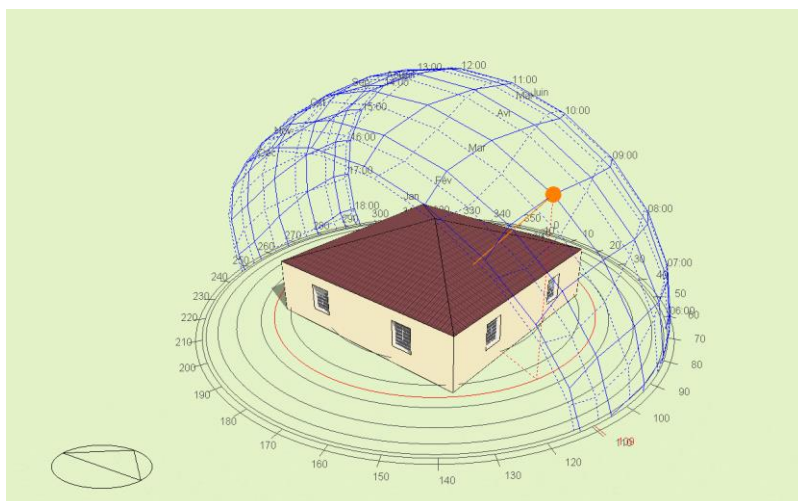




RéBAN

RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE DES BATIMENTS DE LOGEMENT INDIVIDUEL AUX ANTILLES



LOT 1 – Tâche 1.2 : Rapport sur les hypothèses de simulation du modèle « logement laboratoire »

21/05/2021

watt smart

Sommaire :

I. Rappel du contenu de la tâche 1.2	3
II. Synthèse des principales informations du cas de base.....	3
III. Paramétrage du logiciel	4
A. Terrain	4
B. Options du modèle.....	4
IV. Hypothèses.....	5
A. Données générales.....	5
B. Fichier météo	5
C. Terrain	6
D. Activité.....	6
E. Bâti	7
F. Ouvertures.....	8
G. Climatisation	9
V. Paramètres d'analyse	9

I. Rappel du contenu de la tâche 1.2

L'objectif de cette tâche est de réaliser une analyse des facteurs d'influence des caractéristiques du bâti sur les flux de chaleur, le confort thermique et le besoin de climatisation. Les facteurs d'influence sont constitués par tous les éléments extérieurs au périmètre de maîtrise du propriétaire d'un logement existant et qui influencent le confort ou le besoin de climatisation. L'idéal serait de pouvoir faire cette analyse sur tous les cas de maisons individuelles répandues aux Antilles mais cela nécessiterait de faire plusieurs millions de simulations pour représenter toutes les situations possibles (différents types de toiture, murs, orientation des fenêtres, ...). Le projet RéBAN prévoit de faire cette analyse sur un « logement laboratoire » simple correspondant à une maison standard d'un seul volume afin de faciliter les calculs. Sur cette dernière il sera facilement possible de faire varier tous les paramètres et d'observer l'impact sur l'aspect thermique. Cela permettra de tirer des enseignements généraux sur l'ordre d'importance des facteurs d'influence et leur impact sur le confort. Les principaux facteurs d'influence seront utilisés pour définir les logements types dans le lot 2 et acter les travaux-clés.

Cette analyse est réalisée grâce au logiciel de simulation thermique dynamique Designbuilder V6.

Le présent rapport constitue le recueil de toutes les hypothèses de simulation qui ont été faites sur le modèle du « logement laboratoire ».

II. Synthèse des principales informations du cas de base

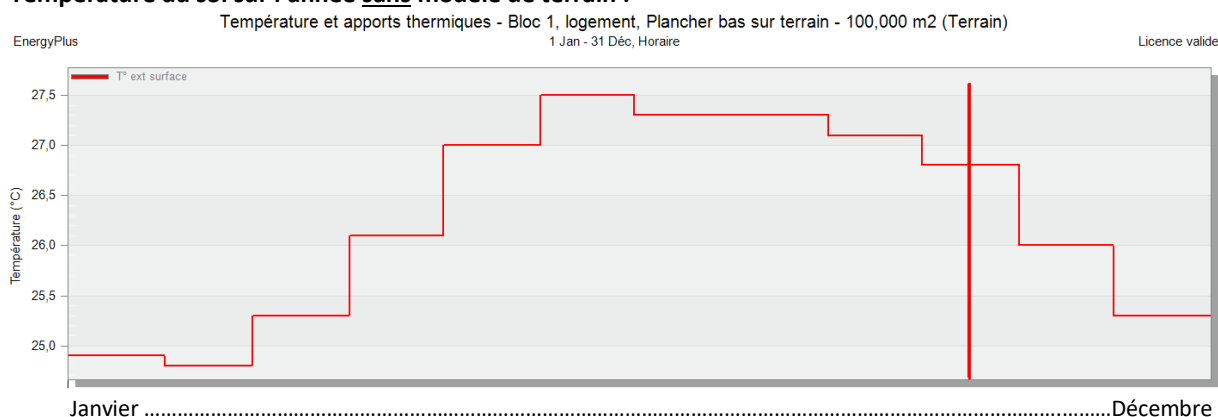
	En mode climatisé	En mode non-climatisé
Paramètre d'analyse	Besoin de climatisation en kWh/m ² .an pour une température d'air de consigne de 24°C	% du temps où la température opérative est supérieure à 30°C
Période d'analyse	Toutes les heures de l'année	
Apport internes (équipements et occupants)	Aucun	
Terrain	Albédo = 0,2 Paramètre d'évapotranspiration de la couverture de terrain = 0,4	
Infiltrations logement (renouvellement d'air)	1 vol/h (24h/24)	5 vol/h (24h/24)
Ouvertures	10% des façades Simple vitrage non réfléchissant 6mm	
Murs externes	Parpaing + Enduit extérieur couleur claire	
Toiture combles	Tôle non isolée couleur moyenne (faible rugosité et émissivité = 0,9)	
Plafond combles perdus	Plaque plâtre	
Plancher sur terrain	Dalle béton + carrelage	

III. Paramétrage du logiciel

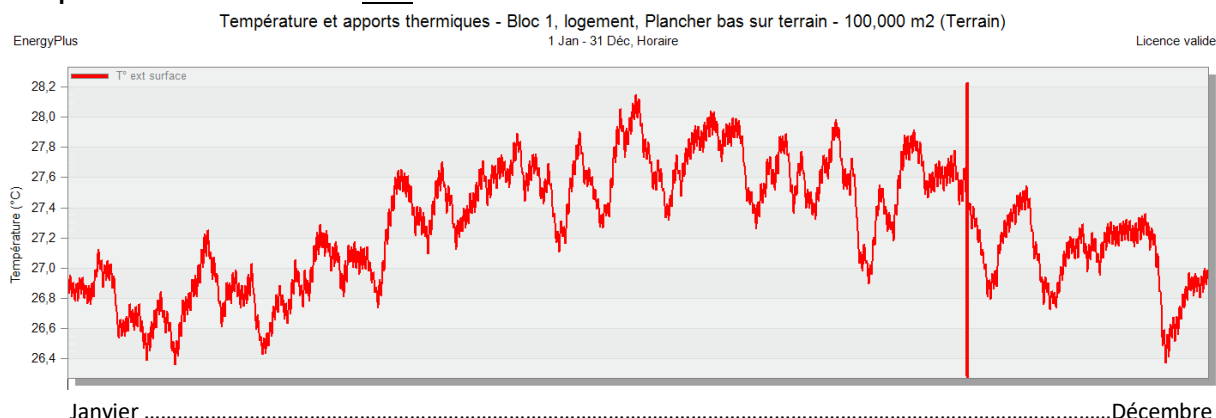
A. Terrain

Le choix d'inclure un domaine de terrain a été fait afin de modéliser au mieux les échanges de chaleur avec le sol. Sans modèle de terrain, la température du sol est considérée comme égale à la température moyenne mensuelle de l'air extérieur alors qu'avec un modèle de terrain celle-ci est calculée à chaque pas horaire afin de mieux prendre en compte les effets climatiques comme on peut le voir sur le 2^{ème} graphique ci-dessous.

Température du sol sur l'année sans modèle de terrain :



Température du sol sur l'année avec modèle de terrain :



B. Options du modèle

Récapitulatif des principales options :

Onglet	Champ	Sous-champ	Paramétrage
Données	Données d'apports	Données d'apports	Simplifiées
		Méthode de calcul d'occupation	Nombre de personnes
	CVC	CVC	Simple
		Méthode de dimensionnement	Adéquate
		Spécifier détails CVC	Coché
Simulation	Options de calcul	Température de contrôle	Température d'air
	Solaire	Calculs d'ombre, réflexions,...	Tout coché
		Distribution solaire	Extérieur complet
		Intervalle de recalcul d'ombrages	5
	Avancé	Algorithme convection extérieur	DOE-2

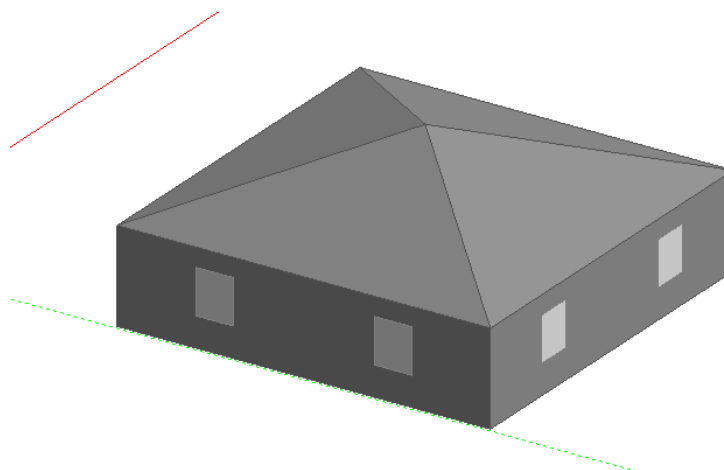
Pour la climatisation, le choix a été fait de calculer le besoin de climatisation **en considérant que la température de consigne est la température d'air** et non pas la température opérative. En effet la climatisation étant principalement utilisée la nuit dans la chambre, l'utilisateur ne modifie généralement pas la consigne en fonction de la température de rayonnement des parois comme on peut le voir dans des bâtiments de bureaux en journée.

Par ailleurs, pour cette tâche sur le logement laboratoire, on considère que l'équipement de climatisation est dimensionné pour répondre à chaque instant au besoin de froid. Il n'est pas limité par la puissance installée. En effet, ce choix a été fait pour ne pas complexifier l'analyse des facteurs d'influence. Pour les simulations sur les logements type, cette hypothèse sera probablement modifiée.

IV. Hypothèses

Les hypothèses présentées ci-dessous sont les paramètres du modèle de base du « logement laboratoire ». Certains d'entre eux sont susceptibles d'être modifiés lors de l'analyse des facteurs d'influence (composition des parois, type de toiture,...) mais chaque variante sera réalisée à partir de ce modèle de base.

A. Données générales



Le modèle est composé d'une seule zone thermique de 100 m² (10mx10m) avec une hauteur sous plafond de 2,5m. La pente de toiture est de 20°.

B. Fichier météo

Champ	Sous-champ	Paramétrage	Commentaires
Localisation du site	Latitude (°)	14,6	
	Longitude (°)	-61,0	
Détails du site	Altitude (m)	7	Paramètre par défaut
	Exposition au vent	Normal	Paramètre par défaut
	Utiliser variation de hauteur du site	Oui	Paramètre par défaut
	Terrain albédo (facteur réflexion)	0,2	Sol nu
Données météo simulation	Données météo horaires	MTQ_FORT-DE-France_IWEC	
	Utiliser indicateurs neige et pluie	décoché	

Le fichier météo de base de Designbuilder pour la Martinique contient des données sur le rayonnement infrarouge du ciel qui semblent trop favorables par rapport à la réalité, impliquant un rafraîchissement nocturne surévalué (température dans des combles non isolées inférieure de 2°C par rapport à l'air extérieur certains jours). On suppose que ces données sont issues d'observations satellites et non de mesures réalisées

en local car, à notre connaissance, les stations Météo France ne sont pas équipées de ce type d'appareils de mesure. Nous proposons donc d'appliquer une autre méthode pour calculer le rayonnement infrarouge du ciel à partir de la température de rosée et de la couverture nuageuse : (source : Energyplus Engineering reference)

$$IR_H = \epsilon_{sky} \cdot \sigma \cdot T_{db}^4$$

ϵ_{sky} = sky emissivity

T_{db} = drybulb temperature, K

σ = Stefan-Boltzmann constant = $5.6697 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4)$

$$Sky_{emissivity} = \left(.787 + .764 \cdot \ln \left(\frac{Temperature_{dewpoint}}{273.} \right) \right) \cdot (1. + .0224N - .0035N^2 + .00028N^3)$$

N = opaque sky cover, in tenths.

La température de rosée du fichier météo est issue de données de mesures en local, ce qui donne une plus grande confiance dans le résultat. En revanche les données de couverture nuageuse horaires n'existent pas. Nous proposons de fixer un N moyen à 8 sur 10 toute l'année, ce qui correspond à une couverture nuageuse assez dense, ce qui limite le phénomène de rayonnement infrarouge et place volontairement le modèle dans les conditions défavorables. Avec cette méthode le rafraîchissement nocturne est moins surévalué (température dans des combles non isolées inférieure au maximum d'environ 1°C par rapport à l'air extérieur).

C. Terrain

Champ	Sous-champ	Paramétrage	Commentaires
Domaine de terrain	Profondeur du domaine (m)	10	Paramètre par défaut
	Ratio d'aspect	1	Paramètre par défaut
	Décalage du périmètre (m)	5	Paramètre par défaut
	Paramètre d'évapotranspiration de la couverture de terrain	0,4	Paramètre par défaut De 0 = imperméable à 1,5 = végétation à l'état sauvage (impact important sur le rafraîchissement du sol)
	Emplacement dalle	Sur niveau du sol	
	Matériau sol	Terre classique	Conductivité 1,28 W/m.K, Chaleur spécifique 880 J/kg.K, Densité 1460 kg/m3
	Fraction volumique (humidité)	30%	Paramètre par défaut
	Fraction volumique à saturation	50%	Paramètre par défaut
	Type de T° terrain non perturbé	Différence finie	Paramètre par défaut

D. Activité

Champ	Sous-champ	Paramétrage	Commentaires
Occupation	Nombre d'occupants	0	On considère aucun occupant pour le logement laboratoire afin de simplifier le modèle
Contrôle d'ambiance	T°C consigne climatisation	24	On choisit la T° d'air plutôt que T° opérative notamment pour la clim la nuit car c'est l'utilisation standard et la nuit on contrôle plutôt la T°C d'air que la T°opérative (à la diff des bureaux par ex).
	T°C limite haute climatisation	45	T° de consigne en dehors des périodes d'occupation. 45°C permet de ne jamais déclencher la clim en dehors des périodes d'occupation
	Contrôle de la T° par ventilation naturelle	décoché	
Apports internes (équipements)	W/m²	0	Pas d'apports pour simplifier le modèle de base

E. Bâti

Parois	Composition	Epaisseurs (cm)	Résistance thermique globale ($m^2.K/W$) inclus Rse et Rsi	Couleur extérieure
Murs externes	Parpaing Enduit extérieur	20 0,5	0,567	Claire ($\alpha=0,4$)
Toiture combles	Tôle non isolée	1	0,14	Moyenne ($\alpha=0,6$)
Plafond combles perdus	Plaque plâtre	1,3	0,17	sans objet
Plancher sur terrain	Carrelage Dalle béton	1 15	0,4	sans objet

L'émissivité de la toiture tôle jouant un rôle important dans l'échange thermique lié au rayonnement infrarouge vers le ciel la nuit, il est important que l'émissivité de la tôle ait été fixée à 0,9. En effet, plusieurs sources semblent montrer que malgré une émissivité faible de l'acier brut (0,12), à partir du moment où il possède un revêtement (peinture + anticorrosif), quelque soit la couleur, l'émissivité se situe autour de 0,9. Par ailleurs, l'indice de rugosité de la surface extérieure jouant également un rôle dans le calcul du coefficient convectif extérieur et donc sur le rafraîchissement lié au vent, celui-ci a été fixé à « très lisse » pour la tôle de toiture alors que le paramètre par défaut est généralement « rugueux ».

Infiltrations	En mode climatisé	En mode non climatisé
Infiltrations logement (vol/h)	1	5
Planning	24h/24	24h/24
Infiltrations combles (vol/h)	1	1
Planning	24h/24	24h/24

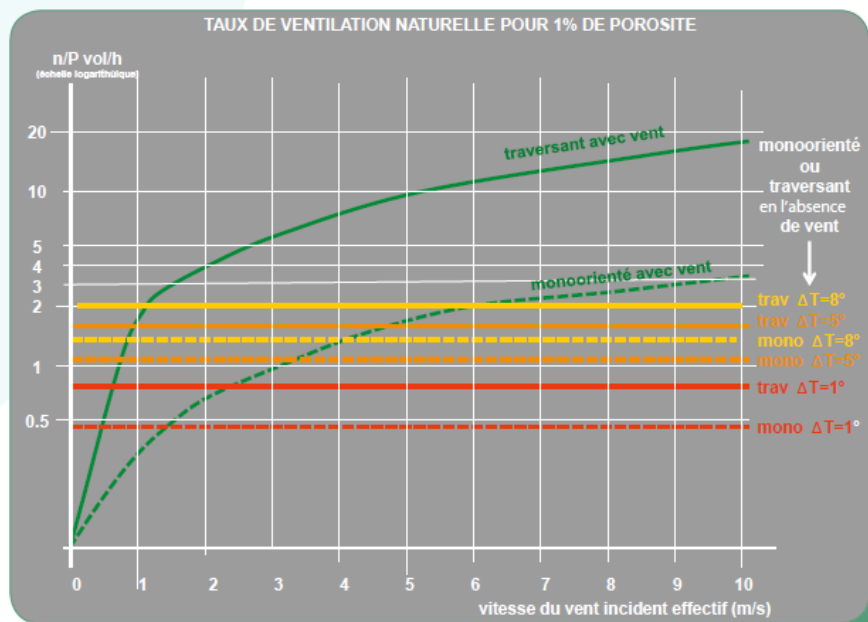
Pour simplifier l'analyse, les infiltrations sont la seule source de renouvellement d'air du logement. Aucune ventilation mécanique n'est active.

En mode climatisé, la valeur de 1 vol/h correspond à la valeur utilisée en métropole pour la perméabilité à l'air des bâtiments résidentiels existants avec des fenêtres à vitrage plein sans joints (Méthode ThCex 2008 : 2,5 m³/h.m² sous 4 Pa qui équivaut à 1 vol/h pour une zone de 100m² avec une hauteur sous plafond de 2,5m).

En mode non-climatisé, on considère que le renouvellement d'air est plus important qu'en mode climatisé car certaines fenêtres sont en position ouverte. Cependant nous avons choisi dans le cas de base de considérer le cas défavorable d'une mauvaise gestion des ouvertures par les utilisateurs qui ne permet pas d'avoir une ventilation traversante dans le logement (régulièrement observé sur le terrain).

Le graphique suivant permet de faire un calcul simplifié du taux de renouvellement d'air en ventilation naturelle. Pour une zone sans ventilation traversante (mono-orienté), avec un vent incident moyen de 3 m/s, le renouvellement d'air est de 1 vol/h pour 1% de porosité. Dans notre cas de base nous sommes à 5% de porosité, c'est pourquoi on considère un renouvellement de 5 vol/h (5 x 1 vol/h).

Calcul simplifié du taux de renouvellement d'air en ventilation naturelle



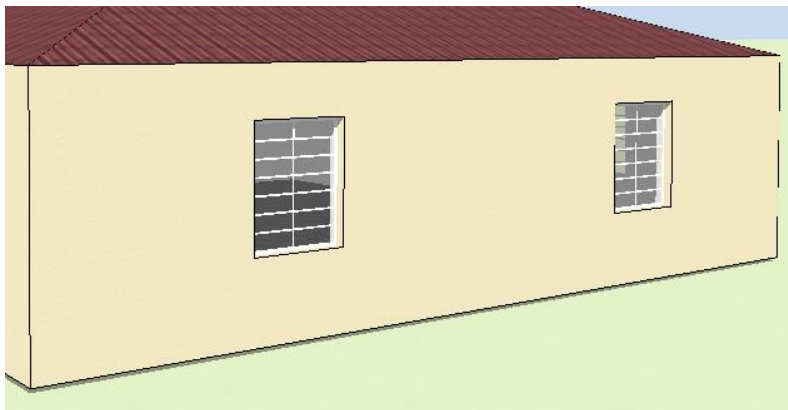
Source : TRIBU d'après British Standards

Source : guide Bio-Tech « Confort d'été passif » de l'ICEB

*Porosité = rapport entre surface libre pour entrée et sortie d'air et la surface du local

F. Ouvertures

Sur le modèle de base, 2 ouvertures ont été créées sur chaque façade, représentant 10% de la surface de façade.



Champ	Sous-champ	Paramétrage
Fenêtres externes	Type de vitrage	Simple vitrage (6mm)
	Dimensions Type	Hauteur fixée
	% fenêtre sur mur	10%
	Hauteur fenêtre (m)	1,2
	Trame de création fenêtres (m)	4
	Hauteur allège (m)	0,8
	Distance vitrage/bord ext mur (m)	0,1
	Largeur cadre (m)	0,04
	Type de diviseurs	1-Divisé
	Largeur diviseur (m)	0,02

	Diviseurs horizontaux	6
	Diviseurs verticaux	1
Protection solaire	Protection dans l'axe de la fenêtre	aucune
	Protection architecturale	aucune

G. Climatisation

Pour l'analyse des facteurs d'influence sur la consommation de climatisation, nous avons choisi de considérer une utilisation de la climatisation 24h/24 (le jour et la nuit) pour se placer dans le cas le plus défavorable.

Au-delà de la consigne de température d'air fixée à 24°C, la température minimum d'air soufflé au niveau de la batterie froide a été fixée à 14°C, soit 10°C en dessous de la température de consigne. Cela a un impact important notamment sur la charge latente de climatisation (condensation de l'humidité de l'air sur la batterie froide).

V. Paramètres d'analyse

Pour évaluer les facteurs d'influence les paramètres d'analyse seront :

- **En mode climatisé** : le besoin de climatisation en kWhf/m².an
- **En mode non-climatisé** : le pourcentage du temps de l'année où la température opérative est supérieure à 30°C

Pour le mode non-climatisé, le choix du critère ci-dessus a été fait pour simplifier l'analyse car l'utilisation du diagramme de Givoni pour chaque variante n'aurait pas été possible. En effet le logiciel ne calcule pas directement le pourcentage du temps de l'année dans une zone de confort, ce qui nécessiterait de faire un traitement excel supplémentaire pour chaque variante. Par ailleurs notre expérience nous montre que les limites des zones de confort du diagramme de Givoni ne sont pas forcément adaptées au climat tropical antillais.

En revanche il nous paraît pertinent d'utiliser la température opérative pour mieux prendre en compte la température de rayonnement des parois, phénomène important aux Antilles. Le choix de la limite à 30°C nous paraît adapté car on peut considérer qu'au-delà de cette température, l'occupant est vraiment en inconfort.

Par ailleurs, le confort est analysé à chaque heure de l'année (jour et nuit) et non pas uniquement à certaines heures de présence.