

**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
Création d'une extension pour cuisine et vestiaires*



Table des matières

Préambule.....	3
<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
Façade ouest.....	6
Façade est	6
Hypothèses de modélisation.....	7
<i>Caractéristiques énergétiques du bâti</i>	7
Parois.....	7
Vitrages	8
Ponts thermiques.....	8
<i>Scénarios d'apports internes</i>	8
Occupation moyenne.....	8
Scénario de dissipation interne.....	9
<i>Autres hypothèses.....</i>	9
Température étudiée.....	9
Protections solaires.....	9
Infiltrations.....	9
Résultats – besoins de chauffage.....	10
<i>Répartition des déperditions.....</i>	10
<i>Besoin de chauffage.....</i>	11
Scénario de base - scénario +2°C.....	11
<i>Étude de faisabilité des approvisionnements en énergies.....</i>	12
Note de calcul thermique RT2012	13
<i>Consommations énergétiques réglementaires après travaux.....</i>	13
<i>Synthèse standardisée de l'étude thermique réglementaire.....</i>	14
Résultats – robustesse à la surchauffe.....	15
<i>Résultats généraux.....</i>	15
<i>Comportement avec actions correctives.....</i>	16
Occultation des baies est et ouest lors de leur exposition au soleil.....	16
Synthèse.....	17
<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...).

La partie nouvelle, concernée par cette étude, sert de passerelle entre la maison existante accueillant les bureaux, et la porcherie rénovée qui contiendra le réfectoire.

La partie neuve est quant à elle dédiée à la cuisine et aux vestiaires.

Objectif de performance énergétique

Le projet s'inscrit dans une candidature à l'appel à projet de la Région Limousin « Construction sobre en énergie de bâtiments publics ».

La maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre souhaite répondre au critère de performance énergétique « Cep max - 10% (RT2012) ». Ce qui correspond à une Cep conventionnelle du bâtiment inférieure à 96 kWh/m².an (groupe cuisine dans une zone à usage de bureaux).

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.

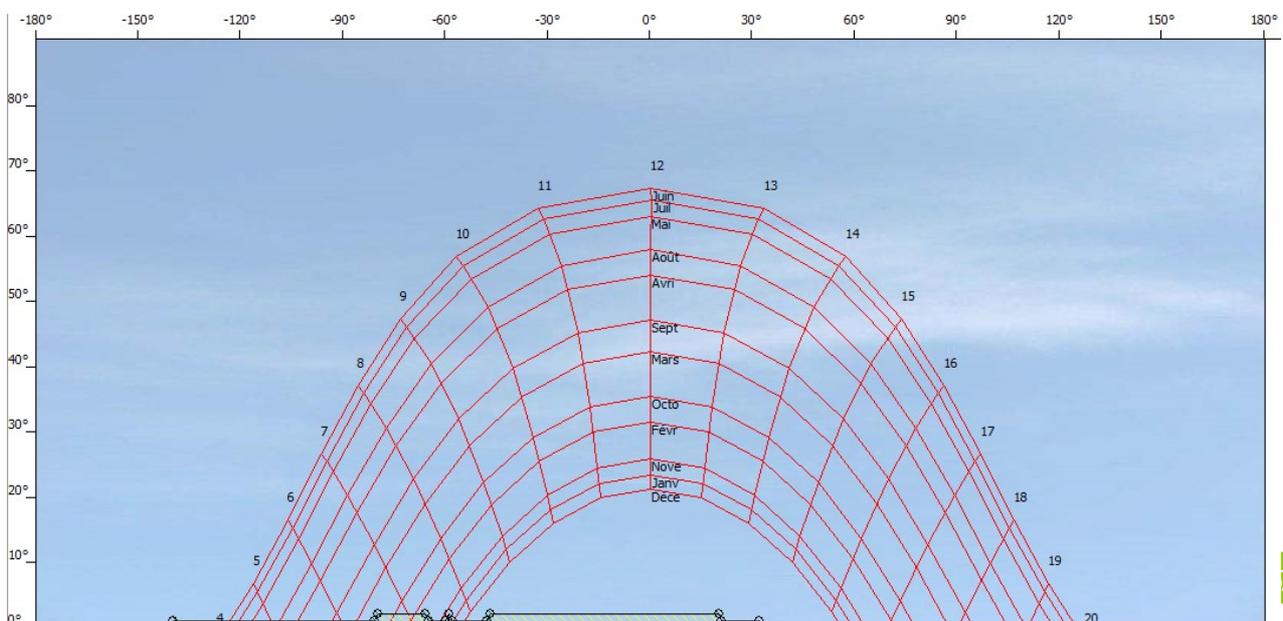
Les coordonnées géographiques du terrain sont :

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

Le terrain est situé à une altitude de 350 m.

Masque lointain

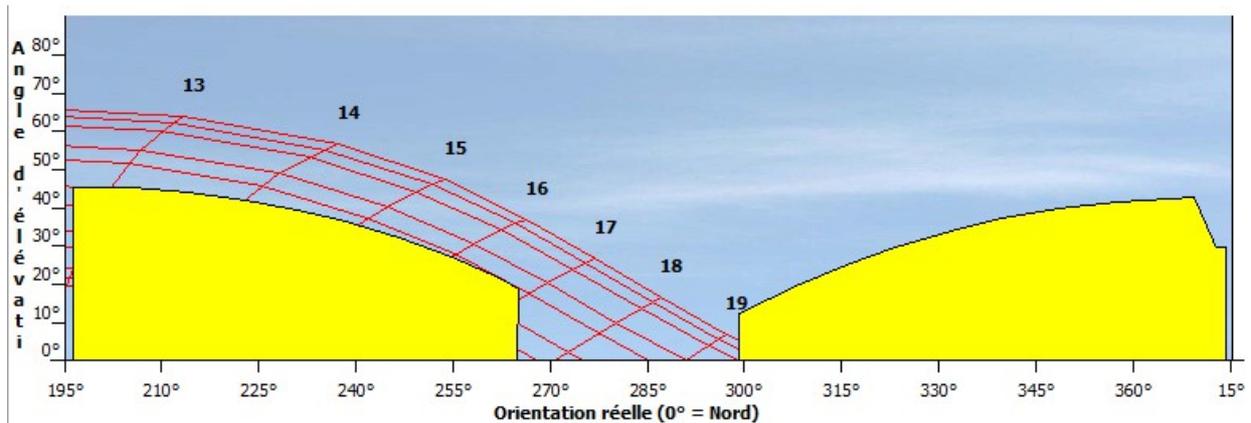
Ci dessous le masque lointain créé par le relief. Il est négligeable.



Masques proches

Façade ouest

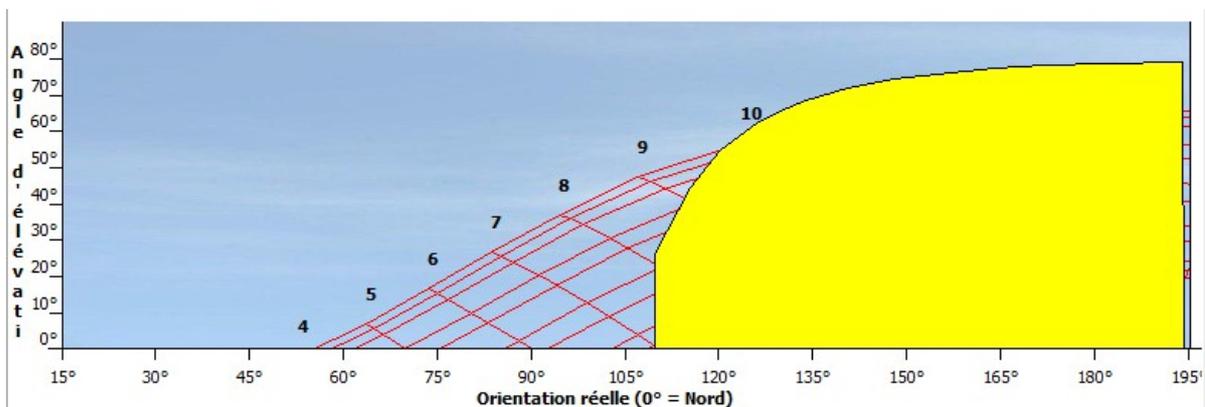
La partie nouvelle est située au nord du bâtiment de bureaux, entre le nouveau réfectoire et ce bâtiment. Les masques proches générés par ces 2 bâtiments, pris en compte dans la simulation thermique dynamique, sont très impactants.



Masque sur la façade ouest du bâtiment « cuisine »

Les vitrages du bâtiment ne reçoivent pas de lumière directe en hiver et sont soumis à un fort ensoleillement durant la période estivale.

Façade est



Masque sur la façade est de la pièce "entrée"

La pièce reçoit le soleil matinal jusqu'à 10h.

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.

	Composition	e (cm)	R ($m^2.K/W$)
Murs extérieurs en ossature bois	Bardage bois laine de bois revêtement intérieur	2 x 12 cm	6.32
Toiture	Revêtement extérieur ouate de cellulose	30	6.12
Plancher bas	Polyuréthane carrelage	10	4.55

Vitrages

	Ug (caractérise le vitrage)	Uw (caractérise l'ensemble vitrage + menuiserie)	Sw (facteur solaire moyen)	Psi intercalaire
	W/m².°C	W/m².°C		W/m.°C
Double vitrage 4/16/4 Argon Menuiseries bois à isolation renforcée (caractéristiques type Optimil de Millet)	1.1	1.4	0.37	0.04 (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

L'occupation des pièces dans cette partie neuve sera considérée comme anecdotique (pas de présence de masse en même temps mais des présences passagères). On considérera l'hypothèse suivante

Pièces	Effectifs	Période d'occupation
Cuisine	2 personnes	12h/14h du lundi au vendredi
Vestiaires	1 personne	8h/18h du lundi au vendredi

Scénario de dissipation interne

Les équipements de la cuisine ne sont pas connus avec précision à ce jour, les équipements suivants sont pris en compte, il sera possible d'ajuster la puissance dissipée dans les futurs études.

Pièces	appareillage	Période d'utilisation
Cuisine	1 frigo, 1 plaque de cuisson, 2 micro-onde	12h/14h du lundi au vendredi, le frigo en permanence

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.

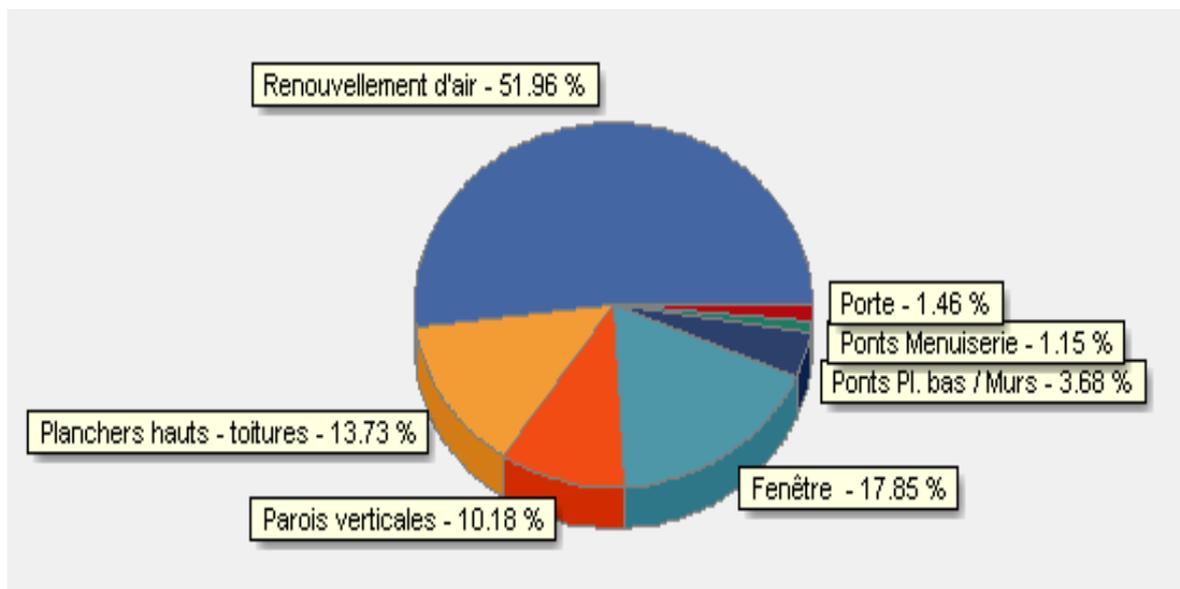
Résultats – besoins de chauffage

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 : 18 %
- le renouvellement d'air : 52 %
- les murs : 10%
- la toiture : 14 %

- La part des déperditions liées aux ponts thermiques est faible ce qui témoigne de la bonne conception du bâtiment.
- La part liée au renouvellement d'air est la plus importante. L'usage liée à une cuisine implique un taux de renouvellement d'air important, celui-ci étant assuré par une ventilation simple flux, il est normal que le renouvellement d'air implique des besoins thermiques importants.

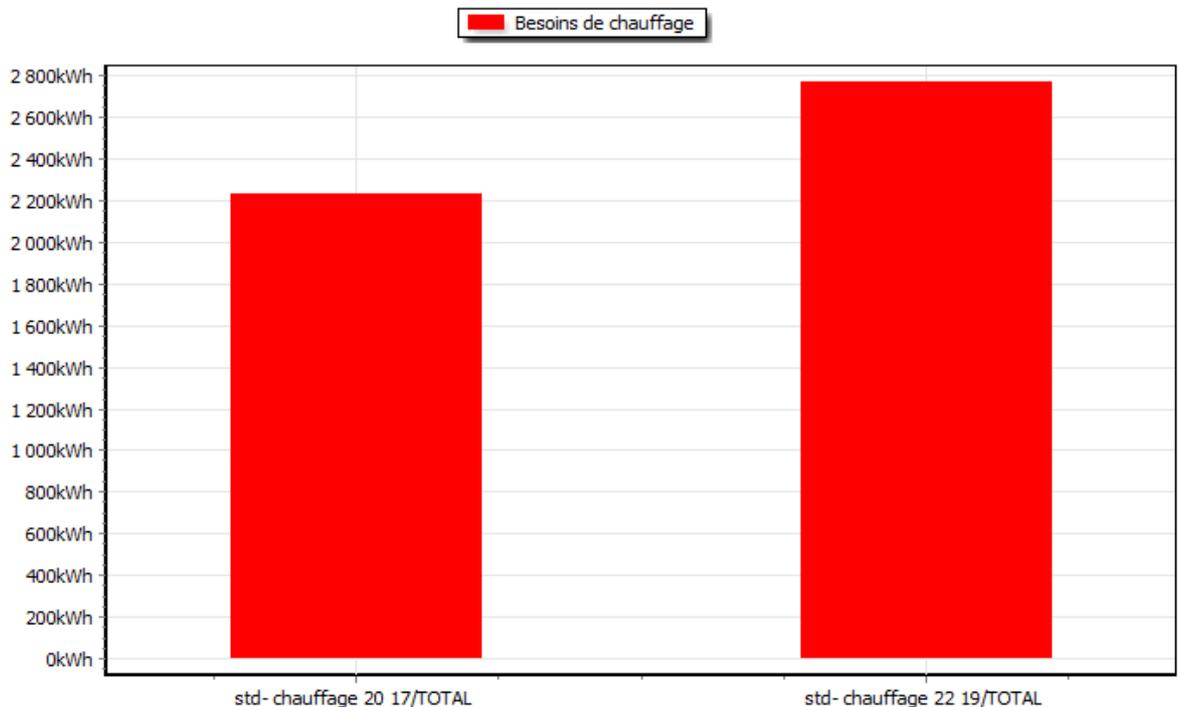
Besoin de chauffage

Scénario de base - scénario +2°C

Le scénario de base pour l'évaluation des besoins¹ 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 %.



¹ 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.

Les besoins de chauffage² sur le scénario de base sont de l'ordre de 37 kWh/m²/an sur les zones chauffées, soit 2200 kWh/an sur la partie rénovée, valeur tout à fait cohérente avec les objectifs visés.

A noter qu'une hausse de 2°C des consignes entraîne une hausse de 20 % des besoins (donc des consommations), soit une hausse de 10 % par degré d'écart. **Le domaine de la « maîtrise d'usage » est donc essentiel à la maîtrise des charges d'exploitation du bâtiment.**

Étude de faisabilité des approvisionnements en énergies

Cette étude est détaillée en Annexe 1 de ce document.

On trouvera dans cette étude une note détaillée des consommations énergétiques prévisionnelles et la précision du pourcentage des besoins couverts par les énergies renouvelables.

² 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).

Note de calcul thermique RT2012

La surface de la partie neuve étant inférieure à 150m² et à 30% de la SHON existante, elle n'est réglementairement pas soumise à la RT2012 mais à la RT élément par élément.

La maîtrise d'œuvre a fait cependant le choix de la traiter comme répondant à cette réglementation.

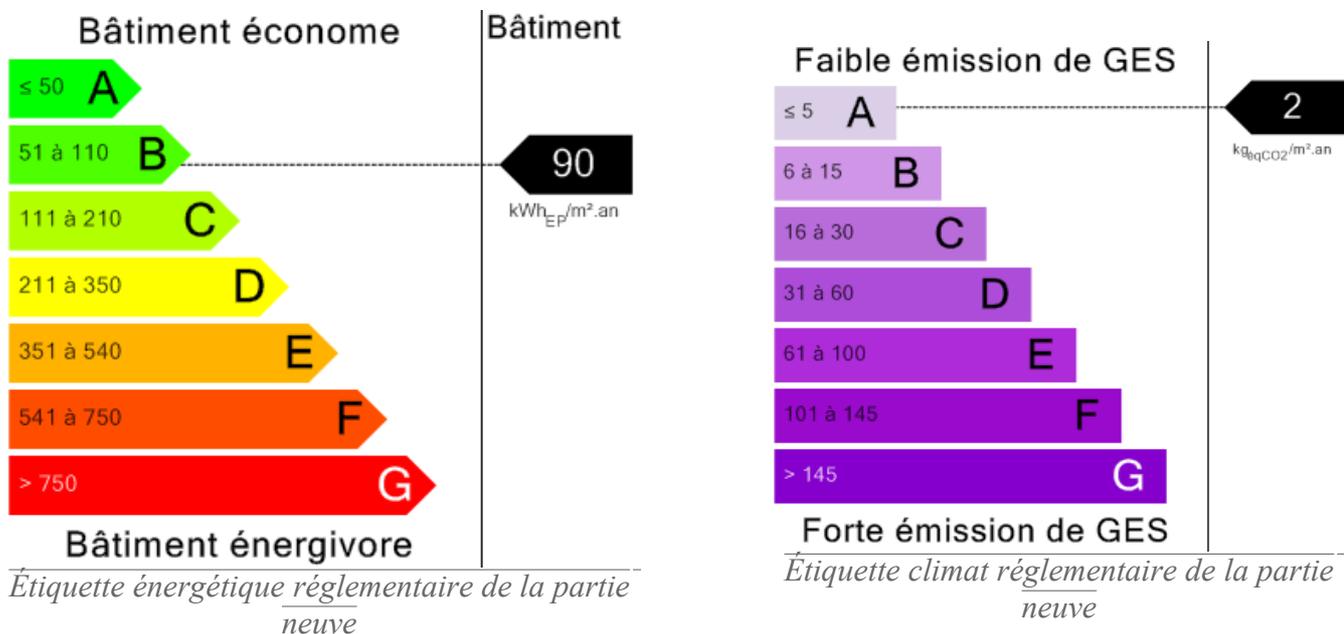
Consommations énergétiques réglementaires après travaux

Les données réglementaires, Bbio, Cep et Tic sont les suivantes :

- bbio : 71.6/77 pts
- Cep : 90.4/107.3 (pour rappel, l'objectif visé pour le Cep du projet était Cepmax - 10% soit un Cep de 96.57, nous sommes donc bien conforme à cette exigence).
- Tic : 45.6/47.9
- part ENR : 44.9

Nom	Bbio/Bbiomax (pts)	Cep/CepMax (kWhEp/m ² SHONRT)	Tic/TicRef (°C)	Part ENR (kWhEp/(m ² .an))
Bâtiment 1	✓ 71.6 / 77.0	✓ 90.4 / 107.3	✓	44.9
Zone 1	71.6 / 77.0	90.4 / 107.3		
Groupe 1	71.6 / 77.0	90.4 / 107.3	✓ 45.6 / 47.9	

L'étiquette énergie correspondante est la suivante :



Synthèse standardisée de l'étude thermique réglementaire

La synthèse standardisée est donnée en Annexe 2. Elle est accompagnée du xml.

Résultats – robustesse à la surchauffe

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

Résultats généraux

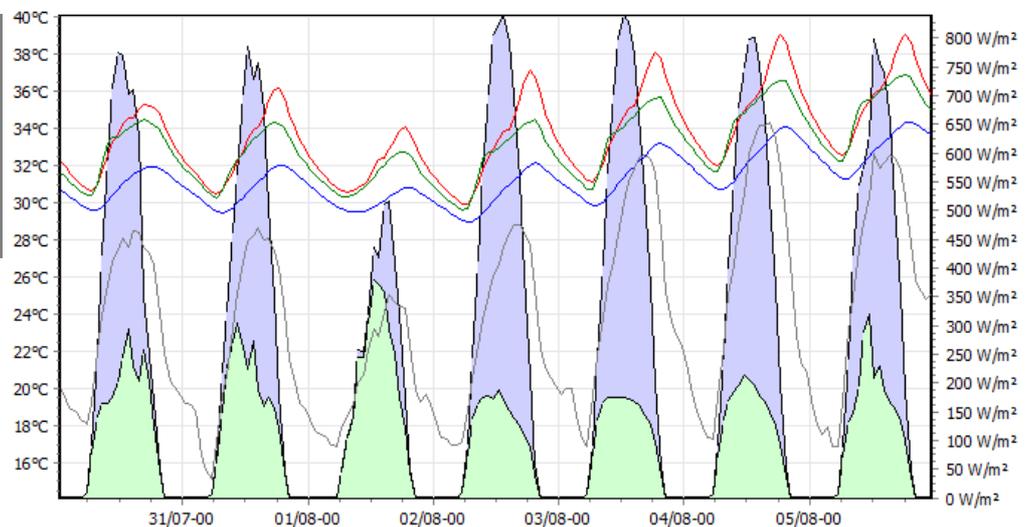
Les courbes ci-dessous représentent les températures dans chaque zone, sur l'une des semaines les plus chaudes de l'année. Elle illustre bien les principaux phénomènes qui agissent potentiellement sur le bâtiment.

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 partie neuve lors de la semaine la plus chaude de l'année
Source : incub'.



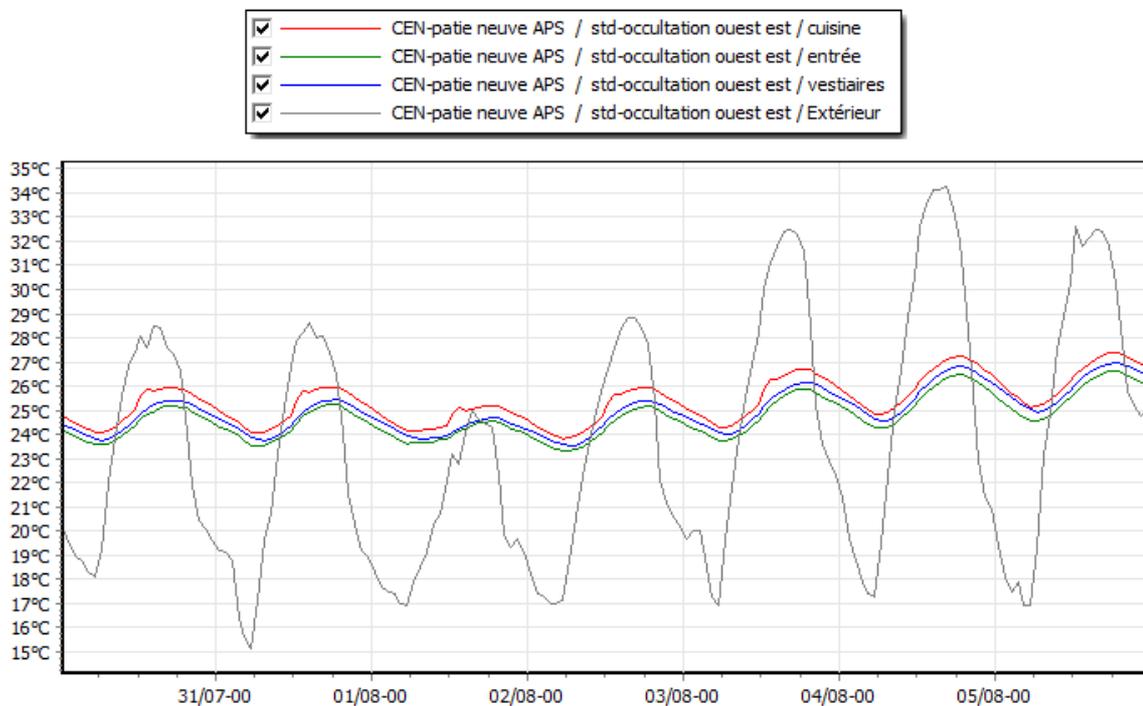
- le bâtiment est très sensible au rayonnement solaire direct. (augmentation quasi immédiate de la température suite au rayonnement)
- la partie cuisine est la plus exposée, en partie à cause des apports internes mais également à cause de ses vitrages ouest non protégés.

Comportement avec actions correctives

Occultation des baies est et ouest lors de leur exposition au soleil

Comme le montrent les masques proches décrits en début de document, les baies sont peu protégées par les bâtiments environnants lorsqu'elles sont exposées au rayonnement.

En protégeant ces baies du rayonnement solaire direct (le matin pour les baies est et le soir pour les baies ouest), voici les résultats pour le bâtiment pour cette même semaine :



les occultation gérées convenablement permettent de protéger les pièces et de baisser la température de quasiment 10°C.

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.

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.