
Cahier des charges et Rendus de la Simulation Thermique Dynamique

SOMMAIRE

SOMMAIRE	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
1 INTRODUCTION.....	3
2 HYPOTHESES DE MODELISATION	3
2.1 Hypothèses générales	3
2.1.1 Logiciel.....	3
2.1.2 Zonage.....	3
2.1.3 Surface de référence	3
2.2 Hypothèses Sollicitations externes et internes	4
2.2.1 Données météo :	4
2.2.2 Ombrages.....	4
2.2.3 Apports internes	4
2.3 Conception de l'enveloppe du bâtiment	6
2.3.1 Performances thermiques des parois opaques	6
2.3.2 ouvrants	7
2.3.3 Ponts thermiques	Erreur ! Signet non défini.
2.4 Régime de fonctionnement.....	8
2.4.1 Infiltrations d'air :	8
2.4.2 Ventilation	8
2.4.3 Ventilation nocturne	8
2.4.4 températures consigne :	8
2.4.5 Occultations	8
3 ANALYSE DES RESULTATS	9
4 TRAME DE RENDUS	10
4.1 Hypothèses générales	10
4.1.1 Logiciel.....	10
4.1.2 Zonage et surface de référence :	10
4.2 Hypothèses Sollicitations externes et internes	10
4.2.1 Météo 10	
4.2.2 Ombrages / masques.....	10
4.2.3 Apports internes et occupation	10
4.3 Enveloppe du bâtiment	11
4.3.1 Catalogue des parois :	11
4.3.2 Ouvrants :	11
4.3.3 Ponts thermiques :	12
4.3.4 Inertie du bâtiment	12
4.3.5 Résumé de l'enveloppe du bâtiment	13
4.4 Régime de fonctionnement.....	13
4.4.1 Infiltrations :	13
4.4.2 Ventilation	13
4.4.3 Ventilation nocturne	13
4.4.4 Chauffage.....	13
4.4.5 Occultations/casquettes :	13
4.5 Scénarios et études paramétriques	14
4.6 Résultats.....	15
4.7 Synthèse des préconisations :	17

1 INTRODUCTION

La Simulation Thermique dynamique est un outil permettant d'optimiser les besoins énergétiques d'un bâtiment et étudier son confort d'été par l'analyse des températures intérieures. C'est une aide à la conception dans un projet de bâtiment.

Le but du rapport de simulation dynamique est double :

- Faire apparaître les éléments sur lesquels l'équipe de conception doit travailler afin de respecter les objectifs énergétiques du futur bâtiment. Le rapport devra montrer clairement l'impact de chaque choix de conception sur la consommation de chauffage et sur le confort d'été ;
- Permettre à une personne extérieure à l'équipe de conception d'avoir une vision et une compréhension claires des choix opérés.

Pour ces deux raisons, le cahier des charges suivant impose la manière dont l'étude doit être menée et comment doivent être exposés les résultats ainsi que les hypothèses permettant d'obtenir ces résultats.

2 HYPOTHESES DE MODELISATION

2.1 Hypothèses générales

2.1.1 LOGICIEL

Préciser le logiciel utilisé pour la simulation.

2.1.2 ZONAGE

Le zonage sera à définir avec la maîtrise d'ouvrage. A titre indicatif :

- Pour une grosse restructuration ou bâtiments neufs :
 - Chaque pièce sera définie par une zone afin de calculer la consommation énergétique globale du bâtiment et le confort thermique d'été.
 - L'analyse des résultats de température (confort thermique) pourra être affinée sur les zones défavorables (identifiée avec la maîtrise d'ouvrage).
- Pour une rénovation d'une partie de bâtiment :
 - Il n'est pas nécessaire de modéliser l'ensemble des pièces, les pièces principales, critiques et/ou défavorables seront définies avec la maîtrise d'ouvrage afin d'analyser le confort thermique.

2.1.3 SURFACE DE REFERENCE

La surface à prendre en compte est la Surface Utile (tertiaire) et la surface habitable (logements).

L'analyse de la consommation sera réalisée en kWh/m² surfaces utile ou habitable.

2.2 Hypothèses Sollicitations externes et internes

2.2.1 DONNEES METEOS :

Trois simulations devront être réalisées (à la demande de la maitrise d'ouvrage) :

- Données météorologiques des fichiers climats RE2020 (météo moyenne décennale). Ils serviront de référence pour les objectifs cibles de consommation énergétique en saison de chauffe.
- Données météorologiques caniculaires 2040 fournies par la maitrise d'ouvrage (fichier météo 2040 RCP 4.5).. Ils serviront de référence pour les objectifs cibles de confort d'été.
- Données météorologiques caniculaire 2050 fournies par la maitrise d'ouvrage (fichier météo 2050 RCP 8.5). Ils permettront une analyse plus poussée du confort d'été.

2.2.2 OMBRAGES

Les plans fournis permettront de déterminer avec précision l'impact des masques proches (bâtiments voisins, arbres, etc). Les masques du bâtiment sur lui-même (balcons, casquettes) seront modélisés avec soin. Les masques lointains seront considérés comme négligeables (sauf cas spécifique avec relief marqué).

2.2.3 APPORTS INTERNES

Il y a lieu de distinguer 2 types d'hypothèses pour les apports internes :

- Approche « pire cas » pour l'étude du confort d'été
 - On considérera des salles de cours avec des taux d'occupation plein et un nombre d'occupant en accord avec la capacité du ou des bâtiments, afin d'étudier le confort d'été dans des conditions critiques mais réalistes. Par exemple, on considère une salle de cours dont l'occupation est maximale (le nombre de personnes est égal au nombre de places de la salle de cours), en considérant un emploi du temps réaliste.
- Approche générale pour l'étude des besoins de chauffage et de rafraîchissement le cas échéant
 - On considérera des taux moyens d'utilisation pour ne pas sous-estimer les besoins de chauffage ou surestimer les besoins de rafraîchissement

Il sera nécessaire d'intégrer les vacances scolaires au calendrier. L'intégration des mois de juillet et août sera à définir au cas par cas avec la maitrise d'ouvrage.

Les apports internes seront multipliés par le taux d'occupation défini avec la maitrise d'ouvrage.

- **Apports internes humain par personne** : 80W en hiver et 55W en été. On supposera un emploi du temps typique d'une classe (Exemple : présence d'un effectif moyen d'une classe dans une salle de cours de 8h à 12h et 14h à 18h, pendant 4 jours ½, soit pendant 36 heures par semaine.).

- **Apports internes éclairage** (valeurs issues de campagnes de mesure) :
Pour les installations d'éclairage LED, $P_{\text{surfacique}}$ de 3W/m^2

	Hiver	Eté
Matin	70 %	50%
Après-midi	45%	40%

Exemple :

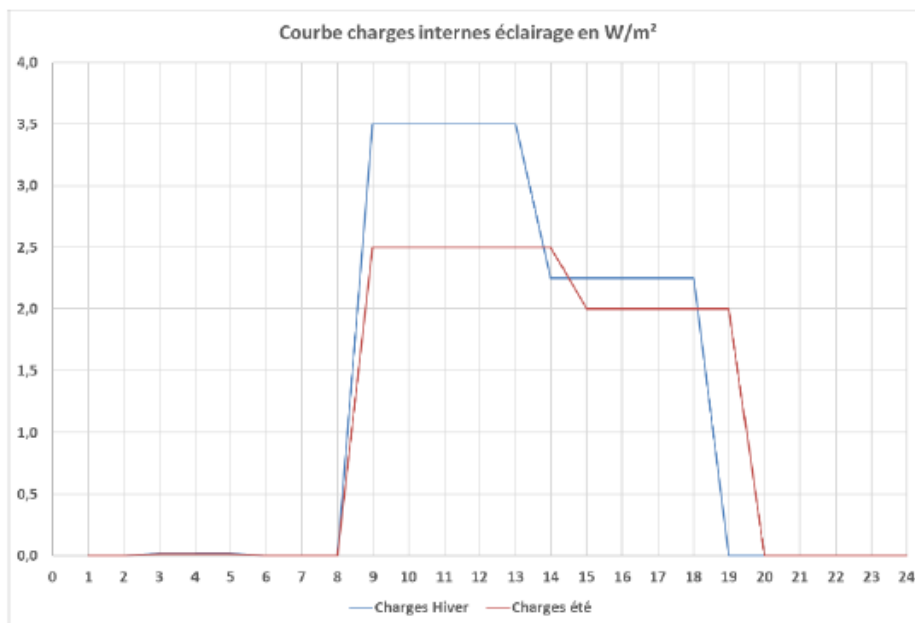


Figure 6 : Graphique de puissance dissipée en W/m^2 pour une installation de 5 W/m^2

- **Apports internes ordinateurs** : dans le cas de salles avec ordinateurs, compter par ordinateur :
 - 30 W dans le cas de portables,
 - 100 W dans le cas d'ordinateurs fixes.

Exemple

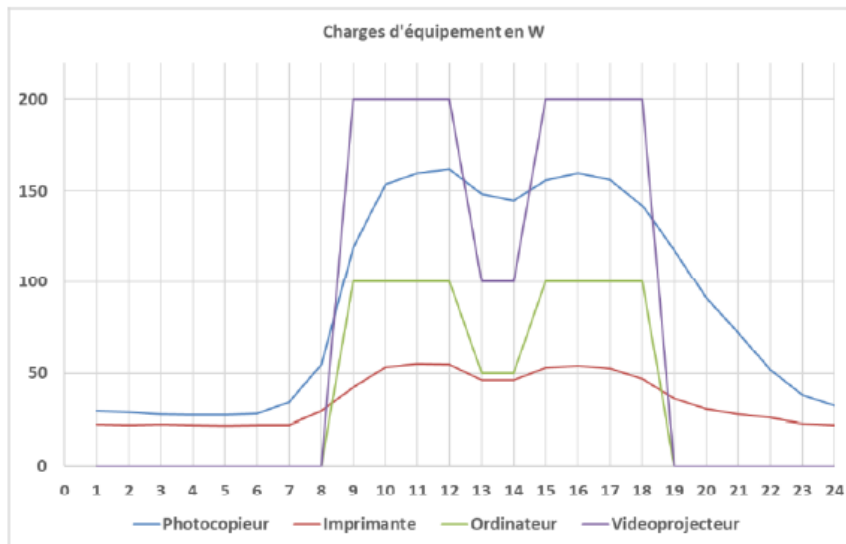


Figure 7 : Graphique de puissance dissipée en W suivant équipement

- **Apports logements** : valeur unique d'apport interne à définir avec la maîtrise d'ouvrage.
- **Apport Internat** :
 - Les apports internes des personnes la nuit/matin/soir (cf. précédemment pour valeurs en W/m^2)
 - Les apports internes d'éclairage : 70 % de la puissance installée matin/soir
 - Les apports internes des ordinateurs : on considérera 1 ordinateur portable par élève. 70 % des ordinateurs allumés. Matin et soir. 30W par ordinateurs.

Scénario toute l'année, été compris.
- **Apports spécifiques** à définir avec des hypothèses de foisonnement d'utilisation à déterminer au cas par cas avec la maîtrise d'ouvrage :
 - Salle polyvalente,
 - Restauration
 - Machines spécifiques
 - Foyer des élèves
 - Salles de sports
 - Salles informatiques

2.3 Conception de l'enveloppe du bâtiment

2.3.1 PERFORMANCES THERMIQUES DES PAROIS OPAQUES

- Le rapport de rendu précisera les coefficients U des différentes parois opaques et la composition de ces parois. Dans certains cas (isolation des murs par l'extérieur sous bardage par exemple), la technique de mise en œuvre choisie entraîne des ponts thermiques structurels qu'il faudra compter, soit en majorant le coefficient U de la paroi, soit d'une autre manière.

- Pour le bâtiment au global, graphique (camembert) permettant de visualiser les déperditions, hors ventilation/infiltrations (c'est à dire toiture, sol, murs extérieurs, surfaces vitrées, ponts thermiques). Préciser la valeur des déperditions globales du bâtiments ramenées à la surface de référence : valeur en $W/(K.m^2_{ref})$.

2.3.2 OUVRANTS

- Préciser ratio en pourcentage surfaces menuiseries/surfaces utiles par zone
- Pour les menuiseries, fournir le U_g (vitrage), le U_w (menuiserie) et le g (facteur solaire du vitrage).
- Portes : préciser le U_p des portes

2.3.3 PONTS THERMIQUES

Ponts thermiques : dans les bâtiments à très faibles besoins, les ponts thermiques ont un poids non négligeable. Ils représentent de 20 à 30 % des déperditions par transmission. Il faut donc les expliciter en donnant leurs caractéristiques :

- Localisation et nature (exemple : appui de menuiserie ou liaison plancher intermédiaire / mur extérieur) ;
- Traitement proposé et valeur du ψ en W/mK (et sa source) ;
- Longueur du pont thermique en m
- Schéma simplifié du pont thermique
- Graphique (camembert) permettant de visualiser la répartition des déperditions entre les divers ponts thermiques (pour visualiser l'importance de chacun au global).

2.4 Régime de fonctionnement

2.4.1 INFILTRATIONS D'AIR :

On considèrera un volume d'infiltration continu en Vol/h équivalent au $Q_4=0,6 \text{ m}^3/\text{h}$. Valeur à adapter en fonction des projets et des études paramétriques.

2.4.2 VENTILATION

- Le profil des heures de ventilation sera calé sur le profil d'occupation, en ajoutant une heure le matin et une heure le soir.
- Dans le cas d'une installation de ventilation mécanique asservie à la détection de présence (ou de CO_2), le taux de renouvellement d'air devra tenir compte du taux d'occupation et/ou d'utilisation du local.
- En cas de ventilation double flux, l'efficacité de l'échangeur sera prise égale à 80% minimum (valeur intégrant l'encrassement et le vieillissement. Les modèles neufs peuvent présenter des efficacités de l'ordre de 90%)
- La logique de bypass de l'échangeur de récupération de chaleur devra être précisée
- La classe d'étanchéité des réseaux devra être précisée

2.4.3 VENTILATION NOCTURNE

Dans le cas d'une ventilation nocturne en vue d'améliorer le confort d'été, préciser comment celle-ci sera assurée (naturelle, mécaniques, débits etc.)

2.4.4 TEMPERATURES CONSIGNE :

- Températures de consigne de chauffage:
 - Du lundi au vendredi, de 7h à 19h, samedi : 7h à 13h : 19°C pour l'ensemble des locaux chauffés sauf les bureaux pour lesquels la température de consigne sera de 20°C ;
 - Du lundi au samedi de 19h à 7h : 17°C ;
 - Week end (samedi 13h au lundi 7h) et vacances scolaires : 17°C
- Température de consigne de rafraîchissement le cas échéant : 28°C en période d'occupation
- Cas particulier des Cuisines : Les zones Cuisine ne seront pas étudiées en détail (sauf cas particulier). Les échanges thermiques entre une zone Cuisine et tout autre zone devront être considérées comme adiabatiques, c'est à dire sans échanges de chaleur. Ainsi on supposera que la température de la paroi séparant une zone Cuisine et une autre zone est égale à la température de la zone étudiée.
- Des études paramétriques seront réalisées sur les valeurs de température consigne

2.4.5 OCCULTATIONS

- Préciser les casquettes simulées, leurs couleurs ainsi que l'albédo utilisé dans la simulation.
- Utilisation des occultations mobiles et les BSO : indiquer les scénarii d'utilisation en hiver et en été, à quel taux d'occultation.

3 ANALYSE DES RESULTATS

La consommation énergétique par usage, les besoins de chauffage et rafraîchissement ainsi que les températures intérieures seront calculées et analysées avec les hypothèses de l'enveloppe et les solutions techniques retenues par le BET ainsi que les conditions de dimensionnement et de fonctionnement décrit ci-dessus.

Afin d'étudier plus finement la consommation et le confort thermique intérieur en fonction de choix techniques ou en fonction des aléas d'exploitation, il sera demandé d'étudier des variations sur les données d'entrées en faisant apparaître différents scénarios et différentes études paramétriques :

Scénarios d'optimisations – Les études d'optimisations sont des variantes portant sur les choix de conception. Le but est de donner des informations pour ouvrir la discussion sur différents choix de conception – à proposer au cas par cas et portant sur:

- Taux de surface vitrée comprenant les occultations
- Composition de l'enveloppe
- Dimensionnement des équipements (notamment les débits, les puissances, le secours, les cascades)
- Types d'équipements à mettre en place (brasseur d'air, ventilation nocturne, ...)
- Dimensionnement des équipements de rafraichissement par des calculs de besoin de frigos

Etudes paramétriques ou de sensibilité : Les études de sensibilité sont des variantes portant sur les hypothèses contextuelles et difficiles à maîtriser. Le but est d'évaluer dans quelle mesure les résultats de la simulation sont toujours valables si on modifie les conditions. – portant sur une :

- Variation des températures consignes
 - 20°C dans les salles de classe
 - 21°C dans les bureaux
- Variation sur les données météorologiques
- Variation sur le taux d'occupation
- Variation sur l'infiltration d'air
 - De $Q_4=0.2\text{m}^3/\text{h}$ à $Q_4=1.4\text{ m}^3/\text{h}$

Attention, chaque scénario ou chaque étude paramétrique ne devra modifier qu'un seul critère à la fois qui devront clairement apparaître dans le rendu.

4 TRAME DE RENDUS

4.1 Hypothèses générales

4.1.1 LOGICIEL

Nom du logiciel

4.1.2 ZONAGE ET SURFACE DE REFERENCE :

Plan de l'établissement zoné en indiquant sur le plan les numéros de zone

Liste des zones et de leurs surfaces

Zone n°	Nom de la zone/ Locaux concernés	Surface utile de la zone (m ²)	Surface chauffée de la zone (m ²) – Si différente	Volume utile (m ³)	Volume chauffé (m ³)
1					
2					
3					
TOTAL		m²	m²	m³	m³

4.2 Hypothèses Sollicitations externes et internes

4.2.1 METEO

Données météo utilisées avec la courbe de température

4.2.2 OMBRAGES / MASQUES

Masques et ombrages pris en compte

4.2.3 APPORTS INTERNES ET OCCUPATION

	Apports humains		Apports autres (en nb et puissance)		
Zone n°	Occupation (jours, heures, nb personnes)	Taux d'occupation	Eclairage	Ordinateurs	Autre (Vidéoprojecteurs, imprimante, ...)
1					
2					
3					

4.3 Enveloppe du bâtiment

4.3.1 CATALOGUE DES PAROIS :

N° - Nomination et Localisation de la paroi					
Matériaux composant la paroi	Epaisseur (m)	Résistance hors PTS * [m²K/W]	U avec PTS * [W/m²K]	Densité (kg/m³)	Description des PTS et autres commentaires

*PTS : Ponts Thermiques Structuraux (-> principalement dus à la méthode d'accroche de l'isolant et du détail du mur. Exemples : montants de l'ossature bois, chevilles de fixation, accroches de bardage).

4.3.2 OUVRANTS :

Catalogue des ouvrants :

Ouvrant	Description	Ug [W/m²K]	Uw [W/m²K]	Facteur solaire	Commentaire
Menuiseries					
...					
Portes pleines donnant sur l'extérieur ou les locaux non chauffés		X	Up =	X	
...					

Pourcentage surfaces vitrée par zone (surface vitrée / surfaces utile)

Zone n°	Surface vitrée/surface utile (en %)
Zone 1	
Zone 2	
Zone 3	
Zone 4	

Pourcentage surfaces vitrée par façade et par bâtiment (surface vitrée / surfaces utile)

N° Bâtiment			
Orientation façade	Surface brute paroi	Surface vitrée	Rapport Surface vitrée / Surface parois (en %)
Verticale Sud			
Verticale Est			
Verticale Nord			
Verticale Ouest			
Toiture			
Total			

4.3.3 PONTS THERMIQUES :

Type	Valeur ψ [W/mK]	Longueur [m]	Déperd globales [W/K]	Schéma + Explications	Source de la valeur du ψ
Acrotères					
Balcons					
Dalle intermédiaire					
Mur ext / dalle basse					
Poutres et refends Rez de chaussée					
Appui fenêtre					
Linteau fenêtre					
Tableau					
...					

Important : En début de conception, bien mettre un schéma représentant le pont thermique. Le schéma sera ensuite précisé et remplacé (jusqu'à carnet de détail DCE puis EXE) au cours du projet.

4.3.4 INERTIE DU BATIMENT

Inertie du bâtiment (légère, moyenne, lourde, très lourde) :

Justification :

4.3.5 RESUME DE L'ENVELOPPE DU BATIMENT

Déperdition globale des ponts thermiques ramenée à la surface de référence : ... [W/K/m²_ref]

Camembert des ponts thermiques :

Déperdition globale hors ventilation (murs/planchers/toiture/menuiseries) ramenée à la surface de référence : ... [W/K/m²_ref]

Camembert des déperditions hors ventilation (murs/planchers/toiture/menuiseries) :

4.4 Régime de fonctionnement

4.4.1 INFILTRATIONS :

$Q_4 = \dots$ [m³/h/m²hors plancher bas]

$n_{50} = \dots$ [vol/h]

Infiltrations en continu dans la STD = ... [vol/h].

4.4.2 VENTILATION

Double flux : Efficacité = ... [%]

Planning du bypass :

Débit par zone :

Zone n°	Volume	Débit (m ³ /h)
Zone 1		
Zone 2		
Zone 3		
Zone 4		

4.4.3 VENTILATION NOCTURNE

- Taux de surventilation nocturne : ... [vol/h]
- Période d'application et scénario journalier :
- Moyens mis en oeuvre (ouverture manuelle des fenêtres, automatisme avec horloge, ventilation mécanique, etc.)* :

* *Exemple : est il possible de réellement ouvrir les fenêtres si ventilation naturelle envisagée ?*

4.4.4 CHAUFFAGE

Consigne de température :

4.4.5 OCCULTATIONS/CASQUETTES :

- Description des occultations prévues sur le projet :
- Facteur d'occultation / Facteur solaire vitrage + protection solaire extérieure :
- Horaires de fermetures : Horaires de fermeture :

4.5 Scénarios et études paramétriques

SCENARIOS

Les scénarios permettent d'avoir une réflexion sur le choix d'enveloppe, le choix des équipements, leur dimensionnement. Un scénario doit faire apparaître une modification d'un seul critère à la fois.

Définition des scénarios :

Liste des scénarios	Données modifiées et valeur
Scénario 1	
Scénario 2	
Scénario 3	

ETUDES PARAMETRIQUES

Les études paramétriques permettent d'anticiper des écarts de consommation ou de température intérieure par rapport à des données d'exploitations, non maitrisable à la conception du bâtiment (données météo, taux d'occupation, ...). Une étude paramétrique doit faire apparaître la modification d'un seul critère à la fois.

Définition des études paramétriques :

Liste des paramètres	Données modifiées et valeur
Paramètre 1	
Paramètre 2	
Paramètre 2	

4.6 Résultats

Résultats besoins énergétique et confort d'été des paramètres de base :

H surch : nombre d'heure d'occupation dans l'année pendant lesquelles la température intérieure dépasse 25°C ET est plus chaude qu'à l'extérieur

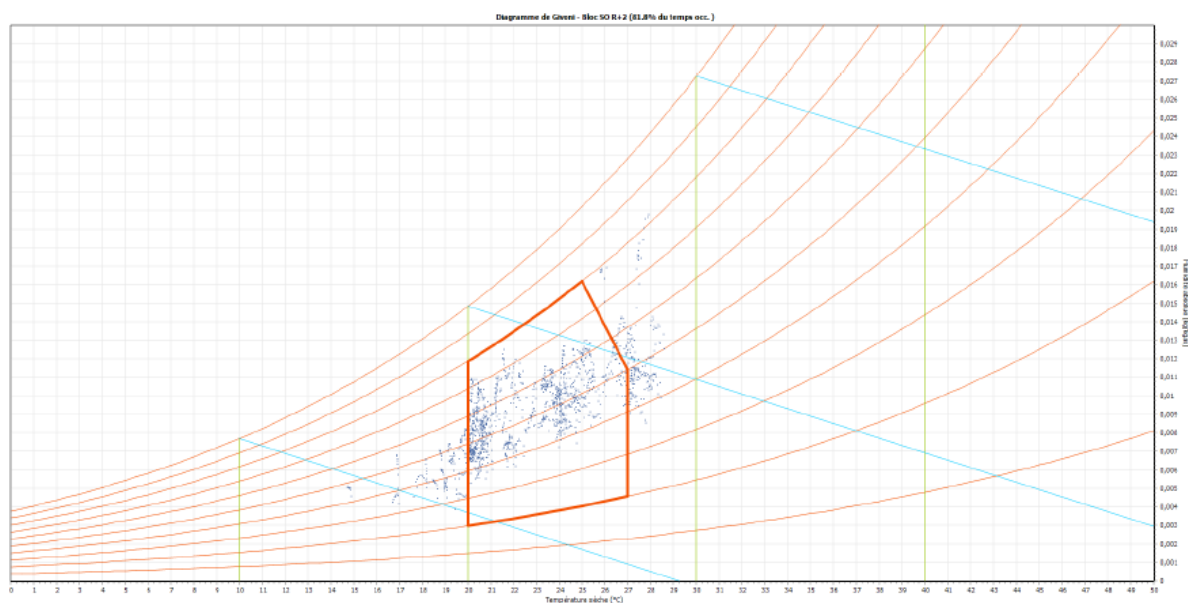
Zone n°	Surface utile (m²)	Besoin de chauffage		Besoin de rafraîchissement		H surch	Nb d'heure T>28°C	Taux d'inconfort (% du temps d'occupation)	T° maximale en occupation
		kWh	kWh/m²	kWh	kWh/m²				
Zone 1									
Zone 2									
TOTAL									

Résultats confort d'été des paramètres de base :

L'objectif est de ne pas dépasser 28°C plus de 40 heures ouvrées par an ou de limiter le taux d'inconfort à 2,5% du temps d'occupation.

Dans le cas d'une évaluation de brasseurs d'air, le taux d'inconfort sera évalué à partir du diagramme de Givoni ou de tout autre méthode équivalente.

Résultats confort sur une zone – Graphique de Givoni :



Scénarios et études paramétriques :

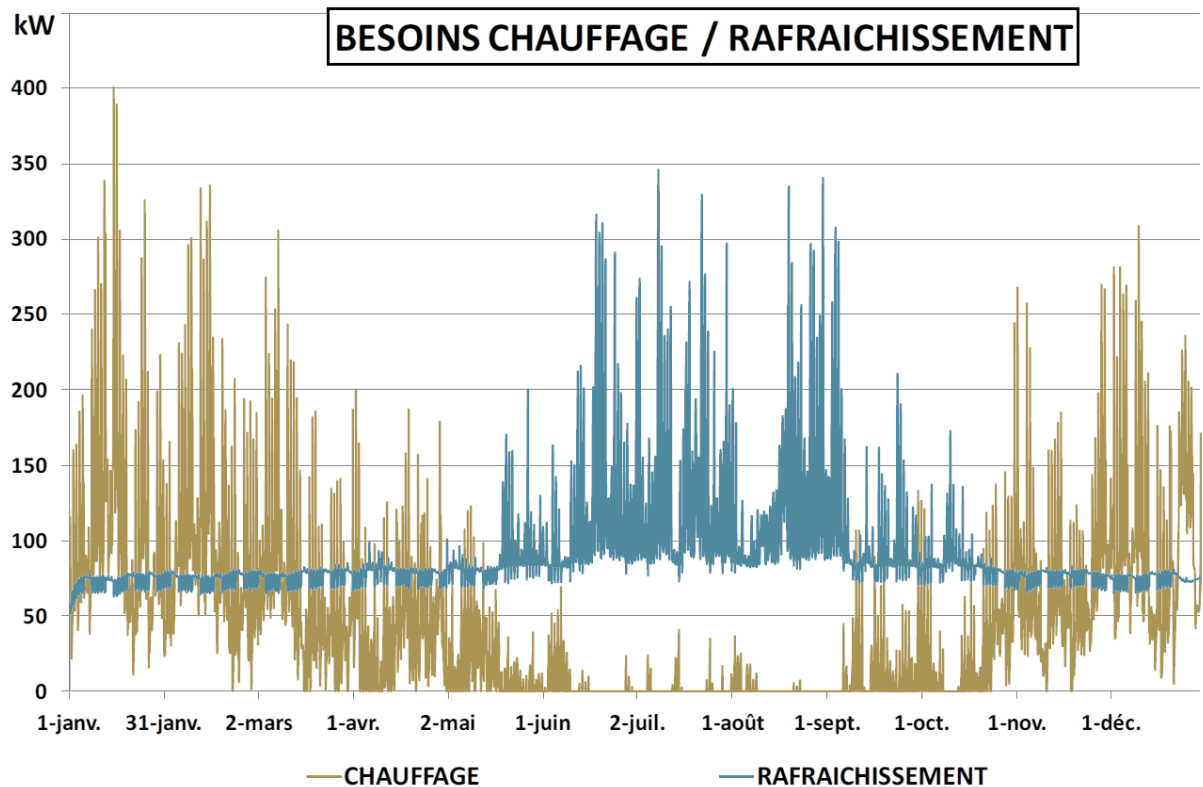
La comparaison de différents scénarios ou des études paramétriques doit se faire par rapport à un même critère (ne pas comparer un scénario avec ajout d'un équipement avec un paramètre de modification de température consigne)

N° Scénario	Besoin de chauffage		Besoin de rafraîchissement		H surch	Nb d'heure T>28°C	Taux d'inconfort (% du temps d'occupation)	T° maximale en occupation
	kW h	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²				
Scénario 1								
Scénario 2								

N° Etude Paramétrique	Besoin de chauffage		Besoin de rafraîchissement		H surch	Nb d'heure T>28°C	Taux d'inconfort (% du temps d'occupation)	T° maximale en occupation
	kW h	kWh/m ²	kWh	kWh/m ²				
Paramètre 1								
Paramètre 2								

Monotones de chauffage et de rafraîchissement

Ci-dessous un exemple de graphique illustrant les appels de puissance horaire sur l'année. Cette courbe constituera une base tout au long des études pour dimensionner la production de chauffage et de rafraîchissement.



4.7 Synthèse des préconisations :

Cette partie doit rappeler tout ce que le modélisateur préconise pour atteindre les objectifs. Elle doit souligner les points les plus importants et rappeler (ou renvoyer à la référence) les résultats atteints après optimisation.