UNIVERSITE GUSTAVE EIFFEL Bouguenais

ALLEE DES PONTS ET CHAUSSES – 44344 BOUGUENAIS

NOTICE THERMIQUE

PRO/DCE

V2 - Date de diffusion 25/09/2026

Rénovation énergétique de deux bâtiments DARCY et BOUGUER et de la chaufferie attenante

MAITRISE D'OUVRAGE :

UNIVERSITE GUSTAVE EIFFEL
Campus de Nantes
Allée des ponts et chaussées
CS 5004
774344 Bouguenais

Mme Viviane Le Manach
Secrétaire Générale Déléguée
T 06 19 71 22 50
@ viviane.le-manach@univ-eiffel.fr

MAITRISE D'ŒUVRE MANDATAIRE :

ALTEREA AGENCE OUEST
11B rue des Marchandises
CS94427
44263 NANTES
T 02 40 74 24 81

M Steve RABALLAND
Responsable pôle MOE Grand Ouest
T 07 71 50 87 12
@ sraballand@alterea.fr

ARCHITECTE :

CARTOUCHE
33b rue de l'aérodrome
44400 REZE
T 02 85 52 84 97

M Cyrille LAMOUCHE
Chef de projet
T 06 02 59 30 46
@ contact@cartouche.archi

BUREAU D'ETUDES STRUCTURE :

AKILA INGENIERIE
1 rue de l'Angevinière
44800 SAINT-HERBLAIN

M Aymeric GESBERT
Directeur d'Agence Pays de la Loire
T 06 34 29 60 70
@ aymeric.gesbert@akila-ingenierie.com

SPS :

BUREAU VERITAS
4 rue Duguay Trouin
44800 SAINT-HERBLAIN

M Guillaume DEMORY
Coordonnateur SPS
T 06 81 46 88 30
@ guillaume.demory@bureauveritas.com

CONTROLEUR TECHNIQUE :

QUALICONSULT
6 bis rue Alessandro Volta, bâtiment F9
44481 CARQUEFOU

M Abdallah KHADRAOUI
Ingénieur Contrôle Technique
T 06 48 42 53 38
@ abdallah.khadraoui@qualiconsult.fr

SUIVI DU DOCUMENT :

Indice	Date	Modifications	Rédaction	Vérification	Validation
1	13/03/2026	Version de Base	ABAR	ECAU	SRAB
2	25/09/2026	Mise à jour PRO/DCE : Ajout d'une chaufferie bois	NVER	ECAU	SRAB

SOMMAIRE

1 **Préambule 6**
1.1 Récapitulatif des données génériques du projet 6
1.2 Analyse relative au Décret Tertiaire 7
2 **Récapitulatif des résultats RTex Bâtiment BOUGUER 8**
2.1 Plan de repérage du périmètre 8
2.2 Réglementation thermique applicable 8
2.3 Etat initial bâtiment BOUGUER 9
2.3.1 Hypothèses de simulation « bâti » existant 9
2.3.2 Hypothèses de simulation « systèmes » existant 10
2.3.3 Déperditions thermiques 11
2.3.4 Analyse des déperditions thermiques selon Th-C-E-ex 12
2.4 Etat projeté bâtiment BOUGUER 13
2.4.1 Scénario de réhabilitation globale 13
2.4.2 Déperditions thermiques selon Th-C-E ex 15
2.5 Bilan du calcul réglementaire Th-C-E ex 17
2.6 Respect des exigences thermiques du programme : 17
3 **Récapitulatif des résultats RTex Bâtiment DARCY 18**
3.1 Plan de repérage du périmètre 18
3.2 Réglementation thermique applicable 18
3.3 Liste des interventions énergétiques proposées 19
3.3.1 Hypothèses de simulation « bâti » projet 20
3.3.2 Hypothèses de simulation « systèmes » projet 20
3.3.3 Respect des exigences RT existant élément par élément : 21
4 **STD confort Bâtiment BOUGUER 23**
4.1 Introduction 23
4.2 Outil de simulation 23
4.3 Hypothèses de calcul 23
4.4 Données météorologiques 23
4.5 Hypothèses de modélisation 24
4.5.1 Description du bâti 24
4.5.2 Chauffage 24
4.5.3 Climatisation 24
4.5.4 Renouvellement d'air mécanique 24
4.5.5 Étanchéité à l'air 24
4.5.6 Occupation 24
4.5.7 Éclairage artificiel 26
4.5.8 Equipements spécifiques 26
4.5.9 Occultations 26
4.5.10 Aération 26
4.6 Simulation et résultats 27
4.6.1 Définition du périmètre de l'étude 27
4.7 Simulation 28
4.7.1 Étude d'ombrage 28
4.8 Résultats de l'étude 29
4.8.1 Bilan estival des apports thermiques 29
4.8.2 Analyse et conclusion confort estival 31

5 **Annexes** **33**
5.1 Plan de repérage des isolants 33

1 PREAMBULE

Dans le cadre du projet de réhabilitation globale du bâtiment BOUGUER et d'une partie du bâtiment DARCY du site de l'université Gustave Eiffel, situé à Bouguenais (44), cette notice thermique récapitule les principaux résultats des différentes simulations réalisées.

Les simulations suivantes ont été réalisées :

Bâtiment BOUGUER :

- **Simulation RTex (méthode Th-C-E ex) :** le bâtiment est soumis à la RT globale (voir chapitre concerné). Le programme vise à atteindre les objectifs suivants :
  - U_{bat} projet < U_{bat} ref -30%,
  - Cep projet < Cep initial -30%,
- **Simulation STD de confort estival**, permettant de valider l'atteinte des objectifs de la maîtrise d'ouvrage concernant cet item (inconfort estival inférieur à 2% du temps d'occupation au sens du référentiel HQE).

Bâtiment DARCY :

- **Simulation RTex (méthode Th-C-E ex) :** le projet est soumis à la RT existante élément par élément (voir chapitre concerné).

1.1 Récapitulatif des données génériques du projet

	BOUGUER	DARCY
Adresse du projet	All. des Ponts et Chaussées, 44340 Bouguenais	
Année de construction	1985 + Extensions 1995	1979
Type	Bureaux	Bureaux
Surface de plancher étudiée	1 806 m²	2 546 m²
Nombre de niveaux	2	2
Effectif	43	81
Budget opération	1 600 k€HT	750 k€HT

1.2 Analyse relative au Décret Tertiaire

Le décret n°2019-771 du 23 juillet 2019 dit « Décret Tertiaire », entré en vigueur le 1er octobre 2019 et relatif aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans les bâtiments à usage tertiaire, précise le périmètre de l'obligation définie dans la Loi Elan :

- Approche en énergie finale, tous usages énergétiques (bâti, qualité et exploitation des équipements, comportement des usagers, etc..).
- Seuil de 1 000 m² de surface de plancher (au local ou cumulé sur un bâtiment à usage principal tertiaire ou sur un site).
- Toute catégorie d'activité tertiaire concernée, public comme privé avec de très rares exemptions.
- Remontée annuelle par les assujettis via la plateforme OPERAT (propriétaire et/ou preneur).

Le décret impose des consommations cibles à atteindre aux échéances 2030, 2040 et 2050 :

Échéances	Objectif valeurs relatives	Objectif valeurs absolues
	Réduction par rapport à l'année la plus consommatrice entre 2010 et 2022	*Valeur brute à atteindre en kWh/m²SDP*
2030	-40%	Selon usage du bâtiment
2040	-50%	Non connu
2050	-60%	Non connu

Les données actuellement fournies par la MOA ne sont pas suffisantes afin de déterminer les objectifs et le gain à réaliser pour atteindre les différentes échéances. Une étude du calcul des objectifs nécessiterait :

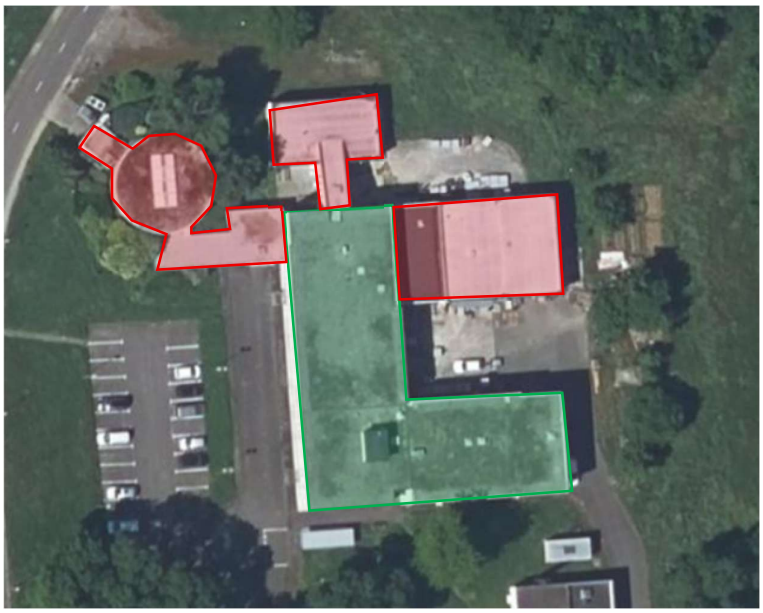
- Le détail des surfaces alloués aux laboratoires de recherche ;
- Les consommations des années 2010 à 2022
- Les déclarations OPERAT (données de consommations des années références et surfaces par sous catégories déclarées)

Aussi, l'état projet sera étudié sur la base d'un calcul réglementaire et non pas sur la base d'un calcul de consommation réelle. Un calcul SED (simulation énergétique dynamique) permettrait d'étudier plus précisément le gain réel associé aux travaux prévus et de les valider par rapport aux échéances du décret.

En l'état, il n'est pas possible d'étudier le gain à réaliser ni de comparer l'état projet aux échéances 2030, 2040 et 2050 du décret tertiaire.

2 RECAPITULATIF DES RESULTATS RTEX BATIMENT BOUGUER

2.1 Plan de repérage du périmètre



Zone du périmètre d'intervention	
Zone HORS périmètre d'intervention	

2.2 Réglementation thermique applicable

Détermination du type de rénovation	
Bâtiment	Bâtiment BOUGUER
SHON	1 987 m²
Coût réglementaire du patrimoine	3 335 501 €HT
Valeur seuil RT « globale »	833 875 €HT
Coût des travaux de rénovation énergétique	Environ 1 600 000 €HT

Le bâtiment a été construit après 1948. Sa SHON est supérieure à 1 000m².

Le coût des travaux de rénovation thermique est supérieur à 25% de la valeur du bâtiment.

Par conséquent, c'est la réglementation thermique **globale** qui s'applique au projet.

La rénovation dite « globale » définit un objectif de performance globale pour le bâtiment rénové, à justifier par un calcul réglementaire.

2.3 Etat initial bâtiment BOUGUER

2.3.1 Hypothèses de simulation « bâti » existant

Bâti	Performance U [W/m².K] / ψ [W/m.K]	
Murs extérieurs	Mur type béton préfabriqué avec isolant intégré 4cm PSE	Up = 2,35 W/m².K
Ouvrants	Menuiseries SV Localisation : Bâtiment d'origine	U_w = 5,7 W/m².K
	Menuiseries DV alu 4/12/4 Localisation : Extension	U_w = 2.8 W/m².K
Planchers bas	Plancher bas sur TP : Béton plein sans isolant Localisation : Bâtiment d'origine	Up_{eq} = 0,19 W/m².K
	Plancher bas sur TP extension : Béton plein isolé périphérique, 4cm PSE Localisation : Extensions	Up_{eq} = 0,14 W/m².K
Plancher haut	Toiture terrasse : Dalle béton, 4 cm d'isolant de PSE sous étanchéité	Up = 0,79 W/m².K
	Toiture terrasse : Dalle béton, 4 cm d'isolant de polyuréthane sous étanchéité	Up = 0,55 W/m².K
Ponts thermiques[1]	Angle sortant extérieur	0,14 W/m.K
	Angle rentrant extérieur	0,63 W/m.K
	Refend béton mur ext	0,94 W/m.K
	Plancher bas / Mur	0,21 W/m.K bât orignine 0,65 W/m.K bât extension
	Plancher intermédiaire	0,80 W/m.K
	Plancher haut	0,23 W/m.K
Perméabilité à l'air :		1,70

[1] Valeurs issues de l'étude Th-C EX état initial

2.3.2 Hypothèses de simulation « systèmes » existant

Système	Energie	Caractéristiques
Chauffage	Gaz	Production : Le bâtiment est alimenté par une chaufferie générale desservant respectivement les sous-stations des bâtiments BOUGUER et DARCY. Un troisième bâtiment hors périmètre est également desservi par la chaufferie. La chaudière existante est une chaudière gaz standard. Émetteurs : Radiateurs à ailettes à eau chaude, majoritairement équipés de sondes thermostatiques déportées. Distribution : Les différentes distributions sont alimentées par des pompes à débit constant en départ chaufferie. Le départ de chauffage de la sous-station BOUGUER est réalisé par une pompe à débit constant. Le départ de chauffage de la sous-station DARCY est réalisé par une pompe à débit variable. Les réseaux sont majoritairement calorifugés.
ECS	Electricité	Production d'ECS : Petits ballons électriques au plus proche des points de puisage.
Eclairage	Electricité	Le pilotage de l'éclairage est majoritairement manuel, sauf dans les circulations (détection de présence). Tous les éclairages présents sont des équipements LED.
Auxiliaires de ventilation	Electricité	La ventilation est entièrement mécanique. Des systèmes de ventilation simple flux par extraction sont présents dans les bureaux et dans les sanitaires en deux réseaux distincts. Des entrées d'air sont présentes sur les menuiseries.

2.3.3 Déperditions thermiques

Le calcul du $U_{bât}$, obtenu par la méthode de calcul réglementaire, permet de caractériser l'enveloppe générale d'un bâtiment. Il représente le coefficient moyen de déperdition par transmission à travers la **surface de parois déperditives**.

Le coefficient $U_{bât\text{-}max}$ représente la déperdition par transmission à travers l'enveloppe calculée en fonction de caractéristiques thermiques de référence des composants d'enveloppe. Cette valeur fait partie de garde-fou de la RT globale.

Typologie	$U_{bât}$ (W/m².K)
Bâtiment BOUGUER	1,422

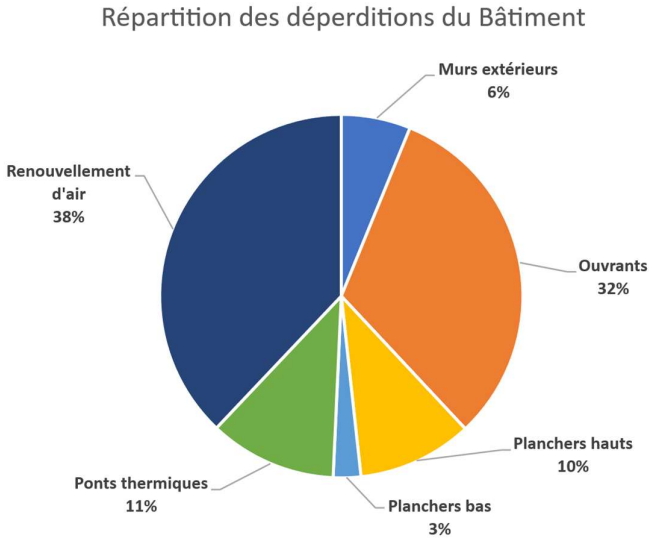
Analyse :
• Le coefficient Ubât dépend de la compacité de chaque bâtiment et des modes constructifs. On distingue 4 seuils de performance pour le coefficient Ubât. Ces seuils sont donnés ci-dessous : o Enveloppe performante : Ubât < 0,5 (bâtiment très isolé), o Enveloppe modérément déperditive : 0,5 < Ubât <1,0 (isolation standard RT2005), o Enveloppe déperditive : 1,0 < Ubât < 2,0 (bâtiment peu isolé), Enveloppe très déperditive : Ubât > 2,0 (bâtiment non isolé).

2.3.4 Analyse des déperditions thermiques selon Th-C-E-ex

A partir des relevés effectués sur le bâti et sur les installations techniques, une étude des déperditions a été réalisée. Les résultats sont exposés dans les pages suivantes.

Déperditions						
Renouvellement d'air	Murs extérieurs	Ouvrants	Planchers hauts	Planchers bas	Ponts thermiques	**Pertes TOTAL en kW**
55	9	46	15	4	16	**145**

Pour Tint = 19°C et Text = -4°C



Hypothèse de renouvellement d'air :

Les déperditions de chaleur par renouvellement d'air sont estimées en fonction des débits des caissons de ventilation précisé dans les DOE :

Désignation	Bâtiment BOUGUER
Type	Extraction
Débit d'extraction (m^3/h)	6 182
Déperditions (W/K)	2 101

Analyse :
> Les postes les plus déperditifs sont : • Le renouvellement d'air (aucune récupération de chaleur) • Les menuiseries (très déperditives en simple vitrage et nombreuses)

2.4 Etat projeté bâtiment BOUGUER

2.4.1 Scénario de réhabilitation globale

2.4.1.1 Liste des interventions énergétiques proposées

La liste des interventions est décrite ci-dessous. Le détail des performances est indiqué dans les parties suivantes :

	Bouquet de travaux
Travaux sur le bâti	Isolation par l'extérieur de toutes les façades du bâtiment.
	Remplacement de toutes les menuiseries extérieures
	Réfection complète de l'étanchéité et de l'isolation thermique de la toiture terrasse.
Travaux sur les systèmes	Création d'une ventilation double flux
	Remise à niveau des extractions spécifiques (sanitaires, locaux à pollution spécifique, etc.)
	Remplacement à neuf des éclairages existants des circulations B0C6& B1C2/2a
	Mise en place d'une chaufferie bois en remplacement de la chaufferie gaz existante.
Energie renouvelable	Mise en place de panneaux solaires photovoltaïques

2.4.1.2 Hypothèses de simulation « bâti » projet

Bâti	Performance U [W/m².K] / ψ [W/m.K]	
Murs extérieurs	Mur type béton préfabriqué avec isolant intégré 4cm PSE **Mise en place d'une ITE R=4.25 m².K/W**	Up = 0,15 W/m².K
Ouvrants	<u>Menuiseries SV</u> Localisation : Bâtiment d'origine **Mise en place de menuiseries aluminium DV Uw=1,3 m².K/W**	U_w = 1,3 W/m².K
	<u>Menuiseries DV alu 4/12/4</u> Localisation : Extensions **Mise en place de menuiseries aluminium DV Uw=1,3 W/m².K**	U_w = 1,3 W/m².K
Planchers bas	<u>Plancher bas sur TP :</u> Béton plein sans isolant Localisation : Bâtiment d'origine	Up_{eq} = 0,19 W/m².K
	<u>Plancher bas sur TP extension :</u> Béton plein isolé périphérique, 4cm PSE Localisation : Extensions	Up_{eq} = 0,14 W/m².K
Plancher haut	<u>Toiture terrasse :</u> Dalle béton, 4 cm d'isolant de PSE sous étanchéité **Mise en place d'une isolation sous étanchéité R=4,5 m².K/W**	Up = 0,22 W/m².K
	<u>Toiture terrasse :</u> Dalle béton, 4 cm d'isolant de polyuréthane sous étanchéité **Mise en place d'une isolation sous étanchéité R=4,5 m².K/W**	Up = 0,22 W/m².K
Ponts thermiques	Angle sortant extérieur	0,33 W/m.K
	Angle rentrant extérieur	0,37 W/m.K
	Refend béton mur ext	0,13 W/m.K
	Plancher bas / Mur	0,38 W/m.K bât origine 0,46 W/m.K bât extension
	Plancher intermédiaire	0,13 W/m.K
	Plancher haut	0,82 W/m.K
Perméabilité à l'air :		**1,70 (Valeur par défaut mais test à prévoir).**

Note : Un plan de repérage des isolants est fourni en annexe.

2.4.1.3 Hypothèses de simulation « systèmes » projet

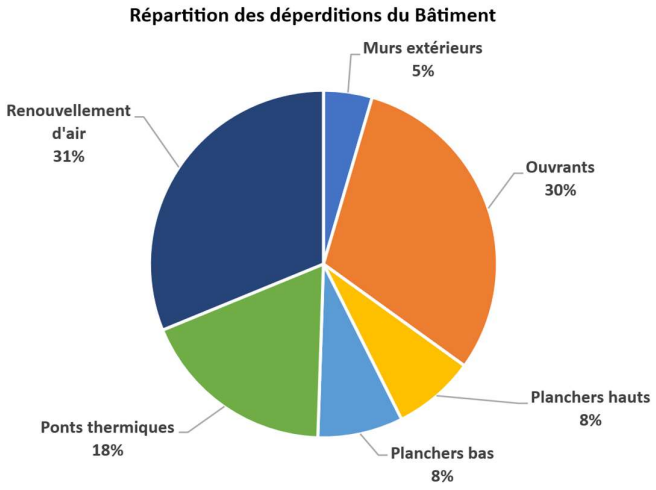
Système	Energie	Caractéristiques
Chauffage	Bois	**Travaux réalisés :** - Remplacement de la chaufferie gaz par une chaufferie bois
ECS	Electricité	**Pas de travaux**
Eclairage	Electricité	**Travaux réalisés :** - Mise en place de luminaires LED et détection de présence des circulations B0C6& B1C2/2a
Auxiliaires de ventilation	Electricité	**Travaux réalisés :** - Création d'une ventilation double flux - Remise à niveau des extractions spécifiques (sanitaires, locaux à pollution spécifique, etc.)
Production PV	Electricité	**Pas de travaux**

2.4.2 Déperditions thermiques selon Th-C-E ex

Typologie	$U_{bât}$ (W/m².K)
Bâtiment BOUGUER	0,603

Déperditions						
Renouvellement d'air	Murs extérieurs	Ouvrants	Planchers hauts	Planchers bas	Ponts thermiques	**Pertes TOTAL en kW**
13	2	13	4	3	8	**44**

Pour Tint = 19°C et Text = -4°C

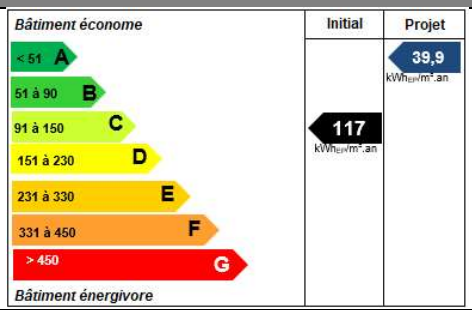
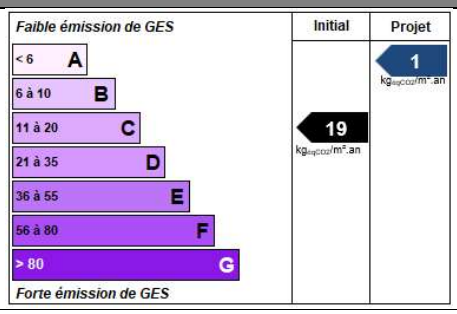


Hypothèse de renouvellement d'air :

Les déperditions de chaleur par renouvellement d'air sont estimées en fonction des débits des caissons de ventilation précisé dans les DOE :

Désignation	Bâtiment BOUGUER
Type	Extraction
Débit d'extraction (m^3/h)	5 000 CTA DF + 1 000 VMC SF
Débit de soufflage (m^3/h)	6 000 CTA DF
Déperditions (W/K)	578

2.5 Bilan du calcul réglementaire Th-C-E ex

Bâtiments	Consommation conventionnelle CEP ($kWh_{EP}/m^2.an$)	Emission GES ($kgeq_{CO2}/m^2.an$)
Bâtiment BOUGUER		

Valeurs détaillées :

	Bois	Electricité (Dont prod PV)	TOTAL
Consommations (kWhEP)	27 750	49 973	77 723
Consommations (kWhEF)	46 277[2]	19 371	65 647

2.6 Respect des exigences thermiques du programme :

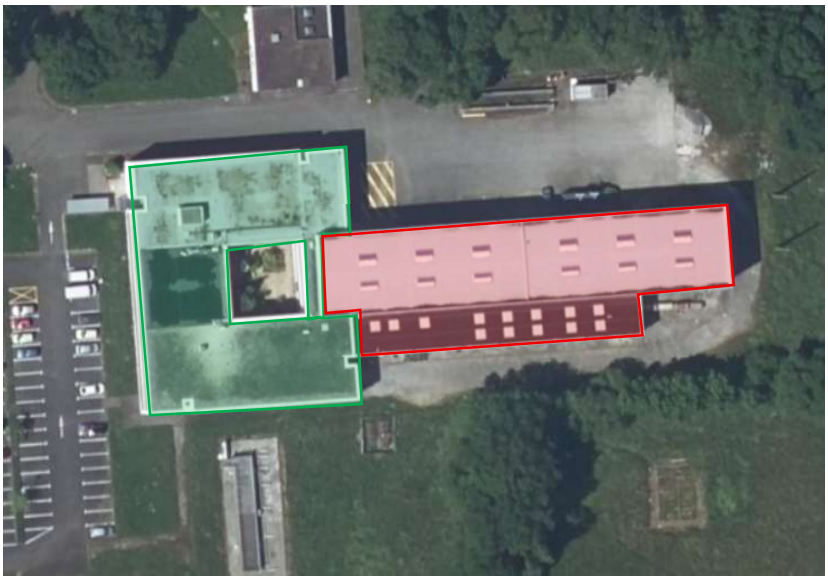
Les exigences thermiques du programme et leur respect sont listés ci-dessous :

Critère	Valeur à respecter	Valeur projet	Respect du critère
Ubat projet < Ubat max -30%	Ubat max -30% = 0,731	Ubat projet = 0,603	OUI
Cep projet < Cep initial -30%	Cep initial -30% = 81,9	Cep projet = 39,9	OUI

[2] Le coefficient de conversion énergie finale / énergie primaire du bois dans le moteur de calcul Th-C-E ex est de 0.6. C'est la raison pour laquelle la consommation en énergie finale de bois est plus élevée que la consommation en énergie primaire.

3 RECAPITULATIF DES RESULTATS RTEX BATIMENT DARCY

3.1 Plan de repérage du périmètre



Zone du périmètre d'intervention	
Zone HORS périmètre d'intervention	

3.2 Réglementation thermique applicable

Détermination du type de rénovation	
Bâtiment	Bâtiment DARCY
SHON	2 800 m²
Coût réglementaire du patrimoine	4 702 207 €HT
Valeur seuil RT « globale »	1 175 552 €HT
Coût des travaux de rénovation énergétique	Environ 736 000 €HT

Le bâtiment a été construit après 1948. Sa SHON est supérieure à 1 000m².

Le coût des travaux de rénovation thermique est inférieur à 25% de la valeur du bâtiment.

Par conséquent, c'est la réglementation thermique **élément par élément** qui s'applique au projet.

Cette réglementation thermique s'applique poste par poste. En cas d'installation ou de remplacement d'un élément du bâtiment (pose d'une isolation ou d'une fenêtre, changement de chaudière), la réglementation définit une performance minimale pour l'élément remplacé ou installé.

Elle repose sur l'article R. 173-3 du code de la construction et de l'habitation et son arrêté d'application du 3 mai 2007 modifié, à partir du 1er janvier 2018, par l'arrêté du 22 mars 2017.

3.3 Liste des interventions énergétiques proposées

La liste des interventions est décrite ci-dessous. Le détail des performances est indiqué dans les parties suivantes :

	Bouquet de travaux
Travaux sur le bâti	Réfection complète de l'étanchéité et de l'isolation thermique de la toiture terrasse.
Travaux sur les systèmes	Création d'une ventilation double flux
	Remise à niveau des extractions spécifiques (sanitaires, locaux à pollution spécifique, etc.)
	Remplacement de la chaufferie gaz par une chaufferie bois
Energie renouvelable	Mise en place de panneaux solaires photovoltaïques

3.3.1 Hypothèses de simulation « bâti » projet

Bâti	Performance U [W/m².K] / ψ [W/m.K]	
Plancher haut	**Mise en place d'une isolation sous étanchéité R=4,5 m².K/W**	Up = 0,22 W/m².K

3.3.2 Hypothèses de simulation « systèmes » projet

Système	Energie	Caractéristiques
Auxiliaires de ventilation	Electricité	**Travaux réalisés :** - Création d'une ventilation double flux - Remise à niveau des extractions spécifiques (sanitaires, locaux à pollution spécifique, etc.)
Production de chauffage	Bois	**Travaux réalisés :** - Remplacement de la chaufferie gaz par une chaufferie bois
Production PV	Electricité	**Pas de travaux**

3.3.3 Respect des exigences RT existant élément par élément :

Au titre de la RT élément par élément, les travaux prévus sont soumis à l' « Arrêté du 22 mars 2017 modifiant l'arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments ».

Les dispositions suivantes sont à respecter sur les travaux de l'enveloppe du bâtiment :

Description	Zone	Performance initiale	Performance à atteindre	Conformité RT élément par élément
Réfection complète de l'étanchéité et de l'isolation thermique de la toiture terrasse	Ensemble du périmètre d'intervention	4 cm d'isolation PSE, soit R = 1,18 m².K/W	R = 4,5 m².K/W	**OUI** (R isolant = 4,5 m².K/W)

Les dispositions suivantes sont à respecter sur les travaux des systèmes du bâtiment :

Description	Zone	Exigence	Conformité RT élément par élément
Création d'une ventilation double flux et remise à niveau des extractions spécifiques (sanitaires, locaux à pollution spécifique, etc.)	Ensemble du périmètre d'intervention	Les usages nettement différents doivent être assurés par des systèmes indépendants	**OUI**, sanitaires et bureaux séparés
	Ensemble du périmètre d'intervention	Tout nouveau système de ventilation dispose d'une régulation en fonction des besoins, mesurés en fonction de paramètres d'occupation, ou d'une régulation par horloge le cas échéant.	**OUI**, horloge sur la CTA et sonde CO2 en salle de réunion
	Ensemble du périmètre d'intervention	Le dispositif de modification manuelle des débits d'air d'un local pour un nouveau système de ventilation est temporisé	**OUI**, Pas de dispositif de modification manuel
Mise en place d'une chaudière bois	Pompes de circulation	Les pompes de circulation des installations de chauffage intégrées à la chaudière ou situées dans le local de la chaufferie, installées ou remplacées, doivent être munies de dispositif permettant leur arrêt.	**OUI**, Les pompes sont prévues avec dispositif d'arrêt.
	Régulation du système de chauffage	Tout nouveau dispositif de chauffage centralisé, comporte un dispositif de commande manuelle et de programmation automatique de la fourniture de chaleur selon a minima les quatre allures suivantes : confort, réduit, hors gel et arrêt chauffage, et une commutation automatique entre ces allures. Cette programmation peut être assurée par une horloge ou une horloge associée à un optimiseur de relance en fonction de l'inertie du bâtiment, de paramètres d'occupation ou de paramètres de météorologie locale.	**OUI**, régulateur prévu avec différents types de fonctionnement.

	Chaudière bois	En cas de remplacement ou d'installation de chaudière utilisant le bois comme énergie par une nouvelle chaudière bois, celle-ci doit présenter un rendement PCI à pleine charge en pourcentage, pour une température moyenne de l'eau dans le générateur de 70 °C, supérieur ou égal à 47 + 6.log^{Pn} pour une puissance nominale Pn inférieure ou égale à 300 kW et supérieur ou égal à 61,9 au-delà.	**OUI**, Le modèle de chaudière prévu respecte ce critère.
Mise en place de panneaux solaires photovoltaïques	-	Aucune	-

4 STD CONFORT BATIMENT BOUGUER

4.1 Introduction

Le principe de cette simulation est de s'assurer que le niveau de confort estival exigé au programme est respecté.

Le programme exige un taux d'inconfort inférieur à 2% du temps d'occupation (type référentiel HQE). Au stade PRO/DCE, ce niveau de performance est vérifié dans 3 locaux différents. Les calculs réalisés permettent de statuer sur la stratégie de protection solaire à adopter.

La modélisation et la simulation du bâtiment vis-à-vis du confort estival sont effectuées par Simulation Thermique Dynamique.

4.2 Outil de simulation

La simulation thermique dynamique est réalisée avec le logiciel Pleiades-Comfie, version 6.26.1.2. Le moteur de calcul est développé par le centre d'efficacité énergétique des systèmes de Mines ParisTech, et a été validé expérimentalement (plateforme INCAS, cellule PASSYS).

4.3 Hypothèses de calcul

Le calcul a été réalisé sur une année entière avec un pas de temps de simulation d'une demi-heure. Le modèle numérique réalisé pour cette mission considère les phénomènes thermiques et aérauliques.

4.4 Données météorologiques

Les données climatiques exercent une influence déterminante sur les transferts thermiques et par conséquent sur le bilan énergétique du projet concerné. Les variables prises en compte dans notre méthode de calcul sont :

- Températures horaires
- Hauteur du soleil
- Azimut du soleil
- Rayonnement horaire global horizontal
- Rayonnement horaire diffus
- Humidité relative
- Vitesse du vent
- Direction du vent

La station météo prise en compte pour la présente étude est celle de « *Nantes* ».

Le fichier météo est issu du Pack Météonorm et est de type « *RCP8.5 2020 PoE10 mensuel* ». **Ce fichier est représentatif du climat actuel avec prise en compte des dernières canicules.**

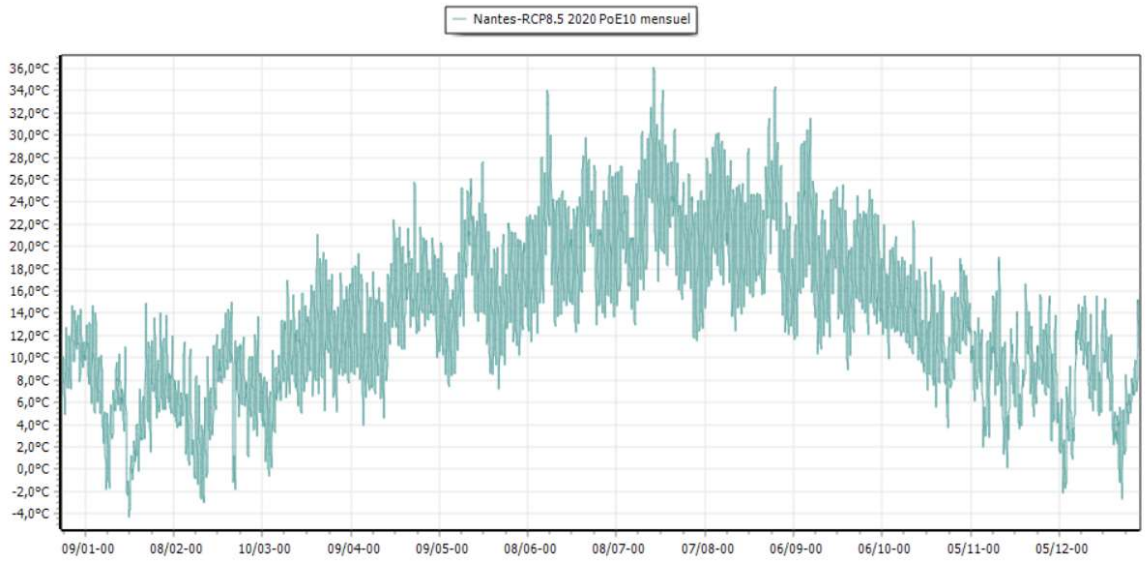


Figure 1 : Courbe annuelle de température extérieure « RCP8.5 2020 PoE10 mensuel »

4.5 Hypothèses de modélisation

4.5.1 Description du bâti

La description de l'enveloppe thermique et des systèmes est disponible en §2.4.1.2

4.5.2 Chauffage

L'étude de STD porte sur le confort hygrothermique estival des usagers. Le système de chauffage est alors hors périmètre d'analyse et n'aura pas d'impact sur les résultats de simulation.

4.5.3 Climatisation

Aucun système de climatisation n'est considéré dans la simulation sur le site.

4.5.4 Renouvellement d'air mécanique

Le renouvellement d'air des bureaux est assuré en base comme décrit ci-dessous :

	CTA double flux	VMC Simple flux
Zone desservie	Bureaux et circulations	Sanitaires
Débit	Soufflage : 6 000 m^3/h Reprise : 5 000 m^3/h	Reprise 1 000 m^3/h
Description	• Rafraichissement nocturne de 21h à 8h (échangeur roue enthalpique arrêtée)	-

4.5.5 Étanchéité à l'air

La perméabilité à l'air d'une construction caractérise la quantité d'air qui entre ou sort de manière parasite par les défauts d'étanchéité de son enveloppe. Elle se quantifie par la valeur du débit de fuite traversant l'enveloppe sous un écart de pression donné, en m^3/ (h.m²) sous 4 Pa.

L'étanchéité à l'air pour le projet a été prise à **1,7 m^3/ (h.m²) sous 4 Pa**, valeur par défaut.

4.5.6 Occupation

Les apports liés aux occupants sont estimés à 80 W/occ (chaleur sensible uniquement).

Les hypothèses d'occupation, niveau d'occupation et amplitude d'occupation des bureaux sont détaillées dans les tableaux ci-dessous.

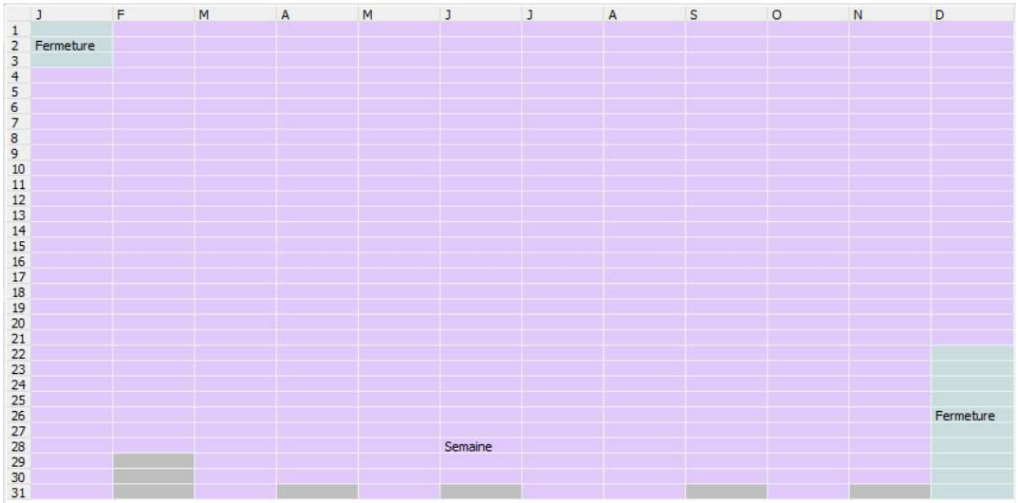
S	Nom	Valeur	Unité
	Valeur	0.05	Occup./m²
	Valeur 1	0.00	Occup./m²

Jours — Afficher le nom

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
	Jour	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Jour 1	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

Semaines

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour 1	Jour 1



4.5.7 Éclairage artificiel

En état projet, l'éclairage est de type LED, considéré à 8W/m².

L'éclairage est allumé en occupation, uniquement si l'éclairement naturel n'est pas suffisant (calcul automatique via l'outil STD).

4.5.8 Equipements spécifiques

Les équipements dits « spécifiques » sont les appareils ne fonctionnant qu'à l'électricité. Ils comprennent les ordinateurs, écrans, imprimantes et divers matériels branchés sur les prises de courant.

Les hypothèses des équipements spécifiques des bureaux sont détaillées dans les tableaux ci-dessous

S	Nom	Valeur	Unité
	Absence	0.54	W/m²
	Présence	8.00	W/m²
	Intermédiaire	1.08	W/m²

Jours — Afficher le nom

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
	Jour 1	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	1.08	8.00	8.00	8.00	8.00	1.08	1.08	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	1.08	0.54	0.54	0.54	0.54
	Jour 2	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54

Semaines

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 1	Jour 2	Jour 2

4.5.9 Occultations

Au stade APD, toutes les menuiseries des étages avaient été considérées sans protection. Cette simulation vise justement à déterminer quelle stratégie de protection solaire est nécessaire (type, store extérieur, brise-soleil ou autre). La version retenue (avec protection solaire) est donc présentée dans les prochaines pages de ce rapport.

4.5.10 Aération

Dans le cas de la simulation du bâtiment BOUGUER, il a été considéré qu'aucune aération n'était présente (cas le plus défavorable).

4.6 Simulation et résultats

4.6.1 Définition du périmètre de l'étude

La modélisation STD a été réalisée sur l'ensemble du bâtiment, afin de prendre en compte le comportement thermique global de l'enveloppe et les ombrages associés.

Cependant, les résultats détaillés de confort estival seront présentés pour certaines salles permettant d'avoir un regard global selon l'exposition. Cet échantillonnage vise à représenter de la manière la plus exhaustive possible le comportement thermique du bâtiment. La liste des locaux et leur repérage sur plan sont présentés ci-dessous :

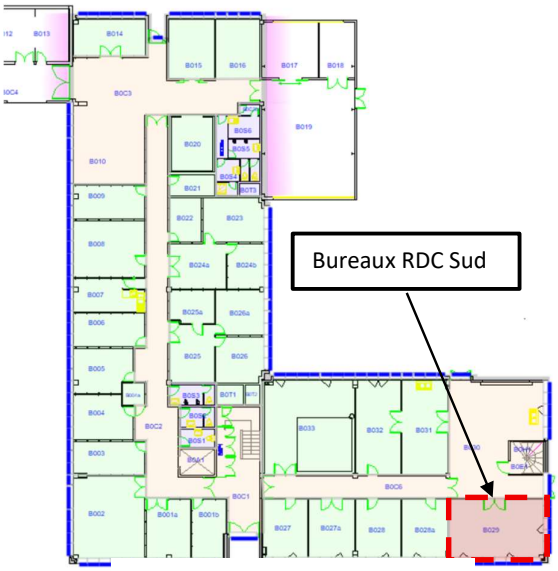


Schéma des zones étudiées RDC

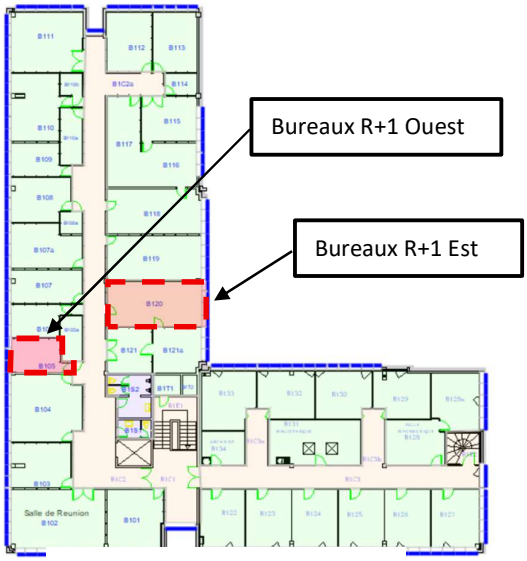


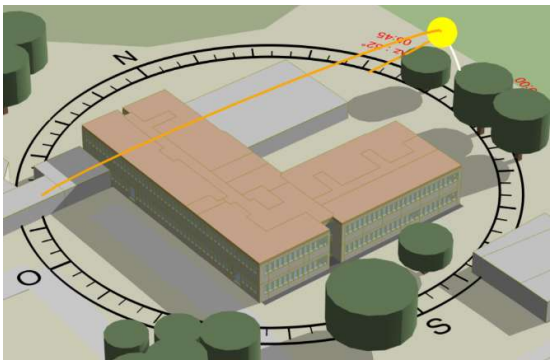
Schéma des zones étudiées R+1

Zones	Surface (m²)	Volume (m³)	Orientation	Etage
Bureau RDC Sud	34	102	Sud	RDC
Bureau R+1 Ouest	10	30	Ouest	R+1
Bureau R+1 Est	26	78	Est	R+1

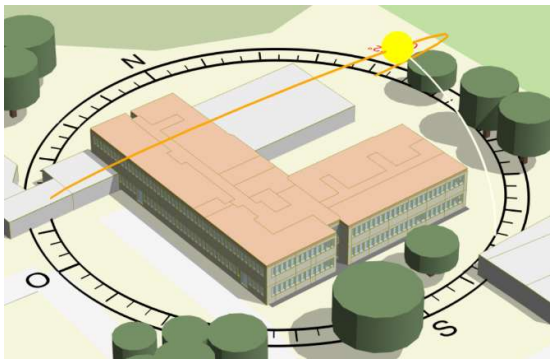
4.7 Simulation

4.7.1 Étude d'ombrage

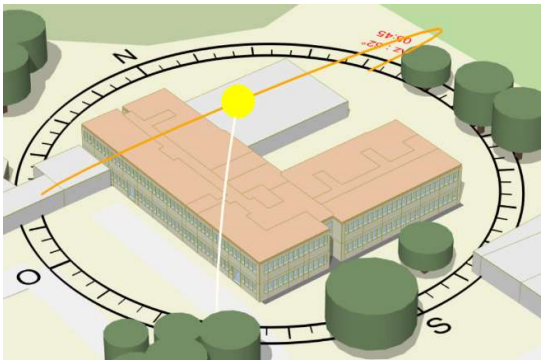
Les représentations 3D permettent d'apprécier l'évolution des ombres portées le 30 juillet



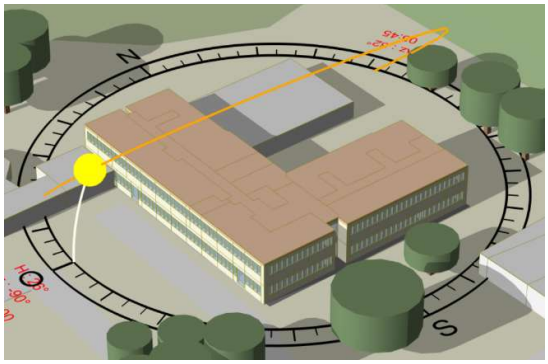
Représentation à 9h



Représentation à 12h



Représentation à 15h



Représentation à 18h

Ces vues 3D de l'ombrage permettent de constater que les arbres situés au sud ne font que peu d'ombrage en été ne permettant pas de réduire les apports solaires. De ce fait, le soleil donne sur la façade sud, est et ouest tout au long de la journée.

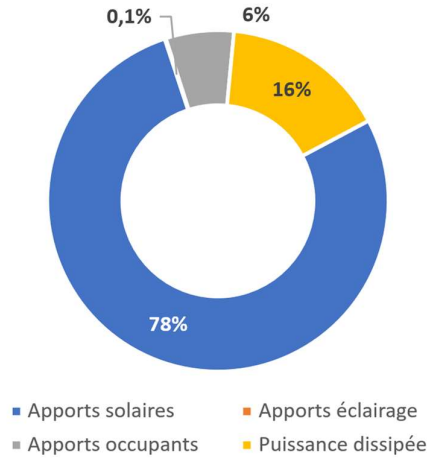
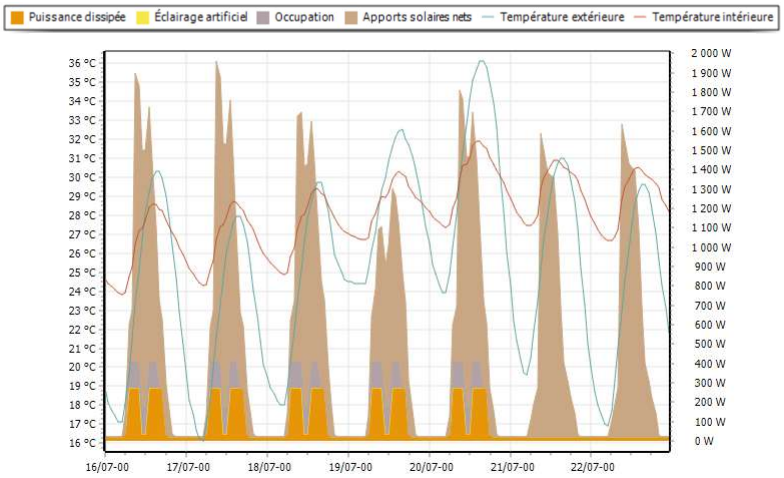
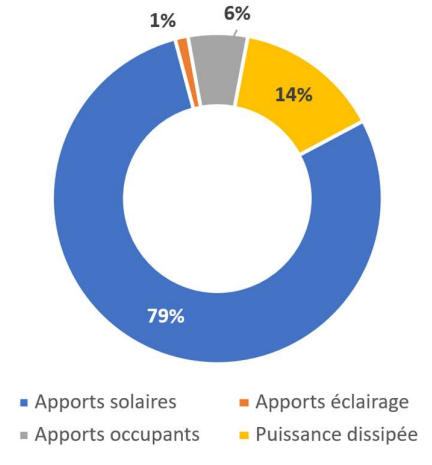
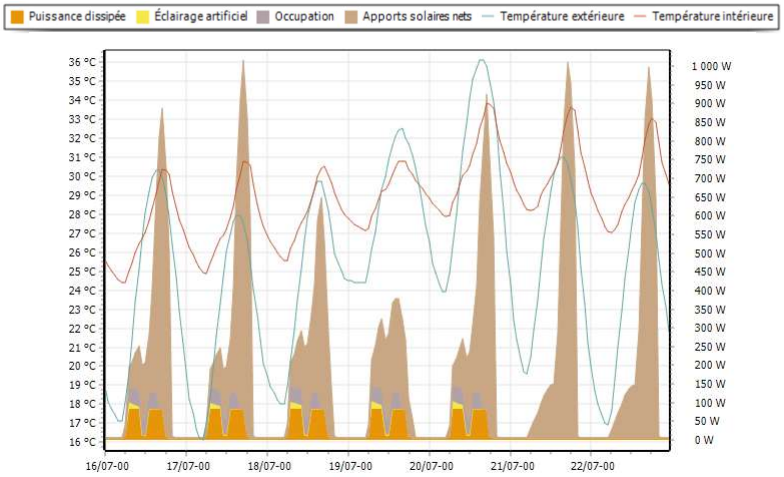
Le site présente une proportion importante de surfaces vitrées, le site est donc fortement sujet à de potentielles surchauffes régulières.

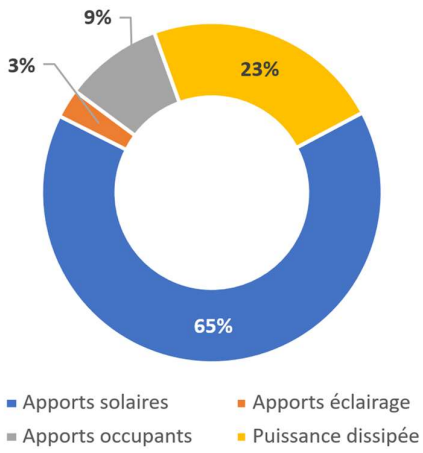
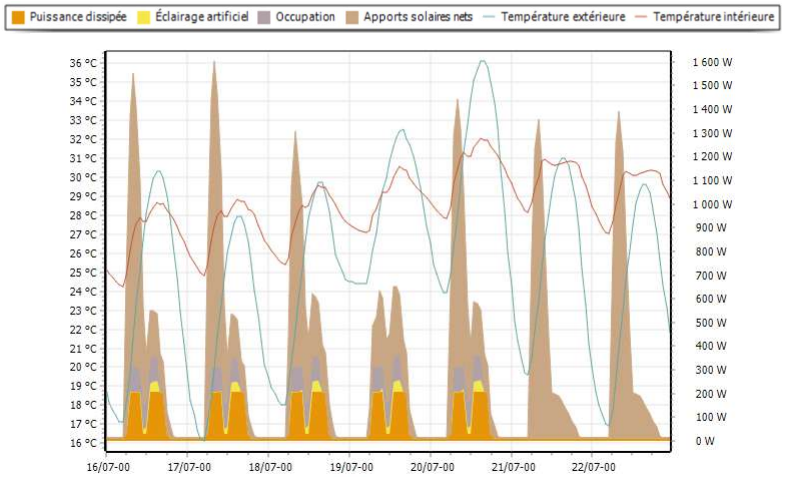
4.8 Résultats de l'étude

4.8.1 Bilan estival des apports thermiques

Les apports thermiques d'un bâtiment peuvent être classés en 4 catégories : Solaires, Eclairage artificiel, Puissances dissipée et Occupation.

Les graphiques ci-dessous présentent la répartition des apports de chaleur pour les pièces étudiées et sur la période estivale du 1er juin au 1er octobre.

Zones	Bilan des apports estivaux (1er juin au 1er octobre)	Evolution sur la semaine la plus chaude (16 juillet au 22 juillet)
Bureau RDC Sud		
Bureau R+1 Ouest		

Zon e	Bilan des apports estivaux (1er juin au 1er octobre)	Evolution sur la semaine la plus chaude (06 août au 12 août)
Bureau R+1 Est		

Les apports solaires représentent en moyenne 75% des apports internes sur la période estivale. Le bâtiment est par conséquent particulièrement sensible aux apports solaires. Ces derniers peuvent être réduits de manière significative par des protections solaires extérieures.

4.8.2 Analyse et conclusion confort estival

Le nombre d'heures d'inconfort permet de quantifier le nombre d'heures pendant lesquelles la température de la zone concernée dépasse 28°C en occupation. Dans les établissements utilisés tout au long de l'été, les périodes d'inconfort rencontrées se situent principalement aux mois de juillet et août.

Le nombre d'heures d'inconfort est calculé sur toute l'année, pendant les heures d'occupation du bâtiment. Le rapport du nombre d'heures à une température intérieure supérieure à 28°C sur le nombre d'heures d'occupation annuel du local est appelé « taux d'inconfort », il est exprimé en pourcentage.

Dans ce rapport, le taux d'inconfort est calculé sur une base de 28°C au sens du référentiel HQE. On considère que ce taux d'inconfort est très satisfaisant lorsque le pourcentage est inférieur à 2 - 3 % sur le fichier météo « Moyen ». Ces niveaux de performance se correspondent avec les niveaux PERFORMANT et TRES PERFORMANTE du référentiel HQE pour la zone climatique de Marseille.

La simulation étudiée prend en compte le fichier météo « RCP8.5 2020 PoE10 mensuel ». Ce fichier est représentatif du climat actuel avec prise en compte des dernières canicules, c'est-à-dire plus défavorable que le fichier dit « moyen ».

Le tableau ci-dessous récapitule les résultats des principales salles étudiées, représentatives de l'ensemble du bâtiment **sans protection solaire**.

Zones étudiées	Taux d'inconfort [%]	Température maximale atteinte [°C]
Bureau RDC Sud	14	32
Bureau R+1 Ouest	11	33
Bureau R+1 Est	14	32

La simulation réalisée sans protections solaires montre que le bâtiment est inconfortable, avec des pourcentages d'inconfort élevés.

Dans l'ensemble des zones étudiées, la principale cause de la hausse des températures intérieures est due aux apports solaires. **Les protections solaires extérieures sont par conséquent indispensables au confort des usagers.**

Bien qu'un inconfort important soit recensé sur l'ensemble des bureaux, l'inconfort est plus élevé sur les façades sud et les façades est.

La ventilation nocturne est un levier important afin de refroidir les locaux et profiter de la fraîcheur de la nuit. La régulation de la CTA double flux devra prévoir une ventilation nocturne dans le cas où les températures intérieure et extérieure le permettent.

La conception architecturale (orientation, casquettes, BSO…) mise en œuvre permet de limiter l'ensoleillement sur les façades les plus exposées, tandis que la ventilation mise en place permet de décharger la nuit les calories accumulées par le bâtiment en journée.

L'étude réalisée au stade PRO permet de valider le fait que la conception du bâtiment dans son ensemble nécessite la mise en place de protection solaire.

Le tableau suivant présente les différentes possibilités de protections extérieures et leur impact sur l'inconfort :

Zones étudiées	Taux d'inconfort [%]					
	EP	Brise soleil fixes	Casquette de 70cm	Stores extérieurs	Vitrage à contrôle solaire	Volets roulants
Bureau RDC Sud	14	2	3	2	11	1
Bureau R+1 Ouest	11	2	3	2	11	1
Bureau R+1 Est	14	3	4	2	8	2

Zones étudiées	Température maximale atteinte [°C]					
	EP	Brise soleil fixes	Casquette de 70cm	Stores extérieurs	Vitrage à contrôle solaire	Volets roulants
Bureau RDC Sud	32,2	29,6	30,1	29,8	31,9	29,4
Bureau R+1 Ouest	32,7	30,3	30,7	30,3	32,2	29,9
Bureau R+1 Est	32,2	30,3	30,7	30,4	32,1	30,1

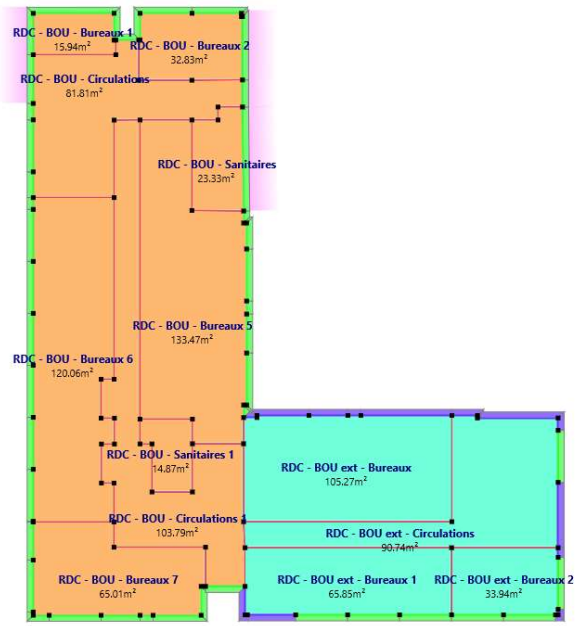
Les interventions montrent que la mise en place de vitrages à contrôle solaire ne permet pas de réduire suffisamment les apports solaires pour atteindre un faible taux d'inconfort. La mise en place de protections extérieures est nécessaire sur le bâtiment BOUGUER.

Les stores extérieurs ou les volets roulants sont les systèmes les plus adaptés au bâtiment BOUGUER permettant de réduire d'un côté l'inconfort estival tout en garantissant de bons apports solaires en hiver. De plus, ces deux systèmes permettent de respecter les prescriptions particulières concernant les protections solaires et occultations du programme de travaux.

5 ANNEXES

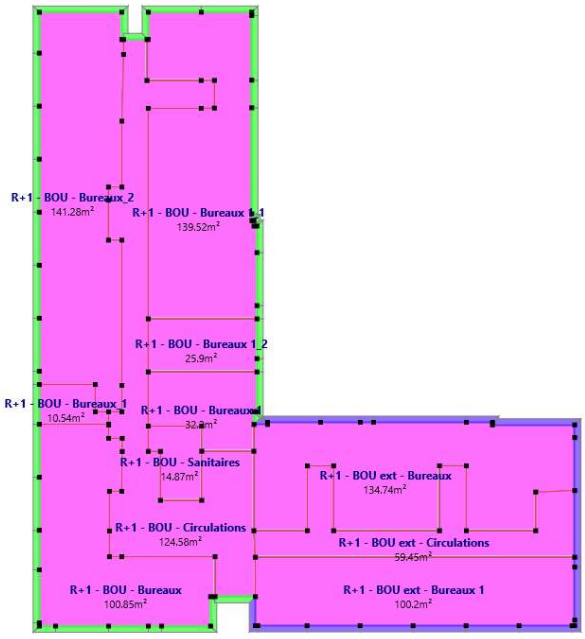
5.1 Plan de repérage des isolants

RDC



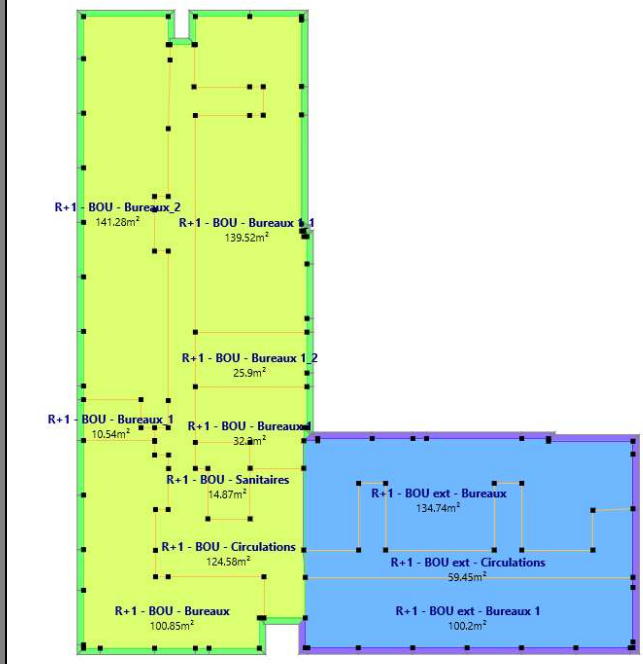
Couleur	Composition
	BOUGUER - Murs extérieur Origine
	BOUGUER - Murs extérieur Extension
	BOUGUER - Plancher bas Origine
	BOUGUER - Plancher bas Extension
	BOUGUER - Plancher intermédiaire
	BOUGUER - Toiture terrasse Origine
	BOUGUER - Toiture terrasse Extensions
	BOUGUER - Cloison brique

R+1



Couleur	Composition
	BOUGUER - Murs extérieur Origine
	BOUGUER - Murs extérieur Extension
	BOUGUER - Plancher bas Origine
	BOUGUER - Plancher bas Extension
	BOUGUER - Plancher intermédiaire
	BOUGUER - Toiture terrasse Origine
	BOUGUER - Toiture terrasse Extensions
	BOUGUER - Cloison brique

Toiture



Couleur	Composition
	BOUGUER - Murs extérieur Origine
	BOUGUER - Murs extérieur Extension
	BOUGUER - Plancher bas Origine
	BOUGUER - Plancher bas Extension
	BOUGUER - Plancher intermédiaire
	BOUGUER - Toiture terrasse Origine
	BOUGUER - Toiture terrasse Extensions
	BOUGUER - Cloison brique