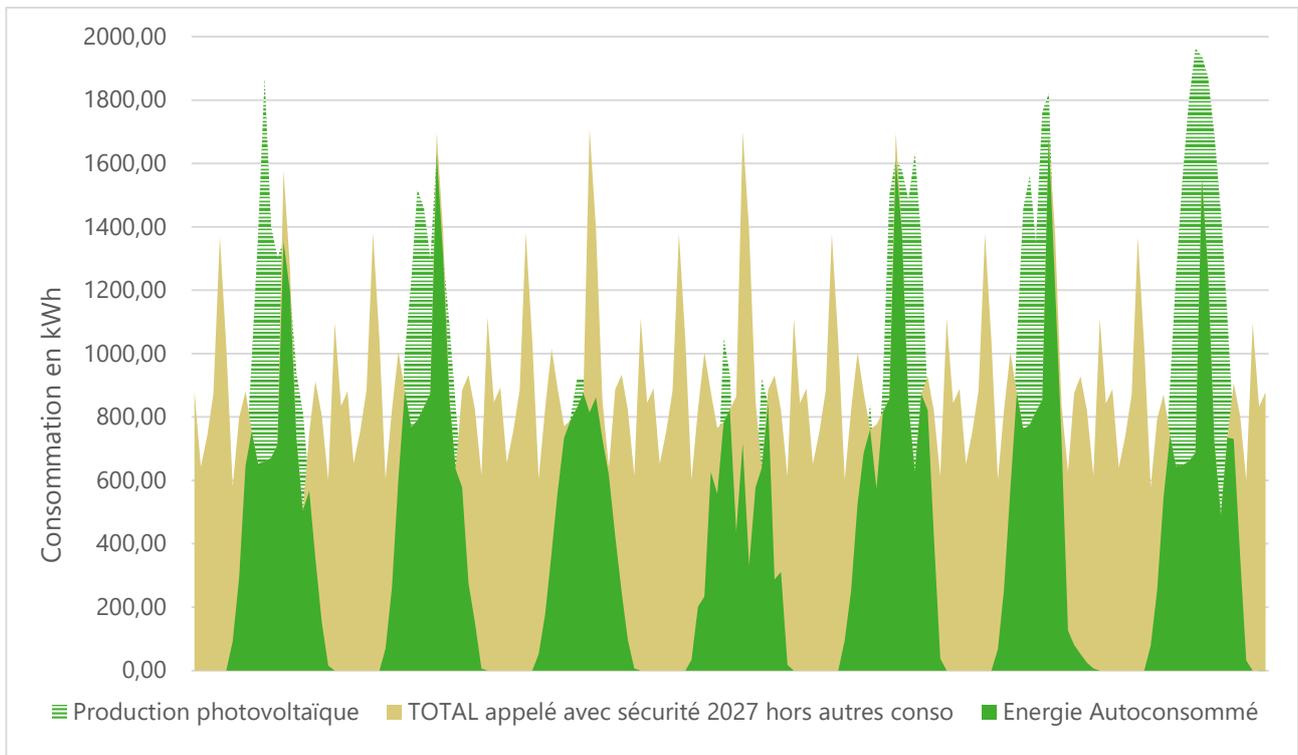
CONSOMMATIONS ET PRODUCTION PV – SEMAINE TYPE HIVER 2027

Si l'on analyse une semaine d'hiver, on remarque que la quasi-totalité de l'énergie produite est autoconsommée, à l'exception de quelques rares pics de production où la production excède la consommation. Ces moments de surproduction surviennent uniquement lorsque le pic de production précède celui de la consommation vers 13h. En dehors de ces pics, la production d'énergie photovoltaïque demeure inférieure à la consommation, nécessitant ainsi un apport d'énergie provenant du réseau pour répondre aux besoins énergétiques du bâtiment.



CONSOMMATIONS HORAIRES PAR POSTE – JOURNEE ETE – GLOBAL 2027

Pour une journée d'été type, la production d'énergie excède largement les besoins électriques. En période de pic de production, on produit trois fois nos besoins énergétiques. Cette surproduction se rapproche de la consommation lorsque les bornes de recharge des véhicules personnels connaissent un pic d'utilisation.



CONSOMMATIONS ET PRODUCTION PV – SEMAINE TYPE ETE 2027

En analysant une semaine d'été, on constate que la production d'énergie dépasse souvent la consommation, en particulier entre 9h et 13h, moment où la production photovoltaïque atteint son maximum. Cela se traduit par un faible taux d'autoconsommation pendant ces heures. Vers 13h, lorsque les bornes de recharge électrique sont utilisées, la consommation augmente et atteint son pic, ce qui se traduit par une augmentation du taux d'autoconsommation, atteignant parfois 100% certains jours.

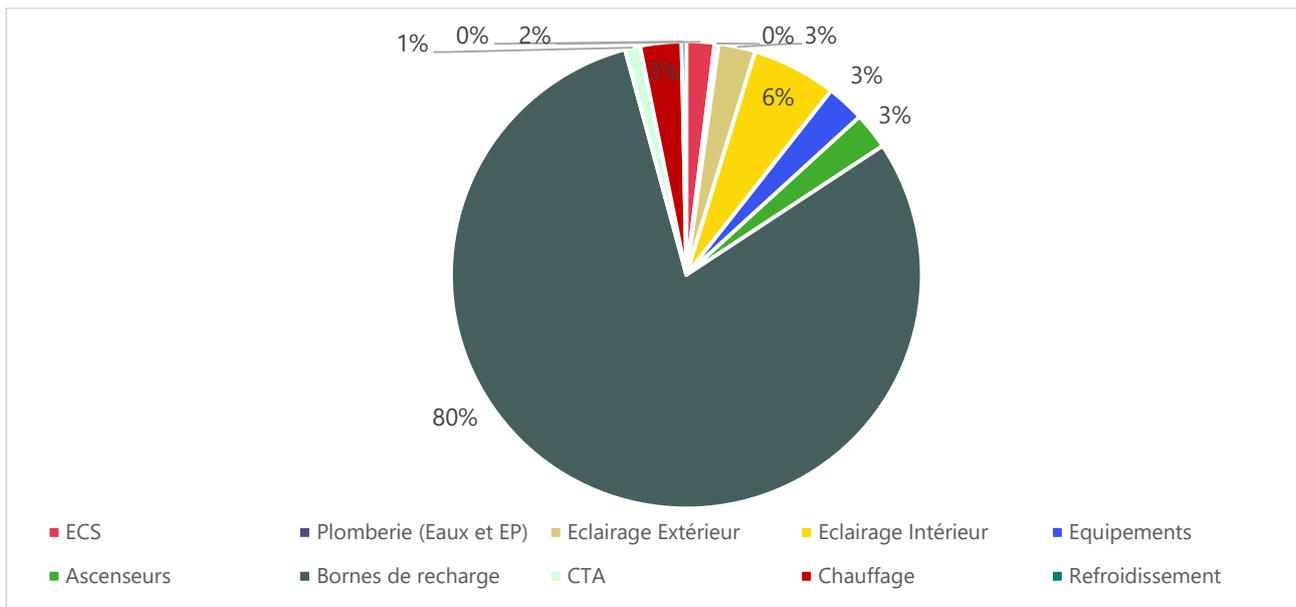
4.1.3.3 - Résultats pour le scénario 2050

	Consommation en MWh	Consommation en kWh/m ²
ECS	207	2,2
Plomberie (Eaux et EP)	33	0,4
Eclairage Extérieur	289	3,1
Eclairage Intérieur	667	7,2
Equipements	301	3,3
Ascenseurs	290	3,1
CTA	120	1,3
Bornes de recharge 2050	9 187	99,6
Chauffage	323	3,5
Refroidissement	38	0,4
TOTAL	11 467	124,3

Pour le scénario 2050, nous constatons que la consommation des bornes de recharge a augmenté de 4 836 MWh à 9 187 MWh, soit une augmentation de 90% par rapport au scénario 2027. Les bornes de recharge représentent maintenant 80% de la consommation énergétique totale du projet.

En combinant la consommation des bornes de recharge avec l'éclairage, ces deux postes représentent désormais 90% de la consommation énergétique totale du projet. Cela met en évidence l'importance croissante de ces deux éléments dans la consommation énergétique globale du projet.

La consommation énergétique totale du projet augmente donc à 11 454 MWh pour le scénario 2050.



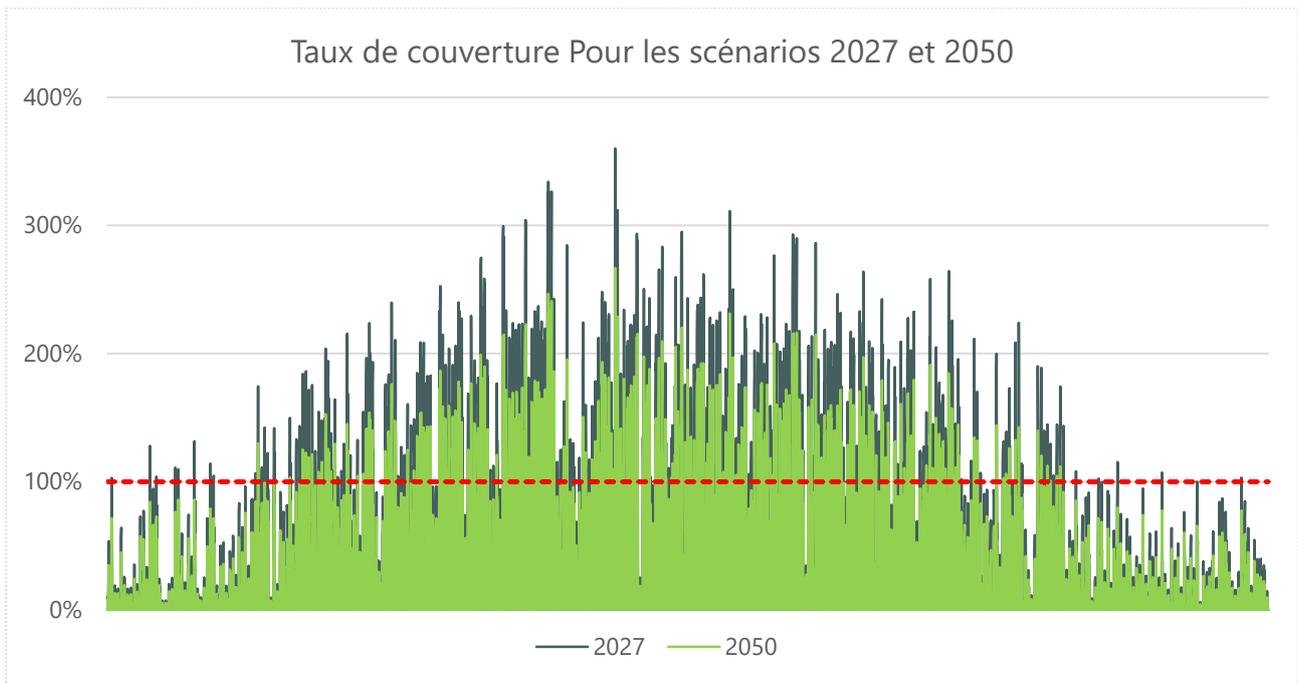
REPARTITION DES CONSOMMATIONS ELECTRIQUES EN FONCTION DES POSTES – GLOBAL

4.1.3.4 - Production PV 2050

	Taux de Couverture	Taux D'autoconsommation	Taux d'autoproduction	Energie Autoconsommé (MWh)	Energie Surproduite (MWh)	Energie Appelé Du réseau (MWh)
2050	22%	90%	20%	2 452	269	9 802
2027	34%	80%	27%	2164	556	5738

Dans le scénario de 2050, l'autoconsommation atteint 90%. L'énergie excédentaire, soit la production non consommée, ne représente que 10% de la production totale du système photovoltaïque pour le scénario 2050.

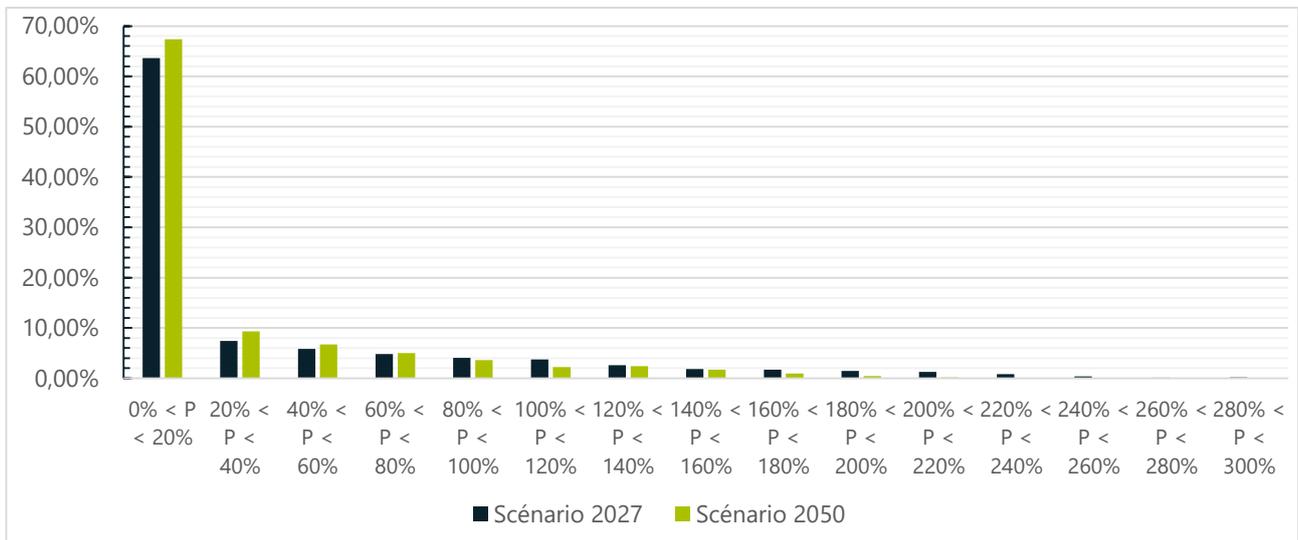
Le taux de couverture diminue à 22% dans le scénario de 2050, en raison de l'augmentation de l'utilisation des bornes de recharge et du maintien de la puissance photovoltaïque installée.



TAUX DE COUVERTURE HORAIRE DE LA PRODUCTION PHOTOVOLTAÏQUE

En analysant à l'échelle horaire la production photovoltaïque, nous observons des pics de production avec des taux de couverture qui dépassent les 100%. Atteignant un taux de couverture horaire maximal de 360% dans le scénario de 2027, ce qui indique que pendant ces périodes, la production photovoltaïque génère sur une heure trois fois et demi l'énergie nécessaire au fonctionnement du bâtiment. Ce taux de couverture maximal diminuera à 267% dans le scénario de 2050.

Ces valeurs de taux de couverture élevées peuvent suggérer un surdimensionnement du champ photovoltaïque par rapport aux besoins réels du projet, excluant les consommations des cellules logistiques.

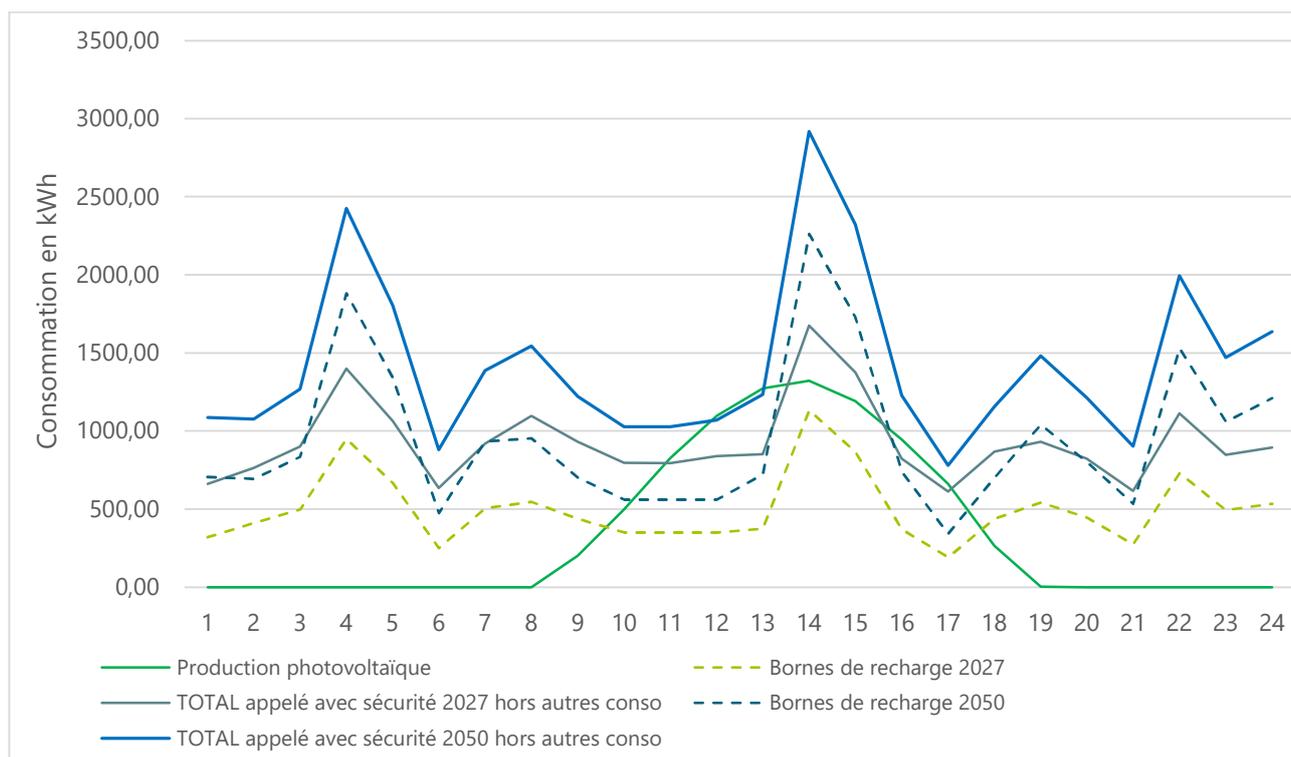


FREQUENCE DES TAUX DE COUVERTURE - 2027 ET 2050

Cependant, la question du surdimensionnement ne se pose que si ce phénomène est récurrent et si il dure. Dans notre cas, la quantité d'énergie surproduite représente 10% de la production totale d'électricité annuelle. Ceci indique que ces périodes, où la production dépasse de loin la demande, sont en réalité courtes. 90% de l'électricité produite par l'installation est bien consommée.

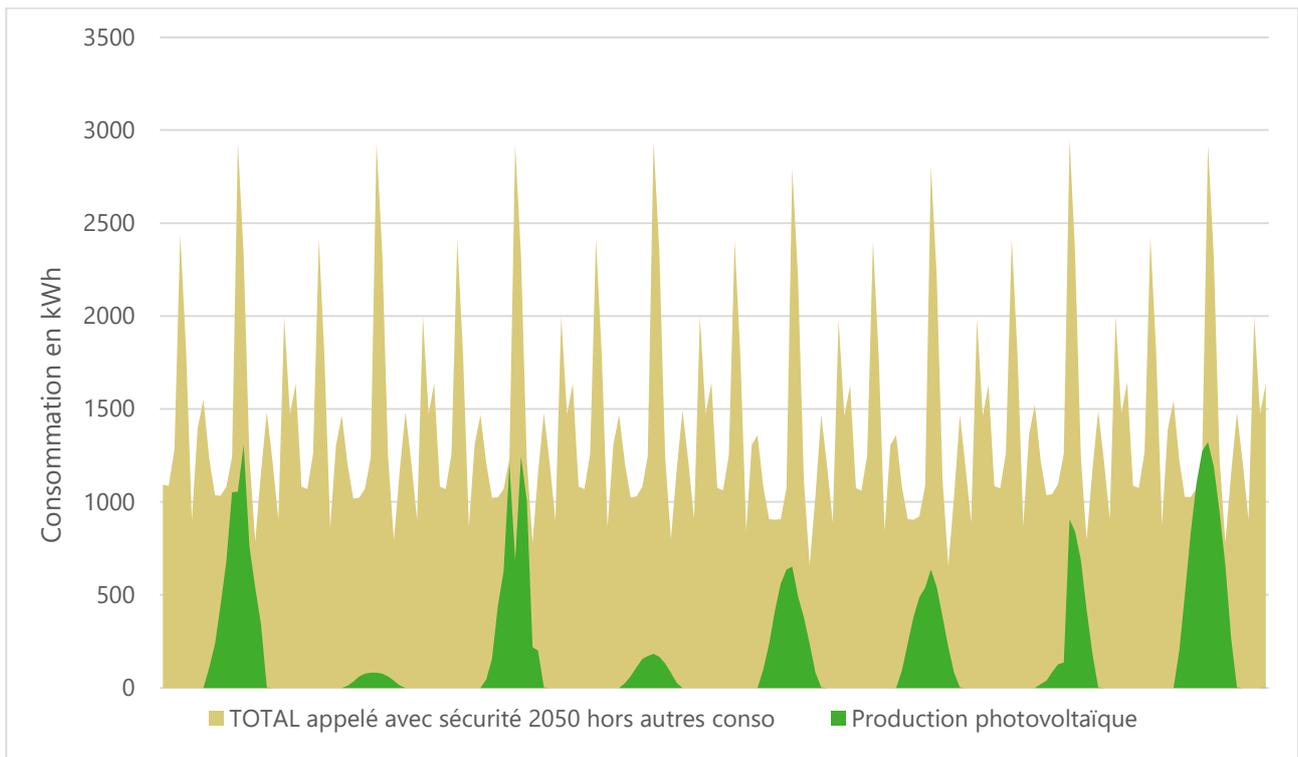
Faisons un zoom pour mieux comprendre comment nous pourrions encore augmenter l'autoconsommation de l'électricité produite. Pour cela, prenons un échantillon de deux jours : un en été et un autre en hiver et étudions les profils de consommations et de production au pas horaire.

Après avoir réalisé une analyse détaillée du scénario 2027 et présenté les résultats pour les différents postes de consommations, nous constatons que le seul poste de consommation ayant subi un changement entre le scénario 2027 et le scénario 2050 concerne les bornes de recharge. Tous les autres postes de consommations ont des profils et des consommations identiques dans les deux scénarios. Nous avons particulièrement mis en évidence l'influence des bornes de recharge sur la consommation totale. On va donc présenter dans l'étude de scénario 2050 les postes des consommations les plus pertinents : les bornes de recharges et la consommation total.



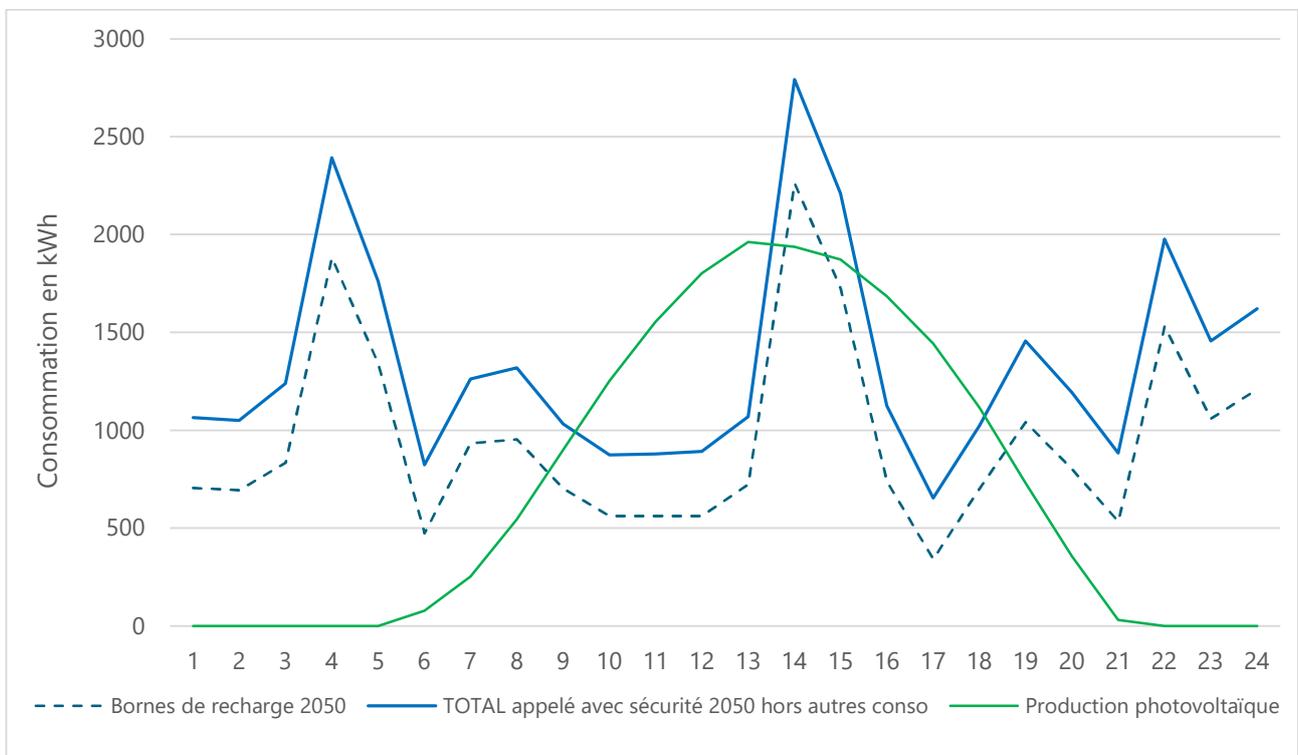
CONSOMMATIONS HORAIRES PAR POSTE – JOURNEE D'HIVER – GLOBAL 2050

Comme vu précédemment, la production atteint un pic où on répond à 150% de nos besoins à partir de la production PV en 2027. Mais dans le scénario 2050, la consommation augmente, et le taux de couverture diminue. Le taux de couverture horaire maximum est alors de 103% en raison de l'augmentation de consommation électrique des bornes de recharge de véhicules. Ceci montre qu'en hiver, on arrive à autoconsommer la quasi-totalité de la production PV.



CONSOMMATIONS ET PRODUCTION PV – SEMAINE TYPE HIVER 2050

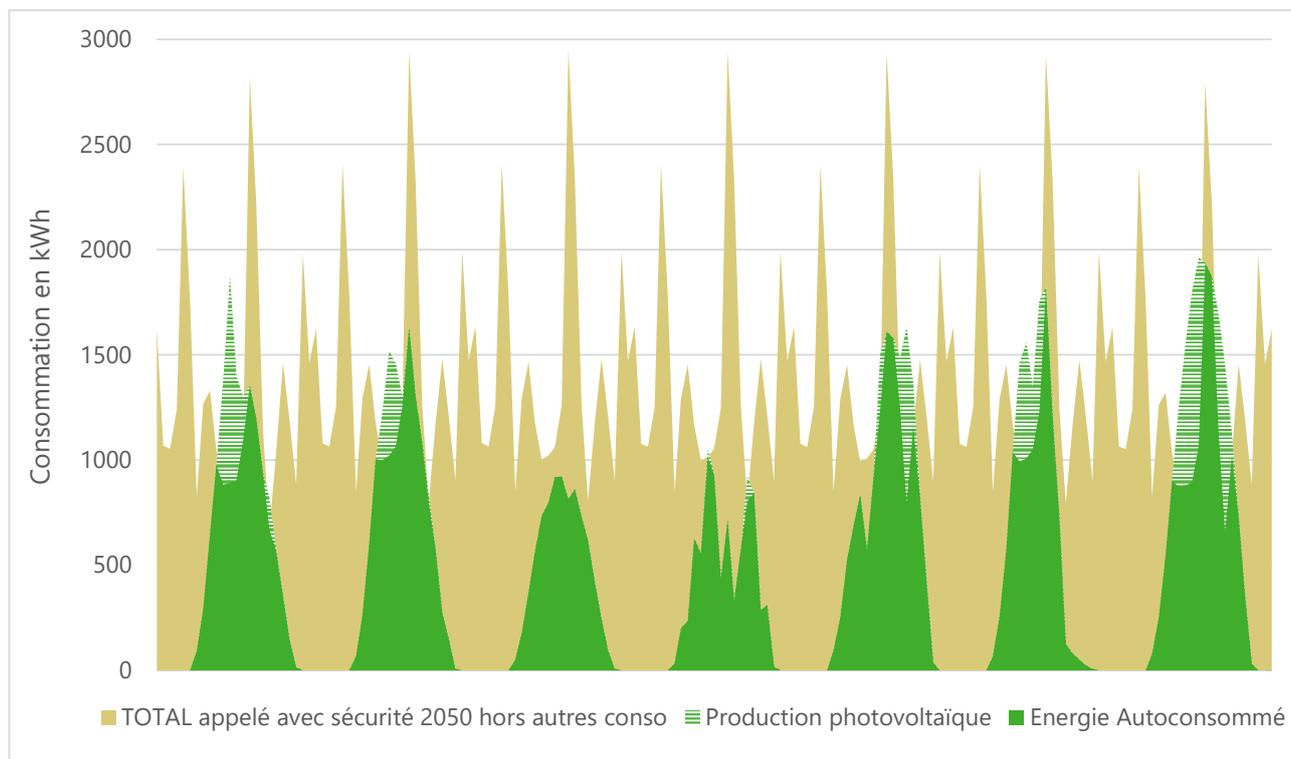
Si l'on effectue une analyse sur une semaine en hiver, cela confirme la conclusion précédemment établie. En hiver, toute l'énergie produite est autoconsommée directement, sans excédent d'énergie excédentaire.



CONSOMMATIONS HORAIRES PAR POSTE – JOURNEE D'ETE – GLOBAL 2050

Si l'on prend une journée typique d'été, où les conditions sont favorables pour maximiser la production photovoltaïque, on constate qu'en scénario 2050, la production dépasse la consommation entre 9h-13h et

16h-18h, atteignant un taux de couverture de 220% au pic de production. Entre 13h-16h, la consommation, en lien avec la montée de la consommation des bornes de recharge, devient supérieure à la production. Ce qui résulte qu'on a une partie de l'énergie surproduite en matinée et qu'on n'arrive pas à couvrir les besoins en énergie lors du pic de consommation.



CONSOMMATIONS ET PRODUCTION PV – SEMAINE TYPE ETE 2050

L'analyse d'une semaine en hiver confirme cette conclusion, car nous observons une surproduction le matin, suivie d'une sous-production entre 13h et 16h, ce qui nous oblige à puiser de l'électricité depuis le réseau pour couvrir nos besoins.

4.2 - Résultats avec consommations des cellules frigorifiques

Pour obtenir une vision plus globale du projet, nous avons simulé les consommations énergétiques globales en incluant également les consommations des cellules frigorifiques. Nous commencerons par le scénario de 2027, puis nous réaliserons la simulation pour le scénario de 2050.

Dans la simulation réalisée sur le scénario de 2027, nous avons pris en compte l'ensemble des consommations du projet, mais nous avons exclu les consommations liées aux chambres froides. Même si nous ignorons avec exactitude le nombre de cellules qui en seront équipées, les puissances mises en jeu sont très importantes et ont un impact important sur les consommations électriques du bâtiment. Pour obtenir une vue d'ensemble plus complète de la consommation énergétique totale du projet, nous allons maintenant ajouter ces consommations à notre simulation. Cela nous permettra d'avoir une analyse plus exhaustive et précise de la consommation énergétique global du projet.

Comme nous avons peu d'informations sur ces consommations et leur répartition dans le temps, nous avons considéré un socle de consommation constant pendant la journée. Ceci nous a permis d'estimer les consommations mais cela a également entraîné une imprécision sur la consommation réelle, car les consommations sont en réalité plus variables au cours de la journée.

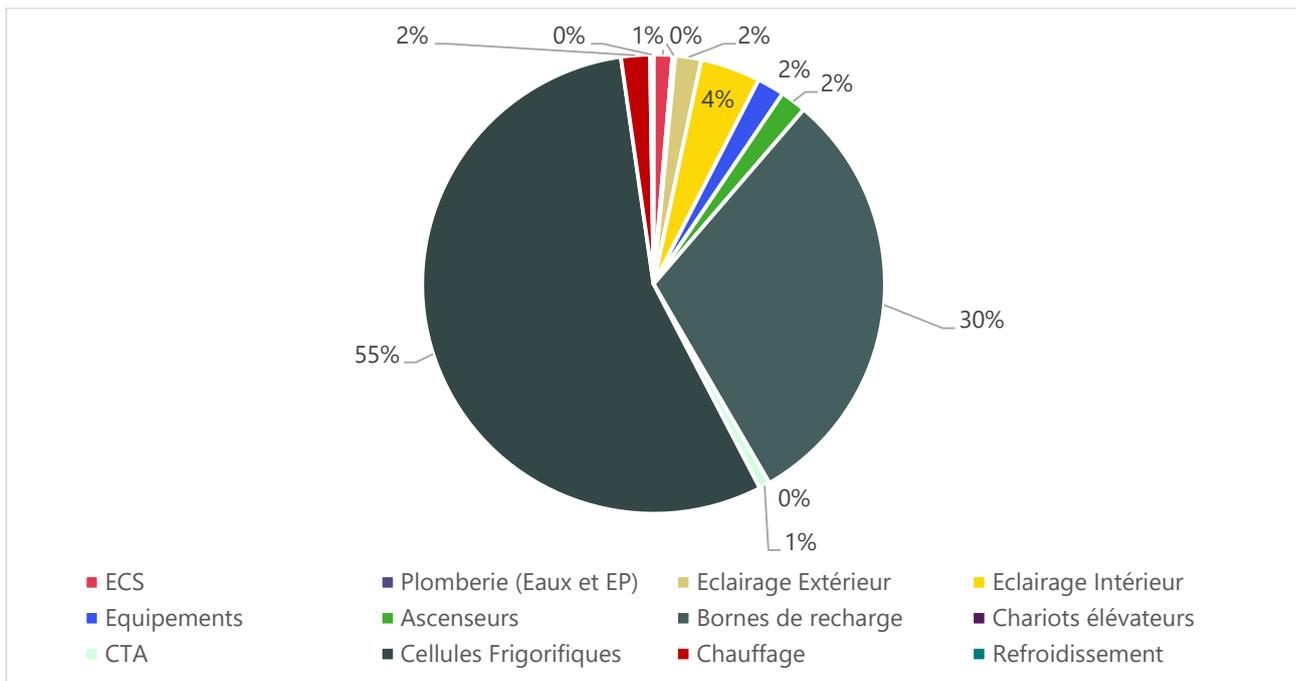
Ces consommations supplémentaires ne sont pas négligeables et peuvent véritablement changer notre analyse sur la production photovoltaïque. Les résultats présentés ci-après pourront être mis à jour sur la base d'une clarification / modification des hypothèses de calcul.

4.2.1 - Scénario 2027

	Consommation en MWh	Consommation en kWh/m ²
ECS	207	2,3
Plomberie (Eaux et EP)	33	0,4
Eclairage Extérieur	289	3,1
Eclairage Intérieur	667	7,2
Equipements	301	3,3
Ascenseurs	290	3,1
CTA	120	1,3
Cellules frigorifiques	8 792	95,3
Bornes de recharge 2027	4 836	52,4
Chauffage	323	3,5
Refroidissement	38	0,4
TOTAL	15 895	172

Dans le scénario de 2027, nous prenons en compte les consommations des chambres froides qui représentent 55% de la consommation énergétique totale du projet, soit une consommation annuelle de 8792 MWh. Cela met en évidence l'importance de la prise en compte des consommations des cellules logistiques dans l'étude des consommations. La consommation des bornes de recharge n'est plus le premier poste par rapport à notre scénario initial, passant de 68% à 30% de la consommation énergétique totale du projet.

Cette répartition des consommations énergétiques nous donne une meilleure compréhension de la contribution de chaque poste au niveau des consommations globales du projet.



REPARTITION DES CONSOMMATIONS ELECTRIQUES EN FONCTION DES POSTES – GLOBAL 2027

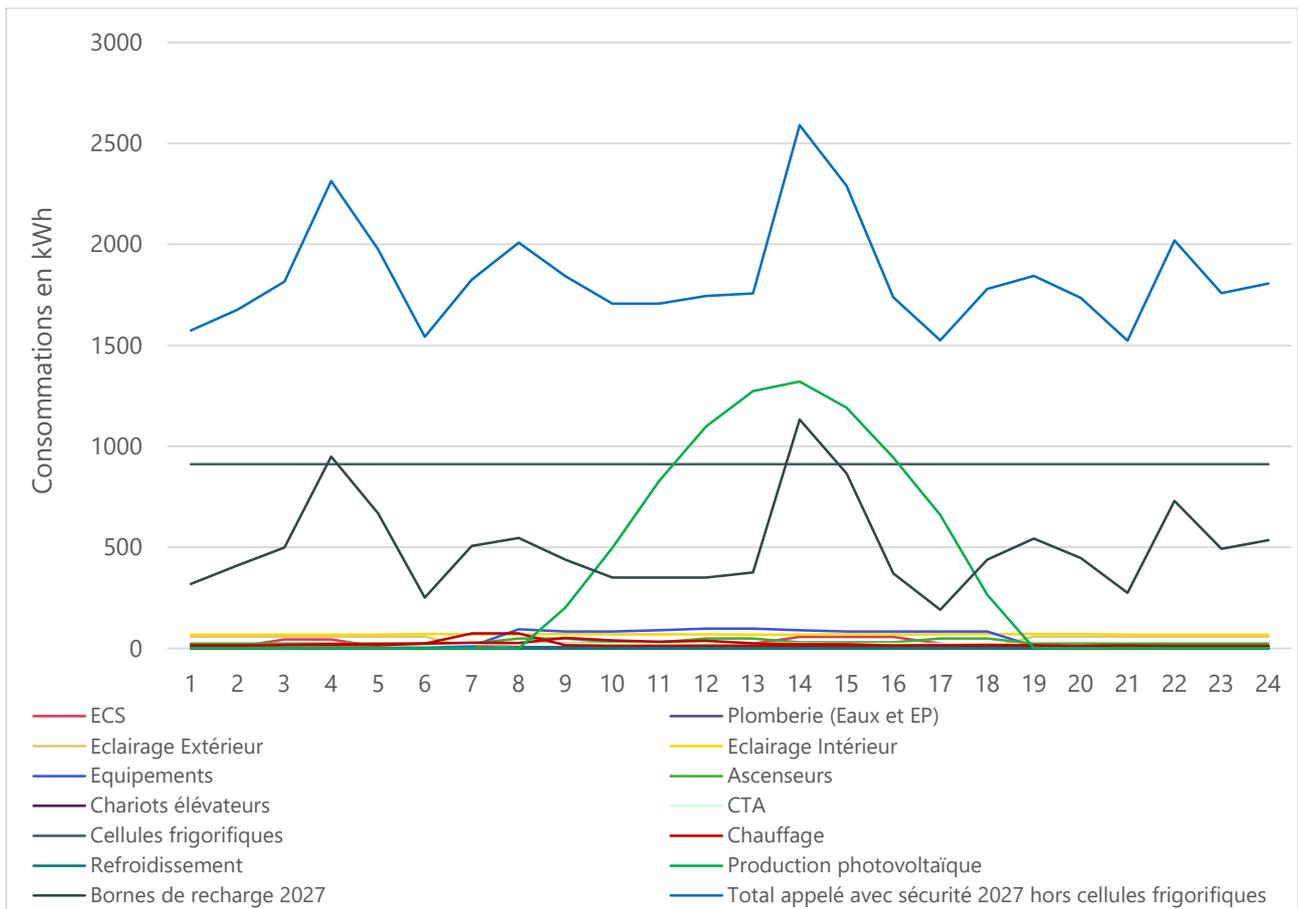
4.2.2 - Production PV 2027 :

Pour évaluer plus en profondeur le dimensionnement de la production photovoltaïque, il est essentiel de prendre en compte la consommation globale du projet, y compris celle des cellules logistiques. Cette analyse permettra de mieux comprendre comment la production d'énergie solaire répond aux besoins énergétiques du projet dans son ensemble.

Energie produite (MWh)	Taux de couverture	Taux d'autoconsommation	Taux d'autoproduction (MWh)	Energie Autoconsommé (MWh)	Energie Surproduite (MWh)	Energie Appelé du réseau (MWh)
2 721	17,1%	99,3%	17 %	2701	20	13 195

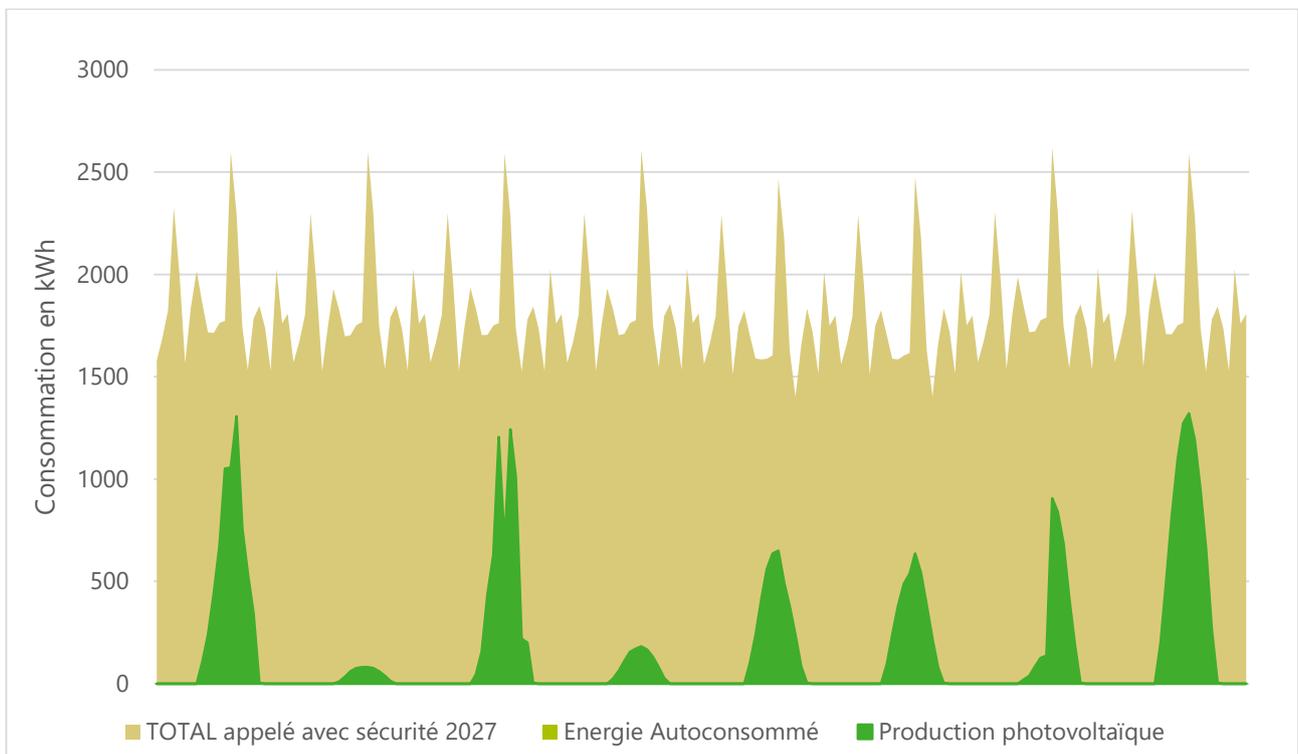
Dans le scénario de 2027, le taux de couverture annuel de l'énergie solaire est de 17,1% mais l'indicateur important est le taux d'autoproduction qui relate plus fidèlement les consommations d'électricité qui provient de la centrale photovoltaïque au pas horaire. Il se définit comme **le rapport entre la consommation d'électricité consommée grâce aux panneaux photovoltaïques et la consommation totale d'électricité au pas horaire**. Celui-ci est de 17%, assez proche du taux de couverture annuel. Les 83% restants des besoins énergétiques proviennent du réseau électrique, avec une consommation d'électricité provenant du réseau de 13 194 MWh.

L'énergie surproduite dans ce scénario est de 20 MWh, ce qui représente seulement 0.008% de la production photovoltaïque totale. Cela indique que la production d'énergie solaire dépasse rarement la demande réelle du projet. Nous avons donc réalisé une analyse plus approfondie pour vérifier comment la production PV se comporte par rapport aux besoins énergétiques dans ce scénario en utilisant la même méthode que dans la partie précédente : étudier un échantillon de deux jours de l'année au pas horaire.



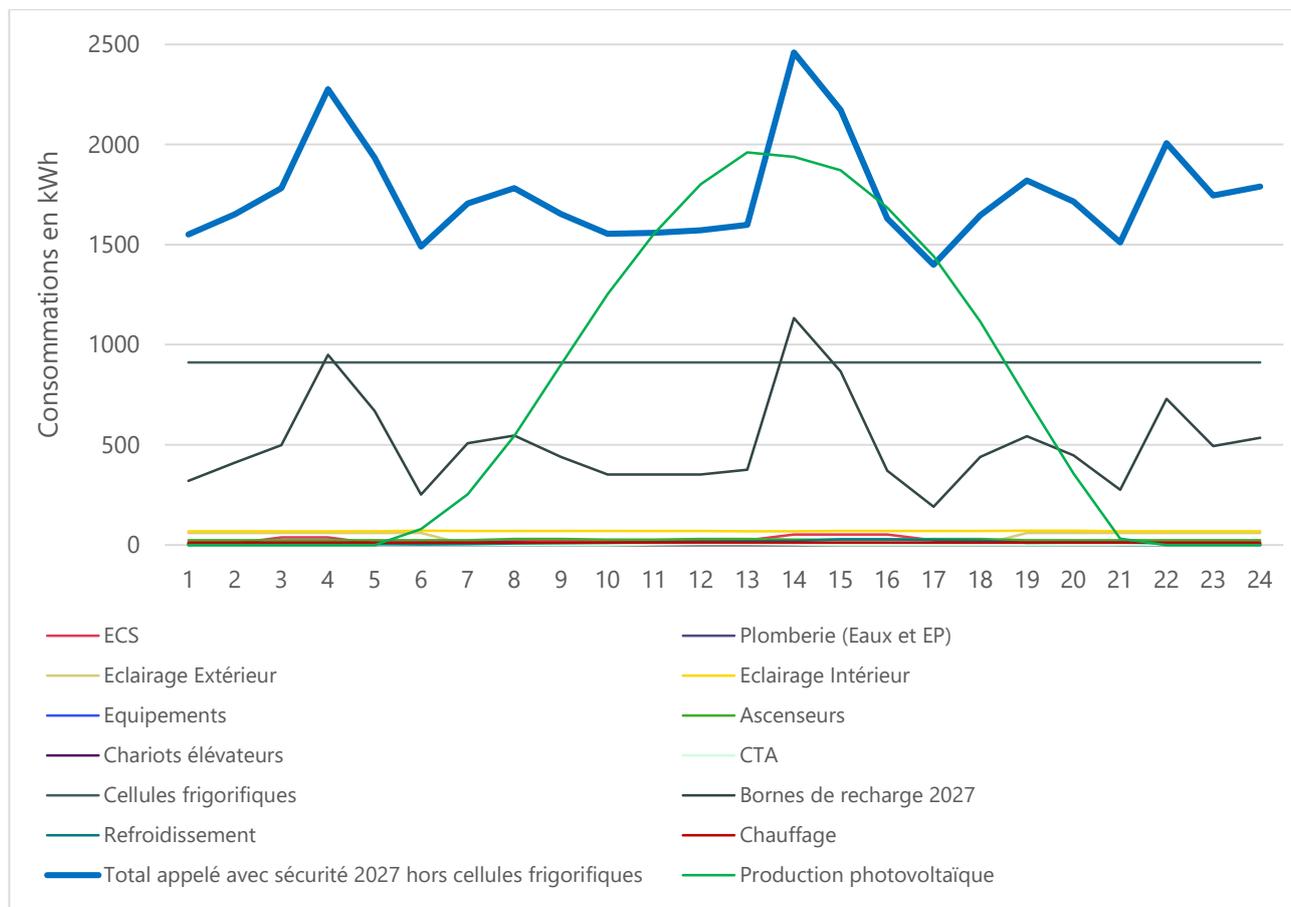
REPARTITION DES CONSOMMATIONS ELECTRIQUES- JOURNEE D'HIVER – GLOBAL 2027

Alors que dans l'analyse des consommations or « autres postes » montrait un taux de couverture maximal de 150% sur une journée, on trouve qu'avec l'addition des consommations des cellules logistiques, la production ne dépasse plus la consommation. Le taux de couverture est ramené à 72% sur cette journée type.



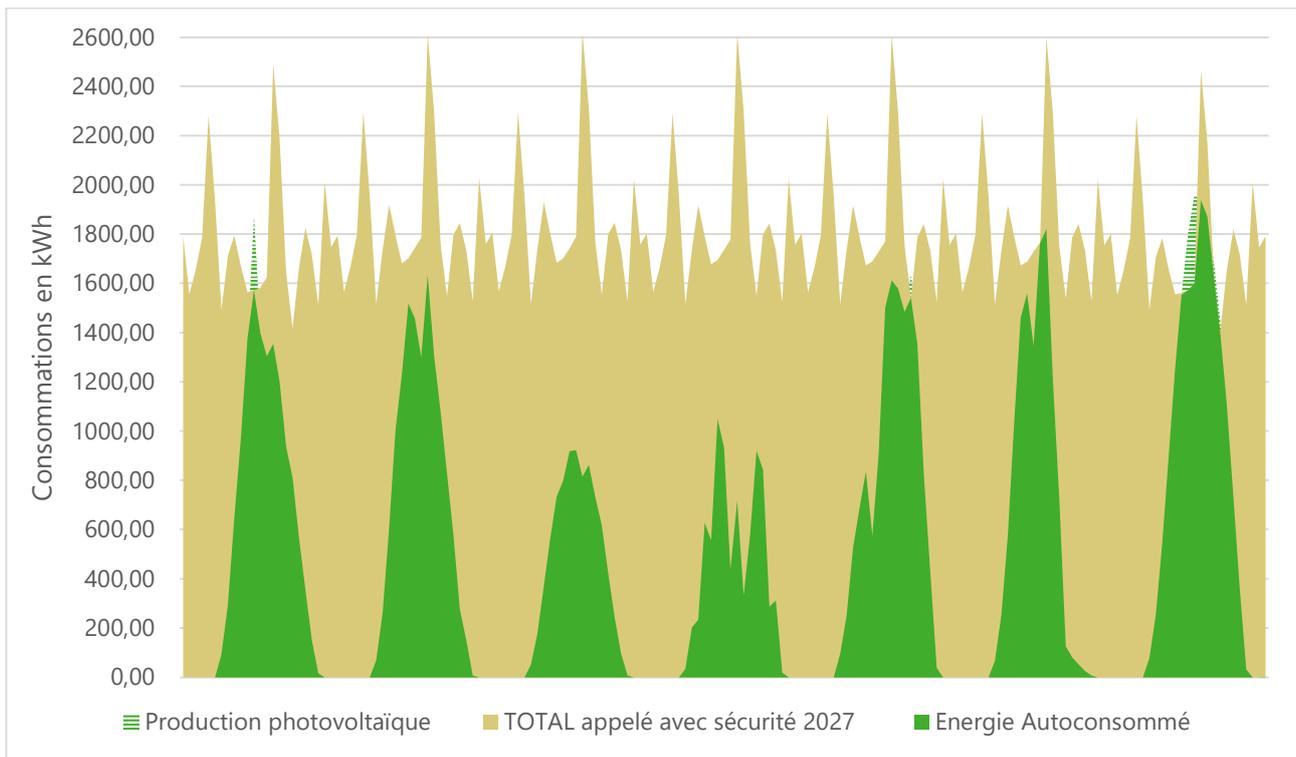
CONSOMMATIONS ET PRODUCTION PV – SEMAINE TYPE HIVER 2027

L'analyse d'une semaine en hiver confirme cette conclusion, toute l'énergie produite est autoconsommée.



REPARTITION DES CONSOMMATIONS ELECTRIQUES- JOURNEE D'ETE – GLOBAL 2027

Si l'on prend une journée d'été typique, caractérisée par des conditions favorables pour maximiser la production photovoltaïque, nous constatons que le taux de couverture maximal atteint est de 123%, juste avant un pic de consommation. Cela démontre que, pour le scénario de 2027, l'installation photovoltaïque est dimensionnée de manière à répondre aux besoins du projet, mais présente toujours une légère surproduction juste avant le pic de consommation.



CONSOMMATIONS ET PRODUCTION PV – SEMAINE TYPE ETE 2027

L'analyse sur la semaine démontre que même s'il existe quelques moments de surproduction, ces cas demeurent rares, et la quasi-totalité de l'énergie produite est autoconsommée.

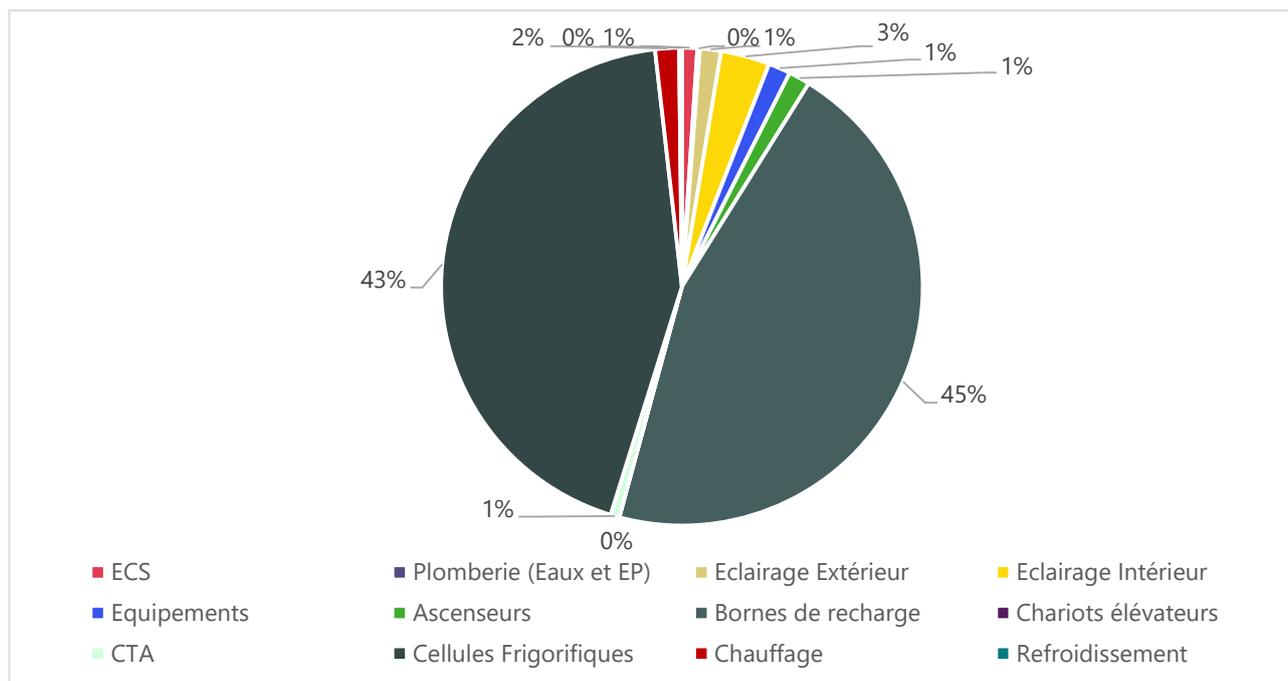
4.2.3 - Scénario 2050

	Consommation en MWh	Consommation en kWh/m ²
ECS	207	2,3
Plomberie (Eaux et EP)	33	0,4
Eclairage Extérieur	289	3,1
Eclairage Intérieur	667	7,2
Equipements	301	3,3
Ascenseurs	290	3,1
CTA	120	1,3
Cellules frigorifiques	8 792	95,3
Bornes de recharge 2050	9187	99,5
Chauffage	323	3,5

Refroidissement	38	0,4
TOTAL	20 247	219,4

Dans le scénario de 2050, les consommations des cellules logistiques représentent 43,4% de la consommation énergétique totale du projet, soit une consommation annuelle de 8792 MWh.

Le pourcentage de la consommation des bornes de recharge augmente par rapport au scénario de 2027, passant de 30% à 45% de la consommation énergétique totale du projet.



REPARTITION DES CONSOMMATIONS ELECTRIQUES- GLOBAL 2050

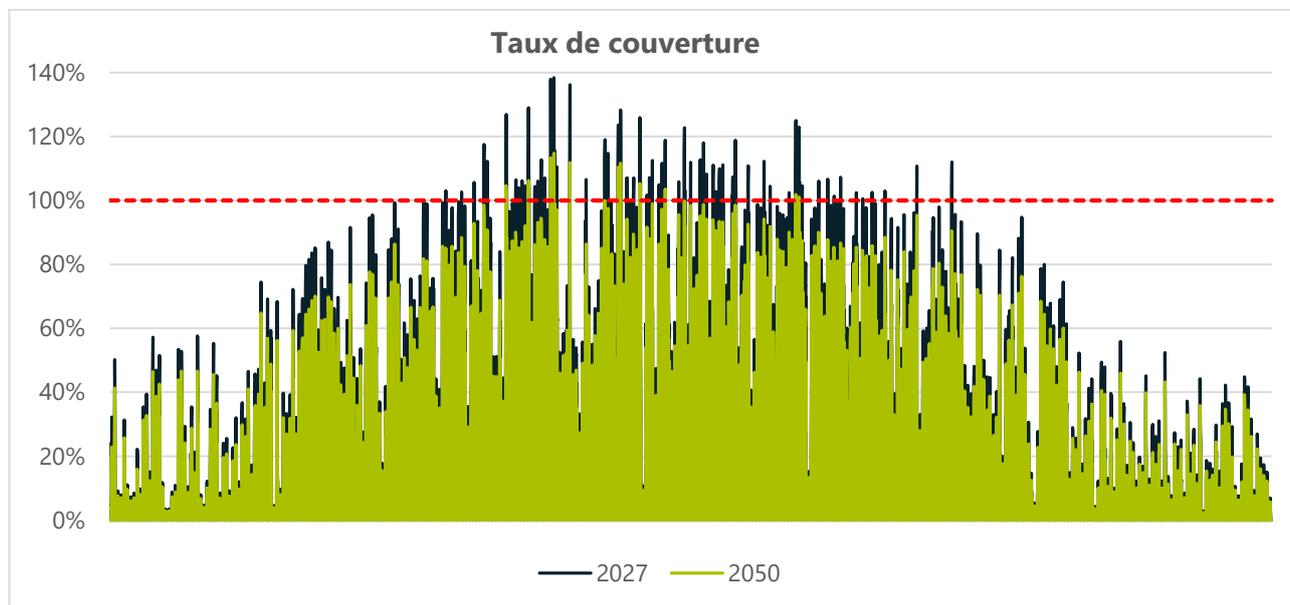
4.2.4 - Production PV 2050 :

Pour évaluer plus en profondeur le dimensionnement de la production photovoltaïque, il est essentiel de prendre en compte la consommation globale du projet, y compris celle des cellules logistiques. Cette analyse permettra de mieux comprendre comment la production d'énergie solaire répond aux besoins énergétiques du projet dans son ensemble.

Taux de couverture	Taux d'autoconsommation	Taux d'autoproduction	Energie Autoconsommé (MWh)	Energie Surproduite (MWh)	Energie Appelé Du réseau (MWh)
13,4%	99,9%	13,4%	2 719	2,19	17 528

Comparé au scénario 2027, le taux de couverture diminue en 2050 pour atteindre seulement 13,4%. Le taux d'autoproduction est cette fois-ci égal au taux d'autoconsommation. Cela signifie que les pics de production d'électricité dans l'année restent toujours inférieurs à la consommation instantanée du projet. Le taux d'autoconsommation reste à 99,9%, ce qui signifie que presque toute l'énergie produite par le système photovoltaïque est consommée directement par le projet, Cela s'explique pour les mêmes raisons que le scénario précédent, renforcé par une augmentation des consommations électriques liées aux bornes de recharges de véhicules électriques. De fait, cela fait diminuer le taux de couverture.

Dans ce scénario de 2050, il y'a une très faible quantité énergie surproduite, ce qui indique que le dimensionnement de l'installation photovoltaïque peut être augmenté pour mieux répondre aux besoins énergétiques du projet.

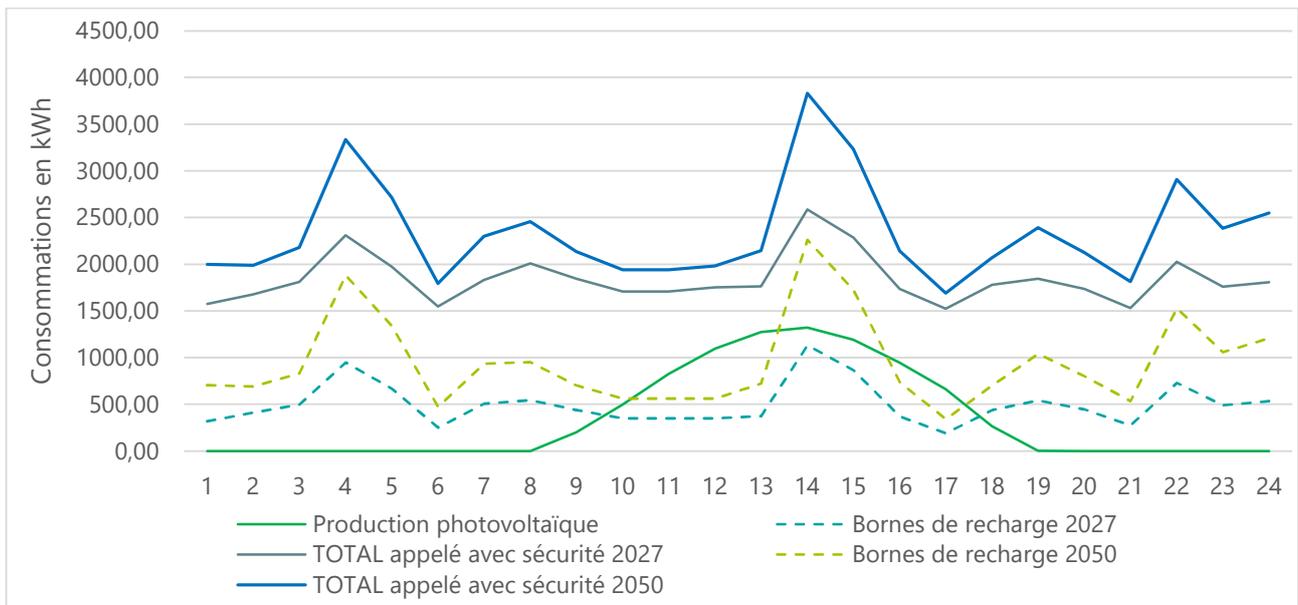


TAUX DE COUVERTURE HORAIRE DE LA PRODUCTION PHOTOVOLTAÏQUE – TOUTES CONSOMMATIONS

Nous observons quelques pics du taux de couverture horaire atteignant 138% dans le scénario de 2027. Mais ces pics restent rares et pendant que quelques heures de l'année. Cela est validé par le fait que l'énergie autoconsommée représente 99,9% de l'énergie produite. Donc, mêmes si on a un maximum horaire du taux de couverture de 138%, l'installation photovoltaïque n'est pas surdimensionnée. Dans le cas où on souhaiterait augmenter la production d'électricité renouvelable pour augmenter le taux de couverture, il conviendra de faire attention à ne pas accentuer les pics de production déjà présents. Cela est possible en orientant les panneaux vers l'Est et vers l'Ouest pour favoriser la production le matin et l'après-midi au lieu du milieu de journée.

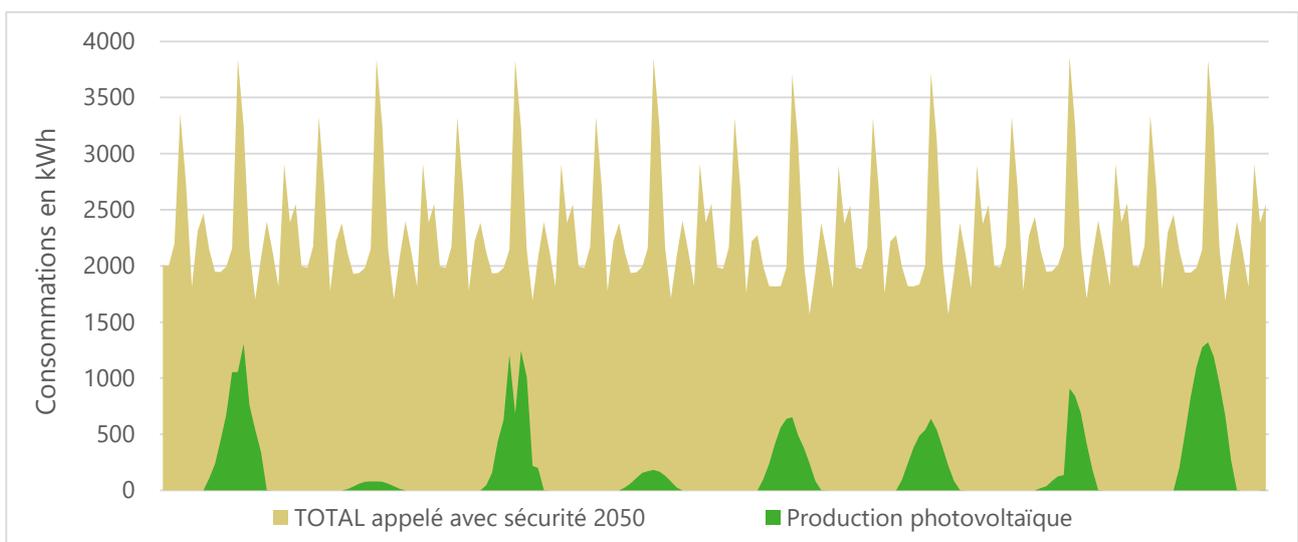
Pour le scénario de 2050, le taux de couverture horaire dépasse rarement 100%. Cette constatation démontre que le dimensionnement de notre installation photovoltaïque est bien ajusté aux besoins énergétiques globaux du projet avec une marge possible pour augmenter la puissance installée pour répondre plus aux besoins énergétiques.

Pour valider cette analyse, on réalise une étude plus approfondie pour voir comment comporte la production et les besoins énergétiques sur une journée type hiver et été.



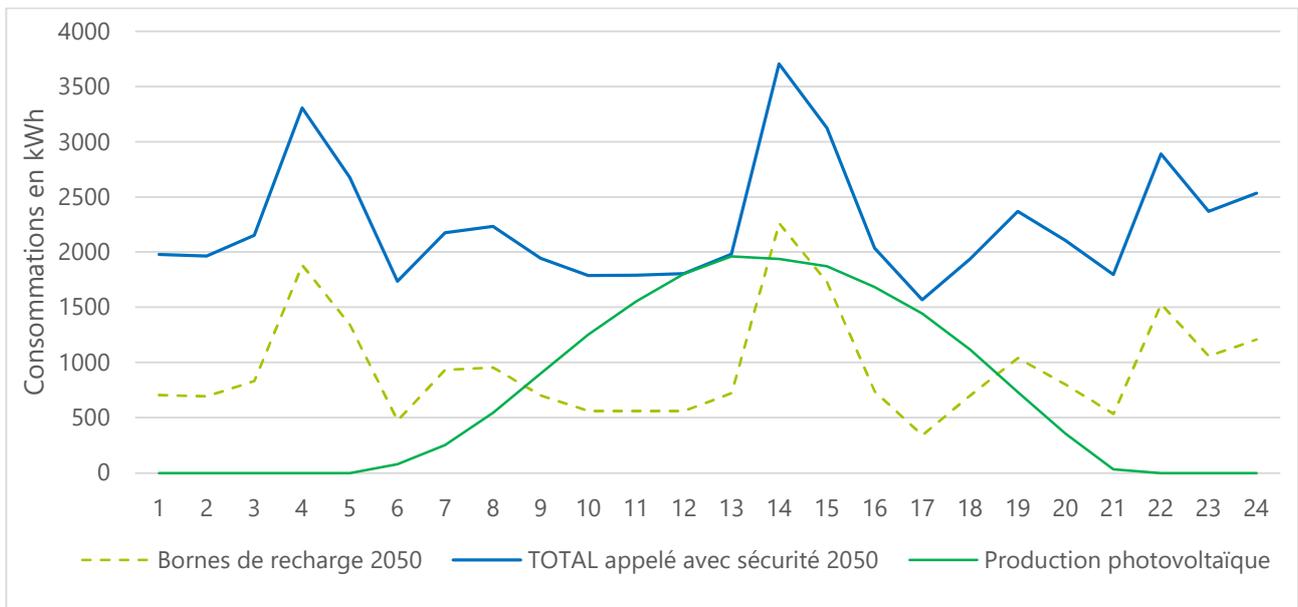
REPARTITION DES CONSOMMATIONS ELECTRIQUES EN FONCTION DES POSTES – JOURNEE D’HIVER – GLOBAL 2027 – 2050

Pour une journée Hiver, on a un taux de couverture maximale de 59 % en scénario 2050. Ce qui semble faible et suggère que la puissance installée pourra être augmentée pour mieux répondre aux besoins énergétiques du bâtiment.



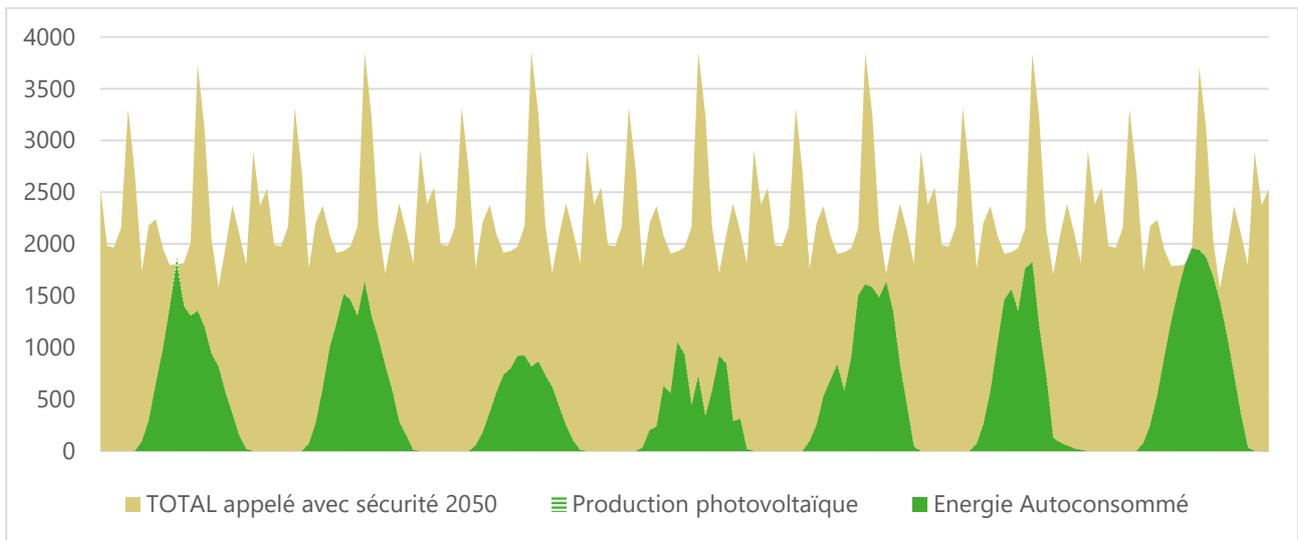
CONSOMMATIONS ET PRODUCTION PV – SEMAINE TYPE HIVER 2050

L’analyse par semaine valide les conclusions précédentes réalisée sur une journée type hiver. Le taux de couverture est faible en hiver et on pourra augmenter la puissance installée afin de mieux répondre aux besoins énergétiques en hiver.



REPARTITION DES CONSOMMATIONS ELECTRIQUES EN FONCTION DES POSTES – JOURNEE D’ETE – GLOBAL 2050

Sur une journée d’été typique, le taux de couverture horaire maximal atteint 100%, démontrant ainsi que toute l’énergie produite est autoconsommée.

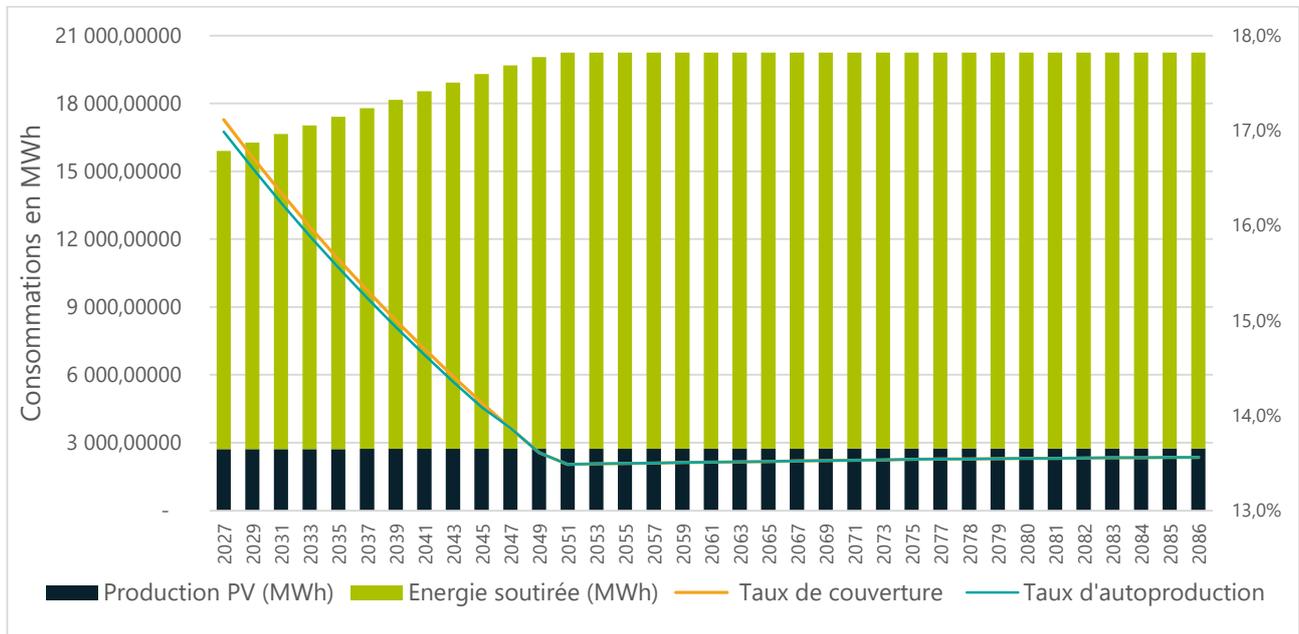


CONSOMMATIONS ET PRODUCTION PV – SEMAINE TYPE ETE 2050

L’analyse sur la semaine confirme cette conclusion, montrant que toute l’énergie produite est systématiquement autoconsommée, les pics de production étant toujours inférieurs ou égaux à la consommation.

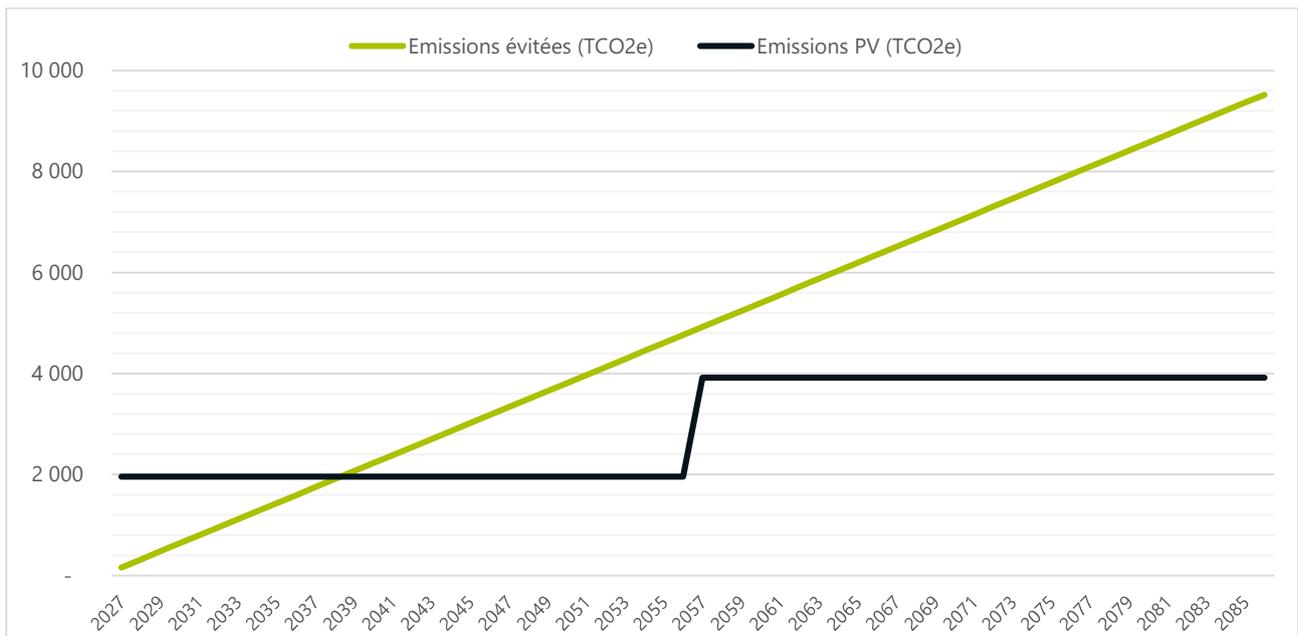
4.3 - Bilan sur 60 ans :

Pour obtenir une vision plus globale du projet, nous réaliserons une étude sur le bâtiment sur une durée de vie de 60 ans. Cela nous permettra d'obtenir une vision plus claire des projections futures et de quantifier les différents paramètres liés aux variations des consommations énergétiques et de la production photovoltaïque.



EVOLUTION DES PARAMETRES PV

Le taux de couverture commence à 17,1%, tandis que le taux d'autoproduction est de 17% en 2027. Cette différence s'explique par le fait que le taux d'autoconsommation est très proche de 100%, mais n'atteint pas tout à fait ce seuil, ce qui entraîne une légère disparité entre le taux d'autoproduction et le taux de couverture. Ces deux coefficients diminuent à mesure que la demande des bornes de recharge augmente, atteignant 13,5% en 2050. En 2050, la consommation se stabilise. Entre 2050 et 2090, le taux de couverture et le taux d'autoproduction augmentent légèrement avec l'augmentation de l'irradiation, atteignant 13,6% en 2090. Après 2050, le taux de couverture et le taux d'autoproduction sont égaux, ce qui indique une autoconsommation totale.



BILAN DES GES DU PV SUR 60 ANS

La mise en place de l'installation photovoltaïque émettra 1960 TCO2e en 2027. Cette installation PV permettra ensuite d'éviter 159 TCO2e par an. Les émissions cumulées évitées égaleront finalement les émissions initiales du PV en 2039, ce qui équivaut à un temps de retour sur le carbone de 12 ans environ. Étant donné que la durée de vie de l'installation PV est de 30 ans, une nouvelle installation sera nécessaire en 2060, émettant à nouveau 1960 TCO2e. Par conséquent, sur une période de 60 ans, les émissions totales de CO2 provenant du PV s'élèveront à environ 3919 TCO2e, Cette installation nous permettra d'éviter un total de 9523 TCO2e, ce qui équivaut à 5604 TCO2e net évités.

5 - DISCUSSION

Notre démarche vise à concevoir un bâtiment en avance sur les prescriptions réglementaires et l'état de l'art actuel. Notre conception s'appuie sur différentes études qui orientent les choix architecturaux et techniques du projet. L'étude de consommation énergétique s'inscrit pleinement dans cette démarche. Elle démontre notamment les éléments suivants :

- Pour la simulation sur la zone bureaux :

L'étude démontre que sur un périmètre de 7 postes réglementaires, mobilier et immobilier ; la consommation des bâtiments de bureaux reste limitée à 72 kWh/m² par an. Cela reste très inférieur à la moyenne française mesurée par l'OID pour un bâtiment de bureau qui est estimée à 146,25 kWh/m² par an.

- Pour la simulation sur le projet excluant les consommations des cellules logistiques :

L'étude réalisée a permis de démontrer que la production PV répond efficacement aux besoins énergétiques du bâtiment avec un taux d'énergie autoconsommée de 80%. Notre étude indique qu'il y a une production supérieure à la consommation sur certains moments de l'année. Une analyse plus fine a permis de mettre en évidence que ces dépassements sont de très courte durée. Ce premier dimensionnement de l'installation est donc du bon ordre de grandeur, même si nous pouvons probablement améliorer encore le taux de couverture et atténuer les pics en retravaillant l'installation.

Dans cette étude, le poste de consommation le plus important de l'énergie est lié aux les bornes de recharges, qui représentent 68% de l'énergie consommée en 2027, et ce pourcentage augmentera à 80% à horizon 2050. Cependant, il est important de noter que cette simulation ne prend pas en compte les consommations logistiques qui non seulement influencent la répartition de la consommation énergétique, mais augmenteront également la consommation globale.

- Pour la simulation avec les consommations des cellules logistiques :

Dans cette partie, nous avons inclus les consommations logistiques. Avec cela, nous constatons un taux de couverture énergétique annuel de 17% ainsi qu'un taux d'autoconsommation de 99%. Ce qui signifie que toute l'énergie produite par notre installation PV est utilisée directement par le bâtiment. De plus, nous avons observé que notre taux de couverture horaire maximal est bien adapté à nos consommations, ne dépassant 100% que dans de rares instants pour le scénario de 2050. Cela démontre que notre installation PV n'est pas surdimensionnée et répondra efficacement à nos besoins énergétiques.

Cependant, il est important de noter qu'il paraît opportun d'augmenter à l'avenir la puissance de l'installation afin d'augmenter le taux de couverture. Une montée en puissance de la production photovoltaïque au fur et à mesure des années, parallèlement à l'installation de nouvelles bornes de recharge des véhicules électriques par exemple, permettrait de continuer à contribuer à la décarbonation de la filière du transport.

6 - CONCLUSION

La conception actuelle et l'ensemble des réflexions poussées lors de cette phase mettent en évidence une recherche de l'exemplarité sur le point de vue énergétique. Les résultats du projet mettent en évidence :

- Que la compacité du projet et la conception d'une enveloppe performante permettent d'abaisser les **consommations de chauffage à seulement 3,5 kWh/m²**,
- Que le choix d'un système de production de pompe à chaleur (PAC) couplée à la géothermie permet d'améliorer l'ensemble des performances de production de chauffage et de refroidissement,
- Qu'une réflexion sur l'ensemble du site permet de dimensionner finement l'installation photovoltaïque et de démontrer son taux d'autoconsommation. Sans prendre en compte les cellules logistiques, **l'installation solaire permettra, en 2027, de couvrir 34% de besoins du bâtiment par une production de 2 164 MWh d'énergie autoconsommée.**
- Que le temps de retour carbone de l'installation solaire est de 12 ans, avec des émissions évitées annuelles de 159 TCO2e (Tonne de CO2 équivalent). Et que sur un cycle de 60ans, **l'installation solaire permet d'éviter 9523 TCO2e** (5604 TCO2e net évités en retranchant l'impact de capteurs).

En droite ligne avec les engagements portés par Goodman France, l'outil de SED a permis à plusieurs reprises d'orienter les choix de conception et de guider les choix de systèmes énergétiques employés. Ce genre de simulation est très complexe et nécessite la récolte de beaucoup de données qui deviennent des hypothèses d'étude. Mais c'est également ce qui permet de questionner certaines des hypothèses et de prendre du recul pour se focaliser sur les paramètres importants. Parmi ceux-ci, on peut citer la perméabilité à l'air et la gestion des portes sectionnelles qui devront faire l'objet d'une attention particulière. Les systèmes de chauffage au niveau de celles-ci devront permettre de combattre les entrées d'air et éviter de trop grandes déperditions dans les espaces de stockage.

L'installation photovoltaïque a été dimensionnée grâce à cet outil afin d'assurer la plus grande autoconsommation possible. Par exemple, leur orientation a été choisie pour maximiser ce paramètre. Ainsi, **on produit annuellement sur site par du renouvelable plus que la consommation électrique des postes bâtimentaires** (chauffage, climatisation, ventilation, ECS, éclairages, mobilier, ascenseurs). Ceci ne signifie pas que le bâtiment est indépendant électriquement du réseau puisque la centrale photovoltaïque ne produit pas sans soleil. Cependant, elle produit en ordre de grandeur une quantité importante d'électricité décarbonée.

On aboutit donc à un projet sobre, résolument en avance sur les questions de consommations énergétiques et d'énergies renouvelables. Goodman France porte un projet qui **anticipe les transitions futures** du transport logistique et l'accompagne à travers une **vraie stratégie** sur la mise à disposition et la montée en puissance de la **mobilité électrique**.