



Groupe Scolaire ACR

RAPPORT D'ÉTUDE DU CONFORT ESTIVAL

Version anonymisée

Sommaire

- Identification du projet et des zones étudiées p. 3
- Analyse de chaque zone p. 7
- Interprétation des résultats p. 9
- Synthèse des solutions adaptées p. 10
- Fiches des solutions proposées p. 11
- Annexes p. 14

DIAGNOSTIC DE CONFORT ESTIVAL

Nom du projet/ Bâtiment :

Localisation :

Coordonnées GPS :

Zone climatique RE2020 : H2c



Zones d'analyse pour le confort thermique

Pour réaliser l'analyse du bâtiment, nous le divisons en zones simplifiées.

Nombre de zones définies : 2

Zone d'Intérêt: Salles de Classes sud-est

Etage: Dernier étage

Zone climatisée: Non

Longueur: 22.00 m

Largeur: 7.50 m

Surface: 130.00 m²

Occupation:

- 54 personnes, 5 heures par jour
- 2 ordinateurs



Zone n°2: Bâtiment Sud

Etage: Dernier étage

Zone climatisée: Non

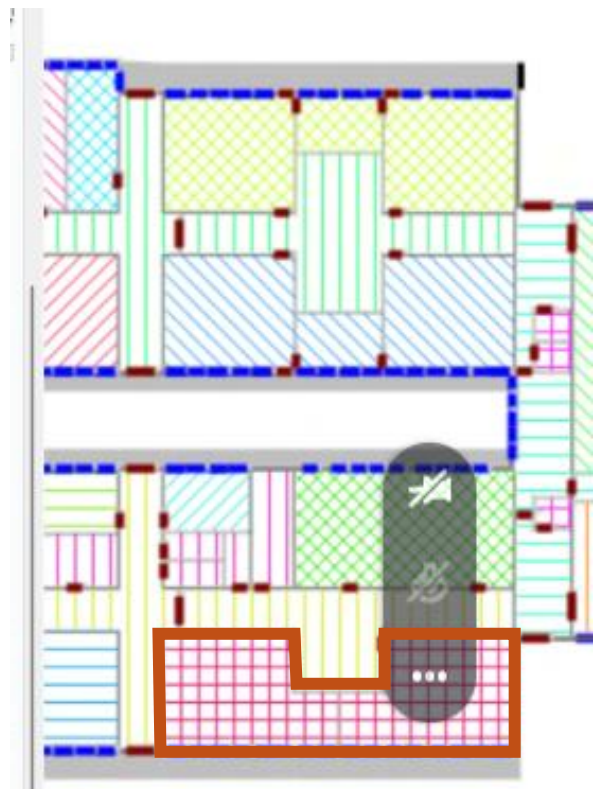
Longueur: 47.00 m

Largeur: 20.00 m

Surface: 799.00 m²

Occupation:

- 171 personnes, 5 heures par jour
- 7 ordinateurs

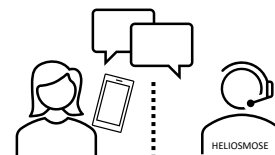


Comment Heliosmose étudie l'inconfort dans votre bâtiment ?



Infos générales bâtiment

→ Source web / Entretien : *type bâtiment, âge, usage, dernière rénovation, etc.*



Infos façade

→ Outils *Heliosmose* basé sur vues satellite : *géoposition, façades, surface vitrées, masquage, etc.*



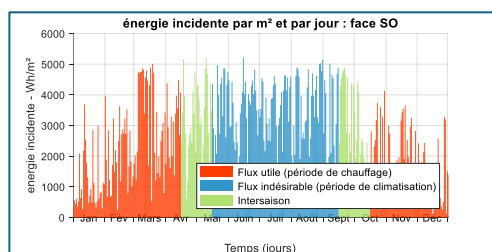
Informations techniques secondaires

→ Base de données & IA : *épaisseur isolation, ponts thermiques, etc.*



Heliosmose analyse votre bâtiment zone par zone.

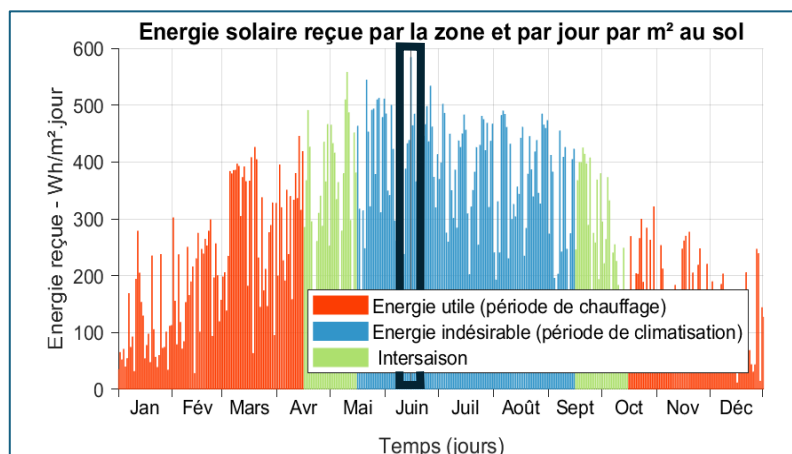
- 1) L'analyse démarre par le calcul des **entrées solaires** incidentes de **chaque façade**, en prenant en compte les masquages environnants et les éventuelles protections solaires. Un diagramme annuel, se basant sur le scénario météo de référence (RE2020-BC) est établi pour chaque façade.
- 2) On combine ensemble les façades – en prenant en compte surfaces et efficacité solaire des fenêtres/façades (facteur solaire) pour en déduire le diagramme d'apport solaire total de la zone, qui vous est présenté zone par zone.



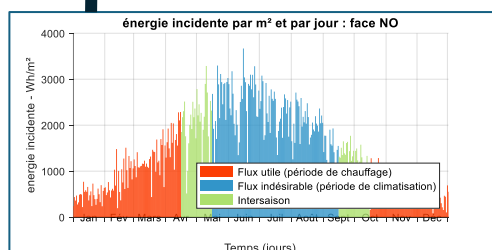
x facteur solaire
x Surface vitrée



÷ Surface
de la zone



x facteur solaire
x Surface vitrée

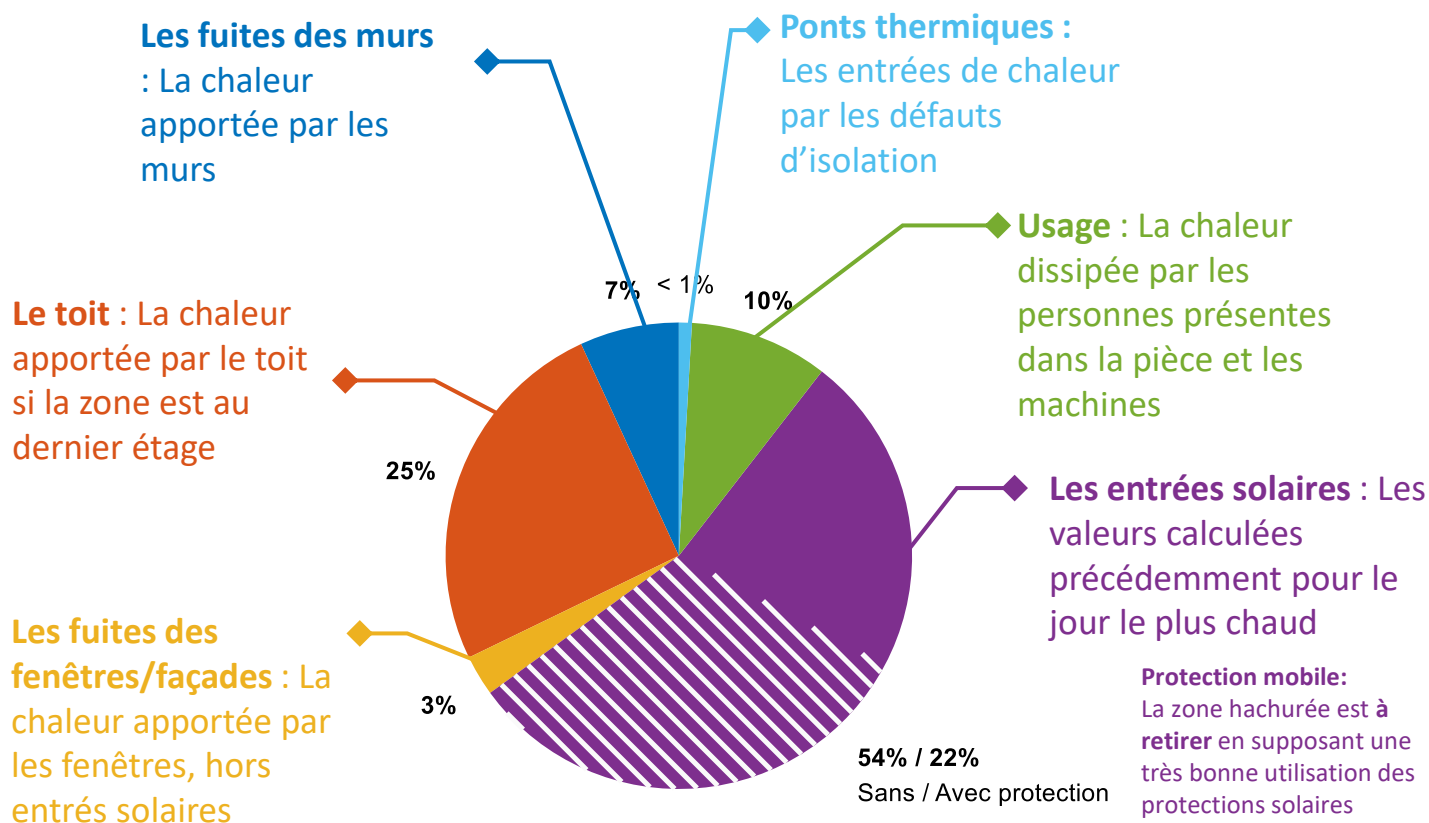


Cette analyse permet de trouver **le jour d'inconfort maximum** pour la zone étudiée (pour le scénario météo de référence).

Ce jour est ensuite utilisé pour la suite de l'étude.

Comment Heliosmose étudie l'inconfort dans votre bâtiment ?

3) Pour le jour d'inconfort maximal, déterminé précédemment, on définit les contributeurs à la chaleur accumulée en une journée.



Les entrées (/évacuation) de chaleur par aération / ventilation ne sont pas prises en compte.

Trop dépendantes du comportement des usagers, et en général pénalisante en cas de canicule.

Les dissipations de chaleur liées à l'éclairage ne sont pas prises en compte.

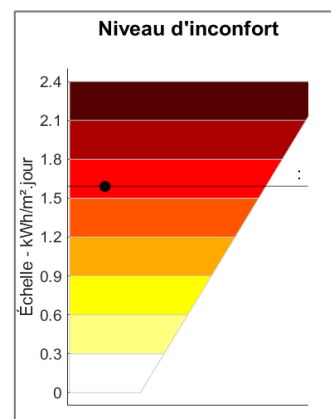
En général négligeable en été les jours de grand soleil

4) On compare ce bilan global à notre base de données de bâtiments sur la France métropolitaine pour donner une note globale d'inconfort.

Note: le niveau d'inconfort est donné sans prendre en compte les protections solaires mobiles.



Puis on passe à la zone suivante...



En savoir plus sur notre méthodologie ? ➔ Voir les pages méthodologie en annexe du rapport

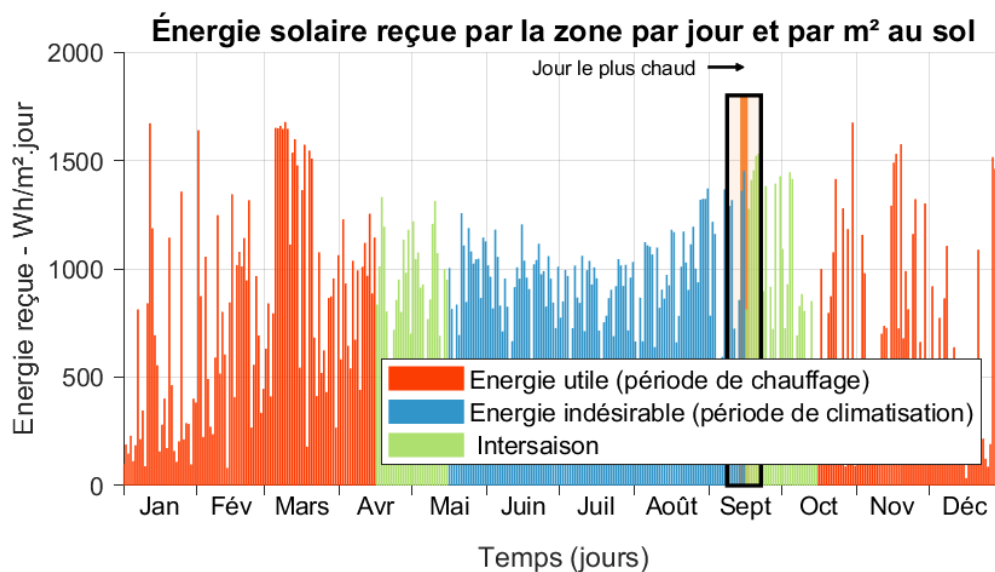
Étude de la période d'inconfort estival maximal pour la zone

(1) Salles de Classes sud-est

L'étude du confort pour cette zone commence par la recherche la plus chaude au cours de l'année, en se basant sur les scénarios météo du calcul réglementaire (scénarios météo RE2020-D). Les flux entrants permettent de définir le jour le plus chaud, auquel on applique en plus les températures les plus chaudes obtenues dans les jours alentours (voir méthodologie plus loin).

On calcule ensuite les contributeurs de chaleur, en excluant ventilation et éventuelle climatisation. Le calcul donne donc la quantité de chaleur maximale qui doit être sortie par l'aération/ventilation et la climatisation.

Entrées solaires au cours de l'année :



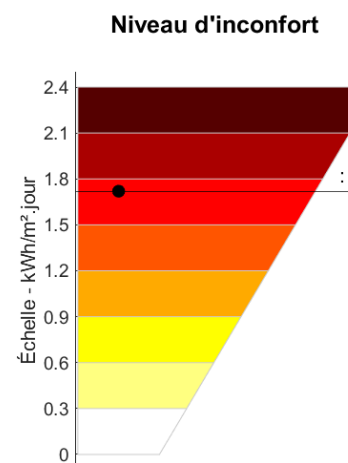
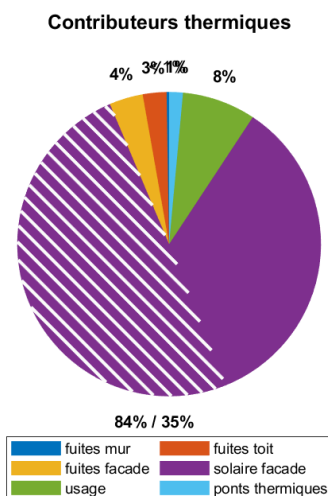
Répartition des apports en chaleur pour le jour le plus chaud :

15 septembre

La zone reçoit ce jour là au total : **+1.72 kWh/m².jour**

Le détail des entrées de chaleur lors du jour le plus chaud est précisé ci-dessous.

Le niveau d'inconfort est comparé aux bâtiments de nos bases de données.



Le niveau d'inconfort d'été est très important pour cette zone d'intérêt.

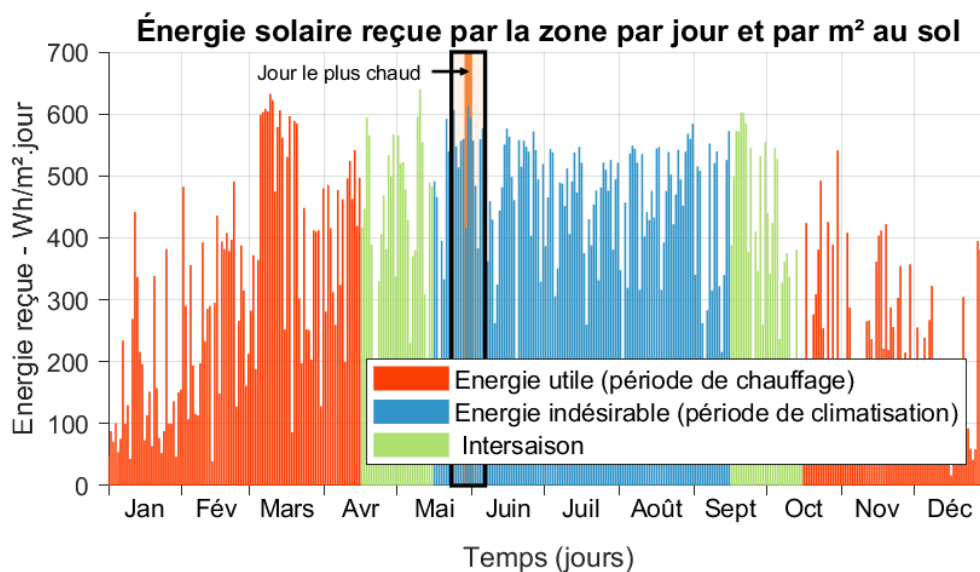
Étude de la période d'inconfort estival maximal pour la zone

(2) Bâtiment Sud

L'étude du confort pour cette zone commence par la recherche la plus chaude au cours de l'année, en se basant sur les scénarios météo du calcul réglementaire (scénarios météo RE2020-D). Les flux entrants permettent de définir le jour le plus chaud, auquel on applique en plus les températures les plus chaudes obtenues dans les jours alentours (voir méthodologie plus loin).

On calcule ensuite les contributeurs de chaleur, en excluant ventilation et éventuelle climatisation. Le calcul donne donc la quantité de chaleur maximale qui doit être sortie par l'aération/ventilation et la climatisation.

Entrées solaires au cours de l'année :



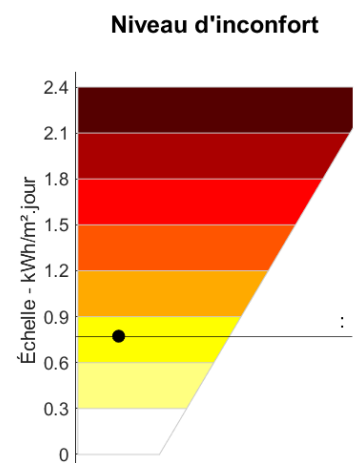
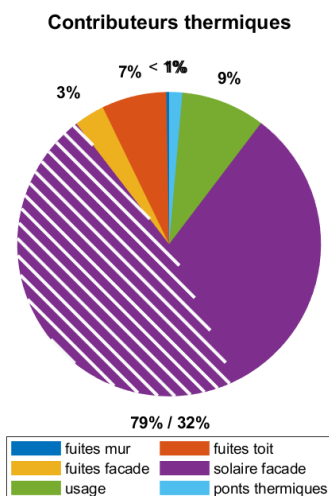
Répartition des apports en chaleur pour le jour le plus chaud :

30 mai

La zone reçoit ce jour là au total : **+0.77 kWh/m².jour**

Le détail des entrées de chaleur lors du jour le plus chaud est précisé ci-dessous.

Le niveau d'inconfort est comparé aux bâtiments de nos bases de données.



Le niveau d'inconfort d'été est faible pour cette zone prise dans son ensemble, ce qui n'exclut pas de l'inconfort localement au sein de la zone. Un inconfort généralisé, s'il est constaté, signifie probablement un dysfonctionnement d'une partie du système de ventilation

Interprétation des résultats

Rappel préliminaire:

Cette analyse est un diagnostic simplifié du confort d'été pour votre bâtiment. Les chiffres donnés dans ce document doivent être interprétés comme des valeurs indicatives, des ordres de grandeur. Les données d'entrée de cette analyse ont été rassemblées sur la base d'entretiens, avec une attention toute particulière sur les entrées solaires, et en utilisant des chiffres typiques pour les autres caractéristiques du bâtiment.

Le bâtiment étudié est récent (2009) et on estime qu'il est correctement isolé.

De plus les salles de classes sont caractérisées par de très grands vitrages toute hauteur, les surfaces vitrées couvrant une grande majorité des deux façades principales. Des avancées de toit significative a été prévue pour chaque façade ont été mises en place, mais ne suffisent pas à couper l'ensemble des flux, notamment l'indirect et le réfléchi.

De ce fait, la très grande majorité des entrées de chaleur sont dues aux entrées solaires, et en deuxième poste la chaleur dégagée par les occupants (enseignants et enfants).

Des protections solaires mobiles sont déjà en place. Même en considérant une utilisation de ces protections à 70% pendant la période estivale, les entrées solaires restent le poste principal en entrée de chaleur.

Le niveau de chaleur est très important pour les classes exposées au sud, mais reste modéré au niveau du bâtiment tout entier.

Heliosmose recommande de mieux protéger les espaces vitrés en remplaçant les vitrages clairs par des vitrages à contrôle solaire de dernière génération.

L'installation de brasseur d'air peut permettre d'abaisser de quelques degrés la température ressentie.

Enfin l'aération nocturne est recommandée pour rafraîchir la nuit en période de canicule, mais il semble qu'une aération naturelle ne sera pas suffisante pour les jours les plus chauds, et qu'il vaudra mieux favoriser des solutions motorisées.

Synthèse des solutions proposées de réduction d'inconfort d'été

Pour réduire votre inconfort estival, Heliosmose a analysé pour votre bâtiment différentes familles de solution *en alternative à la climatisation classique* et nous vous les présentons dans le tableau suivant par ordre de pertinence pour votre projet.

La combinaison de plusieurs solutions identifiées de types différents peut permettre d'améliorer au mieux votre confort.

Priorité	Solution proposée	Gain confort d'été	Coût	Gain sur Conso Annuelle (énergie finale)	Commentaire
#1	Ventilation	Plusieurs °C de température ressentie	€	N/A	Gain significatif sur le confort, quoi que ne rentrant pas dans le cadre de la méthode de calcul.
#2	Vitrage à Contrôle Solaire	47.7 %	€€	-35.5 kWh/m².an	Gain significatif en confort d'été, mais au prix d'une légère dégradation des apports d'hiver.
#3	Aération nocturne	Hors calcul		Sans impact	Gain significatif sur le confort, quoi que ne rentrant pas dans le cadre de la méthode de calcul.

Solution n°1	Ventilateur / déstratificateur d'air	Marques : KlassFan, Nordik
Description	Le ventilateur / Déstratificateur agit surtout sur la température ressentie. L'été ce dispositif va brasser l'air de la pièce et donner une sensation de fraîcheur. Ce dispositif fonctionne également l'hiver à très faible régime pour mélanger les couches les plus chaudes qui vont naturellement s'accumuler en haut de la pièce avec les couches d'air les plus froides. Ce dispositif a un effet réel sur le confort, mais étant donné qu'il travaille surtout sur le ressenti, il n'est pas facile de calculer un gain garanti ni en été ni en hiver.	
Ordre de prix – (Estimation fourni-posé - Prix rapporté à la surface au sol)		De l'ordre de 20 €/m ²

Gains de confort estival – (Calcul effectué sur la base des calculs proposés aux pages précédentes)

**Pas de gains sur les sources de chaleur analysées.
Mais un gain réel de confort via température ressentie.**

Gains énergétiques annuels	Gains possibles en mode déstratificateur pour les consommations de chauffage l'hiver (surtout intéressant pour les pièces/bâtiments avec forte hauteur sous plafond).		
	Le calcul des gains d'hiver pour cette technologie est hors-scope de cette étude.		

*Attention, les valeurs fournies (Energie Finale et pourcentage) sont approximatives, calculées par une méthode simplifiée.
Une évaluation réglementaire plus précise peut être nécessaire avant travaux.*

Solution n°2	Rénovation des fenêtres/façades avec Vitrages à Contrôle Solaire	Marques : Saint-Gobain, Riou Glass, AGC, Guardian
Description	Cette Rénovation se base sur l'utilisation de Vitrage à Contrôle Solaire de dernière génération (triple argent) permettant de réduire significativement les apports solaires en été. Un vitrage de type triple argent avec un facteur solaire de 28% est utilisé pour les calculs. Dans le cas de menuiseries récentes, le changement de vitrage peut se faire sans changement de menuiserie.	

Ordre de prix – (Estimation fourni-posé - Prix rapporté à la surface au sol)

De l'ordre de 80 €/m²

Gains de confort estival – (Calcul effectué sur la base des calculs proposés aux pages précédentes)

Gain sur la zone d'intérêt (ZI) pour le jour le plus chaud :



-48 %
sur le total des entrées de chaleur

-0.82 kWh/m².jour

Gain sur la zone Bâtiment Sud pour le jour le plus chaud :



-45 %
sur le total des entrées de chaleur

-0.35 kWh/m².jour

Gains énergétiques annuels	Perte due à l'absence de chauffage par entrées solaires hivernales	-35.50 kWh/m².an	(Energie finale)

Attention, les valeurs fournies (Energie Finale et pourcentage) sont approximatives, calculées par une méthode simplifiée.

Une évaluation réglementaire plus précise peut être nécessaire avant travaux.

Solution n°3	Aération nocturne (free-cooling)	Marques : DUCO, Kingspan	
Description	Le principe d'aérer un local lorsque la température extérieure devient plus fraîche est simple et bien connu. Sa mise en œuvre dans un bâtiment tertiaire peut s'avérer assez complexe et très dépendante de l'existant et des contraintes spécifiques du bâtiment. La solution proposée ici est basée sur des extracteurs d'air mécaniques, utilisés dès que la température extérieure devient suffisamment fraîche. Cette solution n'a pas d'impact sur les sources de chaleur estivales, mais permet de bien rafraîchir en début de journée.		
Ordre de prix – (Estimation fourni-posé - Prix rapporté à la surface au sol)			
Gains de confort estival – (Calcul effectué sur la base des calculs proposés aux pages précédentes)			
Besoin nocturne d'air frais (<20°C) pour la zone « Salles de Classes sud-est » pour le jour le plus chaud :		270 volumes / nuit Ce besoin de renouvellement est significatif et incompatible de solutions 100% passives	
Besoin nocturne d'air frais (<20°C) pour la zone Bâtiment Sud pour le jour le plus chaud :		120 volumes / nuit Ce besoin de renouvellement est significatif, notamment pour des épisodes caniculaires avec peu d'heures de fraîcheur	
Gains énergétiques annuels			(Energie finale)
Attention, les valeurs fournies (Energie Finale et pourcentage) sont approximatives, calculées par une méthode simplifiée. Une évaluation réglementaire plus précise peut être nécessaire avant travaux.			

Méthodologie de l'étude

Le présent rapport se base sur une analyse du confort d'été, développée par Heliosmose. Cette méthodologie d'analyse rapide repose sur une **description simplifiée** du bâtiment et une **analyse approfondie** de ses apports solaires. Celle-ci pourra être complétée par des analyses complémentaires plus approfondies, comme le calcul réglementaire RE2020 (calcul des degrés-heures notamment), ou via une STD, ces méthodes nécessitant une description complète du bâtiment.

La méthodologie repose sur le fait que les apports solaires constituent l'élément le plus important pour l'analyse du confort d'été. C'est donc cet élément qui est à la base du présent diagnostic.

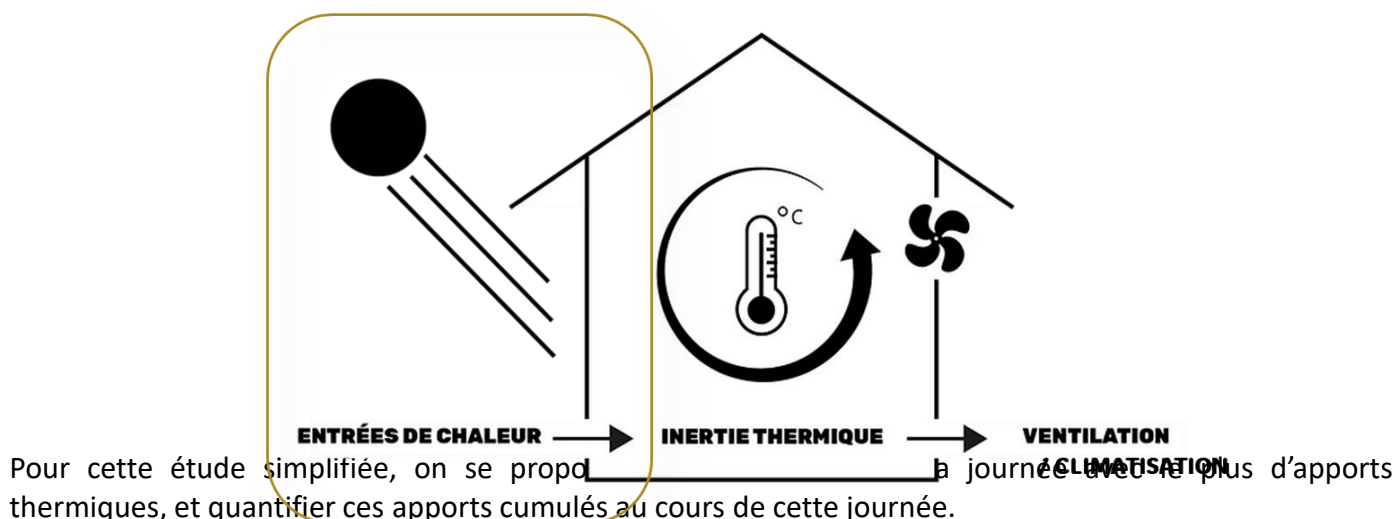
Principe du diagnostic confort d'été simplifié

Contexte: La température dans un bâtiment est le résultat d'un processus thermique complexe. Pour une zone donnée du bâtiment, il faut :

- 1) prendre en compte les apports et les pertes thermiques avec l'environnement,
- 2) prendre en compte les interventions actives et passives des appareils de Chauffage / Ventilation / Climatisation (CVC).
- 3) Enfin prendre des inerties thermiques présentes dans la zone pour convertir les puissances en températures.

Ces points sont interdépendants, la CVC régulant généralement la température sur la base des températures relevées dans le bâtiment.

Pour le diagnostic d'été, la présente méthode se focalise sur le premier point et se contente de recenser et quantifier les apports de chaleur dans le bâtiment au cours d'une journée chaude. Sans chercher à calculer les températures, on obtient cependant une information tout à fait pertinente pour lutter contre l'inconfort estival: Toute réduction des apports signifie autant d'effort en moins pour le système CVC pour maintenir au global sur la journée une température agréable dans la zone.



Méthodologie de l'étude

Pourquoi une analyse basée sur les apports solaires est pertinente pour le confort d'été ?

Les apports solaires sont doublement importants quand on s'intéresse au confort d'été. Tout d'abord, pour beaucoup de projets les apports solaires constituent l'un des plus gros postes d'apport de chaleur dans un bâtiment. Ce sont souvent eux qui sont responsables de la plus grande part de la montée en température des bâtiments, d'autant que les échanges de chaleur via les surfaces ont généralement plus faibles l'été que l'hiver. D'autre part, lorsque la température du bâtiment est élevée, les entrées solaires directes sont beaucoup plus difficiles à supporter pour les occupants. La moindre exposition à un rayonnement solaire devient alors excessivement gênante.

Etude des apports solaires

Chaque façade du bâtiment est caractérisée par son orientation, la géolocalisation du bâtiment, les masques lointains (immeubles, arbres) et les éléments d'architecture offrant une protection des surfaces vitrées (casquettes, brise-soleil, balcons). Cette caractérisation permet de définir le jour de flux incident maximum sur chaque façade, en se basant sur les scénarios d'ensoleillement de référence de la réglementation énergétique RE2020-BC pendant la période estivale. La façade la plus exposée permet de définir le jour le plus critique en termes de confort estival, et ce jour sert de référence pour ce projet pour le reste des études de confort estival.

Afin d'obtenir une analyse « pire-cas », on va chercher à cumuler le pire cas en apports solaires avec le pire-cas en température extérieur, en cherchant dans le scénario « canicule » (RE2020-D) la journée la plus chaude à proximité de la journée avec les apports maximums.

Simplifications pour une analyse rapide

Le diagnostic proposé se base sur quelques simplifications:

- Les consommations d'éclairage ne sont pas prises en compte. S'agissant du jour avec le maximum de flux sur la façade, on peut raisonnablement supposer que les temps d'éclairage et les consommations associées seront négligeables ce jour-là.
- En cas de présence de dispositifs de protection solaire extérieur (BSO, screen, volets), on évalue deux scénarios:
 - Non utilisation du système (panne / oubli, etc). En tant que pire-cas, c'est ce cas qui est utilisé comme référence ensuite dans l'étude des solutions.
 - Utilisation correcte à 70 % de ces systèmes, ce chiffre étant celui dans les analyses réglementaires.
- Les échanges par les parois et les menuiseries, sont prises en compte de façon simplifiée par nos outils d'Intelligence Artificielle, en se basant au minimum en prenant en compte des caractéristiques typiques relatives à l'âge et au type de bâtiment. Ces données simplifiées sont acceptables dans la mesure où ces échanges, proportionnels aux écarts de température interne-externe, sont en général beaucoup moins dimensionnants pour la thermique en période estivale qu'en période hivernale.

Méthodologie de l'étude

Il s'agit surtout d'avoir une idée approximative de la part de chaque composante. En revanche, on attire l'attention du lecteur sur les solutions proposées agissant sur ces échanges thermiques, car ils s'appliquent sur les composantes les moins consolidées de ce diagnostic. Il s'agira alors d'affiner la présente analyse en s'assurant des caractéristiques réelles des parois.

- La ventilation est exclue du calcul. La ventilation n'est pas du tout négligeable en période estivale, bien au contraire. Mais elle est en général largement dépendante des équipements de ventilation et du comportement des occupants qui vont chercher logiquement à ouvrir les fenêtres pour rafraîchir les pièces quand ils en ont la possibilité. Ces actions sont en général bénéfiques au confort, parfois à son détriment (lorsqu'une fenêtre reste ouverte alors que la température extérieure est déjà très haute). Il est en tout cas extrêmement difficile de définir cet aspect comportemental sur une analyse simplifiée, alors que les habitudes et les possibilités d'ouvertures ne sont pas connues, notamment la possibilité ou non d'ouvrir les fenêtres en période nocturne. Les équipements de ventilation « intelligents » demandent également une simulation détaillée pour être bien pris en compte. En excluant la ventilation de l'analyse, ce diagnostic consiste à évaluer les besoins de rafraîchissements nécessaires en période estivale pour l'ensemble ventilation / climatisation, incluant la ventilation naturelle. Lorsque les informations concernant le poste CVC (Chauffage- Ventilation-Climatisation) sont disponibles, les apports journaliers sont comparés aux capacités des équipements.
- Les hypothèses de température intérieures, températures extérieures, et autres paramètres de scénario pour les équipements commandables (stores commandés, etc.) sont conformes au calcul réglementaire ou à défaut aux règles habituelles des analyses thermiques.

L'ensemble des analyses de confort d'été sont basées sur le jour d'inconfort maximal, défini par le jour où le flux solaire reçu par la zone via l'ensemble des ouvertures est maximal. Ce jour ne correspondant pas toujours au jour le plus chaud, on applique les températures les plus chaudes du scénarios RE2020-BC correspondant dans les 30 jours autour du jour d'inconfort maximal. Ainsi, un scénario pire-cas est proposé pour cette analyse à la fois en termes de flux solaire et de température extérieure.

Solutions

Dans la deuxième partie du rapport, des solutions pour améliorer la situation sont évaluées.

Les méthodes de calcul pour cette évaluation des solutions de traitement sont exactement les mêmes que pour la partie diagnostic.

Pour les analyses d'économies d'énergie annuelles, les calculs sont basés sur les scénarios météo du calcul réglementaire (RE2020-BC). L'analyse se contente d'estimer le gain potentiel de la solution évaluée pour le bâtiment. Cette analyse simplifiée ne permet pas d'obtenir les critères RE2020 absolus pour le bâtiment, comme le C_{ep} ou C_{ep_nr} .

Méthodologie de l'étude

Calcul du gain en Consommation d'énergie finale (Objectif « décret tertiaire »)

En plus du calcul des contributeurs thermiques pour le jour le plus chaud, Heliosmose calcule le gain en énergie finale sur l'année pour la solution considérée. Ce calcul est approximatif, il donne un ordre de grandeur du gain qui peut être espéré pour cette solution dans le cadre des politiques de réduction de la consommation des bâtiments tertiaires (décret Eco Energie Tertiaire ou « décret tertiaire »).

Pour réaliser ce calcul, le scénario météo RE2020-BC pour la zone considérée est utilisé (scénario de rayonnement solaire et de température extérieure). Les apports solaires sont éventuellement recalculés (si la solution considérée modifie les apports solaires). On suppose que tous les apports en période hivernale (du 15 octobre au 15 avril) diminuent la consommation d'énergie finale et que tous les apports en période estivale (du 15 mai au 15 septembre) augmentent la consommation d'énergie finale. Dans ce second cas, c'est uniquement si le bâtiment est climatisé. Les périodes d'intersaison sont considérées comme neutres. Les fuites thermiques sont également calculées en prenant en compte les améliorations en isolation et avec l'hypothèse d'une température intérieure de 20°C en période hivernale et 25°C en période estivale, comme imposé dans la RE2020. La même simplification est utilisée pour compter les gains ou pénalités d'énergie finale.

Le mode de chauffage est utilisé pour convertir les apports d'énergie en énergie finale. 100% est utilisé pour les modes de chauffage autres que la Pompe à Chaleur. Pour les pompes à chaleur et pour les climatisations, les caractéristiques SCOP (Coefficient de Performances saisonnier) et SEER (Ratio d'efficacité énergétique saisonnière) permettent de convertir les gains d'énergie en Energie Finale.

Enfin le gain est comparé à l'objectif en valeur absolue du décret tertiaire (CVC + USAGE). L'objectif moyen de 107 kWh_{EF}/m².an est utilisé pour calculé le pourcentage.

Questions : La méthode proposée est-elle équivalente à la méthode des degré-heure ?

Non. Le calcul réglementaire évalue le confort thermique en calculant une pénalité en degrés-heures, c'est-à-dire la somme des heures où une température d'inconfort est dépassée multipliée à chaque heure par le nombre de degrés de dépassement. Cette méthode requiert une simulation heure par heure du comportement thermique du bâtiment, nécessitant un niveau de modélisation beaucoup plus élevé que la présente méthode. La présente méthode est plus simple et son objectif plus focalisé: il s'agit d'identifier les principaux contributeurs lors d'un jour typique de fort inconfort d'été, afin d'identifier des solutions de traitement.

Données utilisées pour l'étude

Paramètres généraux bâtiment

nom = Xxx

latitude = y; % (°)

longitude = z; % (°)

location = 'Xxxxx';

zone_meteo = 'H2c'; % Zone RT2012

zone_Tmax = 'VE4'; % Zone Tmax

ville_ref = 'Agen'; % Ville de référence sur les scénari RT2012

type_batiment = 'Bâtiment récent'; % Typologie du bâtiment

annee_construction = 2009;

annee_derniere_reno = 2023;

hauteur_etages = 3.0; % (m) Hauteur moyenne des étages

nbe_etages = 0; % Nombre total d'étages sur le bâtiment

Données utilisées pour l'étude

Paramètres Zone n°1

str_zone = 'Salles de Classes sud-est'; % Intitulé de la zone

longueur = 22; % (m) Longueur de la zone

largeur = 7.5; % (m) Largeur de la zone

surface = 130; % (m²) Surface de la zone

% Localisation de l'étage

loc_etage = 'Dernier étage'; % Localisation de l'étage au sein du bâtiment

num_etage = 0; % N° d'étage

hauteur_zone = 2.75; % (m) Hauteur finale à considérer selon l'étage (référence prise au niveau du sol)

nbe_etages_similaires = 1; % Nombre d'étages sur ce modèle

% Caractéristiques du toit

toit.type = 'Tuiles en brique'; % Type de toit

toit.azimut = 0; % (°) Orientation du toit

toit.pente = 0; % (°) Pente du toit

toit.type_isolant = 'Laine de verre'; % Type d'isolant

toit.epaisseur_isolant = 0.1; % (m) Epaisseur d'isolant

toit.albedo = 0.4; % (-) Albédo du toit

toit.emissivite = 0.8; % (-) Emissivité du toit

toit.R_int = 4.61; % (m².K/W) Résistance thermique du toit

toit.R_ext = 4.61; % (m².K/W) Résistance thermique du toit

% Caractéristiques d'occupation

occupation.duree = 5; % (h) Durée d'occupation par jour

occupation.N_adults = 4; % (-) Nombre d'adultes dans la pièce

occupation.N_children = 50; % (-) Nombre d'enfants dans la pièce

occupation.N_computers = 2; % (-) Nombre d'ordinateurs dans la pièce

occupation.P_autres_machines = 0; % (W) Puissance totale des autres machines

% Paramètres chauffage et clim

climatisation = 0; % Booléen pour la présence d'une climatisation

SCOP = 1; % COP moyenné sur la saison (Seasonal Coefficient of Performance)

SEER = 0; % EER moyenné sur la saison (Seasonal Energy Efficiency Ratio)

Données utilisées pour l'étude

Paramètres Zone n°1 - Façade n°1

azimuth = 201; % (°) Orientation de la façade associée
quadrant = 'SSO'; % (°) Orientation globale de la façade associée
longueur = 22; % Longueur de la portion de façade donnant vers l'extérieur
S_facade = 60.5; % (m²) Surface totale de la façade

ratio_surface_vitree = 0.9; % (-) Ratio de surface vitrée sur la surface totale
ratio_menuiserie = 0.2; % (-) Ratio de surface de menuiserie sur la surface vitrée

type_vitrages = 'Double vitrage à faible émissivité'; % Type de vitrages sur cette façade
g_vitrage = 0.65; % (-) Facteur solaire des vitrages
U_vitrage = 1.2; % (W/m².K) Transmission thermique Ug des vitrages
S_vitrage = 43.6; % (m²) Surface totale des vitrages

type_menuiserie = 'Menuiserie aluminium'; % Type de menuiseries
g_menuiserie = 0.04; % (-) Facteur solaire de la menuiserie
U_menuiserie = 2.2; % (W/m².K) Transmission thermique Uf de la menuiserie
S_menuiserie = 10.9; % (m²) Surface des menuiseries

murs.type = 'Murs en béton (armé ou banché)'; % Typologie des murs
murs.epaisseur = 0.2; % (m) Epaisseur des murs
murs.hauteur = 2.75; % (m) Hauteur des murs
murs.R_int = 2.92; % (m².K/W) Résistance thermique des murs (intérieur)
murs.R_ext = 0.0606; % (m².K/W) Résistance thermique des murs (extérieur)
murs.Psi = 1.2; % (W/m.K) Conductivité linéique

El_masqu = 0; % (°) L'élévation moyenne des éléments de masque de l'environnement (= elevation_masque)
opacite_obstacle = 0; % (-) Opacité de l'obstacle

Casquett = 0.57; % (-) Ratio longueur casquette horizontale / Hauteur des vitrages
decalage_casquett = 0; % (-) Ratio Décalage vertical au dessus du vitrage / Hauteur des vitrages
opacite_casquette_horizontale = 1; % (-) Opacité casquette horizontale

BS_V_ = 0.06; % (-) Ratio Profondeur casquette verticale de chaque côté / Largeur des vitrages
opacite_casquette_verticale = 0; % (-) Opacité casquette verticale

Données utilisées pour l'étude

Paramètres Zone n°1 - Façade n°2

azimuth = 111; % (°) Orientation de la façade associée
 quadrant = 'ESE'; % (°) Orientation globale de la façade associée
 longueur = 4; % Longueur de la portion de façade donnant vers l'extérieur
 S_facade = 11; % (m²) Surface totale de la façade

ratio_surface_vitree = 0.01; % (-) Ratio de surface vitrée sur la surface totale
 ratio_menuiserie = 0.2; % (-) Ratio de surface de menuiserie sur la surface vitrée

type_vitrages = 'Double vitrage standard'; % Type de vitrages sur cette façade
 g_vitrage = 0.75; % (-) Facteur solaire des vitrages
 U_vitrage = 1.6; % (W/m².K) Transmission thermique Ug des vitrages
 S_vitrage = 0.088; % (m²) Surface totale des vitrages

type_menuiserie = 'Menuiserie aluminium'; % Type de menuiseries
 g_menuiserie = 0.04; % (-) Facteur solaire de la menuiserie
 U_menuiserie = 2.2; % (W/m².K) Transmission thermique Uf de la menuiserie
 S_menuiserie = 0.022; % (m²) Surface des menuiseries

murs.type = 'Murs en béton (armé ou banché)'; % Typologie des murs
 murs.epaisseur = 0.2; % (m) Epaisseur des murs
 murs.hauteur = 2.75; % (m) Hauteur des murs
 murs.R_int = 2.92; % (m².K/W) Résistance thermique des murs (intérieur)
 murs.R_ext = 0.0606; % (m².K/W) Résistance thermique des murs (extérieur)
 murs.Psi = 1.2; % (W/m.K) Conductivité linéique

El_masqu = 0; % (°) L'élévation moyenne des éléments de masque de l'environnement (= elevation_masque)
 opacite_obstacle = 1; % (-) Opacité de l'obstacle

Casquett = 0; % (-) Ratio longueur casquette horizontale / Hauteur des vitrages
 decalage_casquett = 0; % (-) Ratio Décalage vertical au dessus du vitrage / Hauteur des vitrages
 opacite_casquette_horizontale = 1; % (-) Opacité casquette horizontale

BS_V = 0; % (-) Ratio Profondeur casquette verticale de chaque côté / Largeur des vitrages
 opacite_casquette_verticale = 1; % (-) Opacité casquette verticale

Données utilisées pour l'étude

Paramètres Zone n°2

str_zone = 'Bâtiment Sud'; % Intitulé de la zone

longueur = 47; % (m) Longueur de la zone

largeur = 20; % (m) Largeur de la zone

surface = 799; % (m²) Surface de la zone

% Localisation de l'étage

loc_etage = 'Dernier étage'; % Localisation de l'étage au sein du bâtiment

num_etage = NaN; % N° d'étage

hauteur_zone = 2.75; % (m) Hauteur finale à considérer selon l'étage (référence prise au niveau du sol)

nbe_etages_similaires = 1; % Nombre d'étages sur ce modèle

% Caractéristiques du toit

toit.type = 'Tuiles en brique'; % Type de toit

toit.azimut = 0; % (°) Orientation du toit

toit.pente = 0; % (°) Pente du toit

toit.type_isolant = 'Laine de verre'; % Type d'isolant

toit.epaisseur_isolant = 0.1; % (m) Epaisseur d'isolant

toit.albedo = 0.4; % (-) Albédo du toit

toit.emissivite = 0.8; % (-) Emissivité du toit

toit.R_int = 4.61; % (m².K/W) Résistance thermique du toit

toit.R_ext = 4.61; % (m².K/W) Résistance thermique du toit

% Caractéristiques d'occupation

occupation.duree = 5; % (h) Durée d'occupation par jour

occupation.N_adults = 11; % (-) Nombre d'adultes dans la pièce

occupation.N_children = 160; % (-) Nombre d'enfants dans la pièce

occupation.N_computers = 7; % (-) Nombre d'ordinateurs dans la pièce

occupation.P_autres_machines = 0; % (W) Puissance totale des autres machines

% Paramètres chauffage et clim

climatisation = 0; % Booléen pour la présence d'une climatisation

SCOP = 1; % COP moyenné sur la saison (Seasonal Coefficient of Performance)

SEER = 0; % EER moyenné sur la saison (Seasonal Energy Efficiency Ratio)

Données utilisées pour l'étude

Paramètres Zone n°2 - Façade n°1

azimuth = 201; % (°) Orientation de la façade associée
 quadrant = 'SSO'; % (°) Orientation globale de la façade associée
 longueur = 29; % Longueur de la portion de façade donnant vers l'extérieur
 S_facade = 79.8; % (m²) Surface totale de la façade

ratio_surface_vitree = 0.9; % (-) Ratio de surface vitrée sur la surface totale
 ratio_menuiserie = 0.2; % (-) Ratio de surface de menuiserie sur la surface vitrée

type_vitrages = 'Double vitrage à faible émissivité'; % Type de vitrages sur cette façade
 g_vitrage = 0.65; % (-) Facteur solaire des vitrages
 U_vitrage = 1.2; % (W/m².K) Transmission thermique Ug des vitrages
 S_vitrage = 57.4; % (m²) Surface totale des vitrages

type_menuiserie = 'Menuiserie aluminium'; % Type de menuiseries
 g_menuiserie = 0.04; % (-) Facteur solaire de la menuiserie
 U_menuiserie = 2.2; % (W/m².K) Transmission thermique Uf de la menuiserie
 S_menuiserie = 14.4; % (m²) Surface des menuiseries

murs.type = 'Murs en béton (armé ou banché)'; % Typologie des murs
 murs.epaisseur = 0.2; % (m) Epaisseur des murs
 murs.hauteur = 2.75; % (m) Hauteur des murs
 murs.R_int = 2.92; % (m².K/W) Résistance thermique des murs (intérieur)
 murs.R_ext = 0.0606; % (m².K/W) Résistance thermique des murs (extérieur)
 murs.Psi = 1.2; % (W/m.K) Conductivité linéique

El_masqu = 0; % (°) L'élévation moyenne des éléments de masque de l'environnement (= elevation_masque)
 opacite_obstacle = 1; % (-) Opacité de l'obstacle

Casquett = 0.57; % (-) Ratio longueur casquette horizontale / Hauteur des vitrages
 decalage_casquett = 0; % (-) Ratio Décalage vertical au dessus du vitrage / Hauteur des vitrages
 opacite_casquette_horizontale = 1; % (-) Opacité casquette horizontale

BS_V_ = 0.06; % (-) Ratio Profondeur casquette verticale de chaque côté / Largeur des vitrages
 opacite_casquette_verticale = 0; % (-) Opacité casquette verticale

Données utilisées pour l'étude

Paramètres Zone n°2 - Façade n°2

azimuth = 20.5; % (°) Orientation de la façade associée
quadrant = 'NNE'; % (°) Orientation globale de la façade associée
longueur = 47; % Longueur de la portion de façade donnant vers l'extérieur
S_facade = 129; % (m²) Surface totale de la façade

ratio_surface_vitree = 0.66; % (-) Ratio de surface vitrée sur la surface totale
ratio_menuiserie = 0.2; % (-) Ratio de surface de menuiserie sur la surface vitrée

type_vitrages = 'Double vitrage à faible émissivité'; % Type de vitrages sur cette façade
g_vitrage = 0.65; % (-) Facteur solaire des vitrages
U_vitrage = 1.2; % (W/m².K) Transmission thermique Ug des vitrages
S_vitrage = 68.2; % (m²) Surface totale des vitrages

type_menuiserie = 'Menuiserie aluminium'; % Type de menuiseries
g_menuiserie = 0.04; % (-) Facteur solaire de la menuiserie
U_menuiserie = 2.2; % (W/m².K) Transmission thermique Uf de la menuiserie
S_menuiserie = 17.1; % (m²) Surface des menuiseries

murs.type = 'Murs en béton (armé ou banché)'; % Typologie des murs
murs.epaisseur = 0.2; % (m) Epaisseur des murs
murs.hauteur = 2.75; % (m) Hauteur des murs
murs.R_int = 2.92; % (m².K/W) Résistance thermique des murs (intérieur)
murs.R_ext = 0.0606; % (m².K/W) Résistance thermique des murs (extérieur)
murs.Psi = 1.2; % (W/m.K) Conductivité linéique

El_masqu = 29.1; % (°) L'élévation moyenne des éléments de masque de l'environnement (= elevation_masque)
opacite_obstacle = 1; % (-) Opacité de l'obstacle

Casquett = 0.33; % (-) Ratio longueur casquette horizontale / Hauteur des vitrages
decalage_casquett = 0; % (-) Ratio Décalage vertical au dessus du vitrage / Hauteur des vitrages
opacite_casquette_horizontale = 1; % (-) Opacité casquette horizontale

BS_V_ = 0.06; % (-) Ratio Profondeur casquette verticale de chaque côté / Largeur des vitrages
opacite_casquette_verticale = 0; % (-) Opacité casquette verticale

Données utilisées pour l'étude

Paramètres Zone n°2 - Façade n°3

azimuth = 201; % (°) Orientation de la façade associée
 quadrant = 'SSO'; % (°) Orientation globale de la façade associée
 longueur = 18; % Longueur de la portion de façade donnant vers l'extérieur
 S_facade = 49.5; % (m²) Surface totale de la façade

ratio_surface_vitree = 0.9; % (-) Ratio de surface vitrée sur la surface totale
 ratio_menuiserie = 0.2; % (-) Ratio de surface de menuiserie sur la surface vitrée

type_vitrages = 'Double vitrage à faible émissivité'; % Type de vitrages sur cette façade
 g_vitrage = 0.65; % (-) Facteur solaire des vitrages
 U_vitrage = 1.2; % (W/m².K) Transmission thermique Ug des vitrages
 S_vitrage = 35.6; % (m²) Surface totale des vitrages

type_menuiserie = 'Menuiserie aluminium'; % Type de menuiseries
 g_menuiserie = 0.04; % (-) Facteur solaire de la menuiserie
 U_menuiserie = 2.2; % (W/m².K) Transmission thermique Uf de la menuiserie
 S_menuiserie = 8.91; % (m²) Surface des menuiseries

murs.type = 'Murs en béton (armé ou banché)'; % Typologie des murs
 murs.epaisseur = 0.2; % (m) Epaisseur des murs
 murs.hauteur = 2.75; % (m) Hauteur des murs
 murs.R_int = 2.92; % (m².K/W) Résistance thermique des murs (intérieur)
 murs.R_ext = 0.0606; % (m².K/W) Résistance thermique des murs (extérieur)
 murs.Psi = 1.2; % (W/m.K) Conductivité linéique

El_masqu = 27.9; % (°) L'élévation moyenne des éléments de masque de l'environnement (= elevation_masque)
 opacite_obstacle = 1; % (-) Opacité de l'obstacle

Casquett = 0.57; % (-) Ratio longueur casquette horizontale / Hauteur des vitrages
 decalage_casquett = 0; % (-) Ratio Décalage vertical au dessus du vitrage / Hauteur des vitrages
 opacite_casquette_horizontale = 1; % (-) Opacité casquette horizontale

BS_V_ = 0.09; % (-) Ratio Profondeur casquette verticale de chaque côté / Largeur des vitrages
 opacite_casquette_verticale = 0; % (-) Opacité casquette verticale

Données utilisées pour l'étude

Paramètres Zone n°2 - Façade n°4

azimuth = 111; % (°) Orientation de la façade associée
quadrant = 'ESE'; % (°) Orientation globale de la façade associée
longueur = 7.5; % Longueur de la portion de façade donnant vers l'extérieur
S_facade = 20.6; % (m²) Surface totale de la façade

ratio_surface_vitree = 0.01; % (-) Ratio de surface vitrée sur la surface totale
ratio_menuiserie = 0.2; % (-) Ratio de surface de menuiserie sur la surface vitrée

type_vitrages = 'Double vitrage standard'; % Type de vitrages sur cette façade
g_vitrage = 0.75; % (-) Facteur solaire des vitrages
U_vitrage = 1.6; % (W/m².K) Transmission thermique Ug des vitrages
S_vitrage = 0.165; % (m²) Surface totale des vitrages

type_menuiserie = 'Menuiserie aluminium'; % Type de menuiseries
g_menuiserie = 0.04; % (-) Facteur solaire de la menuiserie
U_menuiserie = 2.2; % (W/m².K) Transmission thermique Uf de la menuiserie
S_menuiserie = 0.0413; % (m²) Surface des menuiseries

murs.type = 'Murs en béton (armé ou banché)'; % Typologie des murs
murs.epaisseur = 0.2; % (m) Epaisseur des murs
murs.hauteur = 2.75; % (m) Hauteur des murs
murs.R_int = 2.92; % (m².K/W) Résistance thermique des murs (intérieur)
murs.R_ext = 0.0606; % (m².K/W) Résistance thermique des murs (extérieur)
murs.Psi = 1.2; % (W/m.K) Conductivité linéique

El_masqu = 0; % (°) L'élévation moyenne des éléments de masque de l'environnement (= elevation_masque)
opacite_obstacle = 1; % (-) Opacité de l'obstacle

Casquett = 0; % (-) Ratio longueur casquette horizontale / Hauteur des vitrages
decalage_casquett = 0; % (-) Ratio Décalage vertical au dessus du vitrage / Hauteur des vitrages
opacite_casquette_horizontale = 1; % (-) Opacité casquette horizontale

BS_V_ = 0; % (-) Ratio Profondeur casquette verticale de chaque côté / Largeur des vitrages
opacite_casquette_verticale = 1; % (-) Opacité casquette verticale