



INGÉNIERIE & MANAGEMENT DE PROJETS



Programmation pour l'amélioration du confort thermique

BATIMENT MODULAIRE – IRBA

Place Général Valérie André
91200 Brétigny-sur-Orge

Lots : ML

Réf: ATX_220238_PROG_ML_PROG_BATMOD_V5
Version : 5

CONFIDENTIEL

VALIDATION DU DOCUMENT

Rédigé par :	Vérifié par :	Approuvé par :
Hamed CHEDLY Chef de Projet AMO	Sophie MEAS Responsable de Projet AMO	Laurane GEORGET Directrice Ingénierie
Date : 16/06/2023	Date : 16/06/2023	Date : 16/06/2023
Version : 5	Version : 5	Version : 5

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Version	Date	Modification
0	Date : 16/02/2023	Approbation du Préprogramme
1	Date : 17/03/2023	-
2	Date : 17/04/2023	Modifications MOA
3	Date : 26/04/2023	Modifications MOA
4	Date : 02/06/2023	Mise à jour du document après réception du diagnostic structurel du bâtiment
5	Date : 16/06/2023	Modifications MOA



Figure 1 - Image aérienne de la base 217

SOMMAIRE

1	PRÉSENTATION DE L'OPÉRATION	4
1.1	OBJET DE L'OPÉRATION IRBA_0194_RAfraichissement	4
1.2	HISTORIQUE	5
2	CONTEXTE, ANALYSE DU SITE, URBANISME ET SERVITUDES	7
2.1	CONTEXTE GÉNÉRAL	7
2.2	CARACTÉRISTIQUE PHYSIQUE DU SITE	9
2.3	URBANISME, SERVITUDES ET ENVIRONNEMENT	19
3	RÉSEAUX EXISTANTS ET À CRÉER	22
3.1	GÉNÉRALITÉS	22
3.2	RÉSEAUX D'EAUX	23
3.3	ÉLECTRICITÉ	23
3.4	ÉCLAIRAGE EXTÉRIEUR	23
3.5	RÉSEAUX FLUIDES SPÉCIAUX	24
3.6	RÉSEAUX FLUIDES FRIGORIGÈNES	24
3.7	GAZ NATUREL	24
3.8	RÉSEAU DE CHALEUR ET REFROIDISSEMENT	24
3.9	COURANTS FAIBLES	24
4	SOLUTIONS PRIORITAIRES ET PRÉCONISATIONS	25
4.1	GÉNÉRALITÉS	25
4.2	PROGRAMME DE TRAVAUX	32
5	CONTEXTE DE L'OPÉRATION	67
5.1	ENVIRONNEMENT DE L'OPÉRATION	67
5.2	EXIGENCES FONCTIONNELLES	67
5.3	AMÉNAGEMENT DE L'AIRE EXTÉRIEURE	68
6	EXIGENCES DU PROGRAMME	70
6.1	EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	70
6.2	EXIGENCES ENVIRONNEMENTALES	76
6.3	EXIGENCES SURFACIQUES	76
6.4	PRISE EN COMPTE DES RISQUES ET DES MENACES	77
6.5	EXIGENCES PARTICULIÈRES EN PHASE DE RÉALISATION	78
6.6	EXIGENCE CONCERNANT LA MAINTENANCE ET L'ENTRETIEN	78
7	MODALITÉ DE RÉALISATION	82
7.1	INTERVENANTS DU MINISTÈRE DES ARMÉES	82
7.2	MARCHÉS À PASSER	82
7.3	CONTRAINTES DES MARCHÉS	82
8	ENVELOPPE FINANCIÈRE PRÉVISIONNELLE	83
8.1	ENVELOPPE FINANCIÈRE DE SCÉNARIO 1	83
8.2	ENVELOPPE FINANCIÈRE DE SCÉNARIO 2	84
8.3	ENVELOPPE FINANCIÈRE DE SCÉNARIO 3	84
9	RÉCAPITULATIF	85
10	PLANIFICATION CALENDRAIRE	86
11	AVIS DE LA CONDUITE D'OPÉRATION ET ATTENDU DES INTERVENANTS	87
12	LISTE DES ANNEXES	87
13	LISTE DES FIGURES	88

1 PRÉSENTATION DE L'OPÉRATION

1.1 OBJET DE L'OPÉRATION IRBA_0194_RAfraichissement

Le Ministère des Armées dans le cadre de son activité, occupe plusieurs terrains et établissements dans tout le territoire français.

La base aérienne Brétigny-sur-Orge est une ancienne base aérienne de l'Armée de l'air française, située au sud de Paris sur les communes de Brétigny-sur-Orge et du Plessis-Pâté, dans le département de l'Essonne.

À la suite de la fermeture de la base, 300 des 750 hectares du site sont cédés à l'euro symbolique aux collectivités territoriales qui prévoient d'y développer des activités économiques.

Une partie du terrain accueille une école de pilotage de drones et accueille également le 2e régiment du service militaire volontaire.

Le reste du terrain demeure la propriété de l'État qui y maintient une zone de vie, un espace logistique destiné à répondre aux exigences du plan Neptune (organisation des secours en cas de crue de la Seine à Paris).

Considéré comme étant un site confidentiel, d'autres départements militaires se sont installés dans la base 217 ou ils y développent le centre de l'Institut de recherche biomédicale des armées dont, le bâtiment modulaire, sujet de cette opération.

Le bâtiment concerné par l'opération est un bâtiment modulaire qui été prévu de s'implémenter d'une manière temporaire. Il présente actuellement plusieurs défauts essentiellement en rapport avec la qualité de l'isolation thermique.

L'approche architecturale lors de la conception de ce bâtiment a été réfléchi pour bénéficier au maximum de la lumière naturelle. De ce fait, les matériaux utilisés sur la paroi extérieure sont équipés de larges surfaces vitrées directement exposées au soleil, ce qui n'est pas parfaitement adapté au contexte immédiat du site et aux conditions météorologiques de la zone.

Une mauvaise isolation thermique a donc été constatée à l'intérieur du bâtiment, qui est soumis à fluctuation de températures importantes en période estivale et hivernale auxquelles sont exposés les occupants, et particulièrement ceux des ailes B et C au R+2.

À partir des besoins de ses occupants et des études et des analyses établis sur le bâtiment, cette opération a pour objectif de :

- Analyser les zones de chaleur dans le bâtiment
- Analyser les différents scénarii possibles pour résoudre les problèmes d'isolation thermique du bâtiment
- Analyser la faisabilité des différentes solutions et leurs coûts
- Apporter des conditions thermiques acceptables sur toute et ou partie du bâtiment présentant une fluctuation des températures importantes en périodes estivales et plus particulièrement dans les parties supérieures du bâtiment.
- Mettre en place de systèmes les plus appropriés pour climatiser ou rafraîchir l'atmosphère ambiante des locaux en été.

Il est à rappeler que l'inconfort en été, lorsqu'il est résumé sous l'aspect de l'élévation de température, se traduit par une baisse de productivité et engendre une fatigue excessive au-delà de 30°C.

1.2 HISTORIQUE

1.2.1 Expression initiale des besoins

Le bâtiment est concerné par un problème de fluctuation importante des températures. Le Maître d'Ouvrage souhaite réaliser une intervention dans les locaux affectés afin d'améliorer les conditions de travail et le confort thermique.

1.2.2 Étude initiale de faisabilité

La présente opération vise à assurer une plage thermique entre 20°C et 25°C selon les saisons.

Une étude a été élaborée par le CETID pour analyser le bâtiment et préconiser des solutions adaptées aux phénomènes de surchauffe ressentis par les occupants.

L'analyse des températures ainsi que le calcul de temps d'inconfort ont permis de quantifier les apports solaires et d'identifier les zones les plus affectées par ce phénomène.

Des préconisations techniques ont été établies par le CETID pour baisser la température intérieure des locaux. Elles ont été prises en compte lors de notre analyse et constituent la base des scénarios proposés.

Vu la conception du bâtiment, les installations prévues permettront d'atteindre ces températures d'une manière indépendante dans chaque aile et peuvent avoir des spécifications différentes d'une partie à une autre vu la différence des hauteurs et le nombre d'étages de chaque aile.

1.2.3 Besoins complémentaires

Le Maître d'Ouvrage n'a pas exprimé de besoins complémentaires autres que la baisse de la température et l'amélioration du confort thermique à l'intérieur du bâtiment.

La configuration architecturale et structurelle ne sera pas développée dans le présent document.

1.2.4 Objectifs à atteindre

L'expression des besoins s'est traduite par la volonté d'améliorer le confort thermique afin de se rapprocher au plus près des conditions climatiques retenues par le service de santé afin d'assurer des conditions de travail satisfaisantes pour les occupants du bâtiment.

Le Code du Travail ne définit aucune limite ni de température maximale à ne pas dépasser dans un bureau, ni de température de confort. Il impose uniquement aux employeurs de veiller à renouveler régulièrement l'air dans les locaux fermés où les salariés sont amenés à travailler. (Article R 4121-1)

La norme NF X35-203/ISO 7730 relative au confort thermique considère que la température idéale pour un travail bureautique doit être maintenue entre 20°C et 22°C.

L'INRS (Institut National de Recherche et de Santé) considère que :

- au-delà de 30 °C, la chaleur représente un risque pour les salariés ;
- au-dessus de 33 °C, la température est considérée comme un véritable danger ;

La présente opération, à travers les solutions qu'elle préconise, vise à assurer une amplitude thermique de 20°C en hiver et à 25°C en été. Les installations prévues permettront de rafraîchir les différentes parties du bâtiment et d'assurer une circulation d'air continue afin d'obtenir les résultats thermiques souhaités.

Pour améliorer le confort thermique, 3 pistes de réflexion ont été retenues :

- **Amélioration de l'enveloppe thermique du bâti**

L'isolation des locaux permet d'améliorer le confort thermique général en évitant les pertes thermiques en hiver et les surchauffes en été principalement dues au rayonnement solaire.

Le plafond des locaux concernés donne sur l'extérieur, une isolation supplémentaire de cette partie serait bénéfique.

- **Amélioration de la qualité d'air**

L'amélioration de la circulation et apport d'air neuf, associé à une extraction efficace de l'air vicié, contribuent à améliorer la qualité d'air dans le bâtiment.

Le code de travail impose une ventilation avec un débit minimal de 25 m³ par heure et par occupant dans les espaces bureaux.

Le CETID suggère en premier lieu d'installer des entrées d'air de 50 [m³/h] dans chaque bureau.

- **Amélioration des systèmes énergétiques**

Pour garantir une variation de la température et de l'hygrométrie selon le souhait de l'utilisateur, un nouveau système énergétique doit être mis en place.

1.2.5 Évolution du programme

Les solutions détaillées dans le présent document peuvent donner lieu à un changement ou une modification de la qualité spatiale et architecturale intérieure du bâtiment.

Ces solutions ne peuvent, en aucun cas, affecter la structure du bâtiment, et se limiteront à une modification légère des hauteurs, de vocation de quelques bureaux et l'ajout, l'installation de nouveaux équipements.

Le préprogramme a été établi sur la base d'un premier recueil de besoins du MOA, des utilisateurs du bâtiment et sur la base de l'étude établie par le Centre d'Expertise des Techniques de l'Infrastructure de la Défense (CETID).

Pour la phase programme, une nouvelle structure de document a été établie afin d'axer le document sur les scénarios possibles retenus après la réunion de présentation du préprogramme afin de développer davantage les solutions techniques proposées.

La solution relative à la « création des ouvrants dans la partie basse des cages d'escaliers » a été écartée à cause de sa faible efficacité et les soucis de sécurité de bâtiment qui y sont liés.

La solution relative à « l'installation des extracteurs dans les étages supérieurs » a été écartée à cause de sa faible efficacité de refroidissement et a été considéré comme incapable d'assurer un balayage d'air ni une évacuation de chaleur pour les étages inférieurs du bâtiment.

Le Maître d'Œuvre après STD, étudiera les solutions techniques retenues et décrites dans le présent document et indiquera l'effet obtenu, et définira les spécificités techniques et le dimensionnement des équipements à installer.

2.1 CONTEXTE GÉNÉRAL

Le bâtiment se situe dans le périmètre de la base militaire 217. Le site militaire appartient en partie à la commune de Brétigny-sur-Orge et la commune de Le Plessis-Pâté.

Le bâtiment modulaire, objet de cette opération, est un bâtiment appartenant à l'Institut de Recherche Biomédicale des Armées (IRBA) soumis au Code du Travail.



2.1.2 Utilisation actuelle du site

L'IRBA, a été créé en 2009, et elle constitue le pôle unique de recherche du Service de Santé des Armées.

2.1.3 Schéma directeur infrastructures

CONFIDENTIEL

2.1.4 Opérations connexes sur le site

Le Ministère des Armées prévoit d'autres opérations de rénovation sur le site de la base 217 en plus du bâtiment modulaire, objet de ce document.

D'autres opérations seront prévues en même temps que les travaux cités dans ce document.

Le Ministère des Armées souhaite éventuellement mutualiser les bases vies de ces différentes opérations. (cf. chapitre « Installation de la Base Vie : Phase Travaux »)

2.1.5 Exploitation et maintenance du site

Les bâtiments et installations du site sont entretenus et maintenus par l'Unité de Maintenance du site et l'USID de Montlhéry.

2.1.6 Mise en œuvre des dispositions de protection relatives aux prestataires extérieurs

Sans Objet

2.2 CARACTÉRISTIQUE PHYSIQUE DU SITE

2.2.1 Sujétions géotechniques

D'après la carte géologique au 1/50 000ème vecteur harmonisé du site INFOTERRE, le site est localisé sur le plateau de Hurepoix, le sous-sol du secteur de la base est majoritairement caractérisé par sa formation géologique sablo-argilo-calcaire appelée "Limon des Plateaux".

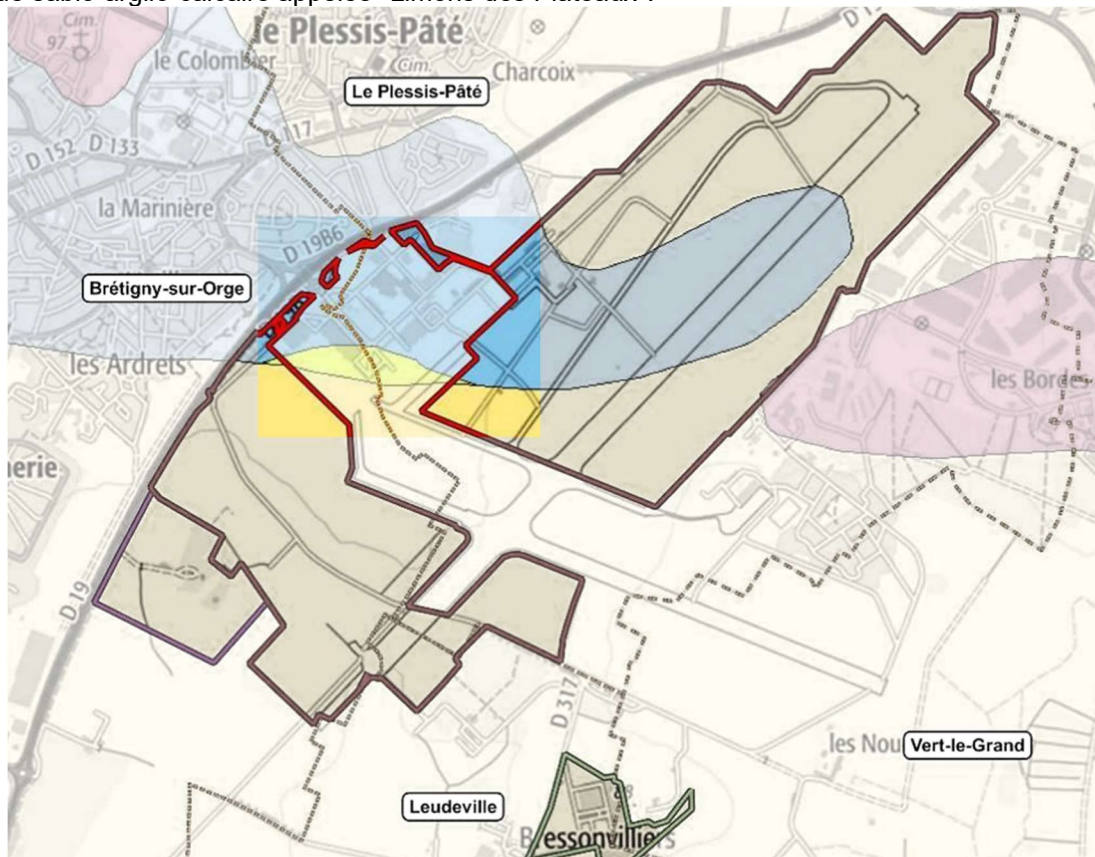


Figure 5 - Relevé géologique de la zone d'étude

Sables de Fontainebleau, accessoirement grès en place ou peu remanié (versant)

Conservés sous forme de quelques buttes témoins (Buttes de Montaubert), ils sont d'une épaisseur environ égale à cinq mètres. Largement dominés par la Silice (95 à 98%), ils sont remarquables par leur pureté et par leur granulométrie homogène. Ils sont de couleur blanc pur à grisâtre, mais le plus souvent ocre roux. Cette dernière teinte est due à une "contamination" par les eaux pluviales ou les nappes alluviales. Les grès y abondent.

Formation détritique des plateaux : Sables de Lozère, Sable de Sologne (Méréville)

On note un affleurement sur le terrain du centre d'essai en vol. Ces sables sont souvent localisés par poches (quelques décimètres à cinq mètres), le plus souvent en placage peu épais sur les plateaux. Ce sont des sables argileux, dominés par la Kaolinite, grisâtres et ferrugineux. Leur fraction sableuse est hétérogène, surtout formée de quartz et de quelques feldspaths.

Calcaire de Brie stampien et meulières plio-quaternaire indifférenciées (g1b)

Sont recensées des formations argileuses et marneuses localisées aux abords de la Route Départementale 19 et sur une partie du site de la base. Ce sont des argiles à meulière de Brie qui s'étendent sur les plateaux.

Limon des plateaux (LP)

On les trouve sur la plus grande partie du site, sur des épaisseurs pouvant parfois atteindre neuf mètres. Ce sont des dépôts détritiques meubles, argileux et schisteux à grain très pur. Leurs origines sont continentales et éoliennes. Ils procurent une bonne fertilité au sol favorable à l'agriculture. La partie supérieure du sol constitue le profil cultural, c'est-à-dire l'ensemble constitué par la succession des couches de terres, individualisées par l'intervention des instruments de culture, les racines de végétaux, et les facteurs naturels réagissant à ces actions. Le meilleur profil cultural est celui qui est le plus profond tout en ayant la plus grande capacité de rétention d'eau. Du fait de l'agriculture, l'horizon superficiel du sol a subi de grandes transformations par rapport à son état d'origine.

2.2.2 Topographie

La base aérienne de Brétigny-sur-Orge se situe sur une zone totalement plate avec des altitudes variant de 77 m NGF à 84 m NGF au niveau du secteur des Casernes.

La partie dans laquelle est implantée le bâtiment se situe sur une hauteur de 77,5 NGF.

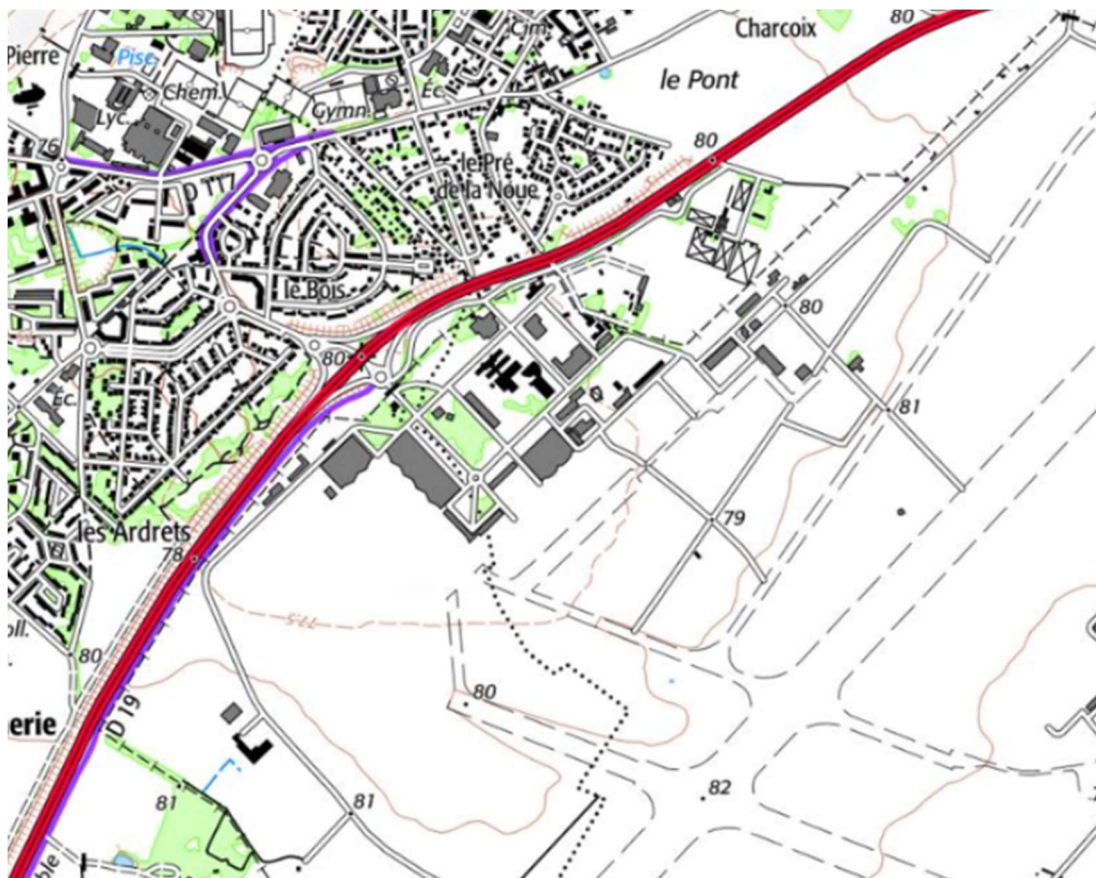


Figure 6 - Carte topographique - Source : geoportail.gouv.fr

2.2.3 Conditions climatiques

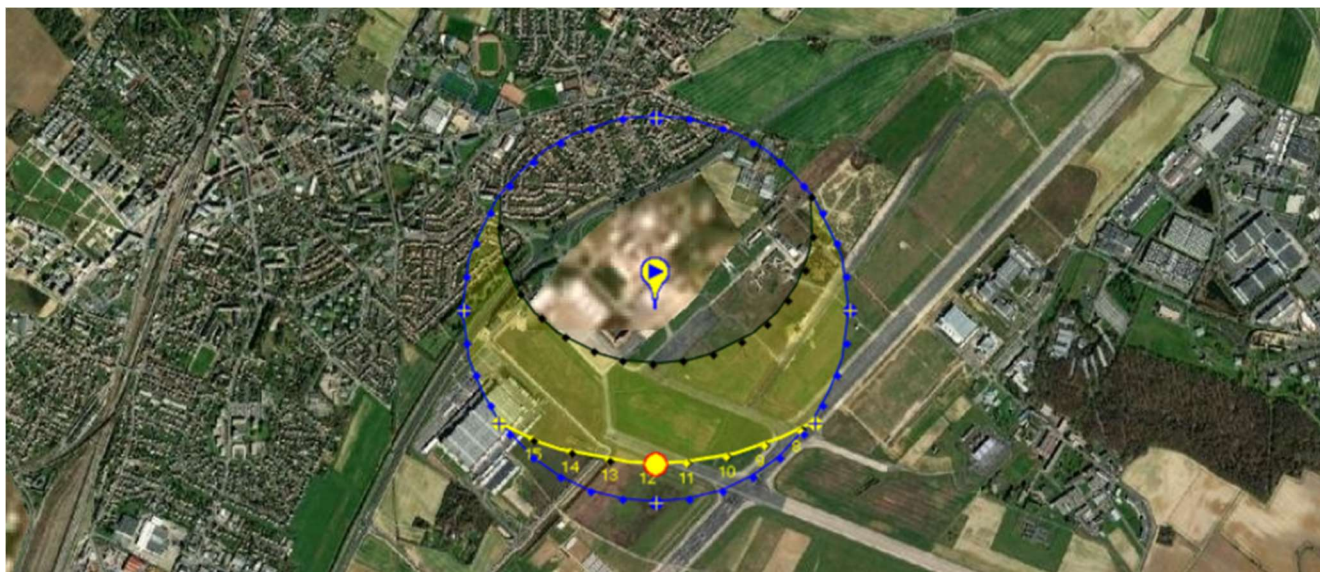


Figure 7 - Course de soleil

Le bâtiment est situé dans la base militaire de Brétigny-sur-Orge.

Les bâtiments mitoyens ont des hauteurs différentes mais ne dépassent pas celle du bâtiment en question. Ceci fait que ce dernier n'est pas couvert par l'ombrage de ses alentours et il est exposé au soleil quasiment durant toute la période d'ensoleillement.

La course solaire et la période d'ensoleillement deviennent considérablement plus importantes durant l'été.

Les données analysées proviennent des sites internet www.infoclimat.fr et www.meteoblue.com. Ils proviennent d'une station météorologique à **Évry- Courcouronnes**, à moins de 6 km du site.

2.2.3.1 Températures et précipitations

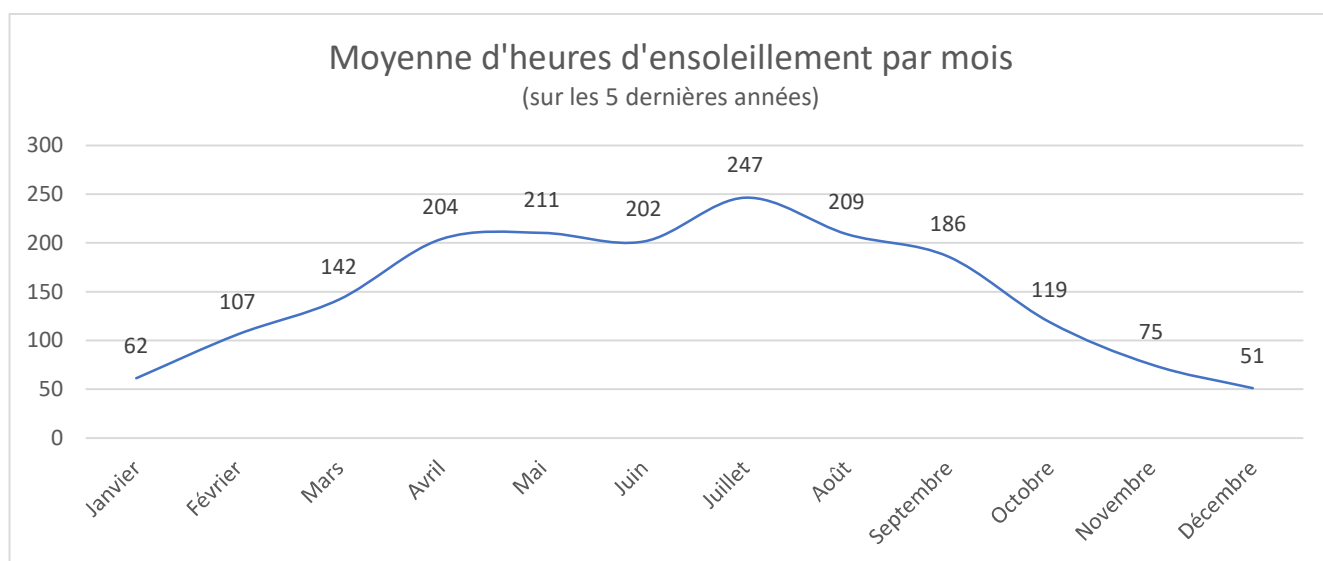


Figure 8 – Moyenne d'heures d'ensoleillement par mois (sur la période 2018-2022)

Le site se situe dans une zone généralement nuageuse ou partiellement nuageuse, moyennant seulement 5,35 jours d'ensoleillement par mois.

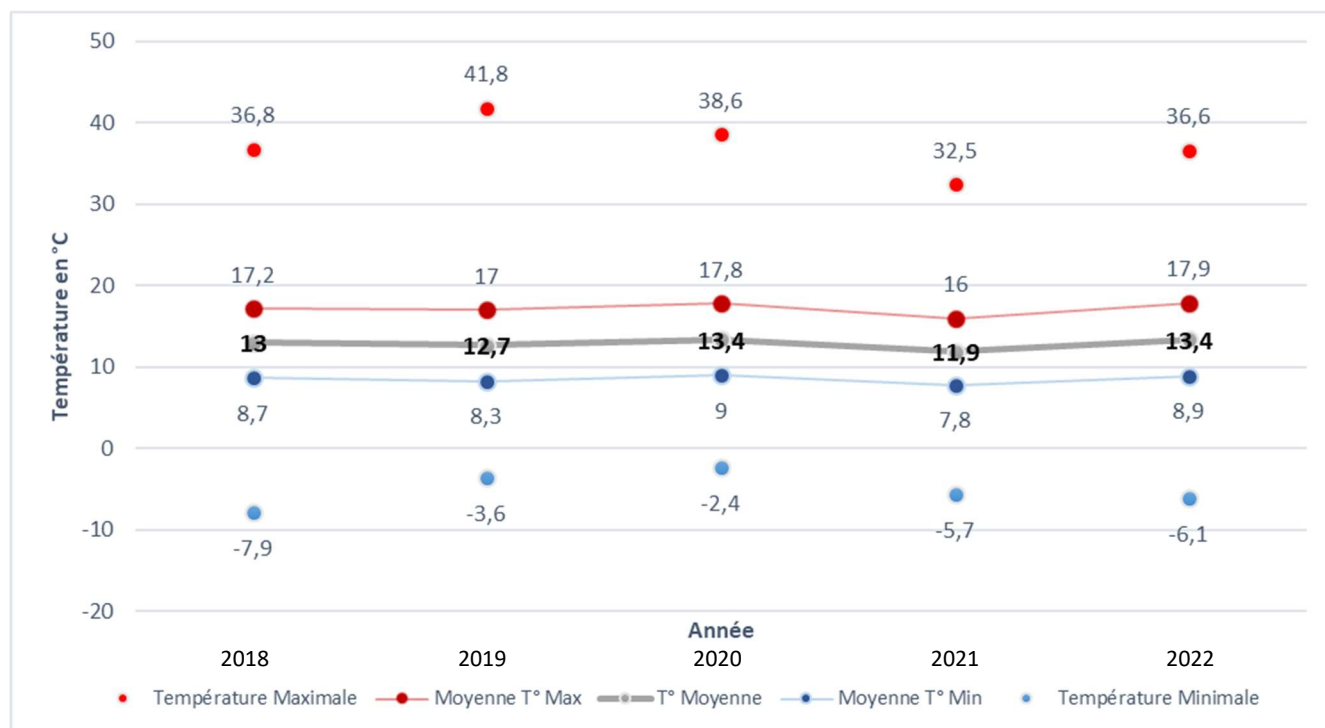


Figure 9 - Températures maximales (sur la période 2018-2022)

En hiver, la plage moyenne des températures dans la zone se situe entre 0° et 15°.
En été, la température moyenne varie entre 25° et 30° allant jusqu'à 40°C durant quelques heures pendant la journée.

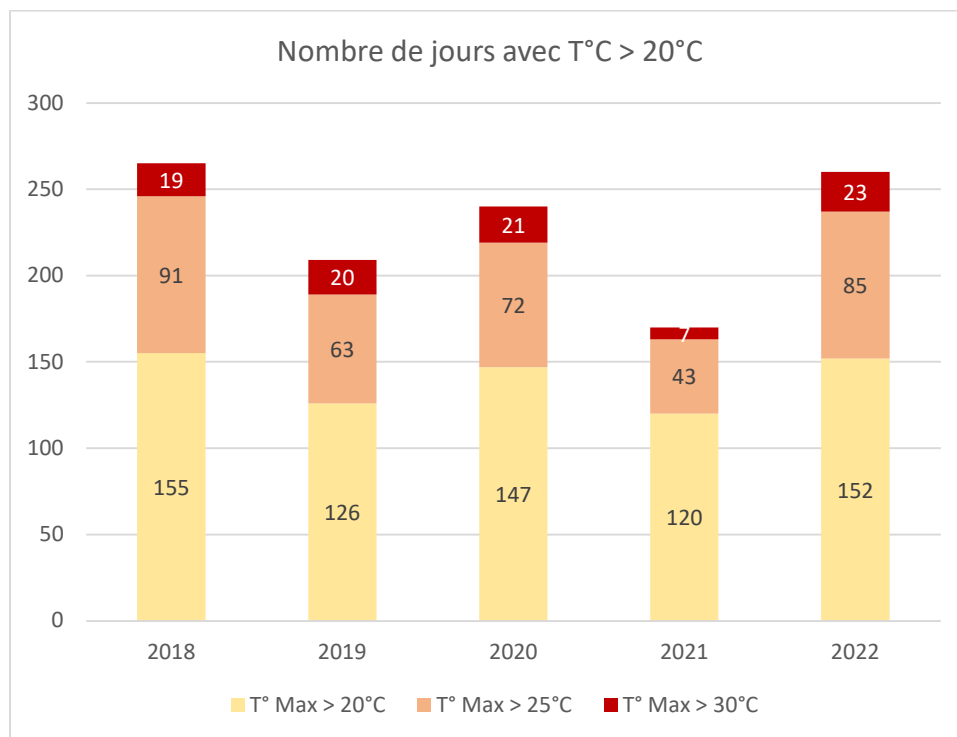


Figure 10 - Nombre de jours avec des températures > 20°C (sur la période 2018-2022)

2.2.3.2 Neige et vent

En moyenne, le nombre de jours de pluie ne dépasse pas les 15 jours par mois avec une quantité de précipitations ne dépassant pas généralement les 10 mm.

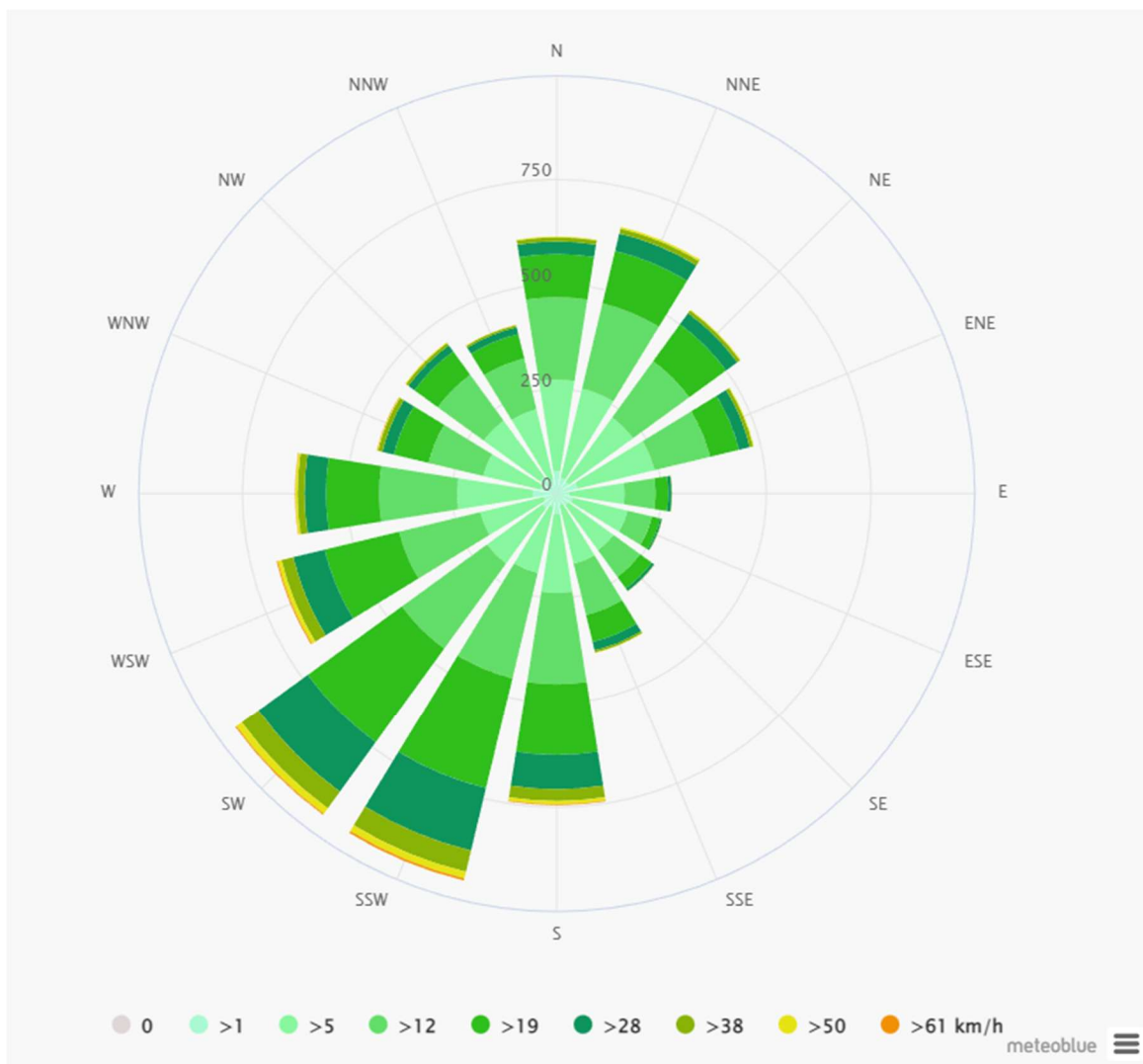


Figure 11 - Vents dominants

Le vent dans la zone est assez présent sur toute l'année avec une vitesse moyenne entre 5 et 28 km/h avec une tendance à atteindre 50 km/h, occasionnellement pendant l'hiver, avec des rafales dépassant les 60 km/h.

Les cartes de bruit comportent un ensemble de représentations graphiques et de données numériques. Elles sont établies au moyen des indicateurs Lden (période jour-soir-nuit) et Ln (période nuit) évaluant les niveaux sonores.



Cette carte présente les zones susceptibles de contenir des bâtiments dont les façades sont exposées à un niveau sonore moyen d'au moins 68 dB(A) sur 24 h. Tous les habitants d'un immeuble au contact de cette zone sont comptabilisés dans les chiffres d'exposition de la population en dépassement de cette valeur limite.

Une étude acoustique a été réalisée par ACOUSTB en mars 2015 dans le cadre du projet d'aménagement de la Base 217 et a permis de décrire précisément l'environnement sonore actuel et des préconisations pour le projet.

Une campagne de mesures s'est déroulée du 19 au 20 janvier 2015. Elle comportait 4 mesures de 24 h consécutives numérotées PF1 à PF4 (en rouge) et 7 mesures de 30 minutes à 1 heure numérotées PM5 à PM10 (en bleu).



Figure 13 - Localisation des points de mesure de bruit par ACOUSTB

Les points PF1, PF2, PF3 et PM7 sont les points les plus proches de l'emplacement du bâtiment en question.

Les niveaux sonores moyens mesurés aux points de mesure de 24h (PF1, PF2, PF3) sont inférieurs à 65 dB(A) en période diurne (LAeq (6 h – 22 h)) et à 60 dB(A) en période nocturne (LAeq (22 h – 6 h))

→ Ils sont représentatifs d'une ambiance sonore modérée au sens de l'Arrêté du 5 mai 1995.

Le point PM7 est situé à l'écart des sources de bruit routières. Les niveaux sonores moyens mesurés en ces points sont compris entre 46 dB(A) et 58 dB(A).

→ Ils sont représentatifs d'une ambiance sonore apaisée.

2.2.5 Séisme

D'après le zonage sismique de la France en vigueur depuis le 1er mai 2011 (défini par décret n°2010- 1255 du 22 octobre 2010), les communes concernées par l'aire d'étude, tout comme l'ensemble du département de l'Essonne, sont localisées en zone de sismicité 1 où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments à risque normal (l'aléa sismique associé à cette zone est qualifié de très faible).

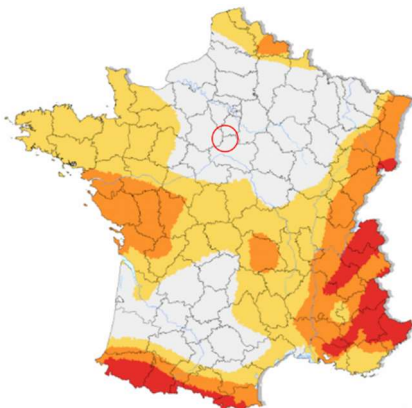


Figure 14 - Plan de zonage sismique de la France Métropolitaine

2.2.6 Foudre

SANS OBJET

2.2.7 Pollution pyrotechnique

Dans le cadre de la construction d'un bâtiment de recherche en 2010, une étude pyrotechnique a soulevé la très faible pollution pyrotechnique sur tout le site de l'IRBA.

Cette contrainte est donc écartée du projet.

2.2.8 Pollution Industrielle

SANS OBJET

2.2.9 Archéologie

SANS OBJET

2.2.10 Autres risques

SANS OBJET

Les informations de ce chapitre ont pu être rassemblées principalement grâce aux sites internet du BRGM, à l'analyse du Dossier Départemental des Risques Naturels (DDRM) de l'Essonne ainsi que du Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM) de la commune de Brétigny-sur-Orge.

Les communes concernées par le périmètre d'étude ont fait l'objet d'arrêtés de catastrophes naturelles pour des inondations, mouvements de terrain et coulées de boues :

- au nombre de 13 pour Brétigny-sur-Orge (dernier en date du 15/06/2016) ;
- au nombre de 7 pour Le Plessis-Pâté (dernier en date du 10/09/2013) ;
- au nombre de 3 pour Vert-le-Grand (dernier en date du 08/06/2016) ;
- au nombre de 3 pour Leudeville (dernier en date du 08/06/2016).

2.2.10.1 Le risque inondation par débordement de cours d'eau

Le Plan de Gestion des Risques Inondation (PGRI) Seine-Normandie :

Le Plan de Gestion des Risques Inondation (PGRI) du bassin Seine-Normandie est le document de référence de la gestion des inondations pour le bassin pour la période 2016-2021. Il a été arrêté par le 7 décembre 2015 par le préfet coordonnateur du bassin.

Le périmètre d'étude n'est pas inclus dans un territoire à risque important.

AZI et Plan de Prévention des Risques :

La commune de Brétigny-sur-Orge est concernée par l'AZI de l'Orge (01/12/1999) ainsi que par le Plan de Prévention des Risques d'Inondation des cours d'eau de l'Orge et de la Salmouille approuvé par arrêté inter préfectoral le 16 juin 2017. Ce dernier abroge le Plan d'Exposition aux Risques d'Inondations (PERI) sur l'Orge aval.

Le périmètre d'étude n'est pas concerné par le risque inondation.

Inondation par ruissellement

Les vecteurs hydrauliques les plus proches du site sont des rues.

Canalisés pour la plupart, ils s'écoulent principalement au sud-est de l'ancienne base aérienne.

La forme bombée de ce plateau au droit de la base correspond à un site stratégique historique sur le plan aérien.

La topographie légèrement bombée de part et d'autre de la piste principale permet un bon drainage naturel permettant d'éviter les risques d'inondation par ruissellement.

2.2.10.2 Le risque de remontée de nappes

Outre le risque d'inondation par débordement de cours d'eau, le phénomène peut se produire par une remontée des nappes sous-jacentes.

D'après le site internet du BRGM, la grande majorité de la zone d'étude est potentiellement sujette aux inondations de cave.

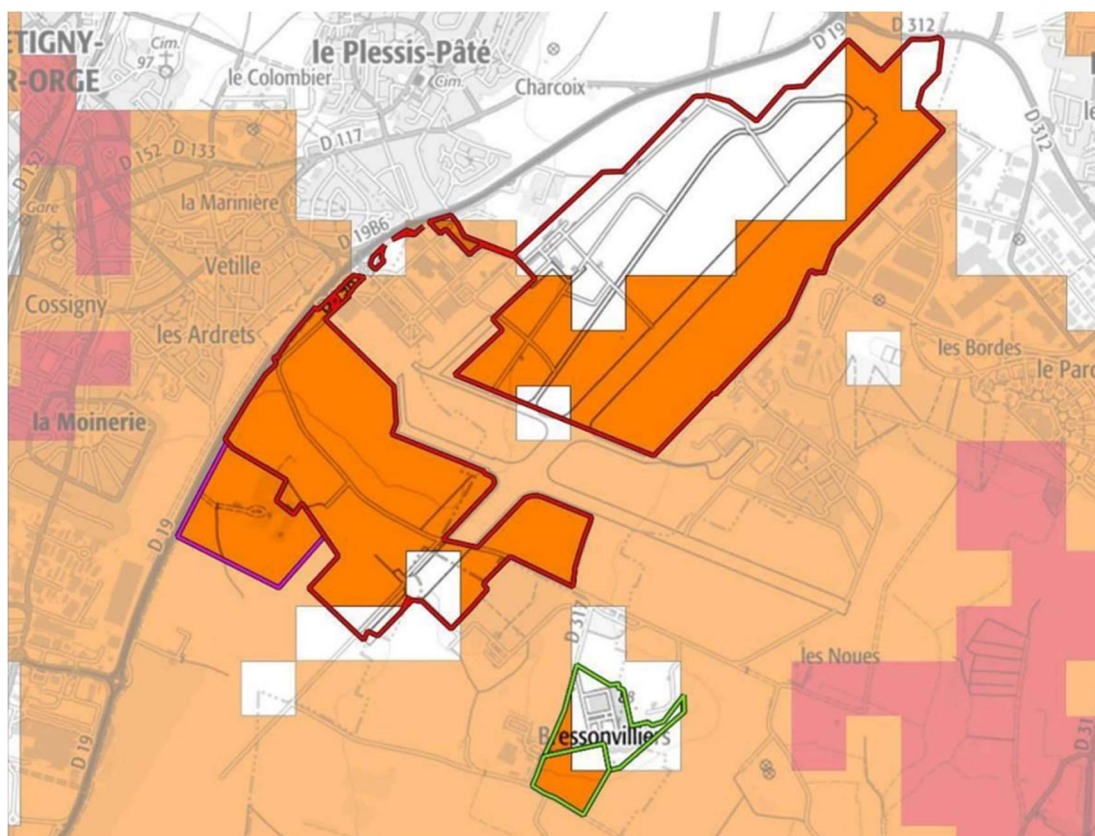


Figure 15 - Risque de remontée de nappes - Source : BRGM

- Zone potentiellement sujettes aux débordements de nappe
- Zone potentiellement sujettes aux inondations de cave
- Pas de débordements de nappe ni d'inondations de cave

2.2.10.3 Le risque de mouvement de terrain

Un mouvement de terrain est un déplacement plus ou moins brutal du sol et du sous-sol.

On distingue :

- Les mouvements lents, qui entraînent une déformation progressive des terrains, pas toujours perceptible par l'homme. Il s'agit principalement des affaissements, tassements, glissements et retraits/gonflements des argiles,
- Les mouvements rapides, qui se propagent de manière brutale et soudaine. Il s'agit des effondrements, chutes de pierres et de blocs, éboulements et coulées boueuses.

Retrait / Gonflement des argiles :

Les sols argileux se rétractent en période de sécheresse et gonflent en période de pluie, ce qui peut se traduire par des tassements différentiels qui peuvent occasionner des dégâts parfois importants aux constructions (fissures dans les murs ...).

Ce risque est gradué selon une échelle de mesure allant de « quasi nul » à « fort ».

D'après le site internet du BRGM, les terrains concernés par le projet se trouvent essentiellement en aléa moyen.

Retrait / Gonflement des argiles :

Aucune cavité n'est recensée sur les territoires des 4 communes qui intéressent le périmètre d'étude.

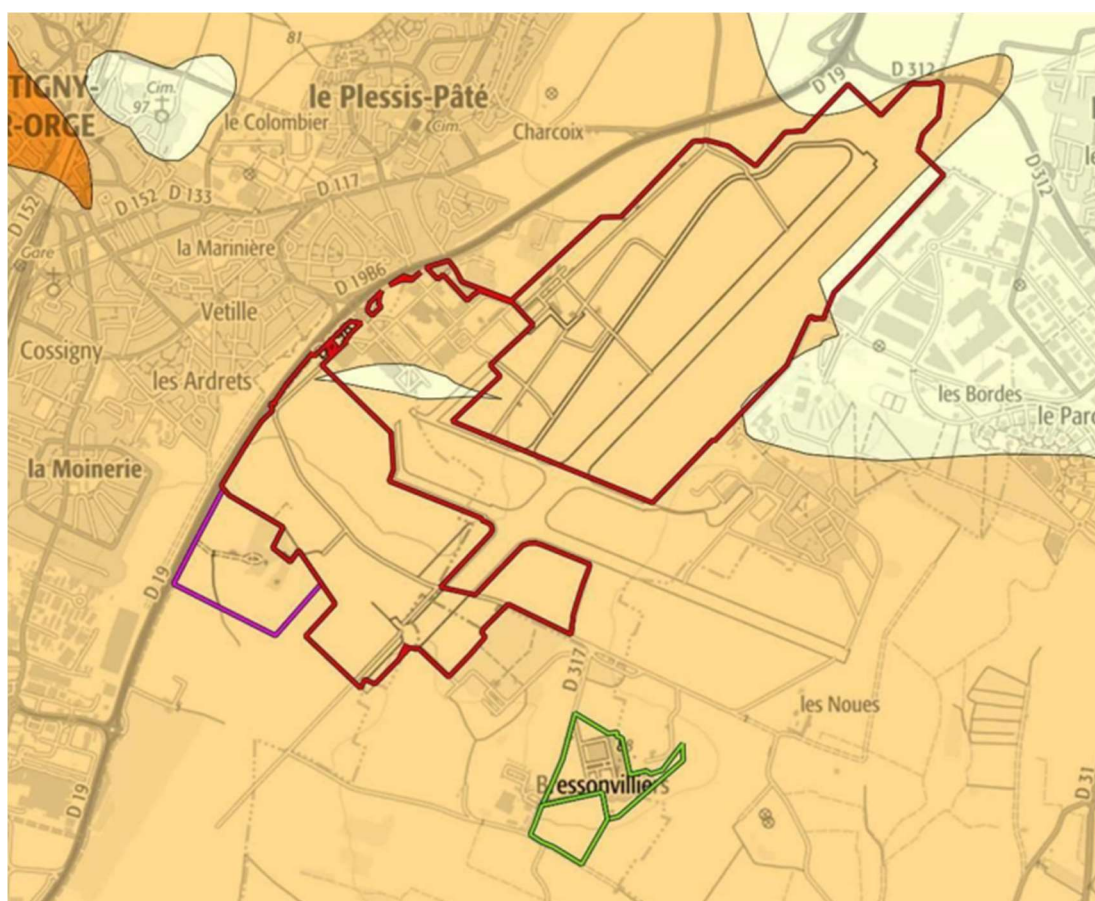


Figure 16 - Aléas retrait-gonflement des argiles - Source : BRGM

- Aléa fort
- Aléa moyen
- Aléa faible

2.3 URBANISME, SERVITUDES ET ENVIRONNEMENT

2.3.1 Situation au regard du PLU

Le bâtiment modulaire, sujet de cette opération est situé dans le périmètre de l'IRBA qui occupe une partie de la base militaire de Brétigny.

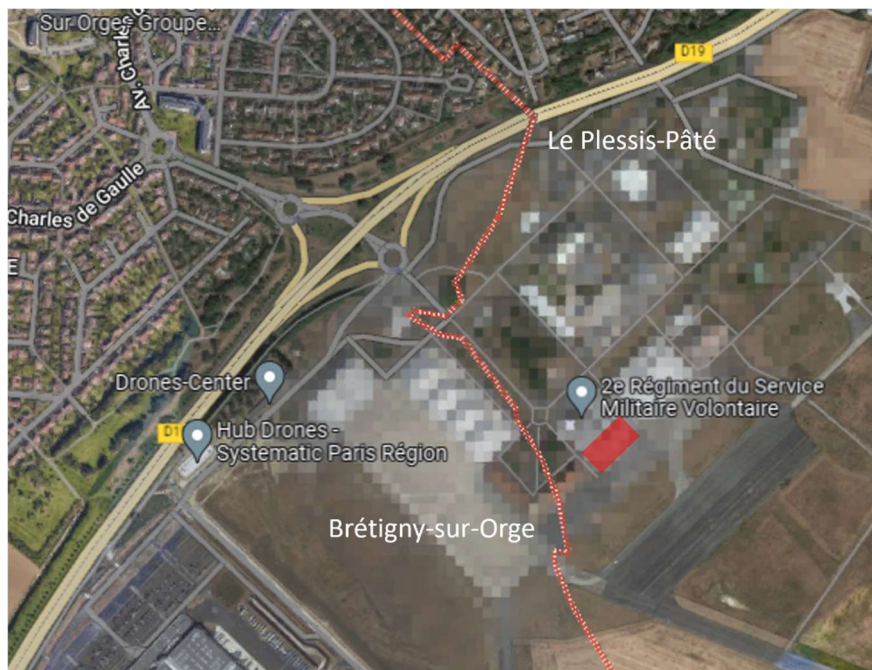


Figure 17 - Localisation du bâtiment modulaire

2.3.1.1 Références du PLU

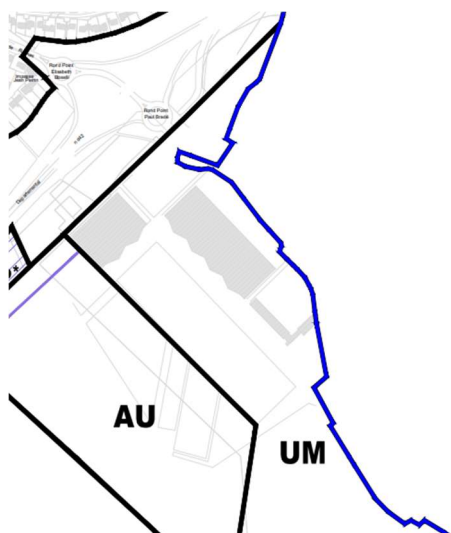


Figure 18 - PLU de la commune de Brétigny-sur-Orge

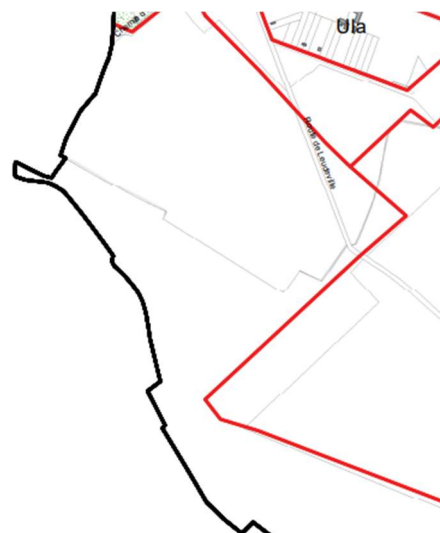


Figure 19 - PLU de la commune de Le Plessis-Pâté

Le bâtiment, étant situé dans la zone Est de la base 217, il est soumis aux réglementations de la commune de Le Plessis-Pâté.

Toutes les interventions sur une structure existante appartenant aux Ministère des Armées doivent répondre aux critères et aux exigences prévues.

Lors de la planification jusqu'à la réalisation des travaux, le Maître d'Œuvre est redevable de suivre les réglementations générales prévues pour toute intervention sur un site militaire confidentiel en occupation.

2.3.1.2 Emprise au sol

CONFIDENTIEL

2.3.1.3 Hauteur des constructions

Les constructions avoisinantes au site sont de même hauteur que le bâtiment.

La façade principale Sud-Est du bâtiment donne sur un terrain non construit, exploité actuellement comme aire de stationnement pour les occupants de ce bâtiment.

2.3.1.4 Contrainte architecturale

Le site est soumis aux réglementations prévues par le Service d'Infrastructure de la Défense (SID).

2.3.1.5 Proximité d'un monument classé ou inscrit

SANS OBJET

2.3.2 Permis de construire et certificats

Le bâtiment se situe dans le périmètre de la base aérienne 217.

Indépendamment des réglementations définies par la commune, tous les bâtiments sur cette emprise sont soumis aux réglementations du Ministère des Armées relatives aux bâtiments militaires confidentiels.

Selon les typologies de travaux réalisés, les demandes d'autorisations suivantes doivent être demandées :

- Permis de construire : Obligatoire pour les constructions d'une surface de plus de 20m² ;
- Déclaration Préalable : Obligatoire pour les constructions d'une surface comprise entre 5m² et 20m², et pour les travaux portant atteinte à l'aspect extérieur d'un bâtiment : façade, fenêtre, portes, toiture, ...

Dans le cadre de ce projet, le Maître d'Œuvre devra la réalisation de l'ensemble des demandes d'autorisations nécessaires, notamment les Déclarations Préalables de travaux pour les prestations suivantes :

- Installation d'un système de climatisation ou de refroidissement ;
- Modification du réseau de chauffage ;
- Installation des équipements sur les toitures ;
- Modifications structurelles et esthétiques des parois vitrées ;
- Installation d'une structure de couverture sur les façades ;
- Végétalisation des toitures ;
- Végétalisation du périmètre extérieur et des cours intérieures ;

2.3.3 Servitudes

2.3.3.1 Servitudes aéronautiques

Le bâtiment se situe à l'intérieur du périmètre de la base aérienne 217, une base aérienne de l'Armée de l'air française classée ZRT, qui dispose de deux pistes de 3 000 m et de 2 200 m.

Une Zone Réglementée Temporaire est une zone dans laquelle un aéronef ne peut circuler librement sans clairance spécifique délivrée par un service de contrôle civil ou militaire.

Malgré l'activité aéronautique limitée de la base, elle intègre un espace dédié aux drones professionnelles, et sert aussi aux entraînements militaires de l'armée pour le défilé du 14 juillet.

2.3.3.2 Servitudes radioélectriques

SANS OBJET

2.3.3.3 Autres servitudes ou concessions

SANS OBJET

2.3.4 Contraintes environnementales

2.3.4.1 Zones protégées

SANS OBJET

2.3.4.2 Proximité avec des ICPE et IOTA

SANS OBJET

2.3.4.3 Autres contraintes / particularité

Le bâtiment se trouve dans un site militaire.

La base aérienne n'est plus exploitée militairement, le bâtiment est donc soumis à la réglementation civile.

3 RÉSEAUX EXISTANTS ET À CRÉER

3.1 GÉNÉRALITÉS

Le présent chapitre constitue le descriptif technique des installations déjà existantes dans le bâtiment ou à projeter.

Ce chapitre fait office de programme de travaux concernant les interventions à prévoir dans le cadre de ce projet.

Le Maître d'Œuvre devra réaliser ses études de conception sur la base du programme de travaux décrit dans ce chapitre. Le Maître d'Œuvre pourra être amené aussi, à réaliser des diagnostics complémentaires avant de procéder à l'exécution des Ouvrages.

Afin d'atteindre l'objectif de cette opération, toutes les interventions décrites ci-dessous ont pour objectif de baisser la température à l'intérieur du bâtiment.

- **Scénario 1** : Rafraichissement général du bâtiment - Solutions vertueuses selon les recommandations du Ministère des Armées
- **Scénario 2** : Climatisation générale du bâtiment - Solutions classiques non vertueuses
- **Scénario 3** : Climatisation et interventions complémentaires

Le Maître d'Œuvre (MOE) devra étudier l'ensemble des solutions décrites dans ces 3 parties.

Le Maître d'Ouvrage (MOA) se gardera la décision des travaux qui seront réalisés, sur la base des conseils du Maître d'Œuvre (MOE) et de son Assistant à la Maîtrise d'Ouvrage (AMO).

L'ensemble de ces solutions devra faire l'objet d'une validation de la part du Bureau de Contrôle Technique.

3.2 RÉSEAUX D'EAUX

Selon l'étude d'impact du Projet d'aménagement de la Base 217¹ :

Les plans d'état des lieux des réseaux signalent la présence de réseaux d'A.E.P. (Alimentation en Eau Potable) à l'ouest de la base, dans le secteur de l'IRBA, à l'est, au niveau de la ZAE Tremblaie (Eurocontrol) et au sud, au niveau du site de la Station Hertzienne et de la ferme de l'INRA.

Le plan de réseaux, étant un document non classé, sera fourni par le SID lors de la phase Étude et Conception.

3.2.1 Réseaux d'adduction d'eau

Le titulaire devra prévoir une alimentation en EF pour la solution de refroidissement adiabatique ou pour la production d'eau glacée si l'une de ces deux solutions est choisie.

Dans tous les cas, le MOE devra réaliser si besoin un redimensionnement du réseau EF afin de garantir une bonne alimentation en EF des installations.

Des essais de l'installation en eau glacée devront être effectués par le Titulaire et des fiches d'autocontrôles/d'essais devront être fournies à la Maîtrise d'Ouvrage.

3.2.2 Évacuation d'eaux usées

SANS OBJET

3.2.3 Évacuation d'eau de pluie

SANS OBJET

3.3 ÉLECTRICITÉ

3.3.1 Haute tension

SANS OBJET

3.3.2 Basse tension

3.3.2.1 Analyse de l'état actuel

Le réseau électrique installé dans le bâtiment est fonctionnel.

Selon le rapport de mesures de grandeur électrique (réf. 453888-IRBA-0194 - DEWOITINE - Voir annexes), il existe **862 A** maximum disponibles et des emplacements vides sur le TGBT peuvent être exploités.

3.3.2.2 Programme de travaux

Selon les scénarios qui seront choisis, des nouvelles installations électriques peuvent être raccordées directement aux tableaux électriques divisionnaires dans les étages ou TGBT afin d'alimenter ces équipements.

3.3.3 Réseau secours

Les skydômes actuels sont à ouvertures manuels, pour le projet ils pourront être à ouverture automatique. Pour cela, l'alimentation des skydômes devra être reprise sur le réseau secours.

3.4 ÉCLAIRAGE EXTÉRIEUR

SANS OBJET

¹ Étude d'impact - Projet d'aménagement de la Base 217 rédigé par Cœur d'Essonne Agglomération et l'Institut d'Écologie Appliquée

3.5 RÉSEAUX FLUIDES SPÉCIAUX

SANS OBJET

3.6 RÉSEAUX FLUIDES FRIGORIGÈNES

La mise en place d'un système de climatisation centrale à base de fluides frigorigènes impliquera le rajout d'un réseau de distribution de ces fluides.

3.7 GAZ NATUREL

SANS OBJET

3.8 RÉSEAU DE CHALEUR ET REFROIDISSEMENT

SANS OBJET

3.9 COURANTS FAIBLES

3.9.1 Généralités

Le site est équipé des installations suivantes :

- VDI ;
- SSI ;
- Sécurité ;
- GTB ;

Selon le scénario choisi par le Maître d'Ouvrage, et les solutions à implémenter dans le bâtiment, le Maître d'Œuvre analysera d'une manière plus approfondie les réseaux qui pourront affecter les travaux et prévoir les adaptations à faire.

3.9.2 Gestion de la cohabitation des différents réseaux de courants faibles

SANS OBJET

3.9.3 Réseaux d'informations

SANS OBJET

3.9.4 Réseaux de report d'alarmes incendie

SANS OBJET

3.9.5 Réseaux de report d'alarmes techniques

SANS OBJET

3.9.6 Réseau diffusion sonore

SANS OBJET

3.9.7 Alarmes PRODEF

SANS OBJET

3.9.8 Autres réseaux

SANS OBJET

4 SOLUTIONS PRIORITAIRES ET PRÉCONISATIONS

4.1 GÉNÉRALITÉS

Les solutions préconisées par le CETID décrites dans leur avis technique GC-17-003 ou les préconisations de ATIXIS décrites dans le présent document ont pour objet d'améliorer le confort thermique du bâtiment modulaire.

Afin d'atteindre les objectifs souhaités par le Maître d'Ouvrage, les interventions seront catégorisées selon leur efficacité, la simplicité ou la complexité des travaux.

(Cf. 6.6.2.2 Description des nuisances générées par les travaux et 6.6.2.3 Description des opérations de maintenance)

Ces solutions prendront en compte les zones les plus affectées par le problème de fluctuation des températures :

- Les parois exposées au soleil (Façades Sud-Est et Sud-Ouest) ;
- Les étages supérieurs des ailes ;

4.1.1 Descriptif fonctionnel global

L'IRBA a un régime de fonctionnement normal.

Horaires de travail de 8h00 à 17h00.

Néanmoins, les travaux au voisinage de certains bureaux et salles de réunions peuvent nécessiter des restrictions d'action.

4.1.2 Descriptif fonctionnel du bâtiment

Le bâtiment modulaire, objet de cette opération, est constitué d'un bâtiment principal à Rez-de-chaussée (aile E) et de quatre ailes perpendiculaires accueillant les bureaux (ailes A, B, C, D) desservies à partir d'une coursive située dans la partie arrière du bâtiment E (deux ailes d'extrémité (A et D) à deux niveaux ; deux ailes centrales (B et C) à trois niveaux).

De plus, des galeries de liaison relient les quatre ailes au niveau R+1.

Les bureaux sont réservés pour des chercheurs attirés, bien qu'ils ne les occupent pas en permanence.

4.1.2.1 Schéma fonctionnel du bâtiment

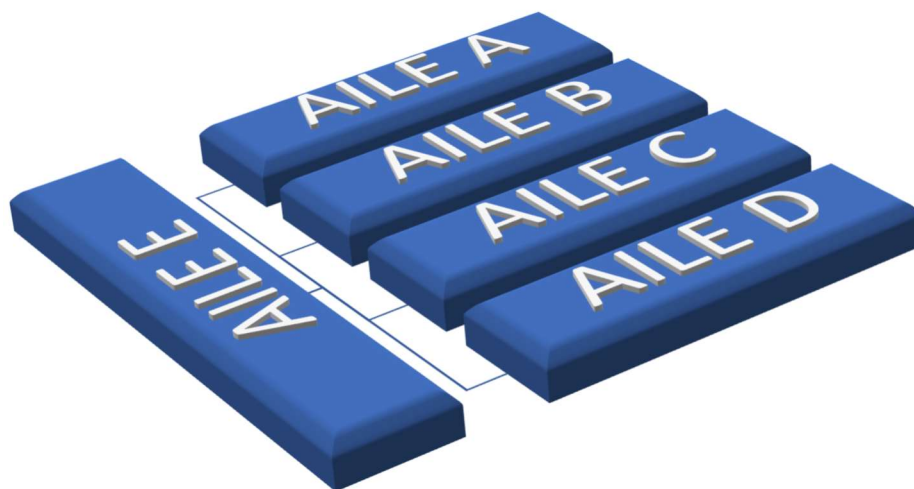


Figure 20 - Schéma du bâtiment modulaire

4.1.2.2 Description sommaire des locaux du bâtiment

Le bâtiment se compose de 236 bureaux occupés par 350 à 380 personnes environ.

4.1.2.3 Descriptions des locaux

SANS OBJET

4.1.3 Capacité structurelle du bâtiment

Dans le cadre du projet de rénovation thermique du bâtiment modulaire, des investigations ont été menées sur place pour évaluer les caractéristiques structurelles existantes et la faisabilité des solutions à proposer. Le bâtiment modulaire, sujet de cette opération, est construit à partir de modules préfabriqués empilés les uns sur les autres.

Le bâtiment modulaire présente une stabilité structurelle, malgré certains points faibles identifiés lors du diagnostic structurel.

Les résultats du diagnostic révèlent que les poutres principales des planchers possède une capacité structurelle limitée : Les plancher des toitures des modules ont une capacité de charge limitée à 100 kg/m², destinée uniquement à des charges d'entretien.

Aucune charge supplémentaire ne peut être ajoutée sans un renforcement préalable.

Il convient de souligner que le diagnostic n'a pas inclus une vérification des fondations, ce qui nécessite une analyse ultérieure. De plus, certaines parties des modules étaient inaccessibles, ce qui a conduit à des hypothèses sur la position des poteaux. Il est donc impératif de vérifier toutes ces hypothèses afin d'assurer la fiabilité structurelle du bâtiment.

4.1.4 Analyse de l'état actuel

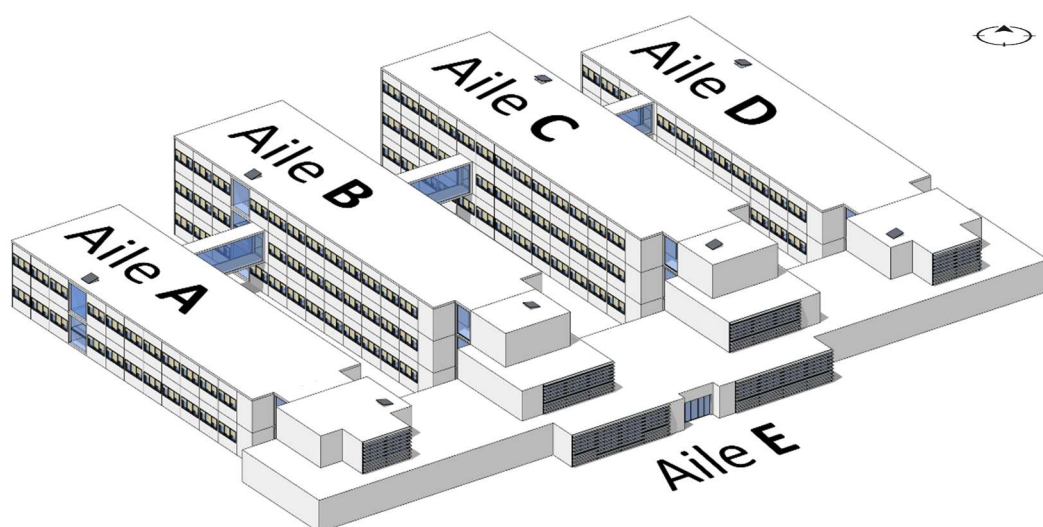


Figure 21 - Vue en perspective – Composition du bâtiment – Modélisation ATIXIS

Le bâtiment est implémenté dans un site totalement dégagé (côté Sud du bâtiment) et aucun bâtiment ni végétation haute n'est présente pour assurer le minimum de couverture contre les rayons directs du soleil. Les façades orientées Sud-Est et Sud-Ouest sont directement exposées au soleil.

Ces façades ainsi que la toiture du bâtiment, sont la raison principale du réchauffement du bâtiment, sujet de cette opération.

L'aile A présente des températures élevées dans sa zone Ouest à chaque niveau. Ces températures élevées proviennent à la fois des apports solaires par les vitrages et de l'air chaud provenant des locaux adjacents, ici la circulation de l'aile A et la galerie de liaison AB. Malgré la mise en place d'occultations sur la façade Ouest, les

apports solaires sont plus importants qu'à l'Est. En effet, cette façade ne bénéficie pas de l'ombre portée par l'aile B.

L'aile B est soumise à des apports solaires élevés en R+2. L'absence d'occultation sur la façade Est de l'aile se traduit par des apports solaires plus importants. Les sources de chaleur importantes de l'aile B sont les liaisons AB et BC, et sa circulation.

L'aile C est semblable à l'aile B. Les apports solaires sont élevés en R+2 et l'absence d'occultation en façade se manifeste par des apports solaires importants. Les galeries de liaison BC et CD, ainsi que la circulation de l'aile emmagasinent de la chaleur et réchauffent les locaux de travail.

L'aile D a des apports solaires importants en façade Est où le vitrage n'est pas équipé d'occultations. De plus, cette façade ne bénéficie pas de l'ombre portée par le bâtiment C sur le côté Ouest.

Tout traitement ayant pour but de baisser l'énergie calorifique pénétrant ces façades, doit prendre en compte les superficies, compositions et la capacité technique de chaque élément constituant ces parois.

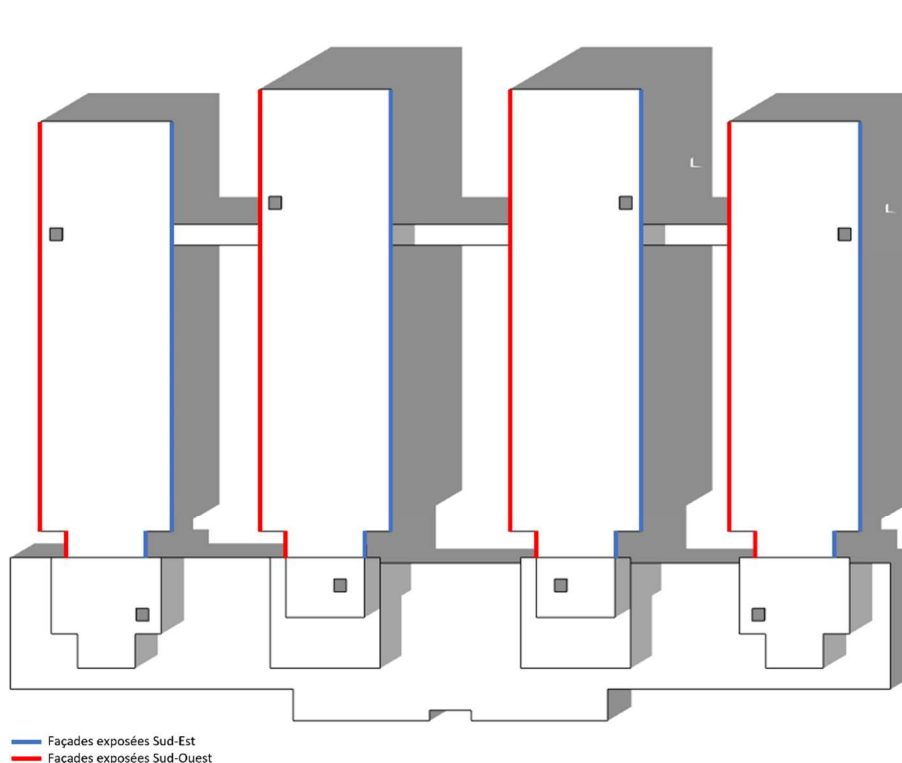


Figure 22 - Vue en plan : Façades Sud-Est et Sud-Ouest en exposition directe aux rayons solaires

Le programme prévoit de conserver les parois extérieures existantes et les brise-soleils déjà installés sur la façade principale. Les façades seront conservées en l'état.

Les vitrages installés dans le bâtiment sont des double vitrages (Fiches techniques en annexes) :

- Dans les bureaux : Double vitrage de 3 vantaux : 2 fixes et un vantail ouvrant à la française.
- Dans les galeries de liaison : Baies vitrées fixes sur les deux côtés

Malgré la propriété d'absorption de la chaleur et de réfléchissement des rayons solaire du double vitrage installé, ceci ne permet pas d'atteindre le confort thermique que le Maître Ouvrage souhaite avoir à l'intérieur du bâtiment. Les températures élevées à l'intérieur du bâtiment sont causées par l'effet de serre créé essentiellement à cause de :

- La surface importante de vitrage directement exposés au soleil ;
- Les spécifications techniques du vitrage installé ;
- Le faible débit d'extraction naturelle de la chaleur condamnée ;
- Le manque de partie ouvrante dans les grandes baies vitrées ;

4.1.5 Tableau récapitulatif des surfaces des bureaux

Ailes	Étage			Total	Surface Unitaire	Total
	1	2	3			
A	23	22	-	45	11,36	511,20 m ²
B	25	23	25	73	11,36	829,28 m ²
C	25	23	25	73	11,36	829,28 m ²
D	23	22	-	45	11,36	511,20 m ²
Nombre total des bureaux				236	Superficie totale des bureaux	
					2680,96 m²	

Tableau 1 - Nombre et superficie totale des bureaux

//NB : Les chiffres figurant sur le tableau quantitatif ci-dessus sont approximatifs. Un relevé détaillé doit être établi par le Maître d'Œuvre lors de ses études.

4.1.6 Tableau récapitulatif des surfaces vitrées

Description	Surface/U	Nombre par Aile					Surface par Aile				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Fenêtres bureaux	0,91 m ²	135	213	213	135		122,85 m ²	193,83 m ²	193,83 m ²	122,85 m ²	
Baie vitrée toute hauteur	6,82 m ²	6	9	9	6		40,92 m ²	61,38 m ²	61,38 m ²	40,92 m ²	
Galleries de liaison TYPE 1	48,00 m ²	1			1		48,00 m ²			48,00 m ²	
Galleries de liaison TYPE 2	65,14 m ²		1					65,14 m ²			
Fenêtres sur façade principale	4,24 m ²	2	3	3	2		8,48 m ²	12,72 m ²	12,72 m ²	8,48 m ²	
Fenêtres façade arrière	0,00 m ²										
Baies vitrées Façade Principale TYPE 1	4,00 m ²					6					24,00 m ²
Baies vitrées Façade Principale TYPE 2	6,14 m ²					2					12,28 m ²
Baies vitrées sur cours intérieures	-					3					80,91 m ²

Tableau 2 - Superficie des superficies vitrées

Total de surface vitrée : **1077,78 m²**
dont **641,21 m²** exposés au soleil

//NB : Les chiffres figurant sur le tableau quantitatif ci-dessus sont approximatifs. Un relevé détaillé doit être établi par le Maître d'Œuvre lors de ses études.

4.1.7 Analyse de l'état actuel par typologie des espaces

4.1.7.1 Locaux bureautiques

En plus de l'apport solaire externe causé par l'exposition du bâtiment aux rayons solaires, le bâtiment subit un apport calorifique interne (occupants et équipements ...) : Le bâtiment se compose de 236 bureaux occupés par 350 à 380 personnes environ.

Le Maître d'Œuvre prendra en compte toutes ces données (taux d'occupation, apports calorifiques individuels des occupants et des équipements, ...) lors de ses études approfondies et lors du dimensionnement des équipements à installer.

4.1.7.1.1 Situation actuelle des bureaux exposés Est

Tri par Apports Solaires			Tri par T° Max		
	Aile	Étage		Aile	Étage
> 7 000	B	R+2	> 37 °C	C	R+2
	C	R+2		D	R+1
	D	R+1		B	R+2
	D	RDC		C	R+1
> 5 000	C	R+1	> 35 °C	D	RDC
	B	R+1		A	R+1
	B	RDC		B	RDC
	C	RDC		B	R+1
	A	R+1		C	RDC
> 2 000	A	RDC		A	RDC

Tableau 3 - Analyse des conditions - Source : CETID

Selon les résultats de l'étude du CETID, les bureaux les plus affectés par la température élevée et par un apport solaire important sont situés dans les étages supérieurs des ailes ayant le plus d'hauteur (B et C) et sur la façade de l'aile D exposée Est.

Aile	RDC	R+1	R+2
A			
B			
C			
D			

Tableau 4 - Les niveaux exposés Est les plus affectés par le réchauffement (en rouge).

4.1.7.1.2 Situation actuelle des bureaux exposés Ouest

Tri par Apports Solaires			Tri par T° Max		
	Aile	Étage		Aile	Étage
> 5 000	C	R+2	> 40 °C	B	R+2
	B	R+2		A	RDC
	A	R+1		C	R+2
	A	RDC		A	R+1
	B	R+1		B	R+1
	C	R+1	> 37 °C	B	RDC
> 2 000	B	RDC		C	RDC
	C	RDC		C	R+1
	D	R+1		D	R+1
	D	RDC	> 35 °C	D	RDC

Tableau 5 - Analyse des conditions - Source : CETID

Selon les résultats de l'étude du CETID, les bureaux les plus affectés par la température élevée et par un apport solaire important sont situés dans les étages supérieurs des ailes ayant le plus d'hauteur (B et C) et sur la façade de l'aile A exposée Ouest.

Aile	RDC	R+1	R+2
A			
B			
C			
D			

Tableau 6 - Les niveaux exposés Ouest les plus affectés par le réchauffement (en rouge).

Le tableau ci-dessus indique les bureaux exposés Ouest les plus affectés par le problème de réchauffement.

4.1.7.2 Couloirs de circulations et cages d'escaliers

Les circulations ont des apports solaires importants alors qu'elles possèdent peu de surfaces vitrées. Le rayonnement solaire est concentré dans les cages d'escaliers qui desservent tous les niveaux de chaque aile. Par tirage naturel, la chaleur monte et migre dans les circulations en contact avec les zones de bureaux.

Tri par Apports Solaires		Tri par T° Max	
> 7 000	Circulation B	40 °C > T° > 37 °C	Circulation A
> 5 000	Circulation C		Circulation B
	Circulation A		Circulation C
> 2 000	Circulation D		Circulation D

Tableau 7 - Analyse des conditions - Source : CETID

Les espaces de circulations les plus affectés par des apports solaires importants sont ceux de l'aile B, C et A. Les températures varient entre 37°C et 40°C dans les espaces de circulation des quatre ailes du bâtiment.

4.1.7.3 Galeries de liaison

Les galeries de liaison sont vitrées et constituent de vrais « fours thermiques ». Les apports solaires sont importants et les températures atteintes dépassent les 40 [°C]. Cette chaleur migre dans les étages et contribue aux surchauffes estivales.

Tri par Apports Solaires		Tri par T° Max	
> 7 000	Galerie BC	T° > 40°C	Galerie AB
	Galerie AB		Galerie BC
	Galerie CD		Galerie CD

Tableau 8 - Analyse des conditions - Source : CETID

Les cages d'escaliers vitrées et les galeries de liaison participent à ces inconforts. L'air intérieur est chauffé par le rayonnement solaire. Par effet de tirage thermique, il monte et migre vers les zones de bureaux.

4.1.7.4 La climatisation dans les locaux spécifiques

Les locaux dits spécifiques correspondent aux locaux serveurs et VDI. Ils sont actuellement équipés de multi-split.

Ils sont situés comme suit :

- **RDC :**
 - Aile A Premier local à droite en sortant de la cage d'escalier ;
 - Aile B Premier local à gauche en sortant de la cage d'escalier ;
 - Aile C Premier local à droite en sortant de la cage d'escalier ;
 - Aile D Premier local à gauche en sortant de la cage d'escalier ;
 - Local serveur sur la façade principale de grande importance ;
 - Local GTB/GTC sur la façade principale de grande importance ;
 - Local téléphonie sur la façade principale de grande importance ;
- **R+1 :**
 - Aile A Premier local à droite en sortant de la cage d'escalier ;
 - Aile B Premier local à gauche en sortant de la cage d'escalier ;
 - Aile C Premier local à droite en sortant de la cage d'escalier ;
 - Aile D Premier local à gauche en sortant de la cage d'escalier ;
- **R+2 :**
 - Aile B Premier local à gauche en sortant de la cage d'escalier ;
 - Aile C Premier local à gauche en sortant de la cage d'escalier ;

Neufs (9) locaux spécifiques (situés sur la façade principale et dans les étages des ailes centrales B et C) sont concernées par un problème de fluctuation de température dépassant les 30°C à cause :

- du sous-dimensionnement des pièces ;
- du sous dimensionnement des unités de climatisation ;
- de l'apport calorifique interne généré par les équipements installés dans ces locaux ;
- de l'orientation des locaux et leur exposition aux rayons solaires ;

Les équipements installés dans ces locaux ont été mis à niveau et leurs nombres a évolué depuis la mise en service du bâtiment, ce qui fait que le dimensionnement des unités de climatisation ne correspond plus aux besoins des locaux.

Des unités sous dimensionnées fonctionnent à un régime assez élevé d'une manière continue pour assurer le refroidissement des pièces ce qui cause une usure rapide et prématurée des équipements et nécessite un entretien régulier.

4.2 PROGRAMME DE TRAVAUX

Les principales interventions à mener ont pour objectif d'éliminer les causes de réchauffement du bâtiment en premier temps et assurer une circulation d'air continue en second temps

- **Scénario 1** : Rafraîchissement général du bâtiment – Solutions vertueuses selon les recommandations du Ministère des Armées
 - Phase n°1
 - Films Anti-UV ;
 - Installation des stores extérieurs ;
 - Modification des entrées d'air sur la menuiserie des fenêtres ;
 - Installation de grilles de transfert d'air entre les bureaux et les couloirs ;
 - Installation des brise-soleils sur les cages d'escaliers et halls de distribution ;
 - Plantation de végétations hautes ;
 - Phase n°2
 - L'installation des brise-soleils dans galeries de liaison ;
 - Installation d'une double peau galeries de liaison ;
 - Installation des extracteurs d'air dans les galeries de liaison ;
 - Entretien de l'isolation des toitures ;
 - Toitures végétalisées ;
 - Double façade en structure légère
 - Pergolas en porte à faux ;
 - Filets d'ombrage ;
 - Phase 3
 - Réseau Adiabatique ;
 - Mise en place des panneaux photovoltaïques ;
 - Installation et remplacement des unités de climatisation des locaux spécifiques ;
- **Scénario 2** : Climatisation générale du bâtiment - Solutions classiques non vertueuses
 - Mise en place d'un système de climatisation à eau glacée
 - Installation et remplacement des unités de climatisation des locaux spécifiques ;
- **Scénario 3** : Climatisation et interventions complémentaires

Selon l'orientation du local et le résultat souhaité, chaque typologie d'espace pourra être traitée différemment.

Il est essentiel de souligner que le MOE devra considérer, lors de ses études et de la sélection des spécifications techniques des équipements ou solutions à mettre en œuvre, les contraintes structurelles des toitures décrites dans le chapitre « 4.1.3 Capacité structurelle du bâtiment ».

Cette approche est cruciale afin de préserver l'intégrité structurelle du bâtiment.

Dans le cas où la charge des solutions ou des scénarios choisis dépasse la capacité des poutres principales de la toiture, il est possible d'envisager le renforcement de la structure existante ou la mise en place d'une deuxième structure reposant directement sur les poteaux et qui supportera la charge des nouveaux équipements.

4.2.1 Scénario 1 : Rafraîchissement général du bâtiment – Solutions vertueuses

4.2.1.1 Phase n°1

4.2.1.1.1 Films Anti-UV

Afin d'isoler le plus possible les rayons UV responsables du réchauffement et de l'effet de serre dans le bâtiment, un traitement pourra être appliqué sur les fenêtres orientées Sud-Est et Sud-Ouest qui sont en exposition directe et longue aux rayons solaires et qui, d'après l'étude de CETID, sont les plus affectées par le problème du réchauffement.

Le vitrage installé dans les façades est généralement traité contre les rayons UV mais le traitement peut ne pas être adapté à l'implantation du bâtiment, son orientation et sa localisation.

Même si son efficacité reste inférieure à un double vitrage prétraité, l'installation d'un filtre occultant anti-UV réduit remarquablement le taux d'absorption des rayons UV et donc moins de réchauffement dans le bâtiment.

Le Maître d'Œuvre définira, après calcul et simulation thermodynamique, les spécificités techniques des films à installer tout en prenant en compte la superficie et l'orientation des vitrages à traiter.

Le film ne doit, en aucun cas, bloquer plus que 90% des rayons UV et rayons infra rouges. Il doit laisser passer au moins 75% de la lumière visible, et rejette au minimum 40% de l'énergie solaire.

Le MOE consultée devra la fourniture et l'installation des films sur les surfaces vitrées indiquées par le MOE. Elle doit s'assurer de la qualité des films ainsi que de leur conformité aux spécifications techniques précisées dans le présent document et par le MOE.

Le MOE doit garantir une durée de vie minimale de produit de 10 ans. Pendant cette période, il devra déposer et reposer tout film dégradé ou décollé avant la fin de la garantie prévue.

Effet à obtenir :

Selon un test d'efficacité établi par le fournisseur des films anti-UV easy-film :

Des mesures prises sur un chantier en Belgique sur lequel notre équipe a comparé deux pièces identiques, exposées sud-est avec double vitrage, l'une non traitée, l'autre ayant fait l'objet d'un traitement avec l'une de nos solutions.

Les températures ont été enregistrées chaque jour à 12h sur une période de 15 jours en septembre :

- *Jour 1 : la température est de **35°C** dans la pièce non traitée et de **23,5°C** dans la pièce bénéficiant d'un film anti-chaueur,*
- *Jour 15 : quand la température est de **27°C** dans la pièce non traitée, elle est **22°C** dans la pièce traitée avec notre film anti-chaueur.*

Source : www.easy-film.fr

*//NB : Les résultats du test effectué par easy-film donne une idée sur l'effet à obtenir en utilisant leurs produits. Ces résultats peuvent varier selon le contexte géographique, la typologie du bâtiment et le modèle et les spécificités techniques du film installé.
Le modèle du film à installer ainsi que ses spécificités techniques seront définies par le Maître d'Œuvre lors de ses études approfondie.*

Installation des films anti-UV

Efficacité et effet à obtenir :

Les films anti-UV sont efficaces pour réduire la pénétration des rayons solaires à l'intérieur du bâtiment mais ne sont, en aucun cas, considérés comme une solution de refroidissement ;

Emplacements d'installation :

Sur la face extérieure de toutes les surfaces vitrées exposées au soleil (Bureaux, halls, cages d'escaliers, galeries de liaisons, locaux spécifiques de l'Aile E) ;

Coût et nuisance de l'intervention :

Le coût de cette solution est relativement faible (inférieur à 100 k€) ;
Faible nuisance de l'intervention sur l'occupation du site car l'intervention se fera de l'extérieur ;

Entretien et maintenance :

Pas d'entretien ou de maintenance spécifique prévu ;
En cas de dégradation avant la fin de sa durée de vie, une dépose et repose du film affecté doit être effectuée ;

//NB : L'efficacité, le coût et les entretiens à mener dépendent du type, modèle et la qualité des équipements. Le MOE après étude et STD, établira son avis par rapport aux équipements à installer.

4.2.1.1.2 Stores

Les stores intérieurs tels que installés dans certains bureaux peuvent réduire, selon le confort souhaité, le passage de la lumière du soleil à l'intérieur des bureaux mais ils n'ont aucune efficacité en termes d'isolation thermique ou de réduction de l'apport calorifique solaire.

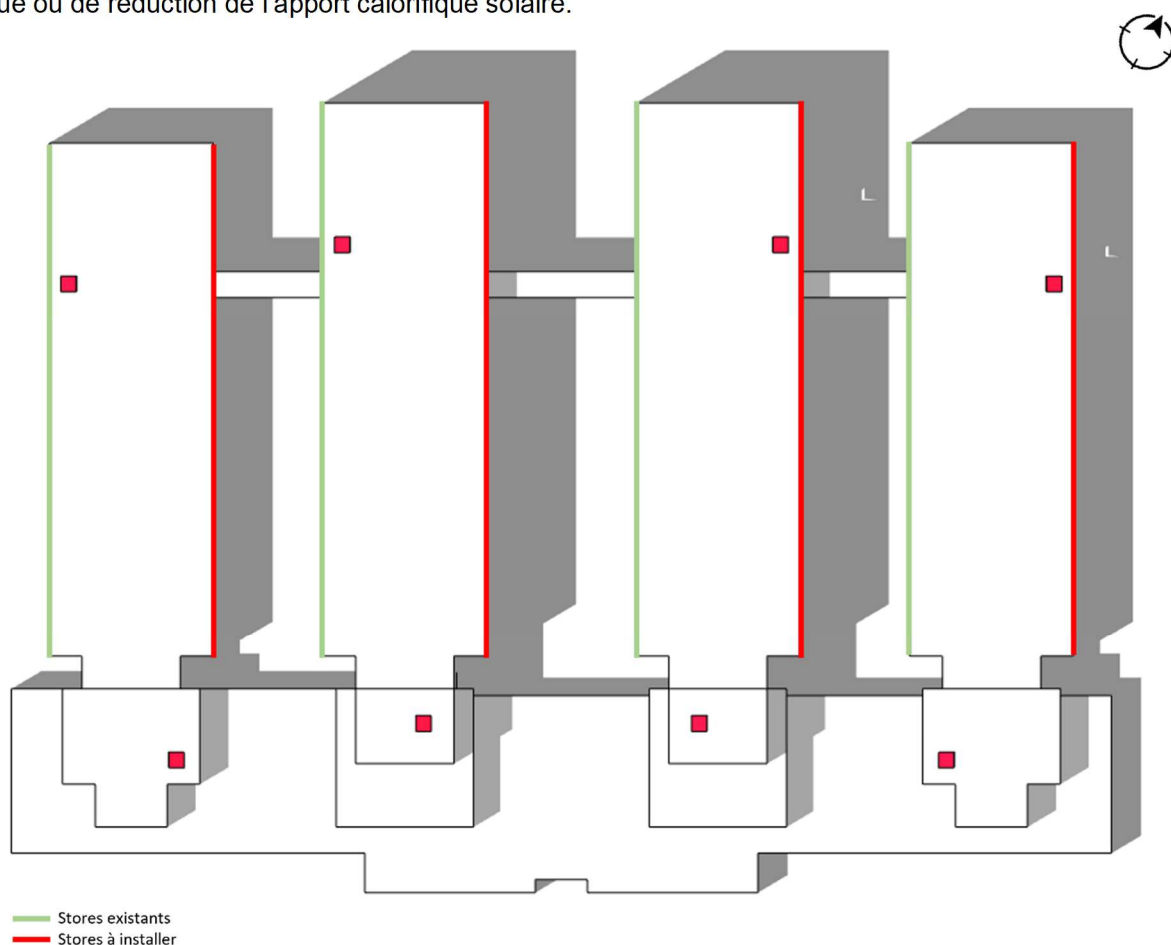


Figure 23 - Vue en plan - Localisation des stores installés et à installer

Des stores extérieurs seront mieux adaptés au besoin du site en question et fourniront beaucoup plus d'efficacité d'isolation thermique ainsi que de réduction de lumière naturelle dans les bureaux.

Ces stores seront installés coté sud-est et sud-ouest sur les fenêtres les plus affectées par le problème du réchauffement d'après l'étude de CETID. Les stores existants pourront être remplacés.



Figure 24 - Vue en perspective : Installation de stores réglables à l'extérieur

//NB : Les images qui figurent ci-dessus sont à titre indicatives. La structure à installer ainsi que les spécificités techniques des matériaux sont à définir par le Maître d'Œuvre lors de ses études.

Le Maître d'Œuvre définira, après calcul et simulation thermodynamique, les spécificités techniques des stores à installer et leur degré d'occultation tout en prenant en compte la superficie et l'orientation des vitrages à traiter. Le modèle de toile choisi doit justifier une haute performance à bloquer les rayons anti-UV ainsi qu'une résistance contre le vent.

L'installation d'un système de guidage par coulisse est préconisée afin d'assurer une résistance contre les vitesses de vents dépassant les 50 km/h.

Un anémomètre doit être prévu et installé afin de mesurer la vitesse du vent extérieur. Il sera lié à la GTB qui assurera l'enroulement automatique des stores extérieurs dès que la vitesse du vent dépasse un certain seuil.

Le MOE consultée devra la fourniture et l'installation des films sur les surfaces vitrées indiquées par le MOE. Elle doit s'assurer de la qualité des films ainsi que de leur conformité aux spécifications techniques précisées dans le présent document et par le MOE.

Les stores doivent avoir une durée de vie minimale de produit de 10 ans. Pendant cette période, Le MOE est redevable d'intervenir afin de réparer ou remplacer tout store dégradé avant la fin de la garantie.

Installation des stores occultants

Efficacité et effet à obtenir :

Les stores extérieurs sont efficaces pour réduire protéger les locaux contre les rayons solaires responsables du réchauffement du bâtiment mais ne sont, en aucun cas, considérés comme une solution de refroidissement ;

Emplacements d'installation :

Sur la face extérieure de toutes les fenêtres des bureaux ;

Coût et nuisance de l'intervention :

Le coût de cette solution est relativement moyen (entre 100 k€ et 250 k€) ;
L'intervention se fera à l'intérieur des bureaux et pourra gêner l'occupation habituelle du site ;

Entretien et maintenance :

Pas d'entretien ou de maintenance spécifique prévu.
En cas de dégradation avant la fin de sa durée de vie, une dépose et repose du store affecté doit être effectuée ;

//NB : L'efficacité, le coût et les entretiens à mener dépendent du type, modèle et la qualité des équipements. Le MOE après étude et STD, établira son avis par rapport aux équipements à installer.

4.2.1.1.3 Modification des entrées d'air sur la menuiserie des fenêtres

Les bureaux sont équipés d'entrées d'air incrustées dans la menuiserie aluminium des fenêtres.

La façon dont ces grilles ont été mises en place, et leurs positions sur les dormant des fenêtres, ne permettent pas un passage d'air optimal.

Ces grilles sont dans la majorité des cas :

- Obstruées par la poussière accumulée ;
- Obstruées par le vitrage ;

La CETID préconise un changement des entrées d'air pour atteindre un débit d'air de 50m³/h par bureau.

Cette solution dépendra du choix de la MOA sur les autres solutions de ventilation à mettre en place. Les grilles d'entrée d'air pourront ensuite être

- Redimensionnées ;
- Nettoyées et gardées ;

Modification des entrées d'air sur la menuiserie des fenêtres

Efficacité et effet à obtenir :

Selon les solutions choisies, cette solution pourra permettre une amenée d'air neuf à l'intérieur du bureau ;

Emplacements d'installation :

L'emplacement actuelle des entrées d'air : sur le dormant haut des fenêtres ;

Coût et nuisance de l'intervention :

Le coût de cette solution est relativement faible (inférieur à 100 k€) ;

L'opération peut générer des nuisances sonores ;

Entretien et maintenance :

Nettoyage annuel ;

4.2.1.1.4 Installation de grilles de transfert d'air entre les bureaux et les couloirs

Afin de pouvoir maintenir un flux d'air continu entre les bureaux et les couloirs, des grilles de transfert d'air pourront donc être installées sur les portes des bureaux ou sur les cloisons qui sépare les bureaux des couloirs.

En cas de mise en place d'un système de climatisation / refroidissement actif ou d'une ventilation naturelle, ces grilles aideront à transférer ce flux d'air frais vers tous les locaux.

La Maîtrise d'Œuvre devra définir le dimensionnement des grilles de transfert entre les bureaux et les couloirs à prévoir afin de permettre un passage d'air optimal entre les circulations et les bureaux et participera à ventiler les espaces de travail mentionné dans la conclusion de CETID.

Installation de grilles de transfert d'air entre les bureaux et les couloirs

Efficacité et effet à obtenir :

Cette solution permettra un passage d'air continu entre les bureaux et les espaces de circulation même pendant la période d'inoccupation du site ;

Emplacements d'installation :

Les grilles de transfert peuvent être installées sur les parties basses des portes ;
Elles peuvent être installées sur les cloisons si l'aménagement intérieur des bureaux le permet ;

Coût et nuisance de l'intervention :

Le coût de cette solution est relativement faible (inférieur à 100 k€) ;
L'intervention se fera à l'intérieur du bâtiment et pourra condamner des bureaux ou des espaces de circulation ;

Entretien et maintenance :

Pas d'entretien ou de maintenance spécifique prévu ;

4.2.1.1.5 Brise-soleils

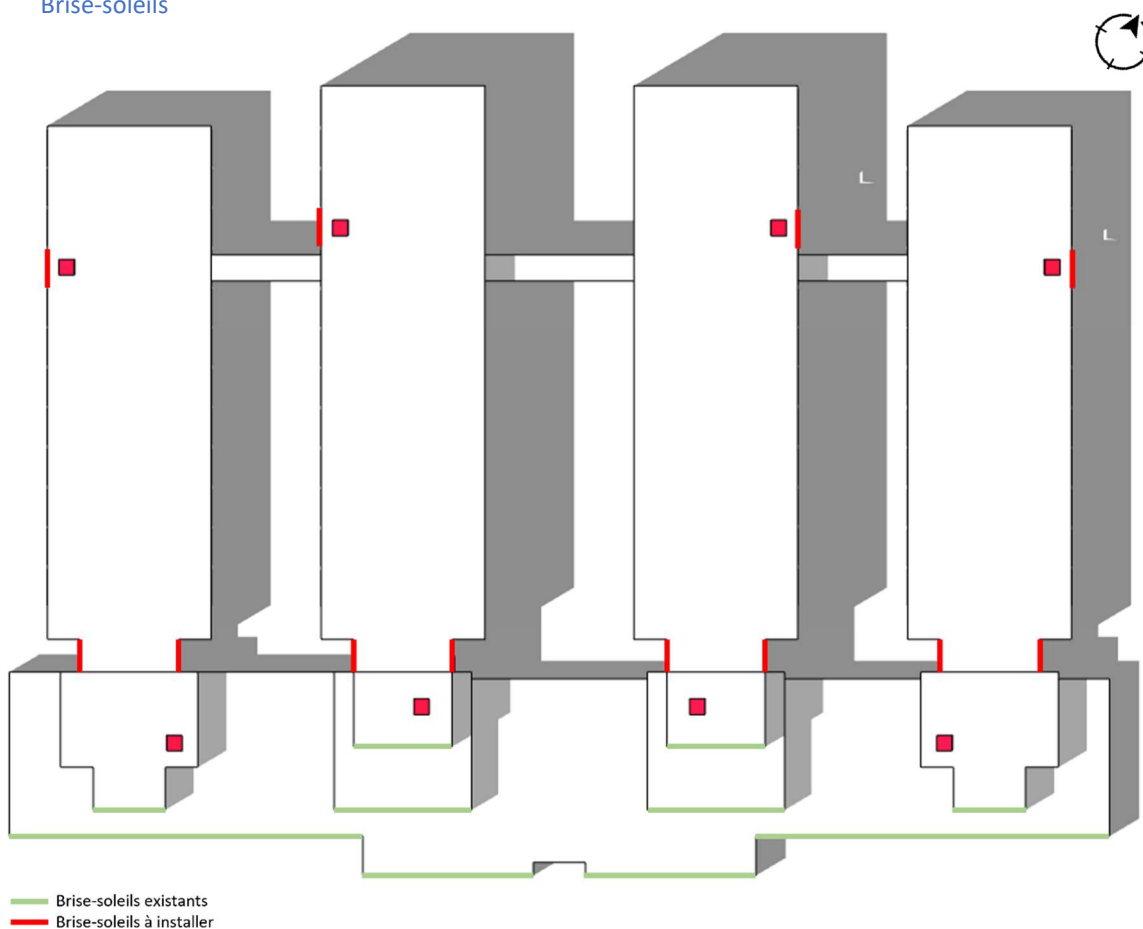


Figure 25 - Vue en plan - Emplacement des brise-soleils à installer

Cette solution peut servir dans d'autres endroits trop exposés au soleil afin de couvrir les baies vitrées de grande taille et de réduire la superficie d'absorption tout en offrant un jeu d'ombre et de lumière à l'intérieur.

Les brise-soleils peuvent être installés sur les parois vitrées toute hauteur des cages d'escaliers et des halls.

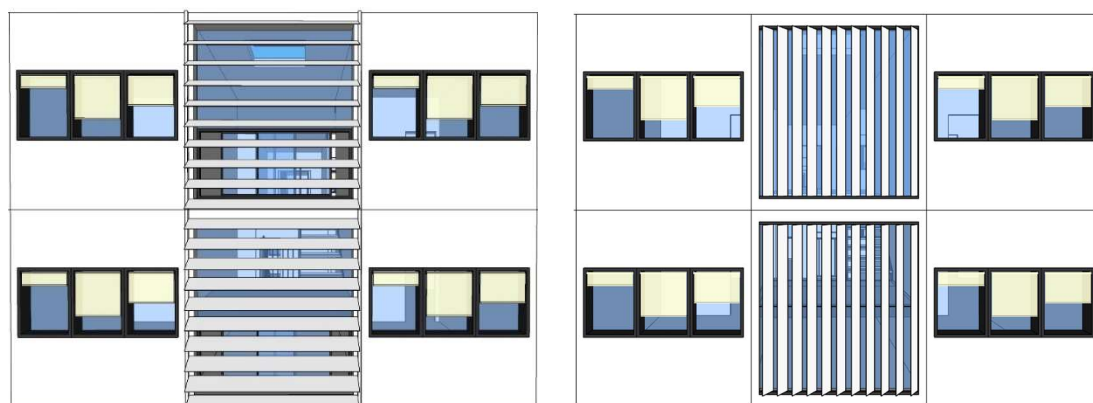


Figure 26 - Vue en perspective - Scénario d'installation des brise-soleils sur les fenêtres toute hauteur

Installation des brise-soleils

Efficacité et effet à obtenir :

Les brise-soleils sont efficaces pour protéger les locaux contre les rayons solaires responsables du réchauffement du bâtiment mais ne sont, en aucun cas, considérés comme une solution de refroidissement ;

Emplacements d'installation :

Sur la face extérieure des surfaces vitrées tout-hauteur exposées au soleil (Halls, Cages d'escaliers) ;

Coût et nuisance de l'intervention :

Le coût de cette solution est relativement moyen (entre 100 k€ et 250 k€) ;
L'intervention se fera de l'extérieur du bâtiment mais pourra générer des nuisances sonores ;

Entretien et maintenance :

Pas d'entretien ou maintenance spécifique n'est prévu ;
En cas de dégradation avant la fin de sa durée de vie, une dépose et repose du brise-soleil affecté doit être effectuée ;

//NB : L'efficacité, le coût et les entretiens à mener dépendent du type, modèle et la qualité des équipements. Le MOE après étude et STD, établira son avis par rapport aux équipements à installer.

4.2.1.1.6 Plantation de végétations haute

L'introduction de végétaux en milieu urbain contribue véritablement à rafraîchir l'air ambiant des milieux urbains. Cela tient principalement en 3 points.



Figure 27 - Exemple de différence de température avant/après la végétalisation d'une ruelle.

D'une part, les arbres participent à l'interception des rayons solaires en développant une masse végétale importante essentielle à l'apport d'ombre.

D'autre part, sous l'effet de la chaleur, les végétaux, notamment les arbres, transpirent par leurs feuilles afin de réguler leur température. Ces deux mécanismes couplés s'appellent l'évapotranspiration.

Les arbres œuvrent aussi à l'amélioration de la qualité de l'air : les végétaux permettent de fixer certaines particules fines très présentes dans les milieux urbains.



//NB : Les images sont à titre indicatives. La structure à installer ainsi que les spécificités techniques des matériaux sont à définir par le Maître d'Œuvre lors de ses études.



Figure 28 – Vue en plan : Scénario d'implantation de végétations hautes

Selon le type de végétation à planter, une barrière anti-racine pourra être envisagée autour des arbres afin de limiter le développement des racines et assurer la stabilité du sol.

Plantation de végétations haute

Efficacité et effet à obtenir :

Cette solution pourra améliorer la qualité d'air ambiant et bloquera une partie des rayons solaires des étages inférieurs ;

Emplacements d'installation :

Sur le périmètre du bâtiment et dans les cours intérieurs entre les ailes ;

Coût et nuisance de l'intervention :

Le coût de cette solution est relativement faible (inférieur à 100 k€) ;

L'intervention se fera à l'extérieur du bâtiment mais pourra générer des nuisances sonores ;

Entretien et maintenance :

Nettoyage et arrosage régulier des arbres ;

4.2.1.2 Phase n°2

4.2.1.2.1 L'installation des brise-soleils dans Galeries de liaison

La façade principale du bâtiment dispose de brise-soleil sur toute la largeur du bâtiment afin d'assurer une couverture maximale contre les rayons solaires.

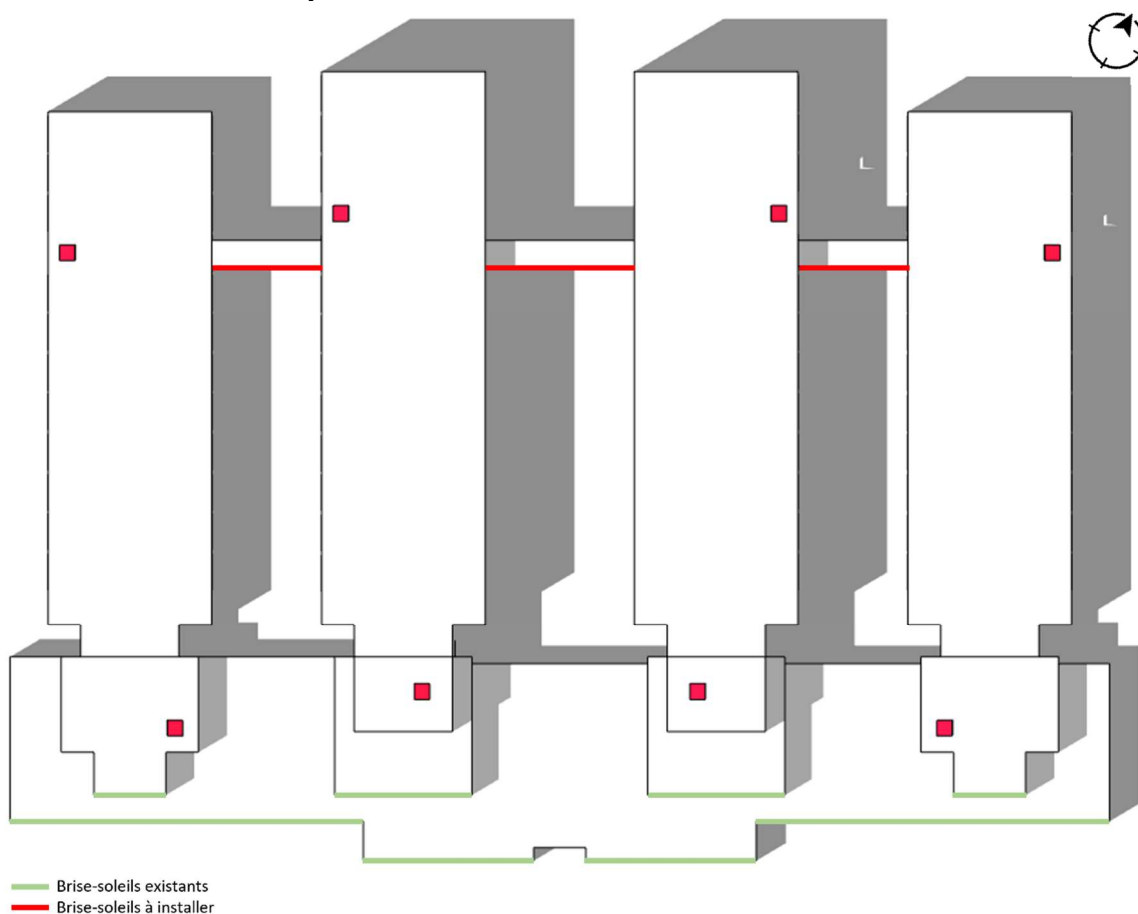
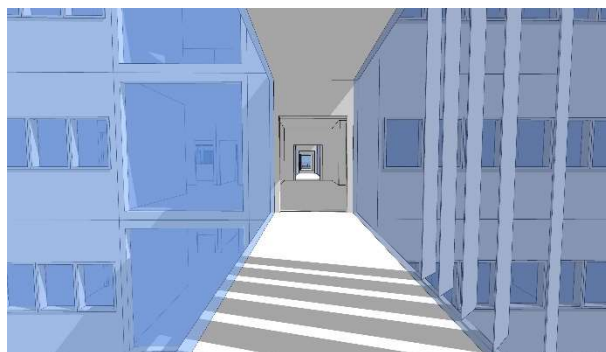
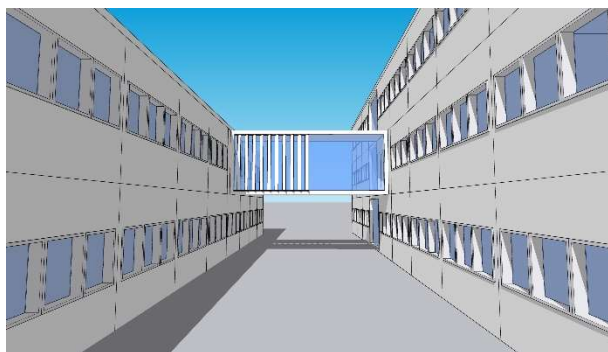


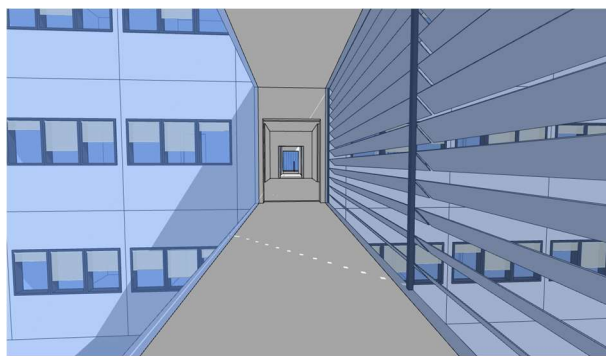
Figure 29 – Vue en plan - Localisation des brise-soleils installés ou à installer

Cette solution peut servir dans d'autres endroits trop exposés au soleil afin de couvrir les baies vitrées de grande taille et de réduire la superficie d'absorption tout en offrant un jeu d'ombre et de lumière à l'intérieur.

Selon les expositions et typologies des baies vitrées les brises soleils seront installées horizontalement ou verticalement.

Pour la phase de calcul STD, l'occultation est prévue à 80%.





//NB : Les images qui figurent ci-dessus sont à titre indicatives. La structure à installer ainsi que les spécificités techniques des matériaux sont à définir par le Maître d'Œuvre lors de ses études.

Installation des brise-soleils dans les galeries de liaisons

Efficacité et effet à obtenir :

Les brise-soleils sont efficaces pour protéger les galeries de liaison contre les rayons solaires responsables du réchauffement du bâtiment mais ne sont, en aucun cas, considérés comme une solution de refroidissement ;

Emplacements d'installation :

Sur la face extérieure exposée SUD des galeries de liaison ;

Coût et nuisance de l'intervention :

Le coût de cette solution est faible (inférieur à 100 k€) ;

L'intervention se fera de l'extérieur du bâtiment mais pourra générer des nuisances sonores ;

Entretien et maintenance :

Pas d'entretien ou maintenance spécifique n'est prévu ;

En cas de dégradation avant la fin de sa durée de vie, une dépose et repose du brise-soleil affecté doit être effectuée ;

4.2.1.2.2 Installation d'une double peau Galeries de liaison

Une structure en double peau peut aider à réduire l'exposition solaire directe des galeries de liaison et elle peut être appliquée sur une échelle plus grande et couvrir des parties du bâtiment.

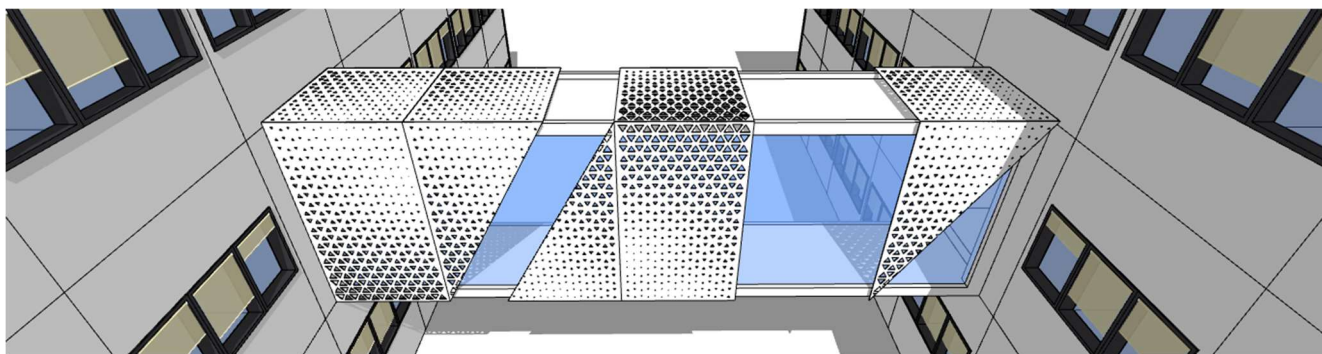
Ce type de structure crée un effet d'ombre et de lumière à l'intérieur de bâtiment, participe à réfléchir la quantité de chaleur transmise par le soleil tout en gardant un bon éclairage à l'intérieur des espaces.

Plusieurs matériaux peuvent être utilisés afin de créer ce type de structure, ce qui donnera une sorte de flexibilité pour le Maître d'Ouvrage de choisir entre une variété de choix pour atteindre les objectifs souhaités que ce soit en termes de qualité de réflexion ou d'absorption de la chaleur, prix, etc...

Une structure en double peau pourra être posée directement sur la structure existante sans pour autant affecter la menuiserie déjà installée.



//NB : Les images qui figurent ci-dessus sont à titre indicatives. La structure à installer ainsi que les spécificités techniques des matériaux sont à définir par le Maître d'Œuvre lors de ses études.



//NB : Les images qui figurent ci-dessus sont à titre indicatives. La structure à installer ainsi que les spécificités techniques des matériaux sont à définir par le Maître d'Œuvre lors de ses études.

La paroi double-peau peut couvrir en partie la toiture des galeries de liaisons afin de réduire l'exposition de la toiture au soleil et donc réduire le réchauffement du bâtiment.

À titre approximatif, une estimation générale du poids d'une structure en double peau peut se situer dans une fourchette de 30 à 150 kg/m². Cette fourchette comprend généralement le poids des éléments structurels, tels que les poutres, les colonnes, les panneaux de façade, les éléments de support, ainsi que les matériaux d'isolation, les revêtements extérieurs, etc.

Il est important de noter que cette estimation est approximative et peut varier en fonction de plusieurs facteurs.

Pour obtenir une évaluation précise du poids de votre structure en double peau, le MOE devra effectuer une Simulation Thermodynamique afin d'identifier les besoins et les spécificités techniques de la double peau en termes d'isolation thermique, taux d'absorption et taux de réflexion.

Par la suite, des études supplémentaires doivent être menées afin d'identifier la capacité du bâtiment à supporter des charges supplémentaires sur les façades, définir les matériaux à utiliser ainsi que les points d'ancrage de la double peau sur le bâtiment existant.

Installation d'une double peau sur les galeries de liaisons

Efficacité et effet à obtenir :

Les structures légères en double peau sont efficaces pour protéger les galeries de liaison contre les rayons solaires responsables du réchauffement du bâtiment mais ne peuvent pas être considérées comme une solution de refroidissement.

Emplacements d'installation :

Sur la face extérieure exposée SUD des galeries de liaison ;

Coût et nuisance de l'intervention :

Le coût de cette solution est relativement moyen (entre 100 k€ et 250 k€) ;
L'intervention se fera de l'extérieur du bâtiment mais pourra générer des nuisances sonores.

Entretien et maintenance :

Pas d'entretien ou maintenance spécifique n'est prévu.
En cas de dégradation avant la fin de sa durée de vie, une dépose et repose du brise-soleil affecté doit être effectuée ;

4.2.1.2.3 Installation des extracteurs d'air dans les galeries de liaison

Afin d'évacuer la chaleur condamnée à l'intérieur du bâtiment et surtout dans les galeries de liaisons, des extracteurs d'air peuvent être installés sur les toitures.

Un flux d'air va être créé vers ces points d'extraction et un courant d'air va être ressenti surtout au niveau des ces galeries, ce qui baissera considérablement la température ressentie.

L'emplacement, le nombre des extracteurs ainsi que leurs spécificités techniques seront étudiés et calculés lors d'une STD. Le dimensionnement et le débit d'extraction de ces équipements doit prendre en compte la nuisance sonore qui peut être générée par ce système.

Installation des extracteurs d'air dans les galeries de liaison

Efficacité et effet à obtenir :

Cette solution permet d'évacuer la chaleur condamnée dans les galeries de liaisons ;

Emplacements d'installation :

Sur la toiture des galeries des liaisons ;

Coût et nuisance de l'intervention :

Le coût de cette solution est considéré faible (inférieur à 100 k€) ;
L'intervention condamnera les galeries de liaisons et pourra générer des nuisances sonores ;

Entretien et maintenance :

Un entretien et maintenance régulière des équipements d'extraction est à prévoir ;

4.2.1.2.4 Entretien de l'isolation des toitures

Le Maître d'Ouvrage a indiqué qu'aucune intervention n'a été effectuée sur l'isolation ni l'étanchéité existantes sur les toitures des ailes depuis la livraison du bâtiment en 2004.

Après inspection visuelle des toitures, un problème de stagnation d'eau et de dégradations de l'étanchéité existante limité dans quelques endroits de la toiture ont été observés.

Nous estimons qu'il n'y a pas de besoins de refaire toute la toiture et nous préconisons d'intervenir localement sur les zones qui présentent des problèmes.

4.2.1.2.5 Toitures végétalisées

Les toitures végétalisées peuvent améliorer les performances des solutions d'isolation et d'étanchéité classique : ils ont une bonne performance d'isolation thermique et ils contribuent à l'amélioration de la qualité d'air.

Une toiture végétalisée peut réduire la température à la surface du toit de plusieurs degrés Celsius par rapport à une toiture non végétalisée. Cela est dû à l'effet de refroidissement évapotranspiratif des plantes et des substrats de culture sur le toit.

Des études ont montré que la température de surface d'une toiture végétalisée peut être inférieure de 7°C à celle d'une toiture traditionnelle en été. Cela peut aider à réduire la consommation d'énergie pour la climatisation des bâtiments et à améliorer le confort thermique à l'intérieur des bâtiments.

De plus, la toiture végétalisée peut aider à réduire l'effet d'îlot de chaleur urbain en refroidissant la température de l'air ambiant dans la zone environnante.

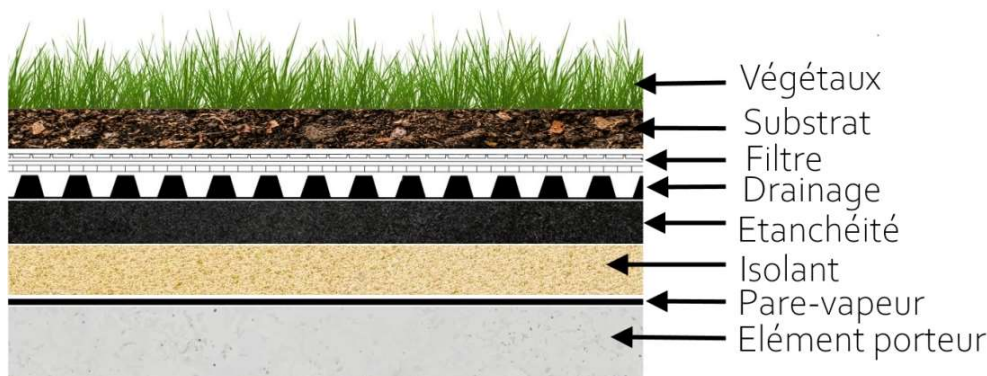


Figure 30 - Détails techniques d'une toiture végétalisée

Vu la typologie du bâtiment, et en raison de la faible capacité structurelle des poutres principales qui supportent les planchers des toitures, il est crucial de prendre en compte l'impact de la nouvelle charges appliquées par la végétation à planter sur la structure existante et qui ne doit pas dépasser une charge maximale de 100 kg/m².

Nous préconisons donc, des toitures végétalisées extensives caractérisées par :

- une faible épaisseur (moins de 20 cm) ;
- une charge répartie qui pourra être réduite à 40 kg/m² ;
- aucune nécessité d'entretien particulier ;

Le MOE devra l'installation d'un système d'arrosage automatique et la prise en compte d'un système de drainage d'eau et d'évacuation de l'eau pluviale en excès de la capacité d'absorption de couche de terre.

Mise en place des toitures végétalisées

Efficacité et effet à obtenir :

La mise en place de cette solution permet d'isoler thermiquement le bâtiment ;
Les toitures végétalisées peuvent aider à réduire les pertes d'énergie en été et en hiver, ce qui contribue à une consommation d'énergie réduite et diminution de l'impact environnemental ;

Emplacements d'installation :

Sur les toitures des ailes ;

Coût et nuisance de l'intervention :

Le coût de l'intervention est considéré (entre 100 k€ et 250 k€) ;
Cette solution est considérée comme un investissement à long terme, car elle peut réduire les coûts de chauffage et de climatisation du bâtiment ;
La mise en place de toitures végétalisées peut entraîner des nuisances sonores et vibratoires ;

Entretien et maintenance :

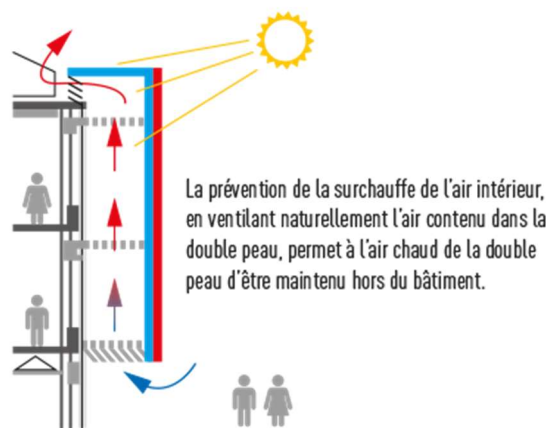
L'entretien et la maintenance des toitures végétalisées sont considérés comme simples et peu coûteux ;
Les toitures végétalisées ne nécessitent qu'une inspection et une irrigation régulière surtout pendant les périodes de chaleur ;
Un nettoyage des filtres de drainage doit être réalisé périodiquement pour vérifier qu'ils ne sont pas obstrués ;

4.2.1.2.6 Double façade en structure légère

Les façades en double-peau sont une technique de construction de bâtiments qui implique la création d'un espace d'air entre la façade extérieure et la structure porteuse du bâtiment. Cette méthode permet une ventilation naturelle et régulière de l'air entre les deux couches, ce qui peut améliorer considérablement l'efficacité énergétique et réduire les coûts de climatisation et de chauffage.

Une structure en double peau peut être installée pour couvrir partiellement les façades exposées afin de réduire leurs expositions aux rayons solaires et crée un flux d'air entre les deux parois (la structure et l'enveloppe du bâtiment) qui aidera à réduire la température sur la surface extérieure des murs.

FAÇADE DOUBLE PEAU EN ÉTÉ



Ces structures peuvent être entièrement opaque ou percée selon le choix et l'objectif à atteindre en termes d'occultation et d'isolation.

Ils sont constitués de plusieurs couches, dont une couche extérieure de parement, une couche d'isolation thermique, une structure porteuse, une couche d'air ventilé et une membrane étanche à l'air et à l'eau.

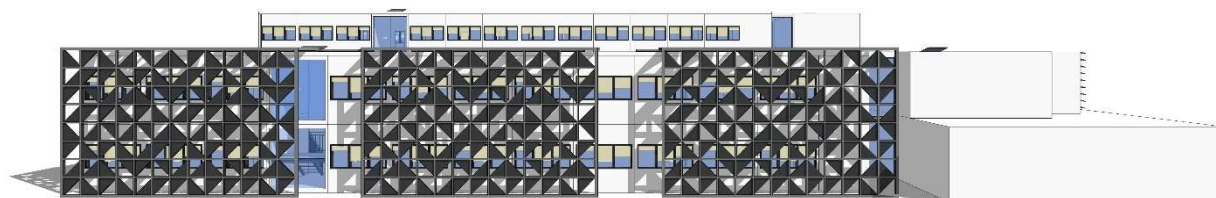


Figure 31 - Façade ventilée - Taux d'occultation 80%

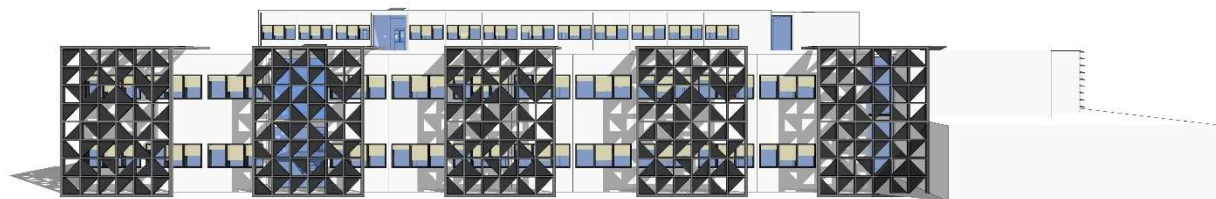


Figure 32- Façade ventilée - Taux d'occultation 65%

Cette configuration permet de réduire les pertes de chaleur en hiver et de maintenir une température intérieure agréable en été, en évitant l'effet de serre souvent présent dans les bâtiments traditionnels.

En outre, ces façades offrent d'autres avantages : Elles permettent de réduire les bruits extérieurs, de réguler l'humidité dans les murs, de protéger les murs contre les intempéries et les dommages causés par les UV. De plus, elles peuvent améliorer l'apparence esthétique des bâtiments grâce à un large choix de matériaux et de finitions.

La généralisation de l'installation de la structure double peau (précédemment décrite dans le chapitre des solutions techniques prescrites pour les galeries de liaisons) sur tout le bâtiment peut avoir un impact important sur la diminution de l'exposition du bâtiment aux rayons solaires.

Selon les matériaux de cette structure, cette solution peut réfléchir / absorber les rayons solaires responsable du réchauffement du bâtiment et crée un flux d'air qui pourra être maîtrisé selon l'orientation, la position et les hauteurs de ces structures.

Le MOE étudiera davantage les différents scénarios décrits ci-dessus, simulera leurs efficacités afin d'aider le MOA à choisir un scénario optimal ayant le meilleur rapport « Performance/Prix » tout en respectant la capacité maximale du bâtiment à supporter la charge de la double peau.

À titre approximatif, une estimation générale du poids d'une structure en double peau peut se situer dans une fourchette de 30 à 150 kg/m². Cette fourchette comprend généralement le poids des éléments structurels, tels que les poutres, les colonnes, les panneaux de façade, les éléments de support, ainsi que les matériaux d'isolation, les revêtements extérieurs, etc.

Les panneaux de la double façade, représentés dans les figures 31 et 32, sont fixés à la fois au sol et au bâtiment. Une grande partie de la charge est supportée par le sol, le rôle du bâtiment se limite à celui d'un support.

Il est important de noter que cette estimation est approximative et peut varier en fonction de plusieurs facteurs tels que le type de matériau utilisé, la configuration de la double façade, les éléments de support, etc. Pour obtenir une évaluation précise du poids de la nouvelle structure, le MOE devra effectuer des études approfondies une fois que les spécificités techniques de cette double façade seront définies.

Mise en place d'une façade ventilée

Efficacité et effet à obtenir :

Améliore l'isolation thermique du bâtiment, limite les gains de chaleurs en été et contribue à une régulation de la température intérieure du bâtiment ;
Réduire la consommation énergétique et diminuer l'impact environnemental du bâtiment.

Emplacements d'installation :

Sur les façades exposées aux rayons solaires ;

Coût et nuisance de l'intervention :

Le coût de l'intervention est considéré très élevé (supérieur à 500 k€) ;
Cette solution est considérée comme un investissement à long terme, car elle peut réduire les coûts de chauffage et de climatisation du bâtiment ;
L'intervention se fera majoritairement de l'extérieur du bâtiment mais peut générer des nuisances sonores et vibratoires ;

Entretien et maintenance :

Aucun entretien ou maintenance spécifique n'est à prévoir ;

4.2.1.2.7 Pergolas en porte à faux

Une structure légère peut être installée en porte à faux et qui dépasse la largeur du bâtiment afin d'assurer de l'ombrage sur les façades du bâtiment.

Cette solution pourra protéger les parties hautes du bâtiment durant la période d'ensoleillement.



Figure 33 - Pergolas complètement opaque

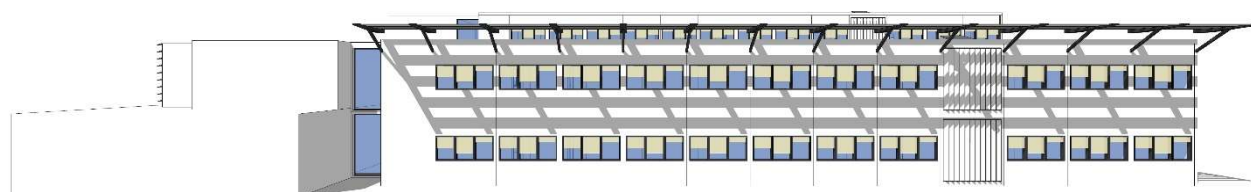
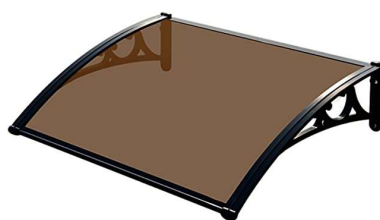


Figure 34 - Pergolas à lames



Auvent opaque



Auvent translucide



Auvent transparent avec traitement
Anti-UV

Le MOE étudiera davantage les différents scénarios décrits ci-dessus, simulera leurs efficacités afin d'aider le MOA et son AMO à choisir un scénario optimal ayant le meilleur rapport « Performance/Prix ».

À titre approximatif, une estimation générale du poids d'un auvent peut se situer dans une fourchette de 10 à 50 kg/m². Cette estimation inclut le poids de la structure de l'auvent, les éléments de support, les matériaux utilisés, tels que les poteaux, les poutres, les panneaux de couverture.

Il est important de noter que cette estimation est approximative et peut varier en fonction des spécifications et des caractéristiques spécifiques de l'auvent à installer.

De plus, il est essentiel de prendre en compte les charges climatiques, telles que les charges de vent et les charges de neige, qui peuvent avoir un impact significatif sur la charge totale appliquée sur la toiture.

Afin d'obtenir une évaluation précise du poids de la nouvelle structure, le MOE devra effectuer des études approfondies une fois que les spécificités techniques des auvents seront définies.

Mise en place de pergolas en porte à faux

Efficacité et effet à obtenir :

Cette solution crée un ombrage surtout sur les fenêtres des niveaux supérieurs ce qui réduit leurs expositions aux rayons solaires ;

Emplacements d'installation :

Sur les arrêts Sud des toitures ;

Coût et nuisance de l'intervention :

Le coût de l'intervention est considéré faible (inférieur à 100 k€) ;

L'intervention se fera majoritairement de l'extérieur du bâtiment mais peut générer des nuisances sonores ;

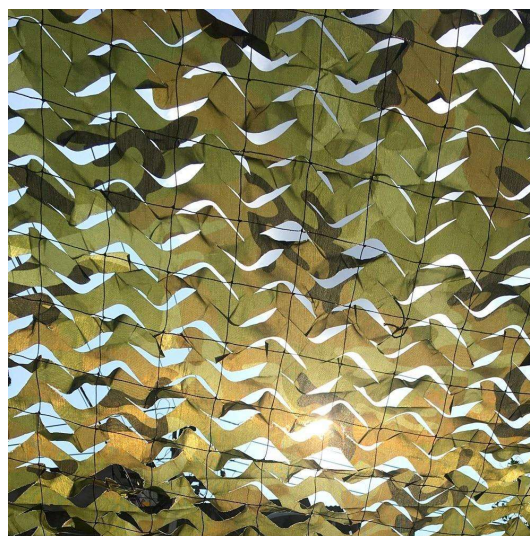
Entretien et maintenance :

Aucun entretien ou maintenance spécifique n'est à prévoir ;

4.2.1.2.8 Filets d'ombrage

La solution de couverture totale des espaces entre les ailes peut être aussi envisagée.

Ceci peut être réalisé en installant une structure légère, des voiles ou des filets d'ombrage.



Le modèle proposé par le fournisseur français « le filet de camouflage » est traité contre les rayons UV et contre les moisissures et résistant contre les intempéries et les vents violents.

Ombrage allant jusqu'à 70%

Dimensions allant jusqu'à 10 x 10 mètres.

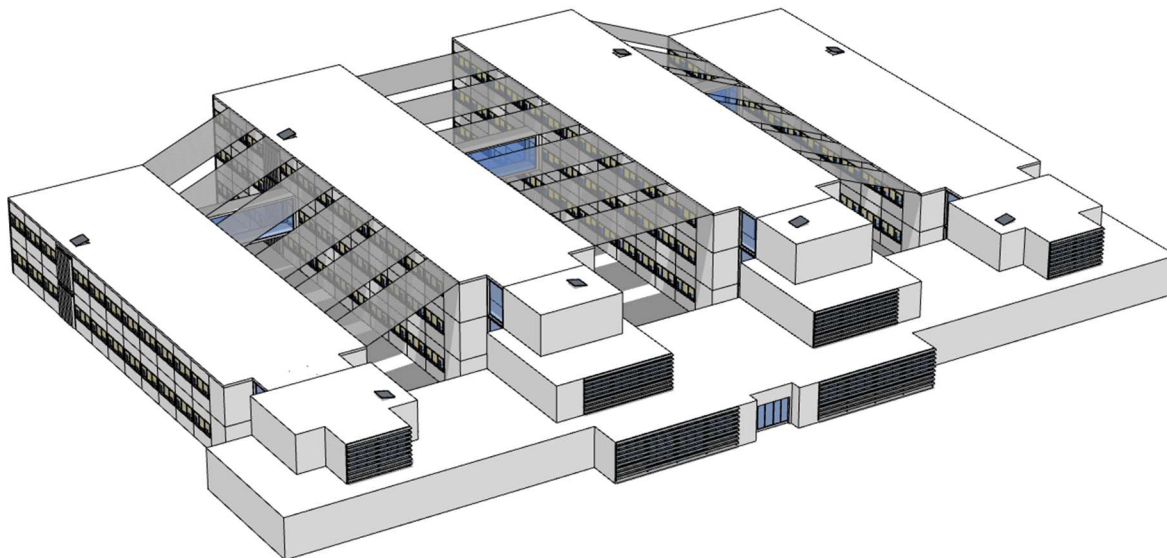


Figure 35 - Perspective - Installation des filets / toiles d'ombrage entre les bâtiments

Mise en place de filets d'ombrage

Efficacité et effet à obtenir :

Cette solution crée un ombrage ce qui réduit leurs expositions aux rayons solaires et peuvent réduire la température ambiante de 5 à 15 C° ;

Emplacements d'installation :

Suspendus entre les ailes du bâtiment ;

Coût et nuisance de l'intervention :

Le coût de l'intervention est considéré faible (inférieur à 100 k€) ;

L'intervention se fera majoritairement de l'extérieur du bâtiment et elle est considérée comme une intervention peu coûteuse et peu envahissante

Entretien et maintenance :

Aucun entretien ou maintenance spécifique n'est à prévoir ;

4.2.1.3 Phase 3

4.2.1.3.1 Réseau Adiabatique

4.2.1.3.1.1 Programme de travaux

Afin de baisser activement les températures dans le reste du bâtiment, un système de refroidissement adiabatique pourra être installé afin de refroidir les espaces communs de distribution et de circulation en évacuant la chaleur condamnée à l'intérieur du bâtiment notamment pendant l'été.

La distribution de l'air frais produit par le réseau de refroidissement adiabatique pourra se limiter aux niveaux les plus affectés.

Après simulation thermodynamique fournie par un bureau d'études, le MOE étudiera l'efficacité de cette solution.

En raison des nuisances importantes pouvant être générées par cette intervention sur l'occupation habituelle du site (sonore, condamnation de quelques espaces, etc ...), un déplacement temporaire des utilisateurs sera nécessaire durant toute la phase des travaux.

Un planning détaillé sera établi, en collaboration avec le MOA et les utilisateurs, afin de phaser le déplacement temporaire des occupants et minimiser l'impact possible de cette intervention sur le déroulement habituel de leurs activités professionnelles.

Un espace tampon sera donc prévu et aménagé en amont de l'opération et qui héberge les utilisateurs déménagés pendant le temps d'intervention. Selon la capacité de cet espace tampon, l'installation du système adiabatique se fera comme suit :

- Par aile ;
- Par étage : Commenant par les étages supérieurs ;

Un bâtiment modulaire, actuellement inoccupé, pourra loger les utilisateurs affectés pendant la période des travaux.

4.2.1.3.1.2 Principe et fonctionnement du refroidisseur adiabatique

Un rafraîchisseur adiabatique permet l'échange entre l'air et l'eau et l'insufflation d'un air plus frais. On parle de refroidissement adiabatique car l'énergie totale de l'air reste la même (si on occulte l'énergie du ventilateur), l'énergie sensible est transformée en énergie latente sous forme de vapeur d'eau.

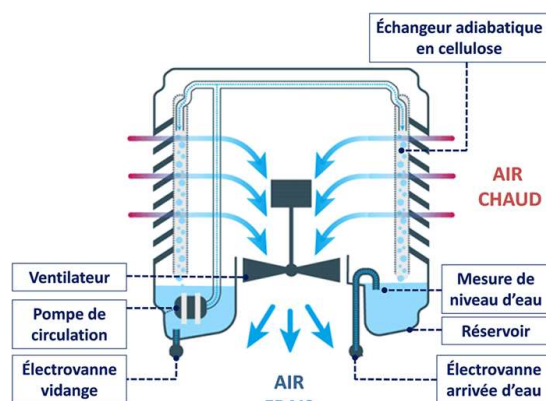


Figure 36 - Schéma de fonctionnement d'une unité centrale de refroidissement adiabatique

La performance du procédé adiabatique est liée à la température et à l'hygrométrie extérieure. Ceci implique que le paramétrage exact d'une température de soufflage n'est pas possible. Selon les différentes expériences, on peut atteindre une température de soufflage étant la plupart du temps aux alentours de 23,5°C par 35°C extérieur.

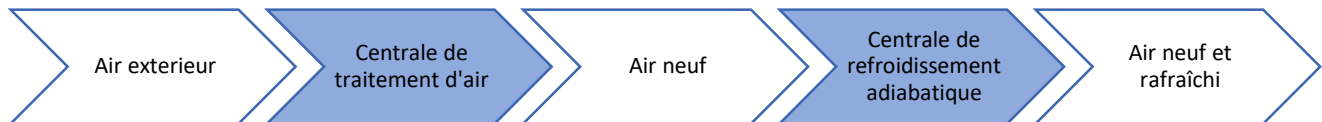
Une sonde de température extérieure permet de basculer du mode freecooling (ventilation seule) au mode adiabatique (pompe de circulation d'eau en marche).

4.2.1.3.1.3 Mise en place du système

Le système de refroidissement adiabatique est un système qui se base sur la différence des températures extérieures et intérieures et d'une alimentation en eau pour fonctionner.

Le coût d'installation et d'exploitation de ce système est plus faible que les autres alternatives de refroidissements existants sur le marché (climatisation centralisée, multi-split, etc.) et aucun liquide frigorigène n'est nécessaire pour assurer le bon fonctionnement de ceci.

Les unités de production et les réseaux seront installés d'une manière indépendante à chaque aile et selon les besoins spécifiques de ce chacune (l'aile A et D auront un même dimensionnement, différent de celui prévu pour les deux ailes centrales).



En couplant une CTA avec le système adiabatique, l'air soufflé dans le bâtiment sera à la fois neuf et rafraîchi.

Le système à installer traitera chaque aile d'une manière indépendante : une CTA et une centrale de refroidissement adiabatique installées sur les toitures de chaque aile.

Une fois le traitement est terminé, l'air est soufflé dans le système de refroidissement adiabatique pour le rafraîchir avant de le distribuer vers les différents niveaux du bâtiment via une ou plusieurs descentes verticales (d'une dimension approximative de 700x800). Les dimensions des conduites horizontales varient selon le nombre de descente à mettre en place et l'emplacement de celle-ci par rapport à tout le bâtiment.

L'air est ensuite distribué dans le bâtiment à travers un réseau de gaines. La distribution de l'air peut être réalisée de différentes manières en fonction du système et des besoins spécifiques du bâtiment. À titre approximatif, les dimensions des gaines qui distribuent aux bureaux est de 700x800 et qui sera raccordée aux terminaux via des conduits d'air de 300x400. **Le Maître d'Œuvre après étude pourra indiquer précisément les dimensions exactes des conduits et des gaines.**

Dans un système de refroidissement adiabatique à **double flux**, l'air distribué dans le bâtiment est extrait à nouveau par un autre réseau de conduits et renvoyé au système adiabatique. Ce processus peut être continu, de sorte que l'air est continuellement recyclé et refroidi au fil du temps.

Une ou plusieurs réservations dans des locaux de bureaux sont à prévoir afin d'y passer la descente verticale d'air frais à tous les étages.

Le Maître d'Œuvre, après études approfondies et STD, établira le dimensionnement exact du système et les spécificités techniques des équipements à installer.

Une fois les besoins frigorifiques sont identifiés, le Maître d'Œuvre définira le dimensionnement du système de climatisation ainsi que l'emplacement des unités de production, et en raison de la faible capacité structurelle des poutres principales qui supportent les planchers des toitures,

Il est crucial de prendre en compte l'impact de la nouvelle charges appliquées par les unités de production d'air sur la structure existante pour laquelle une charge maximale de 100 kg/m² ne doit pas être dépassée (charge correspondant à des charges d'entretien uniquement)

Généralement, ces charges peuvent varier entre 50 et 150 kg/m², voire plus, en fonction de la complexité et de la taille du système. Cela inclut le poids de l'unité de refroidissement, des conduits, des ventilateurs, des filtres, ainsi que des éléments associés tels que les réservoirs d'eau, les pompes et les dispositifs de contrôle.

Cependant, compte tenu de la faible emprise des équipements par rapport à la surface totale de la toiture, une structure de support peut être mise en place, qui repose directement sur les poteaux existants et qui supportera les nouveaux équipements.

Cette solution garantit que la charge supplémentaire est supportée par une structure indépendante, réduisant ainsi les contraintes sur les éléments existants.

Elle permet également de préserver l'intégrité structurelle de la toiture, en évitant des modifications complexes et coûteuses des poutres principales.

Des gaines horizontales distribueront l'air dans tout l'étage et qui seront positionnées

– **À l'intérieur des bureaux :**

- Les conduits de soufflage seront installés latéralement dans les bureaux au-dessus des portes et souffleront dans les bureaux ;

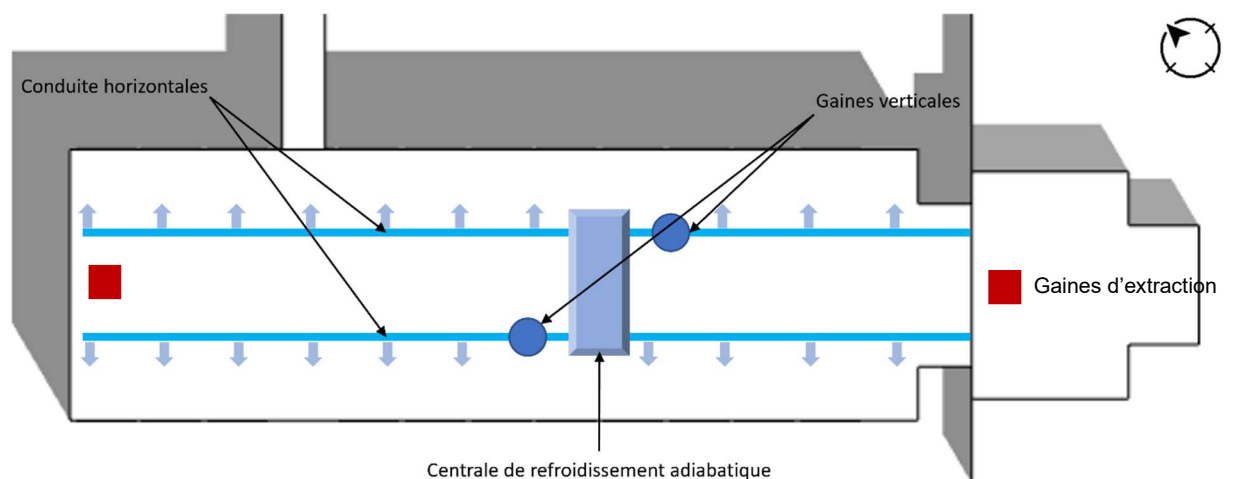


Figure 37 - Vue en plan : Circuit de refroidissement à l'intérieur des bureaux

Cette solution permet la régulation de température d'une manière spécifique à chaque façade. Les bureaux orientés Est peuvent avoir une température consigne différente de celle orientée Ouest.

Un rabaissement du faux plafond et un encoffrement pourront être effectués pour cacher les réseaux de distribution.

Le Maître d'Œuvre prendra en compte la hauteur existante et choisira les diamètres adéquats pour préserver la meilleure qualité spatiale possible dans les couloirs.

Pour une meilleure efficacité et afin de limiter l'impact de cette solution sur la hauteur sous faux-plafond, nous préconisons :

- Généraliser la solution sur tout le bâtiment
- Deux descentes verticales afin de :
 - Réduire les diamètres de gaines qui vont acheminer l'air
 - Ne pas trop affecter la hauteur sous plafond
- Passer les gaines horizontales à l'intérieur des bureaux afin de :
 - Garantir une meilleure efficacité
 - Refroidir le bâtiment des bureaux aux circulations
- Une ou plusieurs descentes verticales seront prévues pour évacuer l'air vicié de chaque étage et le rejeter à l'extérieur ;

L'installation de cette solution peut être limitée aux bureaux les plus affectés par le problème de fluctuation de température. Le MOE étudiera, après lors de ses études approfondies et après STD, le nombre de bureaux qui vont bénéficier de ce système ainsi que le coût supplémentaire de la généralisation de celle-ci.

Le CETID suggère un débit d'air de 50 m³/h dans chaque bureau.

Le nombre des unités à prévoir ainsi que leurs spécificités techniques du modèle à installer et leurs débits de soufflage et d'extraction, seront calculés sur la base d'une simulation thermodynamique (STD) que le Maître d'Œuvre doit réaliser.

Le Maître d'Œuvre prendra en compte lors de ses calculs et le choix de la centrale, les nuisances sonores pouvant être générées par la centrale et le réseau de cheminement d'air. (à titre indicatif, une vitesse d'air de 3 m/s pour les conduits horizontaux et une vitesse de 5 m/s pour les conduits verticaux)

Des grilles de transfert doivent être installées entre les bureaux et les circulations afin de permettre la reprise d'air neuf soufflé dans les bureaux.

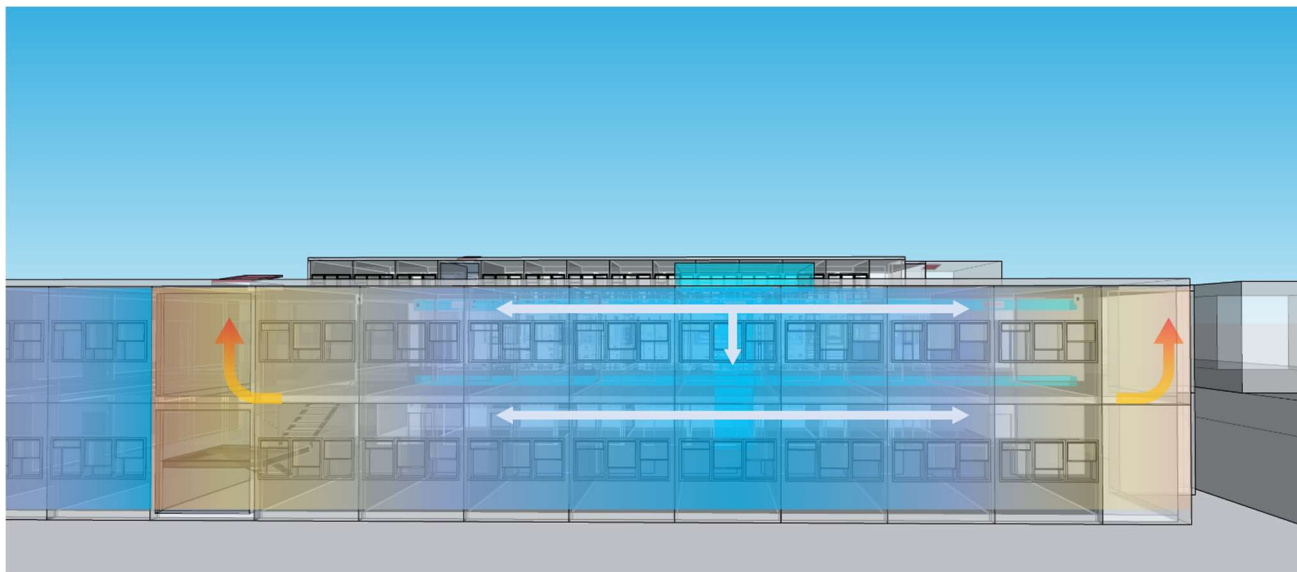


Figure 38 - Vue en perspective : Système de refroidissement Adiabatique | Soufflage dans les bureaux ; extraction par les extrémités

Mise en place d'un système de refroidissement adiabatique / CTA

Efficacité et effet à obtenir :

Cette solution permet de réduire la température ambiante à l'intérieur du bâtiment ;

Emplacements d'installation :

- Le système de production pourra être installé sur les toitures des ailes ;
- Les descentes verticales passeront dans des réservations (approx. 800x700) ;
- Le réseau de gaines horizontal passera dans les couloirs (approx. 400x300) ;
- Les descentes verticales de reprise d'air situées des deux côtés ;

Coût et nuisance de l'intervention :

- Le coût de la mise en place de cette solution est considéré très élevé (supérieur à 500 k€) ;
- L'intervention condamnera temporairement des bureaux et des espaces de circulation et pourra gêner l'occupation habituelle du site.
- Des nuisances sonores peuvent être générées lors des travaux.

Entretien et maintenance :

- Un entretien et maintenance régulière des équipements est à prévoir. Cela peut inclure la surveillance de la qualité de l'eau, le nettoyage des filtres et des tuyaux, et la vérification de l'état des pompes et des ventilateurs.

4.2.1.3.2 Mise en place des panneaux photovoltaïques

Des panneaux solaires photovoltaïques peuvent être posés sur les toitures et qui contribueront à baisser la consommation en électricité du site tout en assurant une certaine isolation thermique des toitures qui les couvrent.

L'INES (Institut National de l'Energie Solaire) fournit des données sur l'irradiation solaire moyenne pour de nombreux endroits en France, y compris Brétigny-sur-Orge. Selon les données de l'INES, l'irradiation solaire moyenne annuelle à Brétigny-sur-Orge est d'environ 1400 kWh/m² pour une inclinaison de 35° et une orientation plein sud.

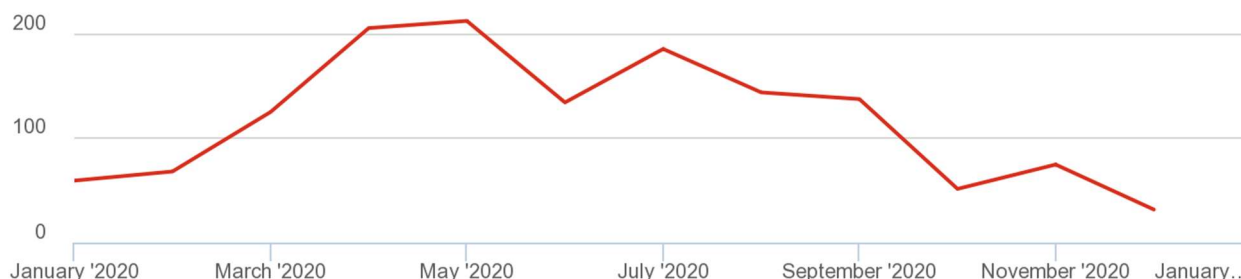
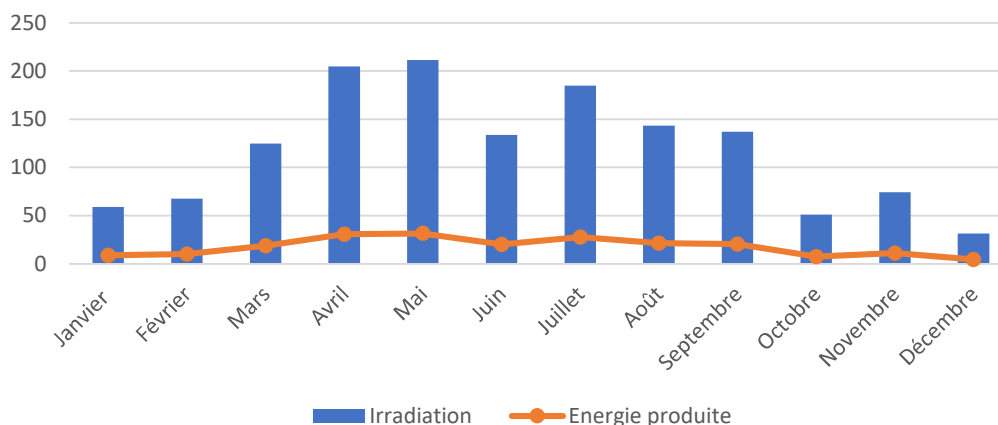


Figure 39 - Irradiation mensuelle kWh/m² de la zone de Brétigny-sur-Orge sur l'année 2020

Le rendement typique des panneaux photovoltaïques commerciaux varie généralement entre 15 % et 25 %, ce qui signifie que la production annuelle d'électricité réelle du panneau pourrait être comprise entre 210 kWh et 350 kWh.

Vu la superficie importante des toitures et l'orientation du bâtiment, des simulations ont été réalisées afin de simuler le rendement et l'efficacité d'une installation en panneaux photovoltaïques dans le site de l'opération.

Partant des données précédentes, un panneau, de 1 m² orienté Sud-Ouest avec une inclinaison de 35° et un rendement de cellules de 15%, peut produire annuellement 213,4 kWh.



Ces résultats peuvent varier selon la technologie et la qualité du panneau.

Il convient de noter que cette estimation est une moyenne et que la production d'énergie réelle peut varier considérablement en fonction de nombreux facteurs, notamment la couverture nuageuse, l'heure de la journée, la saison, la température et la qualité de l'installation.

Le MOE étudiera, lors de ses études approfondies, le nombre de panneaux à installer, la surface à couvrir ainsi que les spécificités techniques des panneaux à mettre en place.

La simulation, ci-dessous, décrit le scénario de l'installation des panneaux photovoltaïques sur une seule toiture d'une aile R+2.

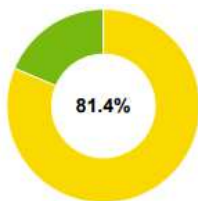
L'étude prend en compte l'emplacement du site, l'orientation et les données climatiques et la consommation électrique du bâtiment pour l'année 2022.

Cette étude ne prend pas en compte un système de stockage d'énergie. L'excès de production sera injecté dans le réseau. Un système de stockage pourra être intégré dans un second temps afin d'utiliser l'énergie stockée pendant les jours de forte production pour une utilisation ultérieure.

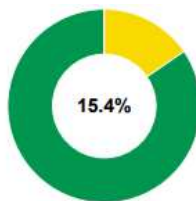
Modèle du panneau	JA Solar JAM60S21-370/MR
Nombre maximal	156
Puissance	57.72 kWp
Inclinaison	13°
Onduleur	2x DELTA M30A_230 Flex
Puissance	30 000 W



Rendement énergétique par an



Taux d'autoconsommation



Degré d'autosuffisance



Économies CO2

Consommation annuelle

300 000 kWh

Autoconsommation

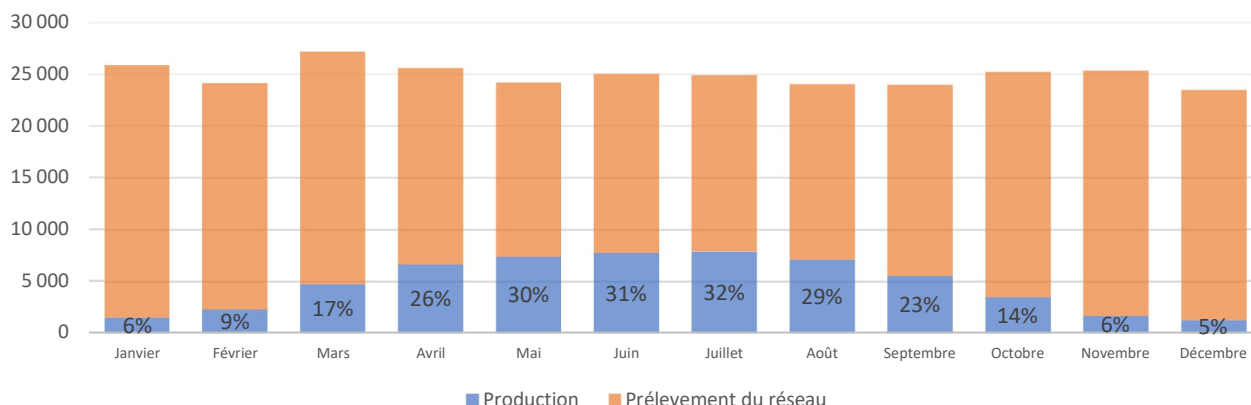
46 348 kWh

Prélèvement réseau

253 652 kWh

Injection dans le réseau

10 601 kWh



Le rendement des panneaux photovoltaïques simulé ci-dessus dépend de plusieurs facteurs. Le MOE après la réalisation de ses propres études pourra confirmer les résultats de cette étude et l'efficacité de cette solution.

En raison de la faible capacité structurelle des poutres principales qui supportent les planchers des toitures, il est crucial de prendre en compte l'impact de la nouvelle charges appliquées par l'installation photovoltaïque sur

la structure existante pour laquelle une charge maximale de 100 kg/m² ne doit pas être dépassée (charge correspondant à des charges d'entretien uniquement).

Les poids de l'installation simulée ci-dessus est estimé à 5 302 kg ce qui correspond à une charge répartie de 10 kg/m².

Poids des panneaux

Installation totale	3227 kg
Poids du système de montage (sans emballage)	722 kg
Total lest	1354 kg
Poids total	5302 kg
Poids moyen de l'installation photovoltaïque avec le ballast par rapport à la surface de toit occupée	10.0 kg/m ²
Lestage contenu pour sécurité glissement ($\mu = 0.5$)	226 kg

Figure 40 - Poids et charge de l'installation PV simulé

Le MOE analysera les besoins du MOA en termes d'autosuffisance énergétique et d'investissement et définira le dimensionnement du système à installer.

Dans le cas où le système dépasse la charge maximale, une structure de support peut être mise en place et qui repose directement sur les poteaux existants.

Cette deuxième structure sera spécialement conçue pour supporter la charge de l'installation PV et la répartir de manière efficace sur les poteaux.

4.2.1.4 Traitement des locaux spécifiques

Les prestations relatives au traitement des locaux spécifiques sont décrites dans le chapitre **4.2.4 Traitement de locaux spécifiques**.

Mise en place d'un système de refroidissement adiabatique

Efficacité et effet à obtenir :

Cette solution peut réduire jusqu'à 50% de la consommation énergétique du site s'il est bien mesuré et généralisé sur les 4 toitures du bâtiment ;

Emplacements d'installation :

Les panneaux photovoltaïques seront installés sur la toiture des ailes ;
Les onduleurs peuvent être installés dans des locaux spécifiques en RDC ;

Coût et nuisance de l'intervention :

Cette opération est considérée comme un investissement à long terme : Les économies réalisées sur les factures d'électricité et les subventions de l'État peuvent aider à réduire considérablement le coût initial ;
Le coût initial est considéré relativement moyen (entre 100 k€ et 250 k€) ;
Des nuisances sonores peuvent être générées lors des travaux ;

Entretien et maintenance :

Les systèmes photovoltaïques sont généralement très fiables et ont peu besoin d'entretien :
Nettoyage régulier des panneaux pour une efficacité optimale ;
Remplacement périodique des onduleurs et autres composants du système ;

4.2.2 Scénario 2 : Climatisation générale du bâtiment – Solutions classiques non vertueuses

4.2.2.1 Mise en place d'un système de climatisation à eau glacée

Suite à la demande de la MOA, la solution de climatisation générale du bâtiment a été développée.

Il est important de noter que le guide méthodologique relatif au « confort d'été des bâtiments du Ministère des Armées » rédigé par le Centre Référent Performance Énergétique (CRPE), l'installation et l'usage des systèmes de climatisations sont déconseillés et ne doivent être considérés qu'en dernier recours après exploration de toutes les solutions alternatives tels que la protection solaire, dispositifs de rafraîchissement / ventilation etc...

Un système de climatisation générale correctement dimensionné et bien entretenu, est en mesure d'atteindre et de maintenir une température confortable dans l'immeuble et permet de résoudre le problème de réchauffement et de fluctuation de températures.

Cette solution, seule, pourra réduire drastiquement les températures à l'intérieur de bureaux et atteindre une plage de température assez basse.

Un système de contrôle raccordé à la GTB du bâtiment sera mise en place afin de surveiller et contrôler la température et l'humidité dans différentes zones du bâtiment.
Des thermostats peuvent être installés pour réguler la température.

Ce système est capable de fournir une puissance frigorifique nécessaire au refroidissement des bureaux.

Aujourd'hui, les locaux sont uniquement chauffés via des radiateurs à eau dont l'eau chaude est produite via une chaudière située dans le local chaufferie à RDC.

Afin de minimiser les coûts pour la mise en œuvre d'une climatisation des espaces, le Titulaire pourra procéder à la mise en œuvre d'une installation de chauffage/climatisation **2 tubes** :

- Adaptation du réseau électrique pour alimenter les ventilo-convecteurs et le groupe d'eau glacée ;
- À l'installation d'un système de production d'EG (Groupe Froid) soit en toiture ou dans un local au RDC ;
- À la mise en place d'un « dry-cooler » en toiture ;
- À la création d'un réseau de distribution en EG (y compris calorifuge) depuis le groupe-froid vers les terminaux de chauffage/climatisation ;
- À la dépose des radiateurs à EC existants ;
- À la reprise du réseau d'EC des radiateurs et le remplacement de certains tronçons si nécessaire ;
- À la mise en œuvre de ventilo-convecteur 2 tubes ;
- Raccordement de l'installation au réseau électrique et à la GTB ;
- À la mise en place d'un réseau condensat ;
- À la mise en place de vannes change-over afin d'alimenter les terminaux soit en EC soit en EG ;
- Les essais de l'installation ;
- Raccordement de l'installation au réseau électrique et à la GTB ;

La solution 2 tubes est une solution générale qui implique que l'ensemble du bâtiment soit chauffé soit climatisé. Elle ne permet pas un traitement spécifique par zone ou par bureau.

Afin de garantir un meilleur confort thermique aux occupants des bureaux, la mise en œuvre d'un système de chauffage/ climatisation **4 tubes** pourra être envisagée à un coût plus élevé.

Le Titulaire veillera dès lors à la mise en œuvre d'une installation de chauffage/climatisation **4 tubes** comprenant :

- Adaptation du réseau électrique pour alimenter les ventilo-convecteurs et le groupe d'eau glacée ;
- L'installation d'un système de production d'EG soit en toiture ou dans un local au RDC ;
- La mise en place d'un dry-cooler en toiture ;
- La création d'un réseau de distribution en EG (y compris calorifuge) depuis le groupe-froid vers les terminaux de chauffage/climatisation ;
- La dépose des radiateurs à EC existants ;
- La reprise du réseau d'EC des radiateurs et le raccordement aux nouveaux ventilo-convecteurs ;
- Raccordement de l'installation au réseau électrique et à la GTB ;
- La mise en œuvre de ventilo-convecteur 4 tubes ;
- La mise en œuvre d'un réseau condensat ;
- Les essais de l'installation.

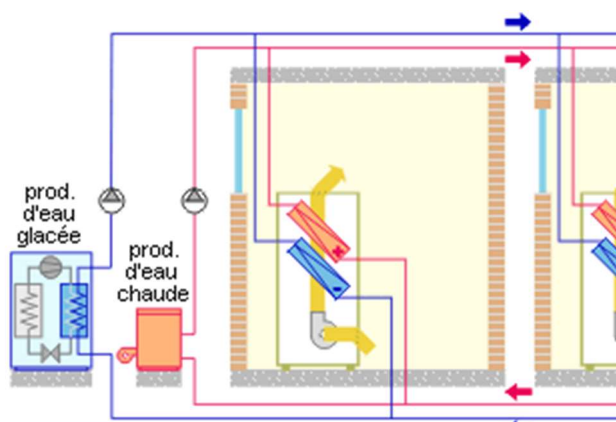


Figure 41 - Schéma d'un système de climatisation / chauffage 4 tubes

La réversibilité chauffage/climatisation d'une manière individuelle au niveau de chaque zone ne pourra être réalisée que si la solution 4 tubes est retenue.

Il faut noter que le système de climatisation à eau glacée 4 tubes est plus coûteux qu'un système à 2 tubes car il implique la mise en place d'un deuxième réseau 2 tubes en plus du réseau existant.

L'utilisation du réseau de distribution d'eau chaude existant dans le cadre de la mise en place d'un système de climatisation à eau glacée, dépendra de l'état actuel et du diamètre des réseaux.

Un remplacement de certains tronçons peut s'avérer nécessaire lors de la mise en place de cette solution.

À titre approximatif, le diamètre de la distribution terminale sera à l'ordre de 20 à 25 cm y compris calorifuge.

Un bilan thermique sera réalisé par le MOE afin de déterminer la quantité de chaud et de froid à fournir pour chaque espace / zone.

Il prendra en compte l'apport calorifique produit par les occupants, les équipements, les performances en isolation thermique des parois opaques, vitrées et des toitures ainsi que les exigences de ventilation afin de pouvoir déterminer précisément l'efficacité de la solution à installer, coût énergétique, impact environnemental et le dimensionnement du système de climatisation.

Une fois les besoins frigorifiques sont identifiés, le Maître d'Œuvre définira le dimensionnement du système de climatisation ainsi que l'emplacement du groupe froid et du dry-cooler.

Ces équipements peuvent être installée dans un local au RDC ou sur la toiture.

Dans ce dernier cas, en raison de la faible capacité structurelle des poutres principales qui supportent les planchers des toitures, il est important de prendre en compte les charges appliquées par les systèmes de production frigorifique. La charge du groupe froid sur la structure du bâtiment dépendra du dimensionnement de l'équipement, son poids ainsi que de sa répartition sur la surface de la terrasse.

En général, afin d'avoir une estimation approximative, le poids d'un modèle standard d'un groupe froid peut être compris entre 150 et 250 kilogrammes par mètre carré. Cette fourchette peut varier en fonction des caractéristiques spécifiques du groupe froid, comme sa capacité de refroidissement, son système de ventilation, ses composants auxiliaires, etc.

Il est important de noter que pour obtenir une évaluation précise de la charge des équipements de refroidissement sur la structure, il est recommandé de consulter les spécifications techniques du groupe froid adapté aux besoins du site. Les fabricants fournissent généralement des informations détaillées sur le poids de leurs équipements.

Il est rappelé que, pour préserver l'intégrité de la structure, une charge maximale de 100 kg/m² ne pourra être dépassée.

Cependant, compte tenu de la faible emprise des équipements par rapport à la surface totale de la toiture, des mesures appropriées peuvent être mises en place : Une structure de support peut être mise en place et qui repose directement sur les poteaux existants.

Cette deuxième structure sera spécialement conçue pour supporter la charge des nouveaux équipements et la répartir de manière efficace sur les poteaux.

Cette solution garantit que la charge supplémentaire est supportée par une structure indépendante, réduisant ainsi les contraintes sur les éléments existants.

Elle permet également de préserver l'intégrité structurelle de la toiture, en évitant des modifications complexes et coûteuses des poutres principales.

4.2.2.2 Traitement des locaux spécifiques

Les prestations relatives au traitement des locaux spécifiques sont décrites dans le chapitre **4.2.4** Traitement de locaux spécifiques.

Mise en place d'un système Eau Chaude / Eau Glacée

Efficacité et effet à obtenir :

La mise en place d'un système de climatisation est très efficace et permet d'atteindre et maintenir la température souhaitée.

Emplacements d'installation :

Les centrales / unités extérieures seront installées au sol ou sur la toiture ;
Pour un système réversible à l'échelle du bâtiment, ceci sera raccordé directement au réseau de chauffage existant avec quelques modifications si nécessaire ;
Pour un système réversible à l'échelle des bureaux, un deuxième réseau de 2 tubes doit être mis en place en plus du réseau de chauffage existant ;
Les radiateurs existants seront remplacés par des ventilo-convecteurs ;

Coût et nuisance de l'intervention :

Le coût de cette opération est considéré très élevé (supérieur à 500 k€) ;
La mise en place de ce système est considérée comme une intervention lourde qui nécessitera forcément le déplacement des occupants, la condamnation de circulation et une intervention à l'intérieur des bureaux ;

Entretien et maintenance :

L'entretien des systèmes proposés sera effectué d'une manière régulière et nécessite des compétences spécifiques.
Les équipements, si maintenus d'une manière régulière, ont une durée de vie de 25 ans.

//NB : L'efficacité, le coût et les entretiens à mener dépendent du type, modèle et la qualité des équipements. Le MOE après étude et STD, établira son avis par rapport aux équipements à installer.

4.2.3 Scénario 3 : Climatisation et interventions complémentaires

Après étude des avantages et inconvénients de chaque solution, et leurs coûts de maintenance et d'exploitation, nous préconisons :

- La mise en place d'un système de chauffage et de climatisation centrale (Eau Chaude / Eau Glacée) permettra de réguler la température à l'intérieur du bâtiment en fonction des besoins et de fournir un environnement confortable pour les occupants.
- Installation ou remplacement des unités de climatisation multi-split dans les locaux spécifiques *(Cf. Chapitre 4.2.4 Traitement des locaux spécifiques)* ;
- L'installation des filtres anti-UV sur l'intégralité des surfaces vitrées du bâtiment ;
- La mise en place de stores extérieurs sur toutes les fenêtres des bureaux ;
- La mise en place des brises soleils sur les superficies vitrées des cages d'escaliers, galeries de liaisons et halls de distribution ;

Ces solutions permettent de réduire la quantité de rayonnement solaire et de lumière directe qui entrent dans le bâtiment ce qui aidera à réduire la charge thermique sur le système de refroidissement et permettra une utilisation plus efficace de l'énergie pour le refroidissement.

Le scénario préconisé peut aider à améliorer le confort thermique à l'intérieur du bâtiment, améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment et fournir un environnement de travail plus confortable et productif pour les occupants tout en respectant le budget alloué pour cette opération.

L'estimation prévisionnelle de ce scénario ne dépasse pas les 25% de la valeur du bâtiment.
De ce fait, le projet est soumis à la réglementation thermique « Élément par élément ».

4.2.4 Traitement des locaux spécifiques

Neufs (9) locaux spécifiques (situés sur la façade principale et dans les étages des ailes centrales B et C) sont concernés par un problème de fluctuation de température dépassant les 30°C à cause :

- du sous-dimensionnement des pièces ;
- du sous dimensionnement des unités de climatisation ;
- de l'apport calorifique interne généré par les équipements installés dans ces locaux ;
- de l'orientation des locaux et leur exposition aux rayons solaires ;

Il a été constaté que les équipements de refroidissement multi-split installés actuellement dans des zones spécifiques ne sont plus capables de maintenir des températures adéquates, ce qui entraîne un problème de surchauffe du matériel installé.

Le réchauffement des locaux spécifiques des ailes **B** et **C** est dû aux performances réduites des unités actuellement installées qui doivent être remplacée.

Une adaptation de l'installation électrique pourra s'avérer nécessaire si les nouvelles unités nécessitent plus de puissance électrique.

Les locaux serveurs dans l'aile **E** sur la façade principale du bâtiment sont concernés par un problème de réchauffement à cause de l'importante superficie des baies vitrées. Ce problème ainsi que le réchauffement intérieur des équipements informatiques provoquent des incidents informatiques récurrents.

Afin de réduire les effets calorifiques causés par le vitrage, nous préconisons l'installation des films anti-UV et des stores sur ces baies vitrées.

Des unités supplémentaires seront installées pour assurer un débit d'air frais adéquat en accord avec la quantité de chaleur dégagée par les équipements.

Des nouvelles unités seront installées afin d'avoir un flux d'air frais compatible avec la quantité de chaleur dégagée par les équipements.

Les spécificités techniques des nouvelles unités à installer seront calculées par le Maître d'Œuvre lors de ses études tout en prenant en compte l'éventuelle évolution du nombre des équipements / baies des locaux concernés.

L'ajout des nouveaux équipements implique :

- L'installation des nouvelles unités extérieures et intérieures pour les locaux spécifiques de l'aile E ;
- La mise en place d'un réseau à fluide frigorigène ;
- L'adaptation de l'installation électrique pour alimenter les nouvelles unités ;
- Le raccordement des nouvelles unités à la GTB ;

Le MOA doit s'assurer qu'une maintenance régulière des unités soit faite d'une manière périodique pour prolonger la durée de vie des équipements et assurer un fonctionnement optimal de ces derniers.

L'installation ou le remplacement des unités de climatisations des locaux spécifiques sera automatiquement inclus dans le scénario final.

5 CONTEXTE DE L'OPÉRATION

5.1 ENVIRONNEMENT DE L'OPÉRATION

Depuis 2013, le site est en travaux pour l'adaptation capacitaire aux futures missions de recherche biomédicale. Les infrastructures réhabilitées sont en activité.

Durant les travaux, le site continue son fonctionnement normal. Les abords du chantier doivent être protégés et interdits au personnel extérieur au chantier.

Selon le planning retenu pour la programmation des travaux, il peut y avoir coactivité avec d'autres chantiers à proximité de la zone concernée.

5.2 EXIGENCES FONCTIONNELLES

5.2.1 Durée de l'Ouvrage

Au vu du caractère occupé du bâtiment, il est souhaité par la Maîtrise d'Ouvrage de réaliser des travaux en site occupé :

- Pour les tâches dont la nuisance sonore est minime, les travaux peuvent se dérouler en temps normal en parallèle avec l'occupation habituelle du bâtiment.
- Pour les tâches sensibles ou pouvant gêner le déroulement normal des activités des occupants, un phasage de travaux doit être prévu pour :
 - Programmer les interventions durant l'absence des personnels du bâtiment, la nuit ou pendant les jours fériés et les périodes estivales.
 - Programmer un déménagement progressif des équipes :
 - Préparer les espaces tampons qui vont accueillir temporairement les utilisateurs ;
 - Planifier les interventions pendant la période de déménagement ;

La période de préparation de travaux démarrera en Août 2024 pour une durée de trois (03) mois au lieu de six (06) mois prévus par ATIXIS.

Les entreprises s'engageront sur une durée de travaux maximale de 14 mois + 2 mois de phasage de travaux si la solution de l'installation du système de refroidissement adiabatique est retenue.

La durée totale de travaux y compris la préparation préliminaire est estimée de 16 à 18 mois.

5.2.2 Flexibilité de l'Ouvrage

SANS OBJET

5.2.3 Expression architecturale souhaitée par le bénéficiaire

SANS OBJET

5.2.4 Exigences particulières

Compte tenu de la hauteur du bâtiment, les opérations de pose des unités et systèmes extérieurs seront réalisées à l'aide d'équipements permettant de travailler en toute sécurité.

Les travaux en suspens seront proscrits.

Les personnels sur chantier utiliseront les EPI mis à sa disposition par son employeur.

Les solutions présentées seront jugées selon les critères suivantes :

- L'efficacité d'atteindre les températures souhaitées
- Coût et difficulté d'installation
- Coût d'exploitation
- Coût de maintenance*

** Le Maître d'Ouvrage exige, en raison de manque d'expertise de maintenance, que les solutions proposées ne doivent pas nécessiter une maintenance spécifique et continue pour le bon fonctionnement de l'équipement.*

5.3 AMÉNAGEMENT DE L'AIRE EXTÉRIEURE

L'intervention, décrite dans ce document, ne concerne que les interventions à prévoir pour l'amélioration des conditions thermiques à l'intérieur de bâtiment.

En cas de nécessité ou de manque d'espace, un équipement à superficie limitée peut être installé sur le périmètre extérieur du bâtiment.

5.3.1 Voie de circulation

Une voie de circulation pour des engins de chantier est à prévoir pour l'implémentation des différents équipements ou installations doit être prévue.

Vu le caractère occupé du site, la voie de chantier à créer ne doit en aucun cas affecter la circulation normale des véhicules des personnels ni gêner leurs déplacements habituels.

5.3.2 Aire de stationnement

Une partie de l'espace alloué pour le stationnement extérieur des véhicules peut être utilisé pour des fins de stockage ou pour installation de la base vie au cours de la durée de l'intervention sur le bâtiment.

5.3.3 Remisage

SANS OBJET

5.3.4 Bassin d'orage

SANS OBJET

5.3.5 Espace vert

SANS OBJET

5.3.6 Local poubelle

SANS OBJET

5.3.7 Installation de la Base Vie : Phase Travaux

Plusieurs opérations sont prévues sur le même périmètre du site de la base 217 au profit de l'Institut de Recherche Biomédicale des Armées (IRBA).

Vu la nature de ses travaux en milieu occupé, l'opération sera prévue en horaires décalés ou pendant les périodes estivales

Le Maître d'Ouvrage souhaite donc mutualiser la base vie dans un même endroit. Trois scénarios relatifs à l'installation de la base vie sont à étudier :

- **Emplacement 1** : L'utilisation d'un bâtiment modulaire déjà construit ;
- **Emplacement 2** : L'installation d'une base vie dans un terrain vide ;
- **Emplacement 3** : L'installation d'une base vie dans une aire de stationnement ;

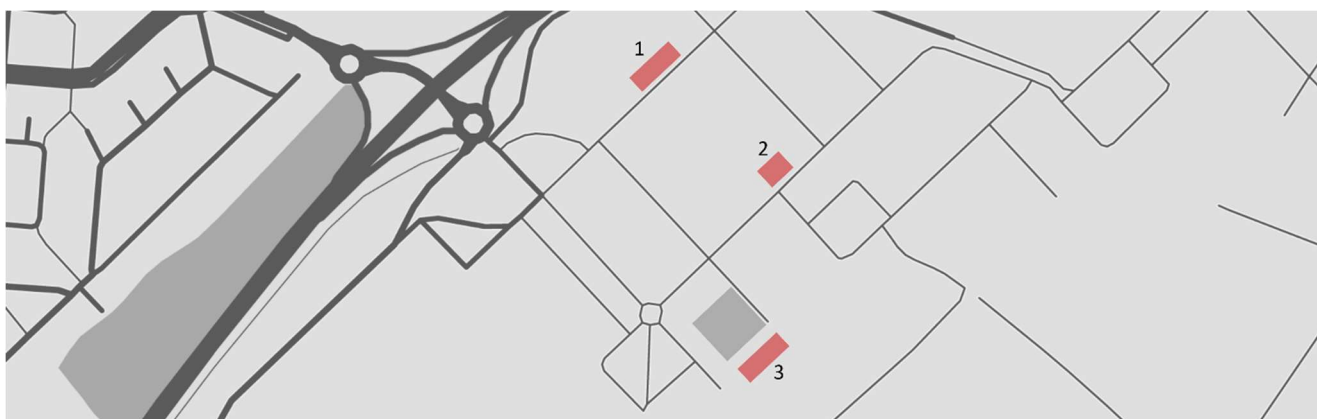


Figure 42 - Scénarios d'installation de la base vie

//NB : Les emplacements ainsi que la surface des zones indiqués ci-dessus, sont à titre indicatives.

Sur la base du coût de chaque emplacement, leurs capacités, le Maître d'Ouvrage choisira l'emplacement qui sera le mieux adapté à ses besoins.

- **Emplacement 1** : Un bâtiment modulaire existe déjà sur le périmètre des opérations, et capable d'héberger le nombre de personnes prévues.
Un problème d'étanchéité sur l'étage supérieur doit être traité avant toute exploitation du bâtiment.
Seul le mobilier sera à prévoir dans les bureaux.
Les aires de stockage devront être prévues à proximité des opérations.
Pour le bâtiment modulaire, l'aire de stockage pourra être sur l'aire de stationnement.
- **Emplacement 2** : L'installation d'une base vie dans un terrain vide situé au centre de toutes les opérations.
Le terrain est entièrement vide et proche d'autres bâtiments occupés.
Les aires de stockage devront être prévues à proximité des opérations.
Pour le bâtiment modulaire, l'aire de stockage pourra être sur l'aire de stationnement.
- **Emplacement 3 (Retenu)** : Durant toute la durée des travaux, une fraction de l'aire de stationnement en face du bâtiment DEWOITINE sera réservée afin d'y installer des bungalows extérieurs qui accueilleront la base vie du chantier. L'étendue de cette base vie sera à convenir avec l'IRBA.

L'installation et l'entretien des bâtiments modulaires de chantier seront prévus pour satisfaire les besoins de toutes les autres entreprises (local de réunion, bureau Maîtrise d'Œuvre, vestiaires y compris réfectoire) pendant toute la durée du chantier.

6 EXIGENCES DU PROGRAMME

6.1 EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES

6.1.1 Conditions de travail

Le Code du Travail ne définit aucune limite ni de température maximale dans les locaux bureautiques mais impose aux employeurs de veiller à renouveler régulièrement l'air dans les locaux fermés où les salariés sont amenés à travailler (Article R 4121-1) et de leurs fournir des conditions de travail confortables.

L'article R 4121-1 du code de travail indique qu'une ventilation continue d'air doit être prévue d'un débit minimal de 25 m³ par heure et par occupant dans les espaces bureautiques.

La norme NF X35-203/ISO 7730 relative au confort thermique considère que la température idéale pour un travail bureautique doit être maintenue entre 20°C et 22°C.

L'INRS (Institut National de Recherche et de Santé) considère que :

- au-delà de 30 °C, la chaleur représente un risque pour les salariés ;
- au-dessus de 33 °C, la température est considérée comme un véritable danger ;

6.1.2 Accessibilité PMR (Personnes à Mobilité Réduite)

SANS OBJET

6.1.3 Réglementations relatives aux lots techniques

6.1.3.1 Exigences Réglementaires CFO

Toutes les installations doivent répondre aux règles de l'art, aux normes et règlements en vigueur, notamment :

- **Règles générales :**
 - NF C 12-100 et 101 : Textes officiels relatifs à la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques
 - NF C13-100 : Postes de livraison alimentés par un réseau public de distribution HTA (jusqu'à 33 kV) (Janvier 2006)
 - NF C 15-100 : Installations électriques à basse tension (Juin 2015)
 - UTE C 15-103 : Installations électriques à basse tension. Guide pratique. Choix des matériels électriques (y compris des canalisations), en fonction des influences externes (Mars 2004)
 - UTE C 15-105 : Méthode simplifiée pour la détermination des sections des conducteurs et le choix des dispositifs des protections – Guide pratique (Juillet 2003)
 - UTE C 15-106 : Guide pratique. Section des conducteurs de protection. Des conducteurs de terre et des conducteurs de liaisons équipotentielles (Décembre 2003)
 - UTE C 15-520 : Installations électriques à basse tension – Guide pratique – Canalisations – Modes de pose – Connexions (Juillet 2007)
 - NF EN 60529 : Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP)
 - NF C 20-012 : Degrés de protection procurés par des enveloppes (Octobre 1992)
 - NF C 20-030 : matériels électriques à basse tension – Protection contre les chocs électriques. Règles de sécurité (Juillet 1977)
 - NF C 20-455 : Essais relatifs aux risques du feu – Méthodes d'essai – Essais au fil incandescent et guide (Décembre 1989)
 - NF C 32-321 : Conducteurs et câbles isolés pour l'installation. Câbles rigides et isolés polyéthylène réticulé sous gaine de protection en polychlorure de vinyle. Série U1000 R2V (Avril 1982).
 - NF EN 50525-1 : Câbles électriques – Câbles d'énergie basse tension de tension assignée au plus égale à 450/750V (U0/U) (Mars 2012)

- Décret n° 2010-301 du 22 mars 2010 modifiant le décret n° 72-1120 du 14 décembre 1972 relatif au contrôle et à l'attestation de la conformité des installations électriques intérieures aux règlements et normes de sécurité en vigueur
- Décret n°88-1056 du 14 Novembre 1988 (J.O. du 24 Novembre 1988). Protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques.
- NF EN 60439-6 : Ensembles d'appareillage à basse tension — Partie 6 : Systèmes de canalisation préfabriquée (Décembre 2012)
- NF EN 61439-3 : Ensembles d'appareillage à basse tension - Partie 3 : tableaux de répartition destinés à être utilisés par des personnes ordinaires (DBO) (Septembre 2012)

6.1.3.2 Exigences Réglementaires GTB

Toutes les installations doivent répondre aux règles de l'art, aux normes et règlements en vigueur, notamment :

- **Règles générales :**
 - NF C 15-100 : Installations électriques à basse tension (Juin 2015)
 - Décret n°88-1056 du 14 Novembre 1988 (J.O. du 24 Novembre 1988). Protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques.

6.1.3.3 Exigences Réglementaires CVC

Toutes les installations doivent répondre aux règles de l'art, aux normes et règlements en vigueur, notamment :

- **Règles générales :**
 - RT 2012 : Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.
 - Décret no 2010-1269 du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions.
 - RT 2005 : Décret N°2006-592 du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques et la performance énergétique des constructions.
 - RT 2000 : Décret N° 2000-1153 du 29 novembre 2000.
 - Circulaire du 9 mai 1985 relative au commentaire technique des décrets 84-1093 et 84-1094 du 7 décembre 1984
 - Arrêté ministériel du 23 Juin 1978 relatif aux installations fixes destinées au chauffage, à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des bureaux ou recevant du public.
 - L'arrêté du 13 avril 1988 relatif aux équipements et aux caractéristiques thermiques dans les bâtiments à usage de bureaux ou de commerces
 - La représentation normalisée et symbole NF x 08,
 - NF EN 13779 relative à la ventilation dans les bâtiments non résidentiels (Juillet 2007)
 - L'ensemble des D.T.U. et des Règles de Calculs édité par le C.S.T.B., et en particulier
 - DTU 60 : Plomberie - Sanitaire
 - DTU 65 : Chauffage
 - DTU 68 : Ventilation mécanique
 - DTU 70 : Installations électriques
 - Les prescriptions de la direction départementale des services de sécurité.

6.1.3.4 Exigences Réglementaires Plomberie

Toutes les installations doivent répondre aux règles de l'art, aux normes et règlements en vigueur, notamment :

- **Règles générales :**
 - DTU 60 : Plomberie - Sanitaire

6.1.3.5 Exigences Réglementaires pour une climatisation à fluide frigorigène

Toutes les installations doivent répondre aux règles de l'art, aux normes et règlements en vigueur, notamment :

- **Règles générales :**
 - Le règlement européen F-Gaz 2014 relatif à la réduction des émissions de gaz à effet de serre provenant des fluides frigorigènes.
 - La norme NF EN 378 relative aux exigences de sécurité et les procédures de gestion des risques pour les installations de réfrigération, de climatisation et de pompes à chaleur.
 - Les normes de qualité de l'air intérieur relatives à l'impact des installations sur la qualité d'air intérieur des espaces climatisés.

6.1.3.6 Exigences Réglementaires Base Vie

- **Règles générales :**
 - R. 232-2-2 : Article du code du travail relatif à l'installation de locaux vestiaires
 - R. 232-2-3 : Article du code du travail relatif à l'installation de sanitaires (lavabos, moyens de nettoyage, séchage ou essuyage)
 - R. 232-2-4 : Article du code du travail relatif à l'installation de douches
 - R. 232-2-5 : Article du code du travail relatif à l'installation de cabinets d'aisance (WC, urinoirs)
 - R. 232-10-1 : Article du code du travail relatif à l'installation de locaux réfectoires.

6.1.4 Réglementation thermique Applicable

6.1.4.1 Textes applicables

Plusieurs références et textes de loi ont été mis en vigueur afin de cadrer tout type d'interventions ou travaux visant à améliorer les performances techniques d'un bâtiment existant :

- Réglementation Thermique 2012 : *Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.*
- Arrêté 3 mai 2007 modifié le 22 mars 2017 ;
- Décret no 2010-1269 du 26 octobre 2010 *relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions.*
- Réglementation Thermique 13 juin 2008 ;
- RT 2005 : *Décret N°2006-592 du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques et la performance énergétique des constructions.*
- RT 2000 : *Décret N° 2000-1153 du 29 novembre 2000.*
- Circulaire du 9 mai 1985 *relative au commentaire technique des décrets 84-1093 et 84- 1094 du 7 décembre 1984*
- L'arrêté du 13 avril 1988 *relatif aux équipements et aux caractéristiques thermiques dans les bâtiments à usage de bureaux ou de commerces*
- Les prescriptions de la direction départementale des services de sécurité.

6.1.4.2 Exigences réglementaires à prendre en compte

Lorsqu'un Maître d'Ouvrage décide de remplacer, d'installer un élément d'isolation, un équipement de chauffage, de production d'eau chaude, de refroidissement, de ventilation ou un équipement d'éclairage, il doit installer des produits de performance supérieure aux caractéristiques minimales mentionnées dans l'arrêté du 3 mai 2007 et modifié au 1er janvier 2018.

Dans ce cas, il doit être vérifié si la RT Globale ou la RT Éléments par Éléments doit être appliquée.

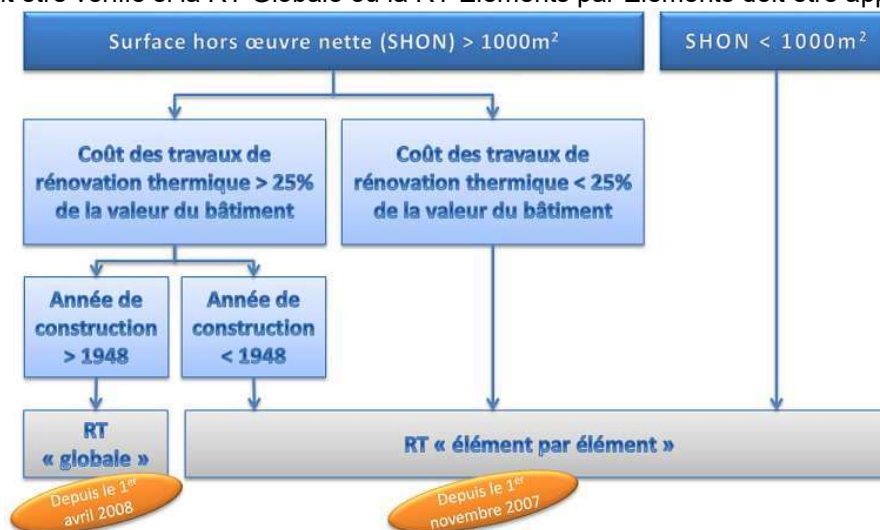


Figure 43 - Règle de choix de la Réglementation Thermique à appliquer pour cette opération

Ceci est défini en fonction de la valeur du bâtiment et du montant de travaux estimés.

La valeur du bâtiment se calcule de la façon suivante :

$$Valeur_{dubâtiment}^{AnnéeN} = \frac{ICC^{AnnéeN-1}}{ICC^{AnnéeN-2}} \cdot Valeur_{dubâtiment}^{AnnéeN-1}$$

Figure 44 - Règle de calcul de la valeur du bâtiment

La valeur du bâtiment se calcule sur la base de la valeur actualisée au 1^{er} janvier 2022 : **1 466 € HT/m² SHON**.

La Surface Hors Œuvre Nette = Surface Utile du bâtiment * Coefficient ;
Le coefficient pour un bâtiment à usage bureautique est égal à 1,1.

La surface du bâtiment a été approximativement calculée : 6 947 m²

La valeur du bâtiment = Surface Hors Œuvre Nette * Valeurs du m² SHON au 01/01/2022
= (Surface Utile du bâtiment * Coefficient) * Valeurs du m² SHON au 01/01/2022
= (6 947 * 1,1) * 1 466
= 7 642 * 1 466

La valeur du bâtiment est estimée au 1^{er} janvier 2023 à **11 203 172 €**

Selon les propositions à choisir par le Maître d'Ouvrage, si le coût des travaux de rénovation thermique dépasse les 25% du valeur du bâtiment (soit 2 800 793 €), le bâtiment sera soumis à la Réglementation Thermique « Globale ». Sinon, le bâtiment sera soumis à la Réglementation Thermique « élément par élément ».

Le budget prévisionnel du Maître d'Ouvrage pour cette intervention est inférieur à **2 800 793 €**.

La RT Éléments par Éléments sera donc appliquée pour ce bâtiment.

// Selon le scénario et les interventions choisis par le MOA, le coût des travaux peut dépasser le seuil 2 800 793 €. Dans ce cas, la réglementation thermique « Globale » sera donc appliquée.

La RT existant « élément par élément » concerne 8 points du bâtiment qui sont particulièrement stratégiques pour baisser sa consommation énergétique :

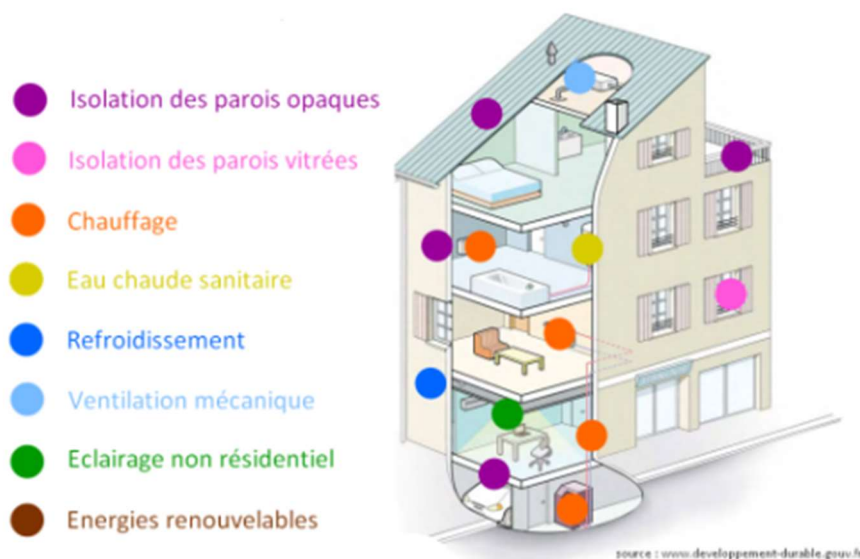


Figure 45 - 8 points du RT élément par élément - Source : developpement-durable.gouv.fr

Interventions

La Réglementation Thermique « élément par élément » exige :

<ul style="list-style-type: none"> • Hausse des exigences de performances thermiques pour les parois opaques ; 	<p>Pris en compte ;</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Hausse des exigences pour les parois vitrées : $U_w \leq 1.9 \text{ W (m}^2\text{.K)}$; 	<p>Installation de films anti-UV, des stores extérieurs et des brise-soleils ;</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Ventilation : pour les pièces principales non ventilées, en cas d'isolation des parois ou remplacement des baies, obligation de créer des entrées d'air ; 	<p>Installation d'un système de ventilation ou de refroidissement ;</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Confort d'été : exigences sur le facteur solaire en cas de remplacement de protection solaire, remplacement de fenêtres de toit ou remplacement de baies ou façades rideaux pour les bâtiments tertiaires ; 	<p>Pris en compte ;</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Chauffage / Eau chaude sanitaire / Refroidissement / Ventilation : <ul style="list-style-type: none"> ○ Suppression des exigences déjà prévues par les règlements éco-conception ; ○ Renforcement des exigences sur l'isolation des réseaux ; ○ Renforcement des exigences sur les émetteurs à effet joule avec une variation temporelle de 0.6K et option de détection de présence ou détection d'ouverture des fenêtres ; ○ Classe de régulation IV ou plus pour les dispositifs de chauffage centralisé ; ○ Dans les bâtiments tertiaires, obligation d'avoir des systèmes indépendants de ventilation pour des usages différents et obligation de réguler la ventilation en fonction de l'occupation. 	<p>Installation d'un système de ventilation ou de refroidissement ;</p>

6.1.4.3 Guide méthodologique du Ministère des Armées

D'autres directives ont été publiées par plusieurs organismes de l'État afin d'apporter du conseil au Maître d'Ouvrage par rapport aux solutions pratiques et non énergivores.

Le guide méthodologique pour les bâtiments du Ministère des Armées, publié en Mars 2016 par le Centre Référent Performance Énergétique (CRPE) détaille ce sujet :

- Concilier performance énergétique et confort d'été :
 - Se protéger des apports solaires
 - Activer les protections solaires dès que le soleil éclaire les fenêtres, sans attendre l'inconfort ;
 - Une bonne gestion des protections solaires permet de gagner **-4 à -5°C** sur la température intérieure.
 - Fermer complètement les volets en cas d'absence.
 - Dissiper la chaleur intérieure
 - Ouvrir les fenêtres lorsque (et seulement si) la température extérieure est inférieure à la température intérieure ;
 - Utiliser des brasseurs d'air ne baissent pas la température, mais améliorent notablement le ressenti. Les ventilateurs de plafond sont à privilégier si la hauteur sous plafond le permet, pour éviter un effet courant d'air trop directionnel ;
 - Ventilateur : un mouvement d'air dont la vitesse est supérieure à 1m/s procure un ressenti de **diminution de 4°C** environ sur la peau ;
 - Ventilation nocturne : **-1 à -5°C** (efficace surtout dans les bâtiments à forte inertie).
 - Selon les consignes locales, ouverture des fenêtres et portes intérieures la nuit.
 - Minimiser les apports internes
 - Couper tous les équipements non nécessaires : éteindre son PC et l'écran pendant la pause déjeuner, les réunions, éviter l'éclairage artificiel, ...
 - Adapter l'organisation
 - Se positionner loin des parois chaudes ;
 - Les autres adaptations organisationnelles relèvent du commandement.
- Utilisation limitée de la climatisation :
 - La mise en route de ces systèmes est interdite si la température intérieure est inférieure ou égale à 27°C ;
 - L'utilisation du système de refroidissement ne doit pas produire une différence de température intérieure / extérieure supérieure à 5°C ;
 - Le système de refroidissement doit être arrêté lorsque le local est inoccupé.

6.1.5 Installations classées (ICPE, IOTA)

SANS OBJET

6.1.6 Sécurité incendie

En l'absence de notice de sécurité, nous supposons que le bâtiment est traité par compartimentage. Ce point sera à confirmer par le Maître d'œuvre et le Contrôleur Technique dans le cadre des études de conception.

Dans ce cas de figure, le cloisonnement intérieur est réputé non coupe-feu et non pare-flamme. Le bâtiment est réputé désenfumé naturellement par balayage d'air de façade à façade, par ouverture des fenêtres.

Il n'y a donc pas de contre-indication réglementaire vis-à-vis de la sécurité incendie pour la mise en place des grilles de transferts décrites au chapitre 3.

6.2 EXIGENCES ENVIRONNEMENTALES

6.2.1 Démarche Haute Qualité Environnementales

SANS OBJET

6.2.2 Performance énergétique

De par sa conception structurelle, ce type de bâtiment est soumis à des fluctuations de températures importantes en périodes estivale et hivernale, auxquelles sont exposés les occupants, et tout particulièrement ceux des ailes B et C au R+2.

6.2.2.1 Scénario conventionnel

SANS OBJET

6.2.2.2 Prestation à réaliser

SANS OBJET

6.2.3 Certificat d'Économie d'Énergie (CEE)

Aucune certification d'économie d'énergie n'est demandée à ce stade de la part du Maître d'Ouvrage.

Néanmoins, le but de l'opération en termes d'amélioration du confort thermique ainsi que la réduction des consommations de chauffage, fait partie des principaux vecteurs de la RE2020.

6.2.4 Qualité et certificats des produits et matériaux mis en œuvre

SANS OBJET

6.2.5 Exemplarité énergétique et environnementale

SANS OBJET

6.3 EXIGENCES SURFACIQUES

6.3.1 Réhabilitation

6.3.1.1 Description

Des travaux de réagencement de quelques locaux peuvent être envisagés afin d'installer des équipements et/ou de faire passer des réseaux de ventilation ou de climatisation.

Des modifications sur la menuiserie peuvent être envisagées afin d'installer des équipements ou d'améliorer l'aération des locaux.

6.3.1.2 Amiante et Plomb

SANS OBJET

6.3.2 Démolition

6.3.2.1 Description

SANS OBJET

6.3.2.2 Amiante et Plomb

L'usage de l'amiante dans les constructions a été interdit en 1997.
Le bâtiment modulaire, objet de cette opération, a été livré en 2009.

6.3.2.3 Diagnostic de déchets préalables à la déconstruction

SANS OBJET

6.4 PRISE EN COMPTE DES RISQUES ET DES MENACES

6.4.1 Prise en compte du risque de foudre

SANS OBJET

6.4.2 Prise en compte du risque sismique

SANS OBJET

6.4.3 Prise en compte des autres risques

SANS OBJET

6.4.4 Protection du secret, anti-compromission

6.4.4.1 Barrières de protection physique

SANS OBJET

6.4.4.2 Dispositions pour les locaux classés CD

SANS OBJET

6.4.4.3 Dispositions contre les IEM

SANS OBJET

6.4.4.4 Dispositions contre les SPC

SANS OBJET

6.4.5 Anti-intrusion, gestion des accès

6.4.5.1 Niveau de protection

SANS OBJET

6.4.5.2 Locaux à protéger

SANS OBJET

6.4.5.3 Sécurité des accès

SANS OBJET

6.4.5.4 Reports des alarmes

SANS OBJET

6.4.6 Sécurité des systèmes industriels d'infrastructure (SSII) et homologation

SANS OBJET

6.5 EXIGENCES PARTICULIÈRES EN PHASE DE RÉALISATION

En cas de déplacement des occupants, une faisabilité logistique doit être établie avec l'accompagnement des utilisateurs de l'IRBA pour décider du phasage et de l'emplacement des locaux tampons qui hébergeront les occupants durant la période de travaux.

Le bâtiment modulaire situé près du Mess a été identifié par les utilisateurs de l'IRBA, comme pouvant accueillir les utilisateurs pendant la période de travaux. Des aménagements et des ameublements adaptés aux besoins des utilisateurs seront à prévoir avant le déplacement des occupants.

6.6 EXIGENCE CONCERNANT LA MAINTENANCE ET L'ENTRETIEN

SANS OBJET

6.6.1 Exploitation

6.6.1.1 Généralités

Les nouveaux équipements à installer interviennent d'une manière passive ou active à minimiser les rayons solaires et refroidir les locaux intérieurs jusqu'à atteindre des températures confortables pour les utilisateurs.

Certains des équipements décrits dans le présent document peuvent être très énergivores, il est donc important de surveiller leur consommation d'énergie et de les programmer pour s'adapter aux horaires d'occupation des bâtiments.

Il est recommandé de planifier la maintenance des équipements pour assurer leur bon fonctionnement.

La sensibilisation des utilisateurs et occupants du site peut contribuer à optimiser l'exploitation des équipements en adoptant des comportements responsables.

Le Maître d'Œuvre indiquera, après études approfondies, les débits d'air et les réglages spécifiques pour les équipements afin de refroidir le bâtiment de la manière la plus efficace possible.

6.6.1.2 Installations techniques

SANS OBJET

6.6.1.3 Le chauffage et l'eau chaude sanitaire

Une modification pourra être apportée au réseau de distribution d'eau chaude si la solution de climatisation par eau glacée est retenue.

6.6.1.4 L'électricité, courants faibles et courant forts

SANS OBJET

6.6.1.5 Les ascenseurs et monte-charges

SANS OBJET

6.6.1.6 Politique de comptage

SANS OBJET

6.6.2 Maintenance

6.6.2.1 Généralité

Les équipements actifs décrits dans le présent document (Traitement d'air, refroidissement adiabatique, climatisation, ...) doivent être maintenus d'une manière régulière afin de prolonger leurs durées de vie et avoir un rendement optimal de ces machines.

Les opérations de maintenance incluent :

- Nettoyage des filtres
- Inspection des vannes et de l'étanchéité
- Entretien des pompes
- Nettoyage de l'évaporateur et du condenseur
- Vérification des niveaux d'eau et de pression

Il est recommandé d'inspecter visuellement le fonctionnement de ces équipements d'une manière régulière et réaliser une maintenance préventive **tous les 6 mois à un an**.

Cependant, selon les spécifiés de chaque équipement, le constructeur peut proposer une trame d'entretien et de maintenance. Il est important de suivre les recommandations spécifiques du fabricant pour chaque système individuel.

Toute intervention de maintenance doit être effectuée par des spécialistes. Nous conseillons le MOA d'inclure un contrat de maintenance avec Le MOE responsable de la fourniture, l'installation et la mise en marche de ces équipements.

Une garantie de durée de vie doit être incluse dans les marchés des entreprises :

- Les solutions passives directement exposées au soleil et aux intempéries (films anti-UV, Stores extérieurs) doivent avoir une durée de vie minimale de 10 ans.
- Les structures légères (double-façades, double-peau) doivent être résistant aux intempéries et aux éléments extérieurs pouvant impacter la durée de vie des matériaux utilisés
- Les équipements de climatisation, refroidissement adiabatique ou d'extracteurs doivent justifier une durée de vie minimale de 20 ans.

Toute intervention de maintenance doit être effectuée par des spécialistes. Nous conseillons le MOA d'inclure un contrat de maintenance avec Le MOE responsable de la fourniture, l'installation et la mise en marche de ces équipements.

6.6.2.2 Description des nuisances générées par les travaux

LOT		Descriptif des nuisances pour l'utilisateur en phase Travaux	
Scénario 1			
Tranche n°1			
Installation des films anti-UV sur les fenêtres des bureaux	<div></div>	Légère	
Installation des films anti-UV sur les baies vitrées des cages d'escaliers	<div></div>	Légère	
Installation des films anti-UV sur les baies vitrées des halls	<div></div>	Légère	
Installation des films anti-UV sur les baies vitrées des galeries de liaison	<div></div>	Légère	
Installation et remplacement des stores extérieurs des bureaux	<div></div>	Moyenne	Nuisance Sonore
Modification des entrées d'air	<div></div>	Lourde	Intervention dans les bureaux -> Déplacement des occupants
Installation de grilles de transfert d'air	<div></div>	Lourde	Intervention dans les bureaux -> Déplacement des occupants
Installation des brise-soleils sur les baies vitrées toute hauteur	<div></div>	Moyenne	Nuisance sonore
Création des ouvrants sur les baies vitrées des galeries de liaisons	<div></div>	Lourde	Nuisance sonore Consommation d'un ou plusieurs
Plantation de la végétation haute	<div></div>	Moyenne	Nuisance sonore
Tranche n°2			
Installation des brise-soleils des galeries de liaisons	<div></div>	Moyenne	Nuisance sonore
Installation d'une structure double-peau sur les galeries de liaisons	<div></div>	Moyenne	Nuisance sonore
Installation des extracteurs d'air dans les galeries de liaison	<div></div>	Lourde	Nuisance sonore Immobilisation temporaire de la circulation
Entretien de l'isolation et étanchéité des toitures	<div></div>	Légère	
Toitures végétalisées	<div></div>	Moyenne	Nuisance sonore
Double facade en structure légère	<div></div>	Moyenne	Nuisance sonore
Pergolas en porte à faux	<div></div>	Moyenne	Nuisance sonore
Filets d'ombrage	<div></div>	Légère	
Tranche n°3			
Réseau de refroidissement adiabatique	<div></div>	Lourde	Nuisance Sonore Délocalisation des usagers par niveau
Panneaux photovoltaïques (sans batteries)	<div></div>	Moyenne	Nuisance sonore
Traitement des locaux spécifiques			
Installation des films anti-UV sur les fenêtres des bureaux	<div></div>	Légère	
Installation de nouvelles unités climatisation de l'aile E	<div></div>	Moyenne	Nuisance Sonore Condamnation temporaire des espaces
Remplacement des systèmes de climatisation des ailes B et C	<div></div>	Moyenne	Nuisance Sonore Condamnation temporaire des espaces
Scénario 2			
Climatisation générale du bâtiment			
Système Eau Chaude / Eau Glacée	<div></div>	Lourde	Nuisance Sonore Délocalisation des usagers par niveau
Traitement des locaux spécifiques			
Installation des films anti-UV sur les fenêtres des bureaux	<div></div>	Légère	
Installation de nouvelles unités climatisation de l'aile E	<div></div>	Moyenne	Nuisance Sonore Condamnation temporaire des espaces
Remplacement des systèmes de climatisation des ailes B et C	<div></div>	Moyenne	Nuisance Sonore Condamnation temporaire des espaces

6.6.2.3 Description des opérations de maintenance

LOT		Descriptif des opérations de maintenance		
Scénario 1				
Tranche n°1				
Installation des films anti-UV sur les fenêtres des bureaux		-		
Installation des films anti-UV sur les baies vitrées des cages d'escaliers		-		
Installation des films anti-UV sur les baies vitrées des halls		-		
Installation des films anti-UV sur les baies vitrées des galeries de liaison		-		
Installation et remplacement des stores extérieurs des bureaux		-		
Modification des entrées d'air		Légère	1 fois / an	Nettoyage
Installation de grilles de transfert d'air				
Installation des brise-soleils sur les baies vitrées toute hauteur		-		
Création des ouvrants sur les baies vitrées des galeries de liaisons		-		
Plantation de la végétation haute		Légère		Arrosage, nettoyage et entretien
Tranche n°2				
Installation des brise-soleils des galeries de liaisons		-		
Installation d'une structure double-peau sur les galeries de liaisons		-		
Installation des extracteurs d'air dans les galeries de liaison		Lourde	1 fois / an	Inspection visuelle ; Nettoyage ; Maintenance des équipements ;
Entretien de l'isolation et étanchéité des toitures		-		
Toitures végétalisées		Légère		Arrosage, nettoyage et entretien
Double facade en structure légère		-		
Pergolas en porte à faux		-		
Filets d'ombrage		Légère		Réglage de tension des cables
Tranche n°3				
Réseau de refroidissement adiabatique		Lourde	1 fois / an	Inspection visuelle ; Nettoyage ; Maintenance filtres et des équipements ;
Panneaux photovoltaïques (sans batteries)		Légère	1 fois / an	Nettoyage des panneaux ; Vérification des onduleurs ;
Traitement des locaux spécifiques				
Installation des films anti-UV sur les fenêtres des bureaux		-		
Installation de nouvelles unités climatisation de l'aile E		Lourde	1 fois / an	Inspection visuelle ; Nettoyage ; Maintenance filtres et des équipements
Remplacement des systèmes de climatisation des ailes B et C		Lourde	1 fois / an	Inspection visuelle ; Nettoyage ; Maintenance filtres et des équipements
Scénario 2				
Climatisation générale du bâtiment				
Système Eau Chaude / Eau Glacée		Lourde	1 fois / an	Inspection visuelle ; Nettoyage ; Maintenance filtres et des équipements ;
Traitement des locaux spécifiques				
Installation des films anti-UV sur les fenêtres des bureaux		-		
Installation de nouvelles unités climatisation de l'aile E		Lourde	1 fois / an	Inspection visuelle ; Nettoyage ; Maintenance filtres et des équipements
Remplacement des systèmes de climatisation des ailes B et C		Lourde	1 fois / an	Inspection visuelle ; Nettoyage ; Maintenance filtres et des équipements

7 MODALITÉ DE RÉALISATION

7.1 INTERVENANTS DU MINISTÈRE DES ARMÉES

7.1.1 Service d'infrastructure de la Défense

ESID : Établissement du Service d'Infrastructure de la Défense ;

USID : Unité de Soutien de l'Infrastructure de la Défense ;

7.1.2 Services autres que la SID

IRBA : Institut de Recherche Biomédicale des Armées ;

UIMI : Unité d'Ingénierie et de Maintenance d'Infrastructure

7.1.3 Régiments / Base / Service

SANS OBJET

7.2 MARCHÉS À PASSER

7.2.1 Marché de travaux

SANS OBJET

7.2.2 Marchés des Prestations Intellectuelles (PI)

7.2.2.1 Programmiste

Dans le cadre de cette opération, ATIXIS a été missionné pour assister la Maîtrise d'Ouvrage durant les phases d'études et de programmation de ce projet.

7.2.2.2 Assistance à la maîtrise d'Ouvrage

SANS OBJET

7.2.2.3 Études économiques et d'impact nécessaire à la programmation d'un Ouvrage

SANS OBJET

7.2.2.4 Étude topographiques, bornage, relevé des réseaux

SANS OBJET

7.2.2.5 Études préalables nécessaires à la réalisation d'un Ouvrage

SANS OBJET

7.2.2.6 Maîtrise d'œuvre et ordonnancement, pilotage et coordination

SANS OBJET

7.2.2.7 Études liées au chantier nécessaire à la réalisation d'un Ouvrage

SANS OBJET

7.3 CONTRAINTES DES MARCHÉS

7.3.1 Niveau de confidentialité

Tous les plans sont diffusion restreintes (DR) ;

Tous les documents sont anonymisés par "0194_RAFRAICHISSEMENT" ;

Toutes les entreprises et PI signent un engagement de confidentialité envers l'Institut de Recherche Biomédicale des Armées (IRBA), le Service d'Infrastructure de la Défense (SID), le Ministère des Armées ;

7.3.2 Clause d'insertion professionnelle

SANS OBJET

8 ENVELOPPE FINANCIÈRE PRÉVISIONNELLE

Selon la combinaison des scénarios choisis par le Maître d'Ouvrage, des modifications vont être effectuées sur la taille, ampleur, montant et les descriptions des travaux.

L'estimation financière ci-dessous, est une estimation à titre approximative, le Maître d'Œuvre est redevable de réaliser ses propres métrés de superficies et ses propres estimations selon le tableau de travaux final approuvé par le Maître d'Ouvrage et son Assistant à la Maîtrise d'Ouvrage.

8.1 ENVELOPPE FINANCIÈRE DE SCÉNARIO 1

LOT	Efficacité	Tranche Basse		Tranche Haute	
		Description	Montant	Description	Montant
Scénario 1					
Installation de chantier		96 000,00 €		96 000,00 €	
Installation de base vie	😊	-	96 000,00 €	-	96 000,00 €
Tranche n°1		448 000,00 €		630 000,00 €	
Installation des films anti-UV sur les fenêtres des bureaux	😊	Globalité	56 000,00 €	Globalité	56 000,00 €
Installation des films anti-UV sur les baies vitrées des cages d'escaliers	😊	Globalité	9 000,00 €	Globalité	9 000,00 €
Installation des films anti-UV sur les baies vitrées des halls	😊	Globalité	15 000,00 €	Globalité	15 000,00 €
Installation des films anti-UV sur les baies vitrées des galeries de liaison	😊	Face exposée SUD	9 000,00 €	Globalité	17 000,00 €
Installation et remplacement des stores extérieurs des bureaux	😊	Globalité	155 000,00 €	Globalité	155 000,00 €
Modification des entrées d'air	😊	Globalité	24 000,00 €	Globalité	24 000,00 €
Installation de grilles de transfert d'air	😊	Globalité	60 000,00 €	Globalité	60 000,00 €
Installation des brise-soleils sur les baies vitrées toute hauteur	😊	Cage d'escaliers	82 000,00 €	Cage d'escaliers + Halls	214 000,00 €
Création des ouvrants sur les baies vitrées des galeries de liaisons	😊	Face exposée SUD	30 000,00 €	Globalité	60 000,00 €
Plantation de la végétation haute	😊	Entre les ailes	8 000,00 €	Entre les ailes et sur le périmètre	20 000,00 €
Tranche n°2		766 000,00 €		1 174 000,00 €	
Installation des brise-soleils des galeries de liaisons	😊	Face exposée SUD	76 000,00 €	Face exposée SUD	76 000,00 €
Installation d'une structure double-peau sur les galeries de liaisons	😊	Face exposée SUD	42 000,00 €	2 faces vitrée + toiture	107 000,00 €
Installation des extracteurs d'air dans les galeries de liaison	😊	Globalité	6 000,00 €	Globalité	6 000,00 €
Entretien de l'isolation et étanchéité des toitures	😊	Les toitures affectées	24 000,00 €	Reprise totale	144 000,00 €
Toitures végétalisées	😊	une toiture	60 000,00 €	2 toitures	120 000,00 €
Double facade en structure légère	😊	1ère variante	542 000,00 €	2ème variante	667 000,00 €
Pergolas en porte à faux	😊	Un seul coté de l'aile B et C	12 000,00 €	Globalité	45 000,00 €
Filets d'ombrage	😊	Seulement entre l'aile B et C	4 000,00 €	Entre toutes les ailes	9 000,00 €
Tranche n°3		355 000,00 €		901 000,00 €	
Réseau de refroidissement adiabatique	😊	Les étages superieurs	245 000,00 €	Globalité	682 000,00 €
Panneaux photovoltaïques (sans batteries)	😊	une toiture	110 000,00 €	2 toitures	219 000,00 €
Traitement des locaux spécifiques		92 000,00 €		92 000,00 €	
Installation des films anti-UV sur les fenêtres des bureaux	😊	Globalité	2 000,00 €	Globalité	2 000,00 €
Installation de nouvelles unités climatisation de l'aile E	😊	X	30 000,00 €	X	30 000,00 €
Remplacement des systèmes de climatisation des ailes B et C	😊	Aile B et C	60 000,00 €	X	60 000,00 €
Sous total Travaux (€ TTC)			1 757 000,00 €	2 893 000,00 €	

8.2 ENVELOPPE FINANCIÈRE DE SCÉNARIO 2

LOT	Efficacité	Tranche Basse		Tranche Haute	
		Description	Montant	Description	Montant
Scénario 2					
Installation de chantier			96 000,00 €		96 000,00 €
Installation de base vie	😊	-	96 000,00 €	-	96 000,00 €
Climatisation générale du bâtiment			825 000,00 €		990 000,00 €
Système Eau Chaude / Eau Glacée	😊	2 tubes	825 000,00 €	4 tubes	990 000,00 €
Traitement des locaux spécifiques			92 000,00 €		92 000,00 €
Installation des films anti-UV sur les fenêtres des bureaux	😊	Globalité	2 000,00 €	Globalité	2 000,00 €
Installation de nouvelles unités climatisation de l'aile E	😊	X	30 000,00 €	X	30 000,00 €
Remplacement des systèmes de climatisation des ailes B et C	😊	Aile B et C	60 000,00 €	X	60 000,00 €
Sous total Travaux (€ TTC)			1 013 000,00 €	1 178 000,00 €	

8.3 ENVELOPPE FINANCIÈRE DE SCÉNARIO 3

LOT	Efficacité	Tranche Basse		Tranche Haute	
		Description	Montant	Description	Montant
Scénario 3					
Installation de chantier					96 000,00 €
Installation de base vie	😊	-		-	96 000,00 €
Climatisation générale du bâtiment					825 000,00 €
Système Eau Chaude / Eau Glacée (2 tubes)	😊			Globalité	825 000,00 €
Occultation des locaux					499 000,00 €
Installation des films anti-UV sur les fenêtres des bureaux	😊			Globalité	56 000,00 €
Installation des films anti-UV sur les baies vitrées des cages d'escaliers	😊			Globalité	9 000,00 €
Installation des films anti-UV sur les baies vitrées des halls	😊			Globalité	15 000,00 €
Installation des films anti-UV sur les baies vitrées des galeries de liaison	😊			Globalité	17 000,00 €
Installation et remplacement des stores extérieurs des bureaux	😊			Globalité	155 000,00 €
Installation des brise-soleils sur les baies vitrées toute hauteur	😊			Cage d'escaliers + Halls	214 000,00 €
Installation des brise-soleils des galeries de liaisons	😊			Façe exposée SUD	9 000,00 €
Modification des entrées d'air	😞			Globalité	24 000,00 €
Traitement des locaux spécifiques					92 000,00 €
Installation des films anti-UV sur les fenêtres des bureaux	😊			Globalité	2 000,00 €
Installation de nouvelles unités climatisation de l'aile E	😊			X	30 000,00 €
Remplacement des systèmes de climatisation des ailes B et C	😊			X	60 000,00 €
Sous total Travaux (€ TTC)			- €		1 512 000,00 €

// Les tableaux, figurant ci-dessus, ne tiennent compte que des coûts directs des travaux et ne tiennent pas en compte les risques, les aléas ainsi que les honoraires associés à la participation des autres intervenants (BCT, MOE, les assurances, etc...).

9 RÉCAPITULATIF

LOT	Efficacité	Tranche Basse	Tranche Haute	Budget	Descriptif des nuisances pour l'utilisateur en phase Travaux		Descriptif des opérations de maintenance
		Montant	Montant				
Scénario 1							
Installation de chantier		96 000,00 €	96 000,00 €				
Installation de base vie	😊	96 000,00 €	96 000,00 €	€		Légère	-
Tranche n°1		448 000,00 €	630 000,00 €				
Installation des films anti-UV sur les fenêtres des bureaux	😊	56 000,00 €	56 000,00 €	€		Légère	-
Installation des films anti-UV sur les baies vitrées des cages d'escaliers	😊	9 000,00 €	9 000,00 €	€		Légère	-
Installation des films anti-UV sur les baies vitrées des halls	😊	15 000,00 €	15 000,00 €	€		Légère	-
Installation des films anti-UV sur les baies vitrées des galeries de liaison	😊	9 000,00 €	17 000,00 €	€		Légère	-
Installation et remplacement des stores extérieurs des bureaux	😊	155 000,00 €	155 000,00 €	€ €		Moyenne	Nuisance Sonore
Modification des entrées d'air	😬	24 000,00 €	24 000,00 €	€		Lourde	Intervention dans les bureaux -> Déplacement des occupants
Installation de grilles de transfert d'air	😬	60 000,00 €	60 000,00 €	€		Lourde	Intervention dans les bureaux -> Déplacement des occupants
Installation des brise-soleils sur les baies vitrées toute hauteur	😊	82 000,00 €	214 000,00 €	€ €		Moyenne	Nuisance sonore
Création des ouvrants sur les baies vitrées des galeries de liaisons	😬	30 000,00 €	60 000,00 €	€		Lourde	Nuisance sonore
Plantation de la végétation haute	😬	8 000,00 €	20 000,00 €	€		Moyenne	Consommation d'un ou plusieurs
Tranche n°2		766 000,00 €	1 174 000,00 €				
Installation des brise-soleils des galeries de liaisons	😊	76 000,00 €	76 000,00 €	€		Moyenne	Nuisance sonore
Installation d'une structure double-peau sur les galeries de liaisons	😊	42 000,00 €	107 000,00 €	€ €		Moyenne	Nuisance sonore
Installation des extracteurs d'air dans les galeries de liaison	😬	6 000,00 €	6 000,00 €	€		Lourde	Nuisance sonore
Entretien de l'isolation et étanchéité des toitures	😊	24 000,00 €	144 000,00 €	€ €		Légère	Immobilisation temporaire de la circulation
Toitures végétalisées	😬	60 000,00 €	120 000,00 €	€ €		Moyenne	Nuisance sonore
Double facade en structure légère	😊	542 000,00 €	667 000,00 €	€ € € €		Moyenne	Nuisance sonore
Pergolas en porte à faux	😬	12 000,00 €	45 000,00 €	€		Moyenne	Nuisance sonore
Filets d'ombrage	😬	4 000,00 €	9 000,00 €	€		Légère	Nuisance sonore
Tranche n°3		355 000,00 €	901 000,00 €				
Réseau de refroidissement adiabatique	😊	245 000,00 €	682 000,00 €	€ € € €		Lourde	Nuisance Sonore
Panneaux photovoltaïques (sans batteries)	😬	110 000,00 €	219 000,00 €	€ €		Moyenne	Délocalisation des usagers par niveau
Traitement des locaux spécifiques		92 000,00 €	92 000,00 €				
Installation des films anti-UV sur les fenêtres des bureaux	😊	2 000,00 €	2 000,00 €	€		Légère	Nuisance Sonore
Installation de nouvelles unités climatisation de l'aile E	😊	30 000,00 €	30 000,00 €	€		Moyenne	Condamnation temporaire des espaces
Remplacement des systèmes de climatisation des ailes B et C	😊	60 000,00 €	60 000,00 €	€		Moyenne	Nuisance Sonore
Scénario 2							
Installation de chantier		96 000,00 €	96 000,00 €				
Installation de base vie	😊	96 000,00 €	96 000,00 €	€		Légère	-
Climatisation générale du bâtiment		825 000,00 €	990 000,00 €				
Système Eau Chaude / Eau Glacée	😊	825 000,00 €	990 000,00 €	€ € € €		Lourde	Nuisance Sonore
Traitement des locaux spécifiques		92 000,00 €	92 000,00 €				
Installation des films anti-UV sur les fenêtres des bureaux	😊	2 000,00 €	2 000,00 €	€		Légère	Nuisance Sonore
Installation de nouvelles unités climatisation de l'aile E	😊	30 000,00 €	30 000,00 €	€		Moyenne	Condamnation temporaire des espaces
Remplacement des systèmes de climatisation des ailes B et C	😊	60 000,00 €	60 000,00 €	€		Moyenne	Nuisance Sonore
Scénario 3							
Installation de chantier			96 000,00 €				
Installation de base vie	😊		96 000,00 €	€		Légère	-
Climatisation générale du bâtiment			825 000,00 €				
Système Eau Chaude / Eau Glacée	😊		825 000,00 €	€ € € €		Lourde	Nuisance Sonore
Occultation des locaux			499 000,00 €				
Installation des films anti-UV sur les fenêtres des bureaux	😊		56 000,00 €	€		Légère	Nuisance Sonore
Installation des films anti-UV sur les baies vitrées des cages d'escaliers	😊		9 000,00 €	€		Légère	Condamnation temporaire des espaces
Installation des films anti-UV sur les baies vitrées des halls	😊		15 000,00 €	€		Légère	Nuisance Sonore
Installation des films anti-UV sur les baies vitrées des galeries de liaison	😊		17 000,00 €	€		Légère	Condamnation temporaire des espaces
Installation et remplacement des stores extérieurs des bureaux	😊		155 000,00 €	€ €		Moyenne	Nuisance Sonore
Installation des brise-soleils sur les baies vitrées toute hauteur	😊		214 000,00 €	€ €		Moyenne	Nuisance sonore
Installation des brise-soleils des galeries de liaisons	😊		9 000,00 €	€		Moyenne	Nuisance sonore
Modification des entrées d'air	😬		24 000,00 €	€		Lourde	Intervention dans les bureaux -> Déplacement des occupants
Traitement des locaux spécifiques			92 000,00 €				
Installation des films anti-UV sur les fenêtres des bureaux	😊		2 000,00 €	€		Légère	Nuisance Sonore
Installation de nouvelles unités climatisation de l'aile E	😊		30 000,00 €	€		Moyenne	Condamnation temporaire des espaces
Remplacement des systèmes de climatisation des ailes B et C	😊		60 000,00 €	€		Moyenne	Nuisance Sonore

10 PLANIFICATION CALENDRAIRE

Le phasage définitif des opérations ne pourra être établi qu'après le choix définitif des solutions à implémenter.

La période de préparation de travaux démarrera en **Août 2024** pour une durée de 03 mois.

Les entreprises s'engageront sur une durée de travaux maximale de 14 mois + 2 mois de phasage de travaux si une solution de climatisation ou de refroidissement est retenue.

La durée totale de travaux est estimée entre **16 à 18 mois**.

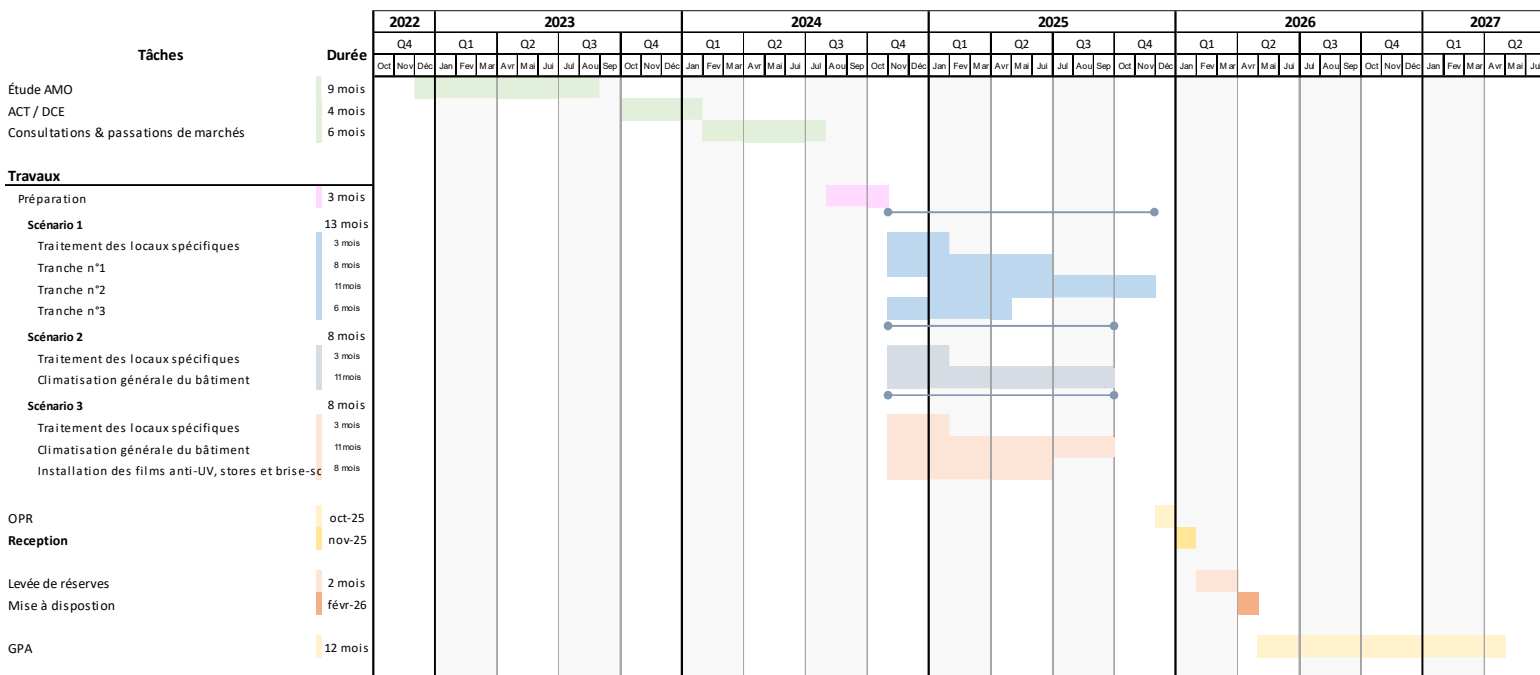
Selon les solutions choisies, la durée des opérations pourra être raccourcie ou rallongée.

L'opération peut être réaliser en deux phases :

- **Une première phase** : la mise en place des solutions passives. Une grande partie de ces interventions peuvent être réalisées sans impacter le fonctionnement habituel du site.
- **Une deuxième phase** qui regroupe toutes les interventions qui sont susceptibles à impacter le fonctionnement du site, condamner des espaces intérieurs ou engendrer des nuisances sonores importantes.

Ces interventions seront réalisées par étage et par aile pendant la période de déplacement temporaire des utilisateurs de ces étages concernés vers un deuxième site.

La mise à disposition des bâtiments sera faite à fur et à mesure des avancements des travaux.



11 AVIS DE LA CONDUITE D'OPÉRATION ET ATTENDU DES INTERVENANTS

12 LISTE DES ANNEXES

Intitulé du document	Réf / Description	Expéditeur	Date
ETUDE			
Expertise technique pour l'amélioration du confort thermique du bâtiment	Avis technique GC-17-003	CETID	24/04/2017
Rapport mesures de grandeur électrique	DDEV 91 22 DDEV ESID DL	Qualiconsult	21/07/2021
Étude géotechnique de conception	Mission G2 AVP	INFRANEO	12/08/2022
Diagnostic de structure	D2201.104	MasterDiag	09/05/2023

FICHES TECHNIQUES EXISTANTES			
Avis technique sur le revêtement de la toiture – RHENOFOL CV	FT 01 / A.T. 5/00-1502	3T France	24/01/2003
CCTP RHENOFOL	FT 02 / T-01-002	3T France	30/01/2003
Spécifications Panneau sandwich (âme mousse de polyuréthane)	FT 03 / T-02-002-01	MONOPANEL	07/10/2003
Rapport d'essais	FT 04 / B223.3.019-2	CEBTP	26/09/2003
Performances des portes	FT 05 /	TYPHON	
Performances des fenêtres / portes à rupture de pont thermique	FT 05 /	ABSYS	
Avis technique sur les panneaux âme mousse de polyuréthane	FT 06 / A.T. 2/01-840	CSTB	09/10/2003
Plans des menuiseries extérieures	FT 07 / Cde 68012	Sermat	23/05/2003
Plans des menuiseries extérieures	FT 08 / Cde 68426	Sermat	02/06/2003
Plans des menuiseries extérieures	FT 09 / Cde 67330	Sermat	22/05/2003
Plans des menuiseries extérieures	FT 10 / Cde 68300	Sermat	28/05/2003

13 LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Image aérienne de la base 217	2
Figure 2 - Localisation du bâtiment modulaire par rapport à la région Île-de-France	7
Figure 3 - Localisation du bâtiment modulaire par rapport à l'Essonne	7
Figure 4 - Localisation du bâtiment modulaire par rapport à la base 217	7
Figure 5 - Relevé géologique de la zone d'étude	9
Figure 6 - Carte topographique - Source : geoportail.gouv.fr	10
Figure 7 - Course de soleil	11
Figure 8 - Moyenne d'heures d'ensoleillement par mois (sur la période 2018-2022)	11
Figure 9 - Températures maximales (sur la période 2018-2022)	12
Figure 10 - Nombre de jours avec des températures > 20°C (sur la période 2018-2022)	12
Figure 11 - Vents dominants	13
Figure 12 - Carte de type C (LDEN) - Estimation du bruit routier sur 24h	14
Figure 13 - Localisation des points de mesure de bruit par ACOUSTB	15
Figure 14 - Plan de zonage sismique de la France Métropolitaine	16
Figure 15 - Risque de remontée de nappes - Source : BRGM	17
Figure 16 - Aléas retrait-gonflement des argiles - Source : BRGM	18
Figure 17 - Localisation du bâtiment modulaire	19
Figure 18 - PLU de la commune de Brétigny-sur-Orge	19
Figure 19 - PLU de la commune de Le Plessis-Pâté	19
Figure 20 - Schéma du bâtiment modulaire	25
Figure 21 - Vue en perspective - Composition du bâtiment - Modélisation ATIXIS	26
Figure 22 - Vue en plan : Façades Sud-Est et Sud-Ouest en exposition directe aux rayons solaires	27
Figure 23 - Vue en plan - Localisation des stores installés et à installer	35
Figure 24 - Vue en perspective : Installation de stores réglables à l'extérieur	35
Figure 25 - Vue en plan - Emplacement des brise-soleils à installer	39
Figure 26 - Vue en perspective - Scénario d'installation des brise-soleils sur les fenêtres toute hauteur	39
Figure 27 - Exemple de différence de température avant/après la végétalisation d'une ruelle.	41
Figure 28 - Vue en plan : Scénario d'implantation de végétations hautes	41
Figure 29 - Vue en plan - Localisation des brise-soleils installés ou à installer	43
Figure 30 - Détails techniques d'une toiture végétalisée	47
Figure 31 - Façade ventilée - Taux d'occultation 80%	49
Figure 32 - Façade ventilée - Taux d'occultation 65%	49
Figure 33 - Pergolas complètement opaque	51
Figure 34 - Pergolas à lames	51
Figure 35 - Perspective - Installation des filets / toiles d'ombrage entre les bâtiments	53
Figure 36 - Schéma de fonctionnement d'une unité centrale de refroidissement adiabatique	54
Figure 37 - Vue en plan : Circuit de refroidissement à l'intérieur des bureaux	56
Figure 38 - Vue en perspective : Système de refroidissement Adiabatique Soufflage dans les bureaux ; extraction par les extrémités	57
Figure 39 - Irradiation mensuelle kWh/m² de la zone de Brétigny-sur-Orge sur l'année 2020	58
Figure 40 - Poids et charge de l'installation PV simulé	60
Figure 41 - Schéma d'un système de climatisation / chauffage 4 tubes	62
Figure 42 - Scénarios d'installation de la base vie	69
Figure 43 - Règle de choix de la Réglementation Thermique à appliquer pour cette opération	73
Figure 44 - Règle de calcul de la valeur du bâtiment	73
Figure 45 - 8 points du RT élément par élément - Source : developpement-durable.gouv.fr	74