



HAL
open science

Analyse du cas **TEELOCK ASSOCIATES** à l'aide de **CODYRUN**

Harry Boyer, Thierry A. Mara, François Garde, Laetitia Adelar

► **To cite this version:**

Harry Boyer, Thierry A. Mara, François Garde, Laetitia Adelar. Analyse du cas **TEELOCK ASSOCIATES** à l'aide de **CODYRUN**. 2001. hal-00783342

HAL Id: hal-00783342

<https://hal.science/hal-00783342>

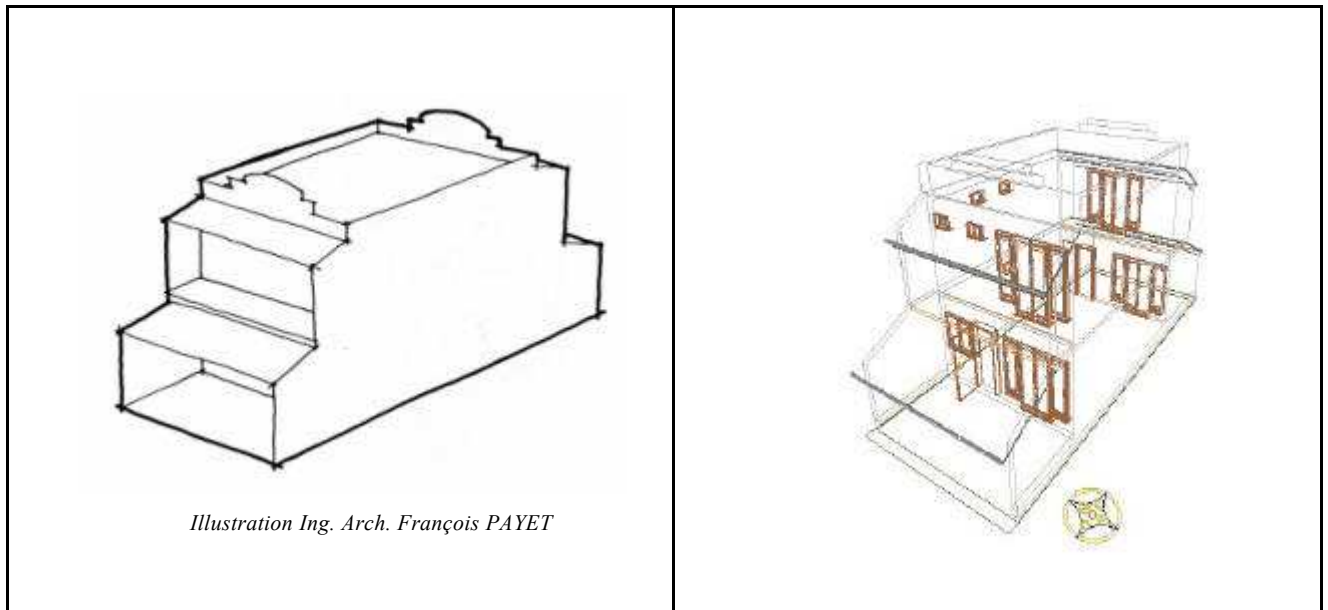
Submitted on 1 Feb 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université de La Réunion

Analyse du cas **TEELOCK ASSOCIATES** à l'aide de **CODYRUN**



MRC (Mauritius Research Council)
La Maison de Carné, Royal Road,
Rose Hill, Mauritius

Harry BOYER
Thierry MARA, François GARDE, Laetitia ADELARD
Laboratoire de Génie Industriel, Equipe Génie Civil Thermique de l'Habitat
harry.boyer@univ-reunion.fr

Juillet 2001

Introduction

Après des avancées purement motivées par des préoccupations énergétiques, un moteur important de la qualité thermique du secteur de la construction est celui de l'environnement. A la réduction des pollutions liées à des dépenses énergétiques moindres, une notion de qualité des ambiances intérieures (*IAQ, Indoor Air Quality*) émerge, faisant référence à des aspect liés à la conception thermique de l'enveloppe des espaces bâtis - dans lesquels nous passons environ 80 % de notre temps - mais aussi à des notions de prise en compte des polluants, de perception de l'environnement (*SBS, Sick Building Syndrome*) et de confort multi-critère (thermique, olfactif, visuel, ...).

L'Université de La Réunion est associée à un vaste programme d'amélioration du confort thermique et des performances énergétiques dans les bâtiments résidentiels et tertiaires dans les Départements d'Outre Mer. En effet, notre caractère insulaire et les moyens de production accroissent en particulier la nécessité de faire face au développement anarchique de la climatisation en protégeant l'habitat et en l'adaptant au climat local.

A l'île Maurice, dans le cadre d'un concours architectural visant à améliorer les qualités des logements sociaux, l'équipe Génie Civil Thermique de l'Habitat (GCTH) de l'Université de La Réunion a été mandatée pour intervenir au niveau de l'aspect thermique du projet. L'objet de cette étude est d'analyser thermiquement ce cas, dans un premier temps à l'aide de simulations utilisant un code de calcul entièrement développé à l'Université de La Réunion, *CODYRUN*. Différentes variantes de ces logements sont testées. L'objectif était d'évaluer et de comparer la pertinence thermique des choix des matériaux (en particulier des parpaings) et de proposer certaines améliorations. Dans un second temps, c'est à l'aide des prescriptions du label *ECODOM* qu'est analysé ce projet.

En première partie, les supports de cette étude, le code de simulation thermo-aéraulique utilisé, le cas d'étude traité, sa modélisation et des éléments de choix de séquence météorologiques seront présentés. La seconde partie s'attache à caractériser les sollicitations du bâtiment (en particulier radiatives) avant l'analyse des réponses thermiques qui feront l'objet du troisième chapitre. Des éléments spécifiques concerneront la ventilation. Enfin, la présentation du label de conception climatique *ECODOM* et des prescription associées termineront ce mémoire. Elles s'accompagnent de l'analyse du cas *TEELOCK ASSOCIATES* au travers du criblage de ce label.

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DES SUPPORTS 6

1.1 PRESENTATION DU LOGICIEL DE SIMULATION : CODYRUN	7
1.1.1 A QUI SE DESTINE CODYRUN ?.....	7
1.1.2 LE CAHIER DES CHARGES ET LES FONCTIONNALITES DU LOGICIEL.....	7
1.1.3 L'ARCHITECTURE DE CODYRUN	8
1.1.4 LA DESCRIPTION HIERARCHIQUE DU BATIMENT.....	8
1.2 DESCRIPTION DU LOGEMENT TEELock	9
1.2.1 MODELISATION HIERARCHIQUE DU BATIMENT SOUS CODYRUN	10
1.2.2 EXEMPLE DE DESCRIPTION DETAILLEE D'UNE DES INTER AMBIANCES : IR3	6
1.3 LES DONNEES CLIMATIQUES.....	9
1.3.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	9
1.3.2 LE CLIMAT MAURICIEN	9
1.3.3 CHOIX DU FICHIER METEOROLOGIQUE ET D'UNE JOURNEE TYPE	11

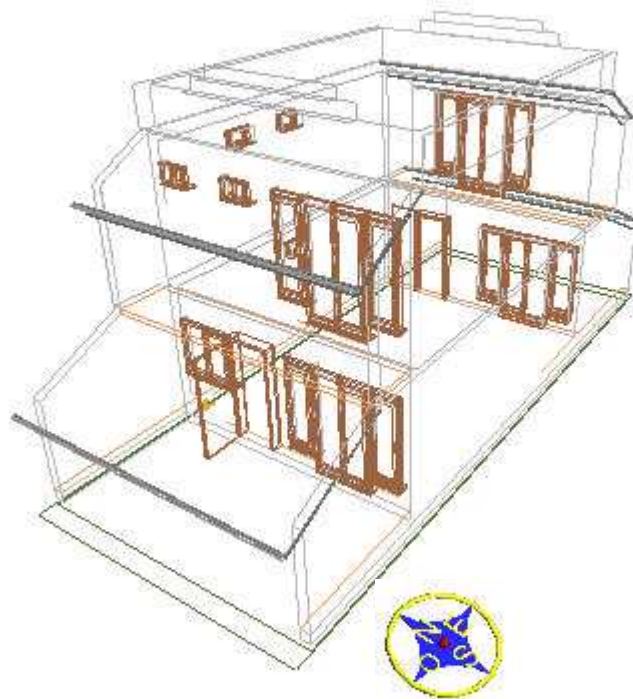
CHAPITRE 2 : SOLLICITATIONS ET SIMULATIONS THERMIQUES SUR UN BATIMENT EN BETON LOURD 16

2.1 BATIMENT EST/OUEST.....	17
2.1.1 EFFICACITE DES MASQUES.....	17
2.1.2 REPARTITION DE LA DENSITE DU RAYONNEMENT SOLAIRE SUR LES PAROIS	20
2.2 BATIMENT NORD/SUD	22
2.2.1 ANALYSE SOLLICITATIONS TRANSMISES PAR LES VITRAGES	23
2.2.2 ETUDE DES TEMPERATURES.....	24

CHAPITRE 3 : SIMULATIONS SUR BATIMENTS A BASE DE PARPAINGS..... 25

3.1 PRESENTATION DES DEUX TYPES DE LOGEMENTS	26
3.1.1 BATIMENT TRADITIONNEL	26
3.1.2 BATIMENT « SCPR »	26
3.2 COMPARAISON DES REPONSES EN TEMPERATURE DES BATIMENTS	27
3.2.1 COMPARAISON BATIMENT SCPR :DUO/INDIVIDUEL.....	27
3.2.2 SCPR/TRADITIONNEL	28
3.2.3 COMPARAISON BETON LOURD/BLOCS SCPR.....	29
3.3. INFLUENCE DE LA COULEUR ET DE L'ENDUIT	30
3.4. INFLUENCE DE LA COULEUR DES PAROIS	32
3.5 ISOLATION DU TOIT.....	32
3.6 VENTILATION NATURELLE	34
3.7 ANALYSE COMPARATIVE DU CONFORT	37
3.7.1 INDICES DE CONFORT.....	37
3.8 INFLUENCE DE LA VENTILATION DES HOURDIS	41

3.8.1 MODELISATION DU CAS.....	42
3.8.2 RESULTATS DES SIMULATIONS	42
CHAPITRE 4 : ANALYSE DE LA CONFORMITE ECODOM.....	46
4.1 INTRODUCTION	47
4.2 LE DOCUMENT DE REFERENCE ECODOM.....	47
4.3 ANALYSE D'UN LOGEMENT DU PROJET TEELock ASSOCIATES	48
4.3.1 L'ENVIRONNEMENT DU BATIMENT	48
4.3.2 PROTECTION SOLAIRE DE LA TOITURE	49
4.3.3 TOITURE AVEC COMBLES FORTEMENT VENTILES OU SURTOITURES	50
4.3.4 METHODE DU FACTEUR DE TRANSMISSION SOLAIRE F.T.S.	50
4.3.5 LE CAS DE LA TOITURE TEELock.....	51
4.4 PROTECTION SOLAIRE DES BAIES VITREES	51
4.5 PROTECTION SOLAIRE DES MURS	52
4.6 VENTILATION NATURELLE	52
4.6.1 IMPLANTATION ET DIMENSIONNEMENT DES OUVRANTS EXTERIEURS	53
4.6.2 AGENCEMENT INTERIEUR.....	53
4.6.3 BRASSEURS D'AIR	54
4.6.4 PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE.....	54
4.6.5 CHAUFFE-EAU SOLAIRE :.....	55
4.6.7 CHAUFFE-EAU ELECTRIQUE INDIVIDUEL	55
4.7.8 CHAUFFE-EAU AU GAZ.....	55
4.7 SYNTHESE.....	56
CONCLUSION.....	58



Chapitre 1 : Présentation des supports

1.1 Présentation du logiciel de simulation : CODYRUN

1.1.1 A qui se destine CODYRUN ?

CODYRUN est un logiciel de simulation numérique de comportement thermique du bâtiment au fil du temps. Ce logiciel propose deux aspects, l'un du type recherche et l'autre propose une aide à la conception. CODYRUN peut donc être utilisé différemment selon les objectifs de simulation des utilisateurs. Il s'agit d'un outil destiné aux chercheurs travaillant à la compréhension des phénomènes physiques et au développement de modèles de plus en plus efficaces pour les concepteurs de bâtiments ou les architectes. Appliqué en conception, ce type d'outil permet alors de s'assurer ainsi de la cohérence et de la validité des choix architecturaux, en régime dynamique (c'est à dire en tenant compte de la variabilité dans le temps des sollicitations), en tenant compte des divers phénomènes (modes de transfert de chaleur, aéraulique, ...). Ces fonctionnalités seront exploitées au cours de la présente étude.

1.1.2 Le cahier des charges et les fonctionnalités du logiciel

L'idée initiale (1990) était de concevoir un outil qui traitait des transferts thermiques et aérauliques dans les bâtiments. Le cahier des charges présente plusieurs volets différents cohabitant dans le même outil.

le multi-modèle

Ce caractère permet d'affiner les différents résultats. C'est-à-dire que pour chacun des phénomènes de transferts thermiques (conduction, convection et rayonnement) et aérauliques plusieurs modèles sont proposés. De plus, pour pouvoir appliquer ce logiciel à différents types de climats, plusieurs modèles de reconstitution de paramètres météorologiques sont disponibles.

Le multi-zonage

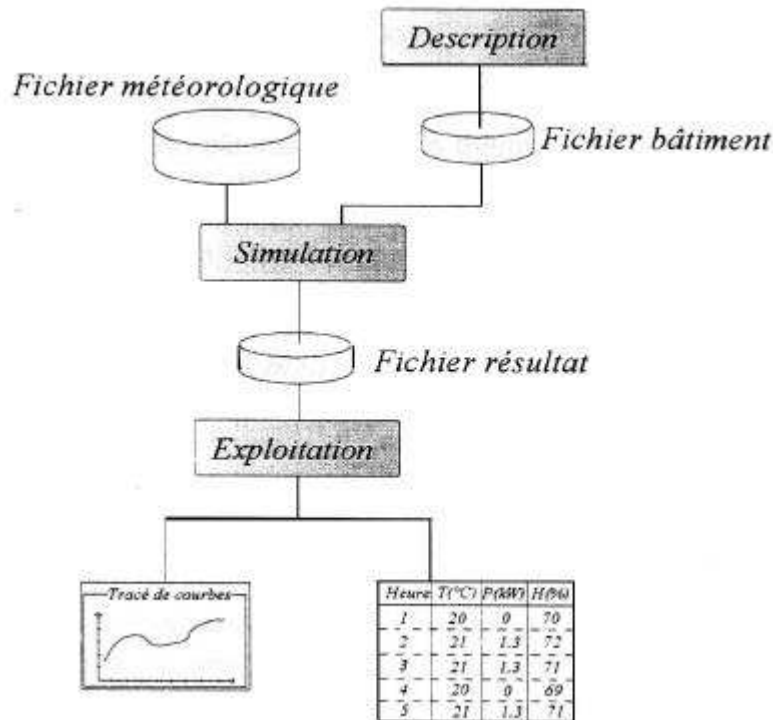
C'est le second aspect de ce logiciel. Le bâtiment étudié pourra être décomposé en pièces ou groupe de pièces formant les zones thermiques, zones qui se différencient par leur comportement thermique (exposition, des conditions de programmation des systèmes de traitement d'air, sollicitations particulières, ...)

En ce qui concerne la partie thermique, le logiciel utilise une méthode de calcul basée sur l'analogie électrique des phénomènes thermiques. Aspect important pour nos climats, ce modèle intègre le calcul des débits aérauliques (en tenant compte des effets du vent et du tirage thermique). A la différence de beaucoup de codes du même type, il permet d'apporter des éléments de réponse quantifiés (débits d'air au travers de ouvertures, taux de renouvellement d'air, ...) lorsque le bâtiment est ouvert sur l'extérieur.

1.1.3 L'architecture de CODYRUN

CODYRUN se décompose en trois modules principaux dont un synoptique est donné ci dessous.

1. La description du bâtiment étudié
2. La simulation qui fournit un fichier des résultats
3. L'exploitation de ce fichier avec éditions de tableaux et/ou de courbes.



1.1.4 La description hiérarchique du bâtiment

Avant toute simulation, une description préalable du bâtiment est requise. Celle-ci repose sur une vision modulaire du bâtiment.

Zones

Une zone est une pièce (ou un ensemble de pièces) pouvant être supposée(s) à température uniforme. La décomposition du bâtiment en zones est laissée à l'initiative de l'utilisateur.

Inter-ambiances

Une inter-ambiance est le lieu géométrique des composants (*parois, vitrages, ouvertures* □) séparant deux zones thermiques préalablement définies. *Zones* et *Inter-ambiances* permettent de mettre en place le squelette du bâtiment, sur lequel tous les composants (*parois, systèmes,* □) vont être greffés.

Les composants

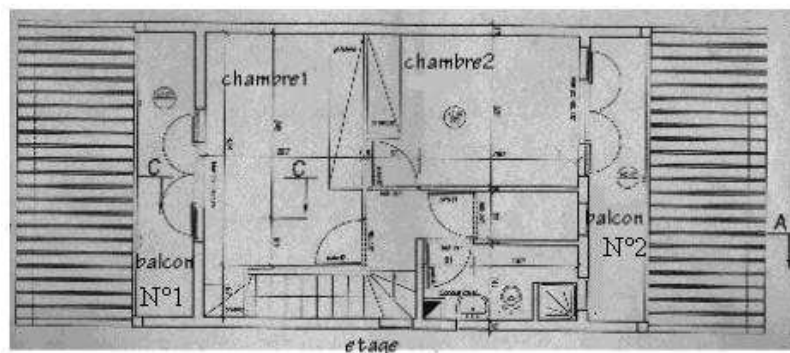
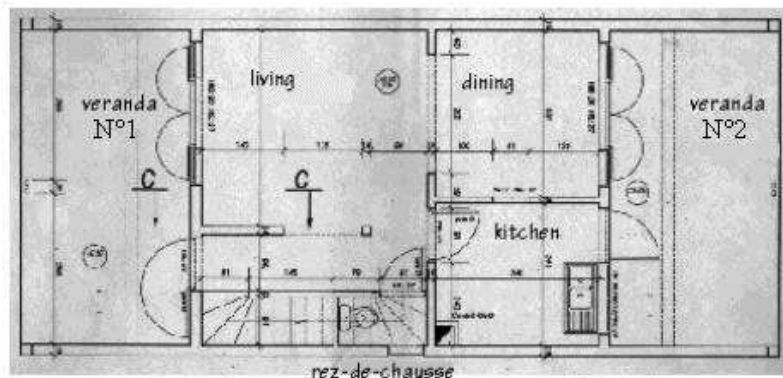
Un composant sera une entité identifiable par un libellé et peut appartenir à une zone ou à une inter ambiance. Dans le but de compléter un bâtiment préalablement décrit par ses zones et inter ambiances, le logiciel propose dans sa version actuelle les composants suivants :

Composant de zone	Composants d'inter ambiances
Paroi interne Système de traitement d'air idéal Charge interne Bouche de ventilation Split système	paroi de séparation terre plein paroi sur vide sanitaire paroi sur terre plein vitrage grande ouverture petite ouverture débit connu

1.2 Description du logement TEELOCK

L'étude porte sur un logement individuel comprenant un Rez-de-chaussée et un étage.

- le Rez-de-chaussée (RDC) est composé de trois pièces principales que sont le salon, la salle à manger et la cuisine.
- l'étage comprend principalement deux chambres.



1.2.1 Modélisation hiérarchique du bâtiment sous CODYRUN

Décrit sous CODYRUN, ce même bâtiment est décomposé en deux zones thermiques, ce qui est suffisant par rapport aux objectifs de cette étude. Une description plus fine aurait pu être adoptée, permettant d'obtenir des réponses plus détaillées sur un aspect particulier (températures de chaque pièce par exemple, de chacune des surfaces, analyse du risque de condensation locale, ...). Ces aspects auraient cependant nécessité des temps de saisie et d'exploitations plus importants.

●Zone n°1 (RDC)

D'un volume de 99 m^3 , elle est composée de trois éléments :

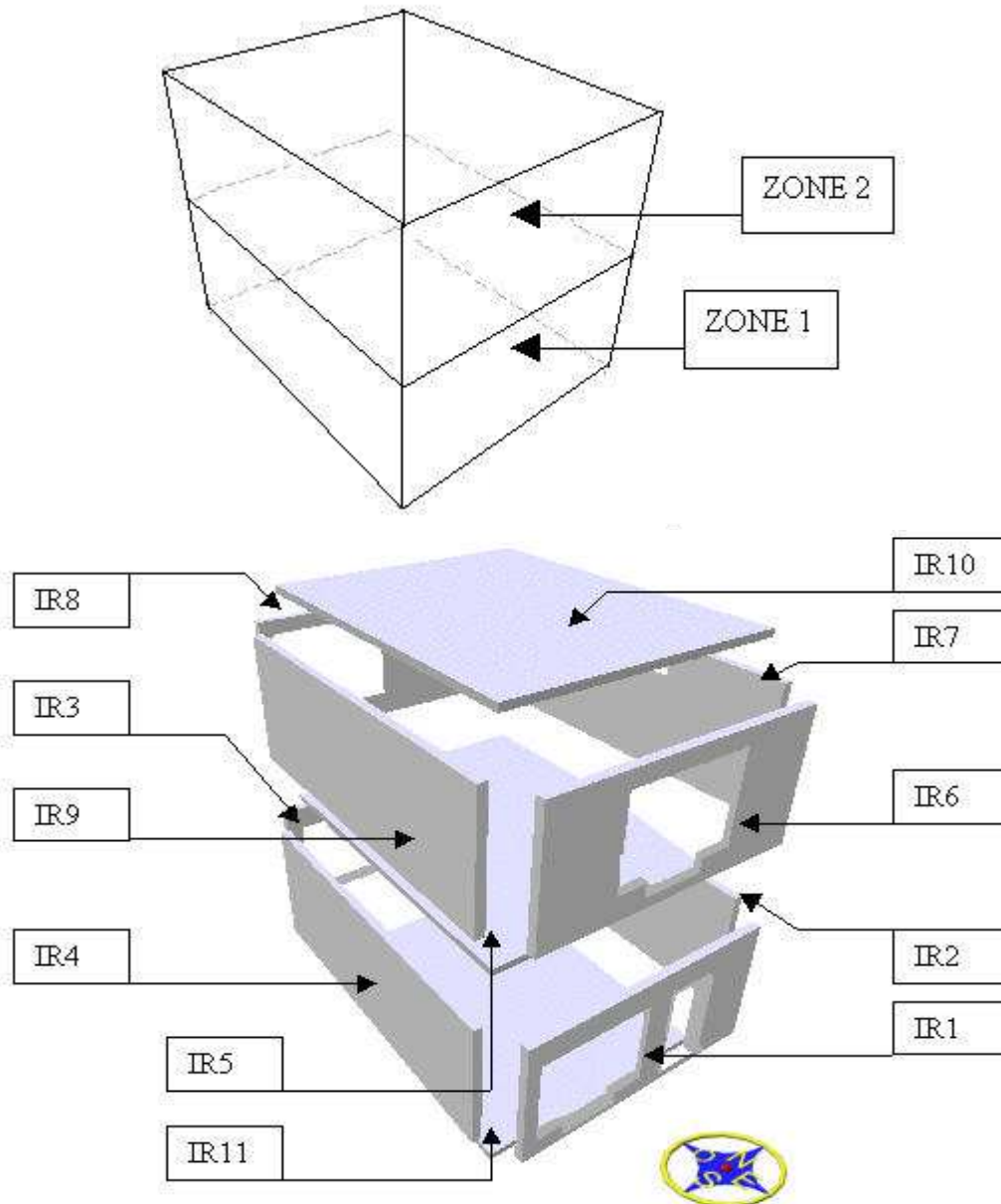
- une paroi interne de 10 m^2 .
- deux charges internes :
 - l'une représente l'éclairage d'une puissance sensible de 400 W/unité (répartie de façon horaire selon un profil horaire plausible)
 - la seconde représente quatre occupants présents par intermittence de 6h à 22h et dégageant une puissance sensible de 113 W/unité (individu au repos).

●Zone n°2 (Etage)

D'un volume de 99 m^3 , elle est composée de trois éléments :

- une paroi interne de $10,30 \text{ m}^2$
- deux charges internes identiques à celles précédemment définies et dont les profils sont sensiblement différents de par l'affectation différente des pièces (jour/nuit).





Ainsi que le montre la figure ci-dessus, cette décomposition fait intervenir onze interambiances (IR), listées ci-dessous :

- | | |
|---------------------------------|-----------------------|
| *IR Rez-de-chaussée est (IR1) | *IR étage est (IR6) |
| *IR Rez-de-chaussée nord (IR2) | *IR étage nord (IR7) |
| *IR Rez-de-chaussée ouest (IR3) | *IR étage ouest (IR8) |
| *IR Rez-de-chaussée sud (IR4) | *IR étage sud (IR9) |
| *IR Rez-de-chaussée/étage (IR5) | *IR étage toit (IR10) |
| *IR Rez-de-chaussée sol (IR11) | |

Enfin lorsque les zones et inter ambiances sont décrites, le bâtiment est alors complété en lui adjoignant les composants (qui sont associés au zones et IR) dont la liste est ci-après :

Liste des Composants	
PorteCouloir	VitNord
MurRDCAvant	VitCh2WxFix
MurRdcNord	2VitOuest
MurRDCSud	VitCuis
MurRDCOuest	VitDinFix
MurDalleInter	VitEtagCh1Fi:
PlancherRDC	VitEtaNord
TerrePleinRDC	PorteCuis
MueETAEst	VitLivMob
MurETANord	VitDinMob
MurETASud	VitCh1Mob
MurETAOuest	VitCh2Mob
MurDalleTerr	EclairRDC
ParIntRDC	EclairEtag
ParIntEtag	OccRDC
VitLivinFix	OccEtag

1.2.2 Exemple de description détaillée d'une des inter ambiances : IR3

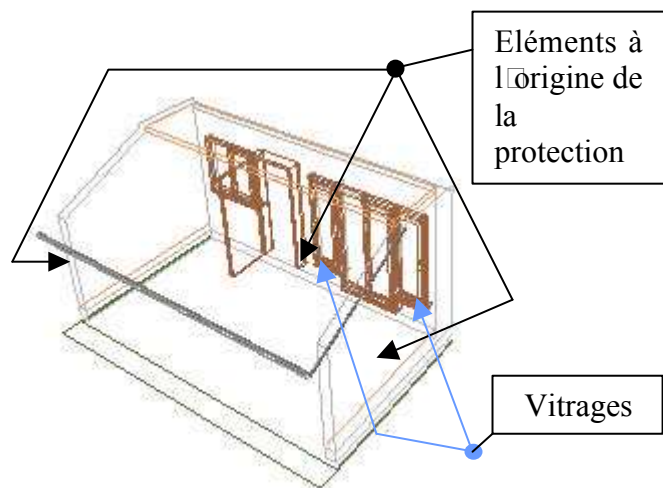
Orientation : Azimut 90°

Inclinaison 90°

Type : Extérieure

Entre l'étage et l'extérieure

Représentation des composants associés à l'IR Rez-de-chaussée Ouest



Composants :

- deux parois de séparations :
 - . une porte (*porte couloir*), montrée en position ouverte sur le croquis
 - . un mur (*mur RDC Avant*)

- trois vitrages:
 - . une vitre associée à la cuisine (*vitre cuis.*)
 - . un vitrage mobile (ouvrant), de libellé (ou nom) *vitre dining.mob*
 - . un dernier fixe (non ouvrant), *vitre dining fixe*

Détail du mur (de l'IR RDC Est) sous l'environnement *CODYRUN*

Consultation/Modification Composant

Libellé : Appartenant à : Interambiance

Type :

Surface : m²

Constitution ... Spécifique

Prop. radiatives ... Standard

Modèle conductif ... R2C

Protection solaire ... Profil défini

Condition limite

<< Zone << IA <<< Bâtiment

Valider Annuler < >

Constitution de la paroi

Bibliothèque Spécifique

Sens de description : de Rez de Chauss. vers l'extérieur

Composition					
Couche	Matériau	Epaisseur	Conductivité thermique	Masse volumique	Chaleur massique
1	Béton lourd	0.200	1.7500	2100	653
2		0.000	0.0000	0	0
3		0.000	0.0000	0	0
4		0.000	0.0000	0	0
5		0.000	0.0000	0	0

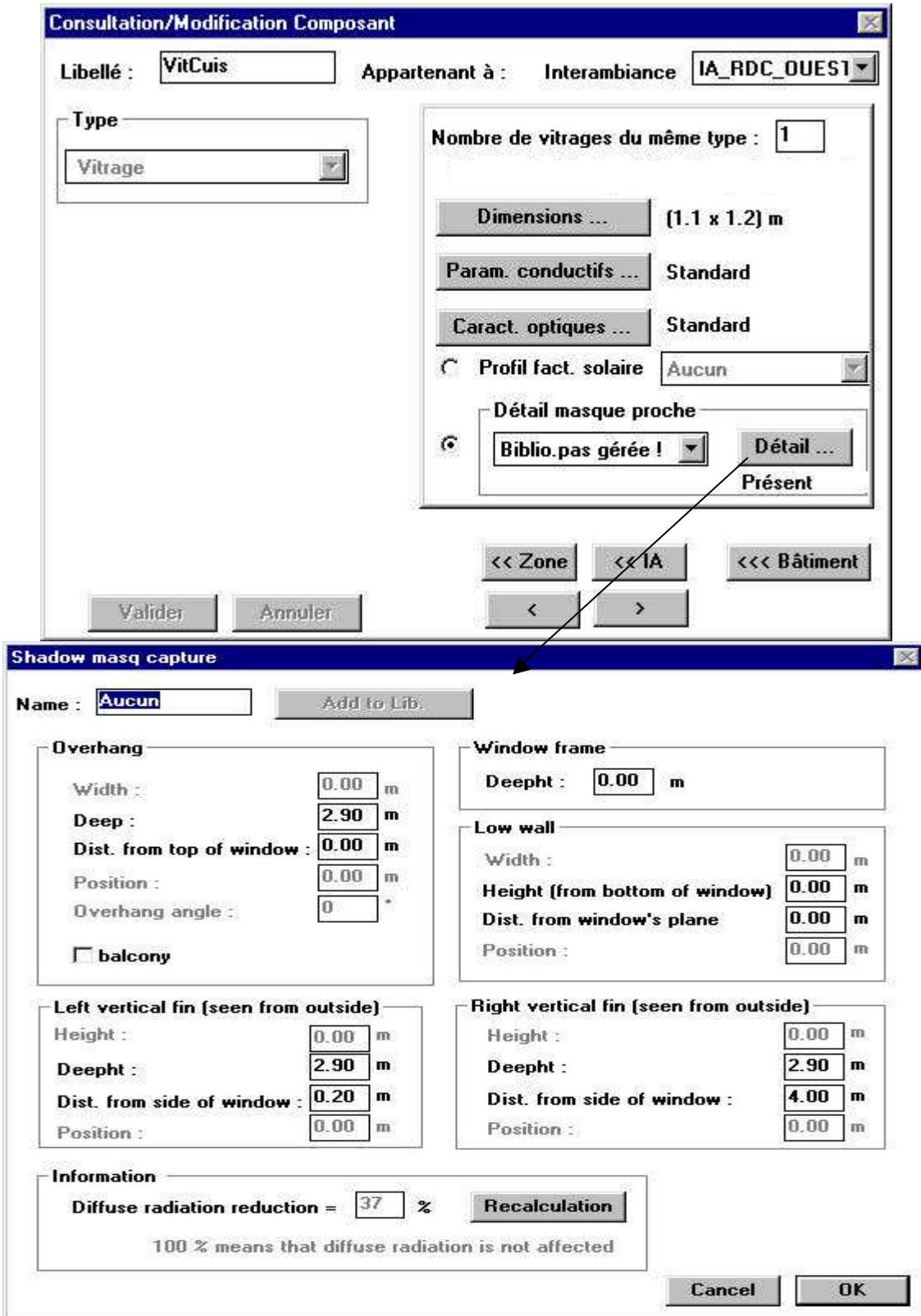
Informations : R = 0.1143 m².K/W ; K = 3.5176 W/(m².K)

Libellé : Ajout Biblio. Paroi

OK

La fenêtre des composants présente un aspect global du composant et à partir des *PushButtons* associés, il est possible d'accéder à tous les détails de celui-ci (tel que le détail de la constitution en terme de couches dans le cas présenté d'un composant de type Paroi de séparation).

Autre exemple : détail de la description du vitrage cuisine



The image shows two windows from a software application. The top window, titled "Consultation/Modification Composant", displays details for a component labeled "VitCuis". It shows it belongs to "Interambiance" and "IA_RDC_QUEST". The component type is "Vitrage". It specifies 1 pane of the same type with dimensions of 1.1 x 1.2 m. Thermal and optical parameters are set to "Standard". The solar profile is "Aucun". A "Détail masque proche" section is active, showing "Biblio.pas gérée !" and a "Présent" status. Navigation buttons include "Zone", "IA", "Bâtiment", and "Validier/Annuler".

The bottom window, titled "Shadow masq capture", provides detailed geometric parameters for the shadow mask. The name is "Aucun".

Section	Parameter	Value	Unit
Overhang	Width	0.00	m
	Deep	2.90	m
	Dist. from top of window	0.00	m
	Position	0.00	m
	Overhang angle	0	°
Window frame	Deepth	0.00	m
	Low wall		
Low wall	Width	0.00	m
	Height (from bottom of window)	0.00	m
	Dist. from window's plane	0.00	m
	Position	0.00	m
Left vertical fin (seen from outside)	Height	0.00	m
	Deepth	2.90	m
	Dist. from side of window	0.20	m
	Position	0.00	m
Right vertical fin (seen from outside)	Height	0.00	m
	Deepth	2.90	m
	Dist. from side of window	4.00	m
	Position	0.00	m
Information	Diffuse radiation reduction	37	%
	100 % means that diffuse radiation is not affected		

Buttons at the bottom include "Cancel" and "OK".

La fenêtre précédente donne le détail concernant la description géométrique du masque proche formé par la véranda, masque proche associé au composant VitCuis (*Vitrage cuisine*).

1.3 Les données climatiques

1.3.1 Situation géographique



L'île Maurice, de superficie de 1865 km², est située dans l'Océan Indien à 20.5° de latitude Sud juste au Nord du tropique du Capricorne et à 57.5° de longitude Est et est distante de la Réunion de 160 km. Le relief de Maurice est assez particulier, comportant un plateau central dont le point le plus élevé ne dépasse pas 600 m.

1.3.2 Le climat mauricien

Tout comme l'île de La Réunion, Maurice est une île tropicale due à sa situation géographique. Tout comme sa voisine, elle est aussi soumise à un microclimat, la côte est étant plus fraîche et arrosée, la côte Ouest plus chaude et humide. Deux périodes climatiques sont alors observées :

- la période estivale chaude et modérément pluvieuse entre novembre et avril
- celle plus fraîche allant de mai à octobre.

Une durée d'ensoleillement pratiquement constante et l'inertie thermique de la mer limitent les variations saisonnières de températures. Celles-ci en moyenne évoluent dans une fourchette de quelques degrés d'une saison à l'autre.

Les températures	
Moyenne annuelle	23,7°C
Valeurs extrêmes	17° et 32°C
Mois chauds	Novembre à Avril
Mois frais	Mai à Octobre

Une forte humidité ambiante

Notamment responsable de l'élévation de la température de rosée (température de condensation de la vapeur d'eau) qui entraîne de fréquents problèmes de condensation, l'humidité qui caractérise Maurice est, avec l'ensoleillement, une donnée importante.

Comprise en moyenne entre 70% et 85%, l'humidité relative (rapport entre la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air et la capacité d'absorption de l'air, pour une température donnée) se situe rarement en dessous de 60%.

L'influence des alizés

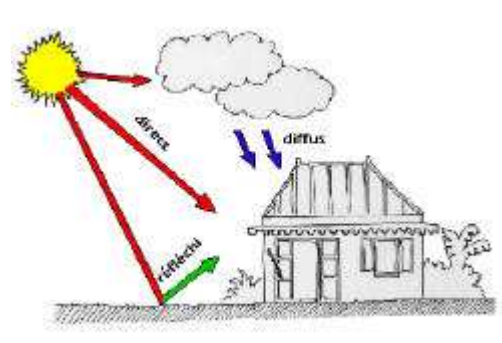
La zone intertropicale est soumise au régime des alizés. Ils soufflent du secteur Est / Sud-Est de façon régulière, avec toutefois deux particularités :

La vitesse du vent croît généralement pendant la matinée pour atteindre son maximum en début d'après midi, puis décroît jusque dans la soirée.

Une baisse de régime s'observe pendant les mois les plus chauds de Janvier à Mars et leur intensité maximale a lieu de Juillet à Novembre.

Le rayonnement solaire

Du fait de sa position en zone intertropicale, l'île est soumise à un ensoleillement régulier et intense. Aussi, le rayonnement solaire est une donnée climatique importante à prendre en compte dans l'étude d'échanges thermiques du bâtiment avec son environnement physique. Pour mémoire, ce dernier peut décomposer le rayonnement solaire reçu par un bâtiment en trois composantes :

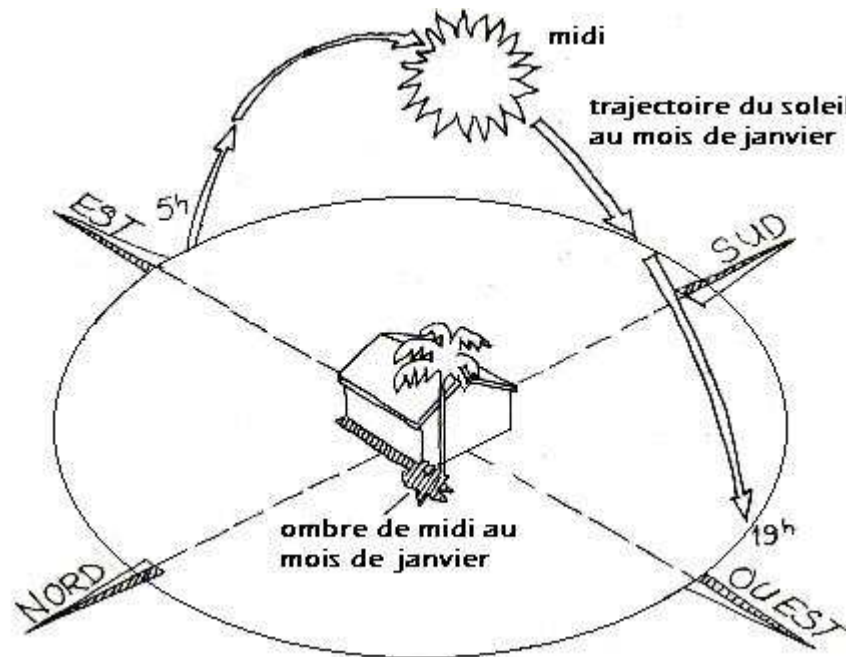


direct : provenance directe du soleil.

diffus : une fraction du rayonnement solaire est interceptée par l'atmosphère terrestre, en particulier par les nuages, qui diffusent le rayonnement dans toutes les directions.

réfléchi : le sol et plus généralement l'environnement du bâtiment renvoient une partie du rayonnement global. Le rayonnement réfléchi peut être considérablement réduit par un environnement adapté (tapis de végétal par exemple).

Notons que l'île Maurice est soumise à un ensoleillement intense du à la hauteur du soleil, ce qui signifie également que son apport énergétique aux bâtiments se réalise essentiellement par la toiture ou toute autre surface horizontale. Ainsi, les apports solaires horizontaux journaliers sont en moyenne de 5 kWh/m^2 . Pour faciliter nos interprétations basés pour des journées du mois de janvier, nous reproduisons ci-après la course du soleil pour la période considérée.

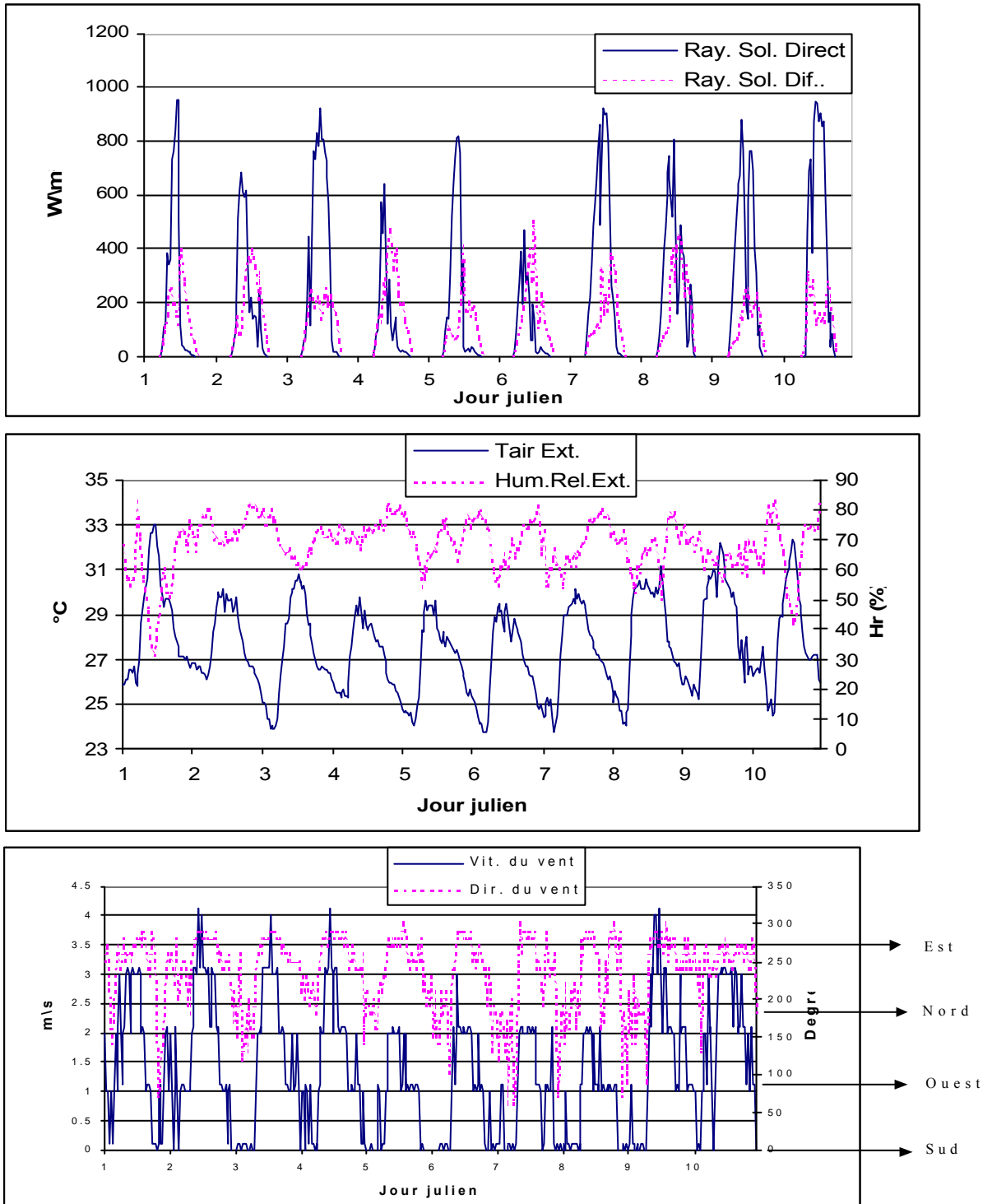


Aux heures où le soleil est bas, le matin et le soir, les façades verticales pourront également recevoir une charge significative. Cette charge énergétique reçue par les façades varie selon leur exposition, le mois de l'année et l'heure de la journée.

1.3.3 Choix du fichier météorologique et d'une journée type

Le choix d'une journée type doit être la plus représentative de la période la moins confortable de l'année, journée qui se situe en saison chaude entre novembre et avril. C'est pourquoi, nous avons choisi le fichier météo intitulé *nmtojanv.mto* qui provient de mesures faites à la Réunion (à St-Denis) dans le cadre d'une campagne de validation au mois de janvier 1998. A cette période, le soleil passe par le zénith et nous observons une trajectoire du soleil décalée vers le sud (cf. azimut et hauteur du soleil). C'est une donnée importante car les apports énergétiques seront différents selon l'orientation des parois.

Le tracé sur 10 jours des grandeurs caractéristiques fournit les éléments suivants :



L'ensoleillement direct atteint des valeurs maximales de l'ordre de $1000 W/m^2$, caractéristique de la saison chaude et correspond à des journées où la couverture nuageuse est faible. Le fort taux d'humidité (variant entre 60% le jour et 80% la nuit) associée à une température d'air extérieur élevée peut conduire à des situations d'inconfort au sein de l'habitat.

La vitesse et la direction du vent mettent en évidence deux régimes distincts :

- un régime nocturne où le vent à une vitesse faible et vient du sud : c'est la brise thermique.
- un régime d'alizés venant de l'Est et ayant une vitesse soutenue de l'ordre de 3 à 4 m/s.

En moyenne sur les 10 jours de ce fichier, les grandeurs suivantes sont obtenues :

Jour	Tair Extérieur moyenne	Hum. Rel. Ext. moyenne	Ray. Direct moyen	Ray. Diffus moyen
1	28,6	58,8	146,8	91,6
2	27,8	74,2	124,2	110,2
3	27,3	69,4	213,0	88,5
4	27,0	73,7	83,2	117,4
5	26,9	69,5	121,9	77,6
6	26,8	70,3	63,3	98,5
7	27,3	68,1	211,3	86,4
8	27,9	67,3	186,4	114,7
9	28,5	65,2	200,4	71
10	27,9	66,5	209,9	83,2

Dans le choix d'une journée type, notre choix s'est finalement porté sur le jour 8. Pour cela, nous avons pris en compte des valeurs élevées à la fois en températures et en rayonnement.

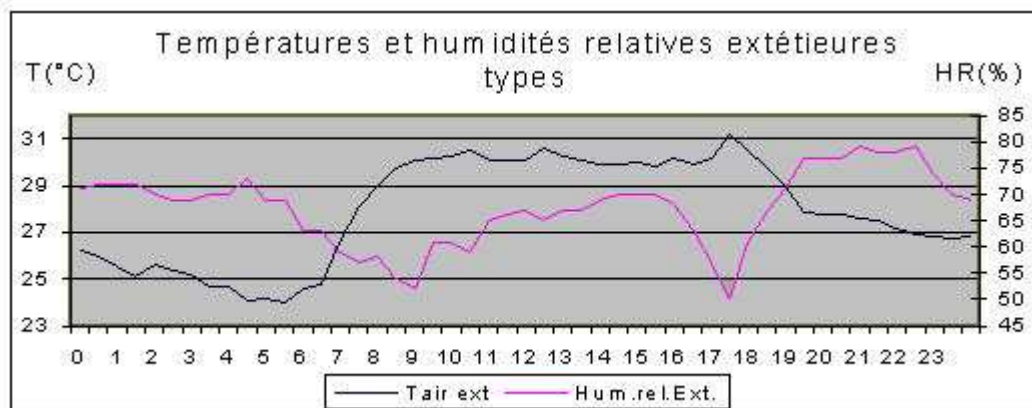
Heures	Tair ext.	Hum. Rel.ext.	Dir. Hor.	Dif Hor.	Haut sol	Az sol
4	24,1	73	0	0	0	0
4,5	24,2	69	0	0	0	0
5	24	69	0	0	0	0
5,5	24,6	63	0	0	1	-66
6	24,8	63	0	17	7	-69
6,5	26,6	59	0	41	14	-71
7	28,1	57	88.7	59	21	-73
7,5	29	58	158.9	71	27	-75
8	29,7	54	303.2	88	34	-77
8,5	30,1	52	366.3	89	41	-78
9	30,2	61	516	92	48	-80
9,5	30,3	61	584.8	105	55	-81
10	30,5	59	684.5	141	62	-82
10,5	30,1	65	602.6	264	69	-83
11	30,1	66	560.6	365	76	-83
11,5	30,1	67	499.2	402	82	-82

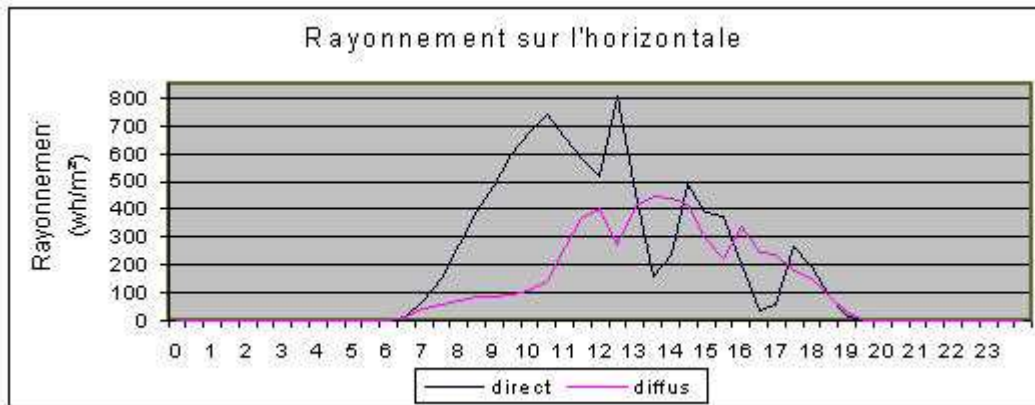
12	30,6	65	806	276	89	0
12,5	30,3	67	457	408	82	82
13,5	30,1	67	150.7	446	76	83
13,5	29,9	69	231.4	442	69	83
14	29,9	70	450.8	419	62	82
14,5	30	70	358.8	292	55	81
15	29,8	70	319.1	226	48	80
15,5	30,2	68	174.6	336	41	78
16	29,9	63	28.1	244	34	77
16,5	30,2	57	44.8	238	27	75
17	31,2	50	154.3	183	21	73
17,5	30,5	61	114.3	148	14	71
18	29,7	67	0	90	7	69
18,5	29	71	0	25	1	66
19	27,9	77	0	0	0	0

Tableau 1 : Journée type utilisée pour les simulations

Cette journée présente les caractéristiques suivantes :

- rayonnement journalier de 6.581 kWh/m²/jour
- température moyenne de 27.9°C pour une température maxi de 31.2°C et une température mini de 24°C
- humidité moyenne de 67.3% avec une variation de 80% à 50%







Chapitre 2 : Sollicitations et simulations thermiques sur un bâtiment en béton lourd

Les simulations de ce chapitre ont été effectuées sur un bâtiment lourd qui sert de référence (cas de base), l'objectif étant celui de l'analyse des sollicitations du bâtiment et des premiers éléments de réponse thermique du logement.

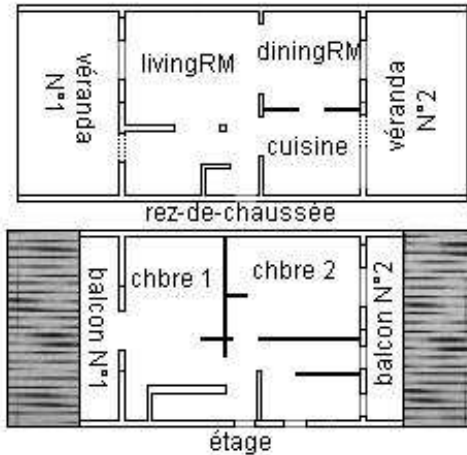
2.1 Bâtiment Est/Ouest

Rappel logement de base :

Toiture : dalle béton lourd(20 cm)

Parois : béton lourd 20 cm (couleur claire)

Vitrages : - Est et Ouest protégés par balcons et vérandas
- Nord non protégés



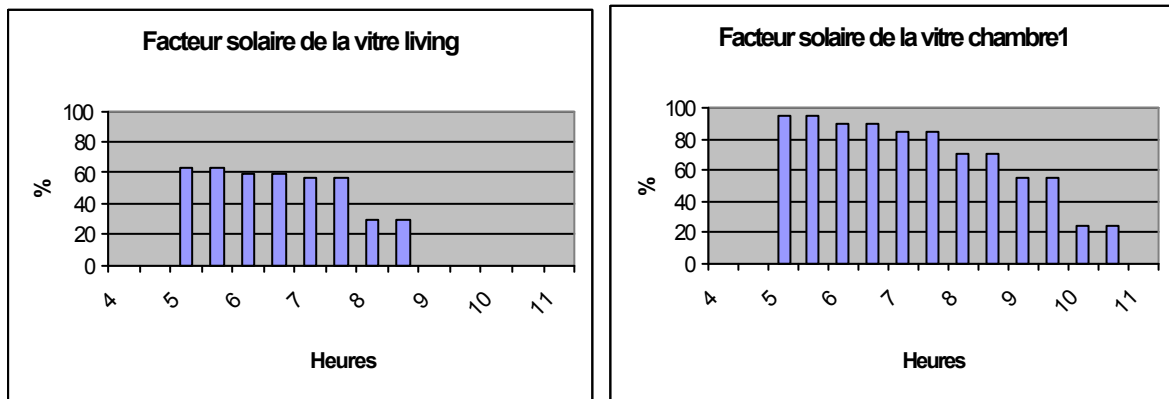
2.1.1 Efficacité des masques

Sur les vitrages

La protection solaire des vitrages est fondamentale parce qu'elle représente entre 15 et 30% des apports thermiques par les parois des logements, mais aussi du fait qu'elle contribue à accroître l'inconfort des occupants par un échauffement rapide de l'air ambiant et une exposition au rayonnement solaire. Un indicateur usuel de la protection des vitrages est le facteur solaire, étant entendu que ce facteur ne concerne que la partie directe du rayonnement.

$$\text{Facteur solaire} = \frac{\text{surface ensoleillée}}{\text{surface totale de la vitre}}$$

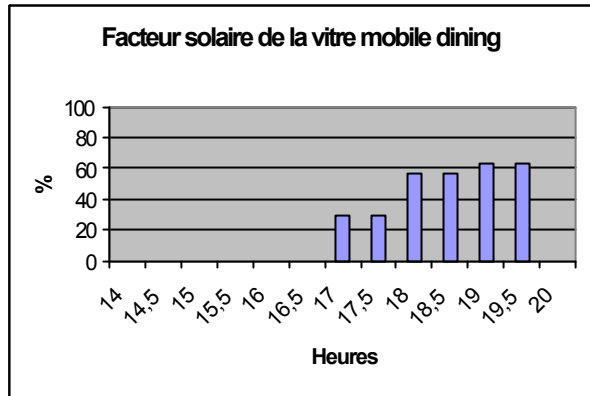
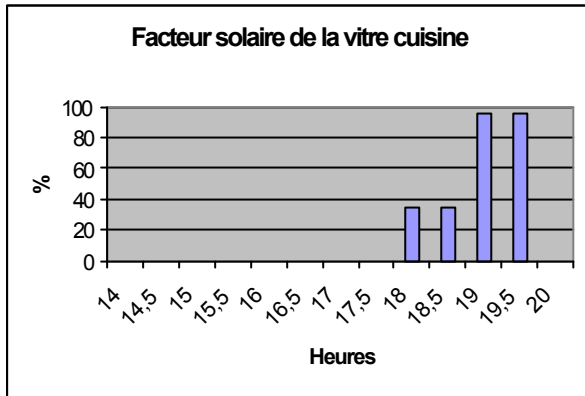
-Protection des vitres de la Façade Est



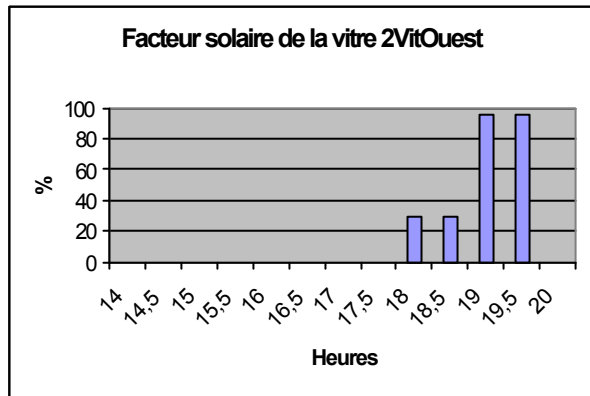
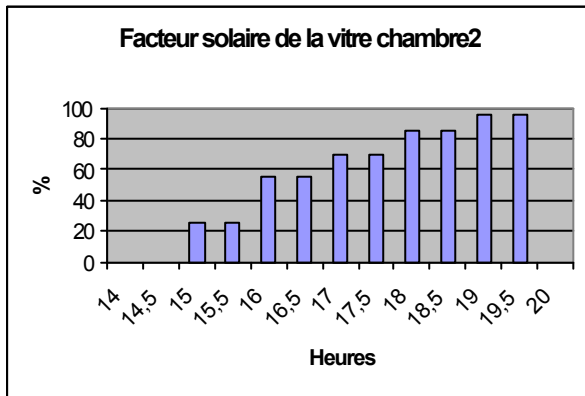
Les diagrammes de facteur solaire montrent que :

- au Rez-de-chaussée, la véranda N°1 occulte de manière importante rayonnement solaire direct qui impacterait la vitre living. Sa profondeur permet de protéger efficacement le living aux heures critiques.
- La même remarque s'applique sur la *vitre chambre1*, avec une efficacité cependant moindre de par une profondeur de balcon (balcon N°1) inférieure.

-vitres Ouest-



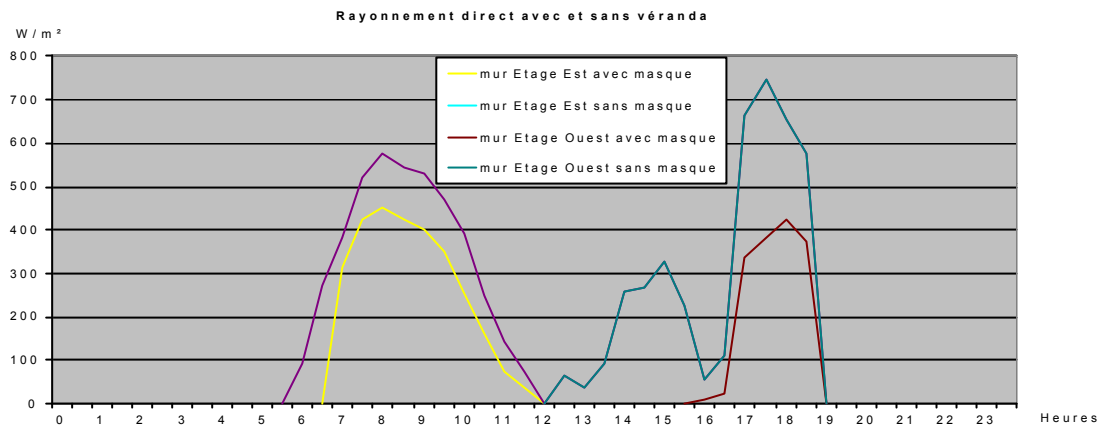
Les vitres du Rez-de-chaussée, cuisine et *dining*, sont respectivement occultées par la véranda N°2 de 84% et de 81% du rayonnement solaire.



Le balcon N°2 permet que la transmission de 59% du rayonnement solaire incident sur la vitre *chambre2*, l'efficacité étant encore supérieure pour la vitre *2VitOuest*.

Sur les murs

Les apports thermiques par les murs représentent généralement de 20 à 30% du total des apports (45 à 65% pour les logements qui ne sont pas sous toiture) et leur protection est essentielle. Pour illustrer cet aspect, le graphe suivant trace l'évolution de la densité de flux solaire direct au niveau des murs Est et Ouest de l'étage, en les comparant à un cas dans lequel les vérandas et balcons (les masques proches) ont été supprimés.



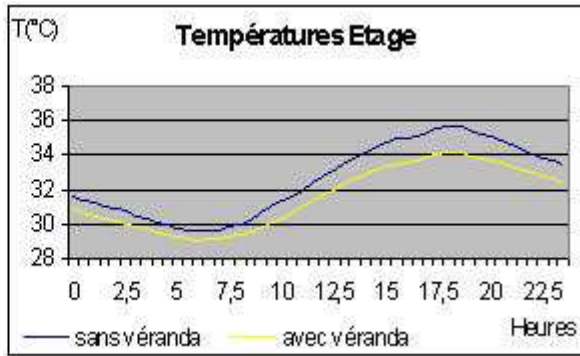
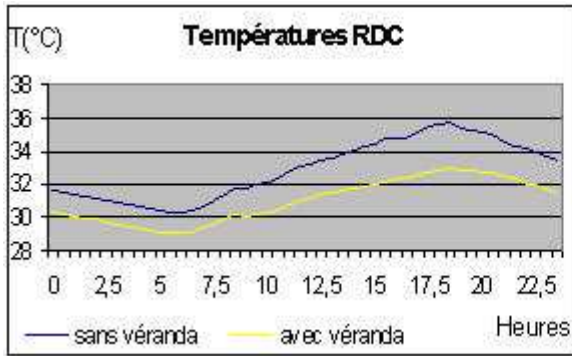
Le tableau suivant propose le cumul sur la journée

Rayonnement direct journalier (Wh/m²/jour)				
	Mur RDC Est	Mur Etage Est	Mur RDC Ouest	Mur Etage Ouest
Sans masque	2122	2122	2042	2042
Avec masque	930	1445	411.5	775

Dans notre cas les murs les plus exposés (Est et Ouest) sont bien protégés. Les pourcentages suivants sont ceux de la protection solaire (100 correspondant à une protection totale).

- Mur RDC Est à 57%
- Mur RDC Ouest à 80%
- Mur Etage Est à 32%
- Mur Etage Ouest à 62%

Par conséquent, en terme de réponse thermique, les graphes suivants montrent que les températures des deux zones seraient supérieures de 1,5°C s'il n'y avait pas de masques proches, illustrant l'importance de ces derniers dans le cas de notre logement.

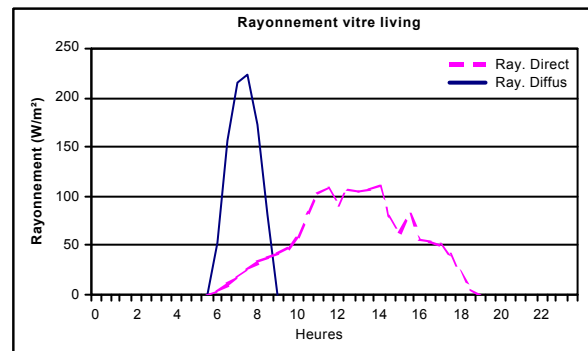
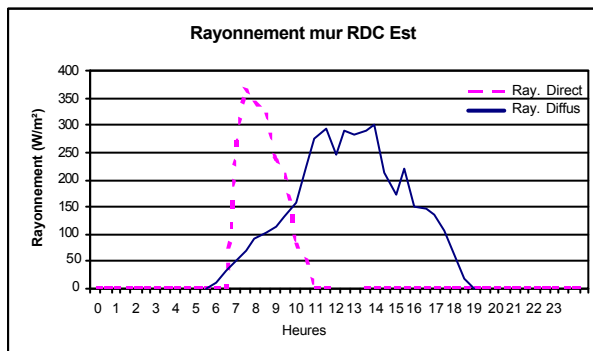


Les masques protégeant simultanément parois et vitrages, il est tout de même à noter que cet écart de température est en partie expliqué par la suppression de la protection des vitrages.

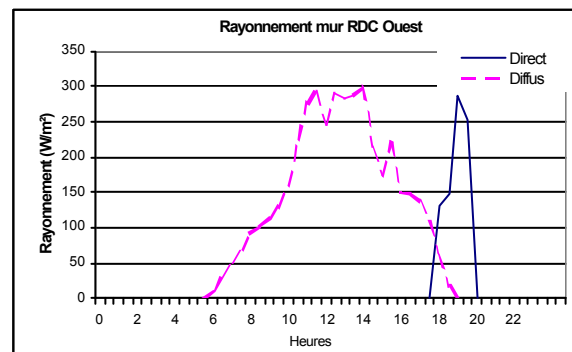
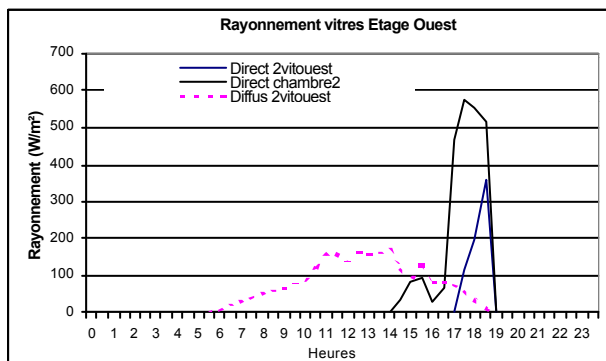
2.1.2 Répartition de la densité du rayonnement solaire sur les parois

-Façade Est-

- Rez-de-chaussée



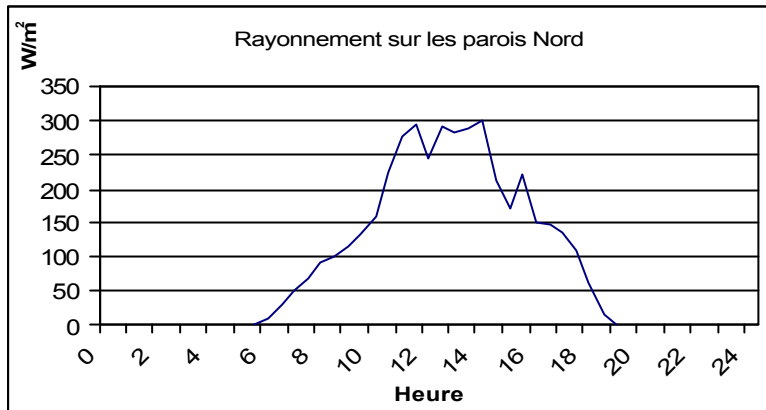
-Façade Ouest-



La paroi et les vitrages du Rez-de-chaussée reçoivent, de par leur orientation, du rayonnement direct en début de matinée. L'après-midi, la façade Est ne reçoit plus que du diffus. Idem que pour le Rez-de-chaussée.

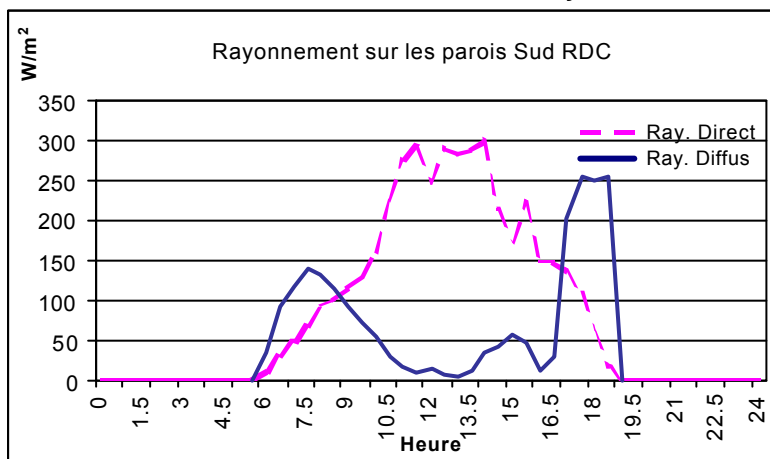
La façade Ouest (parois et vitres) reçoit du rayonnement direct l'après-midi et du diffus tout au long de la journée. Même remarque que pour le Rez-de-chaussée.

-Façade Nord-



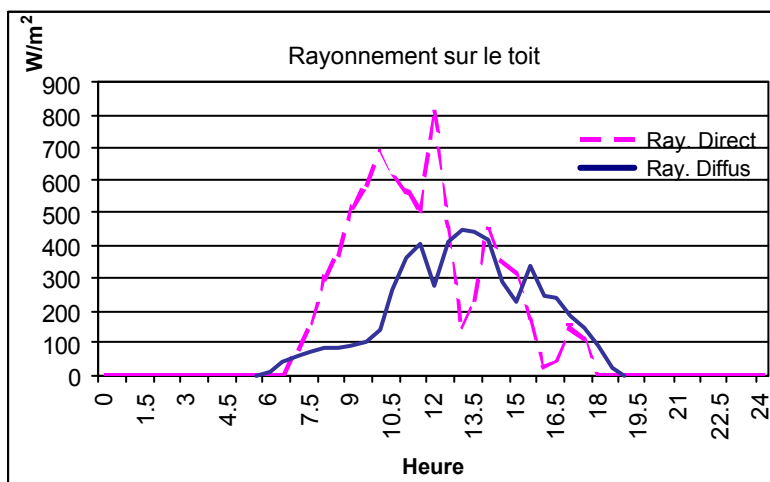
Les parois ne reçoivent que du rayonnement diffus car elles ne sont pas directement éclairées par le soleil (cf trajectoire du soleil en janvier)

-Façade Sud-



Les parois reçoivent du rayonnement direct entre 6h et 11h puis entre 16h et 19h et du rayonnement diffus du matin au soir

-toiture-

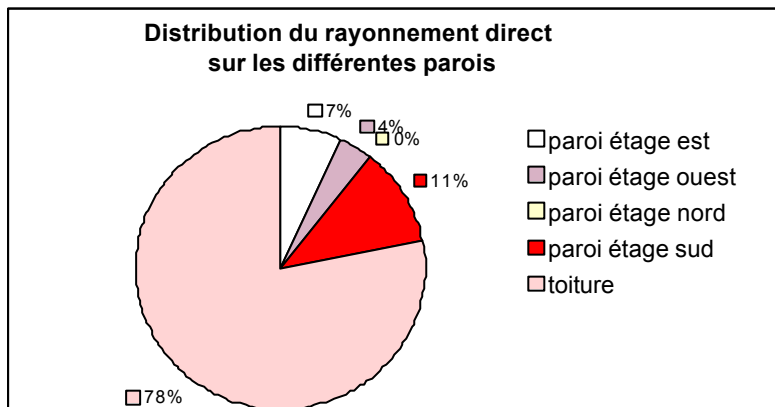


Le toit reçoit du rayonnement diffus et direct toute la journée. Il devra faire l'objet d'une attention particulière lors de l'étude de sa protection solaire.

Récapitulatif

Parois	Horaire des apports par rayonnement direct
Est	6h-11h
Ouest	16h-19h
Nord	néant
Sud	6h-11h et 16h-19h
Toiture	7h-18h

La toiture est la paroi qui présente la durée la plus importante d'ensoleillement direct.



En terme de flux incidents (en intégrant les surfaces) la toiture est, des parois opaques de l'étage, celle qui reçoit plus de 75% des sollicitations en rayonnement solaire.

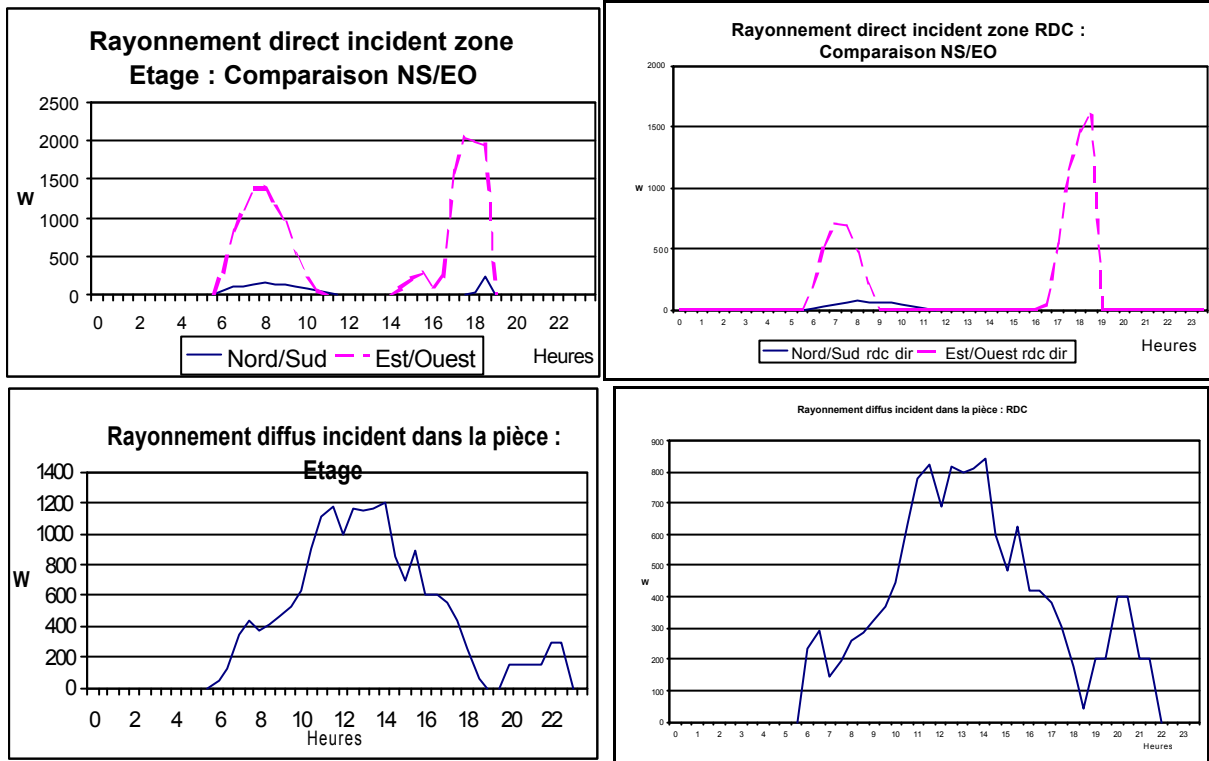
2.2 Bâtiment Nord/Sud

Le logement a été tourné de 90°. Les rayonnements transmis par les vitrages à chacune des zones, ainsi que les températures, ont été comparés à celles du bâtiment orienté Est/Ouest de manière à identifier l'influence de l'orientation.

<p>Rappel logement de base :</p> <p>Toiture : dalle béton lourd (20 cm)</p> <p>Parois : béton lourd 20 cm (couleur claire)</p>	
---	--

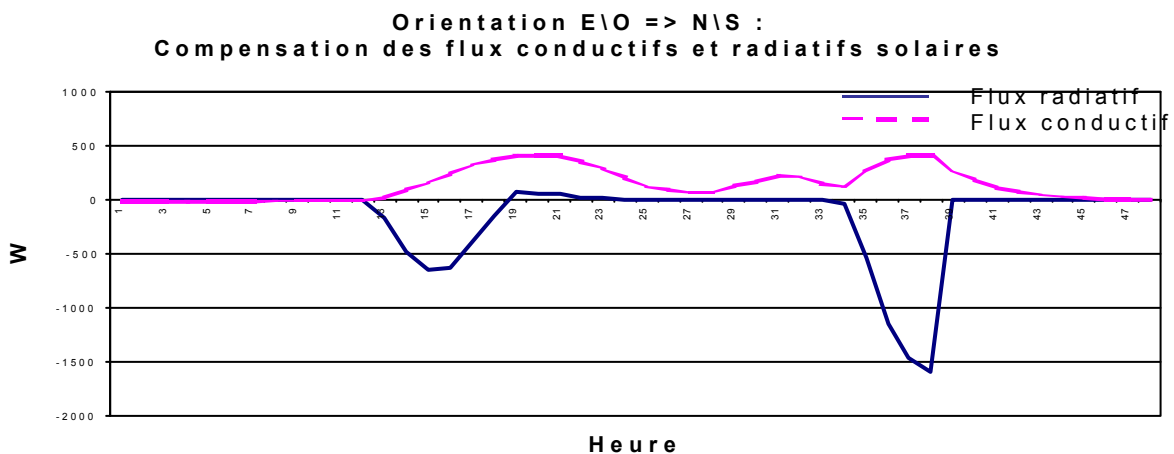
2.2.1 Analyse sollicitations transmises par les vitrages

Les courbes tracées montrent l'évolution des puissances horaires transmises par les vitrages.



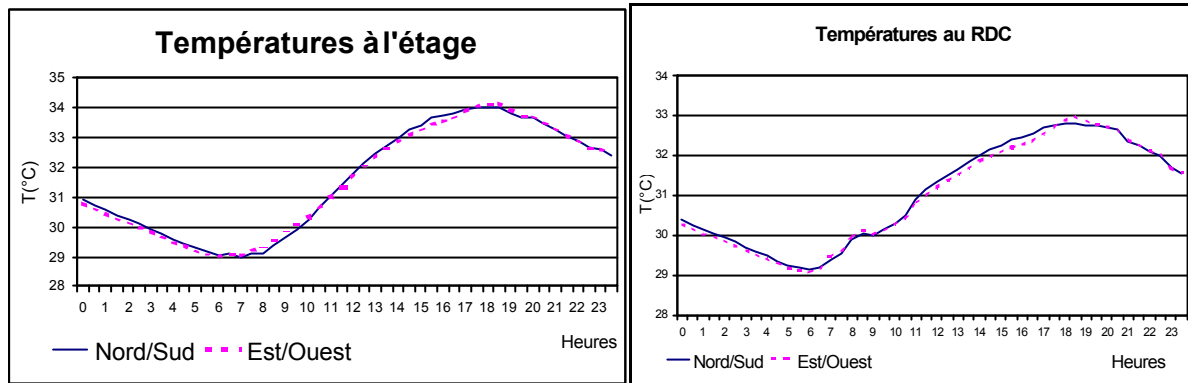
Le rayonnement direct reçu dans les pièces du bâtiment orienté Nord/Sud est bien moindre que pour celui orienté Est/Ouest. Le rayonnement diffus étant supposé isotrope, sa densité est la même quelque soit l'orientation des façades. Nous nous restreignons donc à la comparaison des flux directs reçus.

Ainsi qu'illustré sur la courbe suivante, la diminution des apports solaires par les vitrages est compensée par une augmentation des flux conductifs au travers des parois latérales pour le bâtiment Nord/Sud (cf. le graphe suivant).

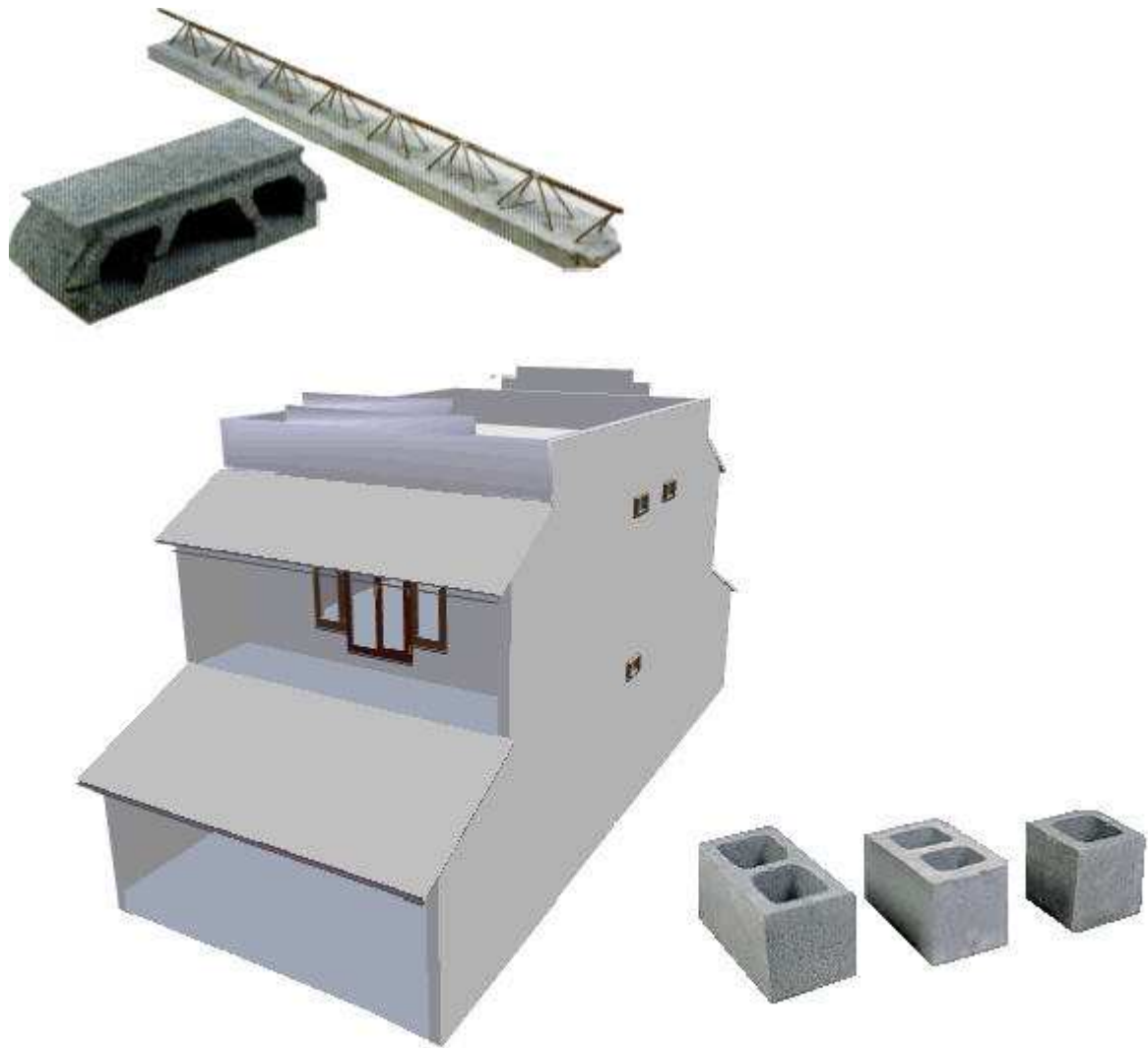


En terme d'énergie sur la journée, la diminution (-3575 Wh) des flux radiatifs observée (en passant du cas EO au cas NS) est compensée par l'augmentation des gains conductifs au travers des parois latérales (+3155 Wh).

2.2.2 Etude des températures



Les températures sont quasiment identiques, donc aucune direction n'est privilégiée vis à vis de l'implantation du bâtiment.



Chapitre3 : Simulations sur bâtiments à base de parpaings

3.1 Présentation des deux types de logements

Dans ce chapitre, la constitution des parois des bâtiments est changée, mais ceux-ci restent dans la même configuration fermée. Pour mémoire, les simulations sont effectuées sur des bâtiments fermés (pas d'échanges aérauliques avec l'extérieur). C'est une donnée importante dans l'analyse des résultats en terme de compréhension du comportement thermique de l'enveloppe.

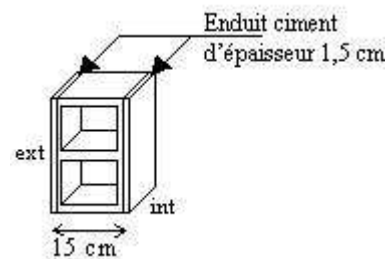
3.1.1 Bâtiment traditionnel

Toiture: dalle béton lourd (16 cm)

Parois: enduit ciment + parpaing (15 cm)
(voir schéma ci-contre)

Dalle inter : dalle béton lourd (16 cm)

Vitrages: - Est et Ouest
- Nord non protégés



Bloc composant les parois du bâtiment traditionnel

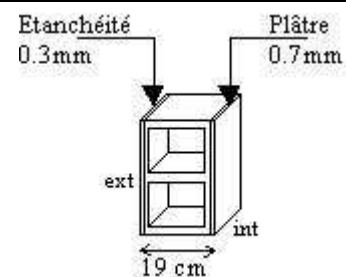
3.1.2 Bâtiment « SCPR »

Toiture: chaux + hourdis 16 + table 4cm + étanchéité

Parois: chaux + parpaing (19 cm) + étanchéité

Dalle inter : hourdis (12 cm)+table

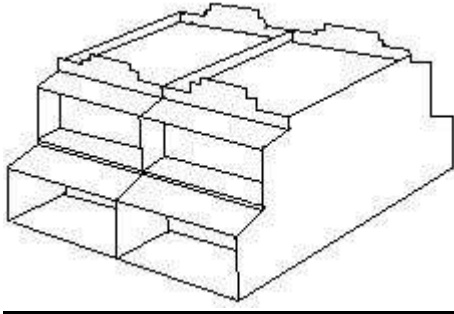
Vitrages : - Est et Ouest
- Nord non protégés



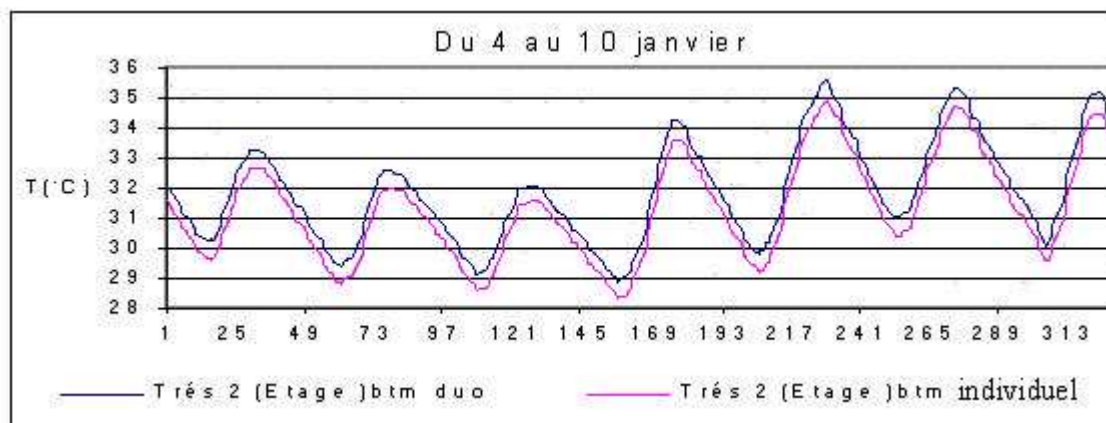
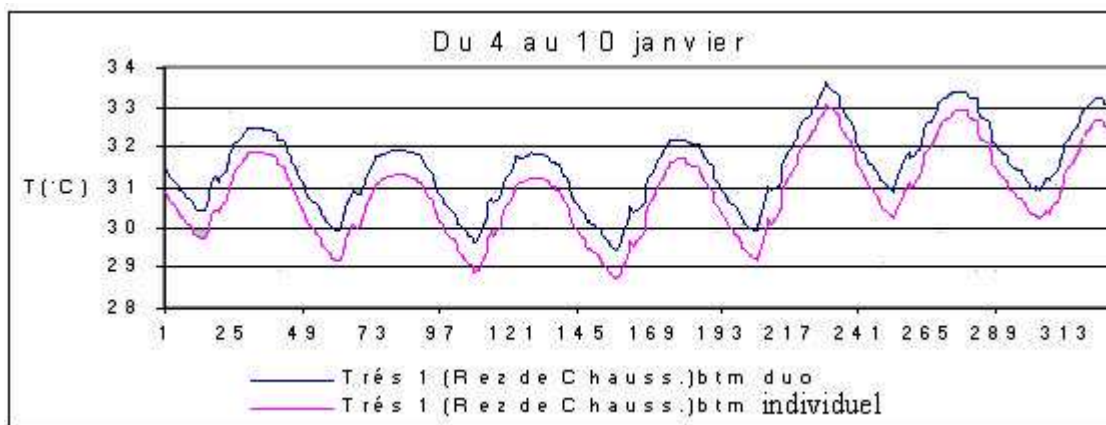
Bloc composant les parois du bâtiment SCPR

3.2 Comparaison des réponses en température des bâtiments

3.2.1 Comparaison bâtiment SCPR : duo/individuel



Le logement duo est constitué de deux habitations individuelles ayant en commun la paroi Sud (qui n'échange pas avec l'extérieur). Pour modéliser le logement duo avec *CODYRUN*, nous avons alors appliqué une couche de 20 cm d'isolant sur toute la surface extérieure de la paroi Sud. La simulation est réalisée sur un bâtiment SCPR orienté Est/Ouest.

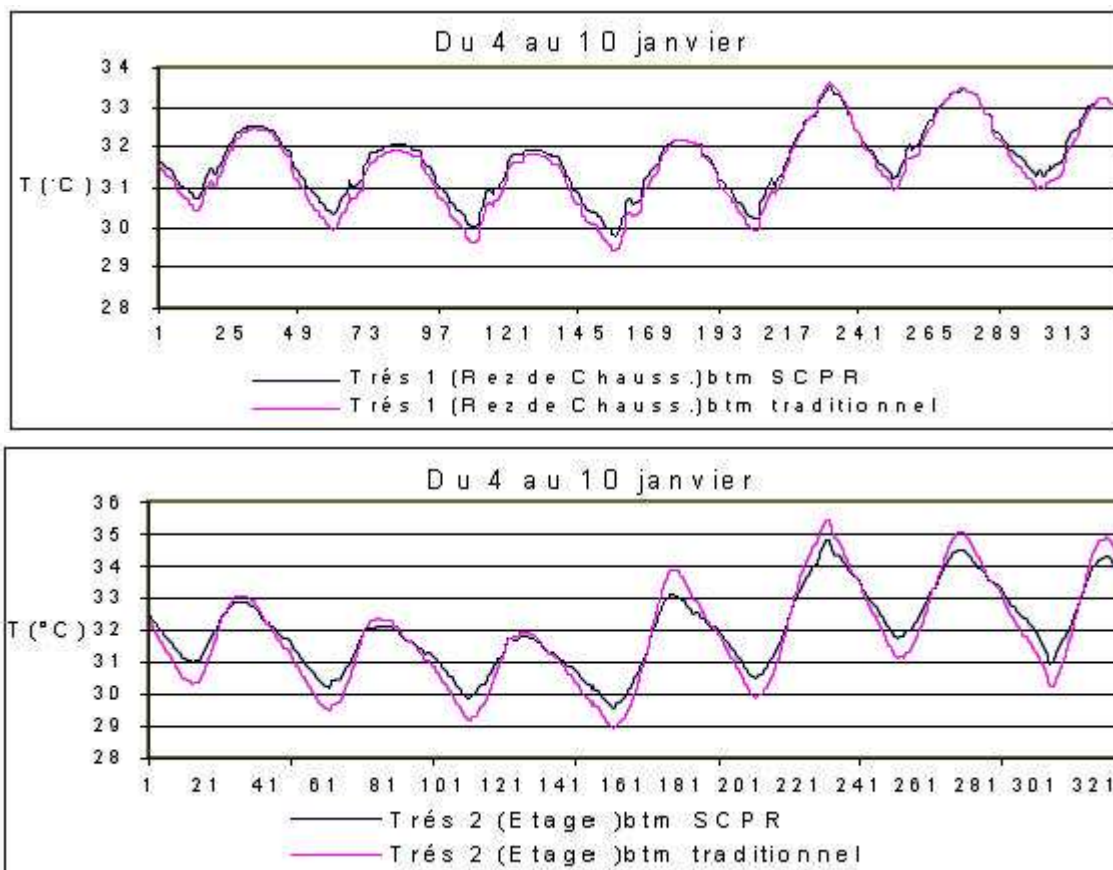


Une température sensiblement plus élevée est observée au niveau du cas Duo. En effet, les simulations ayant été faites dans le cas d'un bâtiment fermé, les températures intérieures se trouvent être supérieures à celles extérieures. Dans cette configuration fermée, les flux de chaleur par conduction au travers des parois se trouvent être dirigés vers l'extérieur et toute disposition qui limite les déperditions vers l'extérieur conduit à un échauffement du bâtiment. Des conclusions similaires seront faites lors de l'isolation de la dalle.

A contrario, dans le cas d'un bâtiment ouvert, une diminution de la température du cas Duo par rapport au cas *Single* est observée.

3.2.2 SCPR/Traditionnel

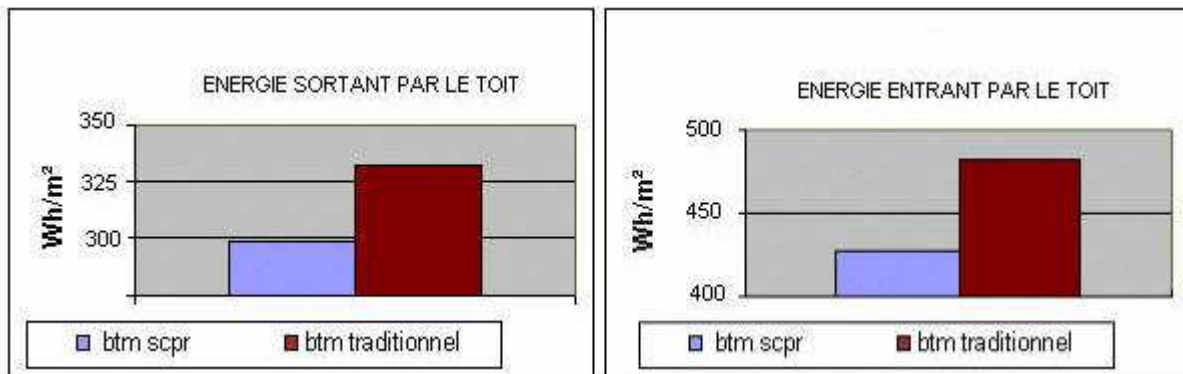
Au Rez-de-chaussée, une valeur légèrement inférieure des températures du bâtiment traditionnel est à noter. Pour l'étage, la différence est plus marquante surtout pour les journées les plus chaudes. En effet, les températures maximales du logement SCPR sont inférieures (de l'ordre de 0.8°C) à celles du logement traditionnel alors que les températures minimales sont supérieures (environ 0.8°C) : il y a un effet de lissage de la courbe de température du bâtiment SCPR.



Ceci est dû à une résistance plus élevée des parois du bâtiment SCPR (de par une épaisseur plus importante 19 cm) : la journée (simulation réalisée sur la journée type *jour* δ), la densité de flux par conduction entrant (dirigée de l'extérieur vers l'intérieur) à travers le toit du logement SCPR (rappel : la plus sollicitée des parois) est inférieure à celle entrant pour le cas traditionnel, avec pour conséquence directe des maxima de températures plus faibles (voir graphes ci-dessous).

Durant la nuit, cette résistance thermique plus élevée dans le cas SCPR va s'opposer à l'évacuation de la chaleur accumulée la journée (rappel : provenant du flux conductif des parois et du flux solaire transmis par les vitres).

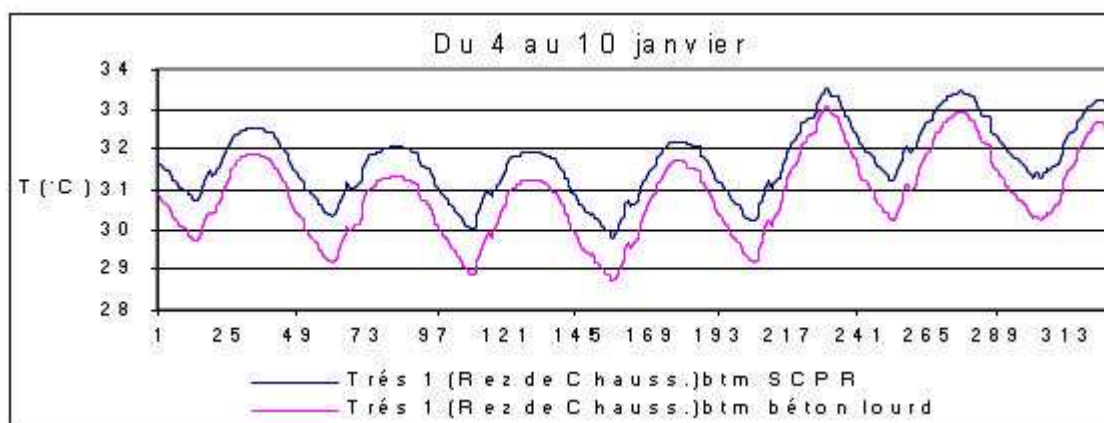
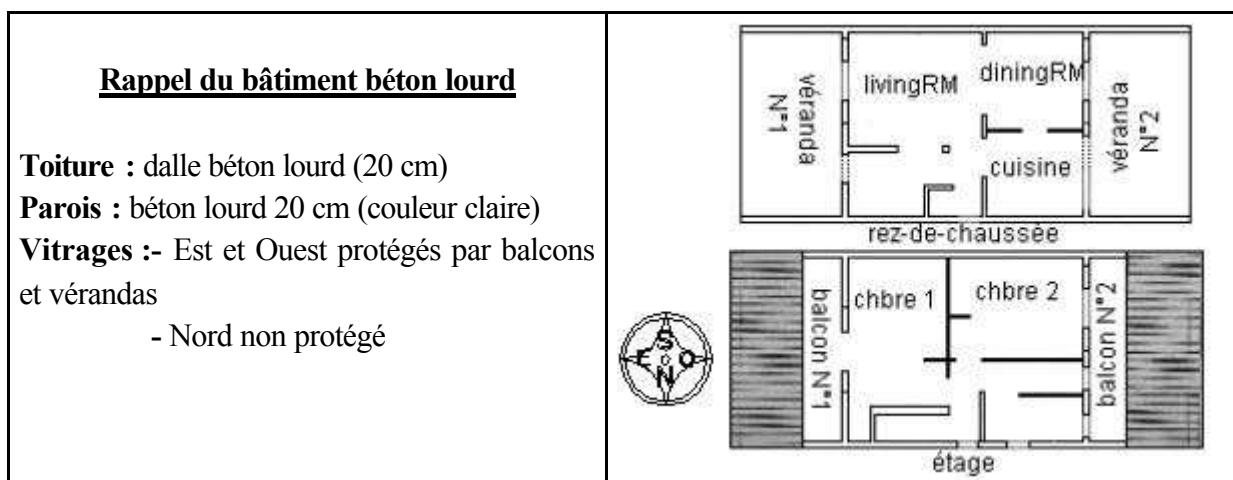
Pour confirmer cette analyse, les deux graphes suivant tracent les densités d'énergies journalières entrant et sortant par le toit (à absorptivités égales).



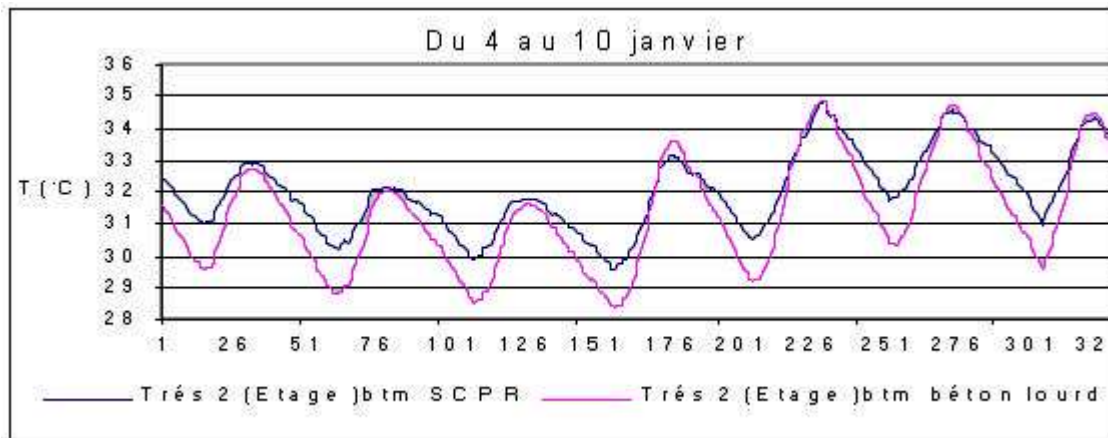
Rapporté à la surface de la dalle, cette différence de gain énergétique transmise à la zone étage est liée au fait que le complexe poutrelles & hourdis est plus isolant que la dalle en béton lourd. Des conclusions similaires sont observées vis à vis des parois verticales.

Ainsi, en terme de bilan énergétique journalier, le bâtiment SCPR fait état d'un solde net inférieur à celui du bâtiment traditionnel.

3.2.3 Comparaison Béton lourd/blocs SCPR



Au Rez-de-chaussée, les températures du bâtiment SCPR sont supérieures d'environ 0.8°C à celles du bâtiment béton lourd.



A l'étage, les températures maximales sont sensiblement les mêmes, par contre les températures minimales du bâtiment SCPR restent élevées de plus d' 1°C . Du point de vue thermique, le bâtiment béton lourd apparaît comme plus avantageux. Il convient cependant, de se rappeler que les bâtiments sont dans cette partie fermés.

3.3. Influence de la couleur et de l'enduit

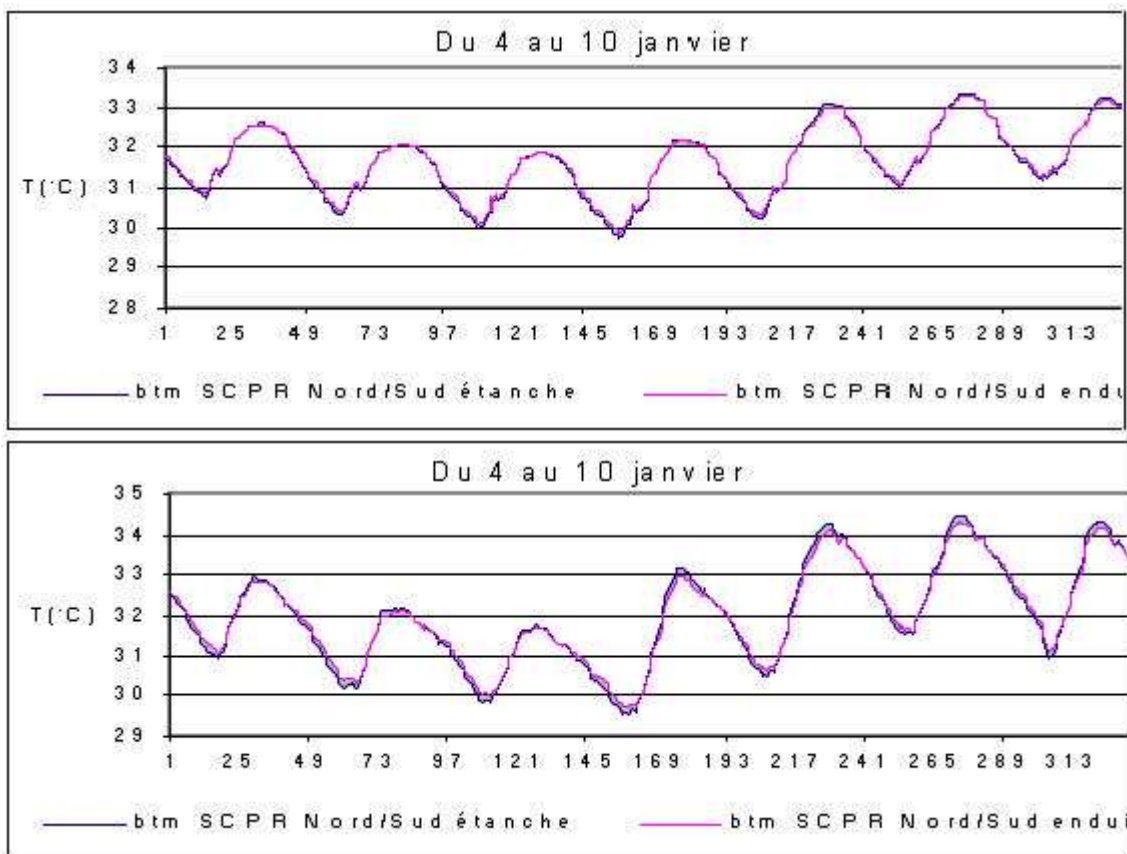
L'étude qui suit, s'effectue sur le bâtiment SCPR orienté Nord/Sud car les murs latéraux ayant les plus grandes surfaces sont alors les plus exposés : ils reçoivent le maximum de rayonnement direct. Le coefficient d'absorption extérieur initial des parois ($\alpha=0,3$) est remplacé par $\alpha=0,5$ ce qui correspond à une couleur plus sombre et une comparaison des 2 cas est menée :

- $\alpha=0,3$ pour bâtiment clair (blanc récent)
- $\alpha=0,5$ pour bâtiment sombre (blanc passé-terne)

La couche initiale de 0,3 mm d'étanchéité (à l'extérieur) est remplacée par 1,5 cm d'enduit ciment. On compare alors les températures des deux bâtiments :

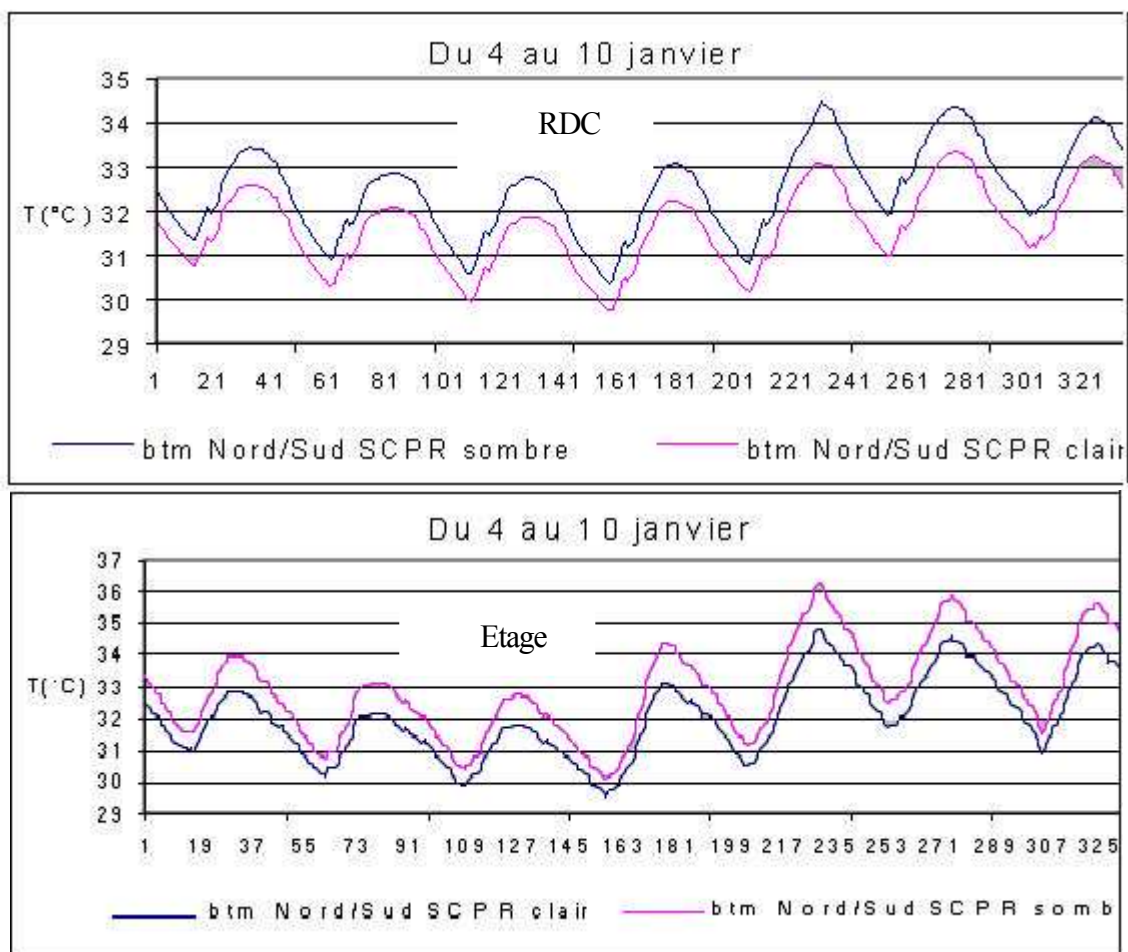
- bâtiment avec étanchéité (constitution de la paroi : 7 mm de chaux + 19 cm de parpaing + 3 mm d'étanchéité extérieure)
- bâtiment enduit (constitution de la paroi : 7 mm de chaux + 19 cm de parpaing + 1,5 cm enduit ciment)

COMPARAISON DES LOGEMENTS AVEC ENDUIT ET AVEC ETANCHEITE



La remarque est la même au Rez-de-chaussée et à l'étage, le fait de remplacer l'étanchéité par de l'enduit n'a aucun effet thermique. En effet, la valeur des résistance thermique de surfac alors mises en jeu est faible. Cependant, il est à noter qu'en l'absence d'informations détaillées, l'absorptivité de l'étanchéité a été considérée de 0,3 pour les parois verticales et de 0,4 pour le toit. Un choix différent du alpha peut conduire à des résultats différents et la teinte de ce revêtement doit être considéré avec attention, en tenant compte de son évolution dans le temps (augmentation avec le vieillissement) . Au niveau de l'analyse ECODOM du chapitre suivant, une valeur de 0.8 a été adoptée pour ces raisons.

3.4. Influence de la couleur des parois

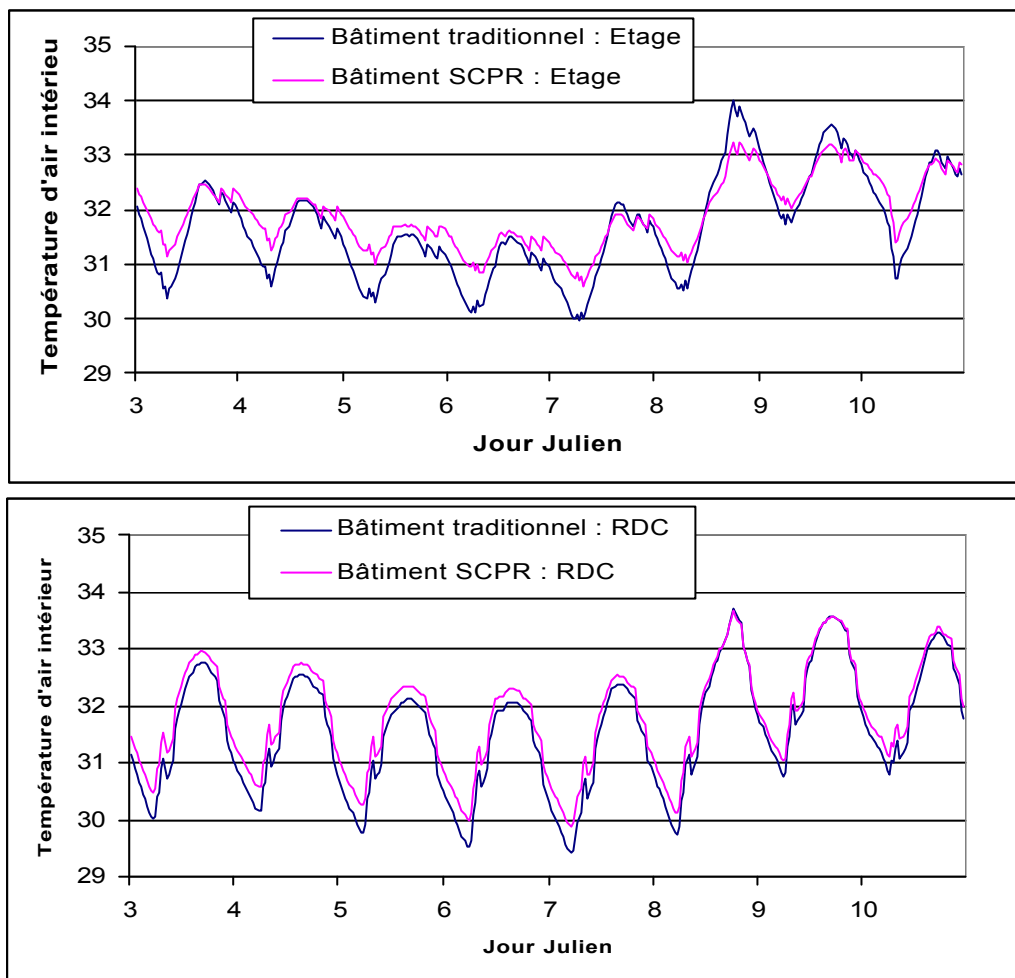


Ainsi qu'attendu, les températures du bâtiment de couleur sensiblement plus sombre sont bien supérieures dans les deux pièces (d'environ 1°C) à celles du bâtiment de couleur claire. Les deux étant de même constitution, l'écart s'explique de manière simple par une absorptivité du rayonnement de courte longueur d'onde plus importante dans le cas sombre.

3.5 Isolation du toit

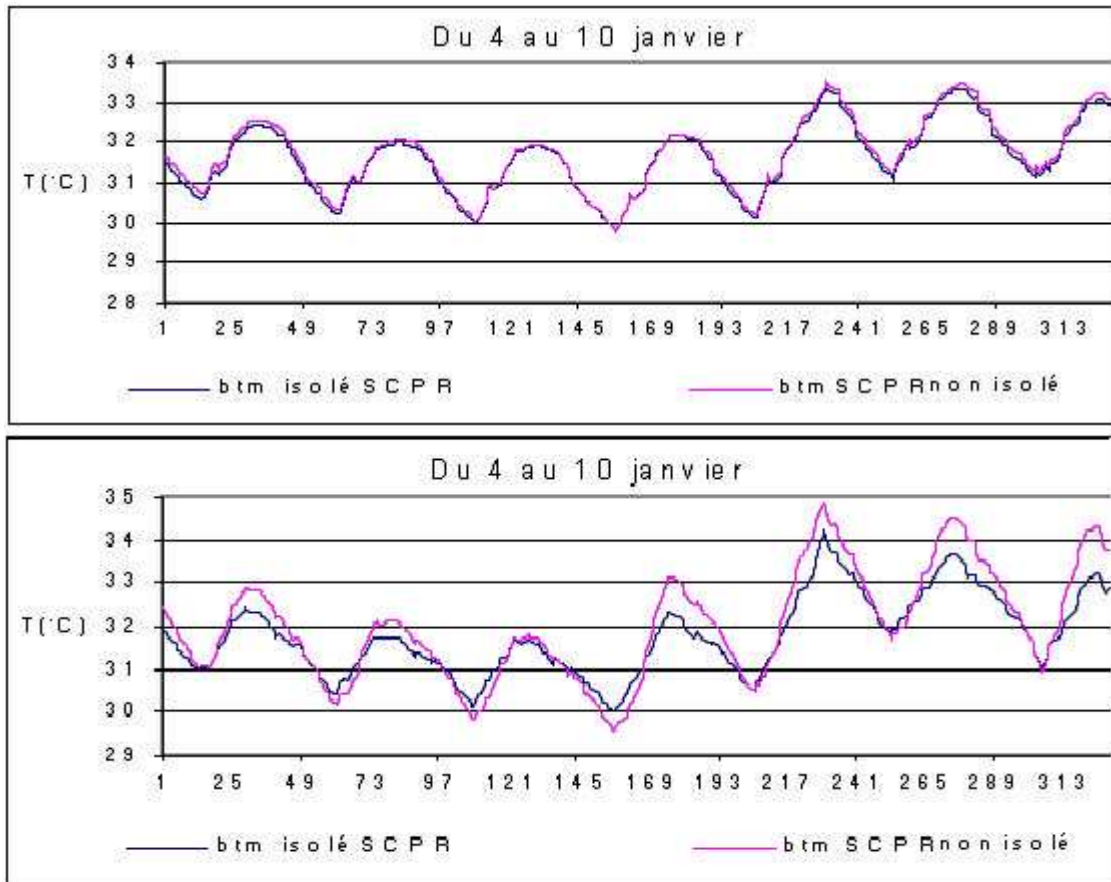
Considérons les deux bâtiments en parpaing auxquels une couche d'isolant de 6 cm au niveau de la toiture est rajoutée. L'étude s'effectue en deux parties : d'abord les deux bâtiments isolés sont comparés ensuite ceux des bâtiments SCPR sans/avec isolation.

Comparaison bâtiments isolés SCPR/traditionnel



Les températures des zones des deux bâtiments restent très élevées par rapport à l'air extérieur, et entre elles, aucune différence significative n'est observée. La différence de température observée à l'étage dans le cas non isolé entre les bâtiments SCPR et traditionnel est liée à la résistance de la toiture SCPR plus élevée que celle de la toiture traditionnelle. Les graphes montrent que la rajout de l'isolation confère aux deux toitures un comportement thermique assez similaire.

Comparaison bâtiments SCPR toit isolé /SCPR toit non isolé



Le Rez-de-chaussée n'est pas affecté par l'isolation de la toiture. Remarquons qu'à l'étage, surtout pour les journées les plus chaudes, les températures maximales du bâtiment isolé ne diminuent en moyenne que de 0,5 °C. En effet, de par la valeur de la résistance thermique de la dalle à base de poutrelles/hourdis, le fait de rajouter une isolation ne change pratiquement pas les températures. Cette remarque est toutefois à mettre en balance par rapport à la valeur 0.4 de l'absorptivité correspondant à une couleur claire.

3.6 Ventilation naturelle

Rappel :

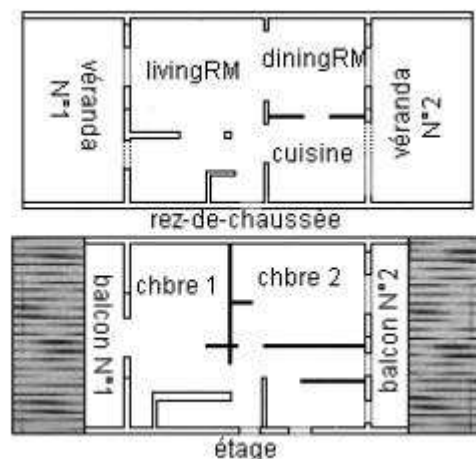
Toiture: chaux + hourdis(16)+ table 4cm + étanchéité

Parois: chaux + parpaing (19 cm) + étanchéité

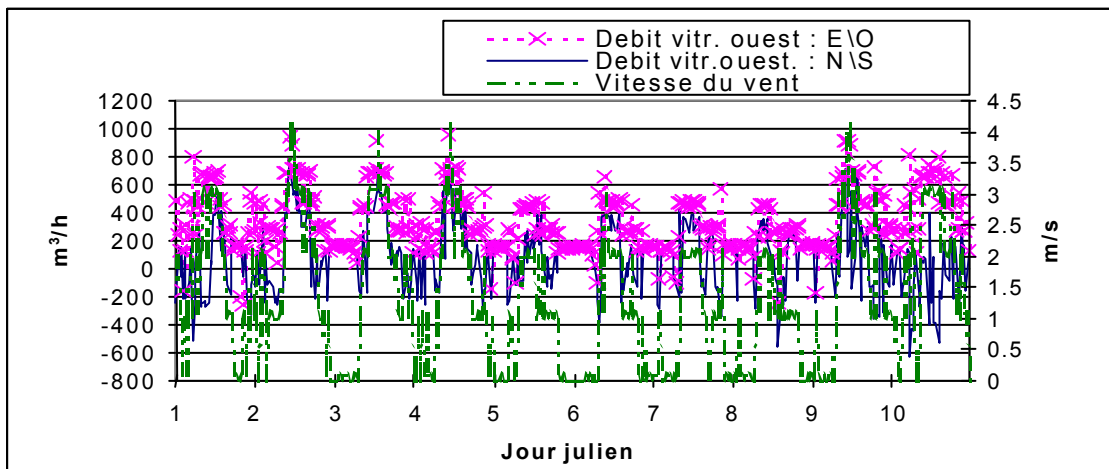
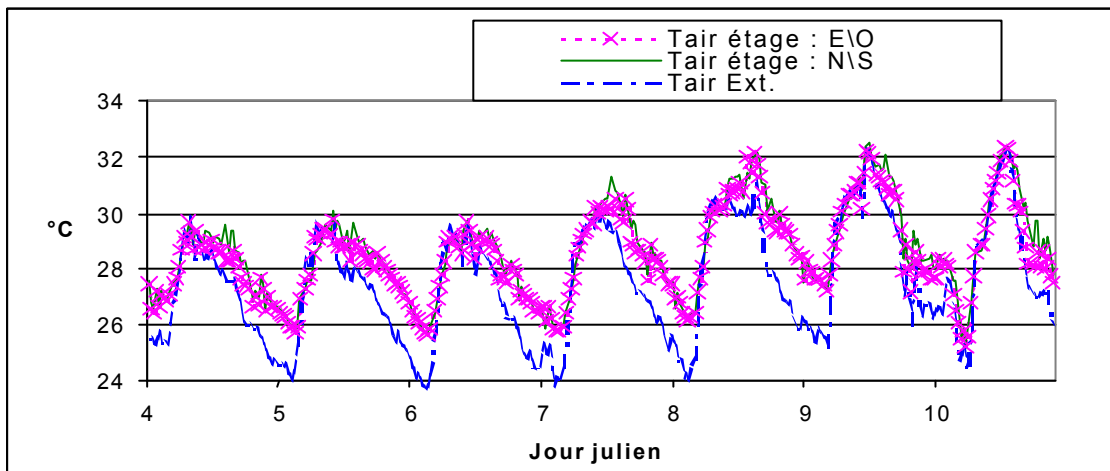
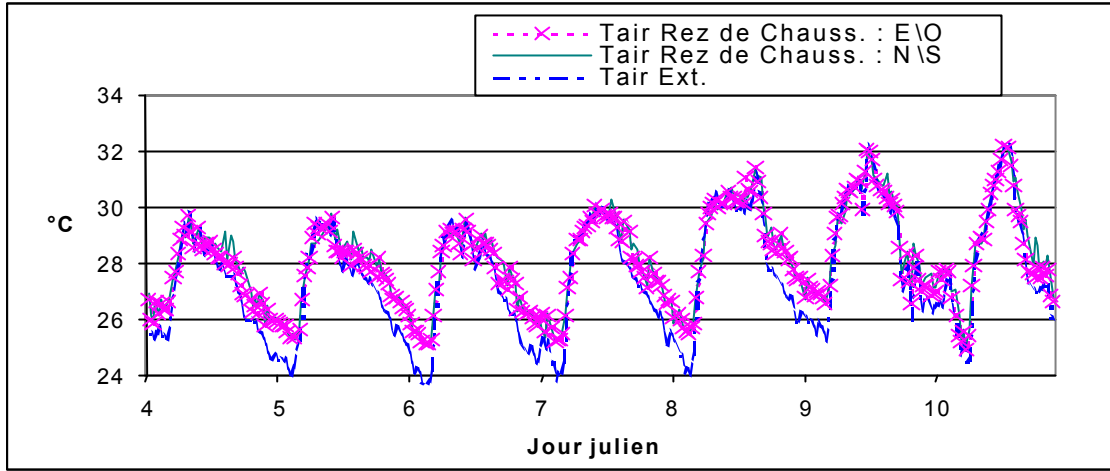
Dalle inter : hourdis (12) + 4 cm de table

Vitrages : -Est et Ouest

- Nord non protégés



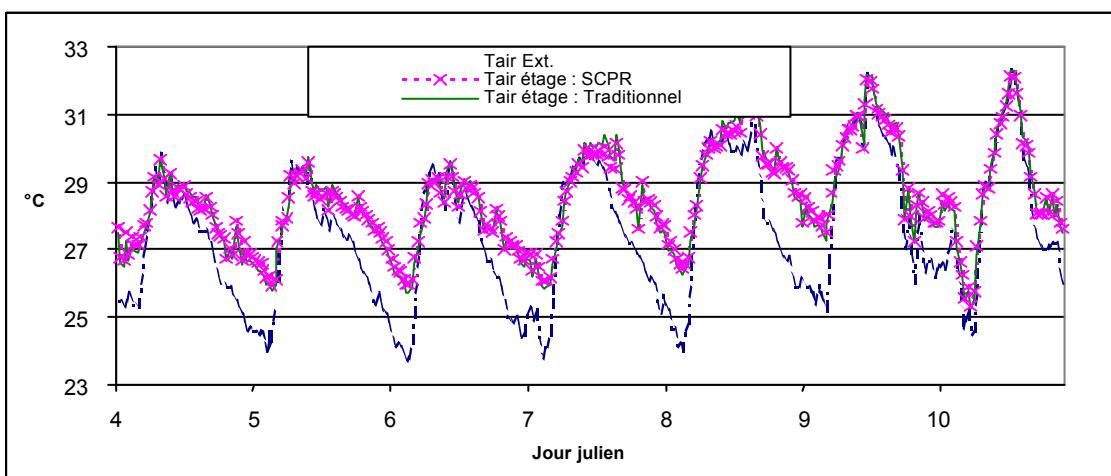
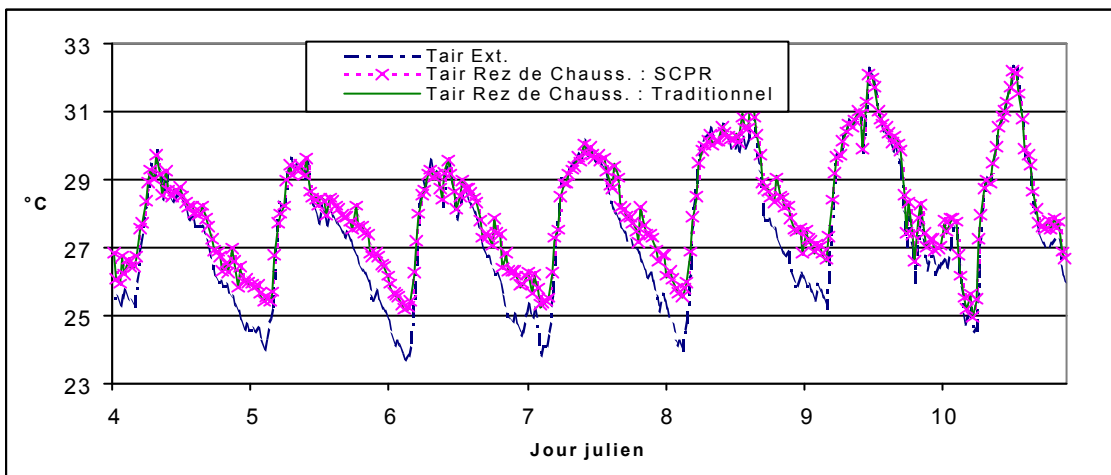
INFLUENCE DE L'ORIENTATION DU BATIMENT : ORIENTATIONS NORD/SUD ET EST/OUEST

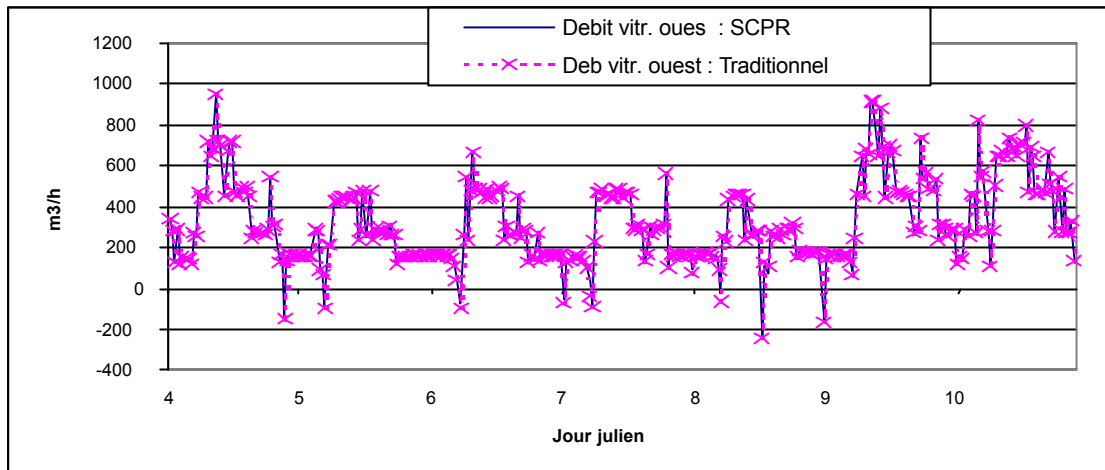


Du fait de la ventilation naturelle des pièces (de par les surfaces des ouvertures), les températures d'air intérieures sont égales à celle de l'air extérieur durant la journée, mais supérieures à celles-ci la nuit. Cela est dû à la diminution de l'intensité du vent la nuit (brise thermique). A première vue, étant donnée l'évolution des températures prédites dans les deux logements, il semble que l'orientation du bâtiment vis-à-vis des alizés, ait un faible impact sur la température d'air intérieur. Cependant, remarquons que le débit d'air traversant les pièces de vie est plus élevé dans le cas où le bâtiment est orienté dans le sens des alizés, permettant ainsi une amélioration de la sensation de confort perçue par les occupants.

INFLUENCE DU TYPE DE MATERIAUX

Il apparaît très peu de différences entre le comportement du bâtiment en béton lourd et celui en parpaing SCPR. Ceci est dû à la ventilation des pièces qui est suffisante dans les deux cas pour maintenir les températures d'air intérieur proche (voire même souvent égale) à celle de l'air extérieur.





La ventilation naturelle des pièces de vie est essentielle pour optimiser les performances énergétiques des logements et ce, quelque soit leur constitution. Le vent étant généralement faible, la nuit il serait souhaitable d'orienter les bâtiments (les ouvrants) dans le sens des brises thermiques. De même, il est souhaitable que toutes les surfaces vitrées soient ouvrables (baies vitrées ou jalousies), bien que le cas présenté possède une porosité suffisante.

3.7 Analyse comparative du confort

3.7.1 Indices de confort

Cette partie propose une extension des conclusions précédentes à partir de notions liées au confort thermique. Pour pouvoir qualifier le confort thermique, des indices de confort sont utilisés. Ces indices dépendent de 6 paramètres, les premiers étant liés aux conditions d'ambiances intérieures (et en général appréhendées par les codes de calcul) et les seconds aux occupants.

- La température d'air
- La température radiante moyenne
- La vitesse d'air
- L'humidité relative

- L'activité
- La vêtue

A partir de ces variables, divers indices de confort ont été définis :

- des indices de températures
- des indices de confort
- des indices de sensation thermique

L'indice le plus utilisé est le **PMV** (pour Predicted Mean Vote). Il donne le vote moyen d'un groupe de personnes placé dans une ambiance donnée. D'après FANGER, cet indice est lié au *PPD*, qui donne le pourcentage prévisible d'insatisfaits. La norme ISO 7730 (établie en 1984) "*Moderate Thermal Environments -- Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort*," utilise le modèle PMV-PPD pour la définition des zones de confort. C'est la norme la plus utilisée à l'extérieur des Etats-Unis actuellement.

PMV* ou PMV Int-Hout : Nouvel indice, dit nouveau PMV, proposé par GAGGE. Cet indice est plus adapté aux ambiances sèches et humides en remplaçant la température opérative par la **SET***. Selon les simulations de l'ASHRAE cet indice conviendrait mieux aux milieux tropicaux humides. Il est très sensible (plus que le PMV) au vent et à l'humidité relative.

Les échelles des indices

Chaque indice possède son échelle de valeur. L'indice PMV possède 7 niveaux qui sont :

- (-3) Très froid
- (-2) Froid
- (-1) Légèrement froid
- (0) Ni froid , Ni chaud
- (1) Légèrement chaud
- (2) Chaud
- (3) Très chaud

L'indice PMV* : 9 niveaux

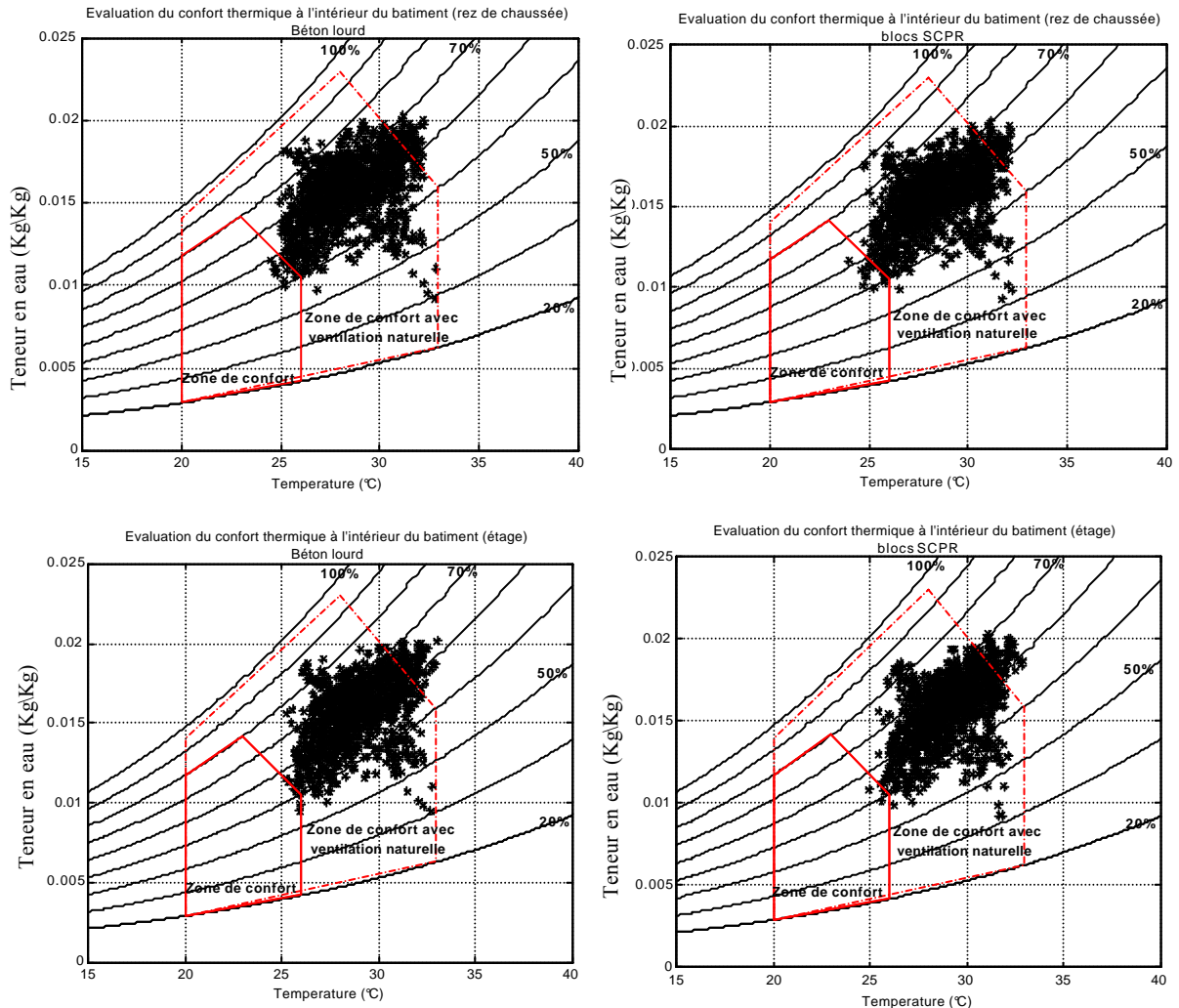
- (-3) Très froid
- (-2) Froid
- (-1) Légèrement froid
- (0) Ni froid, Ni chaud
- (1) Tiède léger acceptable
- (2) Tiède léger désagréable
- (3) Chaud tolérable
- (5) Très chaud
- (6) Intolérable

Le PMV et le PMV* fournissent les mêmes valeurs pour les milieux froids. Ils diffèrent pour les milieux chauds.

Pour ces deux indices, plus la valeur obtenue se rapproche de zéro plus les conditions de confort sont acceptables.

II - Simulations

Les simulations ont donc été effectuées pour une saison chaude, pour les pièces placées au Rez-de-chaussée et à l'Etage du bâtiment. Sur la figure suivante, l'utilisation du diagramme de *Givoni* permet de voir que les appartements ne peuvent assurer des conditions de confort thermique qu'en présence d'une vitesse d'air de 1m/s. Cette condition ne peut être atteinte que dans le cas logement ouvert.



Diagrammes bioclimatiques pour les deux modes de constructions (Etage et Rez-de-chaussée)

Dans le but d'effectuer une analyse plus fine, nous avons déterminé les indices de confort PMV* pour 3 vitesses d'air à l'intérieur des logements :

- 0.1m/s
- 0.3m/s
- 1m/s

Nous avons adopté les hypothèses suivantes pour l'individu placé dans ces environnements :

- Vêtue de 0.5 CLO, correspondant à un habillement adéquat en milieu tropical.
- Activité de 1 MET : Personne assise sans effort apparent.

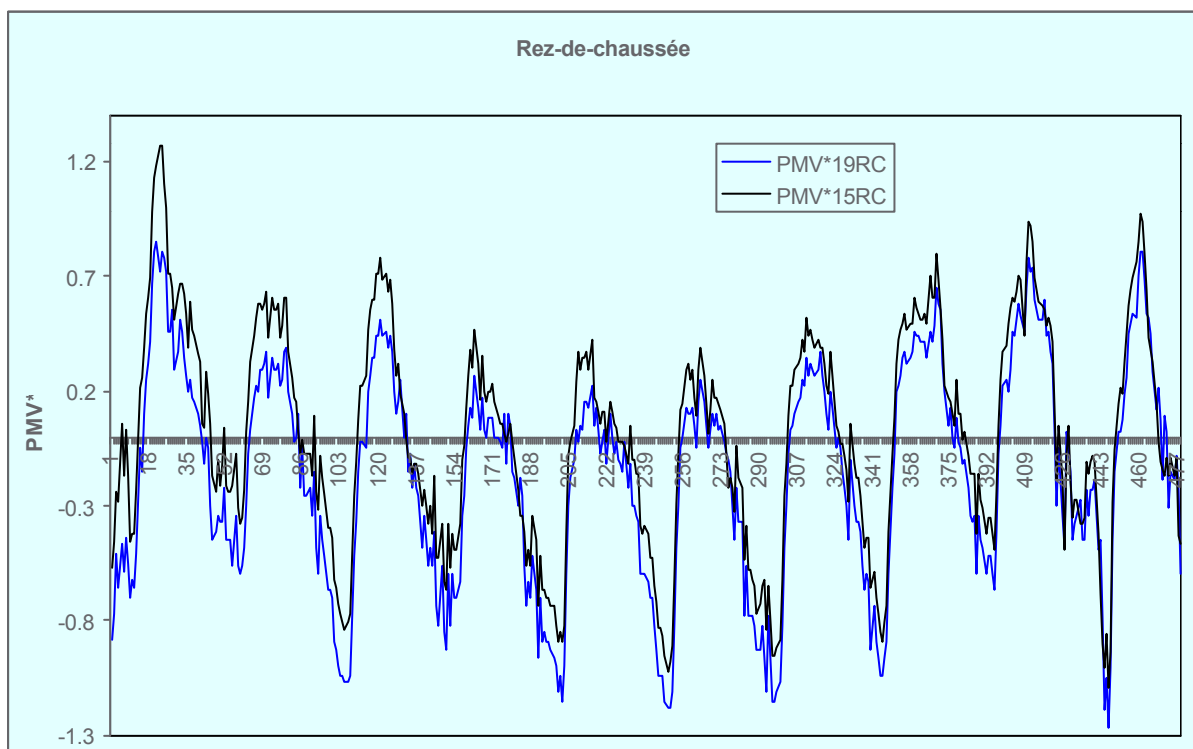
NB : Le logiciel utilisé est le LOGICIEL ASHRAE.

Lors d'une simulation sur un fichier de données, ce logiciel prend une valeur unique pour la Trm (température radiante moyenne). Pour les simulations, la valeur utilisée est la moyenne sur les jours de simulation .

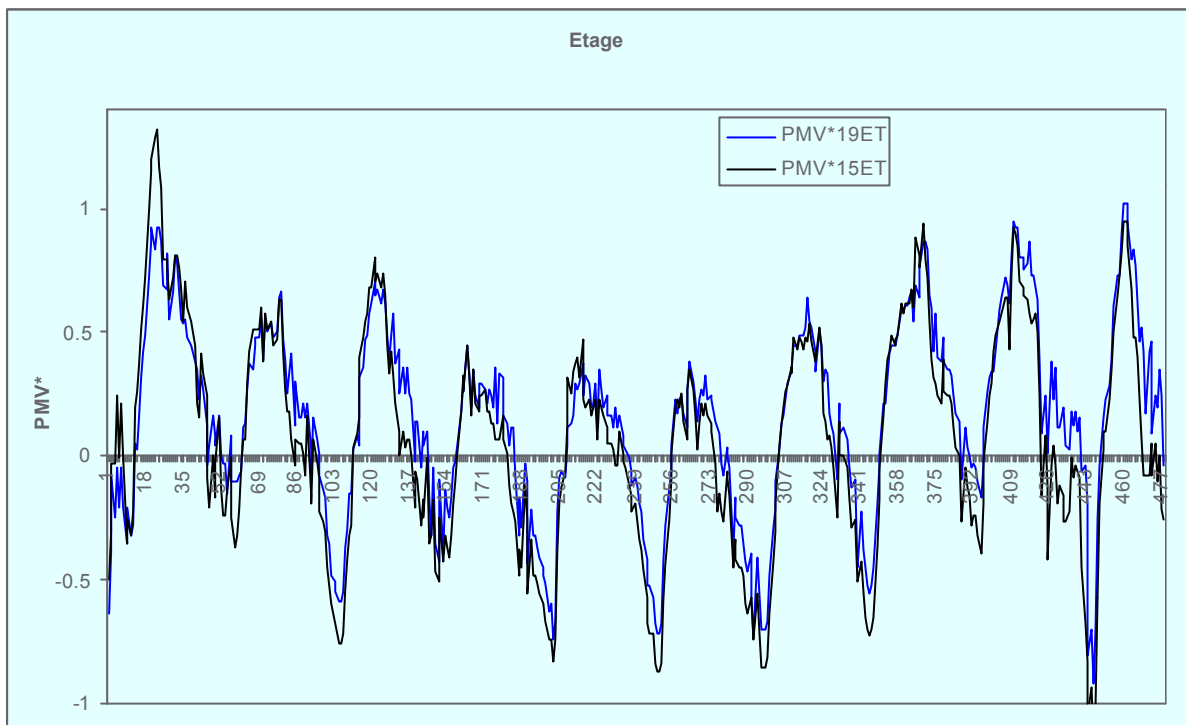
Pour chaque vitesse d'air, une comparaison du PMV* a été effectuée entre le cas traditionnel (utilisation du béton lourd) par rapport à la maison modifiée.

Rez-de-chaussée

Une diminution du PMV* est observée (bien que minime), sur les 10 jours aussi bien pour $v=0.1\text{m/s}$, $v = 0.3\text{m/s}$ et $v=1\text{m/s}$, conduisant à une moindre sensation de chaleur. Le bloc SCPR tend à limiter l'augmentation de température en milieu de journée et limite la sensation de froid pendant la nuit.



*Indice PMV * pour le Rez-de-chaussée, cas 1m/s.*



Indice PMV* pour l'étage, cas 1m/s

Il est à noter que les résultats ne sont pas concluants pour les trois vitesses. Les deux bâtiments ont un comportement similaire vis à vis des conditions de confort. Le niveau moyen de confort thermique est assez proche du niveau neutre.

Conclusions

Cette analyse nous a permis de montrer qu'en cas de ventilation, le confort thermique était assuré par les deux bâtiment, avec toutefois une légère amélioration dans le cas SCPR. L'amélioration est plus notable pour les pièces à l'étage, cette zone étant plus sollicitée radiativement et mieux ventilée (porosité étage > celle RDC).

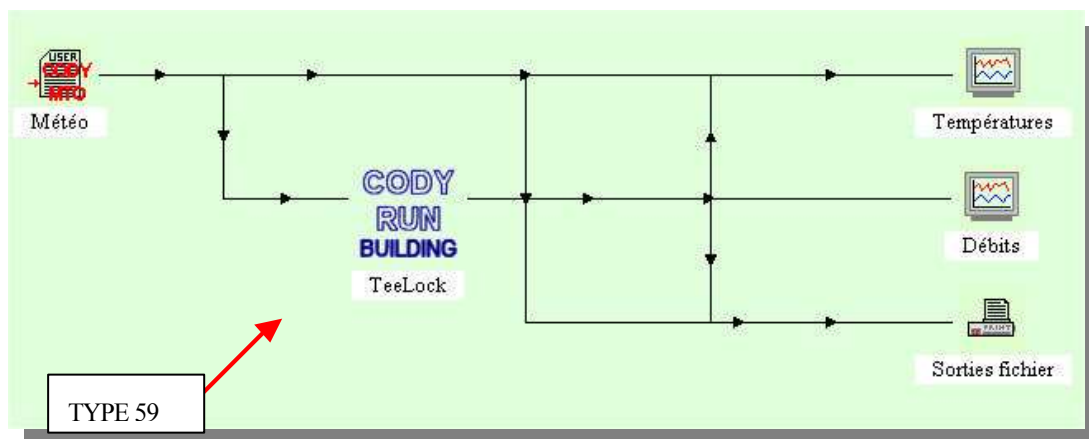
3.8 Influence de la ventilation des hourdis

Le bâtiment a été modifié pour pouvoir ventiler les hourdis :

- la surface de la dalle qui forme le toit a été ajustée pour représenter de manière convenable le volume de béton présent dans les hourdis.
- une nouvelle zone (2.34 m³, intitulée *Hourdis*) a été créée entre l'étage et l'extérieur pour modéliser la lame d'air présente dans les hourdis et les deux couches de béton (supérieure et inférieure à la lame d'air).
- des ouvertures de 5cm de diamètre assurent la ventilation de chaque alignement de hourdis sur la face Nord et le face Sud du bâtiment. Elles sont au nombre de 10 par faces, pour former de chaque côté une ouverture de 0.02 m²)

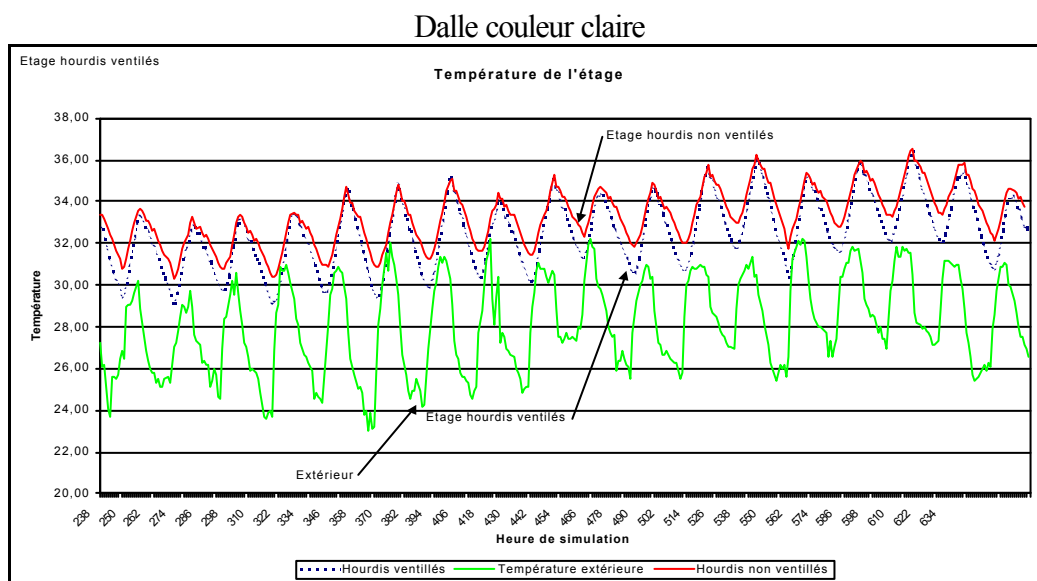
3.8.1 Modélisation du cas

La définition du bâtiment a été réalisée sous CODYRUN et les simulations ont été faites sous l'environnement TRNSYS. Depuis quelques mois le noyau de calcul de CODYRUN fait partie de TRNSYS sous la forme d'un type, nommé Type 59. De cette manière, il est possible d'utiliser la puissance de CODYRUN dans un environnement offrant des boîtes à outils (composants du type systèmes de traitement d'air, □) et des utilitaires d'analyse et de contrôle.

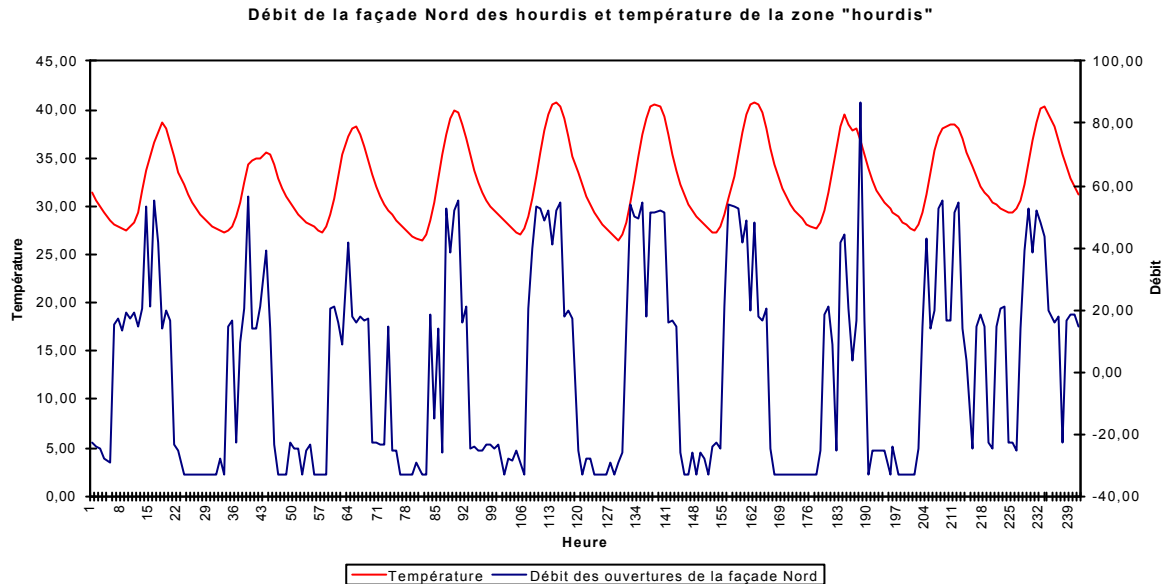


3.8.2 Résultats des simulations

Influence des hourdis ventilés sur le bâtiment fermé



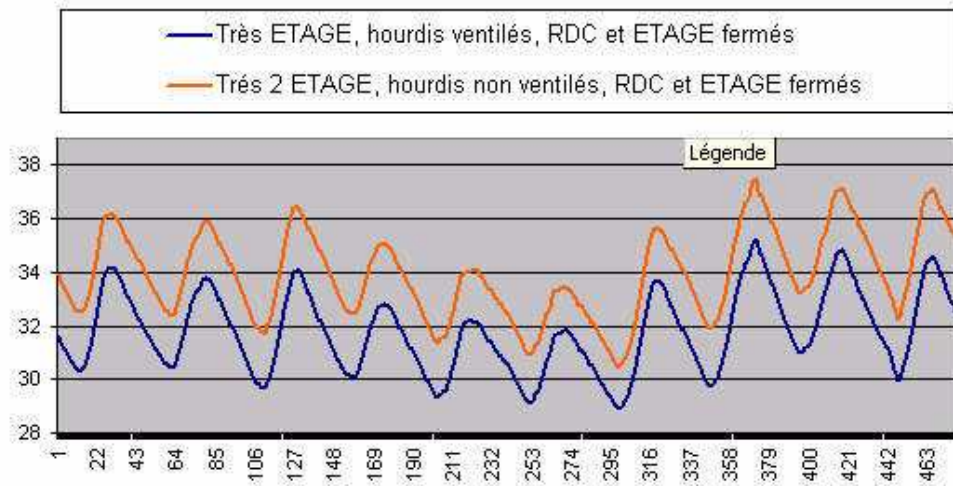
Sur la figure, nous pouvons remarquer que la ventilation des hourdis a un impact notable (1°C max) sur les minima et non les maxima. Nous remarquons que l'écart de température n'est pas très important ($\approx 0.5^{\circ}\text{C}$). Le Rez-de-chaussée est très peu affecté par la modification.



Le type 59 permet de calculer les débits entrant et sortant. Sur la figure précédente, nous pouvons observer le débit à travers toutes les ouvertures de la façade Nord et la température, de la zone *Hourdis*. Les variations de débit sont dues au vent mais visiblement aussi à la température des parois des hourdis. Les variations de température importantes dues au rayonnement solaire et à la température extérieure induisent des variations locales de la masse volumique de l'air dans cet espace fortement sollicité. C'est la raison pour laquelle, les phénomènes thermo-convectifs génèrent des débits importants entre les hourdis et l'extérieur. Le renouvellement d'air de la zone «hourdis» est au maximum entre 20 et 40 fois le volume de la zone, ce qui apparaît constituer une fourchette de valeurs réaliste. **Sur la figure présentée, l'absorptivité de l'étanchéité au dessus de la dalle terrasse est de 0,4** (couleur claire).

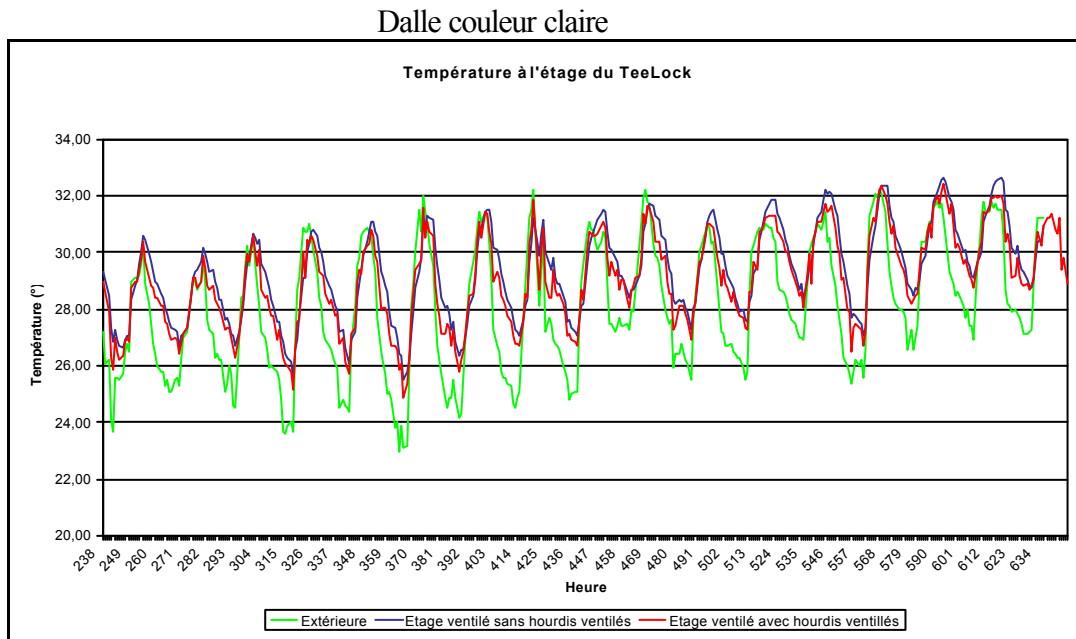
Il ne s'agit que d'une première analyse qui se proposait de donner des éléments de réponse à la question posée de l'efficacité de la ventilation des hourdis. Dans la modélisation effectuée, le « groupage » des vides d'une part pour former la zone hourdis et des ensembles cloisons & poutrelles tend à minimiser les surfaces d'échanges entre l'air de la zone hourdis et les parties pleines des hourdis. En conséquence, une modélisation plus fine devrait être menée en considérant une modélisation multizone des hourdis. Dans ces conditions, des performances encore plus significatives (en particulier la journée) de cette disposition devraient alors être affichées.

Pour mieux cadrer avec la réalité de la mise en oeuvre de l'étanchéité bitumeuse (prenant alors en compte une couleur sombre, absorptivité =0.8), un second jeu de bâtiments a été simulé et fournit les éléments suivants :



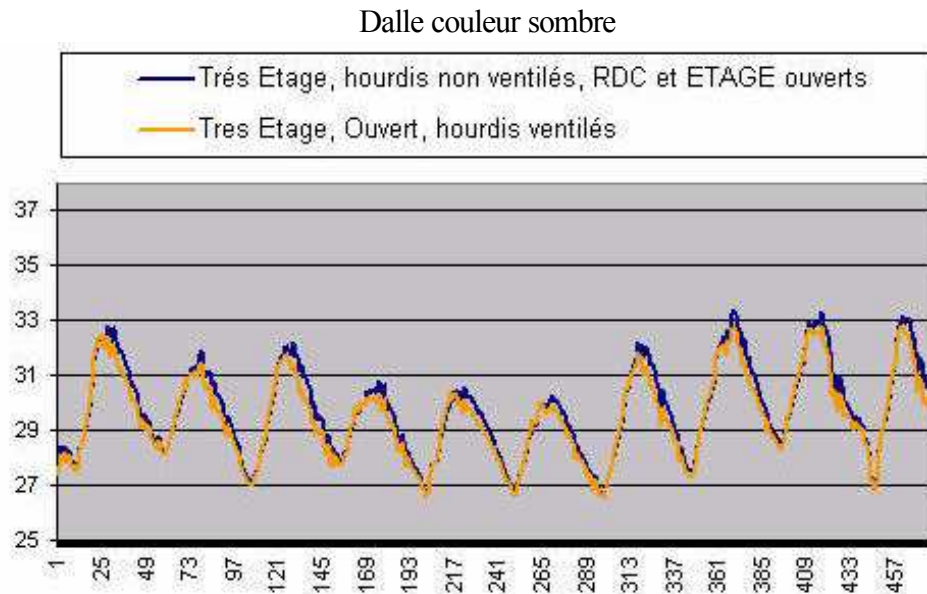
En présence d'une couleur sombre en face extérieure de toiture, un décalage très net et constant de 2°C est obtenu en terme d'amélioration des températures résultantes intérieures à l'étage. Il s'agit donc d'une disposition très intéressante, sous réserve de sa réalisation pratique.

Influence des hourdis ventilés sur le bâtiment ventilé

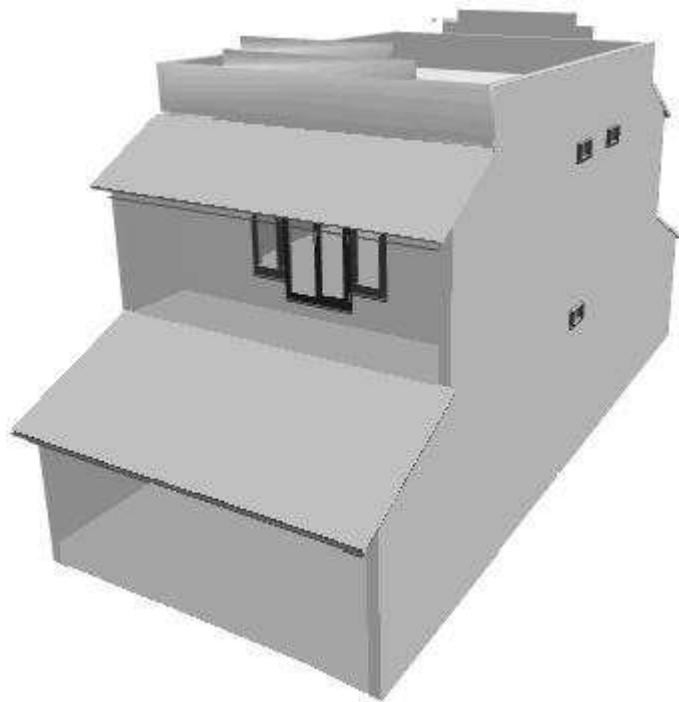


Bâtiment et hourdis ventilés (Etage)

Quand le bâtiment est complètement ouvert et que les hourdis sont ventilés, les différences de températures en cas de couleur claire sont faibles. La contribution des hourdis à l'amélioration de la température dans la maison est d'environ 0.2°C.



En conclusion, les simulations ont montré que la mise en place de hourdis au niveau du toit n'a une véritable influence que pour l'étage avec le bâtiment fermé et présence d'une étanchéité de couleur sombre. Le gain en température est de l'ordre de 2°C pendant la nuit. Dans toutes les autres configurations, il y a une diminution de la température de l'ordre de 0.2°C dans les configurations les plus défavorables.



Chapitre 4 : Analyse de la conformité ECODOM

4.1 Introduction

La présente note a pour but de présenter le label ECODOM et d'analyser un logement du projet architectural de TEELock ASSOCIATES selon les principes de ce label.

Le label ECODOM a été lancé en 1997 dans l'ensemble des départements d'Outremer français (Guadeloupe, Martinique, Guyane et Réunion). L'objectif est d'améliorer la conception thermo-aéraulique des logements neufs en utilisant des solutions techniques dites « passives », c'est à dire sans avoir recours à la climatisation.

Les analyses sont réalisées grâce à un document papier de 30 pages appelé «document de référence ECODOM». Ce document sert de base de travail commune entre les différents intervenants du projet (architecte, maître d'ouvrage et Université de La Réunion). Ce dernier a été établi grâce au logiciel *CODYRUN* avec en amont un travail important de simulations afin d'optimiser les différentes solutions passives.

L'objectif final était de produire un document simple, pédagogique et utilisable par tous sans avoir recours à un outil de simulation informatique.

4.2 Le document de référence ECODOM

Le document de référence ECODOM comprend cinq parties différentes, chacune présentant les prescriptions pour une partie du bâtiment, de son environnement ou de ses systèmes associés :

- Implantation sur le site (protection végétale obligatoire sur la périphérie du bâtiment) ;
- Protection solaire (toiture, murs, ouvertures) ;
- Ventilation naturelle (calcul des porosités intérieure et extérieure nécessaires) ;
- Eau chaude sanitaire (recours à l'eau chaude solaire, au gaz ou au stockage d'eau chaude électrique par chauffe-eau asservi) ;
- Option chambre climatisée (traitement spécifique de l'enveloppe, gestion de l'air neuf et du système de climatisation).
-

Pour chacune de ces parties, un choix de solutions techniques simples est proposé à l'architecte ou au bureau d'étude en charge de l'analyse du projet.

Par exemple, si l'architecte choisit dans son projet d'avoir une toiture de couleur rouge ($\alpha=0,6$), le tableau 1 permet d'avoir l'isolation thermique optimale adaptée à la couleur choisie. Dans notre cas, une épaisseur d'isolant type polystyrène de 8 cm est nécessaire.

En ce qui concerne la protection solaire des ouvertures, il est exigé que toutes les ouvertures possèdent un dispositif de protection solaire, que ce soit des débords horizontaux, verticaux ou encore des jalousies opaques. Si le choix de l'architecte est l'utilisation de débords horizontaux, le tableau qui suit donne les dimensions du débord en fonction de l'orientation des ouvertures et des caractéristiques géométriques.

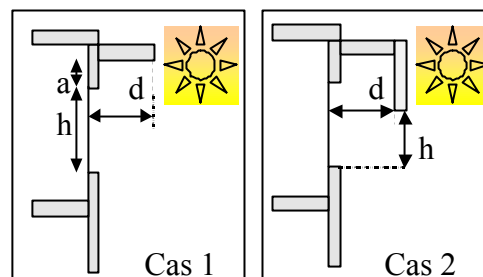
Épaisseur d'isolant requise (en cm) en fonction de la couleur de toiture

Toiture simple isolée

Couleur toiture	Isolant type polystyrène	Isolant type polyuréthane
	$\lambda = 0,041 \text{ W/m.K}$	$\lambda = 0,029 \text{ W/m.K}$
claire ($\alpha = 0,4$)	5 cm	4 cm
moyenne ($\alpha = 0,6$)	8 cm	6 cm
foncée ($\alpha = 0,8$)	10 cm	8 cm

Valeurs de $d/(2a+h)$ (cas 1), ou d/h (cas 2)

	Orientation			
	Est	Sud	Ouest	Nord
Réunion	0,8	0,3	1	0,6
Guadeloupe	0,8	0,6	1	0,3



De même, la protection solaire des murs peut être assurée par débord ou isolation thermique. Des tableaux fournissent les épaisseurs d'isolant requises en fonction du type de matériau utilisé, de l'orientation de la paroi et de sa couleur.

Pour la ventilation naturelle, il est demandé que le logement soit entièrement traversant : à chaque niveau ou étage, il doit posséder des ouvertures dans les pièces principales sur au moins deux façades opposées (les pièces principales étant les chambres et le séjour). Le calcul de la porosité ECODOM s'effectue en faisant la moyenne de la surface des deux façades opposées. Les ouvertures de deux façades ainsi que les ouvertures intérieures doivent avoir une surface au moins égale à 25% de cette moyenne.

4.3 Analyse d'un logement du projet TEELOCK ASSOCIATES

Nous allons maintenant analyser un logement de l'opération TEELOCK ASSOCIATES en supposant une orientation EST-OUEST des façades principales.

4.3.1 L'environnement du bâtiment

Les surfaces bitumées et bétonnées aux abords du bâtiment doivent être évitées. Celles-ci augmentent en effet les apports thermiques et réchauffent l'air ambiant autour du bâtiment.

Pour éviter cela, le **sol fini autour du bâtiment doit être protégé** efficacement de l'ensoleillement direct sur au moins les trois quart de sa périphérie **sur une bande d'au moins trois mètres de large**.

Cette prescription est couramment satisfaite :

- Par une végétalisation du sol (pelouse, arbustes, végétation) aux abords du bâtiment ;
- Par toute solution de type écran solaire végétal située au-dessus du sol et protégeant celui-ci (sol minéral ou sol fini) du rayonnement direct.

4.3.2 Protection solaire de la toiture

Dans les DOM, le toit est le composant du bâtiment le plus exposé aux apports solaires (celui-ci reçoit en puissance plus de 1.2 kW/m² reçu par un plan horizontal en Janvier et en énergie jusqu'à 7 kWh/m²). Les apports thermiques par la toiture peuvent représenter jusqu'aux 2/3 des apports thermiques par les parois du bâtiment.

Deux types de traitement de toiture sont à considérer :

- Pour les toitures simples (toitures terrasses, rampantes ou avec combles fermés ou faiblement ventilés) : les toitures doivent être isolées thermiquement ;
- Pour les toitures avec combles fortement ventilés : les plafonds et combles peuvent ne pas être isolés thermiquement.

Toitures simples isolées (toitures terrasses, rampantes ou avec combles fermés ou faiblement ventilés).

Dans les cas usuels, les toitures doivent être isolées avec les épaisseurs d'isolant minimales suivantes (en cm) :

Correspondance couleur de toiture/épaisseur d'isolant requise pour une toiture simple

<i>Toiture simple isolée</i>		
Couleur toiture	Isolant type polystyrène expansé, laine de verre ou laine de roche	Isolant type polyuréthane ou polystyrène extrudé
	$\lambda = 0.041 \text{ W/m.K}$	$\lambda = 0.029 \text{ W/m.K}$
Couleur claire ($\alpha = 0.4$)	5 cm	4 cm
Couleur moyenne ($\alpha=0.6$)	8 cm	6 cm
Couleur sombre ($\alpha = 0.8$)	10 cm	8 cm

Les correspondances entre le coefficient d'absorption α (absorptivité) et la couleur de la toiture est indiqué par le tableau ci-dessous :

Correspondance couleur/absorptivité

Catégorie de teinte	Couleur	Valeur de α à utiliser
Claire	Blanc, jaune, beige clair, crème	0.4
Moyenne	Rouge sombre, vert clair, bleu clair	0.6
Sombre	Brun, vert sombre, bleu vif, gris clair, bleu sombre	0.8
Noire	Gris foncé, brun, sombre, noir	1

4.3.3 Toiture avec combles fortement ventilés ou surtoitures

Une toiture avec combles est considérée comme fortement ventilée lorsqu'elle comporte des ouvrants de ventilation répartis uniformément sur tout le périmètre de celle-ci, et dont la surface projetée sur un plan horizontal satisfait l'équation :

$$S_o/S_T > 0.15$$

Avec : S_o : Surface totale d'ouverture

S_T : Surface de toiture

Dans ce cas, la dalle sous comble doit satisfaire les prescriptions suivantes :

Correspondance couleur de toiture/épaisseur d'isolant requise pour une toiture avec comble fortement ventilés (Source : Document ECODOM)

<i>Toiture avec comble fortement ventilé</i>		
Couleur toiture	Isolant type polystyrène expansé, laine de verre ou laine de roche $\lambda = 0.041$ W/m.K	Isolant type polyuréthane ou polystyrène extrudé $\lambda = 0.029$ W/m.K
claire ($\alpha = 0.4$)	pas d'isolation nécessaire	
moyenne ou sombre ($\alpha=0.6$)	2 cm	0 cm

4.3.4 Méthode du facteur de transmission solaire F.T.S.

Dans le cas où les isolants utilisés ne rentrent pas dans les cas énoncés précédemment, il est possible d'utiliser la méthode du facteur de transmission solaire. Cette méthode s'applique pour :

- Les toitures terrasse
- Les toitures rampantes sous comble ;
- Les toitures avec combles fermés ou faiblement ventilés.

Dans ce cas, la toiture doit avoir un facteur de transmission solaire global inférieur à 0.014.

$$\mathbf{F.T.S. < 0.014}$$

$$\mathbf{\text{Avec F.T.S.} = (0.05 \times \alpha) / (R + 0.22)}$$

Où : R est la résistance thermique de la toiture (exprimée en $m^2.K/W$) calculée selon les méthodes usuelles (règles ThK77)

Nota : Dans le cas d'isolants thermiques réfléchissants, on s'assurera que dans les conditions d'utilisation, la « résistance thermique équivalente » satisfait ces prescriptions.

4.3.5 Le cas de la toiture TEELock

Les toitures du projet TEELock sont en plâtre/hourdis+table/étanchéité bitumineuse.

La résistance thermique de cette toiture est égale à $0.156 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$.

Nous prendrons une absorptivité de 0.8. En effet, les étanchéités de toiture sont en général grises ou vertes foncées.

Soit R_{tot} , la résistance thermique de la toiture.

Soit e l'épaisseur d'isolant à calculer.

On prendra comme λ de l'isolant $\lambda = 0.041 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}^{-1}$

$$R_{\text{tot}} = e/\lambda + 0.156$$

$$R_{\text{tot}} = 0.05 \cdot 0.8 / 0.041 - 0.22 \Leftrightarrow 0.156 + e/l = 2.637$$

$$\text{soit } e = 10 \text{ cm}$$

Observations pour la protection solaire de la toiture :

La toiture n'est pas conforme à ECODOM.

Pour que la toiture soit conforme à ECODOM, il faudrait donc rajouter 10 cm d'isolant type polystyrène.

Nota : Concernant les toitures en tôle utilisées en protection solaire des vitrages, il faudrait veiller à ne pas laisser la tôle nue et prévoir à minima un parement en faux-plafond. En effet, le rayonnement de la tôle peut être une source d'inconfort. L'idéal serait de la tôle avec une isolation thermique de 5 cm entre celle-ci et le faux plafond.

4.4 Protection solaire des baies vitrées

La protection solaire des baies vitrées est fondamentale, non seulement car elles représentent généralement 15% à 30% des apports thermique par les parois (35% à 55% pour les espaces qui ne sont pas sous toiture), mais aussi parce qu'elles contribuent à accroître l'inconfort des occupants par un échauffement instantané de l'air ambiant et une exposition au rayonnement solaire direct.

A Maurice comme à La Réunion, la course du soleil est essentiellement située sur un plan Nord, sauf pour les mois de Décembre/Janvier où le soleil est au Sud.

Plusieurs types de masques offrent des protections solaires efficaces : brises soleil horizontaux, auvents, avancées de toiture, balcons. Les protections solaires pour le projet TEELock sont assurées par des débords de toiture, à la fois pour le RDC et l'étage.

Le Tableau ci-dessous donne les dimensions du débord d , la hauteur de baie protégée h et vérifie la conformité par rapport aux valeurs ECODOM.

Qualité de la protection solaire des baies

Type de protection par débord	d	h	a	D/(2a+h) Projet	D/(2a+h) ECODOM	Conforme à ECODOM
RDC Living Est	3	2	0	1.5	0.8	OUI
RDC Dining room Ouest	3	2	0	1.5	1	OUI
R+1 Bedroom 1 Est	1.30	2.00	0	0.65	0.8	NON
R+1 Bedroom 2 Ouest	1.30	2.00	0	0.65	1	NON

Observations pour la protection solaire des baies :

Les protections sont conformes pour le RDC.

Les protections solaires des baies à l'étage sont insuffisantes.

Pour avoir un ratio $d/(2a+h)$ conforme, il faudrait rallonger la toiture tôle de 50 cm pour la façades Ouest et de 20 cm pour la façade Est.

4.5 Protection solaire des murs

Façade Nord :

La façade Nord n'a pas besoin de traitement thermique car les pièces de vie (living, dining room et bedrooms) bénéficient d'espaces tampon tels que la cage d'escalier, la salle de bain et la cuisine. Il est à noter que les prescriptions ECODOM concernent seulement les pièces de vie.

Façade Sud :

Pour les blocs creux de 19 cm, il est demandé pour une façade orientée Sud de **prévoir une isolation thermique de 1 cm de type polystyrène expansé** ou équivalent ($\lambda = 0.041 \text{ W/m.K}$).

Il est à noter que la protection solaire peut également être assurée par des végétaux appropriés.

4.6 Ventilation naturelle

La recherche d'une capacité de ventilation naturelle efficace constitue une phase essentielle dans la conception de logements performants sur le plan thermique et énergétique. Cette ventilation permet d'améliorer le confort en créant une vitesse d'air sur la peau qui diminue la température effectivement ressentie. Ainsi, avec une vitesse d'air de 1 m.s⁻¹ pour un sujet placé à l'ombre, si les températures de paroi sont égales aux températures ambiantes, la **température ressentie est égale à la température ambiante diminuée de 4°C**.

La ventilation naturelle permet aussi d'évacuer les charges thermiques internes au logement (équipements électroménagers, éclairage, occupants). La capacité de ventilation naturelle pour un logement, un site et une orientation donnés, dépendra de la capacité des parois intérieures et extérieures à admettre, laisser circuler et évacuer les flux d'air extérieur.

Dans le cas où la ventilation naturelle n'est pas suffisante pour assurer une vitesse d'air convenable à un bon confort des occupants (journée sans vent, logement mal orienté), elle

peut être complétée par des brasseurs d'air. Des installations pour la pose des brasseurs d'air doivent être prévues dans les pièces principales.

Pour qu'un logement soit conforme à ECODOM, le logement doit satisfaire simultanément aux prescriptions suivantes :

Il est impératif que le bâtiment soit traversant afin d'assurer une bonne ventilation naturelle et un bon confort thermique à l'intérieur du logement. Un logement est dit traversant s'il possède des ouvertures (baies, fenêtres, portes, lames mobiles opaques...) pour les pièces principales, sur au moins deux façades opposées, permettant une ventilation diurne et nocturne.

Chacune de deux façades principales de ventilation naturelle doit avoir une porosité moyenne pour les pièces de vie égale au moins à 25%. On appelle porosité le rapport de la surface ouvrante sur la surface totale de la façade considérée. Cette valeur de porosité doit au moins se retrouver à l'intérieur de toutes les séparations du logement, afin que celui-ci bénéficie d'une bonne ventilation intérieure.

4.6.1 Implantation et dimensionnement des ouvrants extérieurs

Vérification des porosités

Récapitulatif des porosités ECODOM par type de logement

Façade 1 (Sp1) Living room	Façade 2 (Sp2) Dining room	Porosité ECODOM $0.25(Sp1+Sp2)/2$	Ouvertures Façade 1 (So1)	Ouvertures Façade 2 (So2)	Commentaire
RDC living room $2.7 \times 3.31 = 9 \text{ m}^2$	RDC Dining room $2.7 \times 2.81 = 7.6 \text{ m}^2$	RDC : 2.07 m^2	$2.1 \times 1.1 \text{ m}^2$ $= 2.31 \text{ m}^2$	$2.1 \times 1.1 \text{ m}^2$ $= 2.31 \text{ m}^2$	conforme
Etage Bedroom 1 $2.7 \times 4.36 = 11.8 \text{ m}^2$	Etage Bedroom 2 $2.7 \times 2.81 = 7.6 \text{ m}^2$	Etage : 2.41 m^2	$2.1 \times 1.1 \text{ m}^2$ $= 2.31 \text{ m}^2$	$2.1 \times 1.1 \text{ m}^2$ $= 2.31 \text{ m}^2$	Non conforme

Observations sur le dimensionnement des ouvrants extérieurs :

Au RDC, la porosité est suffisante (28%)

A l'étage, celle-ci est légèrement insuffisante (24%) mais la porosité ECODOM de 25% est pratiquement atteinte.

4.6.2 Agencement intérieur

Au RDC, la porosité requise est de 2.07 m^2 . Aucun obstacle vient perturber cette surface minimale de passage de l'air. De ce fait, l'agencement intérieur est conforme à ECODOM.

A l'étage, par contre, les surfaces des portes de communication des chambres sont insuffisantes. En effet, la porosité doit être de 2.41 m^2 . Les surface de passage à l'air des portes ne sont que de $2.00 \times 0.83 = 1.66 \text{ m}^2$. Il faut donc trouver 0.75 m^2 supplémentaires.

La solution peut être apportée par des impostes au dessus des portes et latéralement à côté de la porte.

De plus, la porte de la Bedroom 2 est mal agencée car celle-ci est parallèle aux flux d'air. Idéalement, pour que celle-ci soit efficace, il faudrait qu'elle soit positionnée perpendiculairement au sens du flux d'air.

Les ouvertures des portes doivent pouvoir être maintenues en position ouverte (afin de favoriser l'écoulement de l'air et éviter les claquements de porte). Il faut donc prévoir un système de bloc-porte.

Observations sur l'agencement intérieur :

Agencement intérieur conforme au RDC ;

Agencement intérieur insuffisant à l'étage : augmenter la porosité des portes des chambres de 0.75 m² ;

Prévoir des bloc-portes.

4.6.3 Brasseurs d'air

Chaque pièce principale du logement (dining room, living room, bedroom) doit être équipée d'une ou plusieurs alimentations électriques plafonniers avec interrupteurs muraux destinés au raccordement d'un ou plusieurs brasseurs d'air

Si les brasseurs d'air ne sont pas installés au moment de la livraison du logement, les interrupteurs muraux des alimentations en attente devront être repérés par des plaques signalétiques murales fixées durablement et portant la mention « commande brasseur d'air ». Dans chaque pièce principale, il faut installer une attente pour chaque tranche de surface de 15 m².

4.6.4 Production d'eau chaude sanitaire

L'eau chaude sanitaire constitue un élément de confort indiscutable qui peut engendrer des dépenses énergétiques élevées.

Il est donc important que les logements soient équipés de systèmes de production d'eau chaude sanitaire efficaces, économes et durables. **De ce fait, tous les systèmes de production instantanés sont interdits. Les chauffe-eau peuvent être soit solaires, soit électriques (mais avec un volume de stockage optimisé), soit au gaz.**

Les logements doivent être équipés d'un système de production d'eau chaude conforme aux prescriptions ci-dessous :

4.6.5 Chauffe-eau solaire :

L'appareil doit faire l'objet d'un avis technique du Centre Scientifique et technique du Bâtiment (C.S.T.B.). La surface minimale nette de capteurs installés pour chaque logement sera de :

Type de logement	Surface capteur
F1 □F2	1.5 m ²
F3	2 m ²
F4	2.5 m ²
F5	3 m ²
F6 et plus	3.5 m ²

Dans notre cas, il faudra donc une surface de 2 m².

4.6.7 Chauffe-eau électrique individuel

La production d'E.C.S. doit être assurée dans ce cas par chauffe-eau à accumulation de type « individuel » portant la marque NF Performance, catégorie B (il s'agit d'une certification sur les performances de l'isolant de la cuve de stockage).

La capacité du chauffe-eau devra satisfaire les exigences suivantes, en fonction du nombre de pièces principales du logement :

Tableau 2 : Volume de stockage par type de logement (Chauffe-eau électrique)

Type de logement	Volume de stockage
F1 □F2	100 litres
F3	150 litres
F4	200 litres
F5	250 litres
F6 et plus	300 litres

Le circuit d'alimentation doit être asservi à un dispositif de mise sous tension automatique avec horloge permettant la mise en service la nuit.

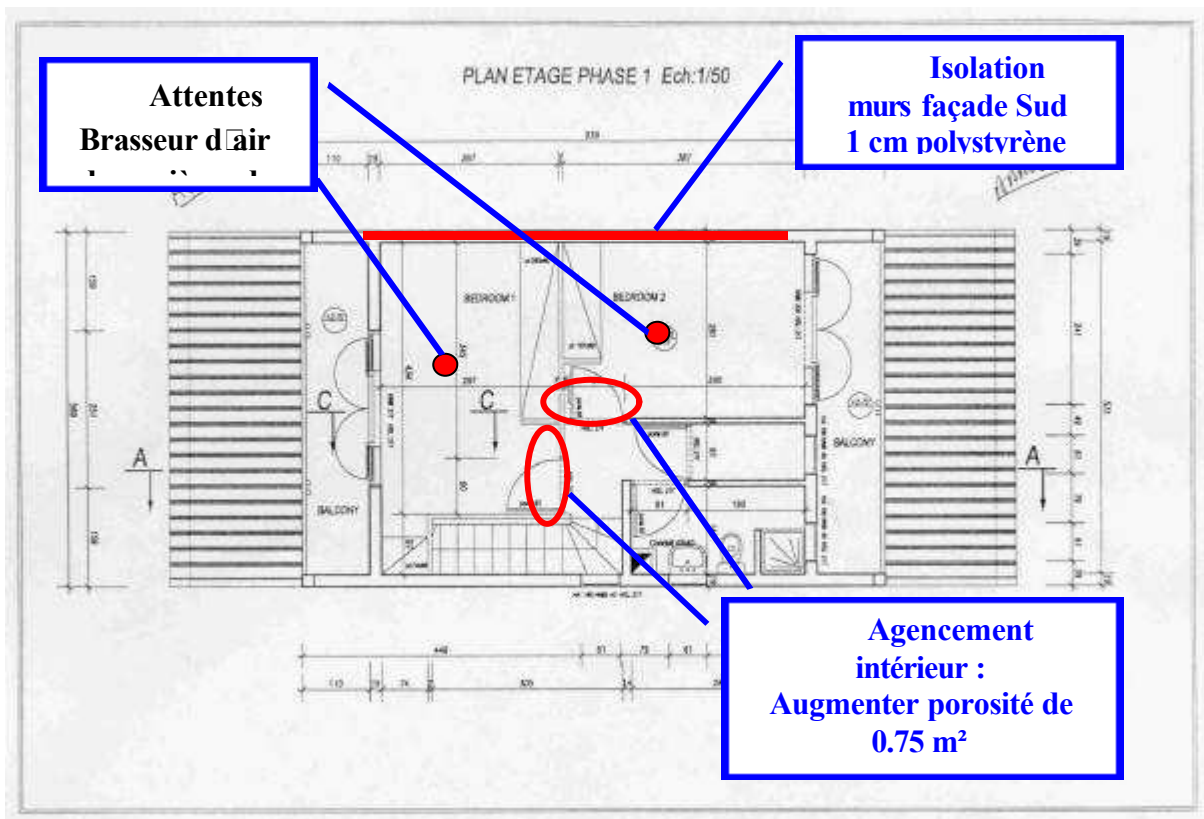
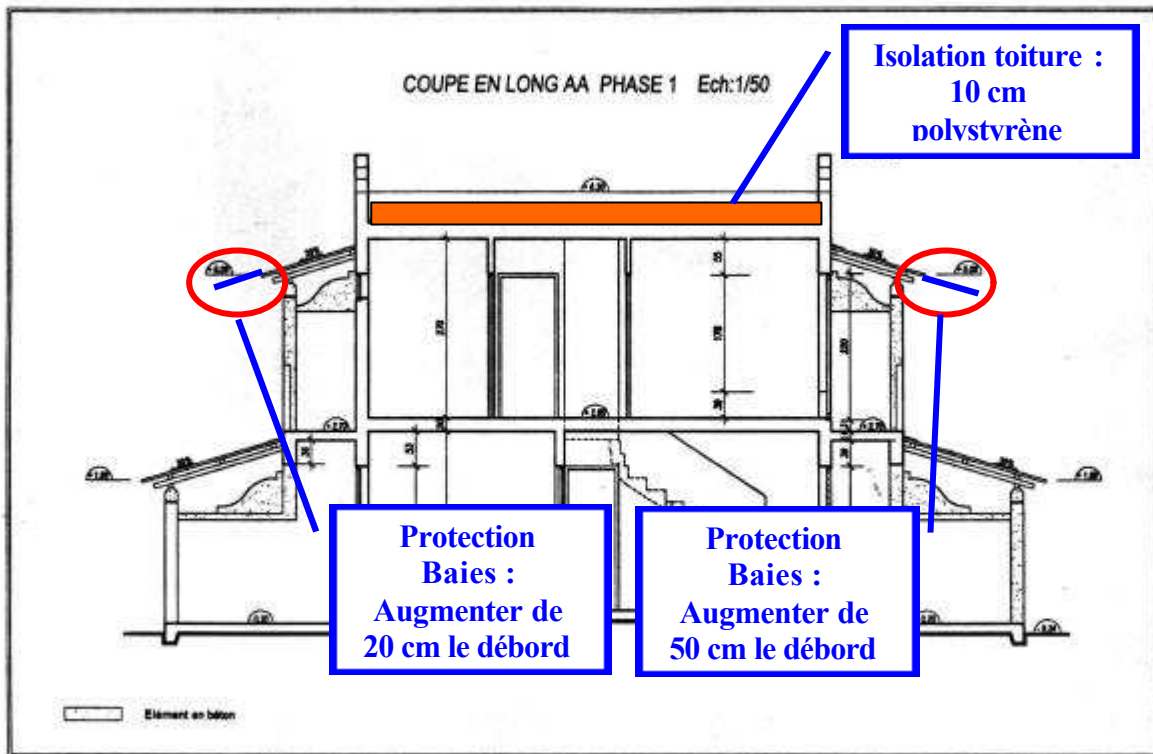
4.7.8 Chauffe-eau au gaz

L'appareil doit porter la marque NF Gaz.

4.7 Synthèse

Prescription ECODOM	Conformité ECODOM	Observations
Implantation sur le site	?	Prévoir une végétalisation périphérique
Protection solaire		
Toiture	NON	La toiture n'est pas conforme à ECODOM. Pour que la toiture soit conforme à ECODOM, il faudrait donc rajouter 10 cm d'isolant type polystyrène.
Murs	OUI (Est) OUI (Ouest) OUI (Nord) NON (Sud)	Prévoir pour les façades Sud une isolation thermique de 1 cm de type polystyrène expansé ou équivalent ($\lambda = 0.041 \text{ W/m.K}$)
Baies et fenêtres	OUI (RDC) NON (Étage)	Les protections sont conformes pour le RDC. Les protections solaires des baies à l'étage sont insuffisantes. Pour avoir un ratio $d/(2a+h)$ conforme, il faudrait rallonger la toiture tôle de 50 cm pour la façades Ouest et de 20 cm pour la façade Est.
Ventilation naturelle		
Ouvrants extérieurs	OUI	Au RDC, la porosité est suffisante (28%) A l'étage, celle-ci est légèrement insuffisante (24%) mais la porosité ECODOM de 25 % est pratiquement atteinte.
Agencement intérieur	OUI (RDC) 1. NON (étage)	Agencement intérieur conforme au RDC ; Agencement intérieur insuffisant à l'étage : augmenter la porosité des portes des chambres de 0.75 m^2 ; Prévoir des bloc-portes.
Brasseurs d'air	NON	Prévoir attentes BA + interrupteurs autonomes
Production d'E.C.S.	NON	Prévoir une production solaire conforme selon prescriptions définies au paragraphe 3.6

Annexes



Conclusion

A une époque charnière où l'île Maurice se trouve à une croisée des chemins dans l'industrialisation de l'activité bâtiment, face à la nécessité de construire un grand nombre de logements, la démarche menée par le Mauritius Research Council nous paraît très importante, en raison des enjeux qui dépassent le strict cadre de l'énergie et du confort. Il serait ainsi regrettable que l'île s'ur voit se développer, comme cela a été le cas à la Réunion suite à la départementalisation, des modes de construction totalement inadaptés au climat.

Dans un contexte général de conception améliorée des bâtiments, l'Université de La Réunion apporte au travers de cette étude sa contribution à l'amélioration de la qualité thermique de logements sociaux. Sur le cas traité, au départ d'une conception thermique initiale assez performante (en terme de protection des baies, de ventilation, ...), des améliorations sont encore possibles (choix des matériaux, protection des parois opaques, ...). Dans cette étude, nous avons, au travers de différents cas, analysé et quantifié l'impact de différents éléments. Ainsi, les sollicitations climatiques auxquelles le bâtiment est soumis ont été analysées. Il en ressort une bonne protection solaire des vitrages, ce indépendamment de l'orientation du bâtiment. Sur le comparatif traditionnel/SCPR, cette dernière constitution amène une amélioration notable en raison d'une résistance thermique plus élevée des parpaings et du complexe poutrelles/hourdis. La partie relative à la ventilation naturelle témoigne d'un niveau de confort acceptable des logements traités, ce principalement en raison d'une porosité importante. L'application des prescriptions du label ECODOM confirme entre autre cet aspect et une conception globale performante dans le cas SCPR.

Enfin, cette démarche illustre la richesse d'une collaboration entre nos deux îles ayant connu une évolution différente, mais toutes deux soumises aux mêmes contraintes climatiques.