

**Bureau de conseil coopératif spécialisé  
dans l'accompagnement des démarches liées à la sobriété énergétique**

## *SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE -PHASE APD*

*Rénovation et réorganisation des locaux du  
Conservatoire des Espaces Naturels du Limousin  
Transformation de la porcherie en salle de réunion/réfectoire*



# Table des matières

<b>Préambule.....</b>	<b>3</b>
<i>Contenu du document.....</i>	3
Introduction.....	3
Méthode.....	3
<i>Objet de l'étude.....</i>	4
Contexte .....	4
Objectif de performance énergétique.....	4
Objectifs concernant la robustesse à la surchauffe .....	5
Localisation et caractéristiques du terrain.....	5
Masque lointain.....	5
Masques proches.....	6
<b>Hypothèses de modélisation.....</b>	<b>7</b>
<i>Caractéristiques énergétiques du bâti .....</i>	7
Parois.....	7
Vitrages .....	8
Ponts thermiques.....	8
<i>Scénarios d'apports internes .....</i>	8
Occupation moyenne du bâtiment.....	8
<i>Autres hypothèses.....</i>	9
Température étudiée.....	9
Protections solaires.....	9
Infiltrations.....	9
<b>Résultats – besoins de chauffage.....</b>	<b>10</b>
<i>Répartition des déperditions.....</i>	10
<i>Besoin de chauffage.....</i>	11
Scénario de base - scénario +2°C.....	11
<i>Consommations énergétiques prévisionnelles.....</i>	12
Estimations des consommations par poste.....	12
Estimation des consommations par type d'énergie.....	12
Part des énergie renouvelables dans la consommation totale.....	12
<b>Note de calcul thermique RT existante Th C-E ex.....</b>	<b>13</b>
<i>Consommations énergétiques réglementaires après travaux.....</i>	13
<i>Émissions de CO2 réglementaires après travaux.....</i>	14
<i>Synthèse standardisée de l'étude thermique réglementaire.....</i>	14
<b>Résultats – robustesse à la surchauffe.....</b>	<b>15</b>
<i>Résultats généraux.....</i>	15
<i>Comportement avec actions correctives.....</i>	16
Surventilation nocturne.....	16
Occultation des menuiseries côté sud.....	16
<b>Synthèse.....</b>	<b>17</b>
<i>Conclusion.....</i>	17

## Contenu du document

### Introduction

*Nous tenons à souligner que les résultats présentés dans ce rapport correspondent à des hypothèses de modélisation. Un bâtiment est un système thermique dynamique sensible aux sollicitations extérieures et intérieures, c'est à dire principalement aux conditions météorologiques et aux apports internes des logements. Des sollicitations très différentes de celles modélisées dans cette étude entraînent inévitablement un comportement thermique du bâtiment très différent.*

Ce document présente les principaux résultats concernant le confort d'été et les besoins de chauffage évalués sur le projet de rénovation des locaux du siège du CEN, afin de valider les niveaux de confort du bâtiment.

La démarche adoptée s'organise autour de deux éléments :

- En l'absence de données précises sur les puissances dissipées (équipements audio-visuels et électroménager par exemple), l'utilisation de scénarios « standards » basés sur notre expérience,

- Au lieu d'une tentative, par essence illusoire, de simulation de « cas réels », une approche des « pires cas » envisageables, que ce soit en termes de climat (utilisation de fichiers caniculaires) ou de puissances dissipées. La méthodologie générale répond aux règles de l'art en cours concernant les simulations thermiques dynamiques, réalisées grâce au logiciel Pleiades + Comfie (Izuba Energies). Nous faisons le choix de ne pas submerger le lecteur sous des chiffres inutiles à sa compréhension des enjeux.

**Il va de soi que nous tenons à disposition tout complètement d'information, fichier de calcul pour vérification, etc.**

### Méthode

Cette étude a été menée par modélisation et simulation dynamique du projet à partir des plans architecte. Les simulations reposent sur l'utilisation du logiciel Pléiades-Comfie développé par Izuba.

Cet outil permet une saisie en 3 dimensions du projet, en respectant les finesses architecturales, casquettes, modénatures, ... et en prenant en compte les masques proches et lointains.

Le logiciel nécessite des données d'entrée regroupant l'ensemble des hypothèses prises pour le projet. Les hypothèses nécessaires au bon déroulement de la simulation sont :

- les caractéristiques d'enveloppe :
  - o isolation des parois,
  - o isolation des vitrages et des menuiseries,
  - o facteurs solaires des parois translucides,
  - o inertie
  - o ...
- les conditions d'occupation
  - o nombre de personnes et période d'occupation,
  - o puissance et gestion de l'éclairage,
  - o débit et gestion de ventilation,
- les conditions météorologiques :
  - o températures extérieures,
  - o rayonnement solaire direct et indirect,
- les conditions de chauffage (consignes et gestion du traitement thermique)

Les « données de sorties » fournies par le logiciel permettent de déterminer, dans l'ensemble du bâtiment, l'évolution horaire de diverses valeurs dont la température résultante moyenne pour l'étude du confort.

L'interprétation des résultats permet alors d'évaluer le confort thermique des locaux en référence au fichier météorologique de référence.

## Objet de l'étude

### Contexte

Le CEN, Conservatoire des Espaces Naturels Limousin souhaite réhabiliter son siège afin d'adapter le bâtiment au fonctionnement de la structure (accueil des salariés, bureaux plus fonctionnels, espace déjeuner adapté à la taille de l'équipe...).

Afin de libérer de la place dans le bâtiment existant, un bâtiment situé au nord, servant d'ancienne porcherie, est transformé pour accueillir le réfectoire et une salle de réunion.

### Objectif de performance énergétique

Le projet s'inscrit dans une candidature à l'appel à projet de la Région Limousin « Réhabilitation énergétique des bâtiments publics ».

La maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre souhaite répondre au critère de performance énergétique « étiquette A ou B ». Ce qui correspond à une consommation conventionnelle du bâtiment inférieure à 110 kWh/m<sup>2</sup>.an.

## Objectifs concernant la robustesse à la surchauffe

Le programme ne précise aucune demande particulière concernant la robustesse à la surchauffe. Il est néanmoins courant que les bâtiments performants présentent une sensibilité particulière sur ce point. Nous utiliserons donc les règles classiques en la matière, à savoir :

- un critère « moins de 40 heures annuelles d'occupation à plus de 27°C » pour les surchauffes
- si nécessaires, des simulations spécifiques de « crash test » pour les détections de surchauffes liées à l'usage.

## Localisation et caractéristiques du terrain

Le bâtiment considéré est situé 6 ruelle du Theil à St Gence.

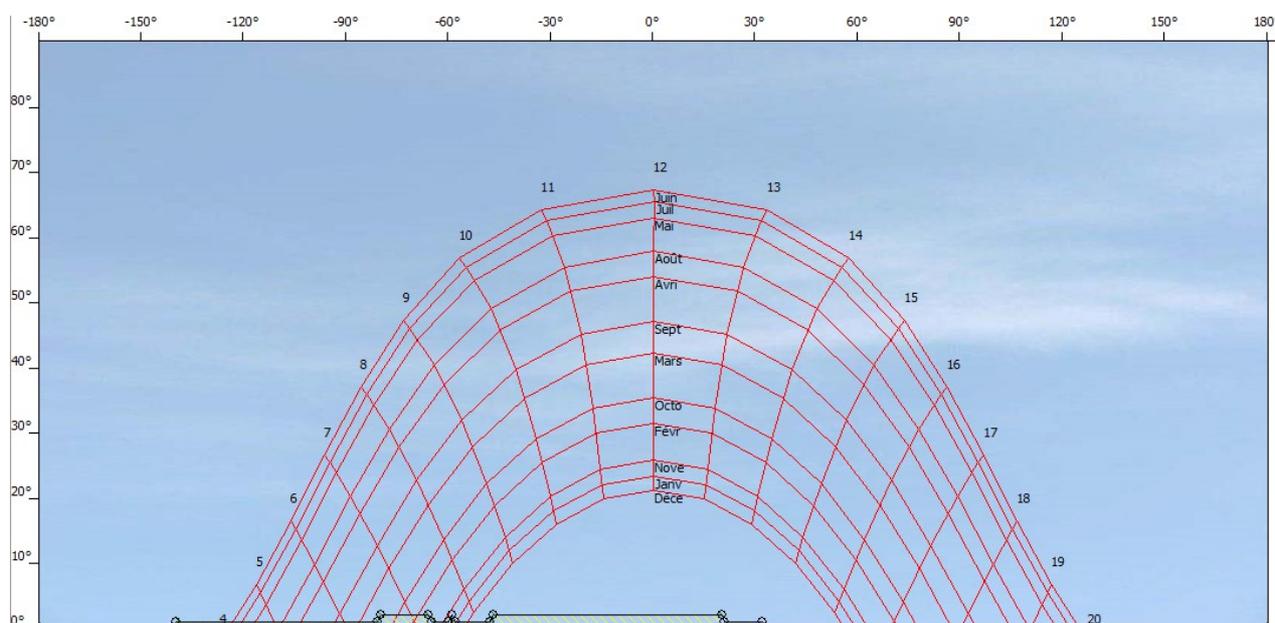
Les coordonnées géographiques du terrain sont :

- Latitude : 45° 53' 18" N
- Longitude : 1° 08' 08" E

Le terrain est situé à une altitude de 350 m.

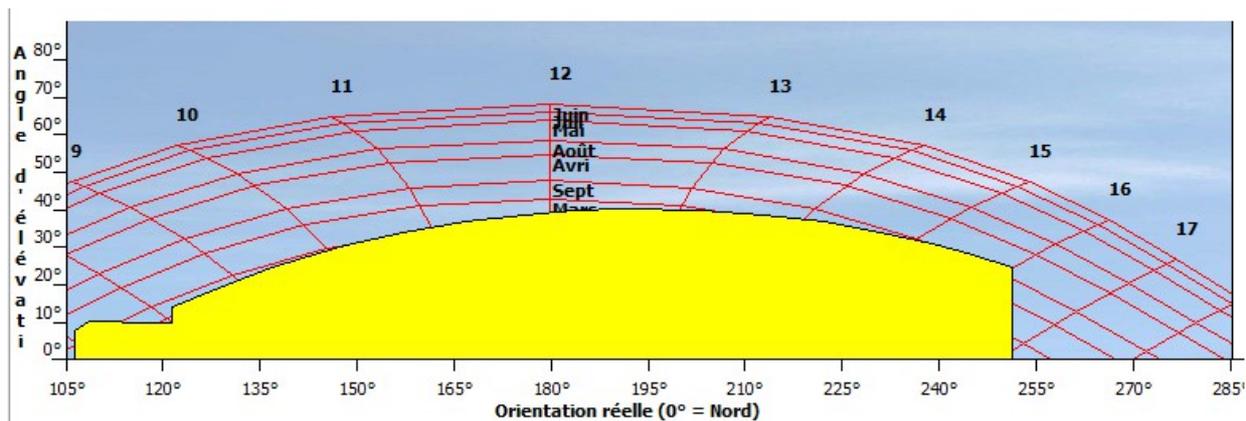
## Masque lointain

Ci dessous le masque lointain créé par le relief. Il est négligeable.



## Masques proches

La porcherie est située au nord du bâtiment de bureaux. Les masques proches générés par ce bâtiment, pris en compte dans la simulation thermique dynamique, sont très impactant.



*Masque sur la façade sud du bâtiment "porcherie"*

Les vitrages du bâtiment ne reçoivent pas de lumière directe entre septembre et mars.

# Hypothèses de modélisation

Les hypothèses de modélisations nécessaires à une modélisation peuvent entrer dans trois catégories distinctes :

- Données constructives : elles correspondent aux éléments fournis par l'architecte et disponibles à ce stade du projet. Les principales caractéristiques sont rappelées ci-dessous. Lorsqu'elles ne sont pas connues, les données utilisées doivent être considérées comme des valeurs guides ;
- Données climatiques : le fichier météo de référence utilisé en base est le fichier climatique RT2012 pour la zone de Mâcon (zone H1c). Lorsque c'est nécessaire, nous utilisons un fichier spécifique caniculaire, et mentionnons alors son utilisation ;
- Données d'usage : les principales données concernant l'occupation sont issues de la visite de site et de l'échange avec les usagers du bâtiment : le scénario d'occupation est un modèle, il peut être évolutif et enrichi par la maîtrise d'ouvrage.

## Caractéristiques énergétiques du bâti

### Parois

**R** représente la résistance thermique de la paroi en  $m^2K/W$ .

**e** représente l'épaisseur de la paroi en cm.

Le bâtiment existant est constitué de murs en pierre, d'une toiture en fibrociment et de simples vitrages.

La réhabilitation du bâtiment prévoit les améliorations thermiques suivantes :

	<b>Composition</b>	<b>e (cm)</b>	<b>R rapporté (<math>m^2.K/W</math>)</b>
<b>Murs extérieurs façades nord, est et sud</b>	<i>Mur existant</i>		<b>4.2</b>
	<i>Laine de bois</i>	16	
<b>Toiture</b>	<i>Revêtement extérieur</i>		<b>6.1</b>
	<i>ouate de cellulose</i>	30	
<b>Plancher bas</b>	<i>carrelage</i>		<b>2.1</b>
	<i>liège</i>	8	

## Vitrages

Les menuiseries sont agrandies.  
Trois velux sont ajoutés.

	<b>Ug</b> (caractérise le vitrage)	<b>Uw</b> (caractérise l'ensemble vitrage + menuiserie)	<b>Sw</b> (facteur solaire moyen)	<b>Psi intercalaire</b>
	<b>W/m<sup>2</sup>.°C</b>	<b>W/m<sup>2</sup>.°C</b>		<b>W/m.°C</b>
Double vitrage 4/16/4 Argon Menuiseries bois à isolation renforcée (caractéristiques type Optimil de Millet)	<b>1.1</b>	<b>1.4</b>	<b>0.37</b>	<b>0.04</b> (système Warm Edge, à bord chaud)

## Ponts thermiques

Les ponts thermiques sont pris en compte dans l'étude, selon le catalogue réglementaire.

## Scénarios d'apports internes

Ce que l'on appelle « apports internes » regroupe 2 types d'apport de chaleur dans le logement :

- les apports métaboliques sont liés à la présence des personnes. En effet les personnes dégagent de la chaleur
- les apports par équipements électriques et l'éclairage.

## Occupation moyenne du bâtiment

Ci-dessous les occupations des lieux en période « normale » (hors congés).

Les cas « extrêmes » (occupation de la salle de réunion par 20 personnes pendant 4h seront étudiés dans les scénarios afin de servir de « crash test »).

<b>Pièces</b>	<b>Effectifs</b>	<b>Période d'occupation</b>
Réfectoire	15 personnes	12h/14h du lundi au vendredi
Salle de réunion	10 personnes	18h/20h du lundi au vendredi

## Autres hypothèses

Logiciel utilisé : PLEIADES-COMFIE (Izuba), version 3.5.9.1

### Température étudiée

La température étudiée est la température résultante. Elle prend en compte la température de l'air et les températures de parois. Nous utilisons la température résultante car elle est plus proche de la température ressentie que la température de l'air.

Nous avons utilisé sur la STD une température en usage de 20°C, avec un réduit à 17°C en inoccupation.

### Protections solaires

Les débords de toit, de balcons et casquettes sont pris en compte comme protections solaires fixes.

### Infiltrations

On considère par ailleurs un débit d'infiltration constant de 0,1 vol/h, valeur prudente mais tout à fait réaliste au vu des expériences passées de la maîtrise d'œuvre sur des opérations similaires.

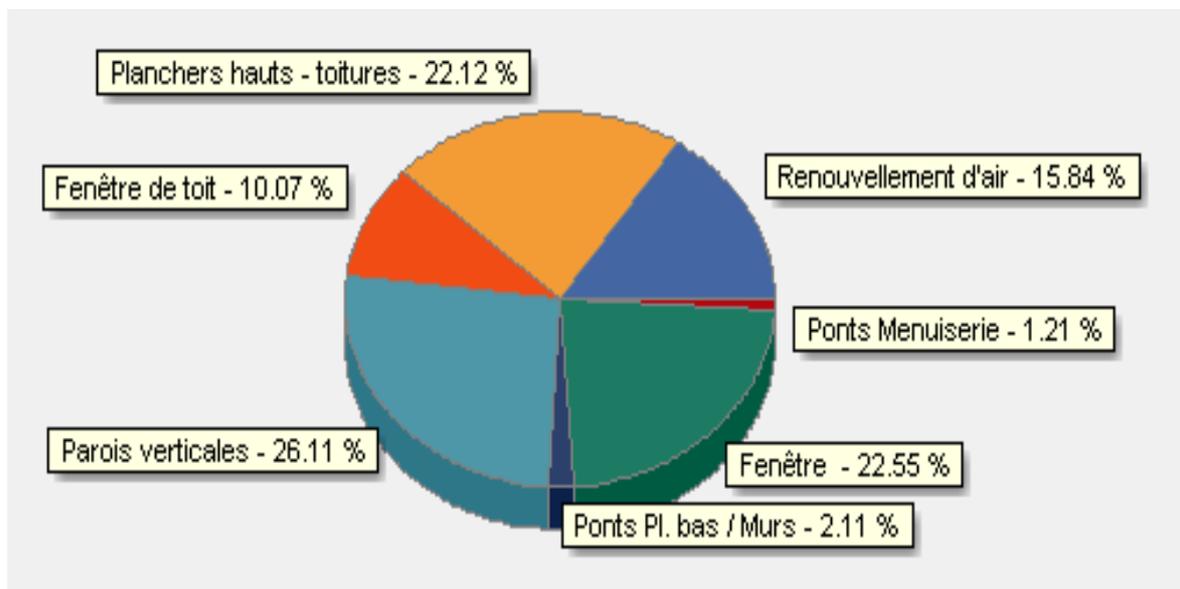
# Résultats – besoins de chauffage

Les résultats présentés ici sont exprimés en besoin de chauffage, c'est à dire avant la prise en compte des rendements des systèmes. Ils représentent la performance du bâtiment.

Les valeurs peuvent différer des résultats issus d'une autre méthode de calcul type calcul réglementaire RT2012. En effet, chaque « type » de calcul prend en compte des hypothèses et méthodes de calcul qui leur sont propres. Ce qui compte c'est de regarder les ordres de grandeurs et les variations relatives entre différentes options.

## Répartition des déperditions

Le graphique suivant présente la répartition des déperditions thermiques du bâtiment.



Les principales sources de déperditions sont :

- les fenêtres : 22 %
- le renouvellement d'air : 16 %
- les murs : 26%
- la toiture : 22 %

La part des déperditions liées aux ponts thermiques est faible ce qui témoigne de la cohérence de la rénovation.

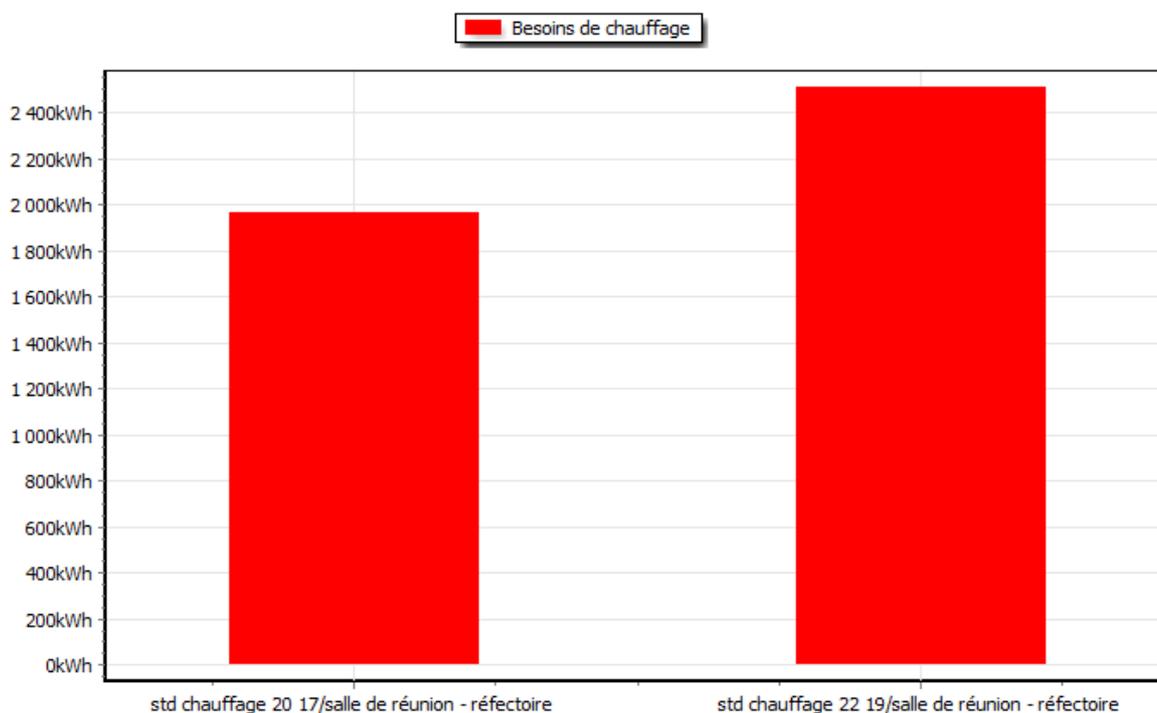
# Besoin de chauffage

## Scénario de base – scénario +2°C

Le scénario de base pour l'évaluation des besoins<sup>1</sup> de chauffage considère une température en occupation de 20°C, avec un réduit à 17° .

Le scénario +2° est un scénario similaire pour lequel les consignes sont supérieures de 2°C.

Pour l'ensemble de ces simulations, la puissance de chauffage disponible est plafonnée à la puissance calculée selon la norme EN 12831, incluant les renouvellements d'air, les rendements de récupération, les infiltrations et un coefficient de surpuissance de 5 %.



Les besoins de chauffage<sup>2</sup> sur le scénario de base sont de l'ordre de 38 kWh/m<sup>2</sup>/an sur les zones chauffées, soit 2000 kWh/an sur la partie rénovée, valeur tout à fait cohérente avec les objectifs visés. (Rappelons que le programme imposait d'inscrire le projet dans l'étiquette énergétique A ou B).

- <sup>1</sup> Rappelons que les « besoins de chauffage » expriment l'énergie utile, avant rendement de production et de distribution. Ils caractérisent donc uniquement la performance d'enveloppe, et diffèrent de la consommation par les rendements des systèmes.
- <sup>2</sup> Rappelons que les besoins de chauffage expriment une énergie utile, ne prenant pas en compte les rendements de génération, production, régulation, etc. Une règle classique consiste à majorer de 20 à 30 % les besoins de chauffage pour obtenir une valeur indicative des consommations de chauffage (énergie finale).

A noter qu'une hausse de 2°C des consignes entraîne une hausse de 28 % des besoins (donc des consommations), soit une hausse de 14 % par degré d'écart. **Le domaine de la « maîtrise d'usage » est donc essentiel à la maîtrise des charges d'exploitation du bâtiment.**

## Consommations énergétiques prévisionnelles

### Estimations des consommations par poste

<b>Chauffage</b>	<b>ECS</b>	<b>Eclairage</b>	<b>Aux ventil.</b>	<b>Aux. génér.</b>	<b>Total (kWh)</b>	<b>Total (kWh/m<sup>2</sup>)</b>
4 258	-	460	-	110	4 830	66

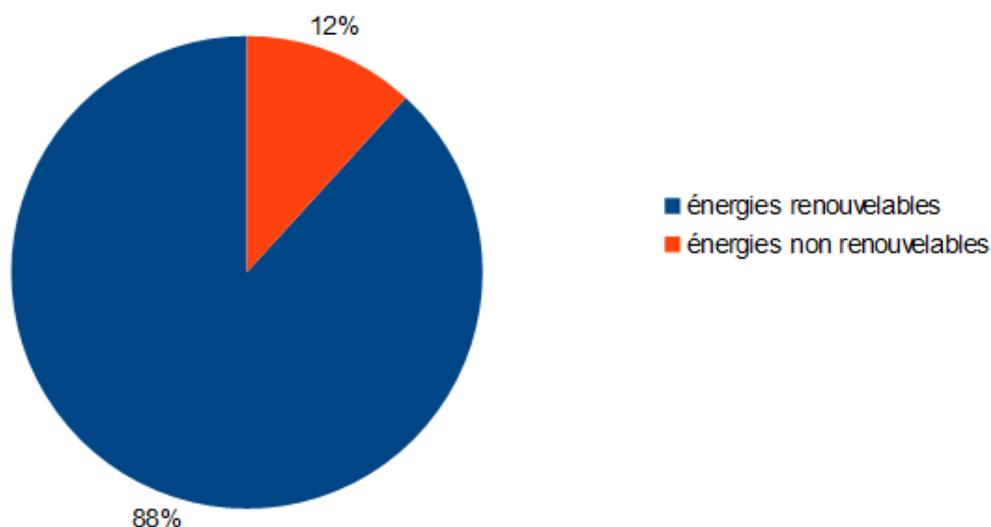
Les consommations sont données à titre indicatif en énergie finale.

### Estimation des consommations par type d'énergie

<b>Bois</b>	<b>Electricité</b>	<b>Total (kWh)</b>
4 258	568	4 830

### Part des énergies renouvelables dans la consommation totale

Part des énergies renouvelables dans la consommation totale



# Note de calcul thermique RT existante Th C-E ex

La situation énergétique du bâtiment rénové est comparé à la situation initiale via la méthode Th C-E ex.

Conformément à l'article 14 de l'arrêté du 13 juin 2008 relatif à la performance énergétique des bâtiments existants, la consommation Cep initiale n'a pas été évaluée car le bâtiment avant rénovation n'était pas chauffé, ni utilisé.

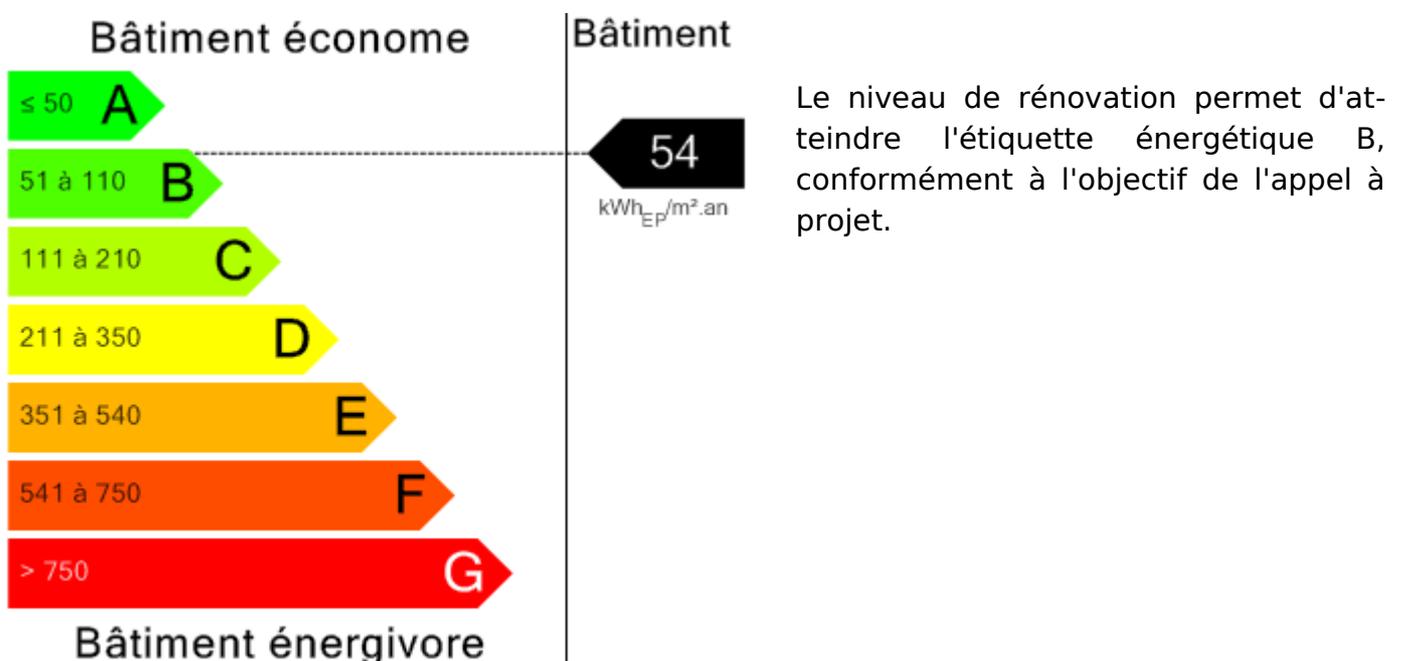
Il n'y a donc pas de consommations énergétiques, ni émissions de gaz à effet de serre avant travaux. Seules les valeurs après travaux sont transmises.

## Consommations énergétiques réglementaires après travaux

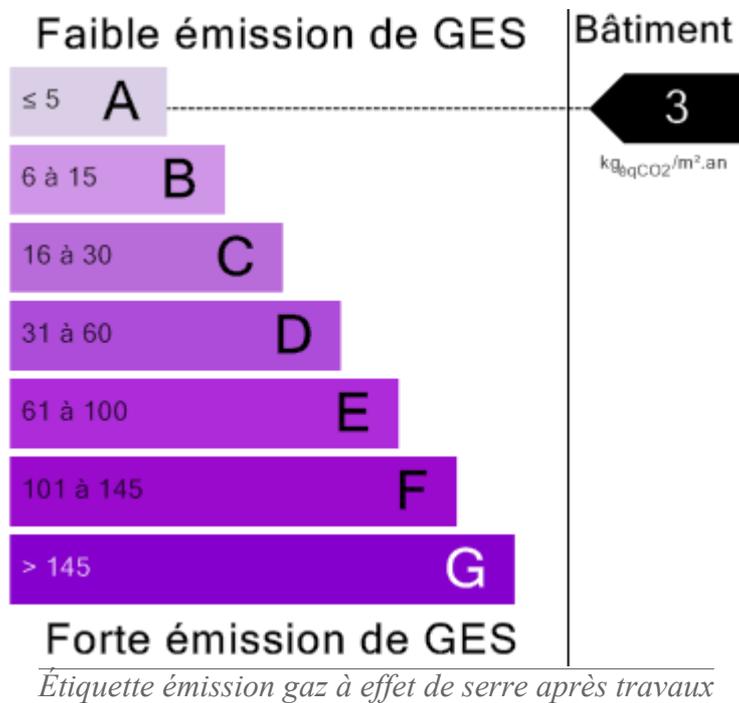
D'après le calcul réglementaire, le Cep (éclairage, chauffage, auxiliaires de génération, auxiliaires de ventilation, l'ECS n'étant pas pris en compte pour un usage de bureaux) est le suivant :

- Cep état initial : 230 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>
- Cep état projet : 70 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.

L'étiquette énergie correspondante est la suivante :



## Émissions de CO2 réglementaires après travaux



## Synthèse standardisée de l'étude thermique réglementaire

La synthèse standardisée est donnée en Annexe 1.

# Résultats – robustesse à la surchauffe

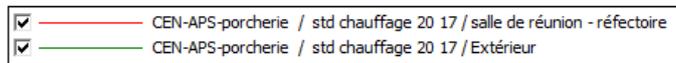
Cette partie présente les principaux résultats et remarques concernant le comportement du bâtiment à la surchauffe.

## Résultats généraux

Les courbes ci-dessous représentent les températures dans chaque zone, sur l'une des semaines les plus chaudes de l'année. Elle illustre bien les principaux phénomènes qui agissent potentiellement sur le bâtiment.

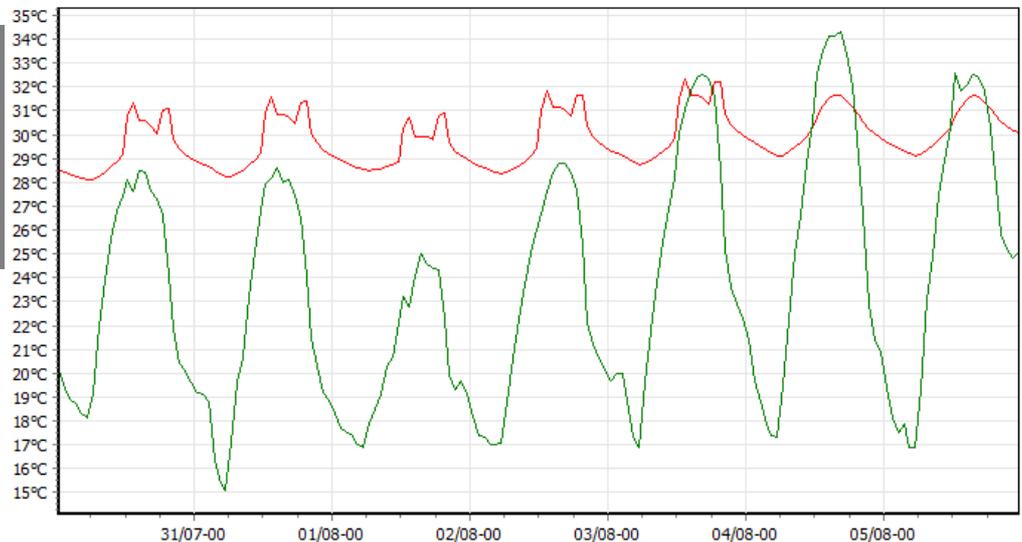
Cette simulation est conduite sans action de gestion spécifique des surchauffes..

Les principaux phénomènes visibles sur cette courbe sont les suivants :



*Simulation dynamique de la salle de réunion lors de la semaine la plus chaude de l'année*

*Source : incub'.*



- le bâtiment est relativement robuste aux conditions extérieures grâce à sa bonne inertie. (les hausses de températures sont dues aux apports internes : heure du déjeuner et réunion en soirée)
- la température maximale du bâtiment est de 32°C.

L'étude du critère de confort montre que sans action particulière, le niveau attendu (moins de 40h supérieure à 27°C) n'est pas atteint.

# Comportement avec actions correctives

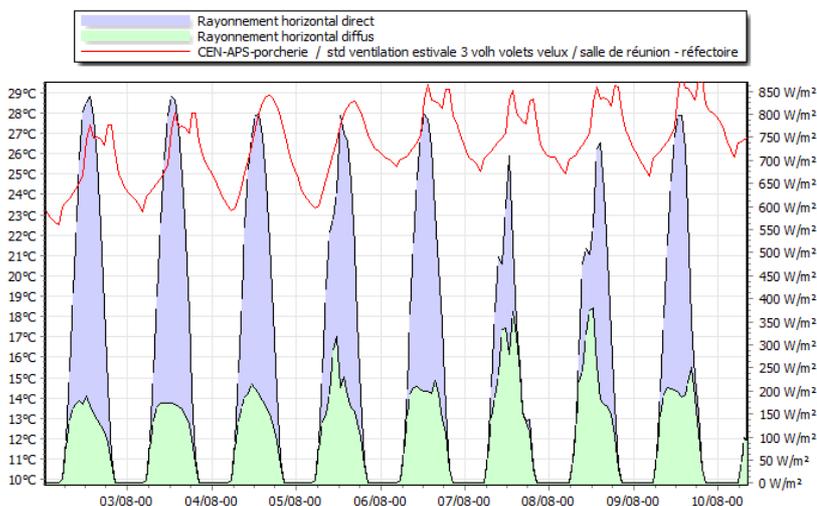
## Surventilation nocturne

Des velux motorisés ont été installés afin de pouvoir évacuer la chaleur après des périodes d'occupations (réunion, séminaires...)

une surventilation de 3 vol/h pendant deux heures après une réunion permet de faire redescendre la température de la pièce de 2 degrés.

## Occultation des menuiseries côté sud

Les fenêtres ; situées côté sud, ont un masque solaire dû au bâtiment de bureau très important en hiver mais pas en été. Le rayonnement sur ces vitrages est important.



Ce graphique représente le rayonnement solaire direct sur les fenêtres, il permet de déterminer que même en période de week-end, donc d'inoccupation, l'ensoleillement induit une augmentation de la température de 4°C dans la pièce.

Des occultations permettraient de réduire de façon conséquente ce problème.

Un bâtiment est un système complexe avec beaucoup d'interactions. Le fonctionnement énergétique est lié à différents types de paramètres et sollicitations :

- paramètres structurels : conception du bâtiment, choix des matériaux, volumétrie, agencement...
- sollicitations environnementales : conditions météorologiques extérieures, canicules...
- sollicitations internes : nombre de personnes, densité d'équipement électro-domestique, fréquentation...
- usage du bâtiment : utilisation des volets pour se protéger du soleil, ouverture des fenêtres la nuit pour rafraîchir, limitation de l'utilisation des appareils électro-domestiques (appareil en fonctionnement seulement si nécessaire, coupure des veilles...)

**La performance et le confort dépendent de tous ces facteurs.**

## Conclusion

Au terme de cette étude, il est possible de conclure que le bâtiment proposé satisfait à la fois aux demandes du programme, ainsi qu'aux exigences de qualité et de robustesse classique pour ce genre de programme. La rénovation envisagée permet de réduire radicalement les besoins de chauffage.

Permettons-nous d'insister une nouvelle fois : un bâtiment n'est performant que s'il est conçu et utilisé en correspondance avec l'usage prévu. Cela ne veut pas dire qu'il est « intolérant », mais que la performance va de pair avec une responsabilité des usagers, de l'exploitant et du maître d'ouvrage quant aux limites d'usage. De même qu'on ne conduit pas une Ferrari comme une 2 CV, les bâtiments performants demandent qu'on s'y comporte et qu'on les gère d'une manière adaptée.