



Fait à Toulouse
07 Février 2025
Version 1

INSA B44

Rapport de simulations thermiques dynamiques – Phase PRO



S

1

2

3

4

5

6

Sommaire

1.	OBJET DU DOCUMENT	3
2.	HYPOTHESE DE CALCUL	4
2.1	LOCALISATION	4
2.2	FICHIER METEOROLOGIQUE	4
2.3	ZONES THERMIQUES	5
2.4	MASQUES	7
2.5	COMPOSITION THERMIQUE DE L'ENVELOPPE	9
2.6	PONTS THERMIQUES	10
2.7	SCENARIOS DE BASE	11
3.	ÉTUDE DU CONFORT D'ETE	15
3.1	PROJET	15
3.2	ANALYSE DE L'INFLUENCE DES CHOIX DE CONCEPTION	18
3.3	SCENARIO METEO 2070	22
4.	ETUDES DES BESOINS ENERGETIQUES	23
4.1	CAS DE BASE	23
4.2	APPORTS DE CHALEUR	24
4.3	APPELS DE PUISSANCE	24
4.4	ETUDES DE VARIANTES	24
5.	CONCLUSION	26
6.	ANNEXES	27
6.1	APPORTS INTERNES	27

1. Objet du document

L'INSA porte le projet de construction d'une halle technologique associée à des bureaux à destination de start-up sur le campus de Rangueil à Toulouse (31). L'objet de ce document est d'étudier les besoins prévisionnels de chauffage ainsi que le confort d'été du projet.

Carte d'identité du projet :

- ♦ Adresse : 135 Avenue de Rangueil, 31 400 Toulouse
- ♦ 1 bâtiment comprenant :
 - RDC : une halle technologique et des locaux techniques de process associés ;
 - R+1 : une mezzanine, des bureaux collectifs, des salles de réunion et des vestiaires/sanitaires ;
 - R+2 et R+2 : un plateau de bureau destiné à Carbios et start-ups ainsi que des locaux mutualisés ;
 - Un toit terrasse avec une installation solaire photovoltaïque.

Définitions :

La **Simulation thermique dynamique** permet d'estimer les consommations réelles d'énergie, en tenant compte de l'enveloppe du bâtiment et de son inertie, des systèmes énergétiques (y compris les appareils électriques non thermiques) du comportement des occupants, et du climat local. L'étude est faite au pas de temps de 30min.



Besoin : quantité d'énergie qu'il faut développer pour assurer les conditions d'ambiances, sans prendre en compte les rendements d'installation.

L'étude repose sur une **Simulation Thermique Dynamique** réalisée avec le logiciel **Comfie – Pléiade** 2024 (version V6.24.1.2), développé par IZUBA Energie et qui prend en compte, notamment, les conditions bioclimatiques (apports solaires et internes).

La méthodologie de l'étude a consisté à simuler le bâtiment tel que prévu en phase PRO pour évaluer :

- Les besoins d'énergie pour le chauffage,
- Le confort thermique estival.

Les besoins d'énergie pour le chauffage seront caractérisés par les valeurs suivantes :

- Les **besoins** en KWh/an.
- Les besoins en KWh/m².an.

Le confort d'été sera caractérisé par le nombre d'heures d'occupation sur l'année où la température sera supérieure à 28°C, qui correspond à la température maximale de confort. Le programme exige un seuil maximal de 50h/an d'inconfort.

2. Hypothèse de calcul

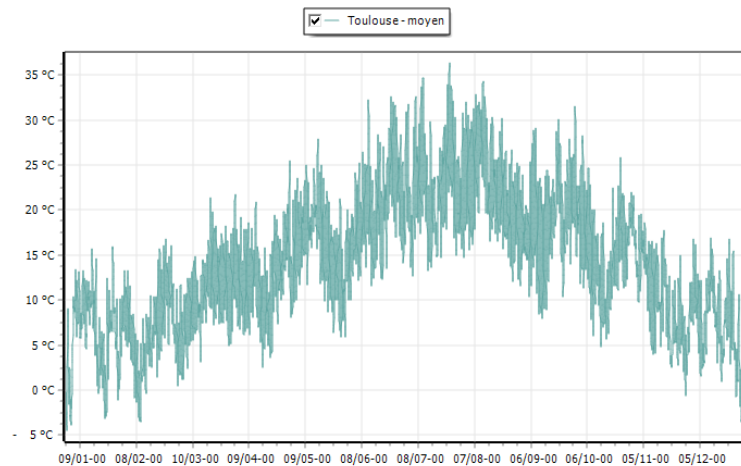
2.1 Localisation

- Lieu : Campus de Rangueil, Toulouse
- Département : Haute Garonne (31)
- Latitude : 43.5
- Longitude : 1.46
- Zone climatique : H2c
- Altitude : 146m

2.2 Fichier météorologique

Les données météo retenues sont issues de la base de données Météonorm V2 pour une année moyenne à Toulouse. La base de données va de 2010 à 2019.

L'évolution de la température au cours de l'année est la suivante :



2.3 Zones thermiques

Dans le cadre de l'étude, des zones thermiques correspondant à des locaux avec un comportement thermique homogène ont été créées. Certaines correspondant à un seul local, destinées à une étude du confort thermique plus précise.

Les principales zones prises en compte sont les suivantes :

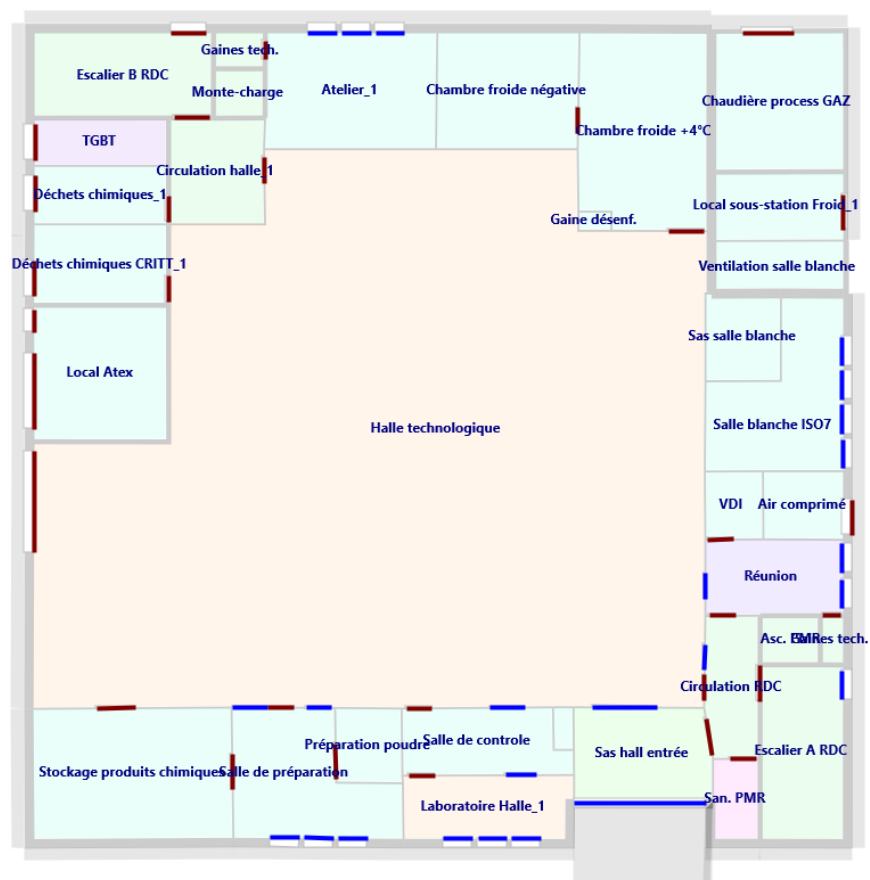
- Halle technologique et ses locaux annexes ;
- Locaux de préparation ;
- Locaux techniques ;
- Sanitaires et vestiaires ;
- Bureaux ;
- Salles de réunion ;
- Laboratoires projet ;
- Circulations.

Ci-après les représentations 2D du bâtiment sous le logiciel Pléiades

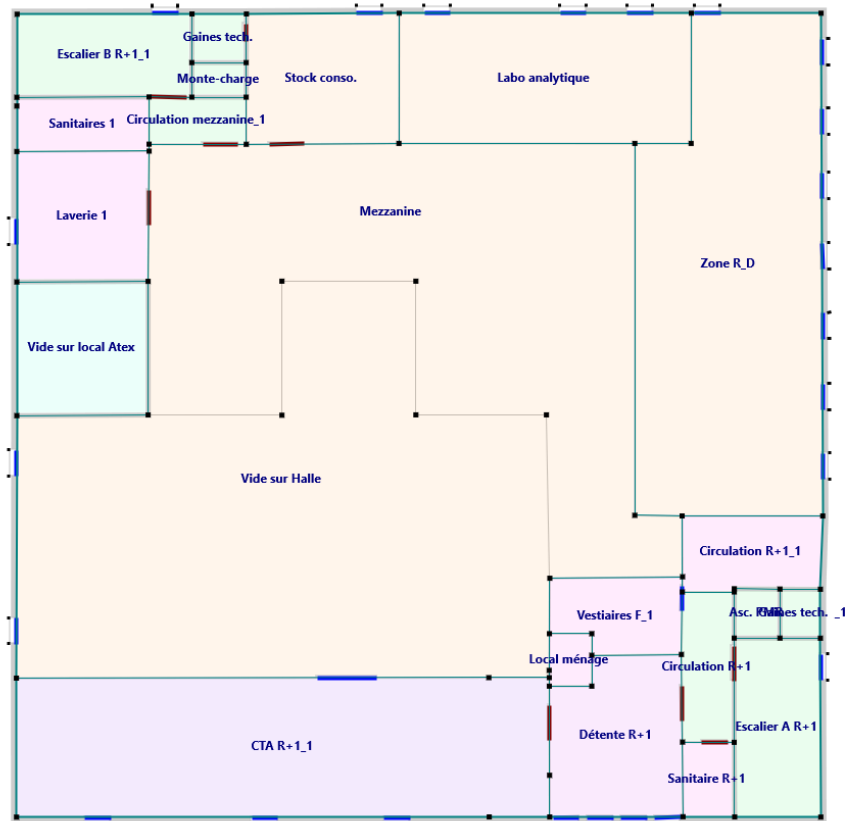
RDC

Légende :

RDC - SE - Hall d'entrée
RDC - NE - Réunion
RDC/R+1 - Halle technologique et labo. + mezzanine
RDC/R+1 - Process
R+1/R+2 - Laveries
R+2 et R+3 - S - Salles de détente
R+2 - SO - Bureaux
R+2 - S - Salles de réunion 1 et 2
R+2 - SE - Bureau
R+2 - S - Grand labo projet
R+2 - N - Grand labo projet
R+2 - Réunion CRITT
R+2 - N - Salle de réunion
R+2 - NO - Bureaux
R+2 - NE - Bureaux
Sanitaires et vestiaires
Circulations
Locaux non chauffés (hors gel)
R+3 - SO - Bureaux
R+3 - SE - Bureaux
R+3 - NE - Bureaux
R+3 - NO - Laboratoire
R+3 - NE - Laboratoire
R+3 - Salle de reunion patio
R+3 - SO - Laboratoire
R+1 - SE - Salle de détente



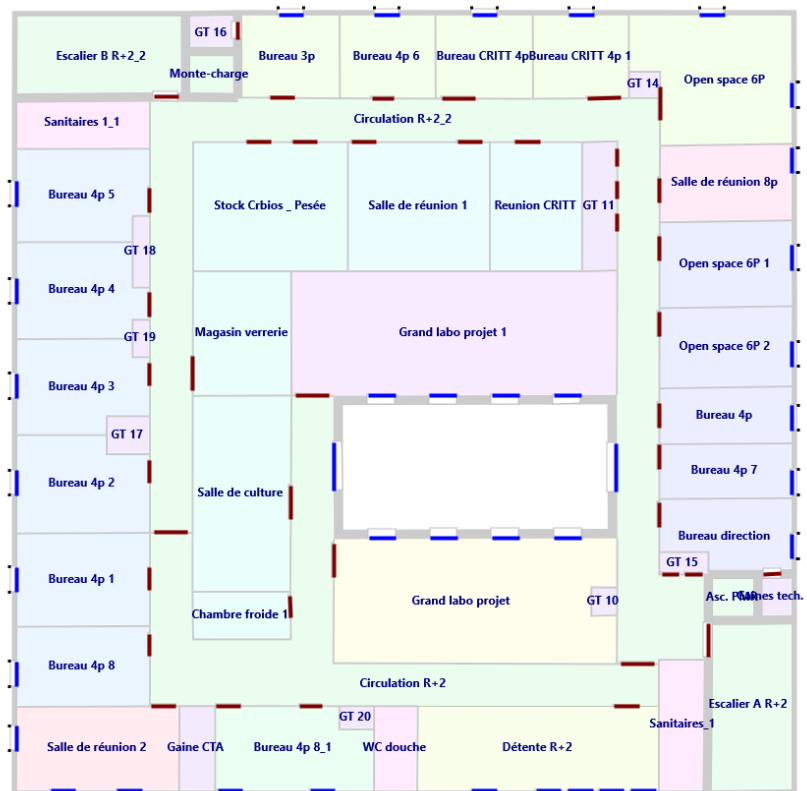
R+1



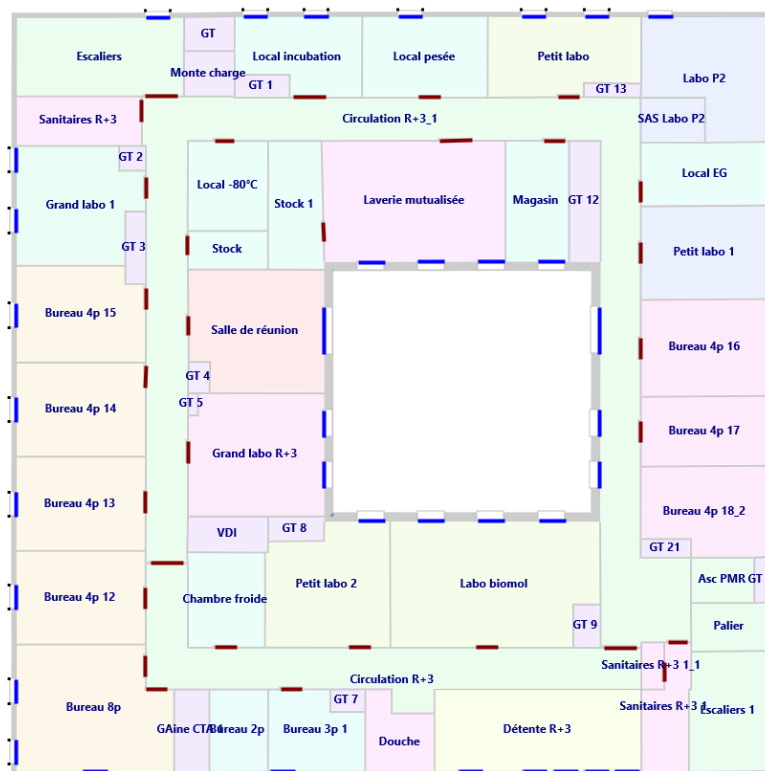
Légende :

RDC - SE - Hall d'entrée
RDC - NE - Réunion
RDC/R+1 - Halle technologique et labo. + mezzanine
RDC/R+1 - Process
R+1/R+2 - Laveries
R+2 et R+3 - S - Salles de détente
R+2 - SO - Bureaux
R+2 - S - Salles de réunion 1 et 2
R+2 - SE - Bureau
R+2 - S - Grand labo projet
R+2 - N - Grand labo projet
R+2 - Reunion CRITT
R+2 - N - Salle de réunion
R+2 - NO - Bureaux
R+2 - NE - Bureaux
Sanitaires et vestiaires
Circulations
Locaux non chauffés (hors gel)
R+3 - SO - Bureaux
R+3 - SE - Bureaux
R+3 - NE - Bureaux
R+3 - NO - Laboratoire
R+3 - NE - Laboratoire
R+3 - Salle de reunion patio
R+3 - SO - Laboratoire
R+1 - SE - Salle de détente

R+2



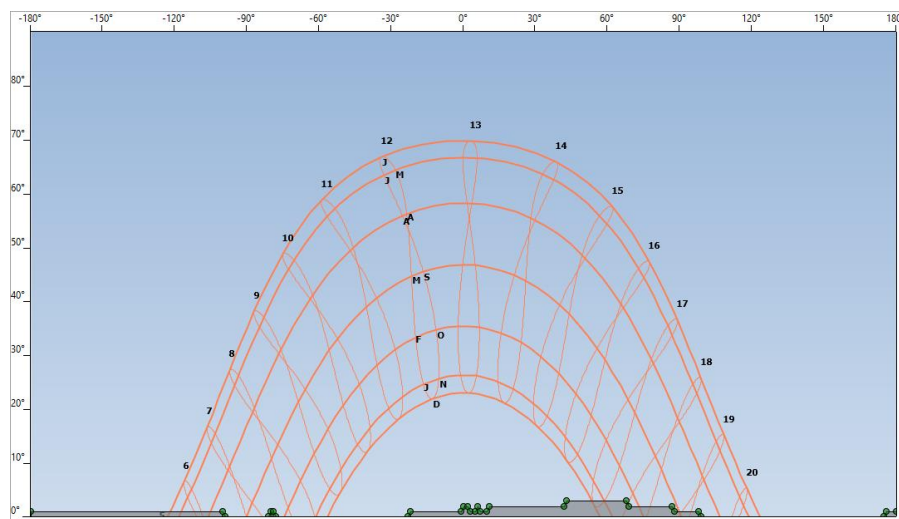
R+3



2.4 Masques

Le diagramme de masques lointains a été réalisé par l'intermédiaire de Carnaval, inclus dans le modèleur Pléiade.

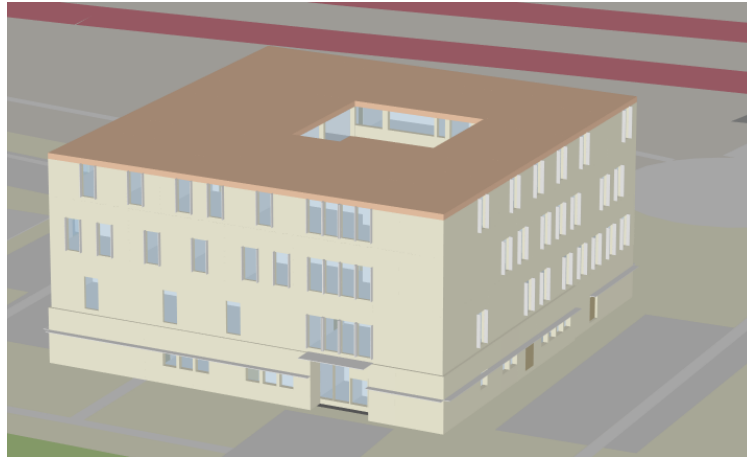
La courbe d'horizon est la suivante :



Les masques solaires lointains auront donc très peu d'impact sur le projet.

Représentation 3D du bâtiment

La modélisation du bâtiment en 3D est la suivantes :



Les masques principaux sont les bâtiments du campus et notamment la halle actuelle qui occulte légèrement l'exposition Ouest.

2.5 Composition thermique de l'enveloppe

Le tableau suivant présente les compositions thermiques des parois :

Type de paroi		Composition de la paroi (intérieur vers extérieur)	Risolant m²K/W	Uparoi W/m²K
MURS EXTERIEURS	Type 1 - Façade RDC	Doublage BA18 Isolation intérieure laine de roche - Th32 - 16cm Mur béton	5.6	0.17
	Type 2 - Façade étages	Doublage BA18 Doublage intérieur laine de roche - Th32 - 5cm Isolation entre montants bois en laine de roche - Th32 - 14,5cm Enduit	6.1	0.16
	Type 3 - Façade patio	Doublage BA18 Isolation intérieure laine de roche - Th32 - 16cm Mur béton	5.6	0.17
	Type 4 – Edicule ascenseur	Isolation extérieure laine de roche - Th32 - 14cm Mur béton	4.4	0.2
MUR INTERIEUR	Cloisons isolées	BA13 Laine minérale BA13	-	-
	Mur sur local technique ou local non chauffé	Doublage BA13 Laine minérale - Th32 - 12cm	4.7	0.21
PLANCHER	Plancher intermédiaire	Béton bas carbone (réduction d'impact de 20%)	-	-
	Plancher bas sur terre-plein	Chape fluide - 5cm Béton bas carbone (réduction d'impact de 20%) - 20cm Isolation sous dalle en PSE - TH30 - 12cm	3.9	0.24
	Toiture terrasse étanchée	Béton bas carbone (réduction d'impact de 20%) - 20cm Isolation en laine de roche - Th32 - 25cm Etanchéité autoprotégée	7.8	0.13
	Toiture patio	Béton bas carbone (réduction d'impact de 20%) - 20cm Isolation polyuréthane - Th22 - 14cm Platelage bois	6.1	0.16
	Toiture edicule ascenseur	Béton bas carbone (réduction d'impact de 20%) - 20cm Isolation en laine de roche - Th32 - 25cm	7.8	0.13
MENUISERIES EXTERIEURES	Menuiseries Sud-Ouest et Sud-Est	Menuiseries double vitrage bois équipés du dispositif Immo blade TLg=variable, Sg= variable, Ug=1,0	Uw=1,5	
	Menuiseries Nord-Est et Nord-Ouest	Menuiseries double vitrage bois TLg=0,8, Sg= 0,5, Ug=1,0	Uw=1,5	

2.6 Ponts thermiques

Les ponts thermiques pris en compte dans l'étude sont les suivants :

Image du Pont thermique	Type de pont thermique	Description du pont thermique	Code Th Bât	Ψ (W/m.°C)
	Angle sortant Façade RDC	Angle sortant de façade mur en maçonnerie courante	ITI 4.1	0.02
	Angle rentrant Façade RDC	Angle rentrant de façade mur en maçonnerie courante	ITI 4.2	0.14
	Angle sortant Façade étages	Angle sortant de façade mur à ossature bois	OB 1.3	0.06
	Plancher bas sur terre-plein	Dallage en béton isolé en sous-face sur toute sa surface et soubassement en béton	ITI 1.1	0.41
	Plancher intermédiaire	Plancher lourd avec complément d'isolant en intérieur	OB 4.8	0.13
	Toiture terrasse étanchée	Plancher haut	OB 5.3	0.06

2.7 Scénarios de base

Cette partie explicite les différents scénarios utilisés dans le modèle Pléiades afin de coller à l'usage réel du bâtiment par les futurs occupants.

2.7.1 Scénarios de consigne de température

En fonction des locaux et de leur utilisation, la consigne de température peut varier. Pour mieux coller à la réalité, les températures de consignes définies à 19°C dans le programme sont fixées à 20°C dans la simulation.

Les températures de consignes suivantes sont donc prises en compte :

- Consigne à 20°C pour l'ensemble des locaux :
 - o Lundi au vendredi
 - o 7h à 21h
- Consigne à 18°C pour les sanitaires et les vestiaires :
 - o Lundi au vendredi
 - o 7h à 21h

Les consignes de températures spécifiées dans le programme diffèrent selon les vestiaires ou les sanitaires. Une valeur moyenne à 18°C a donc été prise afin d'homogénéiser la consigne sur l'ensemble de la zone thermique.

Des réduits de nuit et de week-end sont pris en compte :

- Abaissement de 2°C de la consigne avec montée progressive en température le matin de 5h à 7h en semaine ;
- Abaissement de 2°C de la consigne pour le week-end.

Les locaux techniques et les circulations ne sont pas chauffés.

Les locaux prévus climatisés ne le seront pas dans la simulation afin de mettre en exergue l'inconfort hors rafraîchissement actif. Les besoins seront ensuite évalués avec climatisation pour mettre en avant l'impact des variantes étudiées.

2.7.2 Occupation

La chaleur dissipée due à l'occupation est considérée de 80W pour un adulte.

Les scénarios d'occupation sont détaillés pour chaque local dans les chapitres suivants.

2.7.2.1 Bureaux collectifs

L'occupation dans les bureaux est prise en compte comme suit :

- Lundi au vendredi :
 - o Occupation nominale de 7h30 à 9h ainsi que de 17h à 18h ;
 - o Occupation réduite à un tiers le reste du temps pour prendre en compte le temps passé dans la halle, les laboratoires projet et les salles de réunions.
- Week-end :
 - o Inoccupation.

En se basant sur les surfaces moyennes de locaux de bureaux collectifs, un ratio nominal de 0.2 occupant par mètre carré est prise en compte, puis modulé en fonction des périodes.

Pour les demi-heures, il est considéré une occupation réduite de moitié.

Pendant les vacances de Noël et d'été, une occupation à 50% est appliquée.

Les scénarios d'occupation sont présentés ci-dessous :

Lundi/Mardi/Mercredi/Jendredi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.20	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Week-end	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vacances	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.10	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Scénario d'occupation exprimé en occupants par m² pour les bureaux collectifs

2.7.2.2 RDC / R+1 / R+3 - Halle technologique et laboratoires projet

L'occupation dans la halle technologique et dans les laboratoires est prise en compte comme suit :

- Lundi au vendredi :
 - o Occupation nominale de 9h à 12h ainsi que de 14h à 17h ;
- Week-end :
 - o Inoccupation.

Le nombre d'occupants pris en compte dans la halle technologique et les laboratoires est déduite de l'effectif maximal disponible pour les bureaux (59 occupants). On considère donc un tiers de l'effectif maximal au sein de ces locaux (20), répartis en fonction de la surface de chaque local.

Pendant les vacances de Noël et d'été, une occupation à 50% est appliquée.

Les scénarios d'occupation sont présentés ci-dessous :

Scénario d'occupation exprimé en occupants pour la halle technologique RDC/R+1

S	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
+	Lundi/Mardi/Mercredi/Jeu/Vendredi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	14	14	0	0	14	14	14	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
-	Vacances	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	7	0	0	7	7	7	0	0	0	0	0	0	0

Scénario d'occupation exprimé en occupants pour les grands labo projets R+2

S	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
+	Lundi/Mardi/Mercredi/Jeu/Vendredi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	0	0	4	4	4	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
-	Vacances	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0

Scénario d'occupation exprimé en occupants pour les petits et grands labos projets R+2

S	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
+	Lundi/Mardi/Mercredi/Jeu/Vendredi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	2	2	2	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
-	Vacances	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

2.7.2.3 Salles de réunions

L'occupation dans les salles de réunion est prise en compte comme suit :

- Lundi au vendredi :
 - o Occupation nominale de 10h à 12h ainsi que de 14h à 16h ;
 - o Inoccupation le reste du temps.
- Week-end :
 - o Inoccupation.

Le nombre d'occupants pris en compte dans les salles de réunion correspond à l'effectif nominal de chaque salle. Pendant les vacances de Noël et d'été, une occupation à 50% est appliquée.

Les scénarios d'occupation sont présentés ci-dessous :

Scénario d'occupation exprimé en occupants pour la salle de réunion RDC Est

S	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
+	Lundi/Mardi/Mercredi/Jeu/Vendredi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	4	4	0	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
-	Vacances	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0

Scénario d'occupation exprimé en occupants pour les salles de réunion R+2 Sud

S	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
+	Lundi/Mardi/Mercredi/Jeu/Vendredi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	0	0	8	8	0	0	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
-	Vacances	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0

2.7.2.4 Salles de détente

L'occupation dans les salles de détente est prise en compte comme suit :

- Lundi au vendredi :
 - o Occupation nominale à 10h à 10h30 ainsi que de 12h à 14h ;
- Week-end :
 - o Inoccupation.

Il est considéré une occupation d'1 personne pour 2,5m². Pour les demi-heures, l'occupation est réduite de moitié. Pendant les vacances de Noël et d'été, une occupation à 50% est appliquée.

Le scénario d'occupation est présenté ci-dessous :

Scénario d'occupation exprimé en occupants pour les salles de détente R+2 et R+3

S	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
+	Lundi/Mardi/Mercredi/Jeu/Vendredi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	23	23	0	0	0	0	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
-	Vacances	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2.7.3 Scénarios de ventilation

Les différents systèmes de ventilation suivants sont pris en compte :

- Ventilation double flux avec récupération d'énergie (80%) pour la halle et ses laboratoires, les bureaux et salles de réunion ainsi que les vestiaires.
- Les sanitaires seront également repris sur la CTA double-flux des bureaux, avec une compensation prévue dans les circulations.

Les locaux process (déchet chimiques, local ATEX, stockage produits, préparation poudre / CMR, salle blanche ISO7, chaudière process, local NEP et traitement d'eau, chambres froides, local incubateur) sont considérés sans ventilation.

Les scénarios de ventilation sont calqués sur les scénarios d'occupation et considèrent une relance de la ventilation 1h avant l'arrivée des occupants. En fin de journée, la ventilation double-flux tourne pendant 1h après l'occupation et est coupée durant les phases d'inoccupation. Pour chaque local hors halle et laboratoires, une modulation forcée par détecteur de présence est prévue. La ventilation simple-flux quant à elle est considérée en fonctionnement continu.

By-pass de l'échangeur

L'échangeur de la CTA double flux pourra être by-passé en fonction des conditions climatiques extérieures.

Fonctionnement en free-cooling

Les CTA pourront fonctionner en free-cooling la nuit afin de faire rentrer un débit d'air neuf frais dans les locaux et ainsi participer au confort d'été. Les débits seront égaux aux débits nominaux des CTA afin de ne pas surdimensionner l'installation de ventilation.

Débits de ventilation

Pour les CTA double flux, les débits de ventilation considérés sont :

- 25m³/h par occupant dans les bureaux ;
- 30m³/h par occupant dans les salles de réunions, les salles de détente, la salle de contrôle et le hall d'entrée ;
- 45m³/h par occupant dans l'atelier de maintenance
- 6 vol/h dans la halle et les laboratoires ;
- 1 vol/h dans le local ménage, les locaux déchets chimiques, le magasin verrerie.

Ces débits correspondent au code du travail. Pour les sanitaires et les vestiaires, les débits de ventilation sont de 30m³/h avec 15m³/h par équipement, conformément au RSDT.

Etanchéité à l'air

L'étanchéité à l'air est considérée à $q_4 = 1.2 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$.

2.7.4 Scénarios d'apports internes

Les équipements électriques hors éclairage diffèrent d'une typologie d'espace à une autre, ils sont donc détaillés dans les chapitres suivants. Pour la partie process, les apports internes pris en compte sont détaillés en annexe.

2.7.4.1 Bureaux collectifs

Nous considérons ici un poste informatique par personne dégageant 60W au sein des locaux. L'utilisation est calquée sur l'occupation.

Les apports sont simultanés avec l'occupation. Pour les postes informatiques, une puissance de veille (5W) est considérée en dehors des périodes d'occupation.

2.7.4.2 Salles de réunion

Nous considérons dans les salles de réunion :

- 1 vidéo projecteur (200W) par salle de réunion considéré utilisé en permanence en occupation nominale ;
- 1 téléviseur (80W) par salle de réunion considéré utilisé en permanence en occupation nominale.

2.7.4.3 Circulation

- Local reprographie :
 - o Photocopieur et imprimante multifonction :
 - 0.9W/m² de bureau ;
 - Fonctionnement calqué sur occupation sans coupure des veilles automatisées.

2.7.5 Eclairage

Sur l'ensemble du projet, un éclairage LED est proposé permettant de limiter les puissances dissipées au sein des locaux. Dans une première approche, les puissances installées considérées sont :

- 5W/m² pour les bureaux, les salles de réunion, les salles de détente, la halle, les laboratoires et autres locaux de préparation et travaux pratiques ;
- 3W/m² pour les sanitaires et vestiaires ;
- 2W/m² pour les circulations.

2.7.6 Occultations

Les menuiseries au Sud-Est et au Sud-Ouest sont équipées de la solution ImmoBlade. Il s'agit d'un double vitrage dans lequel sont intégrées des lames inclinées en aluminium qui permettent de bloquer le soleil en été et de le laisser passer en hiver. Ainsi, le facteur solaire est modulé en fonction de la période de l'année. Cette variation est calculée directement par l'entreprise ImmoBlade et intégrée dans le moteur de calcul Pléiades.

L'ensemble des menuiseries sont dotées de stores intérieurs. Ils sont considérés installés avec un Sws de 0.2. L'occultation solaire pour une utilisation permanente des stores est de 53%.

Dans le cas de base du projet, nous considérons une utilisation des protections solaire :

- En été, 4 protections sur 5 en moyenne sont fermées ce qui conduit à un taux d'occultation de 80% ;
- En hiver, 1 protection sur 3 en moyenne est fermée ce qui conduit à un taux d'occultation de 30%.

Les taux d'occultations retenus ici sont en cohérence avec l'usage des protections solaires qu'en fait un utilisateur sensibilisé au fonctionnement du bâtiment, ce qui sera le cas sur le projet.

3. Étude du confort d'été

Suite à l'étude en coût global, la solution technique pour le confort d'été suivante a été choisie :

- Brasseurs d'air plafonniers ;
- Freecooling sur CTA ;
- Protections solaires ImmoBlade + stores intérieurs ;
- Module adiabatique sur la CTA.

Les systèmes technique n'ayant pas changé, les résultats de l'APD v2 sont donc toujours valables.

L'ensemble des locaux à occupation prolongée est étudié. Les résultats présentés dans la suite du document sont ceux des locaux les plus pénalisés en termes de confort estival.

3.1 Projet

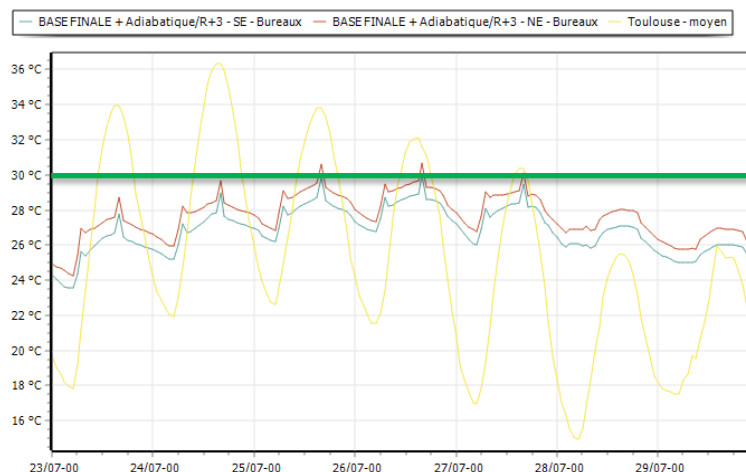
Le tableau suivant présente les résultats du scénario de base dans une sélection de zones thermiques étudiée :

Confort d'été - Projet		
Zone	Heures > T°Inconfort	Taux d'inconfort
	h/an	%
R+2 - S - Salles de réunion 1 et 2	7	1,1%
R+2 - NE - Bureaux	2	0,1%
R+3 - SO - Bureaux	4	0,1%
R+3 - SE - Bureaux	2	0,1%
R+3 - NE - Bureaux	12	0,4%
R+2 et R+3 - S - Salles de détente	0	0,0%
R+3 - Salle de reunion patio	36	8,0%

Nous constatons que :

- Le projet tel que conçu permet de maintenir des conditions de confort acceptables dans les locaux et cela sans climatisation active. En effet le nombre d'heure d'inconfort est limité à 36 heures par an au maximum dans la salle de réunion donnant sur le patio.
- Les bureaux orientés au NE présentent un inconfort légèrement plus élevé que ceux orientés au SE ou au SO. Ceci est dû à la solution ImmoBlade (+ stores intérieurs) mise en œuvre sur les façades les plus exposées au rayonnement solaire et pas sur les autres façades. Les stores intérieurs sur les façades NE et NO sont moins efficaces.
- A titre de comparaison, le programme initial impose un nombre d'heure d'inconfort inférieur à 50 h par an maximum. Le référentiel local Bâtiment Durable Occitanie au niveau le plus élevé (niveau Or) impose en prérequis un nombre d'heures d'inconfort maximal de 90 h par an. Dans les deux cas le projet respecte les objectifs.

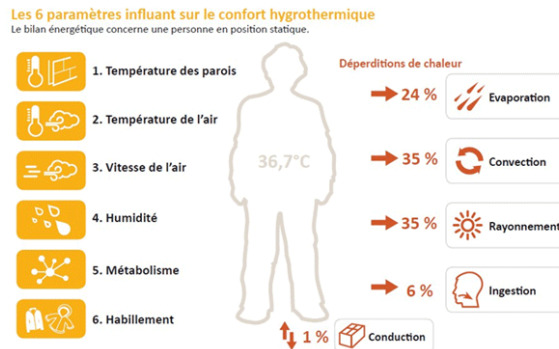
Dans les bureaux, l'évolution de la température durant la semaine la plus chaude est la suivante :



La température dépasse la température d'inconfort ponctuellement en fin de journée (représenté par le nombre d'heure d'inconfort du tableau précédent).

Zoom sur le confort thermique

Le schéma ci-dessous présentent les 6 facteurs d'influence du ressenti du chaud ou du froid chez une personne :



La température des parois peut être optimisée en travaillant sur l'inertie du bâtiment. La température de l'air est le gradient de sensation de chaud ou de froid. L'humidité d'une pièce est traitée grâce aux systèmes de ventilation, qui empêchent l'apparition de condensation ou de polluants. Le métabolisme correspond à la capacité intrinsèque de chaque individu à être plus ou moins sensible à une température de l'air ressentie. Enfin, des vêtements plus ou moins chauds permettent d'influencer sur notre confort hygrothermique.

Le dernier facteur important est la vitesse d'air, l'augmentation de la vitesse d'air dans une pièce permet d'augmenter sensiblement la sensation de confort des occupants. Ceci peut être réalisé par ouverture des fenêtres, mais lorsque l'air extérieur est chaud le confort se dégrade. Le cumul de chaleur quotidien si les fenêtres restent ouvertes est néfaste pour le confort et crée un inconfort persistant, la chaleur entre mais ne ressort plus d'autant plus dans des bâtiments bien isolés.

Les brasseurs d'air réalisent mécaniquement ce mouvement d'air en augmentant la vitesse d'air au sein des locaux.

Cet effet est décrit dans le tableau de la NF EN 16798 :

Tableau B.4 — Correction de la température de fonctionnement intérieure ($\Delta\theta_o$) applicable aux bâtiments équipés de ventilateurs ou de systèmes individuels permettant aux occupants du bâtiment de réguler individuellement la vitesse d'air au niveau du poste de travail

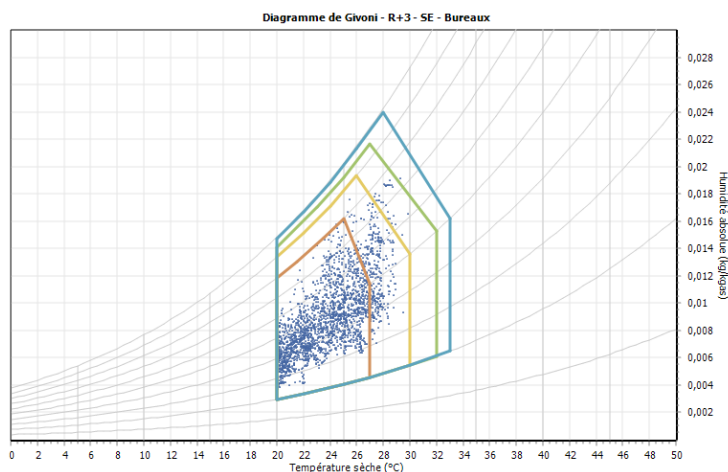
Vitesse moyenne d'air (V_a) 0,6 m/s	Vitesse moyenne d'air (V_a) 0,9 m/s	Vitesse moyenne d'air (V_a) 1,2 m/s
1,2 °C	1,8 °C	2,2 °C

En prenant en compte des vitesses d'air jusqu'à 1.5m/s et afin de prendre une hypothèse conservatrice, la température intérieure est corrigée d'environ 2°C. Cela signifie qu'une température jusqu'à 30°C dans la pièce est ressentie par les occupants à 28°C.

Les résultats présentés ci-dessus prennent en compte une température à partir de laquelle un inconfort est ressenti de 29,5°C. Le diagramme de Givoni ci-dessous présente également les résultats de confort en prenant en compte la vitesse d'air créée par les brasseurs d'air :

% de confort en fonction de la vitesse d'air

- ☒ 0 m/s (86.9%)
- ☒ 0.5 m/s (99.1%)
- ☒ 1 m/s (100%)
- ☒ 1.5 m/s (100%)

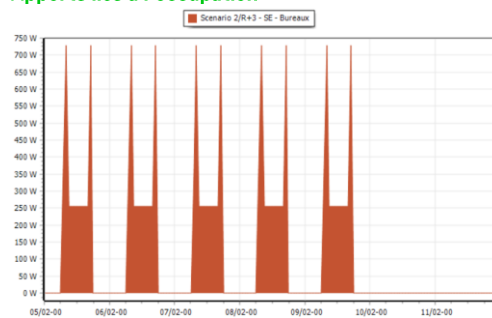


On constate donc qu'à partir d'une vitesse d'air de 0.5m/s les locaux deviennent confortables plus de 99% du temps d'occupation et qu'ils le sont intégralement à partir d'une vitesse d'air d'1m/s.

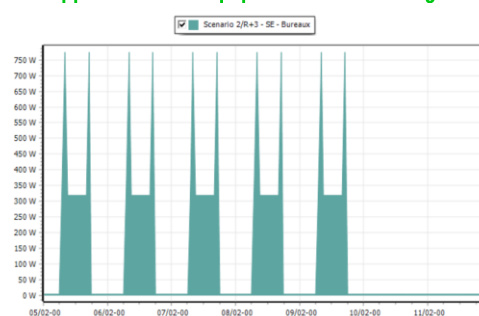
Zoom sur les apports au sein des locaux

Les apports internes sont répartis comme suit dans les bureaux du R+3 orientés au SE :

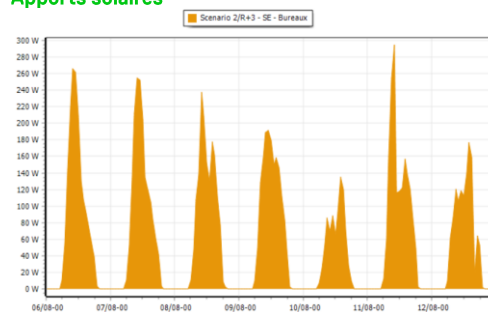
Apports liés à l'occupation



Apports liés aux équipements et l'éclairage



Apports solaires



On constate ainsi :

- Les principaux apports sont liés à la chaleur dégagée par les occupants des locaux (80W par personne en moyenne) avec des pics en début et en fin de journée lorsque les bureaux sont occupés par les chercheurs. A ces apports liés aux occupants s'ajoutent ceux liés aux équipements (ordinateur et éclairage notamment) ;
- Les apports solaires quant à eux sont principalement présents en début de journée en raison de l'orientation à l'est des locaux.

3.2 Analyse de l'influence des choix de conception

Afin de répondre aux objectifs du projet en termes de confort estival, quatre choix de conception notables ont été faits :

- Un rafraîchissement passif *via* freecooling ;
- Une stratégie de protections solaires *via* des protections fixes ImmoBlade et stores intérieurs ;
- Un rafraîchissement adiabatique ;
- Mise en place de brasseurs d'air.

Les variantes suivantes visent à montrer l'impact de ces choix sur les conditions de confort du projet.

3.2.1 Sans brasseurs d'air

Le fait de mettre en œuvre des brasseurs d'air n'influe pas sur la température intérieure au sein des locaux mais va impacter la température ressentie par les utilisateurs.

Le tableau ci-dessous présente donc les résultats du cas de base Projet vu plus haut, avec une température d'inconfort de 28°C (au lieu de 29.50C) :

Confort d'été - Sans brasseurs d'air		
Zone	Heures > T°Inconfort	Base
	h/an	h/an
R+2 - S - Salles de réunion 1 et 2	65	10,0%
R+2 - NE - Bureaux	38	1,3%
R+3 - SO - Bureaux	73	2,6%
R+3 - SE - Bureaux	68	2,4%
R+3 - NE - Bureaux	153	5,4%
R+2 et R+3 - S - Salles de détente	0	0,0%
R+3 - Salle de reunion patio	109	24,3%

On constate donc une augmentation importante du nombre d'heures d'inconfort dans les locaux sans cette solution. Les utilisateurs devront donc être sensibilisés à l'utilisation des brasseurs d'air afin d'optimiser le confort à l'intérieur des locaux. Le bénéfice de cette solution réside aussi dans sa rapidité d'action, l'effet ressenti est immédiat.

Dans les variantes suivantes la température d'inconfort est également prise à 28°C afin de comparer les différentes variantes du même point de vue.

3.2.2 Sans freecooling

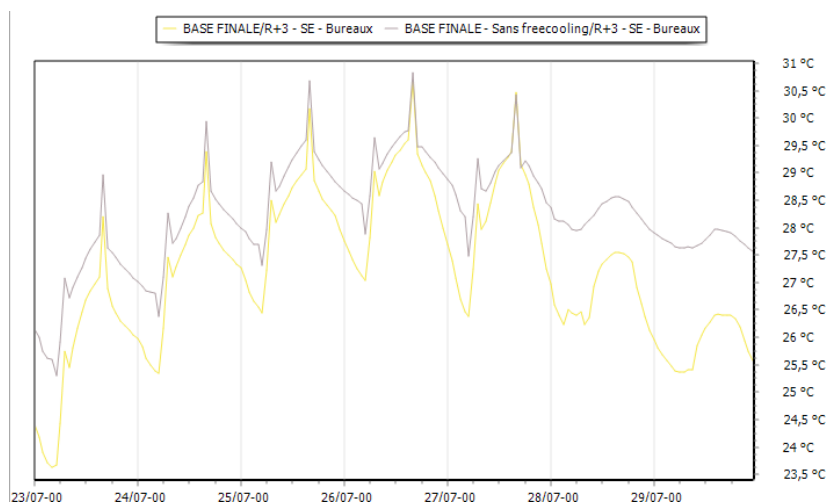
La variante ci-après étudie une configuration sans rafraîchissement passif *via* freecooling. Le tableau suivant présente les résultats du scénario de base dans chaque zone thermique étudiée :

Confort d'été - Sans freecooling		
Zone	Heures > T°Inconfort	Base
	h/an	%
R+2 - S - Salles de réunion 1 et 2	121	18,7%
R+2 - NE - Bureaux	135	4,7%
R+3 - SO - Bureaux	289	10,1%
R+3 - SE - Bureaux	244	8,5%
R+3 - NE - Bureaux	428	15,0%
R+2 et R+3 - S - Salles de détente	11	1,4%
R+3 - Salle de reunion patio	159	35,5%

Nous constatons que :

- La suppression du freecooling détériore amplement les résultats d'inconfort et notamment dans les bureaux orientés au NE car munis de protections solaires intérieures moins efficaces ;
- **Le rafraîchissement passif par freecooling constitue donc un dispositif très impactant pour le confort d'été. Ici le freecooling est considéré comme mécanique.**

Le graphique ci-dessous présente un zoom sur le fonctionnement en freecooling et le fonctionnement sans freecooling, sur la semaine la plus chaude :



Nous constatons que la nuit, le freecooling permet d'abaisser la température de 3°C en moyenne en profitant des températures extérieures plus fraîches contre 2°C sans le freecooling. Ceci permet de décaler la montée en température des locaux liée à l'occupation dans le temps.

3.2.3 Sans protections solaires

Cette variante s'intéresse à étudier l'impact des protections solaires mises en œuvre sur le projet. L'ensemble des protections solaires, fixes et mobiles, sont donc retiré pour la simulation de cette variante.

Le tableau suivant présente les résultats de la variante dans une sélection de zones thermiques étudiée :

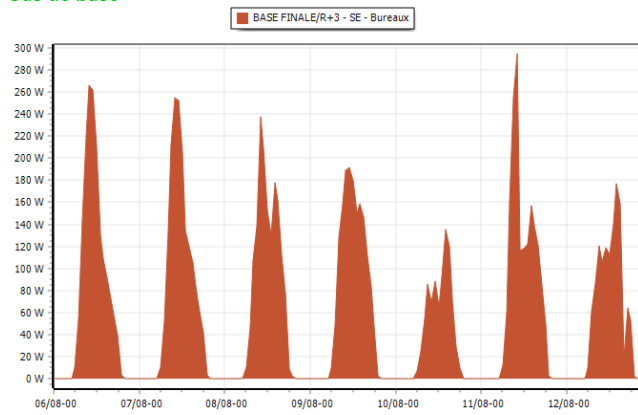
Confort d'été - Sans protections solaires		
Zone	Heures > T°Inconfort	Base
	h/an	%
R+2 - S - Salles de réunion 1 et 2	217	33,5%
R+2 - NE - Bureaux	361	12,6%
R+3 - SO - Bureaux	716	25,0%
R+3 - SE - Bureaux	771	27,0%
R+3 - NE - Bureaux	557	19,5%
R+2 et R+3 - S - Salles de détente	151	19,4%
R+3 - Salle de reunion patio	125	27,9%

Nous constatons que :

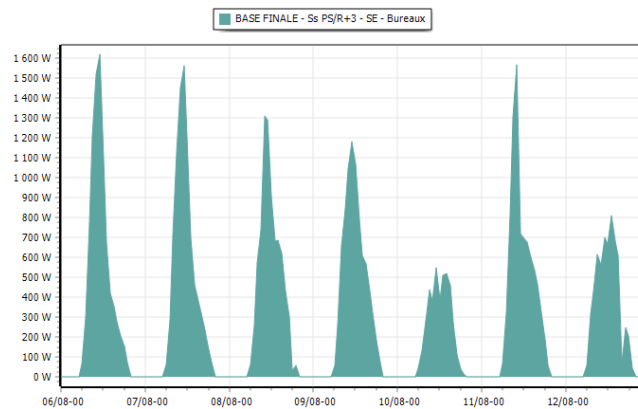
- Sans la mise en œuvre et l'utilisation des protections solaires, l'inconfort devient très élevé dans les locaux avec des locaux inconfortables 20% du temps environ. Dans ce cas de figure la mise en place des brasseurs n'est pas suffisante pour pallier cet inconfort ;
- L'inconfort est ici beaucoup plus marqué sur les locaux orientés sur les façades sud du bâtiment en raison des apports solaires plus importants. La différence de stratégie de protection solaire ne se fait plus ressentir comme dans le cas de base (bureau nord-est plus inconfortables dans le cas de base).

Les apports solaires dans les bureaux du SE au R+3 sont les suivants :

Cas de base



Sans protections solaires



La solution ImmoBlade permet d'apporter une première réponse à l'inconfort estival en diminuant grandement les apports solaires dans les locaux. Cette solution est notamment pertinente car elle ne nécessite pas d'action de la part des utilisateurs.

L'utilisation des protections solaires mobiles, même intérieures, bénéficie également au confort estival (voir notamment le cas des bureaux NE). Cette solution, mise en œuvre sur l'ensemble des locaux, nécessite cette fois une action de la part des utilisateurs en maintenant baissés au maximum ces protections solaires en journée. La sensibilisation des occupants sera donc primordiale tout au long de la vie du bâtiment.

3.2.4 Sans module adiabatique

Cette variante présente l'impact de la suppression de la batterie adiabatique sur la CTA. Ce dispositif participe à l'amélioration du confort d'été, en abaissant la température de l'air soufflé dans les locaux grâce à une humidification de ce dernier.

Le tableau suivant présente les résultats de la variante dans chaque zone thermique étudiée :

Confort d'été - Sans module adiabatique		
Zone	Heures > T°Inconfort	Base
	h/an	h/an
<i>R+2 - S - Salles de réunion 1 et 2</i>	86	13,3%
<i>R+2 - NE - Bureaux</i>	129	4,5%
<i>R+3 - SO - Bureaux</i>	203	7,1%
<i>R+3 - SE - Bureaux</i>	207	7,2%
<i>R+3 - NE - Bureaux</i>	304	10,6%
<i>R+2 et R+3 - S - Salles de détente</i>	19	2,4%
<i>R+3 - Salle de reunion patio</i>	122	27,2%

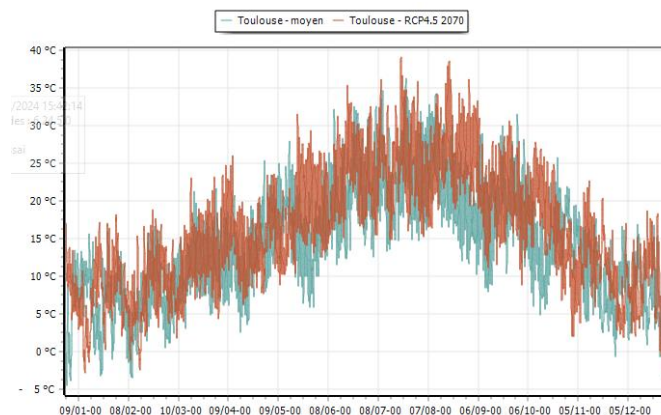
Nous constatons que :

- L'absence d'une batterie adiabatique détériore amplement les résultats d'inconfort et sur l'ensemble des locaux. Cette solution implique cependant des consommations d'eau supplémentaires ;
- Les consommations d'eau estimée pour le module adiabatique de la CTA des bureaux est de 17m³ d'eau soit environ 75€ par an ;
- **Le module adiabatique de la CTA constitue donc un dispositif très impactant pour le confort d'été et permet, avec un cout annuel d'exploitation faible d'améliorer grandement le confort intérieur.**

3.3 Scénario météo 2070

Dans un contexte de réchauffement climatique qui s'accélère, les résultats présentés ci-dessus avec un scénario de température moyen ne seront peut-être plus d'actualité dans quelques années. Le bâtiment ayant une durée de vie théorique de 50 ans, nous étudions le confort avec un scénario projeté de température, basé sur les calculs du GIEC.

Les scénarios de température, de base et de la variante, sont présentés ci-dessous :



On constate donc sur le nouveau scénario des températures qui monte plus haut en journée et qui redescendent moins la nuit. Ces deux changements ont des impacts importants sur le confort estival car le rafraîchissement nocturne par freecooling par exemple sera moins efficace et les apports de chaleur plus importants.

Les résultats avec ce scénario météo sont les suivants :

Confort d'été - Météo 2070		
Zone	Heures > T°Inconfort	Base
	h/an	h/an
R+2 - S - Salles de réunion 1 et 2	55	3,2%
R+2 - NE - Bureaux	17	0,0%
R+3 - SO - Bureaux	92	0,8%
R+3 - SE - Bureaux	92	0,8%
R+3 - NE - Bureaux	143	0,9%
R+2 et R+3 - S - Salles de détente	5	0,0%
R+3 - Salle de reunion patio	96	12,0%

Les conditions de confort en 2070 ne seront donc plus conformes au programme en l'état. Afin d'anticiper ces changements météo, l'équipe projet prévoit la mise en place d'une batterie froide sur la centrale de traitement d'air afin de réaliser un prétraitement de l'air neuf soufflé dans les locaux. Une température de soufflage à 20°C en été est donc prise en compte dans les résultats présentés ci-dessous :

Confort d'été - Météo 2070 + Batterie froide		
Zone	Heures > T°Inconfort	Base
	h/an	h/an
R+2 - S - Salles de réunion 1 et 2	12	3,2%
R+2 - NE - Bureaux	0	0,0%
R+3 - SO - Bureaux	5	0,8%
R+3 - SE - Bureaux	11	0,8%
R+3 - NE - Bureaux	11	0,9%
R+2 et R+3 - S - Salles de détente	0	0,0%
R+3 - Salle de reunion patio	55	12,0%

On constate donc que les locaux du projet restent confortables avec les solutions passives mises en œuvre dans le bâtiment même dans le cas d'un scénario météo anticipant les températures de 2070.

4. Etudes des besoins énergétiques

4.1 Cas de base

Le cas de base s'intéresse à la fois aux besoins de chauffage et aux besoins en froid. La climatisation est appliquée dans les bureaux, salles de réunion, salles de détente et dans la halle technologique et les laboratoires. L'objectif est, dans un premier temps, d'évaluer ces besoins sans les optimisations vues dans la partie précédente.

Le tableau suivant présente les résultats dans chaque zone thermique étudiée pour la partie bureaux :

Zones	Surface	Besoins	
	-	Chauffage	
	m ²	kWh/an	kWh/m ² /an
RDC - SE - Hall d'entrée	42	1 711	40,4
RDC - NE - Réunion	16	668	42,8
R+2 et R+3 - S - Salles de détente	66	1 415	21,3
R+2 - SO - Bureaux	120	843	7,0
R+2 - S - Salles de réunion 1 et 2	23	461	19,7
R+2 - SE - Bureau	22	416	19,3
R+2 - Réunion CRITT	51	140	2,7
R+2 - N - Salle de réunion	17	222	13,0
R+2 - NO - Bureaux	87	1 612	18,5
R+2 - NE - Bureaux	77	1 088	14,2
R+3 - SO - Bureaux	122	1 814	14,9
R+3 - SE - Bureaux	21	422	19,9
R+3 - NE - Bureaux	88	845	9,6
R+3 - Salle de réunion patio	29	579	19,8
R+1 - SE - Salle de détente	32	787	24,5
Sanitaires et vestiaires	112	3 156	28,2
Total	925	16 178	17,5

Nous constatons que :

- Par rapport à l'APD v2 les besoins ont légèrement augmentés sur le projet en raison notamment de :
 - o La prise en compte d'édicule de l'ascenseur ;
 - o La suppression du SAS et donc l'agrandissement du hall d'entrée ;
 - o La diminution de la surface vitrée notamment sur les patios ainsi qu'une prise en compte plus fine dans le logiciel des menuiseries des bureaux (débords et dimensions).
 - o L'ouverture des salles de détente sur une partie des circulations dont une partie de la chaleur va se diriger vers les circulations.
- Les besoins de chauffage restent néanmoins limités en raison de l'isolation importante du bâtiment et de sa compacité qui permet de limiter les surfaces déperditives.

Le tableau suivant présente les résultats dans chaque zone thermique étudiée pour la partie laboratoires / halle technologique :

Zones	Surface	Besoins			
	-	Chauffage		Climatisation	
	m²	kWh/an	kWh/m²/an	kWh/an	kWh/m²/an
RDC/R+1 - Halle technologique et labo. + mezzanine	952	31 493	33,1	1 623	1,7
RDC/R+1 - Process	540	5 172	9,6	0	0,0
R+1/R+2 - Laveries	67	60	0,9	0	0,0
R+2 - S - Grand labo projet	70	2 226	31,8	19	0,3
R+2 - N - Grand labo projet	60	2 352	39,3	19	0,3
R+3 - NO - Laboratoire	93	6 336	68,0	3	0,0
R+3 - NE - Laboratoire	51	1 286	25,3	78	1,5
R+3 - SO - Laboratoire	25	299	12,1	485	19,6
Total	1 858	49 223	26,5	2 227	84,1

Nous constatons que :

- De manière générale, les besoins sont plus élevés ici en raison d'un renouvellement d'air de 6vol/h imposé par le programme. Les déperditions aérauliques sont donc plus importantes dans ces locaux; malgré la ventilation double-flux qui permet une récupération d'une partie des calories.
- La modification des menuiseries sur le patio en changeant le mur rideau par plusieurs menuiseries réduit la surface vitrée et donc augmente légèrement les besoins de chauffage du projet.

4.2 Apports de chaleur

Couverture solaire passive

Afin d'étudier l'impact sur le projet des apports solaire, le même modèle est simulé cette fois-ci en ne prenant pas en compte les apports solaires.
Dans cette configuration, les besoins de chauffage seraient augmentés de 128% par rapport au modèle de base.

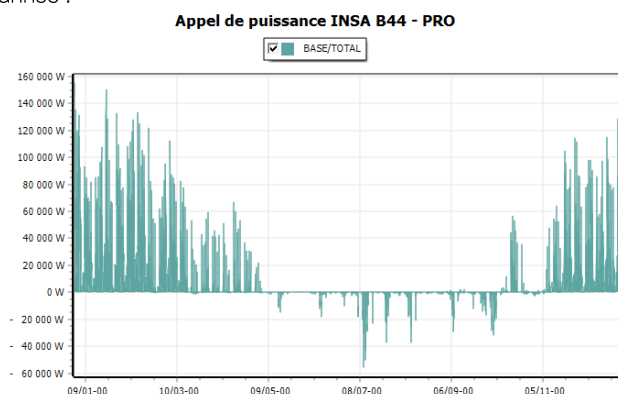
Apports internes

Afin d'étudier l'impact des apports de chaleurs liés aux occupants, le même modèle est simulé cette fois-ci en ne prenant pas en compte les apports internes.
Dans cette configuration, les besoins de chauffage seraient augmentés de 40%.
Les apports de chaleur des équipements et des occupants permettent de couvrir les besoins de chauffage, ce qui démontre de la capacité du bâtiment à conserver la chaleur.

Les apports solaires internes ont donc un impact prépondérant sur les conditions internes et les besoins de chauffage. La conception bioclimatique du bâtiment permet de couvrir une grande partie des besoins via les apports solaires et de les conserver via une isolation performante.

4.3 Appels de puissance

Le graphique ci-dessous présente les appels de puissance de chauffage sur l'ensemble des locaux tout au long de l'année :



Les besoins de chauffage s'étendent sur une période allant de début octobre à début mai.

4.4 Etudes de variantes

Afin d'étudier la sensibilité du projet à certains paramètres, les variantes suivantes ont été simulées :

- Températures de consignes :
 - o Consigne +1°C (21°C), avec réduct de nuit de 2°C
 - o Consigne -1°C (19°C), avec réduct de nuit de 2°C
 - o Consigne à 20°C, sans réduct de nuit
- Impact de la suppression du SAS au RDC.
- Variantes commissionnement :
 - o +/-20% apports internes
 - o +/-15% débits de ventilation

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

VARIANTE BUREAUX	Besoins de chauffage		
	kWh/an		%
	Base	Variante	ΔBase
<i>BASE</i>	16 178	-	-
<i>Consigne +1°C</i>	16 178	19 125	18,2%
<i>Consigne -1°C</i>	16 178	13 750	-15,0%
<i>Sans réduct de nuit</i>	16 178	18 945	17,1%
<i>Avec SAS au RDC</i>	16 178	15 960	-1,3%
<i>Apports internes -20%</i>	16 178	17 603	8,8%
<i>Apports internes +20%</i>	16 178	14 877	-8,0%
<i>Ventilation -15%</i>	16 178	15 162	-6,3%
<i>Ventilation +15%</i>	16 178	17 254	6,6%

On constate que :

- La régulation de la température dans les bureaux sera un élément essentiel pour la maîtrise des consommations du bâtiment. En effet, l'augmentation ou la diminution d'un degré de la température de consigne impact les besoins de chauffage à hauteur de 20% environ. Il est ainsi recommandé de fixer la température de consigne à 19°C.
- De la même manière, la mise en place d'un réduct de la température de consigne en inoccupation permet un gain substantiel de 20% sur les besoins de chauffage.
- Le SAS initialement prévu, en tant que zone non chauffée, permettait un gain de 1.3% sur les besoins de chauffage ce qui reste négligeable dans notre cas. Il est à noter cependant que le logiciel de simulation prend mal en compte l'ouverture et la fermeture de la porte d'entrée et donc les déperditions aérauliques liées.
- Les apports internes et la ventilation ont également un impact sur les besoins de chauffage du bâtiment. En phase exploitation il sera donc important de limiter les apports internes lorsque possible et réguler au plus proche des besoins la ventilation mécanique.

5. Conclusion

Le traitement de l'enveloppe du bâtiment et les systèmes techniques choisis permettent d'obtenir un bâtiment aux besoins de chauffage maîtrisés. Les forts apports internes de la halle technologique et des laboratoires permettent de maintenir le bâtiment à bonne température l'hiver.

Sur le volet du confort thermique, cette étude montre que :

- Les mesures de conception passives mise en œuvre (protections solaires ImmoBlade et stores intérieurs, ventilation nocturne, rafraîchissement adiabatique) sont de réels atouts pour maintenir les conditions de confort visées par le projet.
- Le projet tel que conçu permet également de satisfaire les conditions de confort visées au programme même dans le cas d'un scénario de température anticipant le changement climatique à horizon 2070.
- Les brasseurs d'air et les stores intérieurs nécessitent l'action des usagers pour être utilisés de manière optimale. Une sensibilisation des usagers tout au long de la vie du bâtiment est donc primordiale pour maintenir le bâtiment dans des conditions de confort optimales.

La mise en place de brasseurs permettra également de limiter grandement l'inconfort en augmentant la vitesse d'air au sein des bureaux, salles de réunion et salles de détente. Cette solution permettra de supprimer les besoins en climatisation en augmentant la température de consigne en froid en été ainsi qu'une meilleure homogénéisation de l'air en hiver par déstratification. Avec ces installations, l'objectif du programme concernant le seuil du nombre d'heures d'inconfort (50h/max) est respecté.

L'implication des usagers dans la vie du bâtiment est un facteur clé du confort. Un accompagnement des usagers en début d'exploitation sera un plus pour le fonctionnement du bâtiment. Une sensibilisation sera conduite auprès des occupants afin de leur permettre d'utiliser de manière optimale les outils mis à leur disposition pour garantir le confort estival, à savoir la ventilation naturelle et les protections solaires mobiles.

6. Annexes

6.1 Apports internes

Les apports pris en compte dans le modèle Pléiades sont les suivants.

6.1.1.1 RDC / R+1 - Halle technologique et process

Les équipements technologiques ont été partagés par la MOA.

Sans retour sur leur temps d'utilisation, il a été estimé le scénario suivant pour chaque mois :

- Une semaine à 25% de charge ;
- Une semaine à 50% de charge ;
- Une semaine à 75% de charge ;
- Une semaine à 100% de charge.

6.1.1.2 Locaux process étages

- Grand labo projet :
 - o 4 frigos (20W) fonctionnant en permanence ;
 - o 2 congélateurs (20W) fonctionnant en permanence ;
 - o 4 postes informatiques (60W) ;
 - o 3 sorbonnes (60W) ;
 - o 2 UHPLC (100W) ;
 - o 3 centrifugeuses paillasses (100W) ;
 - o 1 agitateur magnétique (100W) ;
 - o 4 vortex (20W) ;
 - o 4 thermomixer (60W) ;
 - o 2 bioréacteurs (20W) ;
 - o 1 cryostat (100W) ;
 - o 1 pompe à vide (20W) ;
 - o 6 pH stat (20W) ;
 - o 1 pH mètre (20W) ;
 - o 1 centrifugeuse falcon (100W) ;
 - o 2 bains maries (100W) ;
 - o 1 lecteur de microplaque (60W) ;
 - o 4 étuves Qmax (100W) ;
 - o 4 bains secs (100W) ;
 - o Autres équipements (boa, prises, etc.) considérés avec des apports négligeables.
- Petit et grand labo projet :
 - o 3 frigos (20W) fonctionnant en permanence ;
 - o 3 congélateurs (20W) fonctionnant en permanence ;
 - o 3 centrifugeuses (100W) ;
 - o 3 vortex (20W) ;
 - o 1 bain marie (100W) ;
 - o 3 PSM (500W) ;
 - o Autres équipements (prises, etc.) considérés avec des apports négligeables.

Sur le même principe que la halle technologique, ces laboratoires suivent le scénario suivant pour chaque mois :

- Une semaine à 25% de charge ;
- Une semaine à 50% de charge ;
- Une semaine à 75% de charge ;
- Une semaine à 100% de charge.
- Magasin verrerie :
 - o 1 frigo (20W) fonctionnant en permanence ;
 - o Autres équipements (prises, etc.) considérés avec des apports négligeables.
- Salle de culture :
 - o 2 PSM (500W) considérés utilisés 50% du temps ;
 - o 2 Infors microplaques (100W) considérés utilisés 50% du temps ;
 - o 3 Infors erlens (100W) considérés utilisés 50% du temps ;
 - o 2 étuves 28°C et 37°C (200W) considérées utilisées 50% du temps ;
 - o Autres équipements (microscope, lecteur DO600, prises, etc.) considérés avec des apports négligeables.

- Chambre froide :
 - o 1 plateau agitant (100W) considéré utilisé 50% du temps ;
 - o 3 agitateurs magnétiques (100W) considérés utilisés 50% du temps ;
 - o 1 fastprep (60W) considérés utilisés 50% du temps ;
 - o Autres équipements (prises, etc.) considérés avec des apports négligeables.
- Salle de pesée :
 - o 1 sorbonne (60W) considérée utilisée 50% du temps ;
 - o 1 pH mètre (20W) considérée utilisée 50% du temps ;
 - o 3 armoires (50W) considérée utilisée 50% du temps ;
 - o Agitateurs magnétiques et chauffants (100W) considérés utilisés 50% du temps ;
 - o 1 poste informatique (60W) considérée utilisée 20% du temps ;
 - o Autres équipements (prises, balances etc.) considérés avec des apports négligeables.
- Local VDI :
 - o Serveur informatique :
 - 0.6W/m² de bureau ;
 - Fonctionnement 100% du temps.
- Laverie :
 - o 2 lave-vaisselles (1000W) fonctionnant 50% du temps ;
 - o 2 étuves (100W) fonctionnant 50% du temps ;
 - o 1 générateur eau (100W) fonctionnant 50% du temps ;
 - o 1 machine à glace (50W) fonctionnant 50% du temps ;
 - o 1 autoclave (3000W) fonctionnant 50% du temps ;
 - o 1 petit autoclave (1500W) fonctionnant 50% du temps ;
 - o Autres équipements (adoucisseur, prises, boa, etc.) considérés avec des apports négligeables.
- Local bio moléculaire :
 - o 1 réfrigérateur (20W) fonctionnant en permanence ;
 - o 1 congélateur (20W) fonctionnant en permanence ;
 - o 1 centrifugeuse (100W) considérée utilisée 50% du temps ;
 - o 1 spectrophotomètre (20W) considéré utilisé 50% du temps ;
 - o 1 vortex (20W) considéré utilisé 50% du temps ;
 - o 3 systèmes électrophorèses (20W) considérés utilisés 50% du temps ;
 - o 1 PSM (500W), considéré utilisé 50% du temps ;
 - o 4 thermocycleurs (600W) considérés utilisés 50% du temps ;
 - o 2 bains maries (100W) considérés utilisés 50% du temps ;
 - o 1 labchip (60W) considéré utilisé 50% du temps ;
 - o Des systèmes migration gels SDS (20W) considérés utilisés 50% du temps ;
- Local -80 :
 - o 8 congélateurs -80°C (2000W) fonctionnant 15% du temps même hors période d'occupation.
- Local BET :
 - o 1 poste informatique lecteur de gel (300W) considéré utilisé 50% du temps ;
 - o 1 lecteur de gel (60W) considéré utilisé 50% du temps ;
 - o 1 invitrogen (20W) considéré utilisé 50% du temps ;
 - o 1 système électrophorèse acides nucléiques (20W) considérée utilisée 50% du temps.
- Incubation PSM :
 - o 2 PSM (500W) considérés utilisés 50% du temps ;
 - o 1 colonne de 2 incubateurs statiques (800W) considérée utilisée 50% du temps ;
 - o 2 colonnes de 3 incubateurs (800W) considérées utilisées 50% du temps ;
 - o 1 centrifugeuse falcon et microplaques (100W) considérée utilisée 50% du temps ;
 - o Autres équipements (prises, lecteur DO600, etc.) considérés avec des apports négligeables.
- Pesée/préparation :
 - o 1 sorbonne (60W) considérée utilisée 50% du temps ;
 - o 1 armoire ventilée (50W) considérée utilisée 50% du temps ;
 - o 1 pH mètre (20W) considéré utilisé 50% du temps ;
 - o Agitateurs magnétiques et chauffants (100W) considérés utilisés 50% du temps ;
 - o 1 production d'eau milliQ (50W) considérée utilisée 50% du temps ;
 - o Autres équipements (prises, balances, etc.) considérés avec des apports négligeables.