

Rapport analyse environnemental

Etude RE 2020

Maître d'ouvrage : USID de Toulouse

Représentant, email et téléphone : Service d'infrastructure de la défense
- M. DAVID Hervé, herve.david@intradef.gouv.fr - 05 61 31 40 78-

Adresse du site : 47 rue Saint Jean 31130 BALMA

Mandataire :

LEV

Représentant, courriel et téléphone : Mme. Aïnhua ARRIAGA aa@greenta.fr

Indice	Date	Rédacteur	Visa	Commentaires
1	23/01/2026	AA		

Sommaire

I. MISSION	3
A) Périmètre	3
B) Limite	3
II. Introduction	4
A) Contexte du projet	4
B) Objectifs environnementaux	4
C) Méthodologie	5
III. SYNTHÈSE	7
D) Fiche de présentation de l'actif	7
IV. Analyse environnementale initiale	8
A) Etat initial du site	8
B) Projet de construction	8
V. Matériaux et composants	10
1. Analyse par lots	10
2. Gestion des déchets et fin de vie	21
VI. Etude de faisabilité des approvisionnements en énergie	22
1. Réseau de chaleur	22
2. Géothermie	22
3. Photovoltaïque	23
VII Modélisation thermique	25

I. MISSION

A) Périmètre

L'étude environnemental du projet de réhabilitation du bâtiment d'essai de canon a impact du bâtiment 0005-3 situé au 47, rue saint jean 31130 BALMA.

Cette analyse vise à évaluer l'impact environnementale du projet au travers des procédures, outils de gestion et pratiques opérationnelles mises en œuvre par le gestionnaire du site pour optimiser les performances environnementales. Le périmètre inclut les éléments sous responsabilité du propriétaire ou de l'exploitant.

B) Limite

L'étude est essentiellement basée sur une ressource documentaire existante (donnée d'entrée, localisation, plans, ...) associée à des réunions de conception de manière à lever des incertitudes, mais aucunement à mettre en défaut les éléments précédemment fournis.

La qualité et la précision des solutions d'amélioration proposées sont directement dépendantes de la qualité et de l'exhaustivité des données fournies au bureau d'étude (plans, programme des travaux...).

Attention : les propositions d'améliorations basées sur un niveau de performance technique ne doivent pas être confondues avec un cahier des charges de consultation d'entreprises. Le choix des matériaux et équipements sera du ressort de la maîtrise d'ouvrage.

DOCUMENTS TRANSMIS

	Obligatoire	Recommandé	Reçu
Plan du/des bâtiment(s) (Les plans des bâtiments doivent être transmis avant chaque phase de conception)	X		X
Etudes déjà réalisés (Etude de sol, diagnostic démolition, etc.)		X	
Schéma hydraulique, CVC, etc.		X	

II. Introduction

A) Contexte du projet

Le présent rapport concerne un projet de construction neuve prévue en 2026, situé sur un site classé Défense relevant de la Direction Générale de l'Armement (DGA), à Balma (31). Le projet porte sur une zone canon à impacts, destinée à des usages techniques spécifiques nécessitant un haut niveau de robustesse, de fiabilité des installations et de continuité d'exploitation.

L'opération comprend la démolition complète d'un bâtiment existant ancien, sans conservation d'éléments structurels ou architecturaux, suivie de la construction d'un bâtiment neuf implanté sur une parcelle plane, sans dénivelé ni vide sanitaire.

Du fait de la création d'un ouvrage neuf, le projet est pleinement soumis aux exigences de la Réglementation Environnementale RE2020, tant sur le volet énergétique que sur le volet carbone. Les choix constructifs, techniques et énergétiques doivent ainsi répondre aux objectifs de performance environnementale fixés par la réglementation, tout en respectant les contraintes spécifiques liées au caractère sensible du site Défense.

B) Objectifs environnementaux

Les objectifs environnementaux du projet s'inscrivent pleinement dans le cadre réglementaire national applicable aux constructions neuves, et traduisent une volonté affirmée de maîtrise des impacts environnementaux sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment, conformément aux principes de la Réglementation Environnementale RE2020.

Ils visent notamment à :

- **Respecter strictement les exigences de la RE2020 applicables aux bâtiments neufs**, en particulier au travers des indicateurs réglementaires Ic construction et Ic énergie, en garantissant un niveau de performance énergétique élevé et une limitation des émissions de gaz à effet de serre en phase exploitation. La réglementation environnementale RE 2020 se durcit au 1er janvier 2025 avec une nouvelle mise à jour abaissant les seuils d'émissions carbone. Ces changements impactent directement la construction neuve, exigeant des matériaux et des techniques toujours plus vertueux pour limiter l'empreinte écologique des bâtiments.
- **Contribuer aux objectifs de la Loi Énergie-Climat**, en favorisant le recours à des systèmes énergétiques décarbonés, en limitant l'utilisation des énergies fossiles et en améliorant durablement l'efficacité énergétique globale du bâtiment.

- **Maîtriser l'impact carbone global du projet sur l'ensemble de son cycle de vie**, depuis la phase de démolition du bâtiment existant jusqu'à la construction neuve, puis durant l'exploitation et la fin de vie du futur ouvrage, conformément à l'approche en Analyse de Cycle de Vie (ACV) portée par la RE2020.
- **Garantir la compatibilité des choix environnementaux et techniques avec les contraintes d'un site classé Défense**, notamment en matière de sécurité, de robustesse des installations, de fiabilité des systèmes, de maintenance et de continuité de fonctionnement.

Ces objectifs traduisent la recherche d'un équilibre entre performance environnementale, conformité réglementaire et exigences opérationnelles, indispensable à la réalisation d'un projet de construction neuve performant et durable sur un site relevant de la Défense nationale.

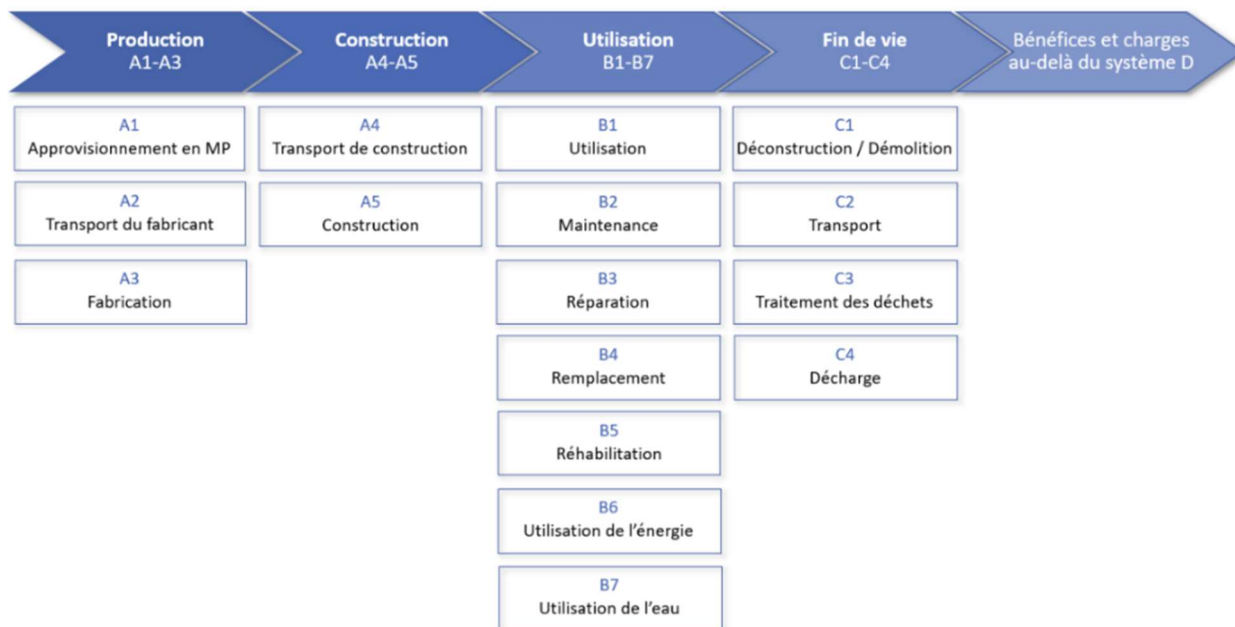
C) Méthodologie

L'analyse environnementale du projet repose sur une méthodologie conforme aux exigences de la Réglementation Environnementale RE2020 applicables aux constructions neuves, intégrant l'ensemble des phases du cycle de vie du bâtiment. Cette approche vise à assurer une évaluation globale, cohérente et objectivée des impacts environnementaux du projet, depuis la phase de démolition jusqu'à la fin de vie du futur ouvrage.

Elle s'appuie notamment sur les principes suivants :

- Une Analyse de Cycle de Vie (ACV) réglementaire, menée conformément au cadre méthodologique de la RE2020, permettant d'évaluer les impacts environnementaux du projet sur l'ensemble de son cycle de vie. Cette analyse intègre la phase de démolition du bâtiment existant, la fabrication et la mise en œuvre des produits de construction, les équipements techniques, la phase chantier, la phase d'exploitation du bâtiment neuf, ainsi que la fin de vie des ouvrages et installations. Les 5 étapes de l'ACV sont :
 - **Production (A1-A3) :** Acquisition des matières premières, transport vers l'usine de transformation et fabrication du produit manufacturé
 - **Construction (A4-A5) :** Transport du produit vers le chantier, processus de construction et d'installation des matériaux et produits finis lors du chantier de construction
 - **Utilisation (B1-B7) :** Toute la vie en œuvre du bâtiment, cela inclus : l'utilisation, la maintenance, la réparation, le remplacement des matériaux et produits finis, les consommations d'énergie et d'eau pendant l'utilisation du bâtiment
 - **Fin de vie (C1-C4) :** Déconstruction de l'ouvrage, transport vers le lieu de valorisation ou d'élimination, traitement et élimination des matériaux et produits finis.

- **Bénéfices et charges au-delà du cycle de vie (D) :** que peut devenir la valeur du produit pour un nouveau cycle de vie ?



Les étapes du cycle de vie d'un bâtiment

- Une approche par lots constructifs et techniques, couvrant les principaux postes contributeurs à l'impact carbone et environnemental du projet. Cette approche distingue notamment les fondations et la structure, l'enveloppe du bâtiment et les menuiseries, les systèmes d'isolation, les équipements techniques (CVC) et les systèmes énergétiques, afin d'identifier précisément les leviers d'optimisation associés à chaque lot ;
- Une analyse qualitative et quantitative des impacts environnementaux, portant en particulier sur les émissions de gaz à effet de serre, les consommations énergétiques, la gestion et la valorisation des déchets de chantier (avec une traçabilité assurée via le dispositif Trackdéchet), ainsi que sur la performance et la durabilité des systèmes en phase d'exploitation.

Cette méthodologie permet d'identifier les leviers d'optimisation environnementale, de comparer objectivement les solutions techniques envisageables et d'éclairer les choix de conception, tout en garantissant la conformité du projet aux exigences de la RE2020 et aux objectifs de la Loi Énergie-Climat.

III. SYNTHÈSE

D) Fiche de présentation de l'actif

Fiche d'identité du site		
Gestionnaire	Société d'audit	Version grille
DAVID Hervé	GREENTA	N. A
Nom de l'actif	Nombre de locataires	Date de la visite
BALMA DGA TA	1	Pas de visite
Typologie de l'actif		
Site classé Défense		
Adresse du site	47 rue saint jean	
Ville	Balma	
Pays	France	
Code Postal	31130	
Surface	468,63 m ²	
Surface végétalisée (Au sol, toiture et façades)	m ²	
Nombre de niveaux superstructure	0	
Nombre de niveaux infrastructure	0	
Année de construction	Construction neuve prévue en 2026	
Réglementation thermique applicable	RT 2020	
Production d'énergie renouvelable	Non	

IV. Analyse environnementale initiale

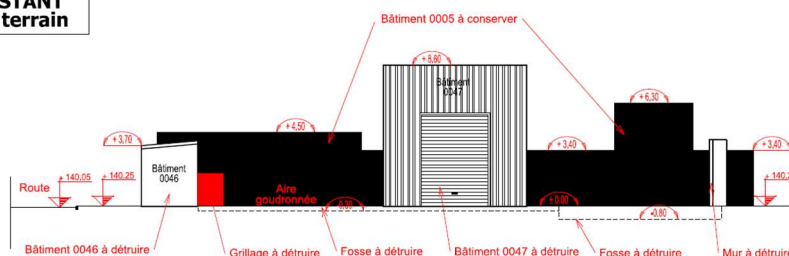
A) Etat initial du site

Le site du projet est situé sur le **domaine de la DGA à Balma**, dans un environnement technique et sécurisé, soumis à des **contraintes fortes liées au classement Défense**. L'accès au site est réglementé, les interventions sont soumises à des procédures strictes et la traçabilité des déchets et matériaux est obligatoire.

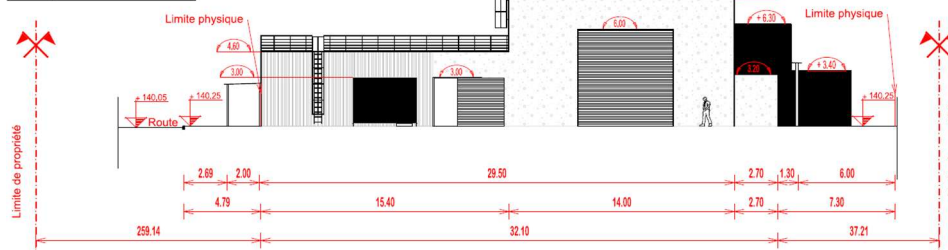
B) Projet de construction

Les bâtiments existants **0046 et 0047 seront entièrement démolis**, tandis que le bâtiment **0005 sera conservé**, conformément au plan de coupe validé par le Service d'Infrastructure de la Défense (ESID). La topographie du site est plane, sans dénivelé, et le projet ne prévoit pas de vide sanitaire, ce qui simplifie la conception des fondations et limite les impacts environnementaux liés aux terrassements.

ETAT EXISTANT
Coupe de terrain



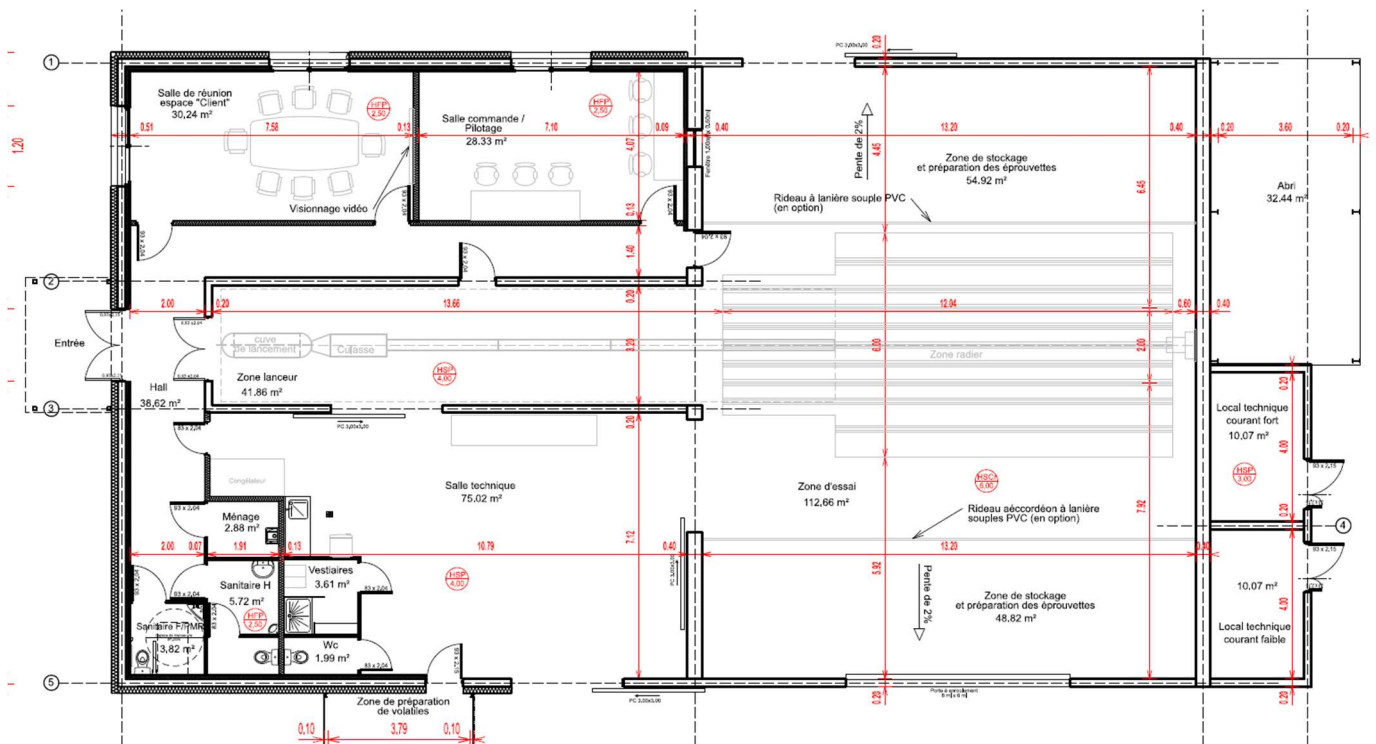
ETAT FUTUR
Coupe de terrain



Le futur bâtiment, prévu pour une construction neuve en 2026, sera implanté sur le site de la DGA à Balma et destiné à une zone canon à impacts. Cette affectation particulière impose des exigences renforcées de robustesse, de sécurité et de continuité d'exploitation, qui orientent l'ensemble des choix architecturaux, techniques et environnementaux du projet.

La typologie fonctionnelle des espaces influence directement ces choix :

- **Espaces à usage technique** : zone d'essai, salle technique, zone lanceur. Ces zones requièrent des matériaux robustes, capables de résister aux contraintes d'usage.
- **Zones de stockage** : ces espaces impliquent une gestion spécifique des flux de déchets et matériaux, avec des équipements adaptés pour la manutention et la sécurité, tout en facilitant la valorisation et le tri des matériaux conformément aux principes de la RE2020.
- **Espaces de vie et de confort** : vestiaires et sanitaires PMR. Ces espaces doivent offrir un confort et une qualité d'air intérieur optimale.
- **Espaces de pilotage** : salle de commande et salle de réunion. Ces zones nécessitent un confort thermique et acoustique ciblé, ainsi qu'une performance énergétique optimisée, afin de garantir des conditions de travail adaptées et la continuité des opérations critiques.



La diversité fonctionnelle des espaces impose une approche différenciée en Analyse de Cycle de Vie (ACV), conformément aux exigences de la RE2020 :

- **Zones techniques** : privilégier des matériaux robustes, durables et dont l'impact carbone est maîtrisé, afin de concilier performance et longévité.
- **Zones salle de réunion et espaces de pilotage** : assurer confort et qualité de l'air, avec des solutions à faible impact environnemental, tout en optimisant la consommation énergétique.

Cette structuration fonctionnelle permet de concilier sécurité, performance opérationnelle et objectifs environnementaux, tout en garantissant la conformité aux exigences de la RE2020 et de la Loi Énergie-Climat.

V. Matériaux et composants

La RE2020 impose une approche globale de l'impact environnemental des matériaux, évaluée via la « **IC construction** », prenant en compte l'ensemble du cycle de vie : fabrication, transport, mise en œuvre, maintenance et fin de vie.

La section suivante détaille l'analyse par lots, les choix de matériaux et l'impact ACV pour le projet de construction neuve sur le site de la DGA à Balma.

1. Analyse par lots

Lot 1 — VRD (Voirie & Réseaux Divers)

Périmètre : raccordements eau potable, EU/EV, électricité, télécom, fourreaux et aires extérieures.

Hypothèses projet : terrain plat, pas de stationnement lourd, raccordements aux réseaux existant.

Choix matériaux :

- **Conduites PEHD/PVC-U recyclées** : durables, résistantes aux contraintes chimiques et mécaniques, avec contenu recyclé certifié pour réduire l'empreinte carbone et favoriser la réutilisation en fin de vie.
- **Fonte ductile recyclée pour organes sensibles** : vannes et regards robustes, longue durée de vie, recyclable, impact carbone réduit par rapport à la fonte primaire.
- **Regards en béton bas carbone (CEM III + laitier)** : faible émission de CO₂, durables et valorisables en fin de vie pour remblais ou béton recyclé.

- **Grave recyclée pour tranchées et remblais**: limite l'extraction de ressources naturelles, optimise la compaction et réduit le transport de matériaux neufs.

Indicateurs ACV :

- **A1-A3 : Fabrication des matériaux** – Émissions liées à l'extraction, transformation et production des conduites PEHD/PVC, fonte ductile et béton bas carbone. Important de noter le contenu recyclé, qui réduit l'impact carbone par rapport aux matériaux primaires.
- **A4 : Transport des matériaux** – Impacts liés au transport des produits depuis les sites de production jusqu'au chantier, avec une optimisation des distances et des modes logistiques pour réduire les émissions.
- **A5 : Mise en œuvre et gestion des déchets de chantier** – Inclut la pose des conduites, tranchées, regards, remblais. Optimisation pour réduire les pertes, déblais et chutes, en valorisant les gravats et la grave recyclée sur place si possible.
- **C2-C3 : Fin de vie et recyclabilité** – Béton, fonte et PEHD/PVC recyclables en fin de vie pour limiter l'empreinte globale.

Lot 2 — Fondations et infrastructures

Périmètre : Radier/dalle, fosses éventuelles, étanchéité enterrée.

Hypothèses projet : Terrain plat, pas de vide sanitaire, bâtiment implanté sur zone sans dénivelé.

Choix matériaux :

- **Béton bas carbone haute performance (C35/45 ou supérieur)** : Formulation optimisée (CEM III, ajouts cimentaires comme laitier ou cendres volantes) pour réduire l'empreinte carbone tout en garantissant la résistance mécanique nécessaire aux charges lourdes et aux vibrations générées par les essais de canon.
- **Armatures en acier recyclé avec protection anticorrosion renforcée** : Acier issu de filières de recyclage (procédé EAF) pour limiter l'impact environnemental. Traitement galvanisé ou peinture époxy pour résister à l'humidité et aux contraintes chimiques éventuelles.
- **Étanchéité enterrée avec membranes bitumineuses certifiées FDES** : Protection contre infiltrations et corrosion, indispensable pour la pérennité des fondations dans un site sensible. Préférer membranes préfabriquées pour limiter les chutes et déchets.

Indicateurs ACV :

- **A1-A3 : Fabrication des matériaux** – Émissions et impacts liés à l'extraction des matières premières, à la transformation et à la production des matériaux utilisés (béton, acier) pour les fondations et l'étanchéité.
- **A5 : Mise en œuvre et gestion des déchets** – Impacts générés lors de l'installation des matériaux, incluant les pertes, les déblais et les chutes. Une mise en œuvre optimisée permet de limiter ces déchets et de réduire l'impact environnemental global du chantier.
- **B2-B4 : Maintenance** – Impacts liés à l'entretien et à la maintenance de l'étanchéité sur la durée de vie du bâtiment, en veillant à prolonger la durabilité des matériaux et limiter les interventions de remplacement.
- **C2-C3 : Fin de vie et recyclabilité** – Possibilité de recycler ou de valoriser le béton et l'acier à la fin de vie du bâtiment, réduisant leur impact environnemental et contribuant à l'économie circulaire.

Lot 3 — Superstructures et maçonnerie

Périmètre : murs porteurs, dalles/planchers, poutres, poteaux.

Éléments identifiés : murs béton, poteaux métalliques RAL 7016, dalles/planchers.

Choix matériaux :

- **Béton bas carbone haute performance (LC – Low Carbon)** : formulation optimisée (CEM III, ajouts cimentaires comme laitier ou cendres volantes) pour réduire l'empreinte carbone tout en garantissant la résistance mécanique nécessaire aux charges lourdes et aux vibrations générées par les essais de canon.
- **Rupteurs thermiques aux interfaces** : intégrés entre les dalles et les façades pour limiter les ponts thermiques et améliorer la performance énergétique globale du bâtiment.
- **Poteaux et ossatures en acier recyclé, galvanisé ou prélaqué** : assure la robustesse structurelle, la résistance aux chocs et la durabilité dans un environnement technique exigeant. La galvanisation ou le prélaquage protège contre la corrosion et prolonge la durée de vie.

Indicateurs ACV :

- **A1-A3 : Fabrication des matériaux** – Impacts liés à la production du béton LC et de l'acier recyclé. Ces matériaux sont les principaux contributeurs carbonés, mais leur optimisation (bas carbone, recyclage) réduit significativement l'empreinte environnementale.
- **B2-B4 : Remplacement et maintenance** – Une conception robuste et durable réduit la nécessité de remplacement et d'interventions lourdes, ce qui est essentiel pour la continuité d'exploitation d'un site militaire.

- **C3-C4 : Fin de vie et recyclabilité** – Béton concassé valorisable en remblais techniques ; acier intégralement recyclable en filière spécialisée, contribuant à l'économie circulaire.

Lot 4 — Couverture – Étanchéité – Charpente – Zinguerie

Périmètre : toiture plate, étanchéité, isolant, évacuations EP.

Éléments identifiés : Couverture métallique RAL 3022, membranes d'étanchéité, isolant toiture, descentes EP visibles sur les plans.

Choix matériaux :

- **Étanchéité TPO ou bitume SBS avec FDES** : Les membranes TPO (polyoléfine thermoplastique) sont sans plastifiants halogénés, résistantes aux UV et recyclables. Les bitumes SBS (styrène-butadiène-styrène) offrent une excellente durabilité. La certification FDES garantit la traçabilité environnementale pour l'ACV.
- **Isolant toiture laine minérale recyclée ou PIR haute performance** : La laine minérale (verre ou roche) issue de filières recyclées réduit l'impact A1-A3 et assure une bonne résistance au feu, essentielle pour un site Défense. Le PIR (polyisocyanurate) offre une performance thermique élevée avec une faible épaisseur, limitant la masse et l'impact carbone.
- **Descente EP en acier ou aluminium recyclé** : Métaux à haute recyclabilité, robustes et résistants à la corrosion.

Indicateurs ACV :

- **A1-A3 : Fabrication des matériaux** – Impacts liés à la production des membranes, isolants et métaux (acier/alu). Choisir des produits certifiés FDES et issus de filières recyclées réduit significativement ces émissions.
- **B4 : Durée de vie** – Inspection périodique de l'étanchéité pour prolonger la durée de vie. Les membranes TPO et bitume SBS ont une durée de vie > 30 ans si bien entretenues.
- **C3-C4 : Fin de vie et recyclabilité** – Métaux (acier, aluminium) recyclables à 100 %. Membranes TPO valorisables en filières spécifiques. PIR et laine minérale peuvent être valorisés en sous-couches ou isolants secondaires.
- **D : Réutilisation / bénéfices au-delà du système** – Valorisation ou réemploi possible des matériaux (ex. alu récupéré pour d'autres usages), limitant l'impact environnemental global.

Lot 5 — Cloisonnement – Doublage – Plafonds – Menuiseries intérieures

Périmètre : Cloisons intérieures, portes, doublages, plafonds suspendus.

Éléments identifiés : Zones techniques (salle d'essai, stockage) et espaces « confort » (salle de réunion, sanitaires PMR).

Choix matériaux :

- **Cloisons à ossature acier recyclé + plaques de plâtre à fort taux de gypse recyclé** : L'ossature métallique assure la rigidité et la résistance mécanique, tandis que les plaques de plâtre recyclées réduisent l'impact carbone et favorisent l'économie circulaire.
- **Isolation acoustique avec laine minérale sans COV** : Garantit le confort acoustique dans les zones sensibles (salle de réunion, commande) et contribue à la qualité de l'air intérieur.
- **Plafonds suspendus avec dalles minérales recyclées** : Limite l'impact A1-A3 et améliore la performance acoustique et thermique.
- **Portes HPL ou bois certifié FSC/PEFC** : Le HPL (stratifié haute pression) offre une résistance élevée aux chocs et à l'humidité, adaptée aux zones techniques. Le bois certifié FSC/PEFC garantit une gestion durable des forêts et réduit l'impact environnemental.

Indicateurs ACV :

- **A1-A3 : Fabrication des matériaux** – Émissions et impacts liés à l'extraction, à la transformation et à la production des plaques de plâtre et de l'ossature acier.
- **A5 : Mise en œuvre et gestion des déchets** – Optimisation des découpes et tri des chutes (acier, plâtre) pour limiter les pertes. Traçabilité des déchets via Trackdéchets.
- **B2-B4 : Remplacement et maintenance** – Impacts liés à l'entretien minimal des cloisons, plafonds et portes pendant la durée de vie du bâtiment, grâce à la durabilité des matériaux.
- **C3-C4 : Fin de vie et recyclabilité** – Acier et gypse valorisables en filières spécialisées ; bois certifié recyclable ou valorisable en énergie.

Lot 6 — Façades & Menuiseries extérieures

Périmètre : Bardages métalliques et ossatures, pare-pluie, menuiseries extérieures, garde-corps et éléments de protection.

Éléments identifiés : bardage métallique RAL 3022, menuiseries PVC RAL 7016 et métalliques RAL 7035, Garde-corps et échelles en aluminium brut.

Choix matériaux :

- **Bardage acier recyclé avec revêtement coil-coating basse émission :** résistant aux chocs et vibrations, finition conforme au RAL.
- **Menuiseries aluminium recyclé ou PVC sans phtalates :** garantit la robustesse, la durabilité et limite les émissions chimiques nocives.
- **Double vitrage basse émissivité :** optimise le confort thermique et acoustique, tout en réduisant la consommation énergétique liée au chauffage et à la climatisation.
- **Joints et mastics sans solvants :** minimisent les émissions de composés organiques volatils (COV) et contribuent à la qualité de l'air intérieur et extérieur.

Indicateurs ACV :

- **A1-A3 : Fabrication des matériaux** – Émissions et impacts liés à la production du bardage acier, des menuiseries aluminium/PVC, du vitrage et des joints.
- **B1 : Étanchéité à l'air** – Performance de l'enveloppe pour limiter les pertes énergétiques et réduire la consommation liée au chauffage/climatisation.
- **B2-B4 : Remplacement et maintenance** – Impacts liés au remplacement éventuel des joints et des éléments de façade sur la durée de vie du bâtiment.
- **C3-C4 : Fin de vie et recyclabilité** – Possibilité de recycler ou valoriser l'acier, l'aluminium, le PVC et le vitrage, contribuant à l'économie circulaire et à la réduction de l'impact environnemental global.

Lot 7 — Revêtements des sols, murs, plafonds, chape, peintures, produits de décoration

Périmètre : Sols techniques zones d'essai, sols résistants hall/réunion, peintures, faïences sanitaires.

Éléments identifiés : Sols techniques dans les zones d'essai, sols résistants dans le hall et salles de réunion, peintures intérieures sur murs et plafonds, faïences dans les sanitaires et locaux humides

Choix matériaux :

- **Chapes :** Ciment bas carbone (LC) pour réduire l'impact carbone du béton, ou chape anhydrite pour zones nécessitant un support lisse et une mise en œuvre rapide.
- pour zones nécessitant un support lisse et une mise en œuvre rapide.

- **Peintures intérieures** : peintures labellisées A+ sans COV, afin d'assurer une excellente qualité de l'air intérieur et le respect des exigences RE2020 pour les espaces occupés.
- **Faïences** : pose avec colles à faible émission de composés organiques volatils, pour limiter l'impact sanitaire et environnemental.

Indicateurs ACV :

- **A1-A3 : Fabrication** – Impacts liés à la production des chapes, sols techniques, peintures et faïences, incluant extraction, transformation et transport initial des matières premières.
- **B2-B4 : Remplacement et maintenance** – Impacts liés à l'entretien régulier des sols et revêtements, avec une optimisation de la durabilité des matériaux pour limiter le remplacement. Performance et longévité des sols et peintures dans le temps, réduisant les besoins de renouvellement et les impacts associés.
- **C3-C4 : Fin de vie et recyclabilité** – Possibilité de recycler le béton ou valoriser certains matériaux (faïences, résines), même si la recyclabilité des résines est limitée, contribuant à une économie circulaire.

Lot 8 — CVC

Périmètre : PAC, CTA double flux, réseaux aérauliques et hydrauliques, diffuseurs et bouches.

Éléments identifiés : Système réversible unique, ventilation double flux sanitaires/vestiaires.

Choix matériaux :

- **PAC réversible** : fluide frigorigène à faible PRG (R32 ou R290 selon contraintes de sécurité et réglementation), haute efficacité énergétique, avec récupération de chaleur sur CTA (>80%).
- **Réseaux aérauliques et hydrauliques** : conduits en acier galvanisé pour durabilité et recyclabilité, ou PEX pour certaines liaisons hydrauliques.
- **Calorifuge** : laine minérale ou alternative biosourcée (chanvre, laine de bois) pour limiter les pertes thermiques et réduire l'empreinte carbone.
- **Diffuseurs et grilles** : démontables, faciles à nettoyer et à remplacer, avec filtration haute efficacité (F7/F8) pour garantir la qualité de l'air intérieur.
- **Caisson d'extraction** : dimensionné pour le débit nécessaire aux sanitaires et vestiaires, avec récupération de chaleur intégrée pour améliorer la performance énergétique et limiter les consommations.

Indicateurs ACV :

- **A1–A3 : Fabrication des matériaux** – émissions liées à la production des unités de PAC, CTA, conduits, calorifuge et composants associés.
- **A4 : Transport des équipements** – impact environnemental lié à l'acheminement des unités et conduits sur chantier, avec optimisation logistique.
- **A5 : Mise en œuvre et gestion des déchets** – impacts générés lors de l'installation, incluant pertes, chutes et emballages.
- **B1 : Fuites de fluides frigorigènes** – émissions liées à d'éventuelles fuites pendant l'exploitation, limitées par un plan de maintenance.
- **B6 : Énergie d'usage** – consommation énergétique des équipements (PAC, CTA, pompes, ventilateurs) sur la durée de vie.
- **C3–C4 : Fin de vie et recyclabilité** – possibilité de dépose et recyclage des fluides frigorigènes, conduits et composants métalliques à la fin de vie, réduisant l'impact environnemental global.

Lot 9 — Installations sanitaires

Périmètre : Appareils sanitaires, robinetteries, réseaux EF/ECS, évacuations EU/EV, dispositifs éventuels de récupération des eaux pluviales.

Éléments identifiés : WC, lavabos, douches, réseaux internes.

Choix matériaux :

- **Robinetteries économes en eau :** débit limité, temporisation ou déclenchement automatique pour réduire la consommation d'eau en phase d'exploitation.
- **Réseaux d'alimentation :** PEX ou inox, offrant durabilité, résistance à la corrosion et maintenance réduite.
- **Réseaux d'évacuation :** polypropylène (PP) avec contenu recyclé, conforme aux exigences sanitaires et environnementales.
- **Prédisposition à la récupération des eaux pluviales :** pour des usages techniques non sanitaires.

Indicateurs ACV :

- **A1–A3 : Fabrication des matériaux** – Impacts environnementaux liés à la production des métaux (inox, laiton des robinetteries) et des polymères (PEX, PP) utilisés pour les réseaux et équipements sanitaires.
- **B1 : Phase d'usage (fuites)** – Impacts potentiels liés aux fuites d'eau ou de réseaux, limités par le choix de matériaux fiables et d'équipements de qualité.

- **B2 : Maintenance** – Impacts associés aux opérations d'entretien et de remplacement ponctuel des équipements sanitaires, réduits par la robustesse des matériaux et la simplicité d'accès aux réseaux.
- **C3-C4 : Fin de vie et recyclabilité** – Possibilité de recycler les composants métalliques (robinetteries, réseaux inox) et de valoriser les plastiques via des filières adaptées, contribuant à la réduction de l'impact environnemental global en fin de vie du bâtiment.

Lot 10 — Réseaux d'énergie (courant fort)

Périmètre : Eclairage intérieur et extérieur, tableaux électriques, câbles et chemins de câbles.

Hypothèses projet : Bâtiment à usage majoritairement technique, nécessitant une fiabilité élevée des installations électriques et une maîtrise des consommations énergétiques, conformément aux exigences RE2020 et aux contraintes du site classé Défense.

Choix matériaux :

- **Luminaires LED** à haute efficacité énergétique
- Câbles en **cuivre sans halogènes** (LSZH) pour la sécurité incendie et recyclabilité.
- **Chemins de câbles en acier galvanisé**, robustes et recyclables
- **Pilotage intelligent** via DALI pour l'optimisation des usages
- **Tableaux électriques** : enveloppes métalliques ou thermoplastiques durables, appareillages modulaires à haute fiabilité, conçus pour une maintenance et une évolutivité facilitée

Indicateurs ACV :

- **A1-A3 : Fabrication des matériaux** – Impacts liés à l'extraction, à la transformation et à la fabrication des composants électriques, notamment le cuivre des câbles, l'acier des chemins de câbles et les matériaux constitutifs des tableaux électriques (métaux, plastiques, composants électroniques).
- **B6 : Énergie d'usage** – Impacts liés à la consommation électrique en phase d'exploitation. Ces impacts sont réduits par le recours à des luminaires LED et à un pilotage intelligent des usages (détection de présence, variation automatique, programmation horaire).
- **C : Fin de vie et recyclabilité** – Les tableaux électriques, câbles et chemins de câbles présentent un fort potentiel de recyclage, notamment pour le

cuivre et l'acier, permettant de limiter l'impact environnemental en fin de vie et de contribuer à l'économie circulaire.

Lot 11 — Réseaux communication (courant faible)

Périmètre : Systèmes de Sécurité Incendie (SSI), contrôle d'accès, vidéoprotection, câblage de communication (courant faible), fibre optique, baies de brassage et équipements associés.

Hypothèses projet : Site classé Défense nécessitant des exigences élevées en matière de sûreté, de fiabilité des systèmes et de continuité de fonctionnement. Les équipements doivent être durables, maintenables et évolutifs.

Choix matériaux :

- **Fibre optique** pour les réseaux de communication, de vidéosurveillance et de supervision, permettant une transmission sécurisée, une faible masse de matériaux par mètre linéaire et un impact carbone réduit en phase de fabrication.
- **Câbles courants faibles LSZH (Low Smoke Zero Halogen)** pour les systèmes de sécurité incendie (SSI), de détection intrusion, de contrôle d'accès et de vidéosurveillance. Ces câbles limitent les émissions de fumées opaques et toxiques en cas d'incendie, améliorant la sécurité des personnes et la conformité réglementaire du site.
- **Équipements de sécurité (intrusion, vidéosurveillance, SSI, contrôle d'accès)** sélectionnés pour leur fiabilité, leur compatibilité et leur capacité d'évolution, permettant de limiter les remplacements prématurés.
- **Baies et équipements modulaires et évolutifs**, facilitant la maintenance, les extensions futures et la prolongation de la durée de vie des installations.

Indicateurs ACV :

- **A1-A3 : Fabrication des matériaux** – Impacts environnementaux liés à la fabrication des câbles, de la fibre optique et des équipements électroniques de sécurité (SSI, intrusion, vidéosurveillance, contrôle d'accès). Ces impacts sont principalement associés à l'extraction et à la transformation des métaux et à la production des composants électroniques. Ils restent toutefois **modérés à l'échelle globale du bâtiment**, compte tenu des faibles quantités de matériaux mises en œuvre.
- **B2 : Maintenance** – Impacts liés aux opérations de maintenance préventive et corrective sur la durée de vie du bâtiment, notamment pour les équipements de sécurité.
Le choix de systèmes modulaires et évolutifs contribue à prolonger la durée d'usage des installations et à limiter les remplacements complets.

- **B4 : Remplacement** – Prise en compte des impacts liés au remplacement partiel de certains équipements électroniques soumis à une obsolescence technologique plus rapide que celle du bâtiment, en particulier pour la vidéosurveillance, le contrôle d'accès et certains éléments du SSI.
- **C : Fin de vie et recyclabilité** – Traitement des équipements électriques et électroniques en fin de vie via des filières agréées DEEE, permettant la valorisation des métaux et la limitation des déchets ultimes. La conception démontable des installations facilite le tri et le recyclage des composants.

Lot 12 — Appareils élévateurs et transport intérieur

Périmètre : Ascenseurs, monte-charges, escaliers mécaniques.

Hypothèses projet : Non applicable (bâtiment de plain-pied).

Lot 13 — Equipement de production locale d'électricité

Périmètre : Photovoltaïque, onduleurs, câblage, étanchéité associée, batterie.

Hypothèses projet : Pré-équipement toiture PV

Choix matériaux :

- **Modules PV avec EPD** (Déclaration Environnementale Produit) européenne
- **Structure aluminium recyclé** pour fixation des panneaux
- **Onduleurs haut rendement** pour conversion optimale de l'énergie

Indicateurs ACV :

- **A1-A3 :** Fabrication – impacts liés à la production des modules PV, structure aluminium et onduleurs
- **B6 :** Énergie évitée – contribution positive à l'ACV par production locale d'électricité réduisant l'usage d'énergie fossile
- **C :** Fin de vie et recyclabilité – possibilité de recycler les modules PV et l'aluminium en fin de vie, limitant l'impact environnemental global

2. Gestion des déchets et fin de vie

La directive européenne 2008/98/CE fixe un objectif de valorisation matière de 70 % pour les déchets de construction et démolition (hors dangereux), objectif repris en droit français (Code de l'environnement). En France, la traçabilité des déchets dangereux et amiantés est obligatoire et dématérialisée via Trackdéchets depuis le 01/01/2022 (BSDD/BSDA). De plus, depuis le 1er juillet 2023, le diagnostic PEMD (Produits-Équipements-Matériaux-Déchets) est obligatoire avant toute démolition, avec contenu et CERFA précisés par l'arrêté du 26/03/2023.

Pour garantir le suivi de l'impact environnemental, le projet utilise le système **Trackdéchét** pour l'ensemble des déchets produits pendant l'exécution des travaux. Cette plateforme assure la traçabilité complète des flux, permet de suivre les volumes et les filières de traitement, et facilite la conformité réglementaire, en particulier pour les déchets spécifiques ou dangereux. Des dispositifs complémentaires tels que l'installation de poubelles de tri sur chantier peuvent être envisagés pour renforcer les bonnes pratiques environnementales.

Les déchets produits par le projet se répartissent en trois grandes catégories :

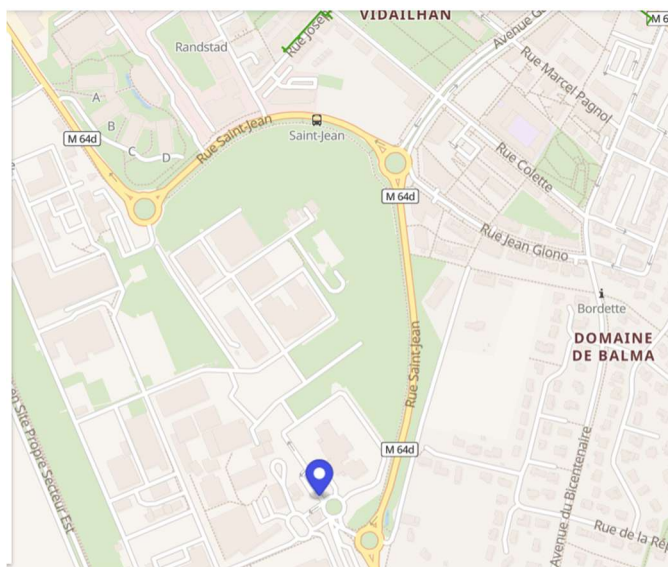
1. **Déchets inertes** : Béton, gravats, pierres et terres non polluées issus des démolitions. Ces matériaux peuvent être concassés et réutilisés en remblais ou couches de forme, ou orientés vers des installations ISDI et plateformes de recyclage agréées ICPE.
2. **Déchets non dangereux** : Bois, métal non contaminé, plastiques, résines, verre, emballages et revêtements. Ces flux sont valorisés via les filières REP PMCB et locales, en favorisant le réemploi et le recyclage.
3. **Déchets spécifiques ou dangereux** : Amiante, peintures, solvants, huiles, aérosols, DEEE et, le cas échéant, résidus pyrotechniques (classe 1 ADR). Ces déchets sont gérés dans des filières réglementées avec traçabilité complète via Trackdéchét, élimination dans des installations autorisées et documentation obligatoire. La détection et le traitement de ces flux sont planifiés via le diagnostic PEMD et le plan de retrait associé.

Cette typologie permet d'anticiper et d'adapter les solutions de traitement pour chaque flux, limitant l'impact environnemental et facilitant la déconstruction future.

VI. Etude de faisabilité des approvisionnements en énergie

1. Réseau de chaleur

Actuellement, il n'y a aucun réseau de chaleur à proximité du site. En l'absence d'infrastructure de réseau de chaleur accessible, cette solution ne peut donc pas être envisagée pour l'alimentation énergétique du site à ce stade.



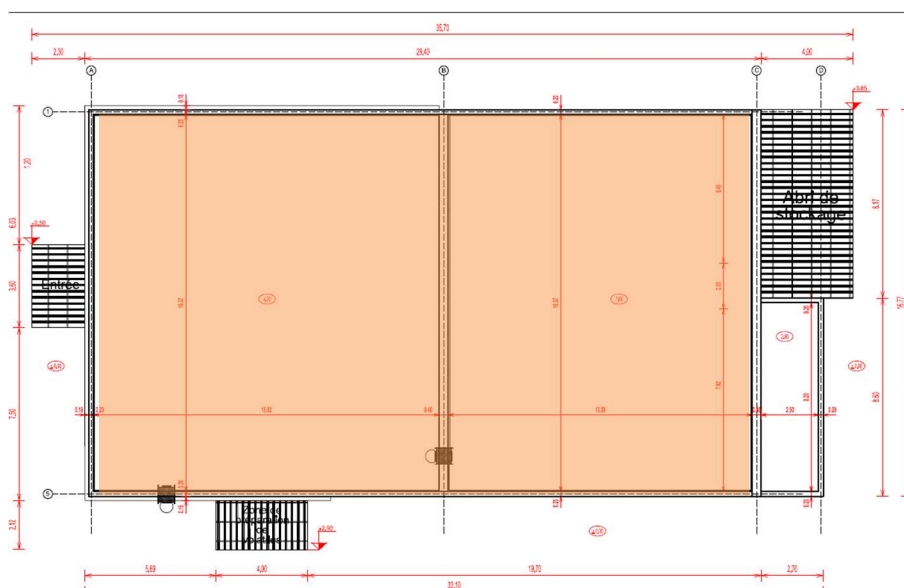
Carte nationale des réseaux de chaleur et de froid en France : D'après les données, il n'y a pour le moment pas de réseau de chaleur à proximité de cette adresse.

2. Géothermie

Il n'y a pas d'accès aux installations de géothermie profonde, ni de géothermie de surface ou aux installations sur échangeurs fermés ou sur échangeurs ouverts sur la carte [Géothermies](#).

3. Photovoltaïque

Le site dispose d'une **toiture plane**, configuration favorable à l'implantation d'une installation photovoltaïque. Par ailleurs, sa localisation à **Balma**, zone bénéficiant d'un bon ensoleillement annuel, rend a priori cette solution pertinente d'un point de vue énergétique.



Toiture du site installable

Le site relève du périmètre des installations sensibles de l'État, soumises à des exigences renforcées en matière de sécurité, de sûreté et d'autorisations administratives. L'étude de faisabilité du déploiement d'une installation photovoltaïque doit donc intégrer un cadre réglementaire et opérationnel spécifique.

Indépendamment de son statut défense, toute installation photovoltaïque en toiture est soumise :

- Au **Code de l'urbanisme** (déclaration préalable ou permis de construire selon la puissance et la visibilité du projet) ;
- Au **Code de l'énergie** pour les installations de production électrique.

Toutefois, dans le cas d'un site occupé par la DGA, ces règles de droit commun sont complétées par des exigences propres aux sites relevant de la défense nationale. Les bâtiments de la DGA peuvent être assimilés à des sites sensibles, voire à des installations d'importance vitale (IIV) selon leur fonction. Toute modification du bâti, y compris en toiture, est susceptible de nécessiter :

- L'accord **préalable de l'autorité gestionnaire du site** (ministère des Armées ou service délégataire) ;
- Une **validation par les services de sûreté et de sécurité**, intégrant une analyse de risques (accès en toiture, visibilité, captation indirecte d'informations, vulnérabilités techniques).

L'installation de panneaux photovoltaïques peut en effet poser des enjeux spécifiques :

- Accès régulier d'intervenants extérieurs pour l'installation et la maintenance;
- Création de nouveaux cheminements techniques (câbles, onduleurs, armoires) ;
- Dispositifs de supervision et de communication pouvant être incompatibles avec les règles de cybersécurité du site.

Cette solution reste envisageable mais peut se heurter à des **limitations réglementaires du fait de son classement site Défense**.

VII Modélisation thermique

A. Présentation du projet

Nom du projet : Balma

Localisation : Toulouse (31), Zone climatique H2c

Surface utile : 543 m²

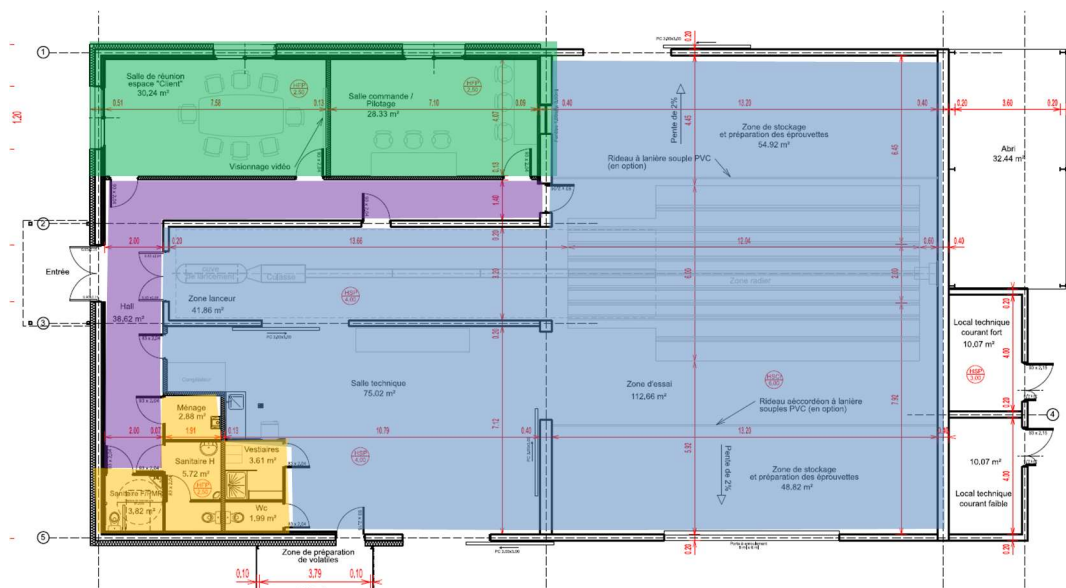
Type de bâtiment : Tertiaire (salle de commande, salle de réunion) bâtiment d'essai de canon à impact.

Occupation : 5 personnes maximum, 8h-18h du lundi au vendredi

Maître d'ouvrage : USID de Toulouse

Bureau d'études thermique : LEV – Greenta

B. Présentation de la modélisation



Le bâtiment répartis en quatre zones :

- 1- Zone chauffée (vert) : Salle de réunion et salle des commandes
- 2- Circulation (violet) : considéré comme espace tampon
- 3- Sanitaire et vestiaire (jaune) : considérer comme non chauffé avec une production d'eau chaude sanitaire et une ventilation simple flux
- 4- Zone technique (bleu) : zone non chauffée avec une hauteur de toiture différente

2. Contexte réglementaire RE2020 pour le tertiaire

La RE2020 impose des seuils stricts pour les bâtiments tertiaires :

- **Bbio 113.5** ≤ 124.7 points
- **Cep 60.1** ≤ 103.1 kWhEP/m²/an (incluant éclairage, bureautique, etc.).
- **Cep nr 60.1** ≤ 90.9 kWhEP/m²/an
- **DH 1102.1** ≤ 1150 (°C.h)
- **Ic énergie 73.0** ≤ 242.5 kg eq CO₂/m²

La RE2020, ne prend en compte que les surfaces chauffée pour les calculs réglementaire.

Spécificités du système PAC air/air + ventilation double flux :

- La PAC air/air assure le chauffage et le rafraîchissement, tandis que la ventilation double flux garantit la qualité de l'air et récupère la chaleur sur l'air extrait.
- Ce couplage permet de réduire les déperditions et d'optimiser le confort thermique.

Définition des acronymes :

Bbio : besoin bioclimatique (conception du bâtiment, maîtrise des apports solaires et inertie)

Cep : consommation d'énergie primaire non renouvelable (énergie global du bâtiment)

Cep nr : consommation d'énergie primaire renouvelable (ballon ECS thermodynamique peut être considéré comme énergie renouvelable)

DH : Degré heure qui évalue le confort d'été sur l'intensité et la durée de l'inconfort thermique des occupants

Ic énergie : impact carbone correspond au consommation d'énergie primaire du bâtiment sur une durée de vie de 50 ans.

3. Description des systèmes et matériaux

3.1. Enveloppe du bâtiment

Élément	Composition	Résistance thermique (R)
Murs	Ossature béton + isolant par l'extérieur en Laine de bois (20 cm)	$R = 7.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
Toiture	Toiture-terrasse + isolant laine de bois (20 cm)	$R = 6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
Menuiseries	Double vitrage argon ($U_w = 1,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)	$U_w = 1,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
Plancher bas	Dalle béton + isolant polyuréthane (15 cm)	$R = 3.75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

3.2. Systèmes techniques

- **Chauffage/Rafrâichissement :**
 - **Pompe à chaleur air/air multi-split :**
 - **Puissance :** 12 kW (chauffage) / 12 kW (rafrâichissement).
 - **COP :** 2.97 (chauffage) / EER : 2.88 (rafrâichissement).
 - **Gaz :** R32
 - **Émission :** Unités intérieures murales et gainables (répartition par zone).
 - **Free-cooling :** Intégré pour le rafrâichissement nocturne.
 - **Couplage avec la ventilation :**
 - **Ventilation double flux** (débit $35 \text{ m}^3/\text{h}/\text{personne}$, rendement 85 %).
- **Eau Chaude Sanitaire (ECS) :**
 - **Chauffe-eau thermodynamique** (PAC dédiée, 3 kW).
- **Éclairage :**
 - **LED avec détection de présence** et gradation automatique.

4. Résultats des calculs RE2020

4.1. Besoin bioclimatique (Bbio)

Indicateur Valeur calculée Valeur maximale RE2020 Conformité

Bbio 115.3 124.7  Conforme

4.2. Consommation d'énergie primaire (Cep)

Poste Valeur (kWh/m²/an)

Chauffage 26

Raîraîchissement 12.4

ECS 13.3

Ventilation 1.4

Éclairage 7.8

Total Cep 60.9

4.3. Confort d'été (DH)

Indicateur Valeur calculée (°C.h) Valeur maximale RE2020 Conformité

DH 1069.3 1150  Conforme

4.4. Impact carbone (IC énergie)

Indicateur Valeur calculée (kg eq CO2/m²) Valeur maximale RE2020 Conformité

IC énergie 74 242.5  Conforme

5. Analyse des points forts et vigilances

5.1. Points forts

- **Couplage PAC air/air + ventilation double flux :**
 - Récupération de chaleur sur l'air extrait (réduction des déperditions).
 - Optimisation du confort thermique et de la qualité de l'air.
- **Free-cooling :**
 - Réduction des besoins en rafraîchissement mécanique.
- **Gestion active de l'éclairage et des équipements :**
 - Limitation des consommations superflues.

5.2. Points de vigilance

- **Maintenance des filtres :**
 - Nettoyage régulier des filtres de ventilation et des unités intérieures de la PAC pour maintenir les performances.
- **Répartition des températures :**
 - Vérification de l'homogénéité thermique entre les zones (salle des commande et salles de réunion).
- **Consommation électrique de la PAC :**
 - Surveillance des pointes de consommation en période de grand froid ou de canicule.

6. Synthèse des documents joints

- **FDES des matériaux (INIES)** : Ossature béton et laine de bois.
- **Fiche technique de la PAC air/air** : Performances, courbes de COP/EER, niveaux sonores.
- **Fiche technique de la ventilation double flux** : Rendement, débits, consommation électrique.
- **Attestation de conformité RE2020.**

7. Conclusion

Le bâtiment est conforme à la RE2020 avec :

- **Bbio = 115.3** (enveloppe performante).
- **Cep = 60.9 kWh/m²/an** (maîtrise des consommations grâce au couplage PAC/ventilation).
- **Ic énergie = 74 kgCO₂/m²** (matériaux et systèmes bas carbone).

Recommandations :

- **Mettre en place des équipements adapté à l'usage** pour la douche dans l'espace vestiaire il est recommandé un simple radiateur compte tenu de la faible occupation du site.
- **Former les occupants** à une utilisation responsable des équipements (ex : suivi des fonctionnements des équipement, gestion des températures de consigne).
- **Ajouter des volets** sur les menuiseries afin d'améliorer le confort d'été.
- **Privilégier un contrat d'électricité verte** pour réduire l'empreinte carbone résiduelle.