



THERMIBEL

ingénierie - acoustique, fluides et HQE

REHABILITATION DE DEUX BATIMENTS ET CONSTRUCTION D'UN BATIMENT NEUF THONON-LES-BAINS (74)

NOTICE

THERMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE

MAÎTRE D'OUVRAGE	INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE POUR L'AGRICULTURE, L'ALIMENTATION ET L'ENVIRONNEMENT Centre Lyon Grenoble Auvergne Rhône Alpes 5 Rue de la Doua 69625 VILLEURBANNE CEDEX	INRAE
ARCHITECTES	BRENAS & DOUCERAIN ARCHITECTES 48 rue Saint-Laurent 38000 GRENOBLE	brenasdouceraïn architectes
BUREAU D'ÉTUDES QEB	THERMIBEL 3 rue des Pins 38100 GRENOBLE anne-laure.basset@thermibel.fr	 THERMIBEL <i>ingénierie - acoustique, fluides et HQE</i>

Indice	Date	Nature	Page
00	31/10/2025	Première édition	35
01	09/01/2026	Deuxième édition : m à J des études régl et STD	37
02	14/01/2026	Troisième édition : m à J de l'étude ACV	38

PRO



SOMMAIRE

1	OBJET	4
2	DEMARCHE QUALITE ENVIRONNEMENTALE	5
2.1	PERFORMANCE ENERGETIQUE	5
2.1.1	<i>Enveloppe thermique</i>	<i>5</i>
2.1.1.1	<i>Bâtiment neuf</i>	<i>5</i>
2.1.1.2	<i>Bâtiment atelier</i>	<i>8</i>
2.1.1.3	<i>Bâtiment anciennes écuries</i>	<i>8</i>
2.1.2	Systèmes énergétiques	9
2.1.2.1	<i>Bâtiment neuf</i>	<i>9</i>
2.1.2.2	<i>Bâtiment atelier</i>	<i>9</i>
2.1.2.3	<i>Bâtiment anciennes écuries</i>	<i>9</i>
2.2	BATIMENT A ENERGIE POSITIVE	10
2.3	DECRET TERTIAIRE	10
2.4	CONFORT D'ETE	10
2.4.1.1	<i>Bâtiment neuf</i>	<i>10</i>
2.4.1.2	<i>Bâtiment atelier</i>	<i>14</i>
2.4.1.3	<i>Bâtiment anciennes écuries</i>	<i>14</i>
2.5	CHANTIER A FAIBLES NUISANCES	14
2.6	CHOIX DES MATERIAUX	15
3	PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE – EXIGENCES REGLEMENTAIRES	16
3.1	BATIMENT NEUF	16
3.2	BATIMENT ATELIER	16
3.3	BATIMENT ANCIENNES ECURIES	17
4	MODELISATION DU PROJET – BÂTIMENT NEUF	18
5	RESULTATS CALCULS REGLEMENTAIRES	19
5.1	RE2020 ENERGIE	19
5.2	RE2020 CARBONE	20
6	SIMULATION DYNAMIQUE	23
6.1	HYPOTHESES	23
6.1.1	<i>Météo</i>	<i>23</i>
6.1.2	<i>Masques solaires</i>	<i>26</i>
6.1.3	<i>Enveloppe thermique</i>	<i>27</i>
6.1.4	<i>Etanchéité à l'air</i>	<i>27</i>
6.1.5	<i>Scénarios d'occupation</i>	<i>27</i>
6.1.6	<i>Scénarios de ventilation</i>	<i>29</i>
6.1.7	<i>Scénario de chauffage</i>	<i>30</i>
6.1.8	<i>Scénarios de rafraîchissement</i>	<i>30</i>
6.1.9	<i>Occultations</i>	<i>31</i>
6.1.10	<i>Apports internes</i>	<i>31</i>
6.1.10.1	<i>Occupants</i>	<i>31</i>
6.1.10.2	<i>Equipements électriques</i>	<i>31</i>
6.1.10.3	<i>Eclairage</i>	<i>32</i>
6.2	STD – BESOIN DE CHAUFFAGE	32
6.2.1	<i>Objectifs</i>	<i>32</i>
6.2.2	<i>Résultats</i>	<i>33</i>
6.3	STD – CONFORT D'ETE	34
6.3.1	<i>Objectifs</i>	<i>34</i>
6.3.2	<i>Résultats</i>	<i>34</i>
7	FLJ – ECLAIREMENT NATUREL	36



7.1	OBJECTIFS.....	36
7.2	HYPOTHESES.....	36
7.3	RESULTATS	36

1 OBJET

Ce document concerne la réhabilitation de deux bâtiments (atelier et anciennes écuries ayant une fonction de stockage) et la construction d'un bâtiment neuf sur le site de l'INRAE à Thonon-Les-Bains (74).

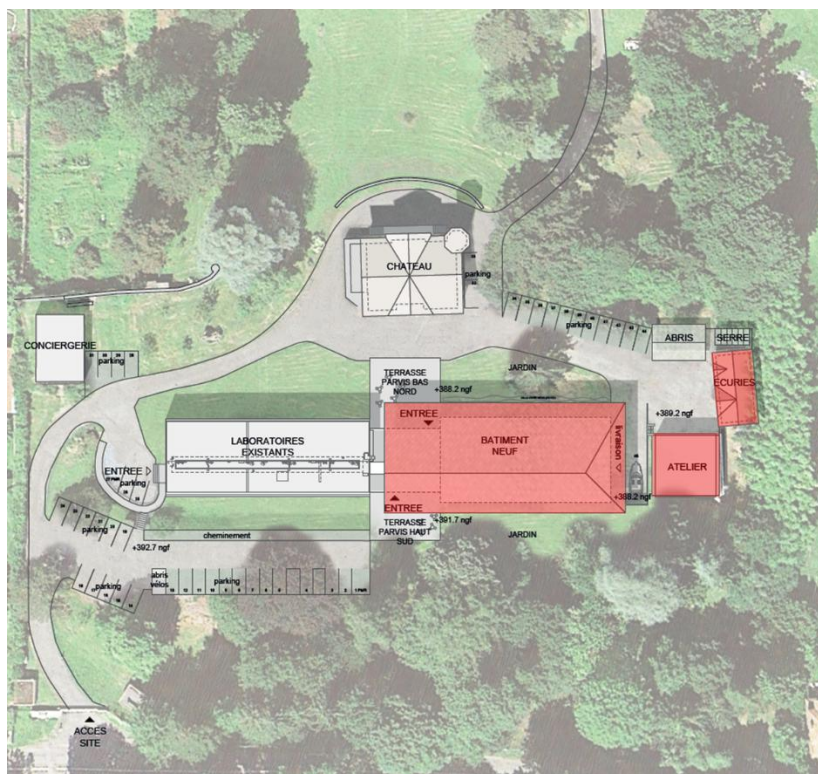


Figure 1 - Bâtiments objet du marché

Le bâtiment neuf se développe sur deux niveaux :

- Au RDC bas : une salle de restauration, un amphithéâtre, une salle de réunion, des laboratoires, des sanitaires et locaux techniques ;
- Au RDC haut : une salle de cours, des laboratoires, des bureaux et des sanitaires.

L'un des fils conducteurs de notre équipe est de **créer un cadre de travail confortable et propice à la recherche scientifique**, au sein de **bâtiments performants** et respectueux de l'environnement.

Cette notice présente la démarche globale de **qualité environnementale** déployée sur le projet, ainsi que les résultats des calculs réglementaires, des études de confort d'été et d'éclairage naturel sur le bâtiment neuf.



2 DEMARCHE QUALITE ENVIRONNEMENTALE

Conformément à la demande du programme et même si aucun label n'est visé, une démarche de qualité environnementale a été développée sur le projet ; les principales thématiques sont présentées ci-après.

2.1 Performance énergétique

C'est la démarche NegaWatt qui a guidé notre approche : il s'agit de réduire à son minimum les besoins grâce à une isolation performante, une étanchéité à l'air renforcée et la compacité du bâtiment, puis de subvenir à ces faibles besoins en mettant en place des systèmes efficaces.

2.1.1 Enveloppe thermique

2.1.1.1 Bâtiment neuf

Ci-dessous les résistances thermiques prévues en BASE :

Parois	Caractéristiques des isolants					
	Position isolant	Type	Ep. (cm)	Conductivité (W/m.K)	R matériau (m².K/W)	R totale (m².K/W)
01 - Murs extérieurs MOB	Répartie	Laine de bois entre montants d'ossature bois	20	0,036	5,56	6,92
		Complément intérieur laine de roche	5,2	0,038	1,37	
02 - Murs béton enterrés	Extérieure	Béton	25	1,700	-	5,45
		PU	12	0,022	5,45	
02bis - Murs béton ITE	Extérieure	Béton	25	1,700	-	5,79
		Laine de bois	22	0,038	5,79	
03 - Plancher bas sur terre plein	Sous dallage	Dalle béton	20	1,700	-	5,45
		PU	12	0,022	5,45	
04 - Toiture	Caissons préfabriqués	Laine de bois	26	0,039	6,67	8,38
	Doublage	Laine de roche	6,5	0,038	1,71	
04bis - Toiture jonction couverte	Extérieure	Béton	25	1,700	-	7,27
		PU	16	0,022	7,27	
05 - Plancher bas donnant sur local non chauffé	Sous face	Dalle béton	20	1,700	-	4,21
		Panneau isolant en laine de roche et parement laine de bois type Rockfeu Wood B FdC	16	0,038	-	
06 - Murs sur LNC/LT	Doublage/cloison	Panneau isolant rigide à base de laine minérale en doublage ou isolation en cloison	12	0,035	3,43	3,43

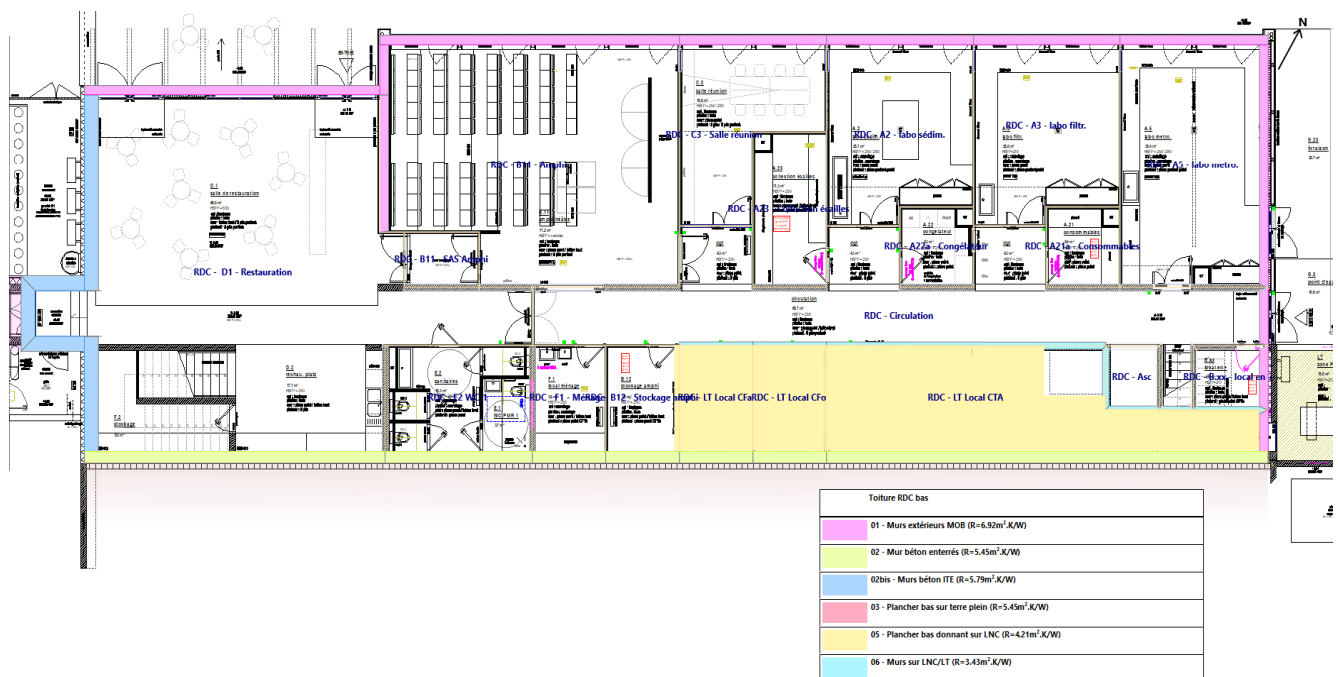
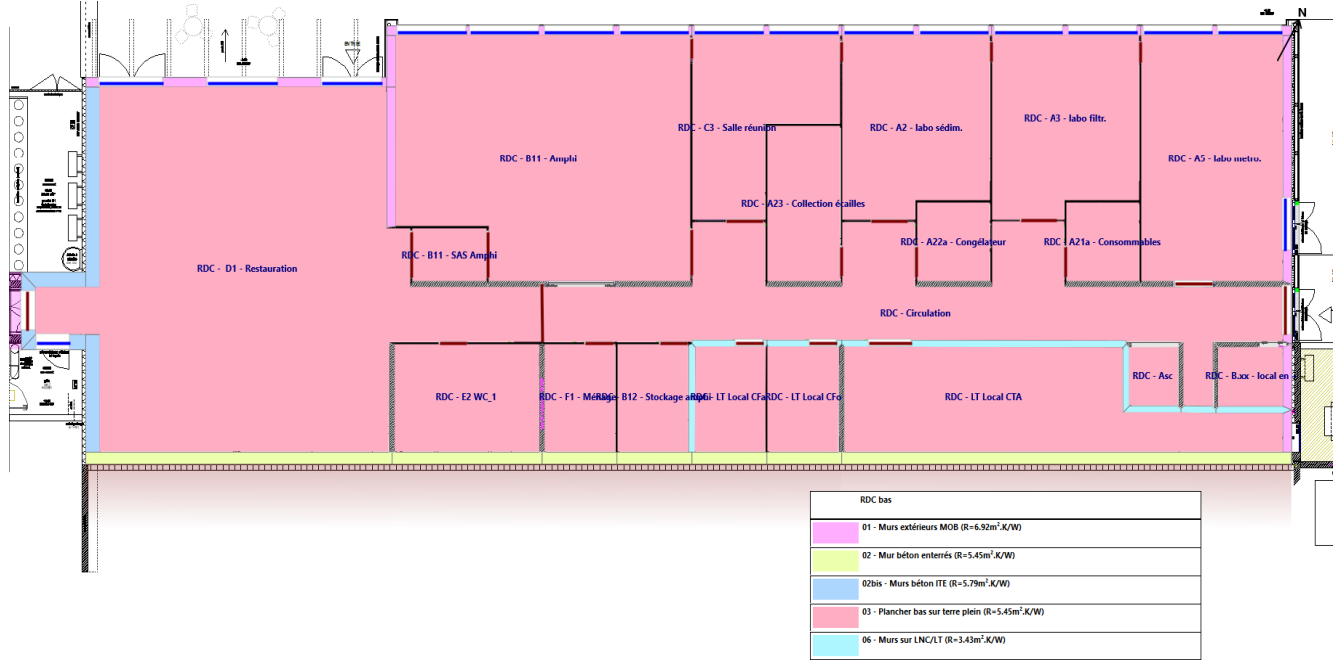
Notes au maître d'ouvrage

- Une PSE est prévue pour la mise en place de menuiseries triple vitrage sur la façade Nord du restaurant en double hauteur.

Baies	Caractéristiques des menuiseries					
	Isolation thermique	Facteur solaire	Transmission lumineuse	Occultations	Ponts thermiques	Ratio clair vitrage RCL (%)
Fenêtres, portes fenêtres châssis Bois double vitrage lame argon faible émissivité	$U_w \leq 1,4 \text{ W/m}^2.\text{K}$ $U_g \leq 1,1 \text{ W/m}^2.\text{K}$	$S_g = 50\%$ $S_w = 45\%$ (cible)	$T_{lg} = 70\%$ $T_{lw} = 65\%$ (cible)	BSO	/	A affiner dans les phases ultérieures
Porte opaque isolée	$U_d \leq 1,5 \text{ W}.\text{m}^2.\text{K}$	-	-	-	-	-

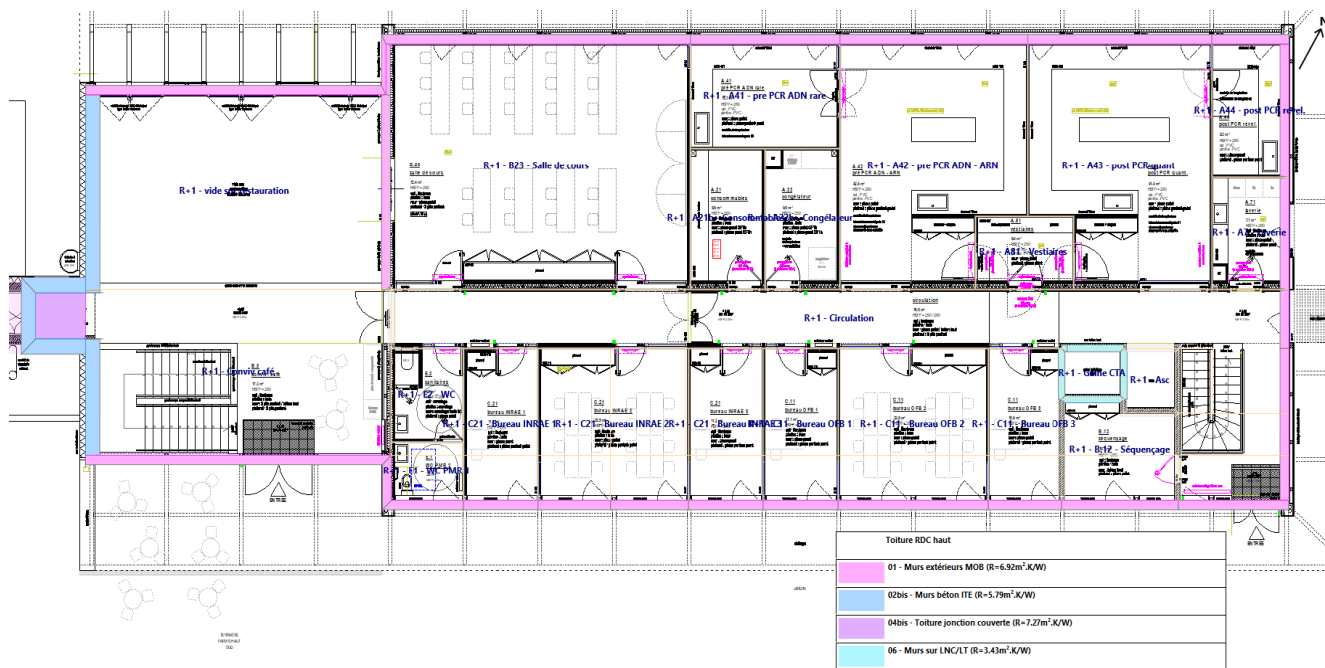
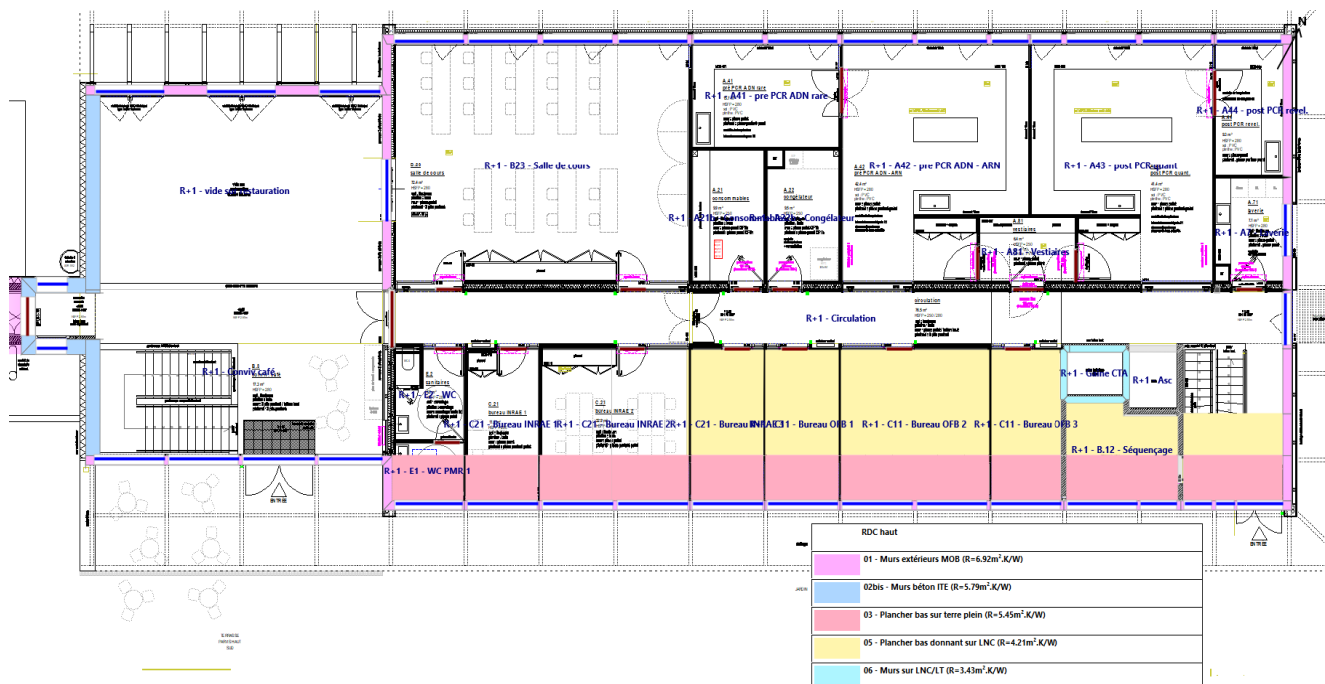


RDC bas :





RDC haut :





Le très bon profil thermique passera également par une conception et une mise en œuvre rigoureuse visant à garantir une étanchéité à l'air de l'enveloppe $Q_{4Pa} \leq 0.8 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$. Les carnets de détails, préconisations, et limites de prestations entre les lots concernés sont précisés dans les pièces graphiques. Des tests d'étanchéité à l'air, réalisés par une entreprise spécialisée, permettront de vérifier en cours et à la fin du chantier l'atteinte de ce niveau.

Enfin, un soin particulier a été porté au traitement des ponts thermiques dans la conception globale du bâtiment. Le choix d'une isolation répartie permet notamment de les réduire. Les détails des jonctions entre baies et isolants des murs, planchers intermédiaires, liaisons entre isolants des parois et ceux des planchers hauts et bas sont précisés dans les pièces graphiques.

2.1.1.2 Bâtiment atelier

Le programme de rénovation thermique consiste en :

- Le remplacement de toutes les menuiseries par des menuiseries avec châssis bois et double vitrage
- Le remplacement de la porte par une porte pleine et isolée
- La dépose/repose d'un isolant type polyuréthane sous étanchéité en toiture terrasse

Les performances thermiques ciblées sont les suivantes :

Parois	Résistance thermique (m².K/W)
Murs extérieurs	R > 3.5
Toiture	R > 6
Menuiseries	Uw < 1,4 W/m².K Ug < 1.1 W/m².K
Porte pleine isolée	Ud < 1.7 W/m².K

En outre il n'est pas prévu de test d'étanchéité à l'air.

2.1.1.3 Bâtiment anciennes écuries

Une isolation thermique est prévue en toiture et en doublage intérieur des murs donnant sur l'extérieur. Les menuiseries extérieures seront toutes remplacées.

Les performances thermiques ciblées sont les suivantes :



Parois	Résistance thermique (m ² .K/W)
Murs extérieurs	R > 3.5
Toiture	R > 6
Menuiseries	Uw < 1,7 W/m ² .K Ug < 1.1 W/m ² .K

2.1.2 Systèmes énergétiques

2.1.2.1 Bâtiment neuf

Les systèmes énergétiques prévus en BASE seront eux aussi très performants :

Eléments prévus	Performances
Chauffage	<p>Production chaleur par PAC air/eau avec appoint électrique</p> <p>Emetteurs de type ventilo-convecteurs dans les locaux nobles (bureaux, salle de réunion, salle de cours, amphithéâtre, laboratoires), avec réduit en période d'inoccupation, régulation terminale par sonde d'ambiance</p> <p>Emetteurs de type radiateurs à basse température dans les locaux de service, locaux techniques et circulations, avec réduit en période d'inoccupation, régulation terminale par robinets thermostatiques à variation temporelle certifiée (k=0.2°C)</p> <p>Emetteurs de type plancher chauffant dans l'espace de restauration, avec réduit en période d'inoccupation, régulation terminale par sonde d'ambiance</p>
Rafrâichissement / Climatisation	<p>Production froid par systèmes autonomes et indépendants de type split-système (unité extérieure / intérieure raccordées par des liaisons frigorifiques)</p> <ul style="list-style-type: none"> - dans les locaux serveur VDI, congélateur, collection écailles (fonctionnement en continu sur l'année) - dans les laboratoires biomoléculaires (fonctionnement en période estivale)
Ventilation	<p>1 CTA double flux à récupération d'énergie (échangeur thermique à rendement >80%) commune à tout le bâtiment</p> <p>Pas de modulation des débits dans les laboratoires biomoléculaires, locaux à pollution spécifique, locaux aveugles, autres locaux de service ou stockage – Ventilation permanente</p> <p>Modulation des débits par sondes CO₂ ou de présence dans les autres laboratoires et les autres locaux (bureaux, salle de réunion, salle de cours, amphithéâtre, restauration) – Mise à l'arrêt en période d'inoccupation</p>
Eclairage	<p>LED</p> <p>Efficacité énergétique < 1,5 W/m²/100 lux</p> <p>Détection de présence dans les sanitaires, locaux techniques, circulations, escaliers</p> <p>Commande par interrupteur + extinction automatique sur détection d'absence dans la salle de cours et amphithéâtre, avec gradation en fonction de l'éclairage naturel</p> <p>Commande par interrupteur dans les laboratoires et bureaux</p>
ECS	<p>Ballons électriques ou chauffe-eaux instantanés à proximité des points de puisage (vestiaires, sanitaires, douches, réchauffage plats, locaux entretien, laverie, éviers des paillasses humides)</p>

2.1.2.2 Bâtiment atelier

Chauffage et/ou mise hors-gel des locaux par radiants électriques.

Ventilation simple flux.

2.1.2.3 Bâtiment anciennes écuries

Mise hors-gel des locaux par radiants électriques.

Ventilation simple flux.



2.2 Bâtiment à énergie positive

Dans le cadre du concours, nous avons proposé en OPTION d'installer des panneaux solaires photovoltaïques sur le toit ou la galerie technique du bâtiment de laboratoires existant. Cela avait pour objectif de répondre à la demande du programme d'étudier le surcoût pour la réalisation d'un bâtiment à énergie positive (p.31 PTD tome 1), c'est-à-dire permettant d'assurer une production d'électricité in-situ venant compenser les consommations annuelles du bâtiment neuf en énergie finale. Cette OPTION n'a pas été retenue par le maître d'ouvrage en phase APS.

2.3 Décret tertiaire

Le dispositif « Éco-énergie tertiaire » est une obligation réglementaire engageant les acteurs du tertiaire vers la sobriété énergétique. Issu du décret 2019 771 du 23 juillet 2019 dit « Décret tertiaire », il impose une réduction progressive de la consommation d'énergie dans les bâtiments et parties de bâtiments de 1 000 m², et plus, à usage tertiaire.

Les obligations réglementaires sont les suivantes :

1. Réduire la consommation d'énergie finale du bâtiment :
 - par rapport à une année de référence (à partir de 2010) de - 40 % en 2030, - 50 % en 2040, - 60 % en 2050 ;
 - ou atteindre un niveau de consommation d'énergie finale en valeur absolue, correspondant à une utilisation efficace et économe de l'énergie, équivalente à celle de bâtiments nouveaux de la même catégorie (arrêtés dits « valeur absolue I, II et III »).
2. Déclarer annuellement les consommations énergétiques réelles sur la plateforme nationale en ligne « OPERAT ».

Dans le cadre du concours, nous avons demandé au maître d'ouvrage de nous transmettre la déclaration OPERAT ; la réponse obtenue en date du 05/06/2024 faisait état du fait que les conditions d'application du décret tertiaire n'étaient pas encore connues et déclinées au site de l'INRAE à Thonon-les-Bains. Nous avons donc expliqué dans notre notice concours qu'il n'était pas possible (et pas prévu dans notre mission) de vérifier l'atteinte des objectifs du Décret tertiaire.

Lors d'une réunion intermédiaire APS qui s'est tenue le 12/03/2025, nous avons rappelé au maître d'ouvrage les obligations réglementaires listées ci-dessus et fait part de notre analyse vis-à-vis du site, à savoir :

- Les usages de type industrie, laboratoires de recherche et logement individuel ne sont par exemple pas assujettis au Décret tertiaire ;
- En revanche l'unité foncière y est soumise dans la mesure où la surface de plancher cumulée d'usages identifiés dans les arrêtés (stockage, ateliers, bureaux, centre de formation, hébergement de courte durée...) est supérieure à 1000 m².

Par ailleurs nous avons rappelé qu'en l'absence de déclaration OPERAT définissant les objectifs opérationnels à l'échelle de l'unité foncière, il n'était pas possible de vérifier la conformité au Décret tertiaire. A ce titre, l'estimation des consommations énergétiques de chacun des bâtiments de l'unité foncière (y compris le bâtiment neuf) n'a pas été chiffrée dans le cadre de notre mission.

Le maître d'ouvrage a pris acte de ces éléments.

2.4 Confort d'été

2.4.1.1 Bâtiment neuf

Le bâtiment sera occupé toute l'année, il est donc important qu'il soit confortable en toutes saisons, notamment en saison chaude. Aussi, des dispositions ont été prises pour que le bâtiment soit le plus robuste possible vis-à-vis de la surchauffe estivale, et ainsi pouvoir éviter le recours à un système de rafraîchissement actif dans les zones n'exigeant pas de contrôle d'ambiance (laboratoires autres que biomoléculaires, bureaux, salles de réunion, salle de formation, amphithéâtre, salle de cours, espaces détente et restauration).



Environnement

La majorité des arbres présents sur cette parcelle très boisée seront conservés, ce qui permettra d'apporter de l'ombrage et de la fraîcheur par évapotranspiration. Les abords du bâtiment seront majoritairement en pleine terre ou avec des revêtements à fort albédo, ce qui permettra de limiter le phénomène d'îlot de chaleur c'est-à-dire l'échauffement des surfaces et leur rayonnement.

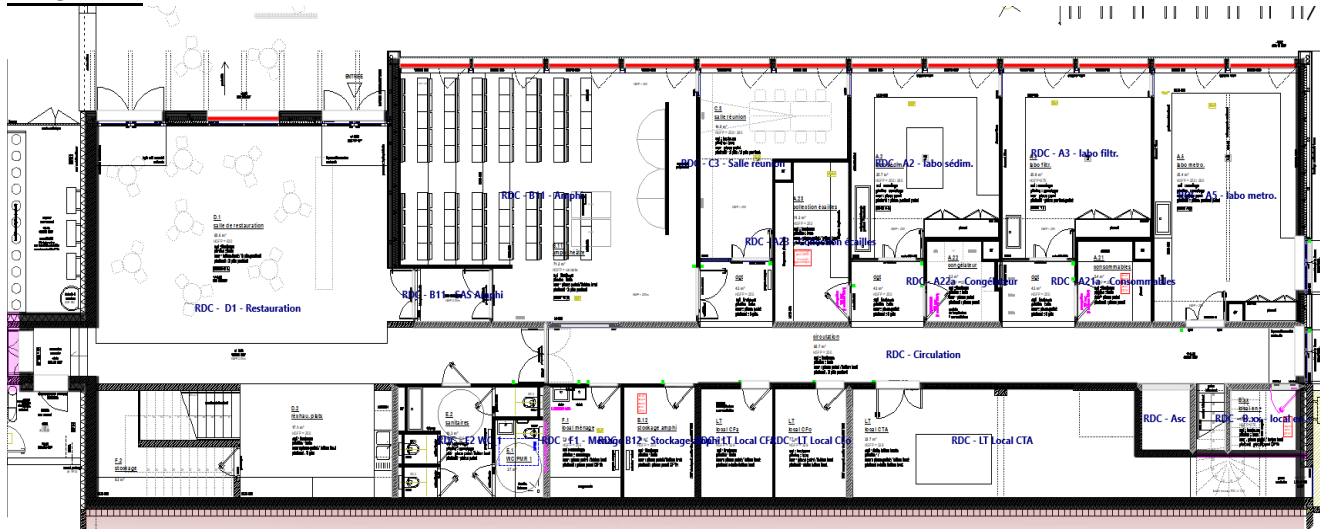
Architecture

Une dépassée de toiture importante est prévue pour protéger la façade Sud-Est.

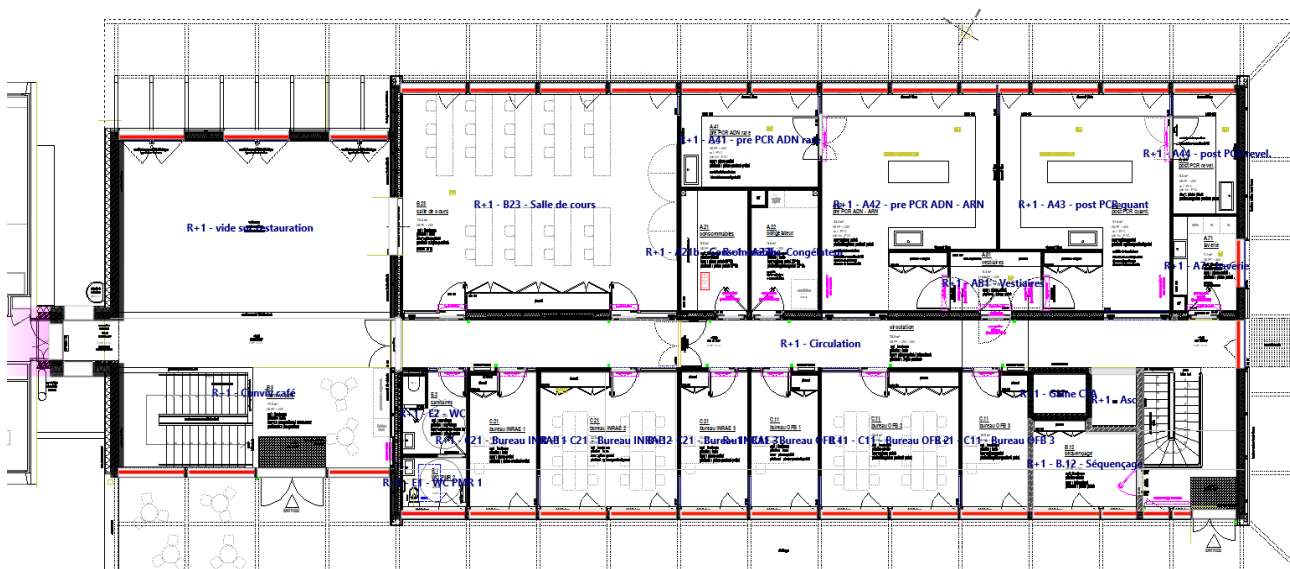
Menuiseries extérieures

Les menuiseries (hors portes et portes-fenêtres) seront équipées de protections solaires extérieures de type BSO, suivant le repérage ci-dessous :

RDC bas :



RDC haut :



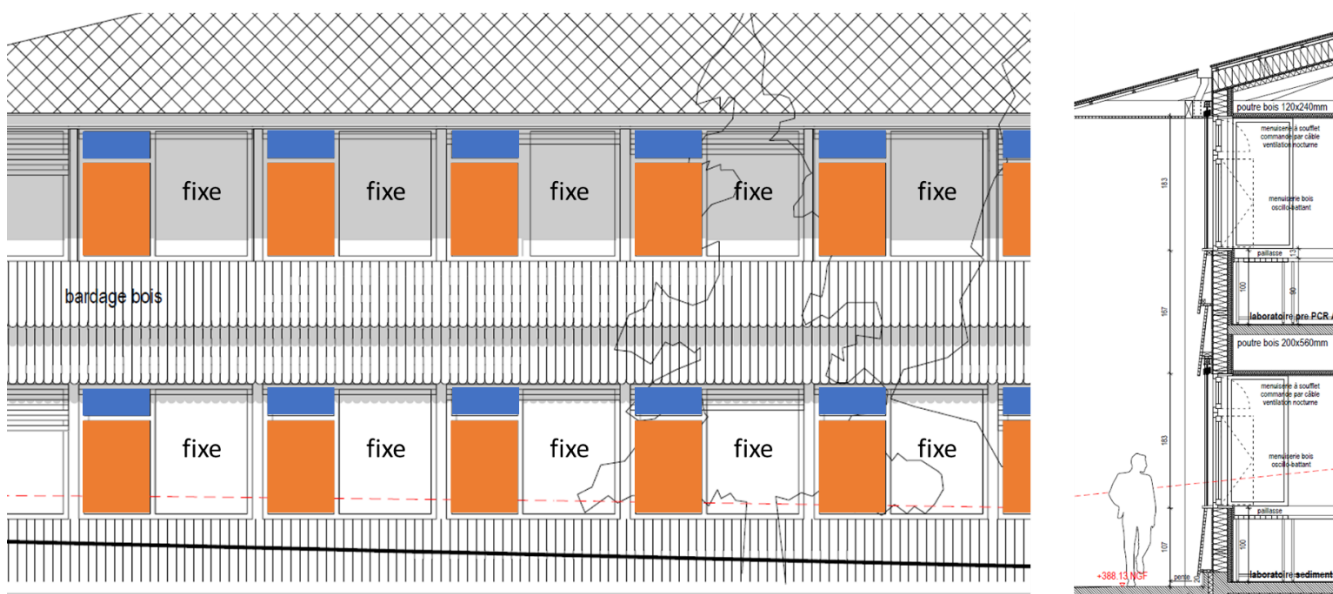
Ventilation naturelle nocturne

Une conception permettant la ventilation naturelle nocturne a été poussée en phase PRO.

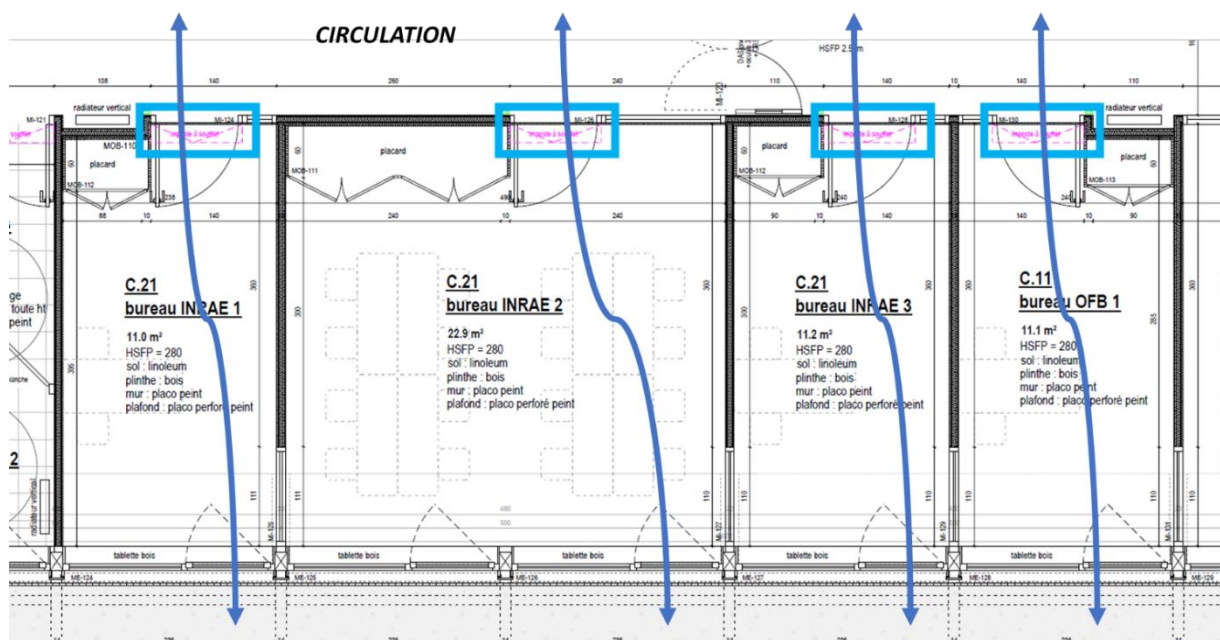
Tout d'abord on note l'ajout d'ouvrants à soufflet en façade de tous les locaux nobles (labos, bureaux, salle de cours, salle de réunion, amphithéâtre), en RDC bas et RDC haut.



■ imposte à soufflet 15° ■ battant

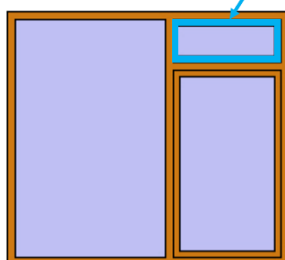


En RDC haut, la majorité des portes intérieures a été pourvue d'impostes à soufflet également, de manière à permettre la ventilation **traversante**, y compris lorsque les portes sont fermées. Cela va avoir tendance à augmenter les débits de renouvellement d'air par rapport à une ventilation mono-orientée.



C.11
bureau OFB 2

Châssis en imposte sur menuiserie
intérieure pour ventilation nocturne
traversante

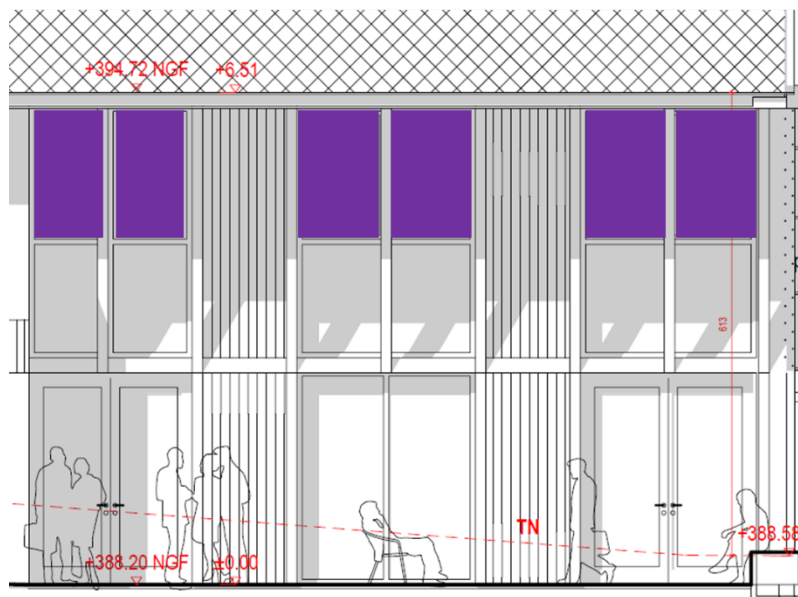




Dans le restaurant, des ouvrants battants avec boîtier à chaîne électrique ont été intégrés en partie haute de la façade Nord pour faciliter la manœuvre. La nuit, ils peuvent être laissés entrouverts. En façade Sud, au niveau de l'espace convivialité, des impostes à soufflet ont également été ajoutés. La ventilation nocturne **traversante** sera donc possible.

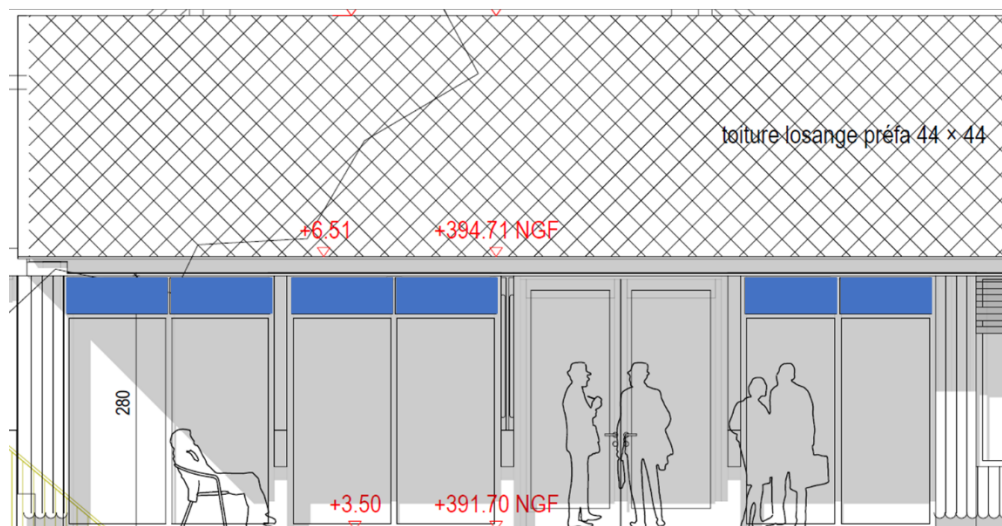
Façade Nord :

 battant avec boîtier à chaîne électrique



Façade Sud :

 imposte à soufflet 15°



Notes au maître d'ouvrage

- Le mode de gestion est entièrement « humain », c'est-à-dire qu'il n'y a aucun système d'asservissement prévu.



2.4.1.2 Bâtiment atelier

Pas de disposition prise.

2.4.1.3 Bâtiment anciennes écuries

Pas de disposition prise.

2.5 Chantier à faibles nuisances

Les ambitions de qualité environnementale du projet ainsi que l'implantation en plein cœur d'une zone boisée impliquent la mise en place d'une « charte de chantier à faibles nuisances ».

Celle-ci est transmise à la maîtrise d'ouvrage dans le rendu de la phase PRO. Elle sera intégrée au dossier de consultation des entreprises en tant que pièce contractuelle, et intégrera des points de vigilance sur :

- La réduction des nuisances (sonores, visuelles, olfactives),
- La réduction des pollutions (air, eau et sol),
- La réduction des consommations d'énergie du chantier (électricité, eau, carburant),
- La gestion des déchets (collecte, tri et traitement).

Cela implique que les compagnons seront sensibilisés à la préservation de l'environnement et adopteront leur pratique en conséquence.

Les déchets du site seront limités au maximum par le recours à la préfabrication et au calepinage (tonnage maximum : 40 kg/m² SHON) ; les déchets inévitables seront valorisés à 85% minimum.

Enfin, la biodiversité du site sera préservée par la mise en place de protections sur les arbres et végétaux existants.

Notes au maître d'ouvrage

- Nous recommandons à la maîtrise d'ouvrage d'ajouter un paragraphe dans son CCAP concernant les pénalités. Voir exemple ci-dessous.

Pénalités pour non-respect de la charte de chantier à faibles nuisances

Des pénalités seront appliquées en cas de non-respect des prescriptions de la charte suivant les montants ci-après. En cas d'infractions répétées, les pénalités appliquées seront doublées à chaque répétition.

- *Présence de déchets dans une benne non appropriée : 400 € HT par benne mal triée, en plus du coût du déclassement de la benne.*
- *Stockage de produits, de déchets ou de matériels en dehors des zones prévues, notamment pour les produits polluants : 300 € HT pour jour de stockage.*
- *Non-respect du nettoyage de chantier ou de la voirie autour du chantier : 400 € HT en plus de l'obligation de nettoyage.*
- *Non-respect de toute autre disposition préconisée dans la charte : 200 € HT par infraction constatée, les remises en conformité restant dues.*

Les constatations pourront être signalées par :

- *le responsable environnement du chantier (gestionnaire du compte prorata) ;*
- *un représentant de la maîtrise d'œuvre et en particulier la MOE Environnement du chantier ;*
- *un représentant de la maîtrise d'ouvrage.*

A la suite d'un compte-rendu, un fax ou un email constatant le manquement, l'entreprise disposera d'un délai de 48h pour se mettre en conformité, avant application des pénalités.

Si l'entreprise ne défère pas aux demandes de mise en conformité par rapport à la charte, les actions correctives seront réalisées par une entreprise extérieure et imputées aux entreprises défaillantes sur proposition de la maîtrise d'œuvre.



2.6 Choix des matériaux

Le système constructif ainsi que les matériaux mis en œuvre ont été sélectionnés en fonction du niveau d'émissions de CO₂ que leur cycle de vie implique (de la fabrication au recyclage) : on parle d'énergie grise.

Tout d'abord le choix a été fait d'un bâtiment s'inscrivant dans la pente pour limiter l'impact carbone du terrassement. Par ailleurs, le mode constructif retenu permet de limiter fortement l'usage du béton, matériau incontournable en structure mais qui possède une énergie grise importante. Aussi le béton ne sera utilisé que pour les murs de soutènement, en dalle et dallage et pour certains murs porteurs au RDC bas.

Le recours à des matériaux à faible énergie grise a été privilégié lors de la conception, avec une part belle faite au bois et aux isolants biosourcés. On peut citer par exemple :

- Une structure en poteaux et façades à ossature bois (FOB) avec remplissage en laine de bois ;
- Un plancher intermédiaire en mixte bois-béton ;
- Une charpente en bois isolée par des caissons préfabriqués remplis en laine de bois ;
- Des menuiseries extérieures en bois ;
- Divers éléments d'agencement intérieur en bois (menuiseries intérieures, plafonds en tasseaux, panneaux acoustiques) ;
- Divers éléments de bardage extérieur en bois.

De manière générale tous les éléments en bois massif du projet justifieront du label FSC ou PEFC.

Par ailleurs on privilégiera la provenance locale :

- Pour le bardage : Alpes ou Jura s'il n'y a pas de classement au feu nécessaire, France sinon.
- Pour les lamellés collés : Alpes ou Jura
- Pour les éléments de structure en bois massif : Alpes ou Jura
- Pour les menuiseries extérieures : Europe

Les labels « Bois des Alpes » ou « Bois du Jura » existent et permettent de répondre à ces exigences. Pour mémoire des scieries ont été identifiées aux alentours du site du projet pour l'approvisionnement en « Bois des Alpes » : Eurolamellé à Rumilly, la scierie du Léman à Crevin, la scierie Monnet et Fils à Bellevaux, et la scierie Néofor à Bonneville. Il est à noter que nous avons précisé dans le dossier de consultation qu'une alternative aux labels est néanmoins acceptable si l'entreprise parvient à démontrer via des éléments de traçabilité que les bois ont été coupés dans les zones géographiques précédemment mentionnées.

Notes au maître d'ouvrage

- En l'absence d'éléments communiqués par le maître d'ouvrage sur les conditions d'éligibilité pour l'obtention des subventions ciblées dans le cadre du programme LEADER mentionné au programme, aucun autre critère que ceux établis ci-dessus ne sont inscrits au marché pour les bois.

Enfin, les sols souples seront soit en linoléum qui est un produit quasiment naturel, composé de toile de jute imperméabilisée par application d'huile de lin et de poudre de bois ou de liège, soit en PVC dans une gamme fabriquée à partir de plastique recyclé.



3 PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE – EXIGENCES REGLEMENTAIRES

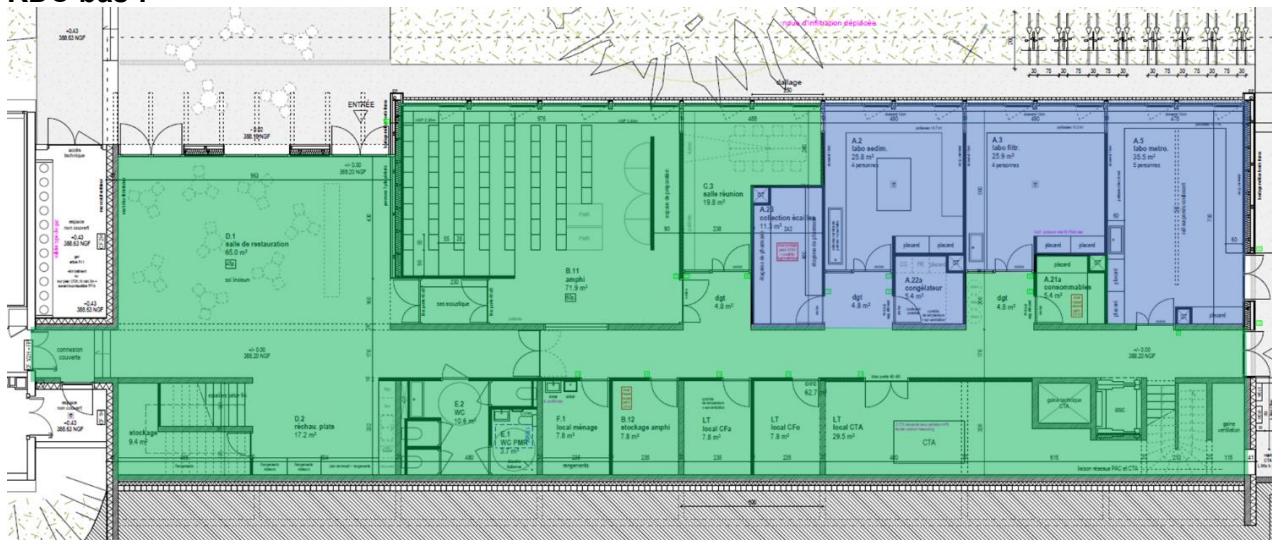
3.1 Bâtiment neuf

La RE2020 s'applique aux zones à usage « bureaux » et locaux assimilés. Les laboratoires et autres locaux soumis à un contrôle d'ambiance (température et hygrométrie) sont considérés comme du « process », donc hors cadre RT/RE.

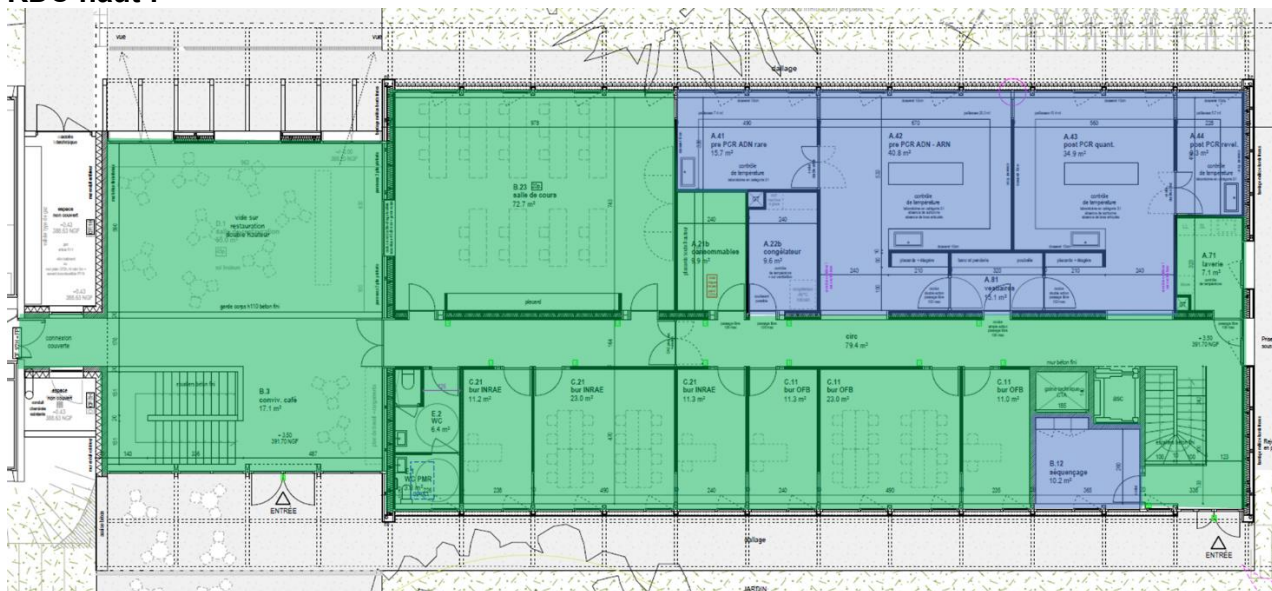
En VERT les zones soumises à la RE2020 « bureaux ».

En BLEU les zones « process ».

RDC bas :



RDC haut :



3.2 Bâtiment atelier

La RT-existant global n'est pas applicable au bâtiment atelier du fait que le bâtiment fait moins de 1000 m². La RT-existant élément par élément s'applique. Celle-ci donne des résistances thermiques minimum à respecter lorsque l'on vient isoler une paroi déperditive – voir ci-dessous les exigences pour un projet situé en zone climatique H1c :



PAROIS	RÉSISTANCE THERMIQUE MINIMALE EN ZONE H1C	CAS D'ADAPTATION POSSIBLES
Murs en contact avec l'extérieur et rampants de toitures de pente supérieure à 60°	3.2	En zone H1, la résistance thermique minimale peut être réduite jusqu'à 3,2 m ² .K/W dans les cas suivants : -dans les locaux à usage d'habitation, les travaux d'isolation sont réalisés par l'intérieur ; -ou le système constructif est une double peau métallique.
Murs en contact avec un volume non chauffé	2.5	
Toitures terrasses	4.5	La résistance thermique minimale peut être réduite jusqu'à 3 m ² .K/W dans les cas suivants : -l'épaisseur d'isolation implique un changement des huisseries, ou un relèvement des garde-corps ou des équipements techniques ; -ou l'épaisseur d'isolation ne permet plus le respect des hauteurs minimales d'évacuation des eaux pluviales et des relevés ; -ou l'épaisseur d'isolation et le type d'isolant utilisé implique un dépassement des limites de charges admissibles de la structure.
Planchers de combles perdus	5.2	
Rampants de toiture de pente inférieure 60°	5.2	En zone H1, la résistance thermique minimale peut être réduite jusqu'à 4 m ² .K/ W lorsque, dans les locaux à usage d'habitation, les travaux d'isolation entraînent une diminution de la surface habitable des locaux concernés supérieure à 5 % en raison de l'épaisseur de l'isolant.
Planchers bas donnant sur local non chauffé ou extérieur	3	La résistance thermique minimale peut être diminuée à 2.1 m ² .K/W pour adapter l'épaisseur d'isolant nécessaire à la hauteur libre disponible si celle-ci est limitée par une autre exigence réglementaire.

3.3 Bâtiment anciennes écuries

Aucune réglementation thermique n'est applicable pour le bâtiment anciennes écuries, converties en locaux de stockage et demandés hors gel au programme.



4 MODELISATION DU PROJET – BÂTIMENT NEUF

Pour pouvoir estimer les performances thermiques, énergétiques et de confort (d'été et d'éclairement naturel) **du bâtiment neuf**, nous le modéliserons avec le logiciel PLEIADES d'IZUBA ENERGIES.

La méthodologie est la suivante :

1. Saisie de l'environnement et contexte du projet
2. Saisie du bâtiment et de son enveloppe thermique
3. Saisie des systèmes énergétiques
4. Saisie des hypothèses d'utilisation et des besoins énergétiques du bâtiment
5. Décomposition en zones de simulation dynamique

Puis nous réaliserons différents calculs dont on présentera les résultats dans les pages suivantes :

- Calcul réglementaire RE2020 (B_{bio} , C_{ep} , $C_{ep,nr}$, $IC_{énergie}$, $IC_{construction}$, DH)
- Etude du confort d'été par Simulation Thermique Dynamique (STD)
- Etude d'éclairement naturel ou Facteur de Lumière du Jour (FLJ)



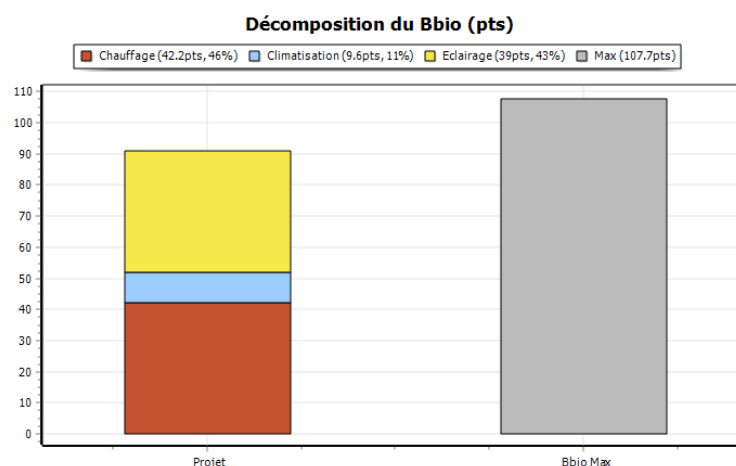
5 RESULTATS CALCULS REGLEMENTAIRES

5.1 RE2020 Energie

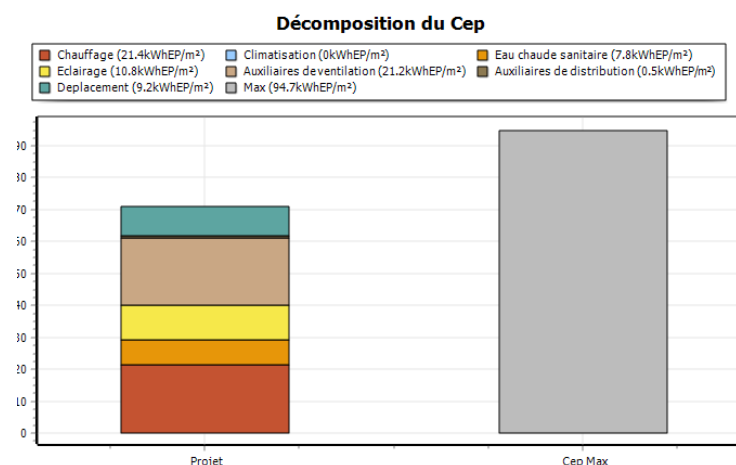
Ci-dessous les résultats du calcul réglementaire réalisé sur la partie Energie.
La fiche RSET est transmise en annexe.

Bbio			Cep			Cep nr		
Résultat projet	Seuil	Marge	Résultat projet	Seuil	Marge	Résultat projet	Seuil	Marge
90.8 pts	107.7 pts	-15.7%	70.9 kWhEp/m².an	94.7 kWhEp/m².an	-25.1%	70.9 kWhEp/m².an	83.6 kWhEp/m².an	-15.2%

DH		
Résultat projet	Seuil	Marge
185.8°C.h	1150°C.h	-83.8%



Le besoin bioclimatique **Bbio**, exprimé en points, traduit le besoin en chauffage, éclairage et éventuellement climatisation, indépendamment des systèmes énergétiques mis en œuvre. Il dépend de la conception architecturale de son bâti (compacité, orientation des baies, accès à l'éclairement naturel...) et de la qualité de son enveloppe en termes d'isolation, d'étanchéité à l'air ou d'inertie.



Le coefficient **Cep** correspond aux consommations conventionnelles d'énergie primaire du bâtiment pour les 5 usages réglementaires (chauffage, refroidissement, ECS, éclairage et auxiliaires de ventilation et de distribution) et liées aux déplacements internes des occupants (ascenseurs ou escalators), éclairage et ventilation des parties communes et éventuels parkings.

Le coefficient **Cep,nr** représente la consommation conventionnelle du bâtiment pour les mêmes usages que le Cep, en ne conservant que la part non renouvelable.



L'indicateur **DH** (Degrés-Heures) permet d'évaluer la durée et l'intensité des périodes d'inconfort d'été sur une année, lorsque la température intérieure d'un bâtiment est supposée inconfortable.

5.2 RE2020 Carbone

Le calcul est basé sur une analyse du cycle de vie (ACV) du bâtiment, constitué de 5 étapes :

- Production des matériaux,
- Construction/chantier,
- Exploitation,
- Déconstruction/démolition,
- Réutilisation/recyclage des matériaux.

Pour chacune de ces phases, la méthode prévoit la prise en compte de 5 contributeurs :

- Les « Composants » : les produits de construction et équipements du bâtiment, réseaux, systèmes de production d'énergie, parkings qu'il a fallu produire, transporter, mettre en œuvre, utiliser et qu'il faudra démolir ou recycler.
- Le « Chantier » : couvre les consommations d'énergie du chantier de construction, les consommations et rejets d'eau du chantier, l'évacuation et le traitement des déchets du terrassement
- L'« Energie » : les consommations d'énergie du bâtiment en fonctionnement : les consommations d'énergie importées et consommées par le bâtiment. Ces consommations d'énergie sont liées à l'utilisation du bâtiment et correspondent aux consommations calculées pour tous les usages réglementaires.
- L'« Eau » : les consommations et rejets d'eau : couvre, pour la phase d'exploitation du bâtiment, tous les usages de l'eau à l'échelle du bâtiment et la gestion des eaux pluviales captées par le bâtiment ainsi que leur assainissement. → **Pas d'impact sur les indicateurs réglementaires**
- La « Parcelle » : les composants nécessaires aux ouvrages présents sur la parcelle hors bâtiment, réseaux, systèmes de production d'énergie, parkings qu'il a fallu produire, transporter, mettre en œuvre et qu'il faudra démolir ou recycler. Il s'agit notamment des composants nécessaires à la clôture de la parcelle et à la construction des voiries hors parkings. Elle prend aussi en compte les usages d'eau nécessaire à l'arrosage des espaces végétalisés de la parcelle et aux usages particuliers de l'eau (comme le nettoyage des voiries par exemple). → **Pas d'impact sur les indicateurs réglementaires**

Cela permet d'aboutir à la cartographie suivante :

Performance environnementale du bâtiment sur son cycle de vie						
Contributions		Phase de production (étape 1)	Phase de Construction (étape 2)	Phase d'exploitation (étape 3)	Phase de fin de vie (étape 5)	Bénéfices et charges : valorisation en fin de vie et export d'énergie (étape 5)
	Composants	✓	✓	✓ Entretien et maintenance	✓	✓
	Energie			✓		
	Eau			✓		
	Chantier		✓			✓
	Parcelle	✓	✓	✓	✓	✓

Figure 2 - Récapitulatif des contributions aux impacts environnementaux

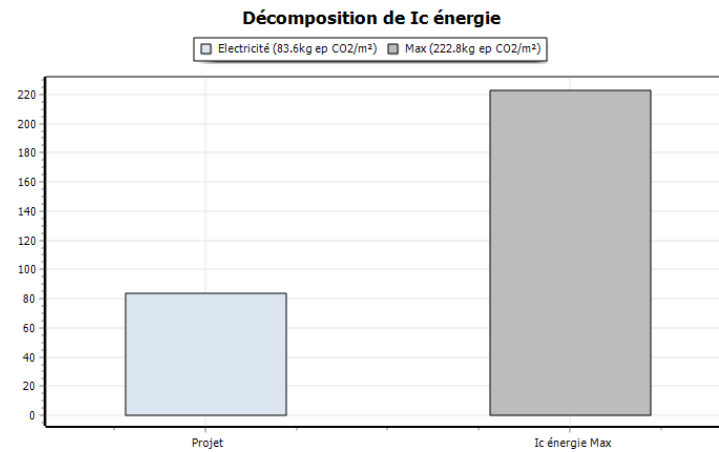
Les deux indicateurs réglementaires sont :

- **Ic construction (= Ic chantier + Ic composants)**
- **Ic énergie**

Ci-dessous les résultats du calcul réglementaire sur la partie Carbone.

La fiche RSENV est transmise en annexe.

Ic énergie			Ic construction		
Résultat projet	Seuil	Marge	Résultat projet	Seuil	Marge
83.6 kg eq CO2/m²	223 kg eq CO2/m²	-62.5%	828.6 kg eq CO2/m²	860.6 kg eq CO2/m²	-3.7%



L'indicateur **Ic énergie** correspond à l'impact sur le changement climatique, à l'horizon 50 ans, des émissions de gaz à effet de serre relatives aux consommations d'énergie du bâtiment pendant son exploitation. Il est calculé avec la méthode dynamique à partir des consommations d'énergies finales de chaque vecteur énergétique sur 50 ans.

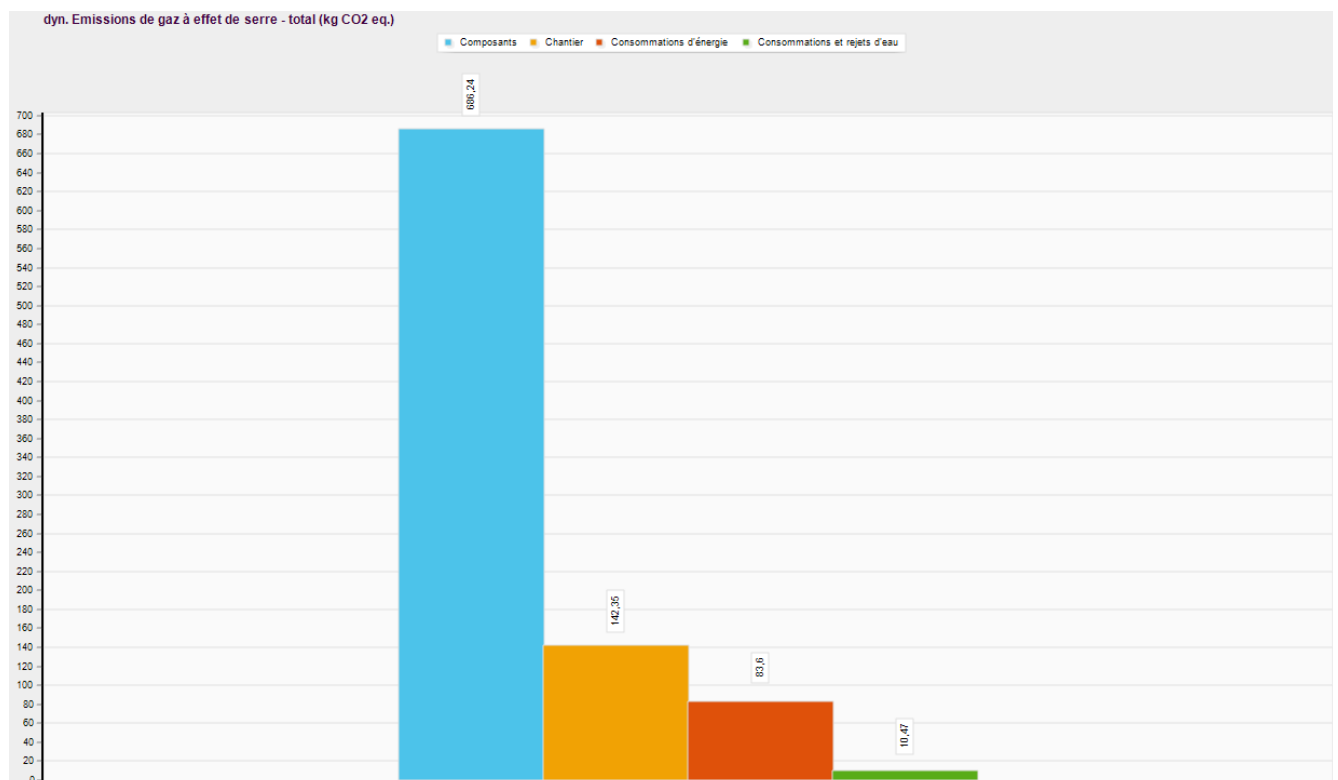


Figure 3 - Répartition des contributions à l'émission de gaz à effet de serre du bâtiment - calcul dynamique sur 50 ans (kgCO2eq/m² Sref)

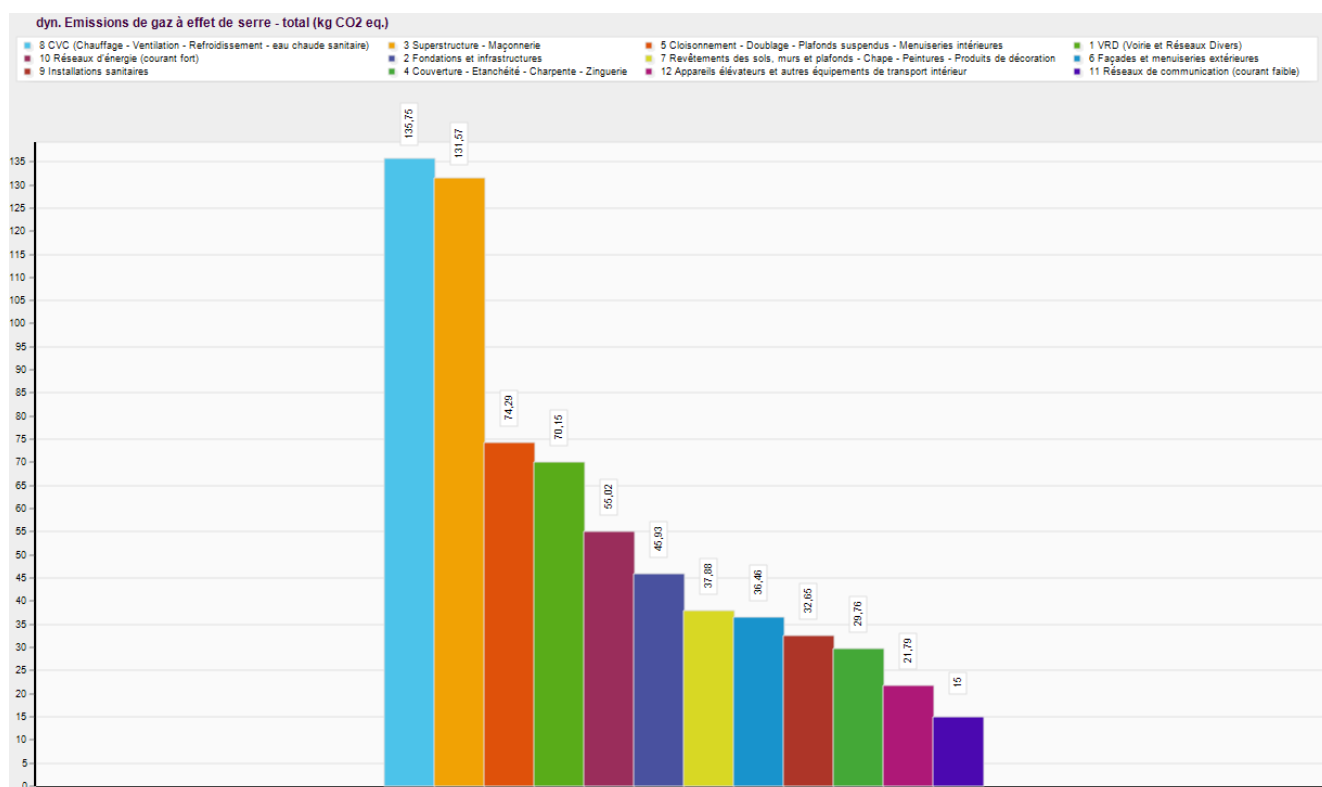


Figure 4 - Répartition par lot des émissions de gaz à effet de serre des Composants - calcul dynamique sur 50 ans (kgCO₂eq/m² Sref)

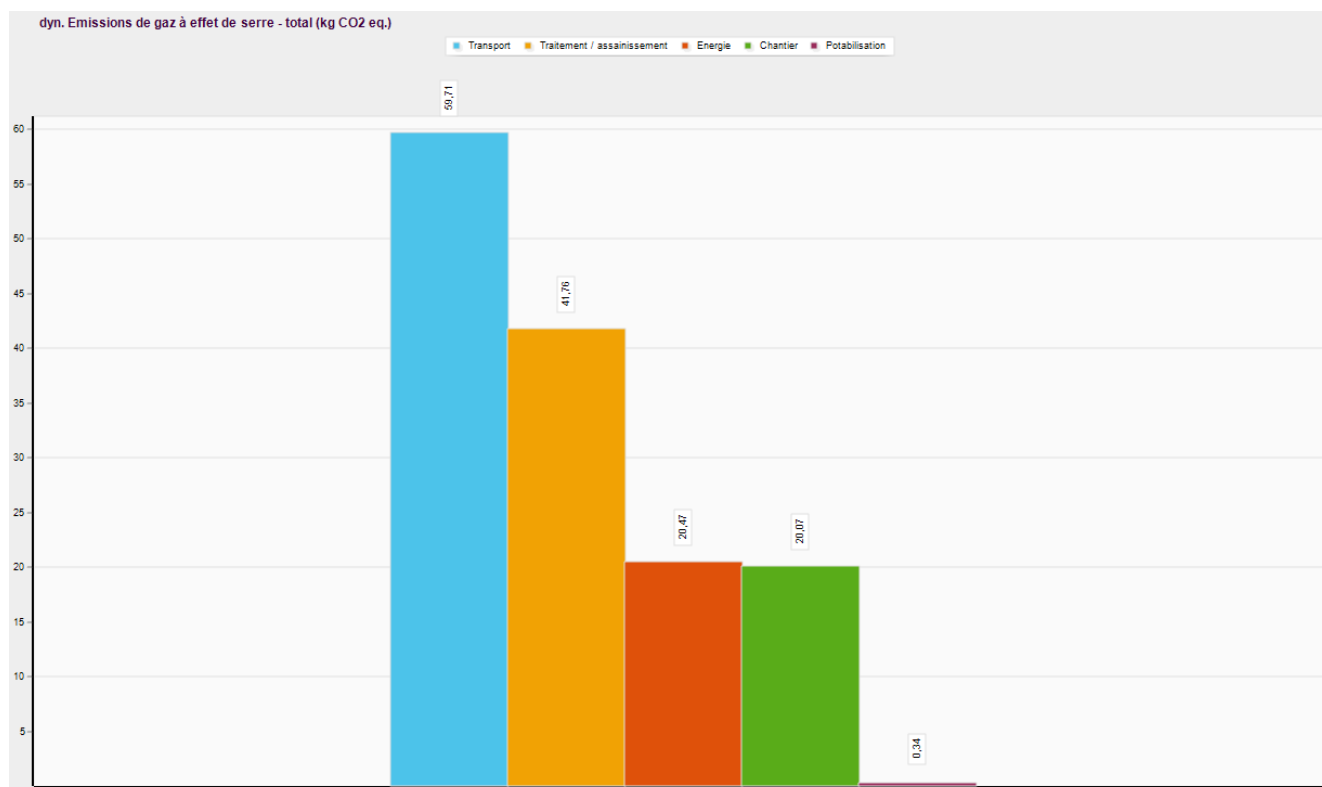


Figure 5 - Répartition par poste des émissions de gaz à effet de serre du Chantier - calcul dynamique sur 50 ans (kgCO₂eq/m² Sref)

L'indicateur **Ic construction** correspond à l'impact sur le changement climatique, à l'horizon 50 ans, des émissions de gaz à effet de serre relatives aux produits de construction et équipements du bâtiment, et de leur mise en œuvre. Il est calculé avec la méthode dynamique, conformément à la réglementation en vigueur.

6 SIMULATION DYNAMIQUE

6.1 Hypothèses

6.1.1 Météo

Le fichier météo utilisé pour la simulation dynamique est celui de la station météo la plus proche (Changins, Suisse – alt. 430 m) recalé par rapport à l'altitude du projet (390 m). Ce fichier est issu de la base de données Météonorm V2, provenant du CSTB et contient les données de température, d'ensoleillement, d'humidité, de vent et de précipitations tout au long de l'année.

Coordonnées GPS du site : N 46° 24' 4" et E 6° 13' 40"

Quatre variantes de température extérieure sont possibles :

- Un fichier « moyen » qui reprend les températures moyennes mensuelles sur 10 ans (2010-2019) ;
- Un fichier « été chaud » qui utilise les températures maximales mensuelles sur 10 ans (2010-2019) pour la période estivale ;
- Un fichier « RCP4.5 2040 » correspondant au scénario intermédiaire du GIEC (stabilisation des émissions avant la fin du XXI^e siècle à un niveau faible) extrapolé à l'horizon 2040 ;
- Un fichier « RCP4.5 2070 » correspondant au scénario intermédiaire du GIEC (stabilisation des émissions avant la fin du XXI^e siècle à un niveau faible) extrapolé à l'horizon 2070.

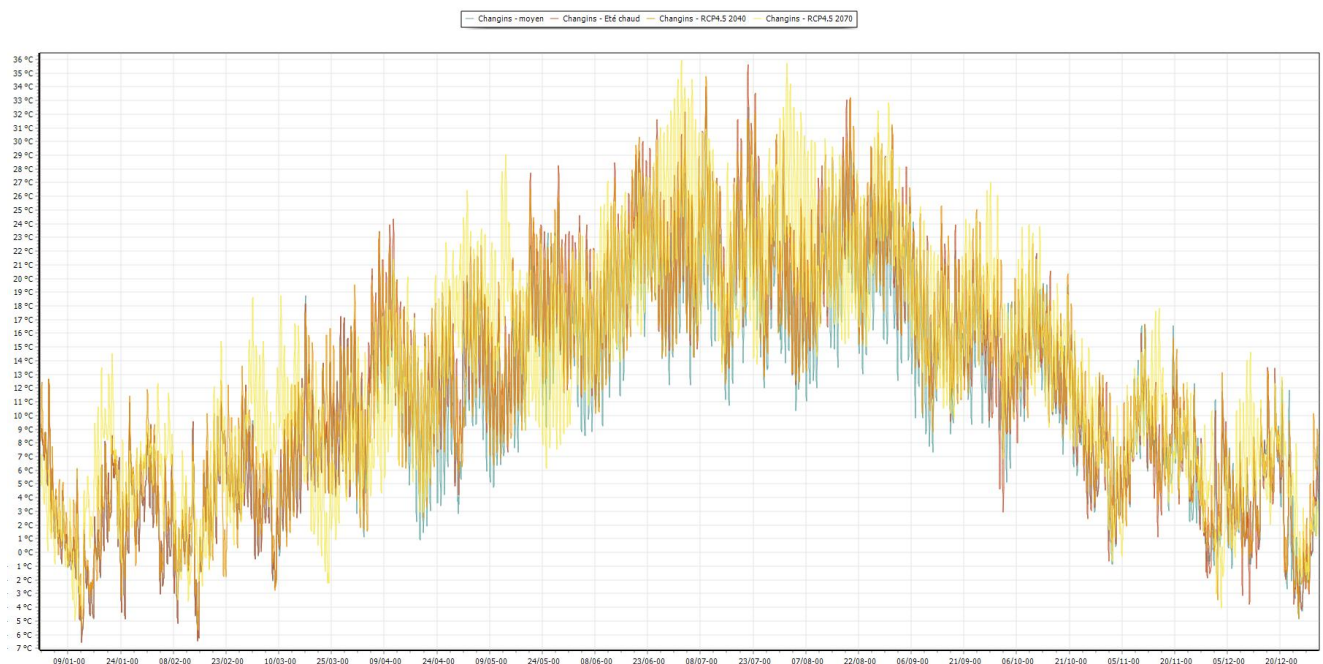


Figure 6 – Comparaison des fichiers météo - températures extérieures annuelles

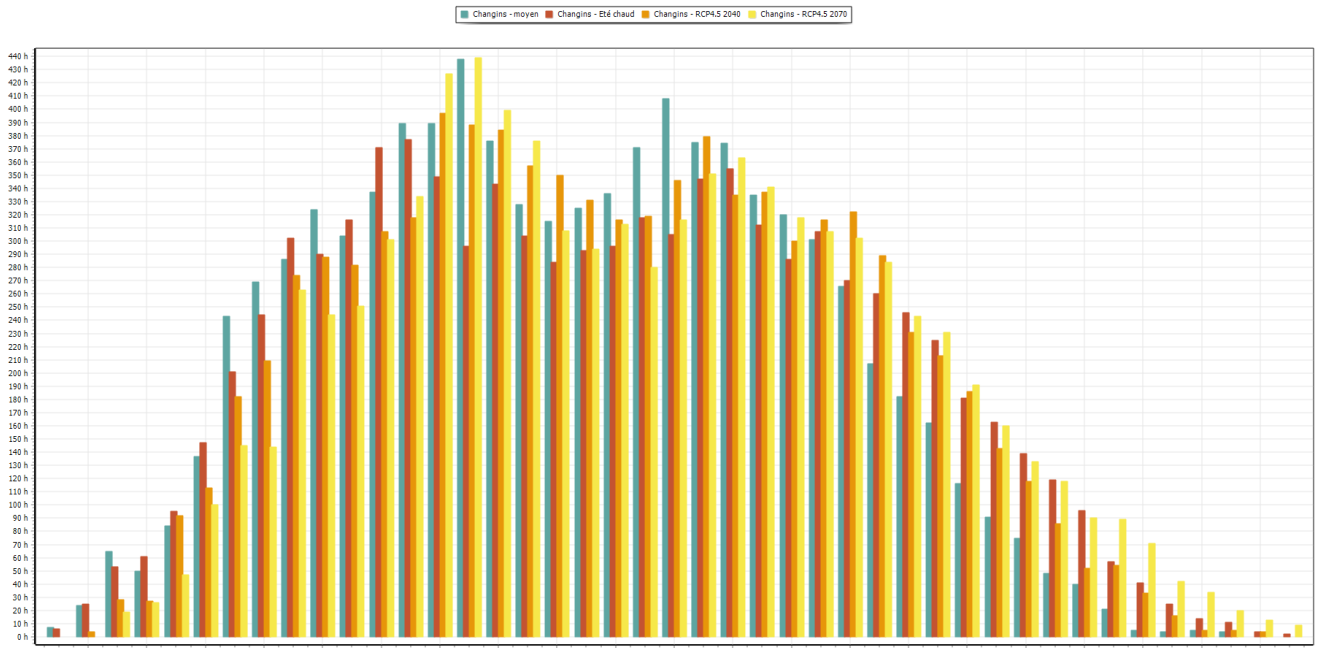


Figure 7 - Comparaison des fichiers météo - répartition des heures sur l'année

Focus saison froide :

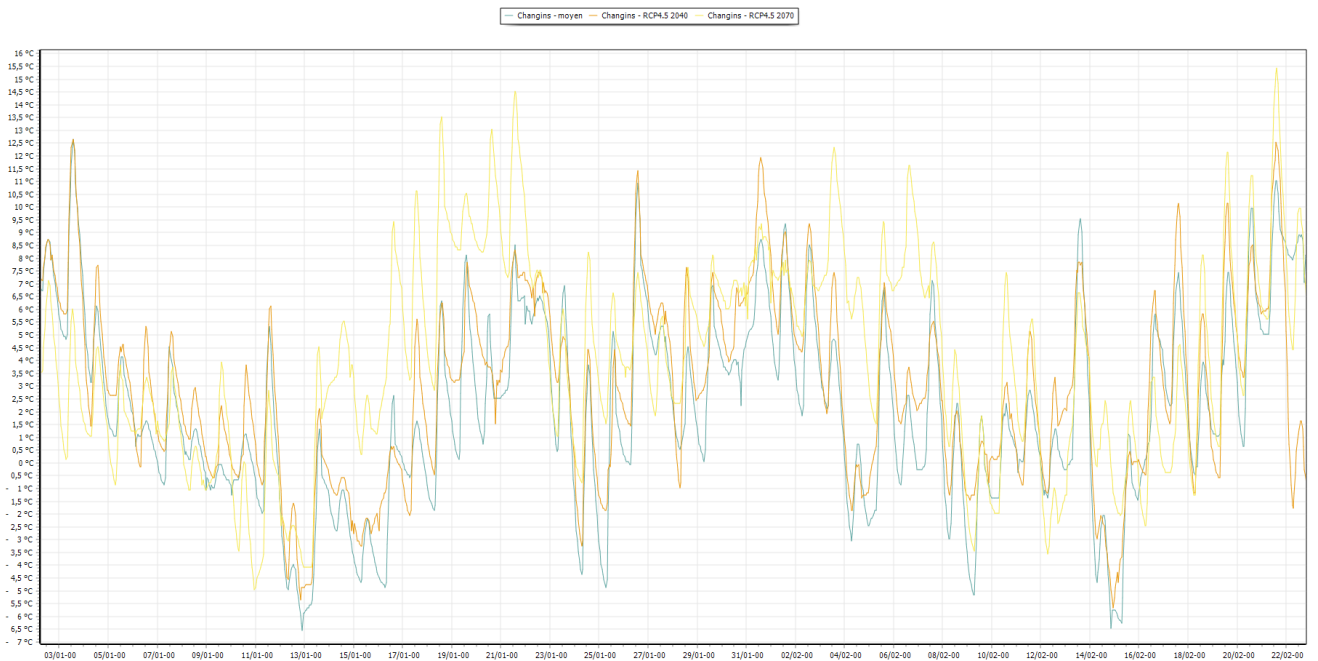


Figure 8 - Comparaison des fichiers météo - températures extérieures en saison froide

En hiver, on voit que les températures extérieures dans le cas du scénario « moyen » sont plus froides de l'ordre de 2-3°C par rapport à celles du scénario « RCP4.5 2040 ». Le scénario « RCP4.5 2070 », quant à lui, est sensiblement plus chaud.

➔ Pour les études sur le besoin de chauffage nous utiliserons le fichier météo « moyen ».



Focus saison chaude :

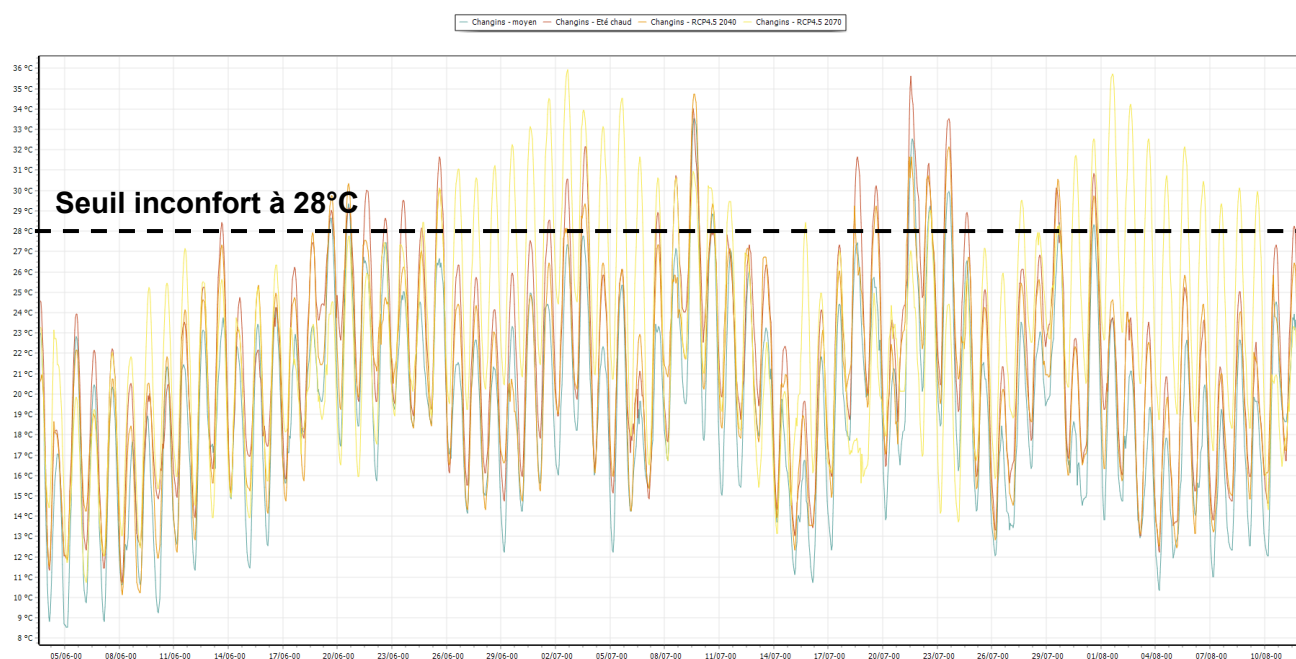


Figure 9 - Comparaison des fichiers météo - températures extérieures en saison chaude

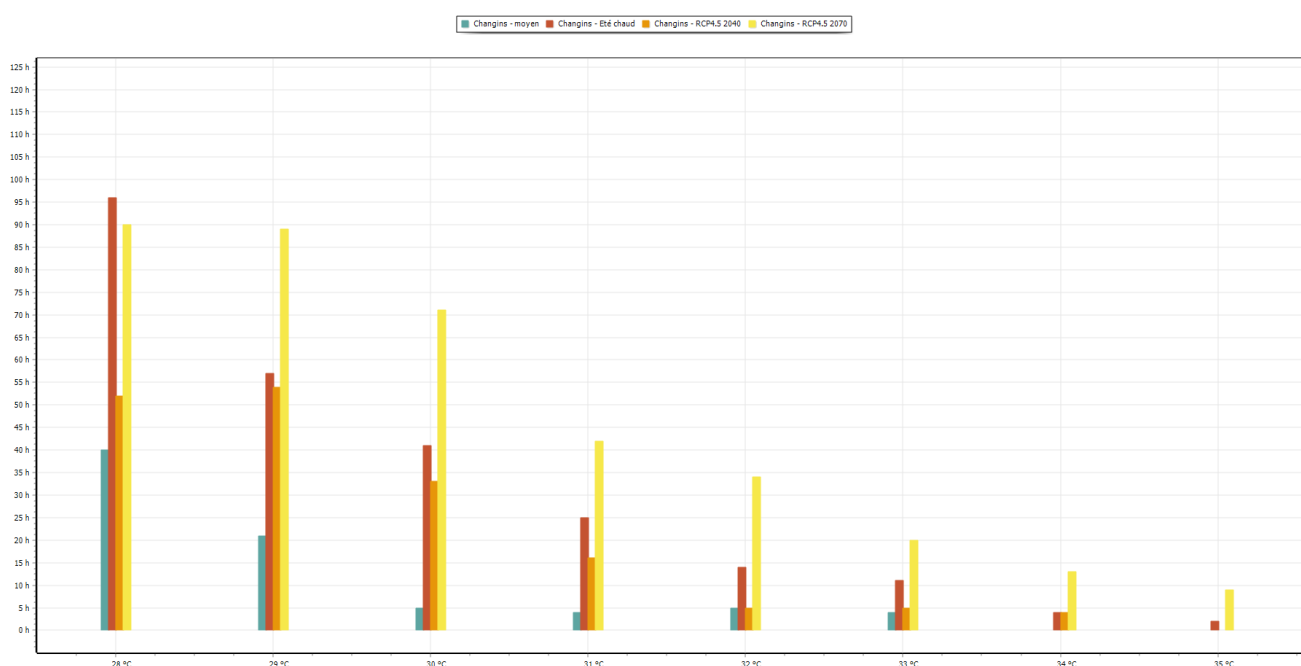


Figure 10 - Répartition des heures d'inconfort (>28°C)

On voit que les températures extérieures dans le cas du scénario « été chaud » sont plus élevées de 3-4°C environ par rapport au scénario « moyen ». Celles du scénario « RCP4.5 2070 » sont sensiblement plus chaudes, et vont au-delà de 28°C en journée pendant de longues périodes, avec des pics à 35°C.

A titre de comparaison les températures maximales enregistrées à Changins ces dernières années sont les suivantes (source : infoclimat/climatologie mensuelle) :

	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
2021	22.4°C	30.7°C	28.2°C	32.0°C	26.9°C
2022	31.1°C	34.7°C	35.8°C	36.5°C	26.6°C
2023	25.2°C	31.5°C	33.6°C	38.5°C	30.2°C
2024	26.1°C	30.8°C	32.0°C	32.0°C	28.8°C

Par conséquent les scénarios « été chaud » voire « RCP4.5 2070 » semblent davantage représentatifs de l'actualité du climat.

➔ Pour les études sur le confort d'été nous utiliserons le fichier météo « RCP4.5 2070 ».

Par ailleurs on note que sur les périodes de forte chaleur, les températures vont au-delà de 28°C en journée mais retombent à 20°C la nuit. Cette météo est donc propice à la mise en place de la **ventilation nocturne**, qu'elle soit naturelle ou mécanique.

6.1.2 Masques solaires

Les masques solaires lointains (massifs montagneux, etc.) sont pris en compte dans le modèle via le module Carnaval du logiciel Pléiades.

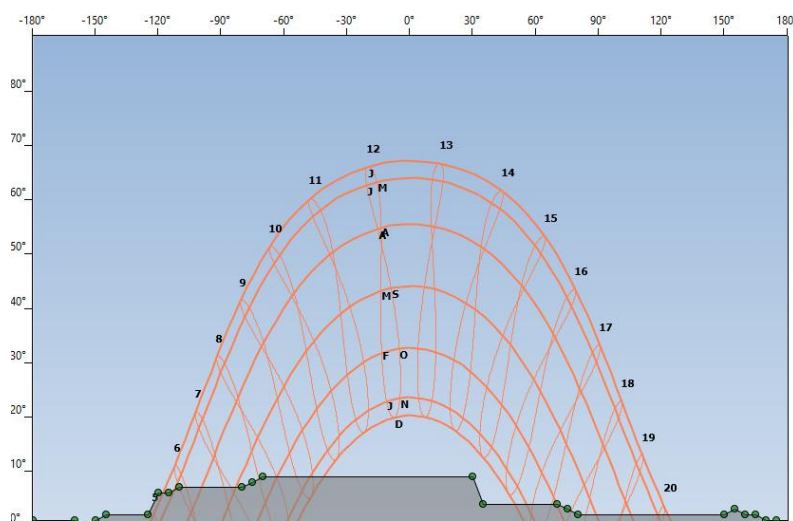


Figure 11 – Masques solaires lointains

Les masques solaires proches (ombres portées des bâtiments voisins, arbres, etc.) sont également pris en compte et modélisés. **Il est important de mentionner que le logiciel utilisé ne prend pas en compte le phénomène d'évapotranspiration des arbres, mais seulement l'ombrage créé par ces derniers sur le bâtiment. En réalité, ce phénomène est source de fraîcheur en été.**

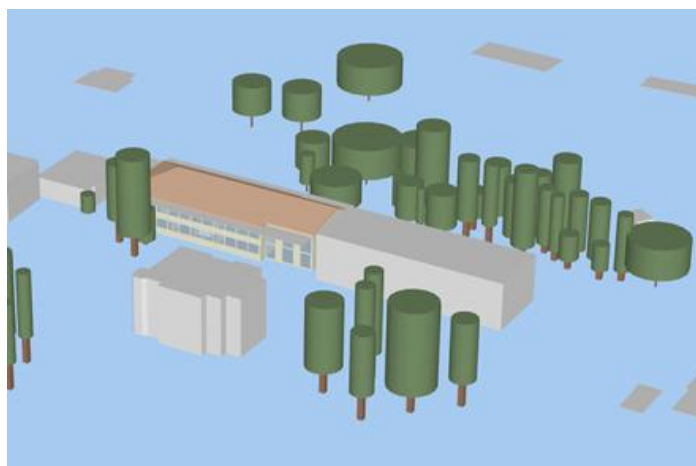


Figure 12 – Vue 3D avec masques proches



6.1.3 Enveloppe thermique

L'enveloppe thermique est celle décrite au §2.1.1.1

6.1.4 Etanchéité à l'air

Le niveau d'étanchéité à l'air est celui décrit au §2.1.1.1

6.1.5 Scénarios d'occupation

Un scénario d'occupation au sens de notre modélisation est la combinaison d'une période d'utilisation et d'un nombre d'usagers.

On considère que le site sera ouvert toute l'année, hors week-end, suivant un mode de fonctionnement type « bureau » recalé sur la base des réponses fournies par la maîtrise d'ouvrage en date du 27/03/2025. Ensuite on prend en compte les effectifs mentionnés au programme ou dans les fiches par local ou précisés par la maîtrise d'ouvrage pour chaque type de pièce.

Cela conduit aux scénarios ci-dessous.

Bureau 1 personne :

Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Semaine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Week end	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bureau 4 personnes :

Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Semaine	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0
Week end	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Salle de réunion 6 personnes :

Note : on a souhaité représenter une occupation intermittente de ce local

Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Occup	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	6	6	0	0	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0
Week end	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Innocup	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine	Occup	Innocup	Occup	Innocup	Occup	Week end	Week end
Semaine 1	Occup	Occup	Innocup	Occup	Innocup	Week end	Week end
Semaine 2	Occup	Innocup	Occup	Occup	Innocup	Week end	Week end
Semaine 3	Innocup	Occup	Occup	Innocup	Occup	Week end	Week end
Semaine 4	Occup	Occup	Innocup	Innocup	Occup	Week end	Week end

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1		Semaine	Semaine									
2								Semaine 4		Semaine 3		
3					Semaine 1							Semaine
4	Semaine											
5				Semaine 2			Semaine		Semaine 4		Semaine 3	
6												
7						Semaine 1						
8		Semaine 4	Semaine 3					Semaine				
9										Semaine 4		
10					Semaine 2							Semaine 1
11	Semaine 1								Semaine			
12				Semaine 3			Semaine 1				Semaine 4	
13												
14						Semaine 2						
15		Semaine 1	Semaine 4					Semaine 1		Semaine		
16												
17					Semaine 3							Semaine 2
18	Semaine 2								Semaine 1			
19				Semaine 4			Semaine 2				Semaine	
20						Semaine 3						
21												
22		Semaine 2	Semaine 1					Semaine 2		Semaine 1		
23												
24					Semaine 4							Semaine 3
25	Semaine 3								Semaine 2			
26				Semaine			Semaine 3				Semaine 1	
27												
28						Semaine 4						
29			Semaine					Semaine 3		Semaine 2		Semaine 4
30												
31					Semaine							

Labo 3 personnes – Sedim./Filtration :

[illegible]

Labo 4 personnes – Pre-PCR ADN rare/ Pre-PCR ADN ARN/Post-PCR quant./post PCR revel. :

[illegible]

Labo 5 personnes – Métro. :

[illegible]

Salle de cours 20 personnes :

[illegible]

Amphithéâtre 60 personnes :

Note : on a souhaité représenter une occupation intermittente de ce local conformément à la description transmise par la maîtrise d'ouvrage

[illegible]



	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1				Inoccup	Inoccup		Inoccup			Inoccup	Inoccup	
2						Inoccup	Inoccup	Séminaire inte				
3	Formation	Soutenance					Soutenance					Formation
4		Inoccup	Séminaire inte					Inoccup	Soutenance	Réunion proje	Réunion labo	
5			Inoccup		Réunion labo		Inoccup				Inoccup	
6				Soutenance					Inoccup			
7	Inoccup		Réunion labo			Réunion labo	Séminaire inte	Réunion labo		Inoccup		Inoccup
8		Formation			Inoccup						Formation	
9			Inoccup	Inoccup				Inoccup	Réunion labo			Réunion proje
10	Réunion labo					Inoccup						Inoccup
11	Inoccup						Inoccup				Inoccup	Séminaire inte
12					Séminaire inte			Réunion proje	Inoccup		Séminaire inte	Soutenance
13	Soutenance		Formation	Séminaire inte						Formation		
14	Inoccup	Inoccup		Inoccup	Inoccup	Réunion proje		Inoccup				Inoccup
15							Réunion labo				Inoccup	
16	Séminaire inte				Soutenance	Inoccup				Inoccup		Réunion labo
17								Soutenance		Séminaire inte		Inoccup
18		Réunion labo	Inoccup	Formation	Inoccup		Inoccup		Formation		Soutenance	
19		Inoccup				Soutenance		Inoccup				Séminaire inte
20										Inoccup		
21	Inoccup	Réunion proje		Réunion proje		Inoccup						
22		Inoccup	Réunion proje				Réunion proje		Inoccup		Inoccup	
23					Formation	Séminaire inte		Formation				
24		Séminaire inte		Inoccup		Inoccup	Inoccup			Réunion labo		
25			Inoccup						Séminaire inte			Inoccup
26	Réunion proje				Inoccup					Inoccup		
27									Inoccup		Réunion proje	
28		Inoccup	Soutenance	Réunion labo	Réunion proje	Formation	Formation					
29									Réunion proje	Soutenance	Inoccup	
30	Inoccup							Inoccup				
31							Inoccup					

Restauration RDC bas / espace convivialité RDC haut :

Note : on a souhaité représenter une occupation intermittente et fonction de l'occupation de l'amphithéâtre pour ce local, conformément à la description transmise par la maîtrise d'ouvrage

Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Week end	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Séminaire interne	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	60	60	60	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0
Réunion labo	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	60	60	60	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0
Réunion projet	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	60	60	60	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0
Soutenance	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	60	60	60	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0
Formation	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	60	60	60	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0
Occup	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	45	45	45	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1				Semaine	Semaine		Semaine			Semaine	Semaine	
2						Semaine	Semaine	Séminaire inte				
3	Formation	Soutenance					Soutenance					Formation
4		Semaine	Séminaire inte				Semaine	Soutenance	Réunion proje	Réunion labo		
5			Semaine		Réunion labo		Semaine				Semaine	
6				Soutenance					Semaine			
7	Semaine		Réunion labo			Réunion labo	Séminaire inte	Réunion labo		Semaine		Semaine
8		Formation			Semaine						Formation	
9			Semaine	Semaine					Réunion labo			Réunion proje
10	Réunion labo					Semaine						Semaine
11	Semaine						Semaine				Semaine	
12					Séminaire inte			Réunion proje	Semaine		Séminaire inte	Soutenance
13	Soutenance		Formation	Séminaire inte						Formation		
14	Semaine	Semaine		Semaine	Semaine	Réunion proje		Semaine			Semaine	Semaine
15							Réunion labo					
16	Séminaire inte				Soutenance	Semaine				Semaine		Réunion labo
17								Soutenance		Séminaire inte		Semaine
18		Réunion labo	Semaine	Formation	Semaine		Semaine		Formation		Soutenance	
19		Semaine				Soutenance		Semaine				Séminaire inte
20										Semaine		
21	Semaine	Réunion proje		Réunion proje		Semaine					Semaine	
22		Semaine	Réunion proje				Réunion proje		Semaine		Semaine	
23					Formation	Séminaire inte		Formation				
24		Séminaire inte		Semaine		Semaine	Semaine			Réunion labo		
25			Semaine						Séminaire inte			Semaine
26	Réunion proje				Semaine					Semaine		
27									Semaine		Réunion proje	
28		Semaine	Soutenance	Réunion labo	Réunion proje	Formation	Formation					
29									Réunion proje	Soutenance	Semaine	
30	Semaine							Semaine				
31							Semaine					

6.1.6 Scénarios de ventilation

Ventilation mécanique

1 système double flux avec échangeur thermique + système de by-pass de l'échangeur actif hors période de chauffage ont été modélisés.



Les caractéristiques techniques détaillées sont présentées ci-dessous :

	Débit total	Rendement récupération énergie
CTA01	4850 m ³ /h	80%

Les débits de ventilation sont modélisés par des bouches de reprise et soufflage dans chaque local. Le fonctionnement des bouches suit les scénarios ci-dessous :

- En période d'occupation, c'est le débit nominal qui est pris en compte (fonctionnement 1h avant, extinction 1h après).
- En période d'inoccupation, on prend en compte un débit nul. Cela signifie qu'aucun débit de rafraîchissement nocturne n'est pris en compte en BASE.

Ventilation naturelle

La majorité des menuiseries (fenêtres, portes et portes-fenêtres) est modélisée comme étant ouvrable, selon le mode d'ouverture réglementaire « ouverture à la française manuelle » défini dans la méthode Th-BCE. Cela implique que la ventilation naturelle par ouverture des fenêtres est prise en compte lorsque les locaux sont occupés, soit en journée.

6.1.7 Scénario de chauffage

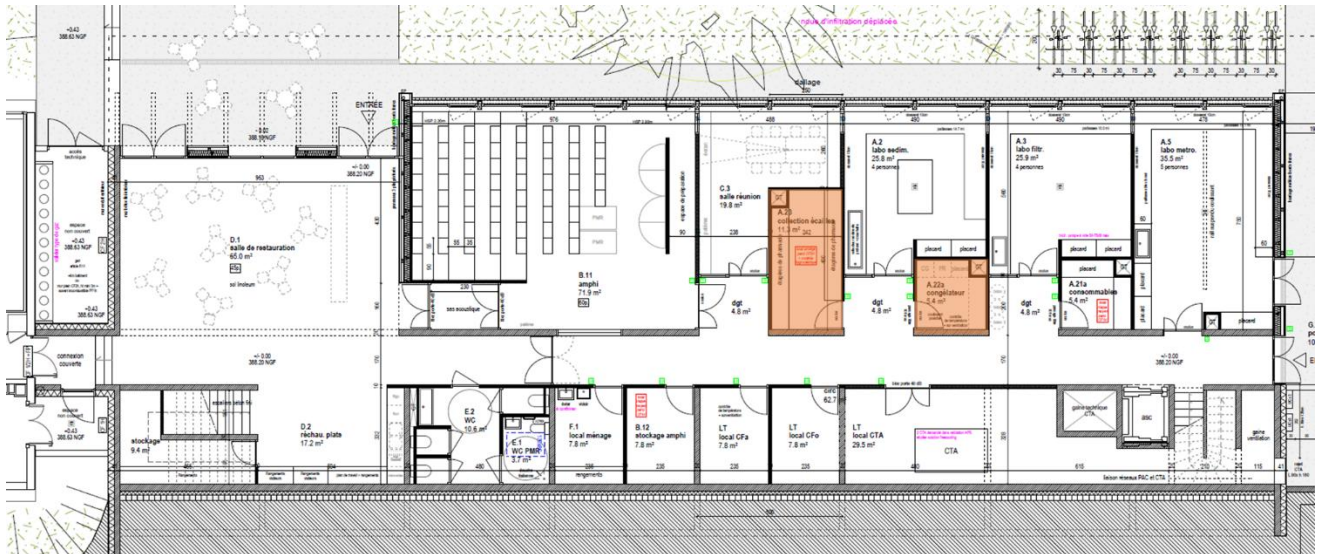
La période de chauffage est du 15/10 au 06/05.

La température de consigne est fixée à 19°C, avec un réduit le soir, la nuit et le week-end à 16°C.

6.1.8 Scénarios de rafraîchissement

Les locaux identifiés en ORANGE ci-dessous sont considérés rafraîchis à 26°C toute l'année.

RDC bas :





RDC haut :



6.1.9 Occultations

Les menuiseries sont modélisées avec des protections solaires extérieures mobiles type BSO, sauf quand il s'agit d'une porte ou porte-fenêtre, suivant repérage établi au §2.4.1.1.

Les BSO sont modélisés avec un facteur solaire à 5% lorsqu'ils sont en position déployée.

Les scénarios d'ouverture / fermeture sont modélisés de la manière suivante (100% = BSO baissé complètement, 0% = BSO remonté complètement) :

Valeur	Unité
0	%
60	%
30	%
80	%

Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Jour chaud	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	60	60	60	80	80	80	60	60	60	30	0	0	0	0	0
Jour	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine chaude	Jour chaud	Jour chaud	Jour chaud	Jour chaud	Jour chaud	Jour	Jour
Semaine	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour

(*) « semaine chaude » de mai à septembre

6.1.10 Apports internes

6.1.10.1 Occupants

La chaleur sensible dégagée par occupant a été fixée à 80 W.

6.1.10.2 Equipements électriques

Les apports internes liés à la présence d'appareils électriques (puissances dissipées) ont été pris en compte comme suit (sur la base des éléments envoyés par le maître d'ouvrage dans sa réponse du 27/03/2025) :

Pièce	Equipements
Salle de réunion	Forfait de 240 W appliqué sur toute la plage d'occupation (équivalent à 6 PC portables allumés)
Bureau 1 personne	1 PC portable + écran (80 W) allumé sur toute la plage d'occupation

Bureau 4 personnes	2 PC portable + écran (80 W) allumé sur toute la plage d'occupation
Laboratoires	Forfait de 14W/m ² appliqué sur toute la plage d'occupation
Amphithéâtre	Forfait de 800 W appliqué sur toute la plage d'occupation (équivalent à 20 PC portables allumés)
Salle de cours	Forfait de 800 W appliqué sur toute la plage d'occupation (équivalent à 20 PC portables allumés)
Restauration et espace de convivialité	Forfait de 300 W en continu (équivalent à 2 grands frigos en fonctionnement) + forfaits de 200W et 500W supplémentaires appliqués respectivement sur les plages 13h-15h et 15h-17h

6.1.10.3 Eclairage

Les apports internes induits par l'équipement d'éclairage, en fonctionnement lorsque l'éclairement naturel n'est pas suffisant pour atteindre le niveau d'éclairement requis, sont également pris en compte, via une puissance dissipée de :

- 7.5 W/m² pour la salle de réunion, l'amphithéâtre et la salle de cours
- 6 W/m² pour les bureaux, les laboratoires, l'espace restauration
- 4 W/m² pour les sanitaires et les vestiaires
- 2 W/m² pour les circulations

L'éclairement à atteindre est modélisé comme suit :

- Restauration : 200 lux au sol de 8h à 19h tous les jours sauf week-end
- Amphithéâtre : 500 lux au sol sur la plage d'occupation
- Salle de cours : 300 lux à 70 cm du sol sur la plage d'occupation
- Salle de réunion : 300 lux à 70 cm du sol sur la plage d'occupation
- Laboratoires : 500 lux à 70 cm du sol sur la plage d'occupation
- Bureaux : 300 lux à 70 cm du sol sur la plage d'occupation
- Circulations / Sanitaires : 200 lux au sol de 8h à 19h tous les jours sauf week-end
- Vestiaires : 300 lux au sol de 8h à 19h tous les jours sauf week-end

6.2 STD – Besoin de chauffage

6.2.1 Objectifs

Une simulation thermique dynamique (STD) a été réalisée pour étudier les besoins de chauffage du bâtiment. Cela consiste à simuler le comportement thermique du bâtiment sur une année complète au pas horaire et de quantifier l'énergie utile nécessaire pour atteindre les températures de consigne de chauffage.

En particulier, l'objectif était d'éclairer la maîtrise d'ouvrage sur la PSE qui consiste à la mise en œuvre de triple vitrage sur la façade Nord en double hauteur du restaurant.

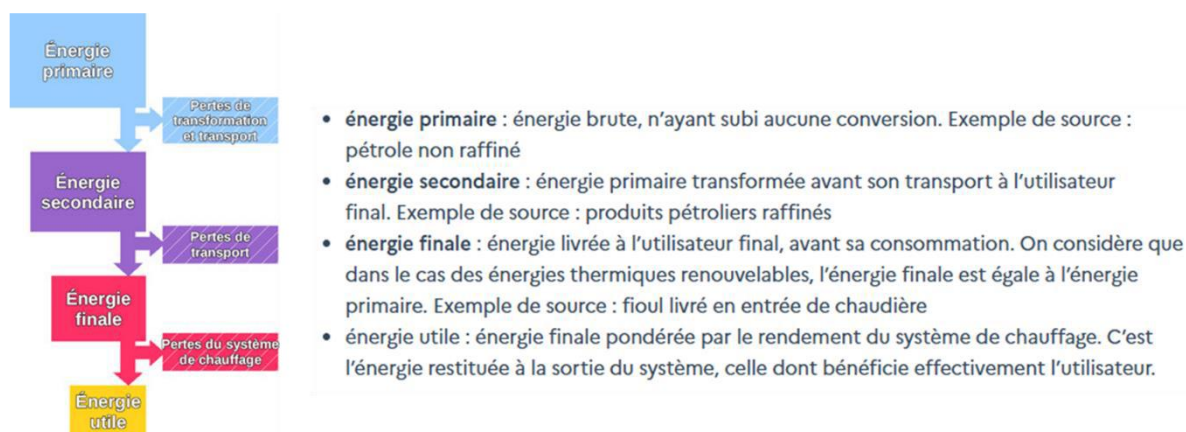


Figure 13 - Les différents types d'énergie (source : Cerema)



6.2.2 Résultats

Ci-dessous les résultats obtenus en ne prenant en compte aucun apports internes (occupants, appareils électriques, éclairage).

	BASE PRO	VARIANTE PSE triple vitrage Nord Restaurant
	<i>Fichier météo moyen</i>	
Zones	Besoins chauffage annuel [kWh]	
RDC - Restauration	8 240,9	7 254,2
RDC - B11 - Amphi	2 510,2	2 454,3
RDC - C3 - Salle réunion	876,9	869,6
RDC - A5 - Labo météo	1 505,4	1 495,3
RDC - A2 - Labo sédim.	882,2	876,0
RDC - A3 - Labo filtration	902,8	896,9
RDC - A63 - Collection écailles	237,8	233,6
RDC - A61 - Consommables	118,7	116,3
RDC - A62 - Congélateur	117,7	115,1
RDC - F1 - Ménage	159,2	153,9
RDC - E2 - WC	548,6	525,3
R+1 - B23 - Salle de cours	2 166,8	2 140,5
R+1 - A43 - post PCR quant.	1 049,8	1 043,6
R+1 - A44 - post PCR revel	535,4	533,9
R+1 - A41 - pre PCR ADN rare	690,8	687,5
R+1 - A81 - Vestiaires	76,9	75,9
R+1 - A42 - pre CPR ADN/ARN	1 063,6	1 056,6
R+1 - B.12 - Séquençage	627,0	623,3
R+1 - C11 - Bureaux OFB 1	296,4	293,3
R+1 - C11 - Bureaux OFB 2	605,0	599,7
R+1 - C11 - Bureaux OFB 3	328,6	326,1
R+1 - C21 - Bureaux INRAE 1	298,3	293,8
R+1 - C21 - Bureaux INRAE 2	587,0	581,0
R+1 - C21 - Bureaux INRAE 3	295,5	292,4
R+1 - WC	412,8	407,1
RDC - Local en +	357,2	354,4
RDC - B12 - Stockage amphi	147,9	144,5
R+1 - A62 - Congélateur	103,8	101,8
R+1 - A21b - Consommables	116,7	114,9
R+1 - A7 - Laverie	289,4	286,2
Circulation	3 530,6	3 464,3
TOTAL	29 679,9	28 411,3

On voit que la zone restaurant (incluant l'espace convivialité) est celle qui présente le besoin de chauffage le plus important du bâtiment ; il n'y a rien de surprenant étant donnée la surface et du fait de la double hauteur. Dans cette zone le besoin de chauffage baisse de 12% avec du triple vitrage sur la façade Nord. Néanmoins, à l'échelle du bâtiment, cela permet une baisse du besoin de chauffage de seulement 4%.

L'autre intérêt du triple vitrage est sa température de surface, plus élevée qu'en double vitrage, ce qui permet une température radiative plus élevée et de couper la sensation de « paroi froide » avec un gain de confort à la clé pour les occupants du restaurant.

Dans les autres éléments de prise de décision pour le maître d'ouvrage, il faut savoir que :

- Un châssis en triple vitrage est environ deux fois plus carboné qu'un châssis en double vitrage
- Les châssis en triple vitrage sont plus lourds qu'en double, donc les boîtiers à chaîne électrique prévus en partie haute pour les actionner devront faire l'objet d'un surdimensionnement ; par ailleurs le surpoids implique un entretien et réglage des pommelles plus réguliers, pour ne pas avoir de dérive sur l'étanchéité à l'air ouvrant/dormant à terme.



6.3 STD – Confort d'été

6.3.1 Objectifs

Une Simulation Thermique Dynamique (STD) a été réalisée pour étudier le confort en été dans le bâtiment. Cela consiste à simuler le comportement thermique du bâtiment sur une année complète au pas horaire et d'identifier les zones avec des risques de surchauffe estivale, les leviers possibles pour les réduire et de faire les choix de conception à la lumière de ces éléments.

On considérera un local autre qu'à occupation passagère confortable s'il respecte le critère ci-dessous sans ajouter de système de rafraîchissement actif* :

- ⇒ **Taux d'inconfort (nombre d'heures d'inconfort (>28°C) par an / nombre d'heures d'occupation par an) < 2.5%****

(*) On rappelle qu'un système de rafraîchissement actif implique une production de froid (PAC réversible, système VRV), hors cadre de la présente étude.

(**) Ce critère a été fixé en concertation avec le maître d'ouvrage lors de la réunion du 12/03/2025 en alternative aux conditions de confort décrites dans le *PTD Tome 3 – Fiche par local*.

6.3.2 Résultats

Ci-dessous les résultats de l'étude de confort d'été – sachant que les zones en ORANGE sont celles qui sont prévues climatisées en BASE :

		BASE PRO						VARIANTE 2 - Ouverture nocturne des châssis à soufflet à 15° (ouverture le soir en partant et fermeture le matin en arrivant, ouvert tout le week-end) dans les bureaux, laboratoires, amphi, salle de cours, salle de réunion, façade Sud convivialité) au RDC et R+1 + Ouverture nocturne en partie haute du hall façade Nord (châssis violets ouverture à 40%) (suivant même scénario)					
		Résultats fichier météo "RCP4.5 2070"			Résultats fichier météo "RCP4.5 2070"			Résultats fichier météo "RCP4.5 2070"			Résultats fichier météo "RCP4.5 2070"		
		sans freecooling nocturne CTA			avec freecooling nocturne CTA			sans freecooling nocturne CTA			avec freecooling nocturne CTA		
Zones	Nb h. occ.	T* max occ. (°C)	Nb h > 28°C	Taux inconf. (%)	T* max occ. (°C)	Nb h > 28°C	Taux inconf. (%)	T* max occ. (°C)	Nb h > 28°C	Taux inconf. (%)	T* max occ. (°C)	Nb h > 28°C	Taux inconf. (%)
RDC - Restauration	3212	30,1	73	2,3	30	74	2,3	32	72	2,2	32	69	2,1
RDC - B11 - Amphi	972	31,7	56	5,8	31,7	53	5,5	32,1	40	4,1	32	34	3,5
RDC - C3 - Salle réunion	1248	29,9	60	4,8	29,9	56	4,5	30,4	40	3,2	30,3	34	2,7
RDC - A5 - Labo métro	2860	30,2	137	4,8	30,2	135	4,7	30,5	100	3,5	30,5	92	3,2
RDC - A2 - Labo sédim.	2860	29,8	113	4	29,8	107	3,7	30,2	79	2,8	30,1	73	2,6
RDC - A3 - Labo filtration	2860	30	117	4,1	29,9	116	4,1	30,3	84	2,9	30,2	76	2,7
R+1 - B23 - Salle de cours	2340	32,1	159	6,8	32	141	6	32,5	134	5,7	32,4	118	5
R+1 - A43 - post PCR quant.	2860	26	0	0	26	0	0	26	0	0	26	0	0
R+1 - A44 - post PCR revel	2860	26	0	0	26	0	0	26	0	0	26	0	0
R+1 - A41 - pre PCR ADN rare	2860	26	0	0	26	0	0	26	0	0	26	0	0
R+1 - A42 - pre CPR ADN/ARN	2860	26	0	0	26	0	0	26	0	0	26	0	0
R+1 - C11 - Bureaux OFB 1	2860	30,2	115	4	30,2	107	3,7	30,5	90	3,1	30,5	83	2,9
R+1 - C11 - Bureaux OFB 2	2860	30,6	152	5,3	30,6	139	4,9	30,9	120	4,2	30,9	103	3,6
R+1 - C11 - Bureaux OFB 3	2860	29,8	68	2,4	29,8	65	2,3	30,2	70	2,4	30,1	62	2,2
R+1 - C21 - Bureaux INRAE 1	2860	30,1	101	3,5	30,1	92	3,2	30,5	84	2,9	30,4	73	2,6
R+1 - C21 - Bureaux INRAE 2	2860	30,5	136	4,8	30,5	122	4,3	30,8	106	3,7	30,7	93	3,3
R+1 - C21 - Bureaux INRAE 3	2860	30,2	115	4	30,2	107	3,7	30,6	91	3,2	30,5	83	2,9

Notes :

- Conformément à la demande du maître d'ouvrage, nous présentons les résultats avec/sans freecooling nocturne par les CTA. Il a été simulé pour le freecooling nocturne un fonctionnement des CTA de 21h à 8h du matin en période estivale
- La ventilation naturelle nocturne est modélisée suivant l'hypothèse que les occupants ouvrent les châssis le soir en partant et qu'ils les referment le matin en arrivant.

On voit que la ventilation naturelle est plus efficace que le freecooling par la CTA ; ceci s'explique par le fait qu'en ventilation mécanique les débits sont limités. Par ailleurs, cela représente des consommations électriques d'auxiliaires de ventilation (une dizaine d'heures de fonctionnement par nuit). Il est donc recommandé d'utiliser au maximum et en priorité les ouvrants de ventilation nocturne en période de fortes chaleurs.

De manière générale, on voit qu'un risque d'inconfort demeure dans les locaux non rafraîchis. D'où notre recommandation en phase APD de retenir l'OPTION de réversibilité de la PAC, qui aurait pu permettre d'écarter les pics de chaleur.

Des leviers restent possibles pour limiter le risque de surchauffe sans système de rafraîchissement actif, ils sont de l'ordre :

- De l'usage (il faut veiller à fermer les protections solaires en cas d'inoccupation d'un local, il faut baisser les protections solaires en période d'occupation et incliner les lames des BSO à 45°, il faut ouvrir les fenêtres aux heures fraîches de la matinée).
- Technique en recourant au freecooling mécanique nocturne par les CTA ou à des ventilateurs plafonniers qui permettent de créer une légère "brise" et donc d'améliorer le confort par l'abaissement de la température ressentie



7 FLJ – ECLAIREMENT NATUREL

7.1 Objectifs

Un calcul de facteur de lumière du jour (FLJ) a été réalisé en phase APD pour étudier le confort visuel au sein des locaux occupés de façon prolongée. Le but est d'identifier les zones avec un faible éclairage naturel, les leviers possibles pour l'augmenter et de faire les choix de conception adéquats.

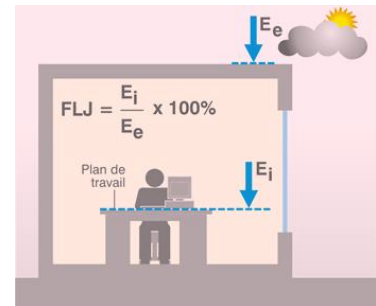
Ce facteur est le rapport de l'éclairage naturel intérieur reçu en un point (généralement le plan de travail ou le niveau du sol) à l'éclairage extérieur sur une surface horizontale, en site parfaitement dégagé, par ciel couvert. Il s'exprime en %.

Dans les conditions de ciel couvert (ciel normalisé par la Commission Internationale de l'Éclairage), les valeurs du facteur de lumière du jour sont indépendantes de l'orientation des baies vitrées, de la saison et de l'heure du jour.

La moyenne des FLJ des points d'une pièce donne le FLJ moyen de la pièce.

On distingue deux zones de calcul :

- La zone de premier rang correspond à la zone la plus proche de la fenêtre. Sa profondeur mesurée au sol est déterminée par la formule $2 \times (\text{hauteur du plafond} - \text{hauteur du plan de travail})$.
- La zone de second rang correspond au reste de la pièce sans la zone du premier rang.



En l'absence d'exigence au programme, on considère que le bâtiment est confortable s'il respecte les critères ci-dessous :

- ⇒ **En zone de premier rang, un FLJ moyen $\geq 2\%$ dans 80% des locaux**
- ⇒ **En zone de second rang, un FLJ moyen $\geq 0.5\%$ dans 100% des locaux**

7.2 Hypothèses

La hauteur du plan de travail a été définie à 0.70 m.

Les menuiseries sont modélisées avec un coefficient de transmission lumineuse à 65%.

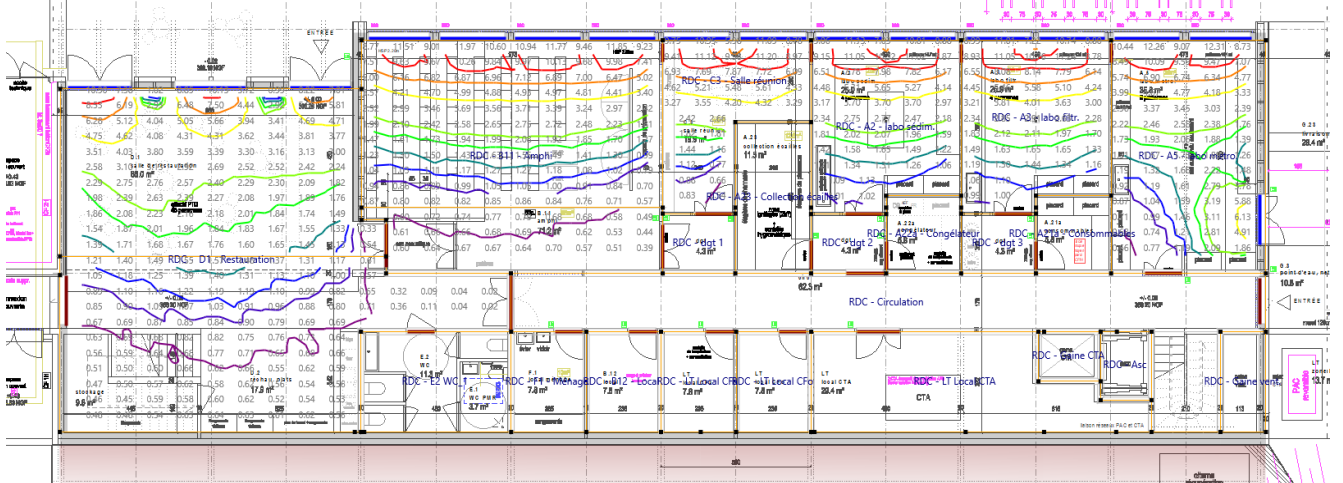
Les coefficients de réflexion lumineuse (ρ) des surfaces ont été définis comme suit :

- Sol : 0.3
- Murs intérieurs : 0.5
- Plafond : 0.7

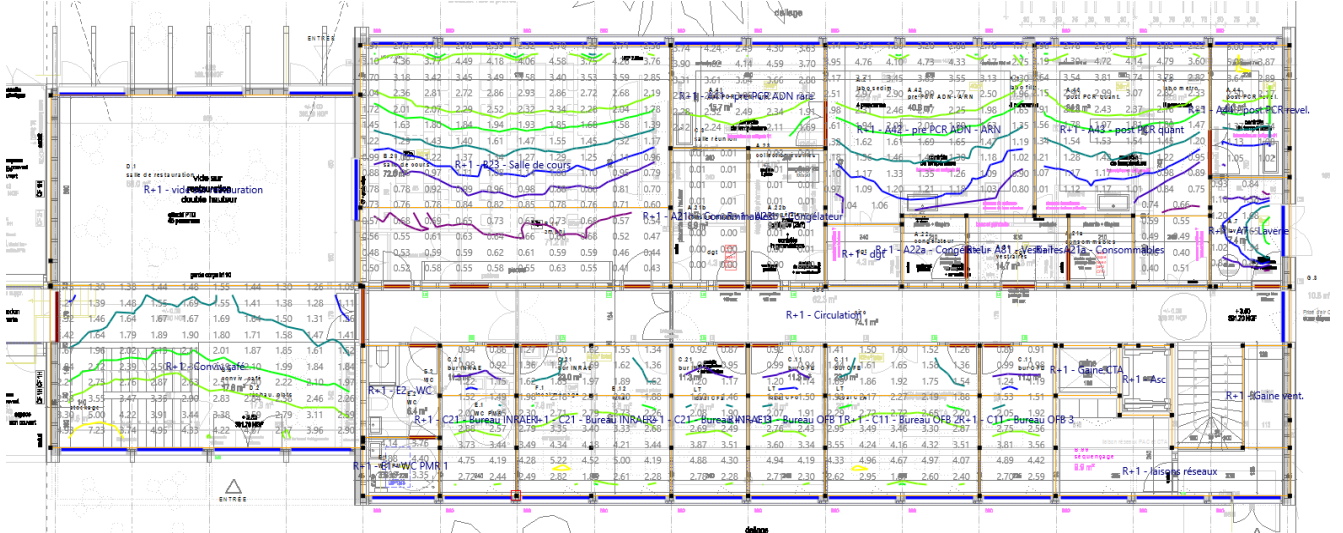
7.3 Résultats

Les résultats sont présentés ci-dessous :

RDC bas :



RDC haut :





	BASE APD	
	FLJ moyen (%) Zone 1 ^{er} rang (exigence $\geq 2\%$)	FLJ moyen (%) Zone 2 ^{ème} rang (exigence $\geq 0,5\%$)
RDC - A5 - labo metro.	● 3,64	<i>pas de 2nd rang</i>
RDC - D1 - Restauration	● 3,31	● 0,76
RDC - A2 - labo sédim.	● 4,46	<i>pas de 2nd rang</i>
RDC - A3 - labo filtr.	● 4,53	<i>pas de 2nd rang</i>
RDC - C3 - Salle réunion	● 5,22	<i>pas de 2nd rang</i>
RDC - B11 - Amphi	● 4,22	● 0,67
R+1 - C21 - Bureau INRAE 1	● 2,80	● 1,01
R+1 - C21 - Bureau INRAE 2	● 3,18	● 1,59
R+1 - C21 - Bureau INRAE 3	● 2,83	● 1,01
R+1 - C11 - Bureau OFB 1	● 2,79	● 1,01
R+1 - C11 - Bureau OFB 2	● 3,20	● 1,59
R+1 - C11 - Bureau OFB 3	● 2,83	● 1,01
R+1 - Conviv café	● 2,34	<i>pas de 2nd rang</i>
R+1 - A7 - Laverie	● 1,23	<i>pas de 2nd rang</i>
R+1 - A42 - pre PCR ADN - ARN	● 2,18	<i>pas de 2nd rang</i>
R+1 - A43 - post PCR quant	● 2,11	● 0,48
R+1 - B23 - Salle de cours	● 2,08	● 0,62
R+1 - A44 - post PCR revel.	● 2,46	<i>pas de 2nd rang</i>
R+1 - A41 - pre PCR ADN rare	● 3,14	<i>pas de 2nd rang</i>

On voit que le bâtiment neuf sera très confortable du point de vue de l'éclairage naturel puisque les critères sont satisfaits dans 100% des locaux étudiés (=autres qu'à occupation passagère).