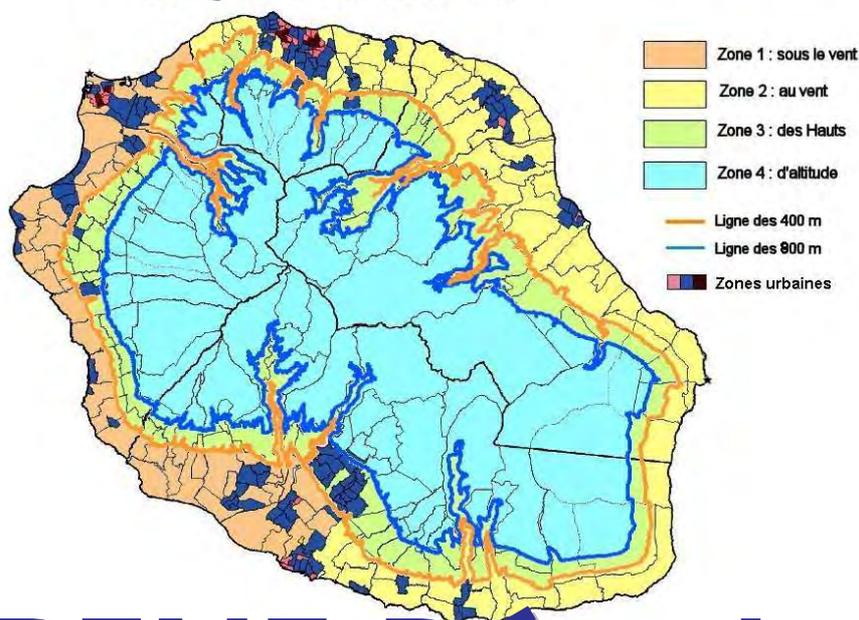


Règles de conception thermique et énergétique des bâtiments tertiaires et résidentiels adaptées aux zones climatiques de l'île de La Réunion

Zonage de l'île de la Réunion



PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques
des bâtiments à La Réunion

Mise à jour 2009



14, rue du Maine
BT 7190 Moufia
97497 St-Denis Messag Cedex 9

☎ 02.62.48.70.00
Fax 02.62.48.72.08



Institut Universitaire de Technologie
40, Avenue de Soweto Terre Sainte
97455 SAINT PIERRE Cedex
☎ 02.62.96.28.90
Fax 02.62.96.28.99

garde@univ-reunion.fr



INGENIERIE ET MANAGEMENT DANS LA GESTION DES
ENERGIES ET DES ENERGIES NOUVELLES
Technopôle de la Réunion
8, rue Henri Cornu
B.P. 12005
97801 SAINT-DENIS
Cedex 9

☎ 02.62.21.54.43
Fax 02.62.21.20.84

Email : imageen974@wanadoo.fr

Indice	Date	Observations
0	Novembre 2009	Mise à jour

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION GENERALE	4
2	ZONAGE CLIMATIQUE	8
2.1	Limites géographiques du zonage	8
2.2	Caractéristiques principales par zones climatiques (Stations de référence).....	8
3	CONCEPTION THERMIQUE DES BATIMENTS	20
3.1	Objectifs généraux.....	20
3.2	Environnement autour du bâtiment	20
3.3	Ventilation naturelle traversante	22
3.4	Caractéristiques thermiques des toitures	23
3.5	Caractéristiques des parois opaques verticales en contact avec l'extérieur.....	24
3.6	Caractéristiques des baies.....	25
3.7	Renouvellement d'Air hygiénique.....	27
3.8	Brasseurs d'air.....	28
3.9	Eclairage naturel	29
4	EXIGENCES POUR LES SYSTEMES ENERGETIQUES	30
4.1	Objectifs	30
4.2	Consommation d'énergie électrique globale	30
5	TABLEAU DE SYNTHESE DES PRECONISATIONS DE L'OUTIL BATIMENT PERENE REUNION	38
6	Références bibliographiques	41
7	ANNEXES	42
A	ZONES CLIMATIQUES PAR COMMUNE	43
B	LES VENTS A LA REUNION	45
B.1.	Rose des vents	45
B.2.	Les différents régimes de vents	46
C	Définition	47
D	Ventilation naturelle	47
D.1	Implantation et dimensionnement des ouvrants extérieurs	48
D.1.1	Mode de calcul de la porosité	48
D.2	Agencement intérieur	50
D.3	Exemples de calculs de porosité des logements	51
D.3.	Exemples de calcul pour des bâtiments tertiaires	62
E	Protection des parois opaques horizontales et verticales	66
E.1.	Facteur solaire des parois horizontales et verticales	66
E.2.	Coefficient de transmission surfacique U des parois horizontales et verticales.....	66
E.3.	Résistance thermique d'une paroi ou d'un matériau	66
E.4.	Valeurs du coefficient d'absorption α des parois.....	67
E.5.	Valeurs du coefficient d'ensoleillement C_m pour des parois opaques.....	68
F	Facteurs solaires des baies	70
F.1.	Définition du facteur solaire d'une baie	70
F.2.	Paramètres géométriques influant sur le C_m	71

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

F.3. Méthode de calcul du coefficient d'ensoleillement C_m	72
F.4. Typologie des protections solaires dans PERENE 2009	73
F.5. Méthodologie de calcul du C_m	74
F.6. Valeurs de C_m pour une solution de type débord fini pour différentes tailles de fenêtre L/h.....	75
F.7. Valeurs de C_m pour une solution de type débord non limité à la largeur de la fenêtre (étendu)	78
F.8. Valeurs de C_m pour une solution de type débord infini.....	80
F.9. Valeurs de C_m pour une solution de type débord + joue(s).....	82
F.10. Valeurs de C_m pour une solution de type lames horizontales ou brises soleil.....	85
F.11. Valeurs de S_0 pour différents types de vitrage	89
F.12. Exemples de calcul de C_m	93
F.13. Exemples de façades	100
G Solutions techniques isolation.....	103
G.1 Solutions techniques pour la toiture	103
G.2 Solutions techniques pour les parois opaques verticales	104
G.3 Solutions techniques pour zone 3 (au-dessus de 500 m) et Zone 4	104
H Evaluation des potentiels MDE	108
H.1. Exemples de calepinage brasseurs d'air éclairage.....	108
H.2. MDE dans les Logements.....	110
H.3. MDE dans le tertiaire.....	114
I Calcul des surfaces définitions : SHON, SHOB et surfaces utiles.....	118

1 INTRODUCTION GENERALE

Le présent document se propose d'actualiser la première version de l'outil PERENE (PERENE 2004) en intégrant les retours d'expériences de l'ensemble des utilisateurs et de l'évaluation expérimentale menées sur les premières opérations.

Groupe de travail

Le groupe de travail de cette mise à jour est constitué du bureau d'étude IMAGEEN et du Laboratoire de Physique du Bâtiment et des Systèmes de l'Université de La Réunion (LPBS).

Pour le LPBS

- François Garde (garde@univ-reunion.fr);
- Mathieu David (mathieu.david@univ-reunion.fr).

Pour IMAGEEN

- Eric Ottenwelter (eric.ottenwelter@inset.fr);
- Néjia Ferjani (imageen974@wanadoo.fr)
- Eric Pothin (ericpothin.imageen@orange.fr)
- Aurélie Lenoir (aurelie.lenoir@univ-reunion.fr)

Ce qui a changé par rapport à PERENE 2004

La première version de PERENE souffrait d'un manque de pédagogie, d'exemples clairs et de solutions techniques.

Un effort significatif a globalement été fait non seulement pour rendre plus lisible le document mais pour inclure des exemples et des solutions techniques simples.

D'une manière organisationnelle, le document principal définit les exigences en termes de facteur solaire, de porosité etc. Le lecteur trouvera ensuite en annexes les explications sur l'ensemble des exigences. Il trouvera également des exemples, des solutions techniques, les définitions des termes utilisés et la méthodologie notamment en ce qui concerne les protections solaires de baies et ouvertures.

Dans un souci d'harmonisation, nous avons volontairement pris les mêmes intitulés que ceux utilisés dans les nouveaux textes réglementaires de la RTDOM (RTDOM 2009).

Au niveau du contenu technique, les modifications et ajouts suivants ont été faits :

Zonage climatique et données météorologiques :

Le zonage climatique de La Réunion reste toujours un zonage à 4 zones Z1 à Z4 avec :

- deux zones littorales Z1 (zone sous le vent) et Z2 (zone au vent) dont l'altitude est inférieure à 400m;
- une zone Z3 dite « des hauts » dont l'altitude est comprise entre 400m et 800m;
- une zone Z4 dite 'd'altitude » dont l'altitude est au dessus de 800m.

Pour chacune de ces zones et pour les villes de référence, PERENE 2009 propose des **fichiers météorologiques type annuels et horaires**. L'objectif est de fournir aux concepteurs des fichiers annuels pouvant permettre des simulations thermiques

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

dynamiques et ainsi prévoir les conditions de confort et/ou les consommations énergétiques des systèmes de conditionnement d'air avec d'avantage de précision.

Le format proposé pour ces fichiers est le format TMY (standard international), Excel ou Energy Plus. Les fichiers sont téléchargeables sur le site du LPBS à l'adresse suivante :

lpbs.univ-reunion.fr/grandsprojets/meteo/telecharg.php

Ventilation naturelle

Les exigences et la méthode de calcul des porosités sont présentées d'une manière plus pédagogique. Des exemples de calcul de porosité figurent en annexe sur des cellules type

Protections solaires et isolation des parois opaques :

Les valeurs des coefficients d'ensoleillement en fonction des dimensions de débord ont été recalculées.

Les exigences pour la zone Z3 ont été revues à la hausse, notamment au niveau des résistances thermiques.

Des exemples de solutions techniques en fonction du type de matériau (béton, bois, parpaing) figurent en annexe.

Protection solaire des baies/ouvertures

La version PERENE 2004 proposait des valeurs de C_m pour un seul type de protection (débord) sous forme de tableau limité à $d/h=1$.

Un effort significatif a été fait à la fois au niveau de la méthode de dimensionnement des protections solaires que du panel de protections proposées en fonction de l'orientation de la baie.

PERENE 2009 propose des valeurs de C_m pour les protections suivantes :

- débord seul (fini ou infini);
- joue droite seule, joue gauche seule, joue avec débord pour toutes les dimensions possibles;
- brise soleil vertical (lames horizontales).

Les exigences en termes de C_m ont été réduites. En effet, les exigences de C_m étaient trop contraignantes dans PERENE 2004.

L'ensemble des valeurs de C_m figure en annexe. Des exemples de dimensionnement de protection solaire et de calcul de C_m figurent en annexe.

La définition des orientations de baies ont été modifiées. Ainsi, la plage pour l'orientation « Ouest » a été élargie et celle de l'orientation sud a été diminuée.

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENergétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Ratio énergétiques et code de qualité énergétiques

La suppression de la climatisation dans les logements.

L'introduction de la notion de rafraîchissement en remplacement de la climatisation ce qui signifie une consigne de température à 28°C et mise en place systématique de brasseurs d'air (même dans les locaux rafraîchis). Cette démarche a un double impact :

- réduire la puissance des systèmes de production de froid
- réduire la période ayant recourt aux systèmes actifs pour le rafraîchissement (limiter la période de rafraîchissement à 3 à 4 mois dans l'année)

La production d'eau chaude est exclusivement solaire.

Les solutions MDE, les ratios et exigences en ce qui concerne les performances des systèmes (climatisation, éclairage etc.), ont été actualisés en fonction des pratiques locales en 2009.

La conception selon PERENE permet d'atteindre jusqu'à 90 % du temps de façon passive le confort hydro-thermique par rapport à une solution de conception classique, pour laquelle on n'attend que 44% de niveau de confort. PERENE permet de réduire le recourt à la climatisation dans les bas et permet une économie estimée à 61 KWh/an/m².

L'objectif de PERENE est de concevoir des bâtiments et logements qui soient confortables (en été comme en hiver) tout en étant le plus économe possible sur le plan énergétique.

Les exigences PERENE et les exigences nationales :

Le niveau de performance exigé par le label BBC (bâtiment basse consommation énergétique) est un objectif de consommation maximale pour les constructions résidentielles neuves fixé à 50 kWh¹/m²/an (kWh d'énergie primaire par m² de SHON), pour le chauffage, le rafraîchissement, la ventilation, l'eau chaude sanitaire, les auxiliaires de chauffage et l'éclairage (Pour le tertiaire, la consommation conventionnelle d'énergie primaire du bâtiment doit être inférieure ou égale à 50 % de la consommation conventionnelle de référence définie dans la RT2005).

Les niveaux de performances exigés par PERENE sont exprimés en kWh²/m²/an (kWh d'énergie finale par m² utile). Ils concernent la totalité de la consommation des bâtiments et logements : le rafraîchissement, la ventilation, l'eau chaude sanitaire et l'éclairage mais également les équipements de bureautiques, l'électroménager les forces motrices....

¹ kWh^{ep} : kWh énergie primaire c'est la consommation finale + pertes + consommation des producteurs et des transformateurs d'énergie.

² kWh : kWh énergie finale c'est la consommation d'énergie finale nette des pertes de distribution.

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Les exigences PERENE et les exigences de la RT DOM :

Par rapport à la RT DOM, outre la différence de zonage climatique, il existe des écarts au niveau des seuils de performance thermique et énergétique. Dans certain cas PERENE est plus exigeant dans d'autre c'est la RT DOM qui impose un seuil inférieur.

Parmi les raisons principales à cette différence, il y a :

- La différenciation des zones géographique en fonction du zonage climatique plus affiné dans PERENE,
- le mode de calcul des porosités de PERENE n'est pas celui de la RT DOM.

Concernant les logements, entreprendre une démarche PERENE n'affranchie en aucun cas le respect de la RT DOM qui a caractère réglementaire.

2 ZONAGE CLIMATIQUE

2.1 LIMITES GEOGRAPHIQUES DU ZONAGE

Le recoupement des données climatiques, des données d'insolation et des données de vent amène à définir 4 zones climatiques principales.

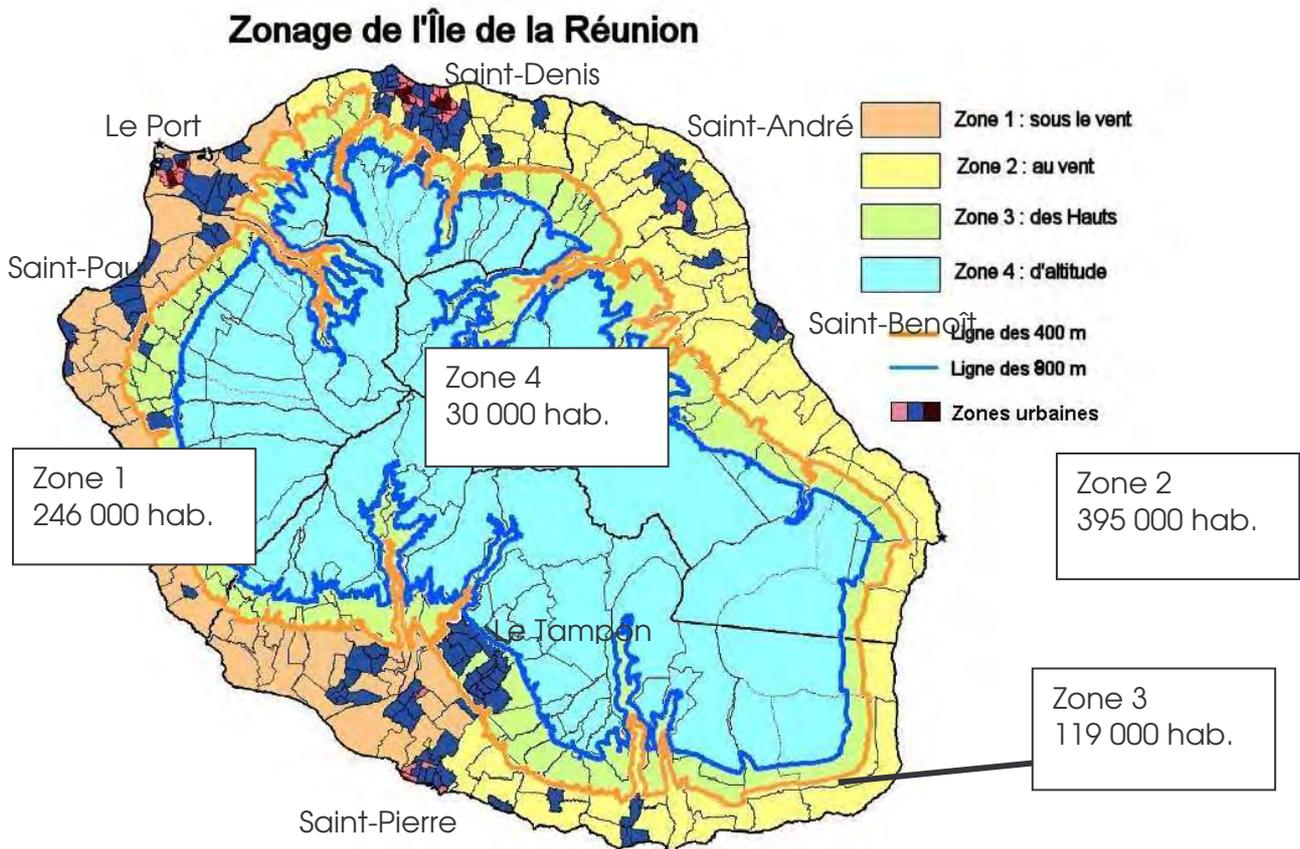


Figure 1 : Synthèse des zonages précédents. Proposition d'un zonage thermique à 4 zones.

L'exposition aux alizés peut être prise en compte en proposant que la zone des bas soit séparée en deux parties : la zone au vent et la zone sous le vent.

2.2 CARACTERISTIQUES PRINCIPALES PAR ZONES CLIMATIQUES (STATIONS DE REFERENCE)

La version PERENE 2009 propose des fichiers météorologiques annuels horaires pour chaque zone et chaque ville de référence. L'objectif est de fournir aux concepteurs des fichiers météorologiques permettant des simulations thermiques dynamiques.

Pour définir les séquences et fichiers annuels types de chaque zone climatique, une station de référence a été sélectionnée parmi les diverses stations de mesure de Météo France. 4 stations de référence représentent les 4 zones climatiques. Et 2 stations de références ont aussi été sélectionnées pour les 2 principales agglomérations de l'île (Saint-Pierre et Saint-Denis) présentant un climat intermédiaire entre zone 1 et 2.

Zone climatique	Stations de référence
Z1 : Zone littorale sous le vent	Avirons (170 m)
Z2 : Zone littorale au vent	Saint Joseph (17m)
Z3 : Zone des Hauts	Le Tampon (786 m)
Z4 : Zone d'altitude	Plaine des Cafres (1560 m)
Agglomération de Saint-Denis	Gillot (10m)
Agglomération de Saint-Pierre	Ligne-Paradis (150m)

Tableau 1 : Station de référence par zone climatique

- Pour chacune de ces zones (ou station), une base de donnée de fichiers météo annuel horaire est disponible sur le site du LPBS (lpbs.univ-reunion.fr). Ces fichiers contiennent, lorsqu'elles sont disponibles ou modélisables, les variables climatiques suivantes :
 - Température d'air sous abris (°C),
 - Humidité relative (%),
 - Vitesse (m/s) et direction (°) du vent,
 - Pluviométrie (mm),
 - Rayonnement solaire global et diffus horizontaux (W/m²),
 - Rayonnement solaire direct normal (W/m²),
 - Rayonnement global horizontal et direct normal hors atmosphère (W/m²),
 - Hauteur et azimut solaire (°),
 - Luminance globale et diffuse horizontales (lux),
 - Température de point de rosée (°C),
 - Température de la voûte céleste (°C).

- Ces fichiers sont disponibles aux formats :
 - ***.TM2** (Typical Meteorological Year), format international des fichiers de simulation en thermique,
 - ***.MTO**, format CODYRUN (logiciel réunionnais),
 - ***.XLS**, format Microsoft Excel.

- Site web pour récupérer les données :
 - <http://lpbs.univ-reunion.fr/grandsprojets/meteo/telecharg.php>

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENergétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Zone 1 : Zone sous le vent

Localisation : De 0m à 400 m. pour la zone de La Possession à Saint-Pierre en passant par la zone littorale ouest.

Caractéristiques : (station de référence Les Avirons)

- Température moyenne journalière calculée sur l'année variant de 23°C à 28.1°C. Les températures extrêmes sont comprises entre 17.7°C pour la saison sèche et 35.1°C pour la saison humide.
- Le cumul d'ensoleillement journalier moyen est supérieur à 5000Wh/m²/jour.
- Régime dominant de brises thermiques perpendiculaires à la côte (pour Le Port, vent inférieur à 4m/s 57% du temps).

Présence quand même marquée des vents d'alizés en hiver pour les deux extrémités de la zone :

- 100% des vents forts (>5m/s) orientés de Sud-Est (100°-120°) pour Saint-Pierre,
- 100% des vents très forts (>9m/s) orientés au Nord-Est (20°-60°) pour Le Port.

Journée moyenne saison humide : ETE

Tableau 2 : Caractéristiques principales des différentes zones pour la saison humide

	Insolation moyenne (Heure)	Rayonnement Global (cumul jour Wh/m ²)	Rayonnement Diffus (cumul jour Wh/m ²)	Température (°C)			Humidité Relative (%)			Intensité du vent moyenne (m/s)
				Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	
Zone 1	9	7070	2321	28.1	24.6	35	69.6	47	88	1.7

Journée moyenne saison sèche: HIVER

Tableau 3 : Caractéristiques principales des différentes zones pour la saison sèche

	Insolation moyenne (Heure)	Rayonnement Global (cumul jour Wh/m ²)	Rayonnement Diffus (cumul jour Wh/m ²)	Température (°C)			Humidité Relative (%)			Intensité du vent moyenne (m/s)
				Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	
Zone 1	7	5950	1898	23	17.7	27	58	47	87	2.6

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des BâtiMents à La Réunion – Mise à jour

Fiche climatologique Z1 : Station des Avirons

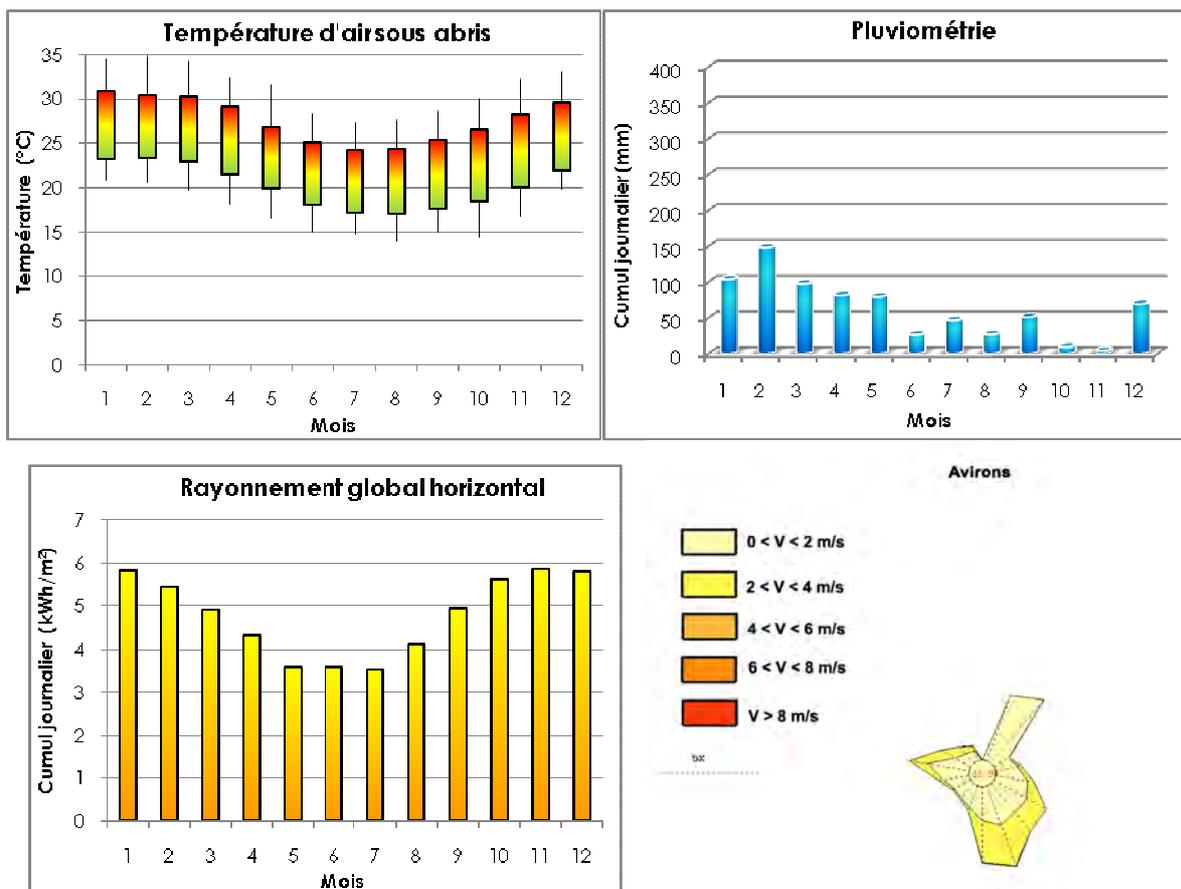


Tableau 4 : Statistiques

	Temp air ext (°C)	Moy max temp air (°C)	Moy min temp air (°C)	HR (%)	Cumul jour ray ^t (Wh/m ²)	Vitesse vent (m/s)	Direction vent (°)	Cumul pluvio (mm)
Janvier	26.4	30.8	23.2	77	5840	1	118	104
Février	26.2	30.4	23.4	79	5434	1	119	148
Mars	25.9	30.3	22.9	79	4918	1	109	98
Avril	24.6	29.1	21.5	78	4347	1	101	82
Mai	22.7	26.9	20.0	77	3606	1	98	80
Juin	20.9	25.1	18.1	73	3586	1	102	27
Juillet	19.9	24.2	17.2	74	3543	1	98	47
Aout	20.0	24.4	17.1	71	4141	1	110	27
Septembre	20.9	25.3	17.6	73	4940	1	116	52
Octobre	21.9	26.5	18.4	72	5624	1	116	10
Novembre	23.7	28.3	20.1	72	5862	1	116	4
Décembre	25.2	29.5	22.0	75	5794	1	122	70
Annuelle	23.2	27.6	20.1	75	4801	1	110	746

Source Météo France

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENergétiques des BâtimENTS à La Réunion – Mise à jour

Fiche climatologique Agglomération de Saint-Pierre (Ligne Paradis)

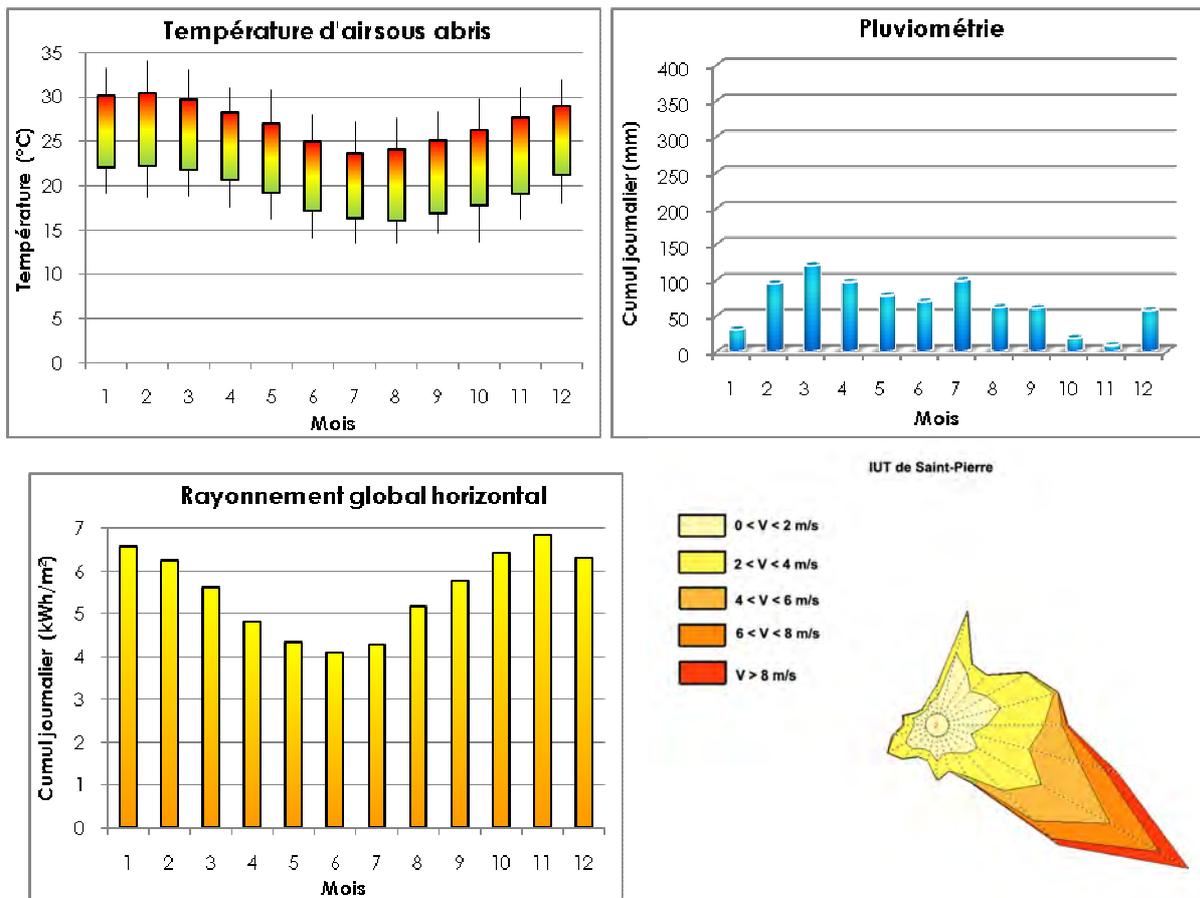


Tableau 5 : Statistiques

	Temp air ext (°C)	Moy max temp air (°C)	Moy min temp air (°C)	HR (%)	Cumul jour ray ^t (Wh/m ²)	Vitesse vent (m/s)	Direction vent (°)	Cumul pluvio (mm)
Janvier	25.9	30.2	22.1	75	6579	1	105	31
Février	25.9	30.4	22.2	78	6262	1	101	95
Mars	25.3	29.6	21.8	80	5636	1	93	120
Avril	24.0	28.3	20.7	81	4805	1	85	97
Mai	22.5	27.0	19.2	79	4332	1	89	78
Juin	20.5	25.0	17.2	76	4094	1	98	70
Juillet	19.4	23.7	16.3	78	4278	2	101	99
Aout	19.7	24.1	16.1	73	5171	2	108	62
Septembre	20.6	25.1	16.9	73	5773	2	109	61
Octobre	21.6	26.3	17.7	71	6446	2	116	19
Novembre	23.3	27.8	19.1	72	6847	2	114	9
Décembre	24.8	29.0	21.2	77	6304	1	106	58
Annuelle	22.8	27.2	19.2	76	5544	1	102	800

Source Météo France

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Zone 2 : Zone au vent

Localisation : De 0m à 400 m pour la zone de Saint Denis à Saint-Pierre en passant par Saint-Benoît (Saint Pierre exclu puisque appartenant à la zone 1).

Caractéristiques : (station de Gillot)

- Température moyenne journalière calculée sur l'année variant de 20.9°C à 26.2°C. Les températures extrêmes sont comprises entre 14.1°C pour la saison sèche et 32.4°C pour la saison humide.
- Le cumul d'ensoleillement journalier moyen est de 4960Wh/m²/jour.
- Régime d'alizé dominant le jour avec couplage des brises thermiques la nuit. A Gillot, vent inférieur à 4m/s 28% du temps uniquement, à Saint-Benoît vent supérieur à 4m/s 66% du temps.

L'orientation des vents moyennement forts (4m/s) à forts (>5m/s) de jour est centrée de Sud-Est (120°) à Sud (180°) pour toute cette zone. Cette prédominance des vents d'alizés apporte une forte pluviométrie et humidité à la partie Est de la côte.

Journée moyenne saison humide : ETE

Tableau 6 : Caractéristiques principales des différentes zones pour la saison humide

	Insolation moyenne (Heure)	Rayonnement Global (cumul jour Wh/m ²)	Rayonnement Diffus (cumul jour Wh/m ²)	Température (°C)			Humidité Relative (%)			Intensité du vent moyenne (m/s)
				Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	
Zone 2	7	7099	2698	26.2	22	32.4	78	57	89	2.3

Journée moyenne saison sèche: HIVER

Tableau 7 : Caractéristiques principales des différentes zones pour la saison sèche

	Insolation moyenne (Heure)	Rayonnement Global (cumul jour Wh/m ²)	Rayonnement Diffus (cumul jour Wh/m ²)	Température (°C)			Humidité Relative (%)			Intensité du vent moyenne (m/s)
				Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	
Zone 2	6	4428	1550	20.9	14.1	25.2	69	53	89	3.5

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des BâtiMents à La Réunion – Mise à jour

Fiche climatologique Z2 : Station de Saint-Joseph

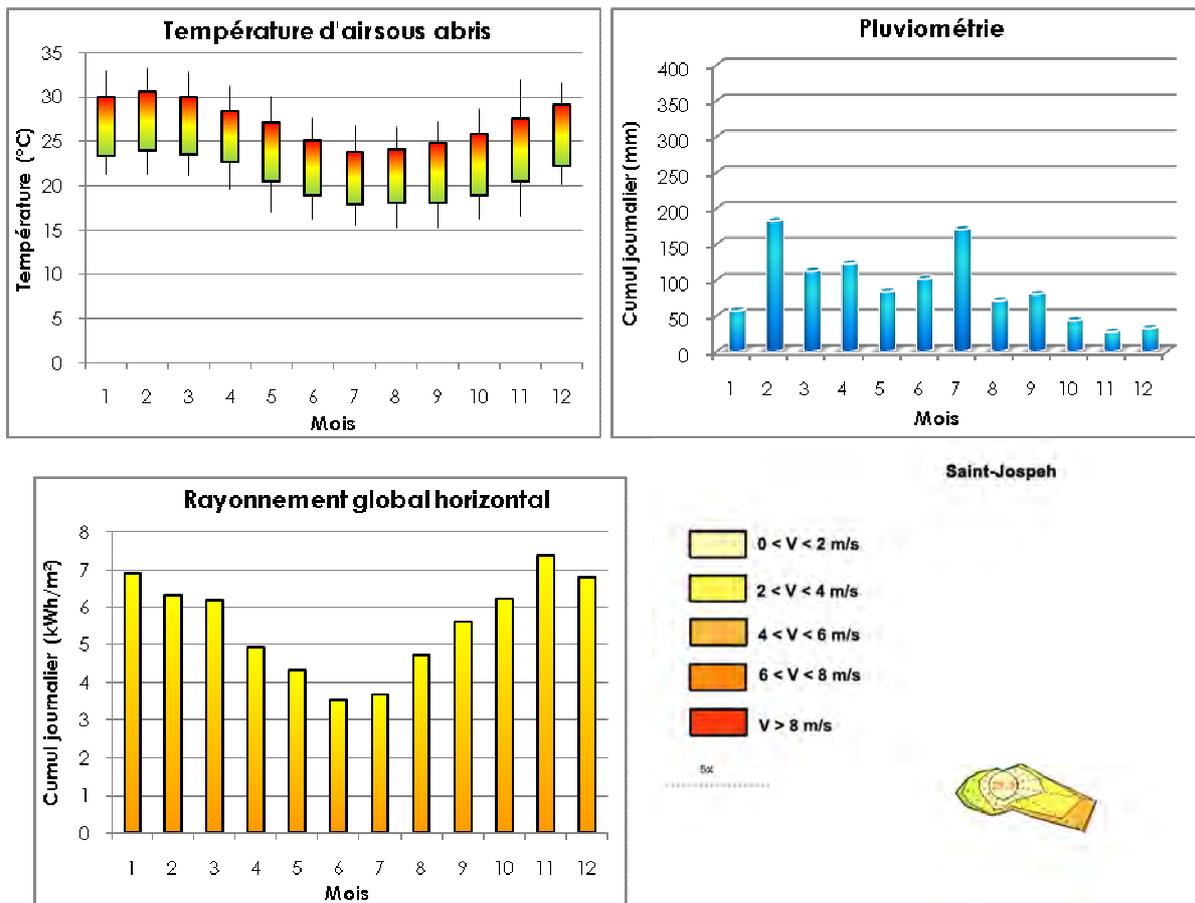


Tableau 8 : Statistiques

	Temp air ext (°C)	Moy max temp air (°C)	Moy min temp air (°C)	HR (%)	Cumul jour ray† (Wh/m²)	Vitesse vent (m/s)	Direction vent (°)	Cumul pluvio (mm)
Janvier	26.7	30.1	23.4	77	6900	2	89	57
Février	27.1	30.5	23.9	78	6319	2	95	183
Mars	26.6	30.1	23.5	76	6184	2	90	113
Avril	25.5	28.4	22.7	78	4931	2	82	123
Mai	23.7	27.1	20.6	77	4301	2	84	84
Juin	21.8	25.0	18.9	75	3544	2	90	102
Juillet	20.7	23.7	18.0	78	3680	3	98	171
Aout	21.0	24.1	18.1	76	4711	3	100	71
Septembre	21.4	24.9	18.1	77	5619	2	83	81
Octobre	22.4	25.8	19.0	77	6231	2	94	44
Novembre	24.0	27.5	20.5	76	7368	2	109	28
Décembre	25.6	29.2	22.2	78	6790	2	80	33
Annuelle	23.9	27.2	20.7	77	5548	2	91	1088

Source Météo France

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des BâtiMents à La Réunion – Mise à jour

Fiche climatologique agglomération de St-Denis (Gillot)

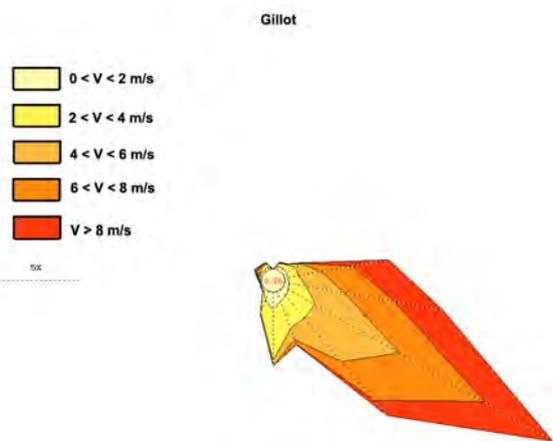
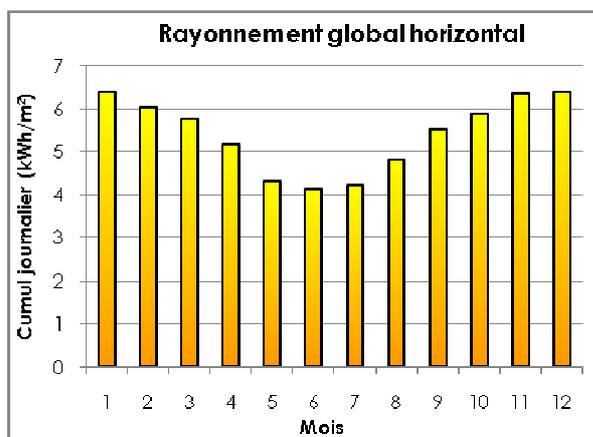
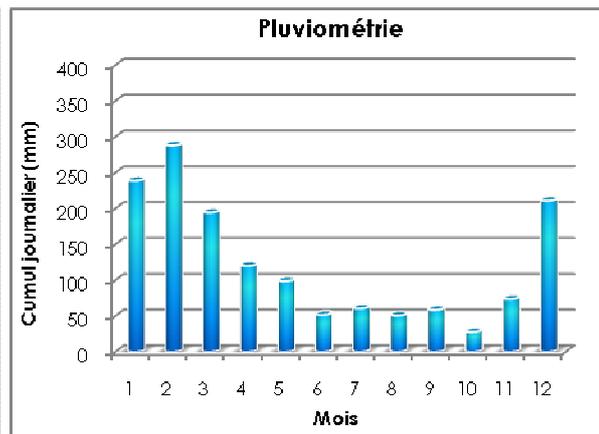
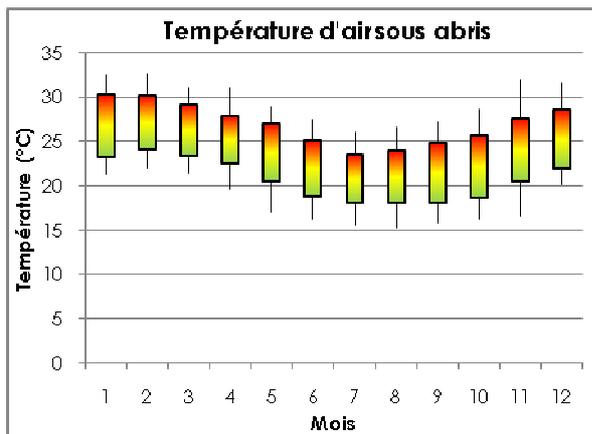


Tableau 9 : Statistiques

	Temp air ext (°C)	Moy max temp air (°C)	Moy min temp air (°C)	HR (%)	Cumul jour ray† (Wh/m²)	Vitesse vent (m/s)	Direction vent (°)	Cumul pluvio (mm)
Janvier	26.5	29.6	23.6	75	6397	6	122	239
Février	26.7	29.7	23.9	77	6054	6	128	288
Mars	26.4	29.6	23.5	76	5761	6	128	195
Avril	25.3	28.8	22.3	75	5166	5	128	120
Mai	23.8	27.2	21.0	74	4298	6	129	99
Juin	22.1	25.7	19.2	69	4134	6	130	52
Juillet	21.2	24.7	18.3	70	4233	7	126	61
Aout	21.2	24.8	18.3	69	4811	7	122	51
Septembre	21.7	25.3	18.7	70	5550	6	119	59
Octobre	22.6	26.2	19.5	70	5889	6	119	28
Novembre	24.1	27.4	21.0	71	6362	6	117	74
Décembre	25.5	28.5	22.6	74	6386	5	121	212
Annuelle	23.9	27.3	21.0	73	5420	6	124	1476

Source Météo France

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Zone 3 : Zone des Hauts (400 m. à 800 m. d'altitude)

Localisation : entre la ligne des 400 et la ligne des 800 m

Caractéristiques :

- Température moyenne journalière calculée sur l'année variant de 17°C à 22.8°C. Les températures extrêmes étant comprises entre 12°C pour la saison sèche et 30.1°C pour la saison humide.
- Le cumul d'ensoleillement journalier moyen est d'environ 4600Wh/m²/jour.
- Vent moyen journalier généralement calme, prédominance des brises avec alternance de l'orientation entre le jour et la nuit.
A Bellevue dans l'Est, 79% du temps souffle un vent inférieur à 5m/s,
à Mascarin dans l'ouest 100% du temps un vent inférieur à 4m/s avec alternance d'orientation entre le Sud-Ouest (220°) le jour et le Nord-Est (40°) la nuit.

Journée moyenne saison humide : ETE

Tableau 10 : Caractéristiques principales des différentes zones pour la saison humide

	Insolation moyenne (Heure)	Rayonnement Global (cumul jour Wh/m ²)	Rayonnement Diffus (cumul jour Wh/m ²)	Température (°C)			Humidité Relative (%)			Intensité du vent moyenne (m/s)
				Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	
Zone 3	7	5812	2548	22.8	18.9	30.1	79	62	89	1.4

Journée moyenne saison sèche: HIVER

Tableau 11 : Caractéristiques principales des différentes zones pour la saison sèche

	Insolation moyenne (Heure)	Rayonnement Global (cumul jour Wh/m ²)	Rayonnement Diffus (cumul jour Wh/m ²)	Température (°C)			Humidité Relative (%)			Intensité du vent moyenne (m/s)
				Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	
Zone 3	6	4855	1472	17	12	21.9	73	60	89	1.7

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENergétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Fiche climatologique Z3 : Station du Tampon

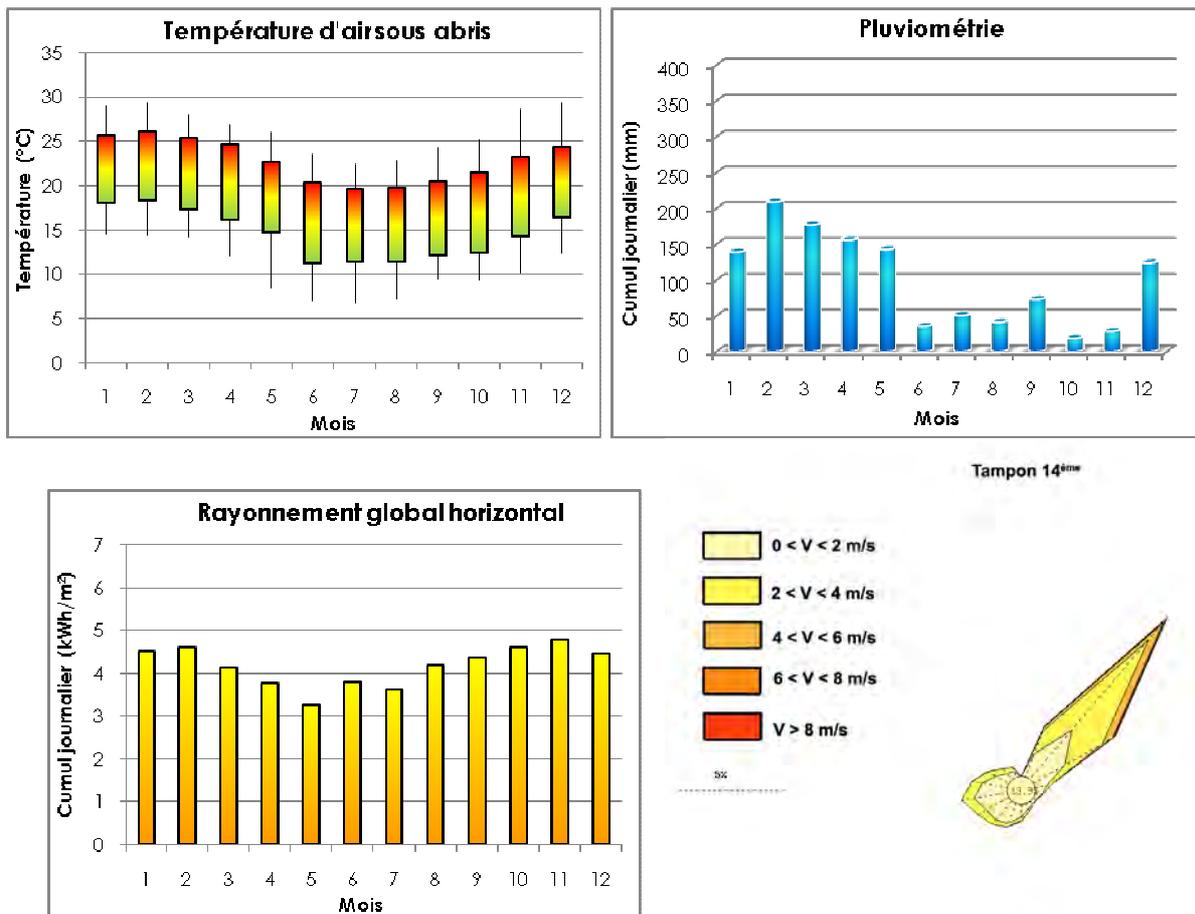


Tableau 12 : Statistiques

	Temp air ext (°C)	Moy max temp air (°C)	Moy min temp air (°C)	HR (%)	Cumul jour ray ^t (Wh/m ²)	Vitesse vent (m/s)	Direction vent (°)	Cumul pluvio (mm)
Janvier	21.5	25.7	18.1	86	4517	2	113	139
Février	21.7	26.1	18.3	87	4600	2	103	209
Mars	20.9	25.4	17.3	88	4119	1	102	177
Avril	19.8	24.7	16.2	89	3765	2	93	156
Mai	18.1	22.7	14.7	87	3256	2	91	143
Juin	15.2	20.4	11.3	81	3795	2	91	36
Juillet	15.1	19.6	11.5	82	3613	2	106	51
Aout	15.0	19.7	11.3	80	4184	2	112	41
Septembre	15.9	20.4	12.2	81	4370	2	117	73
Octobre	16.6	21.5	12.5	83	4596	2	130	19
Novembre	18.5	23.3	14.4	81	4782	2	122	29
Décembre	20.1	24.4	16.4	84	4465	2	127	124
Annuelle	18.2	22.8	14.5	84	4172	2	109	1198

Source Météo France

Zone 4 : Zone d'altitude (> 800 m. d'altitude) et cirques

Localisation : Ligne au dessus de 800 m, y compris les cirques

Caractéristiques :

- Température moyenne journalière calculée sur l'année inférieure à 17°C et l'extrême chaude de 23.4°C.
- Le cumul d'ensoleillement journalier moyen est inférieur à 4300Wh/m²/jour sauf pour les zones sommitales non habitées où l'ensoleillement peut atteindre plus de 4600Wh/m²/jour.
- Vent moyen journalier inférieur à 4m/s la plupart du temps (63% pour la Plaines des Cafres et 84% pour la Plaine des Palmistes). Prédominance du régime de brises.

Du point de vue ensoleillement, la partie basse des cirques est assimilable à la zone d'altitude, mais la température y est nettement plus élevée et mènerait à classer ces parties dans la zone des hauts.

Nous avons présenté dans cette partie des caractéristiques évaluées sur toute l'année (températures moyennes journalières). La partie suivante détaille les caractéristiques de ces zones en fonction des deux saisons principales de l'année.

Journée moyenne saison humide : ETE

Tableau 13 : Caractéristiques principales des différentes zones pour la saison humide

	Insolation moyenne (Heure)	Rayonnement Global (cumul jour Wh/m ²)	Rayonnement Diffus (cumul jour Wh/m ²)	Température (°C)			Humidité Relative (%)			Intensité du vent moyenne (m/s)
				Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	
Zone 4	7	5247	1754	16.3	12.1	24.3	86	65	95	2.6

Journée moyenne saison sèche: HIVER

Tableau 14 : Caractéristiques principales des différentes zones pour la saison sèche

	Insolation moyenne (Heure)	Rayonnement Global (cumul jour Wh/m ²)	Rayonnement Diffus (cumul jour Wh/m ²)	Température (°C)			Humidité Relative (%)			Intensité du vent moyenne (m/s)
				Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	
Zone 4	5	4200	1400	11.7	1.3	14.8	95	86	99	2

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENergétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Fiche climatologique Z4 : Station de la Plaine des Cafres

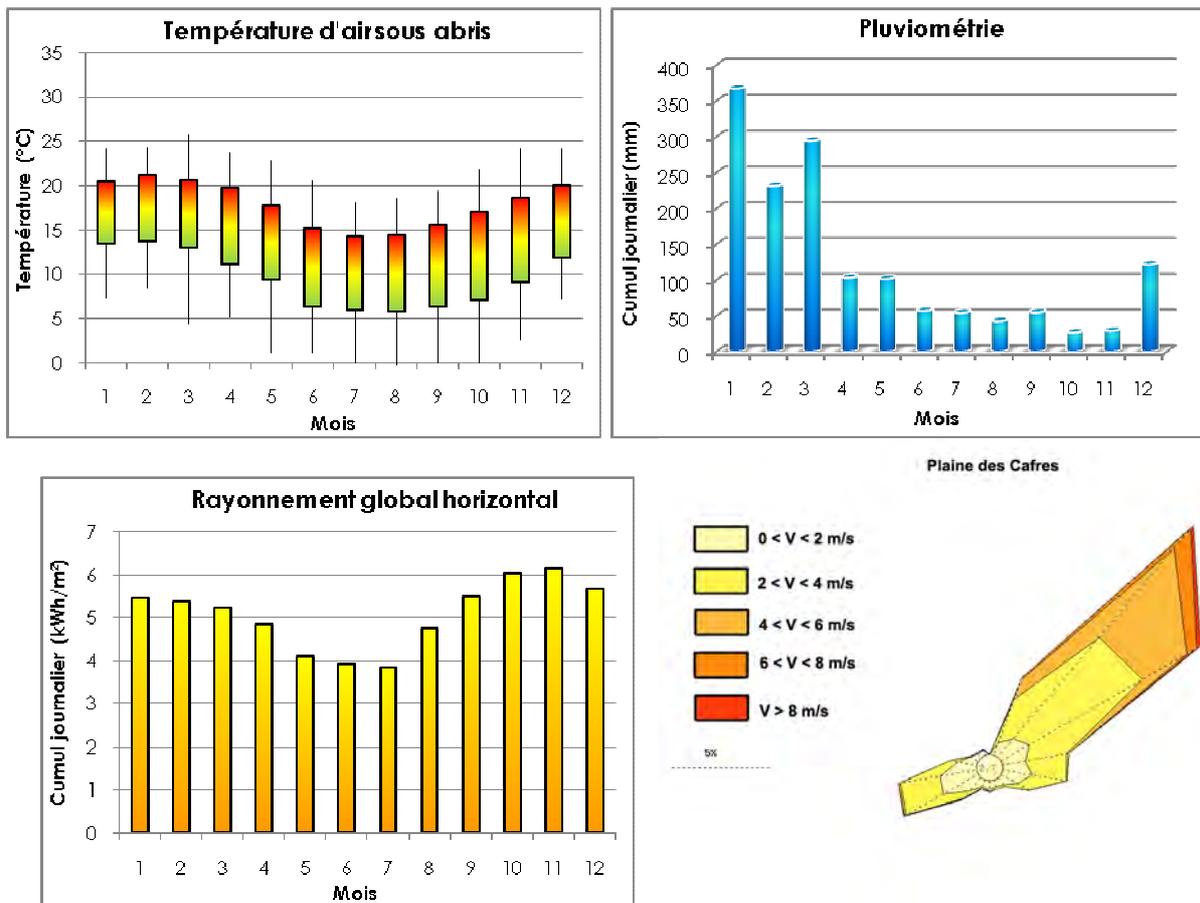


Tableau 15 : Statistiques

	Temp air ext (°C)	Moy max temp air (°C)	Moy min temp air (°C)	HR (%)	Cumul jour ray ^t (Wh/m ²)	Vitesse vent (m/s)	Direction vent (°)	Cumul pluvio (mm)
Janvier	16.7	20.5	13.5	88	5480	4	88	367
Février	17.0	21.2	13.7	88	5376	4	104	232
Mars	16.4	20.6	13.0	88	5229	4	96	295
Avril	15.1	19.7	11.2	86	4848	3	101	103
Mai	13.2	17.8	9.3	87	4101	3	105	102
Juin	10.5	15.2	6.4	87	3916	3	105	57
Juillet	9.8	14.3	6.0	87	3830	4	98	54
Aout	9.8	14.5	5.7	84	4765	4	89	43
Septembre	10.8	15.7	6.4	83	5497	4	93	55
Octobre	11.8	17.0	7.1	83	6047	4	108	27
Novembre	13.6	18.6	9.1	84	6153	3	108	29
Décembre	15.6	20.1	11.8	86	5689	4	97	122
Annuelle	13.4	17.9	9.4	86	5078	4	99	1486

Source Météo France

3 CONCEPTION THERMIQUE DES BATIMENTS

3.1 OBJECTIFS GENERAUX

Les prescriptions énoncées dans cette partie concernent uniquement les composants de l'enveloppe des bâtiments ainsi que le traitement de l'air.

Les prescriptions de l'enveloppe sont les mêmes pour le résidentiel et le tertiaire. La principale différence est la gestion du traitement de l'air.

3.2 ENVIRONNEMENT AUTOUR DU BATIMENT

Implantation conseillée par zone climatique (zone littorale)

Implantation du bâtiment :

D'une manière générale, le bâtiment devra :
Privilégier les façades principales Nord et Sud,
minimiser les pignons Est et Ouest.

Cette orientation permet de réduire les apports solaires très importants pour les orientations Est et Ouest.

Eviter l'orientation Sud-Ouest : le soleil de décembre, est très intense à ce moment de l'année.

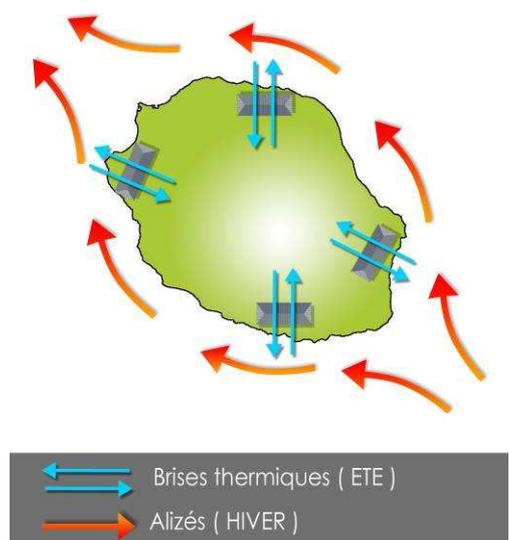


Figure 2 : Orientation conseillée des bâtiments selon leur localisation.

Privilégier les brises thermiques et non les alizés. En effet, les alizés ne soufflent pas l'été. Seules les brises thermiques prédominent. Elles sont perpendiculaires à la côté (sens Mer→Terre la journée et Terre→Mer la nuit).

Pour les zones Est et Ouest, privilégier une orientation des façades principales Nord Ouest et Sud Est afin de configurer protection solaire et brises thermiques.

Dans les zones Z3 et Z4, privilégiées une orientation Nord et Est des façades principales pour bénéficier des apports solaires d'hiver.

Végétalisation des abords



Recommandations :

Toutes zones climatiques

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 cela, le sol fini autour du bâtiment doit être protégé efficacement de l'ensoleillement direct sur une bande d'au moins trois mètres de large. Elle concerne obligatoirement les façades ventilées.

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 situé au-dessus du sol et protégeant celui-ci (sol minéral ou sol fini) du rayonnement direct.

Pour les zones Z3 et Z4, on privilégiera des arbres à feuilles caduques devant les façades exposées au soleil (Nord). En hiver ceux-ci perdront leurs feuilles et permettront de faire rentrer le rayonnement solaire.



Figure 3 : Exemple de bon environnement

Environnement thermiquement performant grâce à la végétalisation périphérique.

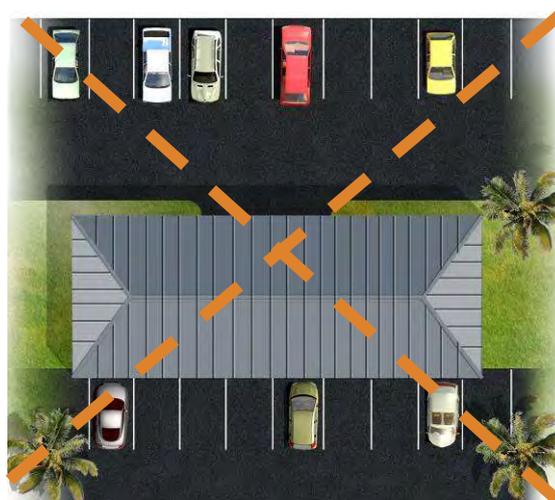


Figure 4 : Exemple d'un mauvais environnement

Mauvaise conception de l'environnement du bâtiment. L'air s'échauffe autour du bâtiment à cause du bitume.

On privilégiera des parkings ombragés avec des arbres à hautes tiges ou des pergolas.

3.3 VENTILATION NATURELLE TRAVERSANTE

Cette section concerne les zones Z1, Z2, Z3. Certains bâtiments ou usages peuvent déroger à cette règle sous réserve de justifier de contraintes particulières : (acoustique, locaux à atmosphère contrôlée, locaux sanitaires).

- Ventilation traversante

Tous les logements et entité au sein des bâtiments situés dans les zones Z1, Z2 et Z3 doivent être traversants (cad. : avoir ses deux façades opposées donnant sur l'extérieur) de manière à optimiser les écoulements d'air à l'intérieur de celle-ci.

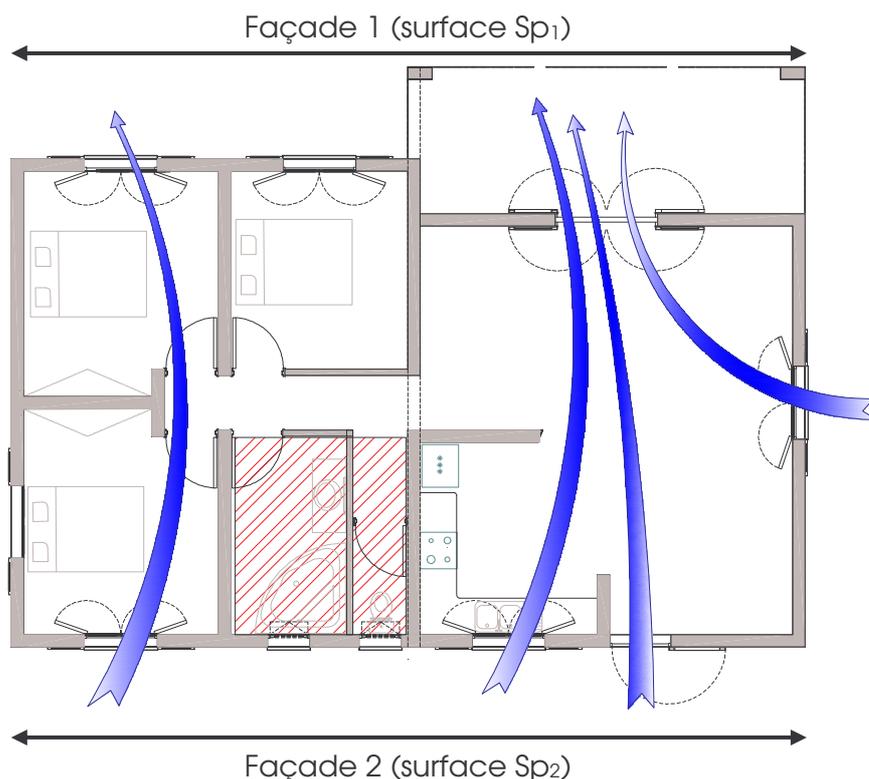


Figure 5 : Ventilation traversante via 2 façades opposées

Chaque pièce principale (ex. : séjour et chambre pour un logement), bureau, salle de classe... doit au moins avoir un taux d'ouverture libre, (ou porosité) dont les valeurs sont précisées par zone climatique dans le tableau ci-dessous.

Zone climatique	Porosité : P PERENE Réunion 2009	RT DOM décret 2009
Z1	20 %	20%
Z2	15% ³	20%
Z3	10% ⁴	15%
Z4	Pas d'exigence	Pas d'exigence

Tableau 16 : Taux d'ouverture minimale par zone climatique

³ 15% est le niveau de la porosité de Z2 zone au vent pour PERENE alors que pour la RT DOM le zonage du bas est unique et est de 20%

⁴ La zone 3 est une zone d'altitude allant de 400 à 800m de ce fait la porosité pour PERENE diffère de celle de la RT DOM avec 10% au lieu 15%

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Nota : au cas où les pièces ne peuvent être traversantes, la ventilation en angle est possible selon certaines conditions.

L'agencement intérieur ne doit pas entraver la ventilation d'une façade à l'autre. La porosité de la paroi intérieure doit au moins être égale à la porosité extérieure.

Afin d'assurer un balayage optimal du bâtiment il est nécessaire de respecter des surfaces minimales d'ouvrant par type de pièce et par façade.

	Z1	Z2	Z3
Chambre 10 m ² (largeur de façade de 3m)	1,5 m ²	1,2 m ²	0,8 m ²
Bureau 10 m ² (largeur de façade de 3m)	1,5 m ²	1,2 m ²	0,8 m ²
Salle de classe 50 m ² (largeur de façade de 8 m)	4 m ²	3 m ²	2 m ²

Tableau 17 : Surface minimum par type de pièce

3.4 CARACTERISTIQUES THERMIQUES DES TOITURES

PREAMBULE – PROTECTION SOLAIRE ET ISOLATION THERMIQUE

Définition :

Le facteur solaire « S » : c'est le rapport de l'énergie transmise par la paroi à l'intérieur du bâtiment pendant les heures d'exposition à l'ensoleillement / l'énergie reçu par la paroi pendant les heures d'exposition à l'ensoleillement.

Le coefficient de transmission surfacique « U » : sont les déperditions thermiques d'un bâtiment vers l'extérieur.

Zones Z1, Z2, Z3, Z4

Pour les zones 1, 2 et 3 le facteur solaire équivalent moyen (des toitures parois horizontales en contact avec l'extérieur) est inférieur ou égal à la valeur du facteur solaire équivalent de référence S_{Max} précisée dans le tableau ci-dessous. En zones 3 et 4, le coefficient global de déperdition thermique U des parois horizontales est inférieur ou égal à la valeur de référence U_{Max} précisée dans le tableau ci-dessous.

	Valeurs PERENE Réunion 2009 Z1 - Z2	Valeurs PERENE Réunion 2009 Z3	Valeurs PERENE Réunion 2009 Z4	Valeurs RT DOM Décret 17 avril 2009 Alt < 800 m	Valeurs RT DOM Décret 17 avril 2009 Alt > 800 m
S_{Max}	0.02	et 0.02		0.03	
U_{Max}		0.5	0.5		0.5

Tableau 18 : Parois horizontales - Valeurs des S_{Max} et U_{Max} selon le zonage climatique pour PERENE et la RTDOM

Pour la zone 3 les exigences portent à la fois sur le S_{Max} et sur le U_{Max}

3.5 CARACTERISTIQUES DES PAROIS OPAQUES VERTICALES EN CONTACT AVEC L'EXTERIEUR

Zones Z1, Z2, Z3, Z4 :

Le facteur solaire équivalent moyen S des parois verticales en contact avec l'extérieur des pièces principales est inférieur ou égal à la valeur du facteur solaire équivalent de référence S_{Max} précisée dans le tableau ci-dessous.

Le coefficient de déperdition moyen U de chaque paroi verticale en contact avec l'extérieur composée de plusieurs éléments de paroi de résistance thermique différente est inférieur ou égal à la valeur du coefficient de déperdition de référence U_{Max} précisée dans le même tableau.

	Valeurs PERENE Réunion 2009			Valeurs RT DOM décret 2009	
	Z1 et Z2	Z3	Z4	Alt. < 800 m	Alt. > 800 m
S_{Max}	0.05			0.09	
U_{Max}		0.5	0.5		2

Tableau 19 : Parois opaques verticales - Valeurs des S_{Max} et U_{Max} selon le zonage climatique pour PERENE et la RTDOM



Recommandations :

Par expérience, on conseillera de retenir un U_{Max} de 0,5, au-delà de 400 m d'altitude pour éviter les problèmes de condensation.

Une attention particulière sera apportée au traitement des ponts thermiques en zones Z3 et Z4.

En zone Z4, prévoir isolation périphérique sous dalle ou vide sanitaire de 2 cm équivalent polystyrène sur 1 m de périphérie. (voir RT 2005 pour les conditions de mise en œuvre).

3.6 CARACTERISTIQUES DES BAIES

Le facteur solaire représente la proportion du flux énergétique transmise par le système vitrier (vitrage + protection solaire). Sa valeur est un coefficient compris entre 0 et 1. Il mesure la contribution d'un vitrage à l'échauffement de la pièce. Plus le facteur solaire est petit, plus les apports solaires sont faibles.

Le facteur solaire équivalent S d'une baie équipée d'une protection solaire a pour valeur :

$$S = C_m \times S_0$$

Où - S_0 est le facteur solaire du vitrage ; il dépend du type de vitrage

- C_m est le coefficient d'ensoleillement ; il dépend de la protection solaire (type et taille de protection) et de l'orientation

Le facteur solaire des baies des pièces principales⁵ (résidentiel) ou salles à taux d'occupation normal⁶ (tertiaire) est inférieur ou égal à la valeur de référence S_{Max} précisée dans le tableau ci-dessous ou le facteur solaire moyen des baies S_{Moy} est inférieur à la valeur de référence S_{Max} .

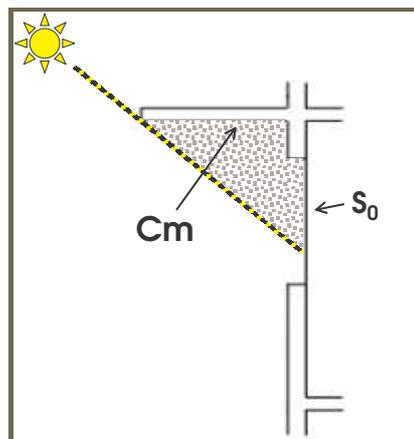


Figure 6 : Coefficient d'ensoleillement

	S_{Max} PERENE Réunion 2009				S_{Max} RT DOM décret 2009	
	Nord	Sud	Est	Ouest	Logt climatisé	Logt non climatisé
Z1 et Z2	0.3	0.4	0.3	0.25	0.25	0.65
Z3	0.4	0.4	0.3	0.25	0.25	0.65
Z4	Pas d'exigence				0.25	0.65

Tableau 20 : valeur de facteur solaire de référence S_{Max} zones 1 à 3 pour les baies et comparaison avec les valeurs de la RT DOM.

Pour la zone 4 la problématique n'est pas une protection solaire mais une protection contre le froid. Dans ce cas tout dispositif en faveur d'un apport solaire à l'intérieur est à privilégier.

Définition des orientations des parois et des baies

Le graphique ci après fixe les limites des orientations des parois. Les orientations sont déterminées suivant les définitions suivantes :

Orientation « NORD » :

L'orientation Nord est une orientation comprise entre un azimuth de -45° (Nord-Ouest) et un azimuth de $+45^\circ$ (Nord-Est).

⁵ Il s'agit du séjour et des chambres.

⁶ Il s'agit de toute pièce correspondant à l'activité normale du domaine d'activité. Ne sont pas comprises les zones telles que zone d'archives, toilettes, couloir, salle de reproduction etc.

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENergétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Orientation « SUD » :

L'orientation Sud est une orientation comprise entre un azimut de -160° (Sud-Sud Ouest) et $+150^\circ$ (Sud-Sud Est).

Orientation « OUEST » :

L'orientation Ouest est une orientation comprise entre un azimut de -45° (Nord-Ouest) et $+160^\circ$ (Sud-Sud Est).

Orientation « EST » :

L'orientation Est est une orientation comprise entre un azimut de -45° (Nord-Est) et $+150^\circ$ (Sud-Sud Est).

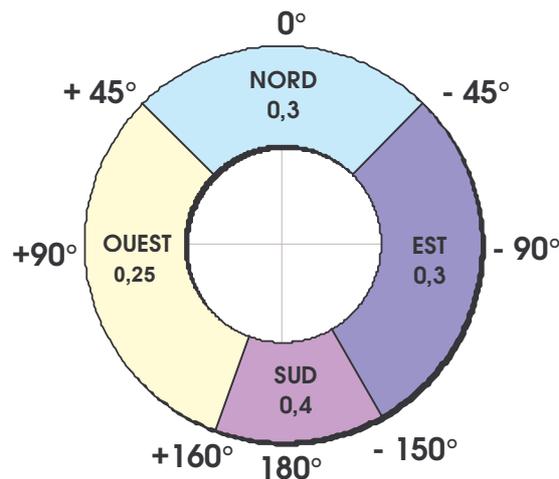


Figure 7 : Définition des orientations pour les zones 1-2-3⁷



Recommandations :

Pour les zones Z3 et Z4, il est recommandé d'avoir des protections solaires mobiles afin d'augmenter le facteur solaire l'hiver et ainsi favoriser les apports solaires gratuits l'hiver.

Les baies des pièces climatisées doivent pouvoir être manœuvrables afin de permettre un fonctionnement en ventilation naturelle dès la mi-saison. Au moins 50% de la baie doit pouvoir être manœuvrable.

Zones 1, 2 et 3 : Interdiction d'installer des baies transparentes sur le plan horizontal.

Zone 3, 4 : double vitrage et volets obligatoires. Menuiseries dotées d'entrées d'air conformément au renouvellement d'air hygiénique. Le double vitrage doit avoir un U_{Max} de $1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Les types de protections solaires sont à adapter en fonction de l'orientation de la baie.

Pour des orientations Est et Ouest, il est recommandé d'utiliser des protections de type brise-soleil ou lames verticale ou horizontale.

Pour des orientations Nord et Sud, des protections de type débord infini ou non limité à la largeur de la fenêtre sont efficaces.

Des protections de types casquette + joue(s) sont efficaces pour toutes les orientations.

On considère que les protections solaires mobiles (volets persiennés, lames orientables) sont efficaces pour toutes les orientations et toutes les zones.

⁷ Rappel : il y a un écart de 20° entre le Nord géographique et le Nord magnétique ($N_g = N_m - 20^\circ$)

3.7 RENOUELEMENT D’AIR HYGIENIQUE

	Bâtiments à usage d’habitation	Bâtiments tertiaires
Z1 et Z2	Bâtiment ventilé naturellement : Ventilation naturelle ou VMC si les pièces polluantes (salle de bain et WC) ne sont pas en façade. (exceptionnelle) (cf. RT DOM).	Bâtiments rafraîchis : renouvellement d’air neuf mécanique obligatoire (double flux conseillé avec air neuf prétraité et pré-rafraîchi) Bâtiments ventilés naturellement : extraction d’air pour les WC et/ou l’ensemble des pièces polluantes.
Z3	VMC obligatoire	Renouvellement d’air neuf hygiénique mécanique obligatoire
Z4	VMC obligatoire	Renouvellement d’air neuf hygiénique mécanique obligatoire

Tableau 21 : Traitement de l’air neuf hygiénique

Le règlement sanitaire départemental et la RT DOM fixe les débits hygiéniques.

PIÈCE	SURFACE D’OUVERTURE minimale
Salle de bains	0,30 m ²
Cabinet d’aisances	0,15 m ²

Tableau 22 : surface d’ouverture minimale dans les pièces humides

De manière exceptionnelle, si une pièce de service ne dispose pas d’ouverture de taille suffisante, elle doit être équipée d’un système de ventilation mécanique dont les débits sont définis par pièce dans le tableau ci-après :

PIÈCE	DÉBIT MINIMUM D’AIR EXTRAIT
Cuisine	Pour un logement de type 1 et 1 bis : 20 m ³ /h Pour un logement de type 2 : 30 m ³ /h Pour un logement de type 3 et plus : 45 m ³ /h
Salle de bains	Pour un logement de type 1 ou 2 : 15 m ³ /h Pour un logement de type 3 et plus : 30 m ³ /h
Cabinet d’aisances	15 m ³ /h

Tableau 23 : Débit VMC selon la catégorie de logement

Zones Z1, Z2 et Z3 : La Réunion ayant une saisonnalité relativement marquée, les menuiseries devront pouvoir s’ouvrir afin de pouvoir faire fonctionner le bâtiment en mi-saison en ventilation naturelle.

Zone Z3 : En été, privilégier la surventilation nocturne (à minima prévoir 20 vol/h de renouvellement d’air) afin de rafraîchir l’enveloppe la nuit. Porter une attention particulière au niveau acoustique.

3.8 BRASSEURS D’AIR

	Bâtiments à usage d’habitation	Bâtiments tertiaires (non climatisé)
Z1 et Z2	<p>Pièce traversante : Attente BA en plafond.</p> <p>Pièce non traversante : Installation obligatoire.</p>	<p>Pièce traversante ventilée naturellement : Installation obligatoire.</p> <p>Pièce non traversante ventilée naturellement: Installation obligatoire.</p>
Z3	<p>Pièce traversante : Attente BA en plafond.</p> <p>Pièce non traversante : Installation obligatoire.</p>	<p>Pièce traversante ventilée naturellement : Attente.</p> <p>Pièce non traversante ventilée naturellement : Installation obligatoire.</p>
Z4	Pas d’obligation.	<p>Pièce traversante : Pas d’obligation</p> <p>Pièce non traversante : Pas d’obligation</p>

Tableau 24 : Exigence sur les brasseurs d’air selon les zones climatiques

On entend par attente BA en plafond, une attente électrique en position centrée par rapport à la pièce et un fourreau avec câble en attente en position pour la future commande.

Nota : - Attention aux effets stroboscopiques
- Attention aux commandes : vitesses - acoustique

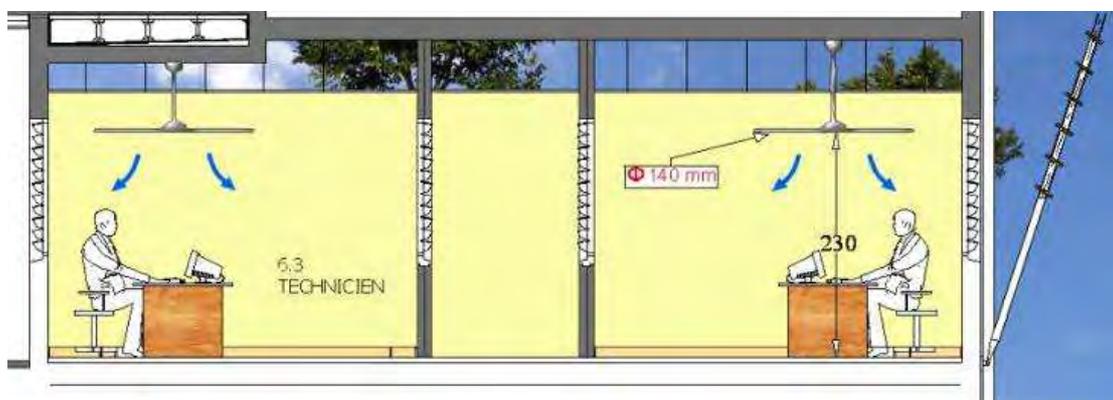


Figure 8 : Implantation des brasseurs d’air dans un bureau



Recommandations sur les brasseurs d’air :

Moteurs garantis à vie

Commandes manuelles individuelles à 3 niveaux de vitesse

Pâles en bois ou matière plastique – angle d’attaque de 10° minimum.

Hauteur minimale de mise en œuvre recommandée : 2,3 m

Privilégier des brasseurs d’air de grand diamètre (> 120 cm).

1 brasseur d’air pour chaque tranche de 15 m² dans les logements et par tranche de 10 m² pour le tertiaire.

Une attention particulière sera apportée au calepinage : brasseurs d’air, éclairage, traitement d’air.

3.9 ECLAIRAGE NATUREL

Ouvertures

D'une manière générale, privilégier l'éclairage naturel en évitant toutefois le rayonnement direct sur les occupants. Pour cela, le concepteur devra calculer les facteurs de lumière de jour dans tous les espaces éclairés naturellement.

Favoriser les seconds jours pour éclairer les couloirs de circulation (espace vitré entre le local ayant une ouverture extérieure et le couloir).

Optimisation protection solaire/Eclairage naturel

Il sera nécessaire de réaliser des simulations thermiques dynamiques et d'autonomie d'éclairage pour optimiser le dimensionnement des protections solaires des baies vitrées.

4 EXIGENCES POUR LES SYSTEMES ENERGETIQUES

4.1 OBJECTIFS

Les objectifs de l’Outil bâtiment PERENE Réunion sont de définir les exigences qualitatives minimum des équipements techniques mis en œuvre dans les bâtiments à usages de logement ou tertiaire.

Ces niveaux minimaux sont décomposés par typologie d’usage : *conditionnement d’air, éclairage, eau chaude sanitaire, , autres secteurs de consommations*, et répartis par typologie de bâtiments listés ci-dessous :

- Logements.
- Bureaux.
- Enseignement.
- Hospitalier.
- Hôtels.
- Commerces.

Les données figurant dans les prescriptions sont issues de recensements réalisés dans le cadre de diagnostics énergétiques menés sur les dix dernières années.

En termes de réduction des dépenses énergétiques, l’objectif est de réduire d’une manière générale de 30% la consommation des bâtiments de PERENE 2009.

Bâtiment PERENE 2009 = Consommation bâtiment standard – 30%

4.2 CONSOMMATION D’ENERGIE ELECTRIQUE GLOBALE

Le manque de retour d’expérience dans les DOM en ce qui concerne les consommations des bâtiments tertiaires nous oblige à fixer des objectifs en termes de « moyens », les objectifs de résultats étant donnés à titre indicatif sur la base de l’expérience.

Ratio énergétique global R_g pour les usages tertiaires.

Les indicateurs proposés pour les DOM sont le ratio énergétique global noté R_g et le ratio énergétique de référence $R_{réf}$ dont l’unité est le kWh électrique annuel par **mètre carré de surface utile (kWh_e/an/SU)**.

Le ratio énergétique de référence dépend :

du pourcentage de surface utile climatisée noté X_{clim} ;

du ratio énergétique du à la climatisation R_{clim} (kWh_e/SU_{clim}/an) ;

du ratio énergétique du aux autres postes noté R_{autres} tels que éclairage, moteurs, bureautique (kWh_e/SU_{tot}/an).

$$R_{réf} = X_{clim} \cdot R_{clim} + R_{autres}$$

L’expérience des nombreux diagnostics énergétiques nous donne les ordres de grandeur de R_{clim} et R_{autres} . Le tableau ci-dessous récapitule ces ordres de grandeur.

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

	R_{clim} kWh/SU _{clim} /an	X_{clim} moyen	R_{autres} kWh _e /SU _{TOT} /an	A titre indicatif	
				$R_{réf}$ moyen actuel kWh _e /SU _{TOT} /an	R_g Objectifs PERENE Réunion 2009kWh _e /SU _{TOT} /an
BUREAUX					
Grand Immeuble	90	80 %	60	132	92
Petit Immeuble	115	70 %	60	140	100
ENSEIGNEMENT					
Primaire	15	15 %	20	22	18
Secondaire	30	20 %	30	36	25
Universitaire	100	90 %	50	140	100
HOPITAUX					
Hébergement	140	80 %	50	160	130
Salle de soins	244	80 %	55	250	200
HOTEL					
Gîtes – Chambres	40	30 %	50	62	50
Hôtels ** à ****	80	65 %	130	182	155
COMMERCE					
Grands commerces	200	90 %	380	560	450
Petits commerces	100	70 %	250	320	256

Tableau 25 : Valeurs de R_{clim} et R_{autres} par typologie de bâtiment

La définition de l'objectif performanciel à atteindre par l'outil PERENE Réunion est défini par l'indicateur global R_g , représentatif d'une fraction optimisée de $R_{réf}$.

Pour résumer, $R_{réf}$ caractérise la situation actuelle et R_g caractérise donc l'objectif à atteindre dans le cadre de l'outil PERENE Réunion de qualité énergétique.

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

		LOGEMENT CONFINE (APPARTEMENTS)		LOGEMENT AERE (VILLAS)	
		Situation actuelle	PERENE 2009	Situation actuelle	PERENE 2009
Caracteristiques générales	surface utile de planchers (m²)	60	I	80	I
	hauteur sous plafond (m)	2,50	D	2,50	D
	forme du bâtiment	rectangulaire	E	rectangulaire	E
	surface utile climatisée	1%	M	4%	M
éclairage	niv. d'éclairage fonc. principale (lux)	150	125	150	125
	densité de puissance électrique (W/m²)	15	5	15	5
	type de luminaire	Incandescent / fluo	LBC / fluo	Incandescent / fluo	LBC / fluo
	contrôle du niveau d'éclairage	NON	NON	NON	NON
eau chaude	type de production :	Solaire/gaz/électrique	solaire	Solaire/gaz/électrique	solaire
	puissance : (kW) interrupteur ou contacteur pour résistance électrique CE Solaire	2	1	2	1
conditionnement d'air		Pas limitation	Chambres	Pas limitation	Chambres
	Zones Z1-Z2 : <input type="text"/> brasseurs d'air	Pas d'obligation	Obligation Chambres - salon	Pas d'obligation	Obligation Chambres - salon
	Zones Z3 : <input type="text"/> brasseurs d'air	Pas d'obligation	Attente BA	Pas d'obligation	Attentes BA
	Zone Z4 : <input type="text"/> Chauffage	Chauffage obligatoire	Chauffage obligatoire	Chauffage obligatoire	Chauffage obligatoire
	puissance installée	individuelle radiateur électrique 120 W/m²	100 W/m² - 150Wep/m²	individuelle radiateur électrique 120 W/m²	100 W/m² - 150Wep/m²
Renouvellement d'air	Zones Z1-Z2 : <input type="text"/>	Pas d'obligation	Naturel ou VMC	Pas d'obligation	Naturel ou VMC
	Zones Z3-Z4 : <input type="text"/>	Pas d'obligation	filtration mécanique obligatoire	Pas d'obligation	filtration mécanique obligatoire
Prises de courant	type	Electroménager/HIFI	Electroménager/HIFI	Electroménager/HIFI	Electroménager/HIFI
consommations	densité de puissance moyenne (W/m²)	50	Catégorie A-B 35	70	Catégorie A-B 45
Cuisson	type	gaz, électrique	gaz	gaz, bois, électrique	gaz, bois
conditions d'exploitation	profil d'occupation journalier	20-7h00 : 100 % 24/24 : 100%	20-7h00 : 100 % 24/24 : 100 %	20-7h00 : 100 % 24/24 : 100%	20-7h00 : 100 % 24/24 : 100 %
	profil d'occupation week-end				
Contrat entretien annuel		NON	NON	NON	NON
Suivi des consommations		NON	OUI	NON	OUI
RESULTATS	consommation électrique annuelle (kWh/m²)	44*	Rg ≤ 28	36*	Rg ≤ 25

Tableau 26 : Exigences pour les systèmes énergétiques typologie logements

Nota * : Valeurs de consommations indications basées sur des mesures réalisées sur site

Recommandations :

Pour la Z4 les températures de chauffage doivent être :
de 19° dans les pièces de vie
de 16° dans les chambres

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Typologie BUREAUX

	GRAND IMMEUBLE DE BUREAUX		PETIT IMMEUBLE DE BUREAUX		
	Situation actuelle	PERENE 2009	Situation actuelle	PERENE 2009	
Caractéristiques générales	surface utile de planchers (m ²) hauteur sous plafond (m) forme du bâtiment pourcentage de surface climatisée	>800 3,4 - 2,75 net rectangulaire Xclim (80%)	I D E M	< 800 3,14 rectangulaire Xclim (70%)	I D E M
éclairage	niv. d'éclairage fonc. principale (lux) densité de puissance électrique (W/m ²) type de luminaire type de ballast contrôle du niveau d'éclairagement	500 13 fluo standard non	300 9 Led/fluo électronique oui	500 13 fluo standard non	300 9 Led/fluo électronique oui
eau chaude	type de production : puissance : (W/m ²)	électrique 1,5	solaire 0	électrique 2	solaire 0
conditionnement d'air		Pas limitation	aux de travail / détente	Pas limitation	Locaux travail / détente
RAFRAICHISSEMENT					
Zones Z1-Z2 :	type de production de froid puissance : (W/m ²) EER Nota :Taux de rendement énergétique en mode de refroidissement à pleine charge selon article 2 directive européenne 92/75/CEE débit (m3/h/personne) brasseurs d'air	eau glacée 150 2,5	VRV/ eau glacée 110 3	détente directe 180 1,5	VRV/détente directe 120 3
VENTILATION					
Zone Z3 :	débit (m3/h/personne) brasseurs d'air	0 NON	18 OUI	0 NON	18 OUI
CHAUFFAGE					
Zone Z4 :	VMC renouvellement d'air (m3/h/personne) type d'installation type de connecteur Type de commande puissance installée	0 individuelle radiateur électrique 120 W/m ²	18 centralisée panneau rayonnant thermostat 90 W/m ²	0 individuelle radiateur électrique 120 W/m ²	18 individuelle panneau rayonnant thermostat 100 W/m ²
autres consommations	type densité de puissance moyenne (W/m ²)	bureautique 8	bureautique 6	bureautique 5	bureautique 4
conditions d'exploitation	débit d'air neuf (m3/h/personne) infiltrations (volume/heure) température intérieure (°C) humidité intérieure (%) Période de RAFRAICHISSEMENT profil d'occupation journalier profil d'occupation week-end horaire clim journalier arrêt clim week-end	18 2,5 24 NC Toute l'année 8/12 et 14/18:100 % 12/14: 30% nuit :0%	18 surpression 28°C (D1Max de 6°C) NC DECEMBRE-MARS 8/12 et 14/18:100 % 12/14: 30% nuit :0%	0 2 24 NC Toute l'année 8/12 et 14/18:100 % 12/14: 30% nuit :0%	18 surpression 28°C (D1Max de 6°C) NC DECEMBRE - MARS 8/12 et 14/18:100 % 12/14: 30% nuit :0%
Contrat entretien annuel		OUI	OUI	NON	OUI
Suivi des consommations		NON	OUI	NON	NON
RESULTATS	consommation électrique annuelle (kWh/m ² SU/an)	Rréf = 100Xclim+60 (132 kWh/m²/an)*	Rg < 0,70 Rréf (92)	Rréf = 115 Wclim+60 (140)*	Rg < 0,70 Rréf (100)

Tableau 27 : Exigences pour les systèmes énergétiques typologie Bureaux

Nota* : Valeurs de consommations indications basées sur des mesures réalisées sur site
- Listing et détail en annexe

Nota ** : EER : Taux de rendement énergétique en mode de refroidissement à pleine charge selon article 2 - directive européenne 92/75/CEE.

Outil bâtiment PERENE Réunion

Performances ENERgetiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

		Typologie ENSEIGNEMENT					
		ENSEIGNEMENT PRIMAIRE		ENSEIGNEMENT SECONDAIRE		ENSEIGNEMENT UNIVERSITAIRE	
		Situation actuelle	PERENE 2009	Situation actuelle	PERENE 2009	Situation actuelle	PERENE 2009
Caractéristiques générales	surface utile de planchers (m²) hauteur sous plafond (m) pourcentage de surface climatisée	X _{clim} (10 %)	X _{clim} (0 à 10 %)	X _{clim} (20 %)	X _{clim} (10 %)	X _{clim} (90 %)	X _{clim} (50 %)
éclairage	niv. d'éclairement fonc. principale (lux) densité de puissance élec. (W/m²) type de luminaire type de ballast contrôle du niveau d'éclairement	400 17 Incandescent /fluo standard non	300 8 fluo électronique non	400 13 Incandescent /fluo standard non	300 8 fluo électronique non	500 13 Incandescent /fluo standard non	300 8 fluo électronique non
eau chaude	type de production : puissance : (W/m²)	électrique 1,5	solaire	électrique 7	solaire	électrique 1,5	solaire
conditionnement d'air		Pas limitation	Administration	Pas limitation	Administration/CDI/ salle informatique	Pas limitation	Tout sauf salles banalisées TD
RAFRAICHISSEMENT							
Zones Z1-Z2 :	type de production de froid puissance frigorifique : (W/m²) EER Nota :Taux de rendement énergétique en mode de refroidissement à pleine charge selon article 2 directive européenne 92/75/CEE	détente directe 180 1,5	détente directe 110 3,2	détente directe 180 1,5	eau glacée 110 3,2	détente directe 150 1,5	eau glacée 110 3,2
VENTILATION							
Zone Z3 :	débit (m3/h/personne) brasseurs d'air Clim AMPHI	0 OUI	18 OUI	0 NON	18 OUI	Pas limitation 0 NON	Amphis 18 OUI
CHAUFFAGE							
Zone Z4 :	VMC renouvellement d'air (m3/h/personne) type d'installation type de convecteur puissance installée	O individuelle radiateur électrique 120 W/m²	Adm/Salles classes 18 centralisée panneau rayonnant 100 W/m²	Pas limitation 0 individuelle radiateur électrique 120 W/m²	Adm/Salles classes 18 individuelle panneau rayonnant 90 W/m²	Pas limitation 0 individuelle radiateur électrique 120 W/m²	Adm/Salles classes 18 centralisée panneau rayonnant 100 W/m²
autres consommations	type densité de puissance moyenne (W/m²)	bureautique 8	bureautique+Energy Star 6	bureautique 5	bureautique+Energy Star 4	bureautique 8	bureautique+Energy Star 6
conditions d'exploitation	débit d'air neuf (m3/h/personne) infiltrations (volume/heure) température intérieure (°C) humidité intérieure (%) Période de rafraichissement profil d'occupation journalier profil d'occupation week-end horaire clim journalier arrêt clim week-end	0 2,5 24 NC Toute l'année hors congés 8/12 et 14/18:100 % 12/14: 30% nuit :0%	18 surpression 28°C + BA NC DECEMBRE - MARS hors congés 8/12 et 14/18:100 % 12/14: 30% nuit :0%	0 2 24 NC Toute l'année hors congés 8/12 et 14/18:100 % 12/14: 30% nuit :0%	18 surpression 28°C + BA NC DECEMBRE - MARS hors congés 8/12 et 14/18:100 % 12/14: 30% nuit :0%	18 2,5 24 NC Toute l'année hors congés 8/12 et 14/18:100 % 12/14: 30% nuit :0%	18 surpression 28°C NC DECEMBRE - MARS hors congés 8/12 et 14/18:100 % 12/14: 30% nuit :0%
Contrat entretien annuel		NON	OUI	NON	OUI	OUI	OUI
Suivi des consommations		NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI
consommation électrique annuelle (kWh/m²SU/an)		R _{réf} = 15 X _{clim} +20 (22)*	R _g <0,8 R _{réf} (18)	R _{réf} = 30 X _{clim} +30 (36)*	R _g <0,7 R _{réf} (25)	R _{réf} = 100 X _{clim} +50 (140)*	R _g <0,7 R _{réf} (98)

Tableau 28 : Exigences pour les systèmes énergétiques typologie Enseignement

Nota * : Valeurs de consommations indications basées sur des mesures réalisées sur site - Listing et détail en annexe

Nota ** : EER : Taux de rendement énergétique en mode de refroidissement à pleine charge selon article 2 - directive européenne 92/75/CEE.

Les objectifs de consommations tiennent compte de la présence d'une cuisine mixte.

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Typologie HOSPITALIER

		HEBERGEMENT		SALLES DE SOINS	
		Situation actuelle	PERENE 2009	Situation actuelle	PERENE 2009
Caractéristiques générales	surface utile de planchers (m ²)				
	hauteur sous plafond (m)	2,50		2,50	
	forme du bâtiment		Xclim = (50%)		Xclim = (90 %)
	surface climatisée (m ²)				
éclairage	niv. d'éclairage fonc. principale (lux)	500	300	500	400
	densité de puissance électrique (W/m ²)	20	8	20	15
	type de luminaire	fluo	fluo	fluo	fluo
	type de ballast	standard	électronique	standard	électronique
	contrôle du niveau d'éclairage	non	non	non	non
eau chaude	type de production :	gaz/solaire/électrique	solaire Récupération GF	gaz/solaire/électrique	solaire Récupération GF
	puissance : (W/m ²)	1,5	1/0	2	1,5/0
conditionnement d'air		Recyclage	Recyclage	Tout air neuf	Tout air neuf
	RAFRAICHISSEMENT			Récupération air/air	Récupération air/air
Zones Z1-Z2 :	type de production de froid	eau glacée /détente directe	eau glacée / détente directe	eau glacée	eau glacée
	puissance : (W/m ²)	180	110	600	400
	EER	2,5 / 1,5	3 / 2	2,5	3
	Nota :Taux de rendement énergétique en mode de refroidissement à pleine charge selon article 2 directive européenne 92/75/CEE				
VENTILATION	Zone Z3 :	débit (m3/h/personne)	0	18	0
	brasseurs d'air	NON	OUI	NON	OUI
CHAUFFAGE	Zone Z4 :	VMC renouvellement d'air (m3/h/personne)	0	18	0
	type d'installation	individuelle	individuelle	individuelle	centralisée
	type de convecteur	radiateur électrique	panneau rayonnant	radiateur électrique	panneau rayonnant
	puissance installée	120 W/m ²	100 W/m ²	350 W/m ²	250 W/m ²
autres consommations	type	bureautique	bureautique+Energy Star	bureautique	bureautique+Energy Star
	densité de puissance moyenne (W/m ²)	8	6	15	12
conditions d'exploitation	débit d'air neuf (m3/h/personne)	18	18	18	18
	infiltrations (volume/heure)	2,5	surpression	2	surpression
	température intérieure (°C)	24	28°C	24	28°C (ΔtMax de 6°C)
	humidité intérieure (%)	NC	NC	NC	NC
	Période de CLIMATISATION ANNUELLE	Toute l'année	DECEMBRE - MARS	Toute l'année	Toute l'année
	profil d'occupation journalier	24/24 : 100 %	8/12 et 14/18: 100 %	8/12 et 14/18: 100 %	8/12 et 14/18: 100 %
	profil d'occupation week-end	100%	100%	100%	100%
	horaire clim journalier	24/24 : 100%	24/24 : 100%	24/24 : 100%	24/24 : 0%
		100%			
	Contrat entretien annuel	NON	OUI	OUI	OUI
Suivi des consommations	NON	OUI	NON	OUI	
RESULTATS	consommation électrique annuelle (kWh/m ² SU/an)	$R_{réf} = 140 X_{clim} + 50$ (160)*	$R_g < 0,8 R_{réf}$ (130)	$R_{réf} = 244 X_{clim} + 55$ (250)*	$R_g < 0,8 R_{réf}$ (225)

Tableau 29 : Exigences pour les systèmes énergétiques typologie Hospitalier

Nota * : Valeurs de consommations indications basées sur des mesures réalisées sur site - Listing et détail en annexe

Nota ** : EER : Taux de rendement énergétique en mode de refroidissement à pleine charge selon article 2 - directive européenne 92/75/CEE.

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

		Typologie HOTELS			
		GITES - CHAMBRES 1*		HOTELS ** à ****	
		Situation actuelle	PERENE 2009	Situation actuelle	PERENE 2009
Caractéristiques générales	surface utile de planchers (m ²) hauteur sous plafond (m) forme du bâtiment surface climatisée (m ²)		X _{clim} (30%)		S _{clim} (65%)
éclairage	niv. d'éclairement fonc. principale (lux) densité de puissance électrique (W/m ²) type de luminaire type de ballast contrôle du niveau d'éclairement	400 20 fluo standard non	300 10 fluo électronique non	500 20 fluo standard non	400 12 fluo électronique non
eau chaude	type de production : puissance : (W/m ²)	électrique 1,5	élec. Asservie HC/solaire 1/0	électrique 2	électrique asservie HC/solaire 1,5/0
conditionnement d'air					
RAFRAICHISSEMENT					
Zones Z1-Z2 :	type de production de froid puissance : (W/m ²) EER Nota : Taux de rendement énergétique en mode de refroidissement à pleine charge selon article 2 directive européenne 92/75/CEE	détente directe 180 1,5	VRV/détente directe 110 2	eau glacée 150 2,5	VRV/eau glacée 120 3
VENTILATION					
Zone Z3 :	débit (m ³ /h/personne) brasseurs d'air	0 NON	18 OUI	0 NON	18 OUI
CHAUFFAGE					
Zone Z4 :	VMC renouvellement d'air (m ³ /h/personne) type d'installation type de convecteur puissance installée	0 individuelle radiateur électrique 120 W/m ²	18 centralisée panneau rayonnant 100 W/m ²	0 individuelle radiateur électrique 120 W/m ²	18 individuelle panneau rayonnant 90 W/m ²
autres consommations	type densité de puissance moyenne (W/m ²)	bureautique 5	bureautique+Energy Star 4	bureautique 8	bureautique+Energy Star 6
conditions d'exploitation	débit d'air neuf (m ³ /h/personne) infiltrations (volume/heure) température intérieure (°C) humidité intérieure (%) Période de CLIMATISATION ANNUELLE profil d'occupation journalier profil d'occupation week-end horaire clim journalier	18 2,5 24 NC Toute l'année 24/24 : 100 % 100% 24/24 : 100%	18 surpression 25°C (ΔtMax de 6°C) NC OCTOBRE - MAI 24/24 : 100 % 100% 24/24 : 100%	18 2 24 NC Toute l'année 24/24 : 100 % 100% 24/24 : 100%	18 surpression 25°C (ΔtMax de 6°C) NC OCTOBRE - MAI 24/24 : 100 % 100% 24/24 : 100%
Contrat entretien annuel		NON	OUI	OUI	OUI
Suivi des consommations		NON	OUI	NON	NON
RESULTATS	consommation électrique annuelle (kWh/m ² SU)	R _{réf} = 40 X _{clim} +50 (62)*	R _g < 0,8 R _{réf} (50)	R _{réf} = 80 X _{clim} +130 (182)*	R _g <0,85 R _{réf} (155)

Tableau 30 : Exigences pour les systèmes énergétiques typologie Hôtels

Nota * : Valeurs de consommations indications basées sur des mesures réalisées sur site - Listing et détail en annexe

Nota ** : EER : Taux de rendement énergétique en mode de refroidissement à pleine charge selon article 2 - directive européenne 92/75/CEE.

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Typologie COMMERCES

		COMMERCES GRANDS > 400m ²		COMMERCES PETITS < 400 m ²	
		Situation actuelle	PERENE 2009	Situation actuelle	PERENE 2009
Caractéristiques générales	surface utile de planchers (m ²)				
	hauteur sous plafond (m)				
	forme du bâtiment				
	surface climatisée (m ²)		X _{clim} (90 %)		X _{clim} (70%)
éclairage	niv. d'éclairement fonc. principale (lux)	1200	600	1200	600
	densité de puissance électrique (W/m ²)	20	12	20	15
	type de luminaire	fluo	fluo	fluo	fluo
	type de ballast	standard	électronique	standard	électronique
	contrôle du niveau d'éclairement	non	non	non	non
eau chaude	type de production :	électrique	élec. Asservie HC/solaire	électrique	électrique asservie HC/solaire
	puissance : (W/m ²)	1,5	1/0	2	1,5/0
conditionnement d'air RAFRAICHISSEMENT	Zones Z1-Z2 :				
	type de production de froid	eau glacée	eau glacée	détente directe	détente directe
	puissance : (W/m ²)	150	110	180	110
	EER	2,5	3	1,5	2
	type de condensation	air	air	air	air
	type de ventilation	VC	VC	évaporateur	évaporateur
	VENTILATION				
	Zone Z3 :				
	débit (m3/h/personne)	0	18	0	18
	brasseurs d'air	NON	OUI	NON	OUI
CHAUFFAGE					
Zone Z4 :					
VMC renouvellement d'air (m3/h/personne)	0	18	0	18	
type d'installation	individuelle	centralisée	individuelle	individuelle	
type de convecteur	radiateur électrique	panneau rayonnant	radiateur électrique	panneau rayonnant	
puissance installée	120 W/m ²	90 W/m ²	120 W/m ²	100 W/m ²	
autres consommations	type	Vitrines	Vitrines	Vitrines	Vitrines
	densité de puissance moyenne (W/m ²)	15	13	25	20
conditions d'exploitation	débit d'air neuf (m3/h/personne)	18	18	18	18
	infiltrations (volume/heure)	2,5	suppression	2	suppression
	température intérieure (°C)	24 (Zone clim A)	25°C (ΔtMax de 6°C)	24	25°C (ΔtMax de 6°C)
	humidité intérieure (%)	NC	NC	NC	NC
	Période de CLIMATISATION ANNUELLE	Toute l'année	OCTOBRE - MAI	Toute l'année	OCTOBRE - MAI
	profil d'occupation journalier	8/12 et 14/18:100 % 12/14: 30% nuit :0%	8/12 et 14/18:100 % 12/14: 30% nuit :0%	8/12 et 14/18:100 % 12/14: 30% nuit :0%	8/12 et 14/18:100 % 12/14: 30% nuit :0%
	profil d'occupation week-end (hors ouverture)	20%	10%	30%	20%
	horaire clim journalier	24/24 : 100%	7h-20h : 100%	24/24 : 100%	7/20 : 100% nuit : 0%
	arrêt clim week-end (hors ouverture)	24/24 : 0%	24/24 : 0%	24/24 : 0%	24/24 : 0%
	Contrat entretien annuel	OUI	OUI	NON	OUI
Suivi des consommations	NON	OUI	NON	NON	
RESULTATS	PERENE 2009	R_{réf} = 200 X_{clim}+380 (560)*	R_g < 0,8 R_{réf} (450)	R_{réf} = 100 X_{clim}+250 (320)*	R_g < 0,8 R_{réf} (256)

Tableau 31 Exigences pour les systèmes énergétiques typologie Commerces

NOTA :

Nota * : Valeurs de consommations indications basées sur des mesures réalisées sur site - Listing et détail en annexe

Nota ** : EER : Taux de rendement énergétique en mode de refroidissement à pleine charge selon article 2 - directive européenne 92/75/CEE.

La climatisation des surfaces commerciales ne représente environ que 25 % des consommations globales. L'enjeu Maîtrise de l'énergie concerne principalement les vitrines réfrigérées (environ 40 % des consommations totales).

5 TABLEAU DE SYNTHÈSE DES PRECONISATIONS DE L'OUTIL BATIMENT PERENE REUNION

LOGEMENT		Base sans optimisation	Décret RT DOM 17 avril 2009		PERENE Réunion 2009
Z1 et Z2	Conception thermique				
	Toiture	Aucune isolation	$S_{Max} = 0,03$		$S_{Max} = 0,02$
	Murs	Aucune protection	$S_{Max} = 0,09$		$S_{Max} = 0,05$
	Baies et fenêtres	Faible protection solaire	$S_{Max} = 0,25$ climatisat°	$S_{Max} = 0,65$ Vent. nat.	S_{Max} : N = 0,3 S = 0,4 E = 0,3 O = 0,25
	Traitement de l'air	Aucune prescription	Porosité : 20 % et/ou VMC si clim		Porosité : Z1 20%, Z2 20% et/ou VMC si clim
	Qualité énergétique				
	Eclairage	Incandescent, fluos, halogène	Aucune prescription		Fluos – LBC
	Eau chaude	Electrique/gaz/solaire	Solaire taux de couverture 50% mini		Solaire 70% mini
	Climatisation	Split/brasseurs d'air	Aucune prescription		brasseurs d'air
	Autres usages	Toutes catégories			Classe A – A+
Z3	Conception thermique				
	Toiture	Aucune isolation	$S_{Max} = 0,03$		$S_{Max} = 0,02$ et $U_{Max} = 0,5$ W/m ² .K
	Murs	Aucune protection	$S_{Max} = 0,09$		$U_{Max} = 0,5$
	Baies et fenêtres	Faible protection solaire	$S_{Max} = 0,25$ climatisat°	$S_{Max} = 0,65$ Vent. nat.	$U_{Max} = 1$ W/m ² .K S_{Max} : N = 0,4 S = 0,4 E = 0,3 O = 0,25
	Traitement de l'air	Aucune prescription	Porosité : 15% et/ou VMC		Porosité : 15% traversant, VMC obligatoire
	Qualité énergétique				
	Eclairage	Incandescent, fluos, halogène	Aucune prescription		Fluos – LBC
	Eau chaude	Electrique/gaz/solaire	Solaire taux de couverture 50% mini		Solaire 70% mini
	Climatisation	Split/brasseurs d'air	Aucune prescription		brasseurs d'air en attente
	Autres usages	Toutes catégories			Classe A – A+

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Z4	Conception thermique			
	Toiture	Aucune isolation	$U_{Max} = 0,5 \text{ W/m}^2.K$	$U_{Max} = 0,5 \text{ W/m}^2.K$
	Murs	Aucune protection	$U_{Max} = 2 \text{ W/m}^2.K$	$U_{Max} = 0,5 \text{ W/m}^2.K$
	Baies et fenêtres	Faible protection solaire	$S_{Max} = 0,25$ climatisat°	$S_{Max} = 0,65$ Vent. nat.
	Traitement de l'air	Aucune prescription	VMC ou vent. Nat.	VMC obligatoire
	Qualité énergétique			
	Eclairage	Incandescent, fluos, halogène	Aucune prescription	Fluos – LBC
	Eau chaude	Electrique/gaz/solaire	Solaire taux de couverture 50% mini	Solaire 70% mini
	Chauffage	Convecteurs électriques	Thermostat pour installations à effet Joule	Chauffage obligatoire 150Wep/m ²
	Autres usages	Toutes catégories	Aucune prescription	Classe A – A+

TERTIAIRE		Base sans optimisation	Décret RT DOM	PERENE Réunion 2009
Z1 et Z2	Conception thermique			
	Toiture	Aucune isolation	Aucune prescription. Le décret ne concerne pas les bâtiments tertiaires	$S_{Max} = 0,02$
	Murs	Aucune protection		$S_{Max} = 0,05$
	Baies et fenêtres	Faible protection solaire		$S_{Max} :$ N = 0,3 S = 0,4 E = 0,3 O = 0,25
	Traitement de l'air	Aucune prescription		Ren ^t . Air neuf mécanique obligatoire pour bâtiments rafraîchis. VMC pour bât ventilés naturellement
	Qualité énergétique			
	Eclairage	Incandescent, fluos, halogène	Aucune prescription. Le décret ne concerne pas les bâtiments tertiaires	Fluos, LBC, SHP
	Eau chaude	Electrique/gaz/solaire		Electrique asservi HC /solaire
	Climatisation	Individuel/centralisé		Efficacité minimale – rafraîchissement à 28°C+BA Fonctionnement uniquement été. Installation centralisée pour SU>800 m ²
	Autres usages	Toutes catégories		Classe A – A+

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENergétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Z3	Conception thermique				
	Toiture	Aucune isolation	Aucune prescription. Le décret ne concerne pas les bâtiments tertiaires	$S_{Max} = 0,02$ et $U_{Max} = 0,5$ W/m ² .K	
	Murs	Aucune protection		$U = 1$ W/m ² .K	
	Baies et fenêtres	Faible protection solaire		$U_{Max} = 1$ W/m ² .K	S_{Max} : N = 0,4 S = 0,4 E = 0,3 O = 0,25
	Traitement de l'air	Aucune prescription		Rent ^t . Air neuf mécanique obligatoire	
	Qualité énergétique				
	Eclairage	Incandescent, fluos, halogène	Aucune prescription. Le décret ne concerne pas les bâtiments tertiaires	Fluos, LBC, SHP	
	Eau chaude	Electrique/gaz/solaire		Solaire 70%	
	Climatisation/ Chauffage	Split/brasseurs d'air/convecteurs		Brasseurs d'air/climatisation salles conférence/spectacle	
	Autres usages	Toutes catégories		Classe A - B	
Z4	Conception thermique				
	Toiture	Aucune isolation	Aucune prescription. Le décret ne concerne pas les bâtiments tertiaires	$U = 0,5$ W/m ² .k	
	Murs	Aucune protection		$U = 0,5$ W/m ² .k	
	Baies et fenêtres	Faible protection solaire		$U_{Max} = 1$ W/m ² .K	
	Traitement de l'air	Aucune prescription		Rent ^t . Air neuf mécanique obligatoire	
	Qualité énergétique				
	Eclairage	Incandescent, fluos, halogène	Aucune prescription. Le décret ne concerne pas les bâtiments tertiaires	Fluos, LBC, SHP	
	Eau chaude	Electrique/gaz/solaire		Solaire appoint élec asservi HC	
	Chauffage	Individuel convecteurs électriques		Chauffage obligatoire 150Wep/m ² max	
	Autres usages	Toutes catégories		Classe A - A+	

6 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (Garde 05) **Garde F.**, David M., Adelard L., Ottenwelter E. , *Elaboration of Thermal Standards for French Tropical Islands : Presentation of The PERENE Project*, **Clima 2005**, octobre, 2005, Lausanne, Suisse,
- (Garde 08) Garde F. Adelard L. Adaptation des cibles 04, 08 09 et 10 du référentiel HQE du CSTB au contexte des DOM. Actualisation Février 2008. Convention ADEME/UR.
- (Garde 05) Garde F. Adelard L., David M. 2005. Conception thermique adapté au climat. Zonage climatique et interaction climat habitat. Préparation à une réglementation thermique dans les DOM. Rapport d'étape. Contrat pluriannuel Région Réunion/Université de La Réunion
- (PERENE 04) Garde F. Ottenwelter E, Claudepierre I. Mise en place d'une réglementation pour les bâtiments tertiaires et résidentiels à l'île de La Réunion Outil PERENE. Juillet 2004. Convention Direction Départementale de l'Équipement/UR/Imageen/Sible AB.
Version PERENE 2004 téléchargeable à :
lpbs.univ-reunion.fr
site de la DDE
- (RTDOM 09) Textes réglementaires du décret du 17 avril 2009 sur la nouvelle réglementation DOM.

Décret n° 2009-424 du 17 avril 2009 portant sur les disposition particulières relatives aux caractéristiques thermiques, énergétiques acoustiques et d'aération des bâtiments d'habitation dans les départements de la Guadeloupe, de la Guyane, de la Martinique et de La Réunion
<<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000020530530&dateTexte=&categorieLien=id>>

Arrêté du 17 avril 2009 définissant les caractéristiques thermiques minimales des bâtiments d'habitation neufs dans les départements de la Guadeloupe, de la Martinique, de la Guyane et de La Réunion
<<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000020530547&dateTexte=&categorieLien=id>>

Arrêté du 17 avril 2009 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation neufs dans les départements de la Guadeloupe, de la Martinique, de la Guyane et de La Réunion
<<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000020530580&dateTexte=&categorieLien=id>>

Arrêté du 17 avril 2009 relatif à l'aération des bâtiments d'habitation neufs dans les départements de la Guadeloupe, de la Martinique, de la Guyane et de La Réunion
<<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000020530610&dateTexte=&categorieLien=id>>

Règlement sanitaire départementale
- (Inset 95-05) Diagnostics énergétiques
- (Région/Inset 05) Études complémentaires au PRERURE LOT 2 : CAMPAGNE DE MESURES SUR LES EQUIPEMENTS ELECTROMENAGERS DE 50 MENAGES

7 ANNEXES

A - ZONES CLIMATIQUES PAR COMMUNE

B - LES VENTS A LA REUNION

C - DEFINITION

D - VENTILATION NATURELLE

E - PROTECTION DES PAROIS OPAQUES HORIZONTALES ET VERTICALES

F - FACTEURS SOLAIRES DES BAIES

G - SOLUTIONS TECHNIQUES ISOLATION

H - EVALUATION DES POTENTIELS MDE

I - CALCUL DES SURFACES DEFINITIONS : SHON, SHOB ET SURFACES UTILES

J - LISTING DES LOGICIELS THERMIQUE ET MDE

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

A ZONES CLIMATIQUES PAR COMMUNE

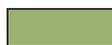
Disponible en téléchargement sur : http://lpbs.univ_reunion.fr/grandsprojets/meteo/telecharg.php

N°	Type	Zone Perene	Site	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Observation
97401540	CIRAD	1	Avirons	21°14'24" S	55°19'36" E	180	
97407520	Météo France	1	Le Port	20°56'42" S	55°16'54" E	9	Pas d'humidité
97416415	CIRAD	1	Pierrefonds	21°18'30"	55°26'12" E	61	Pas de vent
97415590	Météo France	1	Pointe Trois Bassins	21°6'18" S	55°14'48" E	5	Pas d'humidité
97416410	CIRAD	1	Ravine des Cabris	21°16'24" S	55°28'30" E	310	Pas de vent
97413545	CIRAD	1	Saint-Leu	21°11'12" S	55°18'0" E	205	Vent maxi uniquement
97415511	CIRAD	1	Saint-Paul	20°58'30" S	55°19'30" E	186	Vent maxi uniquement
97418110	Météo France	2	Gillot	20°53'30" S	55°31'42" E	8	
97419350	Météo France	2	Gros Piton	21°10'42" S	55°49'42" E	181	Pas d'humidité
97417360	Météo France	2	Le Baril	21°21'30" S	55°43'54" E	115	Pas d'humidité
97416465	CIRAD	2	Ligne Paradis	21°19'6" S	55°29'6" E	156	
97410234	Météo France	2	Saint-Benoît	21°3'0" S	55°43'6" E	18	Pas d'humidité
97411111	Météo France	2	Saint-Denis	20°53'0" S	55°27'24" E	36	Pas d'humidité
97412384	CIRAD	2	Saint-Joseph	21°22'54" S	55°36'24" E	17	
97420180	Météo France	3	Bras Pistolet	20°58'6" S	55°35'12" E	555	Pas d'humidité
97413520	CIRAD	3	Colimaçons	21°7'48" S	55°18'12" E	798	Pas de vent
97418167	Météo France	3	Espérance	20°56'18" S	55°31'12" E	383	Pas d'humidité
97405420	CIRAD	3	Piton Bloc	21°19'12" S	55°34'18" E	813	
97413580	CIRAD	3	Piton Saint-Leu	21°12'42"	55°19'36" E	565	
97422465	CIRAD	3	Tampon	21°15'6" S	55°31'48" E	860	

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

97419380	Météo France	4	Bellecombe	21°13'0" S	55°41'12" E	2245	Pas d'humidité
97424410	Météo France	4	Cilaos	21°8'0" S	55°28'18" E	1197	Pas d'humidité
97412336	Météo France	4	Grand Coude	21°18'6" S	55°37'48" E	1085	Pas d'humidité
97408580	Météo France	4	La Nouvelle	21°4'36" S	55°25'24" E	1415	Pas d'humidité
97415566	ONF	4	Maïdo	21° 4'6" S	55°23'12" E	2195	Pas d'humidité
97421210	Météo France	4	Mare à Vieille Place	21°1'36" S	55°30'42" E	870	Pas d'humidité
97415536	Météo France	4	Petite France	21°2'42" S	55°20'30" E	1200	
97422440	Météo France	4	Plaine des Cafres	21°12'30" S	55°34'18" E	1560	Pas d'humidité
97406220	Météo France	4	Plaine des Palmistes	21°8'6" S	55°37'36" E	1032	Pas d'humidité

 Fichiers météorologiques complets

B LES VENTS A LA REUNION

B.1. Rose des vents

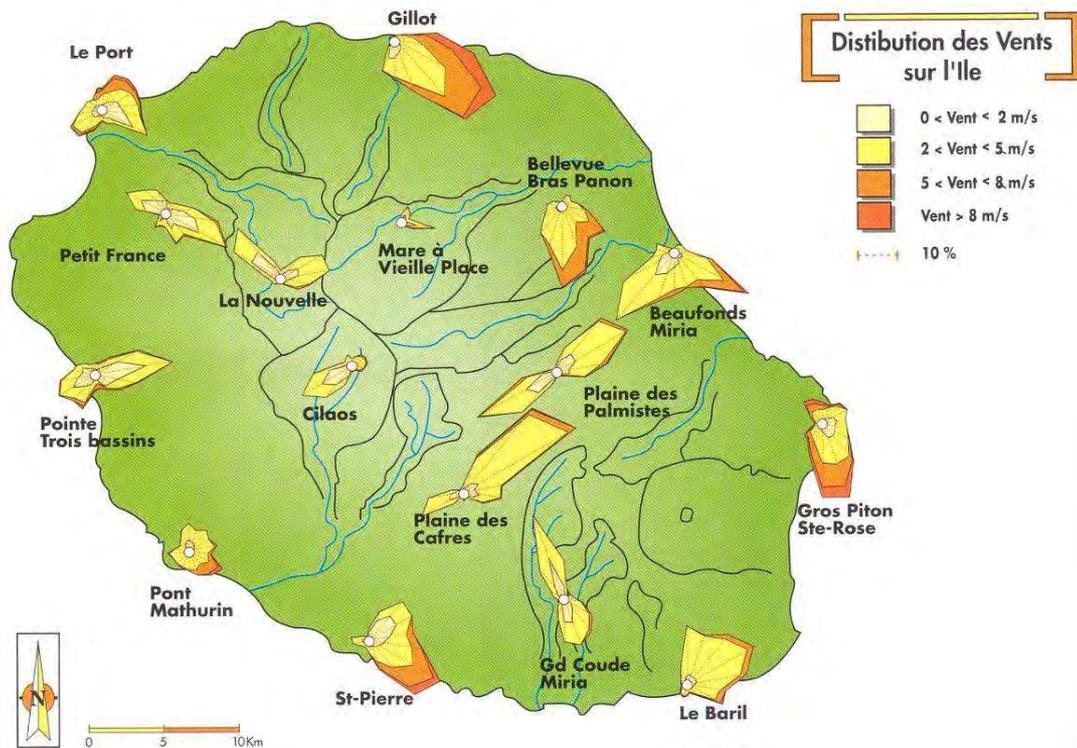


Figure 9 : Cartographie Réunion Rose des vents – Source Météo France

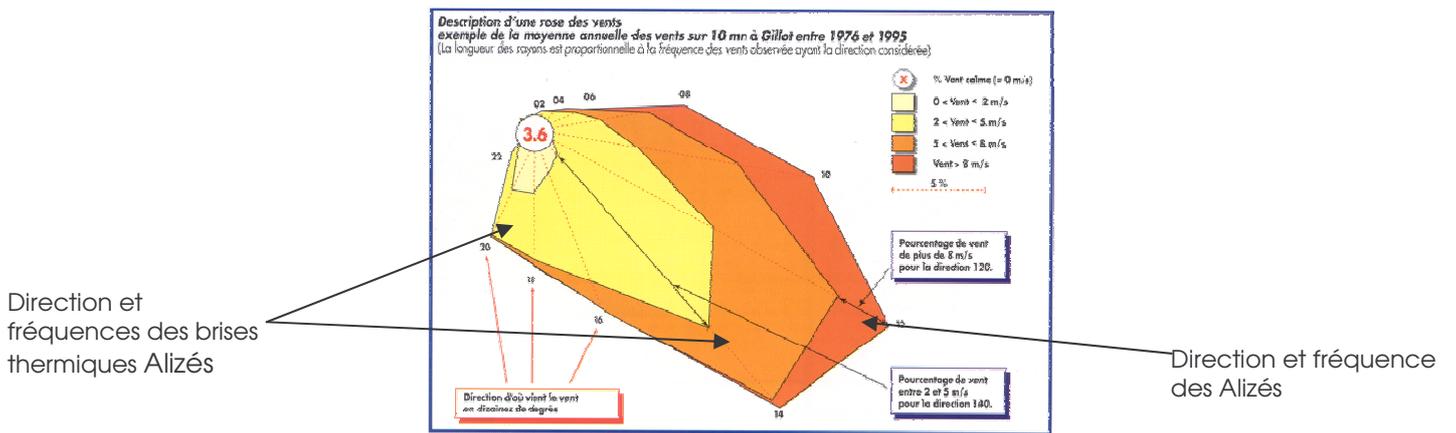


Figure 10 : Description d'une rose des vents

B.2. Les différents régimes de vents

Les alizés : assez forts soufflant d'est en ouest dans l'océan Indien.

A la Réunion : direction dominante est-sud-est principalement en hiver.

Le phénomène de brise : provoqués par les différences de température entre la terre et l'océan.

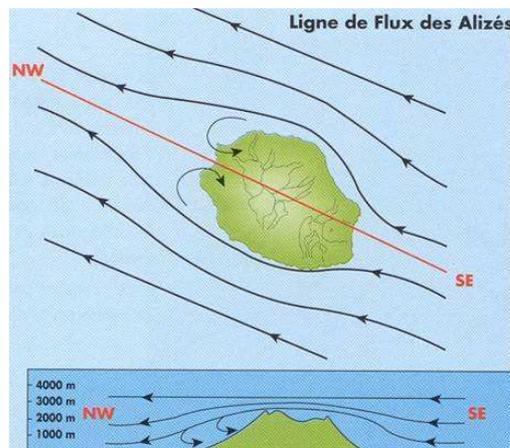


Figure 11 : direction des alizés Source atlas météo France

Brise de mer : Phénomène provoqué par les différences de températures existantes, de jour comme de nuit, entre l'océan et la terre. En journée, le sol est plus chaud que la mer provoquant un courant d'air qui souffle de la mer vers la terre.

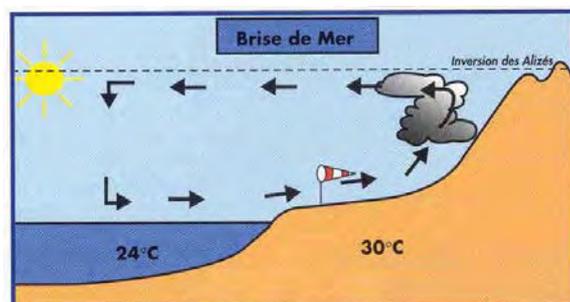


Figure 12 : Brise de mer Source atlas météo France

Brise de terre : Phénomène provoqué par les différences de températures existantes, de jour comme de nuit, entre l'océan et la terre. La nuit, la terre se refroidit par rayonnement. Sa température devient plus basse que celle de la mer, provoquant l'établissement d'une brise soufflant de la terre vers la mer.

Le régime de brise de produit principalement en été.

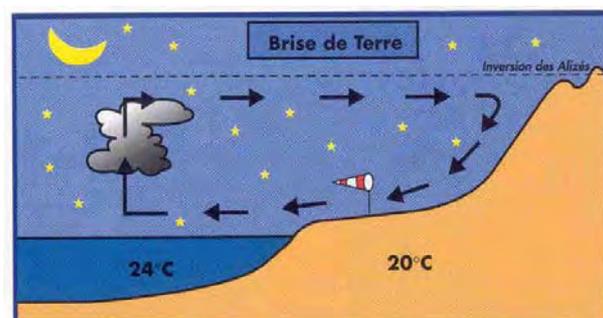


Figure 9 : Brise de terre Source atlas météo France



Recommandations :

De façon générale, on essaiera de se protéger des vents d'alizés (vent d'hiver, fort et froid) et de privilégier les brises thermiques (ventilation naturelle).

Les façades principales des bâtiments devront être idéalement orientées selon les brises thermiques, dans le sens terre-mer.

C DEFINITION

Attente pour ventilateur de plafond :

On entend par « attente pour permettre l'installation d'un ventilateur de plafond » la pose en plafond d'un dispositif d'accrochage mécanique pour un ventilateur à pales horizontales de diamètre au moins égal à 0,80 m, muni de son alimentation électrique et d'un organe de commande mural, identifiable et accessible pour tout usager.

Baie :

Une baie est une ouverture ménagée dans une paroi extérieure ou intérieure au logement servant à l'éclairage, le passage ou l'aération. Une paroi transparente ou translucide est considérée comme une baie.

Façade, taux d'ouverture de façade et surface d'ouverture libre :

Une façade d'un logement est un ensemble de parois verticales en contact avec l'extérieur composé de parois opaques et de baies ayant le même secteur d'orientation.

Le taux d'ouverture de façade d'un logement est égal au rapport de la surface des ouvertures libre des baies à la surface de la façade du logement considérée.

La surface des ouvertures libre est la surface vue de l'intérieur de la pièce permettant le passage libre de l'air, baies et lames orientables en position ouverte (l'épaisseur des lames orientables ou fixes est négligée dans le calcul de cette surface) et les dispositifs mobiles de protection solaire déployés.

Paroi opaque :

Une paroi est dite opaque lorsqu'elle est ni transparente ni translucide. Une paroi est transparente ou translucide si son facteur de transmission lumineuse (hors protection mobile éventuelle) est égal ou supérieur à 0,05.

Paroi verticale ou horizontale :

Une paroi est dite verticale lorsque l'angle de cette paroi vue de l'intérieur avec le plan horizontal est égal ou supérieur à 60 degrés, elle est dite horizontale lorsque cet angle vu de l'intérieur est inférieur à 60 degrés.

D VENTILATION NATURELLE

La recherche d'une capacité de ventilation naturelle efficace constitue une phase essentielle dans la conception des bâtiments performants sur le plan thermique et énergétique.

Cette ventilation permet en effet 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 d'1 m/s pour un sujet placé à l'ombre, si les températures de parois sont égales aux températures ambiantes, la température ressentie est égale à la température ambiante moins 4 °C.

$$T_R = T_a - 4 \text{ °C}$$

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

La ventilation permet aussi d'évacuer les charges thermiques internes du bâtiment (équipements techniques, éclairage, occupants, ...).

Cette capacité de ventilation naturelle pour un bâtiment, un site et une orientation donnés, dépendra de la capacité de ses parois extérieures et intérieures à laisser circuler et évacuer les flux d'air extérieur: Lorsque cette ventilation naturelle ne peut pas assurer une vitesse d'air suffisante au confort des occupants (vent insuffisant ou inefficace, bâtiment mal orienté, ouvrants en position fermée, ...) elle peut alors être complétée ou remplacée par des brasseurs d'air

D.1 Implantation et dimensionnement des ouvrants extérieurs

Le bâtiment doit satisfaire simultanément les prescriptions suivantes :

Il doit être à chaque niveau ou étage complètement traversant, c'est-à-dire posséder des ouvertures (baies, fenêtres battantes ou coulissantes, jalousies, portes fenêtres, portes, ouvrants spécifiques de ventilation) pour les pièces principales, sur au moins deux façades opposées, permettant une ventilation diurne et nocturne.

Chacune de ces deux façades principales de ventilation naturelle doit avoir une porosité moyenne totale conformément aux valeurs données selon le zonage climatique. Si les surfaces de façade sont différentes, cette porosité est calculée par rapport à la surface moyenne des deux façades.

Elle doit être répartie uniformément dans les façades des pièces principales (niveau de porosité et surface minimum des ouvrants).

Nota :

- Lorsqu'une cuisine est intégrée au séjour (cuisine "américaine") elle est considérée comme faisant partie de la pièce principale.
- La porosité d'une paroi (murs extérieurs, cloisons intérieures) est le rapport de la surface ouvrante totale de la paroi S_o à la surface totale de celle-ci.

D.1.1 Mode de calcul de la porosité

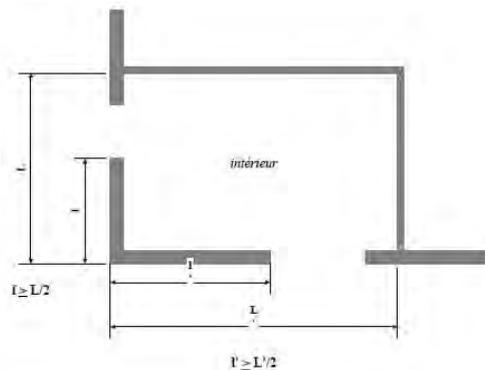
Pour vérifier qu'un bâtiment peut être ventilé naturellement de façon efficace, il faut vérifier les trois points suivants :

1. Vérification du côté traversant
2. Calcul de la porosité
3. Vérification des surfaces minimum d'ouvrant pour les chambres, bureaux, salles de classe

1. Vérification du côté traversant

On considère qu'un logement ou une pièce est traversant s'il est au moins à double orientation et si au moins deux façades opposées sont percées de baies ouvrantes.

Dans le cas où deux façades sont perpendiculaires on considère qu'il s'agit de pièce ou logement traversant si les baies sont percées dans la moitié la plus éloignée de l'angle selon la figure ci-dessous.



Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

2. Calcul de la porosité

Chacune des deux façades principales de ventilation naturelle doit avoir une porosité moyenne totale P pour les pièces principales donnée par le tableau du corps du rapport.

$$Sp = \frac{Sp_1 + Sp_2}{2}$$
$$SO = P \times Sp$$

Où :

- Sp1 est la surface de la façade principale 1
- Sp2 est la surface de la façade principale 2
- P est la porosité en % de paroi
- SO est la surface d'ouvrant minimum requise sur chacune des parois principales

Les pièces dites polluantes ne rentrent pas dans le calcul de la porosité. Il s'agit des salles de bain, cabinets d'aisance et cuisines (sauf dans le cas d'une cuisine intégrée au séjour ou cuisine « américaine »).

Pour tenir compte du type de menuiserie dans le calcul de la porosité, il faut multiplier la surface d'ouvrant par un coefficient M compris entre 0 et 1 donné dans le tableau suivant.

Type de menuiserie	Coefficient M
Jalousie	0,8
Coulissant deux vantaux	0,5
Coulissant trois vantaux	0,67
Ouvrant à la française, fenêtre à galandage, porte intérieure et extérieure...	1

Tableau 32 : Coefficient M en fonction du type de menuiserie

La surface d'ouvrant réelle est alors calculée selon :

$$SO = M \times SO_{réservation}$$

Où $SO_{réservation}$ est la surface réservée dans la structure pour l'ouvrant.

3. Vérification des surfaces minimum d'ouvrant pour les chambres, bureaux, salles de classe

On définit également une surface d'ouvrant (réelle) minimum par type de pièce en fonction de la zone.

	Z1	Z2	Z3
Chambre 10 m ²	1,4 m ²	1,4 m ²	1,2 m ²
Bureau 10 m ²	1,4 m ²	1,4 m ²	1,2 m ²
Salle de classe 50 m ²	4 m ²	4 m ²	3 m ²

Tableau 33 : surfaces minimum d'ouvrant par typologie de bâtiment



Recommandations :

Il est recommandé :

- de positionner les sanitaires et les pièces humides en façade de manière à ce qu'elles bénéficient d'une bonne ventilation, indépendante de celle des pièces de vie. Dans ce cas la position des pièces par rapport au vent et/ou à l'étanchéité des ouvrants entre ces pièces et les pièces principales, doit permettre d'éviter un flux des pièces de service vers les pièces principales. Lorsque les pièces de service ne sont pas en façade, ces pièces doivent être équipées de VMC;
- d'utiliser des ouvertures dans les troisième et quatrième façades du bâtiment pour améliorer sa capacité de ventilation naturelle,
- de répartir les ouvrants de ventilation dans chaque façade pour assurer un "balayage" optimal du bâtiment avec une bonne irrigation des zones sensibles. Ainsi des ouvertures à des niveaux différents dans les façades principales au vent et sous le vent amélioreront l'efficacité de la ventilation naturelle ;
- d'améliorer la capacité de ventilation de l'entité par la réalisation d'écopes de toiture. Ces écopes doivent être uniformément réparties dans la toiture. Une écope fonctionnant à l'admission doit être placée dans la moitié de la toiture située au vent, et une écope fonctionnant à l'extraction doit être placée dans la moitié de la toiture située sous le vent ;
- de surdimensionner les ouvrants des façades sous le vent par rapport à ceux au vent : si la façade 1 est au vent et la façade 2 est sous le vent : $P2 > P1$
- de privilégier des constructions sur vide sanitaire très ventilé ;
- de pouvoir gérer les débits de ventilation et l'orientation des flux d'air par utilisation de jalousies et autres lames orientables de préférence à des ouvrants "tout ou rien".

D.2 Agencement intérieur

L'agencement intérieur du bâtiment doit permettre à chaque niveau ou étage, l'écoulement de l'air extérieur à travers les pièces principales et les circulations du bâtiment d'une façade principale à l'autre, par les portes intérieures, et d'autres ouvertures permanentes ou obturables dans ces cloisons et séparations entre les pièces. Cet écoulement doit permettre un balayage efficace, c'est-à-dire transversal, de chaque pièce principale.

La surface ouvrante totale nette dans chaque série de cloisonnement des pièces principales (S_{i1} , S_{i2} , ...) franchie par le flux de ventilation naturelle - mesurée perpendiculairement à la direction de l'écoulement du vent - doit être supérieure à la plus petite surface d'ouvrant des façades principales de ventilation (S_{o1} ou S_{o2}). Cette surface doit être répartie uniformément dans les cloisonnements des différentes pièces principales.

$S_{i1} > S_{o1}$	ou	$S_{i1} > S_{o2}$
ET		
$S_{i2} > S_{o1}$	ou	$S_{i2} > S_{o2}$

Les ouvertures dans ces parois internes doivent pouvoir être maintenues en position ouverte. Ainsi les portes intérieures seront munies de système de blocage permettant ce maintien.

D.3 Exemples de calculs de porosité des logements

▪ T3 au Port

On étudie un exemple de cellule de logement T3 située au Port (c'est-à-dire en zone 1). La porosité exigée par PERENE est de 20%.

Description des ouvrants :

- O1 : Coulissants deux vantaux ; Dimensions : l = 2,1m et h = 2,7m
- O2 : Jalousies ; Dimensions : l = 0,8 et h = 1,1
- O3 : Ouvrant à la française ; Dimensions : l = 0,9m et h = 1,3m
- O4 : Porte ; Dimensions : l = 1m et h = 2,1m
- O5 : Jalousies ; Dimensions : l = 0,9m et h = 1,1m
- I1 : Jalousies intérieures ; Dimensions : l = 0,85m et h = 2,1m
- I2 : Porte intérieure ; Dimensions : l = 0,9 et h = 2,1m

1. Vérification du côté traversant

On trace les doubles-flèches représentant les flux d'air.

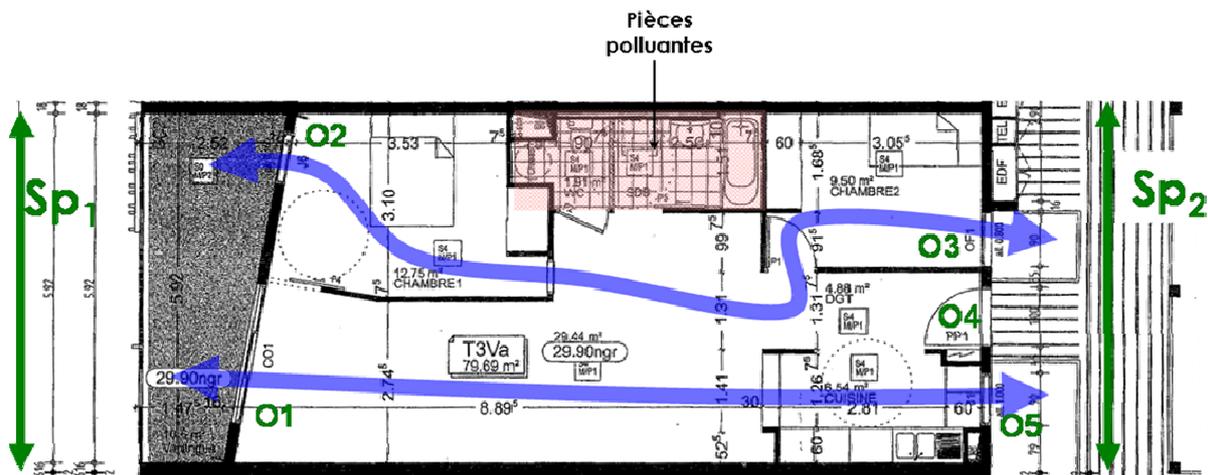


Figure 13 : Exemple de logement T3 est bien traversant.

Le logement est bien traversant.

2. Calcul de la porosité

$$Sp_1 = 2,4 \times 6,01 = 14,42m^2 \quad \Rightarrow \quad SO = 20\% \frac{Sp_1 + Sp_2}{2} = 2,86m^2$$

$$Sp_2 = 2,4 \times 5,92 = 14,21m^2$$

Il faut 2,86 m² d'ouvrants sur chacune des façades principales.

Façade 1 :

$$SO_1 = O1 + O2 = \frac{2}{3} \times 2,7 \times 2,1 + 0,8 \times 0,8 \times 1,1 = 4,48m^2$$

On a bien $SO_1 > SO$, la porosité est correcte sur la façade 1.

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Façade 2 :

$$SO_2 = O3 + O4 + O5 = 0,9 \times 1,3 + 1 \times 2,1 + 0,8 \times 0,9 \times 1,1 = 4,06m^2$$

On a bien $SO_2 > SO$, la porosité est correcte sur la façade 2.

3. Vérification des surfaces minimales d'ouvrant dans les chambres

Chambre 1 :

$O2 = 0,8 \times 0,8 \times 1,1 = 0,70m^2$ => On n'a pas la surface minimum de 1,4 m² pour une chambre de 10m².

On va agrandir la jalousie O2 en choisissant une jalousie (130×130h all 80)

$$O2' = 0,8 \times 1,3 \times 1,3 = 1,4m^2 \geq 1,4m^2$$

$$I1 = 0,8 \times 0,85 \times 2,1 = 1,42m^2 \geq 1,4m^2$$

=> On respecte les surfaces minimales d'ouvrants exigées par PERENE pour la chambre 1

Chambre 2 :

$O3 = 0,9 \times 1,3 = 1,2m^2$ => On n'a pas la surface minimum de 1,5 m² pour une chambre de 10m².

On élargit l'ouvrant O3 (110×130h all 80)

$$O3' = 1,1 \times 1,3 = 1,4m^2 \geq 1,4m^2$$

$$I2 = 0,9 \times 2,1 = 1,89m^2 \geq 1,4m^2$$

=> On respecte les surfaces minimales d'ouvrants exigées par PERENE pour la chambre 2

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

▪ T2 en zone 3

On considère la cellule d'un T2 situé en zone 3. L'exigence de PERENE en termes de porosité est de 10%.

Description des ouvrants :

- O1 : Porte fenêtre à la française ; Dimensions : l = 1,7m et h = 2,1m
- O2 : Porte fenêtre à la française ; Dimensions : l = 0,9m et h = 2,1m
- I1 : Porte intérieure ; Dimensions : l = 0,9 et h = 2,1m

1. Vérification du côté traversant

On trace les double-flèches représentant les flux d'air dans le logement.

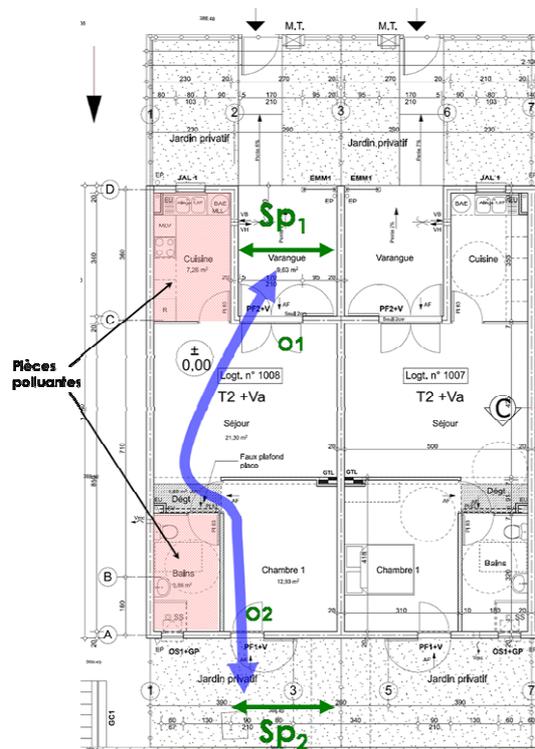


Figure 14 : exemple de logement T2 est bien traversant.

Le logement est bien traversant.

2. Calcul de la porosité

On calcule dans un premier temps les surfaces de deux façades principales :

$$Sp_1 = 2,4 \times 2,9 = 6,96m^2$$
$$Sp_2 = 2,4 \times 3,1 = 7,44m^2$$
$$\Rightarrow SO = 15\% \times \frac{Sp_1 + Sp_2}{2} = 1,08m^2$$

Il faut sur chaque façade au moins 1,08 m² d'ouvrant.

Façade 1 :

$$SO_1 = O1 = 1,7 \times 2,1 = 3,57m^2$$

On a donc bien $SO_1 \geq SO$, la porosité est donc suffisante sur la façade 1.

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Façade 2 :

$$SO_2 = O2 = 0,9 \times 2,1 = 1,89m^2$$

De la même façon, $SO_2 \geq SO$

On a donc bien une porosité supérieure à 15%, ce qui est suffisant pour ce bâtiment situé dans la zone 3.

3. Vérification des surfaces minimales d'ouvrant dans la chambre

Dans la chambre :

$$O2 = 0,9 \times 2,1 = 1,89m^2 > 1,2m^2$$

$$I1 = 0,9 \times 2,1 = 1,89m^2 > 1,2m^2$$

=> La surface minimale d'ouvrants exigée par PERENE est donc respectée.

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

▪ T5 en zone 1

On considère un T5 situé en zone 1. La porosité exigée est de 20%.

Description des ouvrants :

- O1 : Couissant deux vantaux ; Dimensions : l = 1,8m et h = 0,75m
- O2 : Couissant deux vantaux ; Dimensions : l = 2,6m et h = 2m
- O3 : Ouvrant à la française ; Dimensions : l = 0,8m et h = 1,1m
- O4 : Couissant deux vantaux ; Dimensions : l = 1,8m et h = 0,75m
- O5 : Couissant deux vantaux ; Dimensions : l = 1,8m et h = 0,75m
- O6 : N'existe pas dans le plan initial
- O7 : Porte ; Dimensions : l = 0,9m et h = 2,1m
- O8 : Couissant deux vantaux ; Dimensions : l = 1,8m et h = 0,75m
- O9 : Jalousies ; Dimensions : l = 0,99m et h = 1,1m

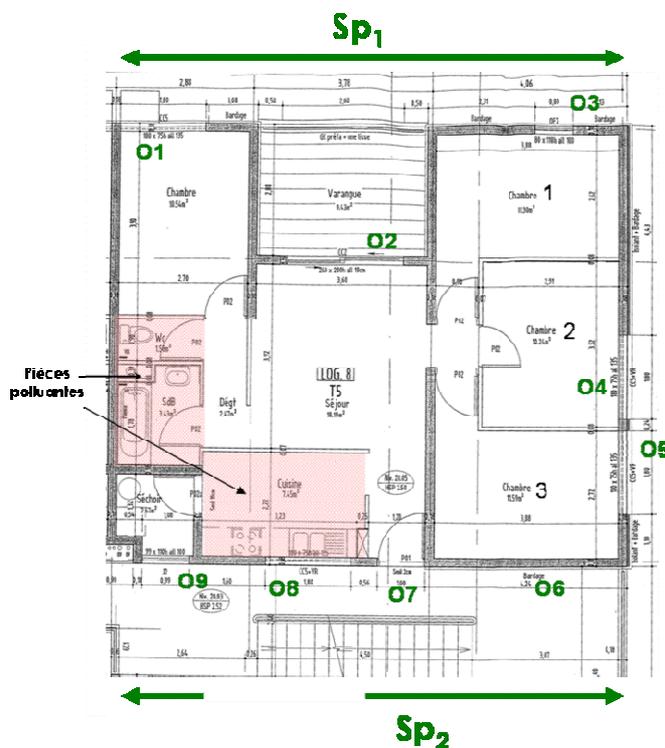


Figure 15 : Exemple d'un T5 en Z1 St Louis

1. Vérification du côté traversant du logement :

Dans la conception actuelle du logement, il est impossible de ventiler le séjour car il n'est pas traversant.

Il faut modifier le plan en supprimant le mur de séparation entre la cuisine et le séjour pour faire une cuisine « américaine ».

De même pour que les chambres 1 et 3 puissent être ventilées, il faut déplacer l'ouvrant O5 à la place O6.

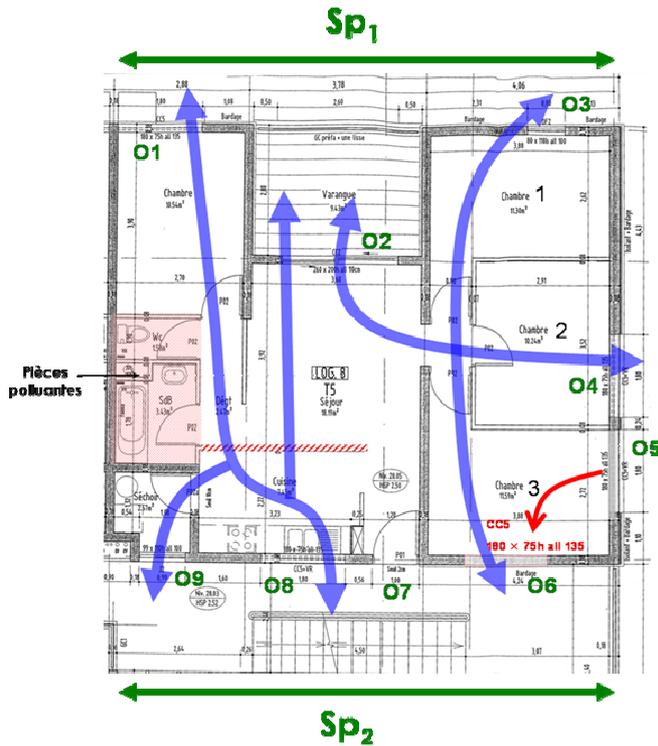


Figure 16 : Modifications apportées pour obtenir le côté traversant d'un T5 en Z1

2. Calcul de la porosité des deux façades principales :

$$Sp_1 = 2,4 \times (2,88 + 3,78 + 4,06) = 25,73m^2 \quad \Rightarrow \quad SO = 20\% \frac{Sp_1 + Sp_2}{2} = 5,15m^2$$

$$Sp_2 = Sp_1 = 25,73m^2$$

On doit donc avoir une surface d'ouvrants de 5,15 m² sur chacune des façades principales.

Façade 1 :

$$SO_1 = S_{O1} + S_{O2} + S_{O3} = \frac{1}{2} \times 1,8 \times 0,75 + \frac{1}{2} \times 2,6 \times 2 + 0,8 \times 1,1 = 4,16m^2$$

On a donc $SO_1 < SO$, il faut donc modifier encore le plan :

- on remplace le couissant O1 par un ouvrant à la française
- on élargie l'ouvrant O3 de 0,80 m à 1,3 m

Le calcul devient :

$$SO_1' = S_{O1} + S_{O2} + S_{O3} = 1,8 \times 0,75 + \frac{1}{2} \times 2,6 \times 2 + 1,3 \times 1,1 = 5,38m^2$$

On a bien $SO_1' > SO$, la porosité est donc respectée pour la façade 1.

Façade 2 :

$$SO_2 = S_{O4} + S_{O6} + S_{O7} + S_{O8} + S_{O9}$$

$$SO_2 = \frac{1}{2} \times 1,8 \times 0,75 + \frac{1}{2} \times 1,8 \times 0,75 + 1 \times 2,1 + \frac{1}{2} \times 1,8 \times 0,75 + 0,8 \times 0,99 \times 1,1 = 4,99m^2$$

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

On a donc $SO_2 < SO$, il faut donc modifier encore le plan :

- ajout de jalousies (80×110h all 100) dans la chambre 3 à la place O5

$$SO_2 = S_{O4} + S_{O5}' + S_{O6} + S_{O7} + S_{O8} + S_{O9}$$

$$SO_2 = \frac{1}{2} \times 1,8 \times 0,75 + 0,8 \times 0,8 \times 1,1 + \frac{1}{2} \times 1,8 \times 0,75 + 1 \times 2,1 + \frac{1}{2} \times 1,8 \times 0,75 + 0,8 \times 0,99 \times 1,1 = 5,70m^2$$

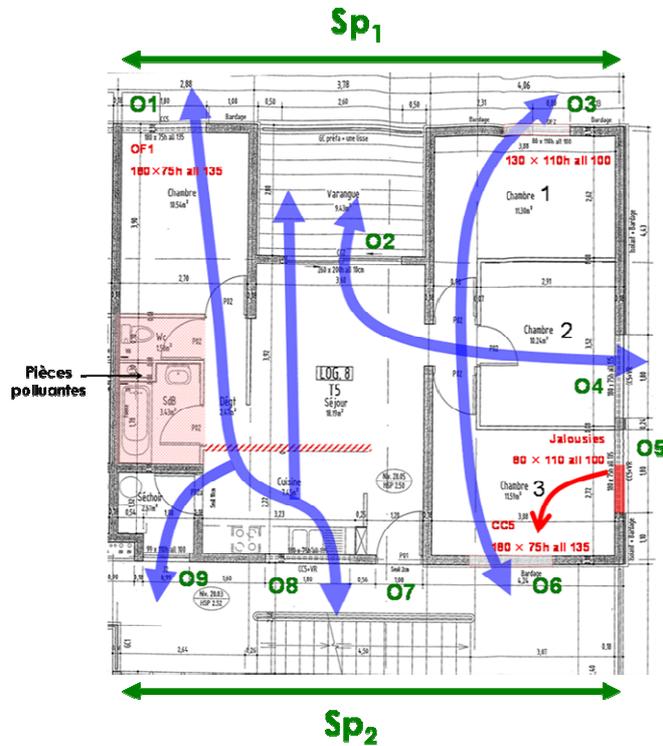


Figure 17 Modifications apportées pour obtenir la porosité demandée du T5 en Z1

1. Vérification des surfaces minimales d'ouvrant dans les chambres :

$$S_{O1} = 1,8 \times 0,75 = 1,4m^2$$

$$S_{O3} = 1,3 \times 1,1 = 1,4m^2$$

$$S_{O4} = \frac{1}{2} \times 1,8 \times 0,75 = 0,68m^2$$

$$S_{O5} + S_{O6} = 0,8 \times 0,8 \times 1,1 + \frac{1}{2} \times 1,8 \times 0,75 = 1,4m^2$$

=> Seule la chambre 2 n'a pas une surface d'ouvrant suffisante.

Il faut alors remplacer le couissant de l'ouvrant O4 par un ouvrant à la française.

$$S_{O4} = 1,8 \times 0,75 = 1,4m^2$$

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des BâtiMents à La Réunion – Mise à jour

Le plan final :

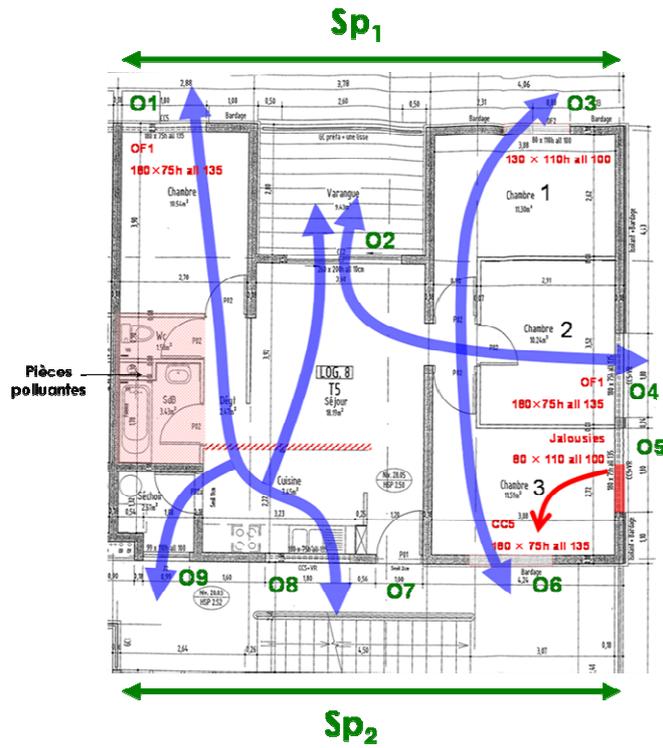


Figure 18 : Modifications apportées pour que les chambres aient une surface d'ouvrant minimale suffisante

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

▪ Cas très particulier d'un logement en triangle

On considère le cas particulier d'un logement en triangle. Il est situé au Port en zone 1 donc la porosité exigée est de 20%.

Description des ouvrants :

- O1 : Porte ; Dimensions : l = 1m et h = 2,1m
- O2 : Jalousies ; Dimensions : l = 1,8m et h = 1,1m
- O3 : Ouvrant à la française ; Dimensions : l = 0,9m et h = 1,3m
- O4 : Ouvrant à la française ; Dimensions : l = 0,9m et h = 1,3m
- O5 : Ouvrant à la française ; Dimensions : l = 0,9m et h = 1,3m
- O6 : Jalousies ; Dimensions : l = 1,8m et h = 1,1m
- O7 : Coulissants trois vantaux ; Dimensions : l = 2,7m et h = 2,1m

1. Vérification du côté traversant du logement :

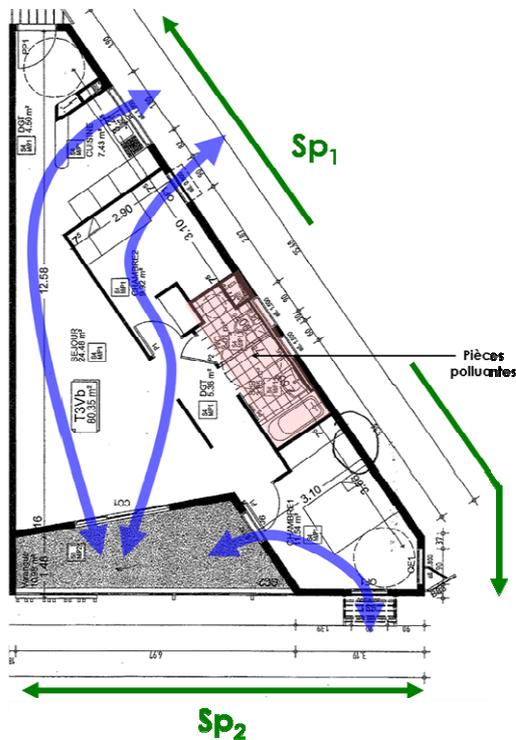


Figure 19 Figure 20 : Exemple d'un T5 en Z1 Le Port

La chambre 1 n'est pas traversante, on déplace donc la fenêtre O4.

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des BâTiments à La Réunion – Mise à jour

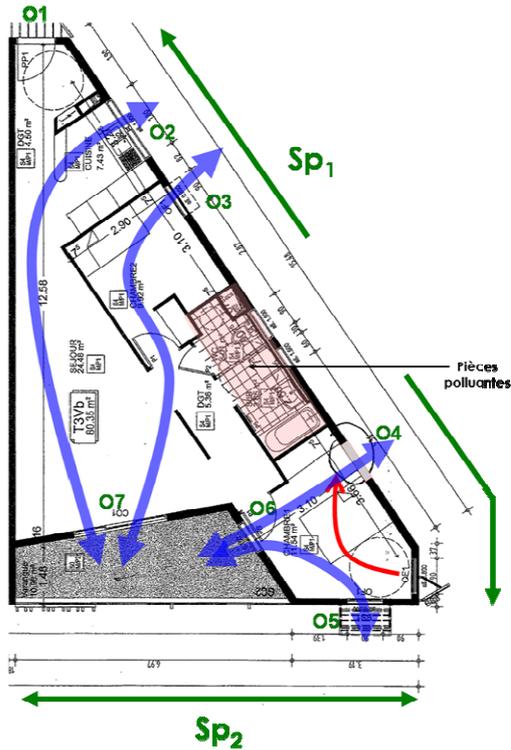


Figure 21 : Modification apportée pour avoir un logement traversant

2. Calcul de la porosité des deux façades principales :

$$Sp_1 = 2,4 \times (15,48 - 0,3 - 0,6 - 0,9 - 1,1 + 0,37 + 0,37 + 0,9) = 34,13m^2$$

$$Sp_2 = 2,4 \times (0,9 + 0,9 + 1,39 + 2,73 + 6,01) = 28,63m^2$$

$$\Rightarrow SO = 20\% \frac{Sp_1 + Sp_2}{2} = 6,28m^2$$

On doit donc avoir une surface d'ouvrants de 6,28 m² sur chacune des façades principales.

Façade 1 :

$$SO_1 = O1 + O2 + O3 + O4 = 2,1 \times 1 + 0,8 \times 1,8 \times 1,1 + 0,9 \times 1,3 + 0,9 \times 1,3 = 6,02m^2$$

On a donc $SO_1 < SO$, il faut donc modifier encore le plan :

- on élargit l'ouvrant O3 de 0,90 m à 1,1 m

Le calcul devient :

$$SO_1' = O1 + O2 + O3 + O4 = 2,1 \times 1 + 0,8 \times 1,8 \times 1,1 + 1,1 \times 1,3 + 0,9 \times 1,3 = 6,28m^2$$

On a bien $SO_1' \geq SO$, la porosité est donc respectée pour la façade 1.

Façade 2 :

$$SO_2 = O5 + O6 + O7 = 0,9 \times 1,3 + 0,8 \times 0,8 \times 1,1 + \frac{2}{3} \times 2,7 \times 2,1 = 5,65m^2$$

On a donc $SO_2 < SO$, il faut donc modifier encore le plan :

- on remplace le coulisant O7 par une porte fenêtre à galandage

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Le calcul devient :

$$SO_2' = O5 + O6 + O7 = 0,9 \times 1,3 + 0,8 \times 0,8 \times 1,1 + 2,7 \times 2,1 = 7,72m^2$$

On a bien $SO_2' \geq SO$, la porosité est donc respectée pour la façade 2.

3. Vérification des surfaces minimales d'ouvrant dans les chambres :

Chambre 1 :

$$O4 + O5 + O6 = 0,9 \times 1,3 + 0,9 \times 1,3 + 0,8 \times 0,8 \times 1,1 = 3,04m^2 > 1,4m^2$$

Chambre 2 :

$$O3 = 1,1 \times 1,3 = 1,4m^2 \geq 1,4m^2$$

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

On a bien $SO_2 \geq SO$, la porosité est donc respectée pour la façade 2.

3. Vérification des surfaces minimales d'ouvrant dans la salle de classe :

On a bien $SO_1 \geq 4m^2$ et $SO_2 \geq 4m^2$.

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

▪ Cas d'un couloir de bureaux

On considère un couloir de bureaux situé en zone 1, donc 20% de porosité exigée.

1. Vérification du côté traversant

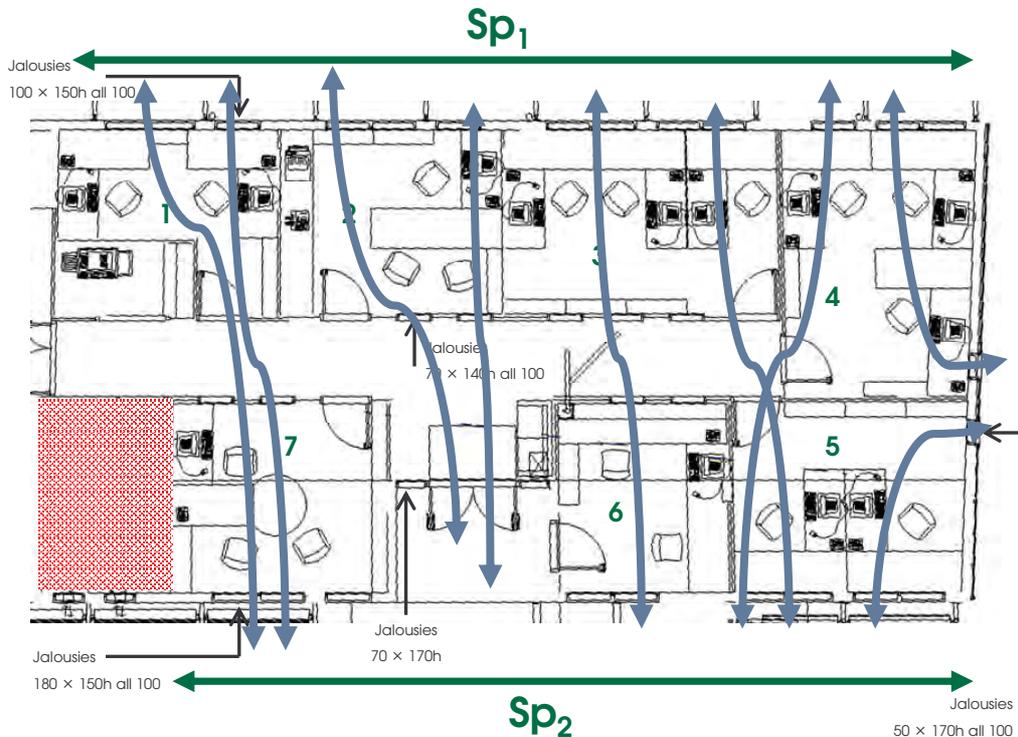


Figure 23 : Calcul de la porosité dans le cas d'un bâtiment de bureaux

1. Calcul de la porosité

$$Sp_1 = 2,7 \times 21 = 56,7m^2$$
$$Sp_2 = 2,7 \times 18,7 = 50,49m^2$$
$$\Rightarrow SO = 20\% \frac{Sp_1 + Sp_2}{2} = 10,72m^2$$

On doit donc avoir une surface d'ouvrants de 10,72 m² sur chacune des façades principales.

Façade 1 :

$$SO_1 = 5 \times (0,8 \times 1,5 \times 1,8) + 3 \times (0,8 \times 1,5 \times 1) = 14,4m^2$$

On a bien $SO_1 \geq SO$, la porosité est donc respectée pour la façade 1.

Façade 2 :

$$SO_2 = 4 \times (0,8 \times 1,5 \times 1,8) + 0,8 \times 1,7 \times 0,5 + 0,8 \times 1,5 \times 1 + 0,9 \times 2,1 + 2 \times (0,8 \times 0,7 \times 1,7) = 14,41m^2$$

On a bien $SO_2 \geq SO$, la porosité est donc respectée pour la façade 2.

On vérifie également que la porosité est respectée sur les façades intérieures.

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Façade intérieur 1 :

$$SO_{11} = 4 \times (0,9 \times 2,1) + 5 \times (0,9 \times 1,7 \times 0,7) = 11,5m^2$$

Façade intérieur 2 :

$$SO_{12} = 4 \times (0,8 \times 1,4 \times 0,7) + 3 \times (2,1 \times 0,9) + 2 \times (0,8 \times 1,7 \times 0,7) = 10,71m^2$$

2. Vérification des surfaces minimales d'ouvrant dans la salle de classe :

Bureau 1 :

$$O1 = (0,8 \times 1,8 \times 1,5) + (0,8 \times 1 \times 1,5) = 3,36m^2$$

Bureau 2 :

$$O2 = (0,8 \times 1,8 \times 1,5) + (0,8 \times 1 \times 1,5) = 3,36m^2$$

Bureau 3 :

$$O3 = 2 \times (0,8 \times 1,8 \times 1,5) = 4,32m^2$$

Bureau 4 :

$$O4 = (0,8 \times 1,8 \times 1,5) + (0,8 \times 1 \times 1,5) + (0,8 \times 1,7 \times 0,5) = 4,04m^2$$

Bureau 5 :

$$O5 = 2 \times (0,8 \times 1,8 \times 1,5) + (0,8 \times 1,7 \times 0,5) = 5m^2$$

Bureau 6 :

$$O6 = (0,8 \times 1,8 \times 1,5) = 2,16m^2$$

Bureau 7 :

$$O7 = (0,8 \times 1,8 \times 1,5) + (0,8 \times 1 \times 1,5) = 3,36m^2$$

E PROTECTION DES PAROIS OPAQUES HORIZONTALES ET VERTICALES

E.1. Facteur solaire des parois horizontales et verticales

La proportion d'énergie solaire qu'une paroi laisse passer est caractérisée par le facteur solaire, appelé S.

Le facteur solaire des parois horizontales et verticales a pour valeur :

$$S = \frac{0,074 \times Cm \times \alpha}{R_{th} + 0,20}$$

Où :

Cm est le coefficient d'ensoleillement qui tient compte des pare soleil et dont les valeurs sont données dans les tableaux 6.6.A. et les abaques 6.6.B.

α est le coefficient d'absorption de la paroi ;

R_{th} est la résistance thermique de la paroi ;

0,074 est la valeur du coefficient d'échange surfacique ;

0,20 est la somme des coefficients d'échange surfacique intérieur et extérieur.

E.2. Coefficient de transmission surfacique U des parois horizontales et verticales

Les déperditions thermiques d'un bâtiment vers l'extérieur sont caractérisées par le coefficient de transmission surfacique, appelé U, exprimé en W/m².K.

Le coefficient U d'une paroi a pour valeur :

$$U = \frac{1}{R_{th} + 0,20}$$

Où :

R_{th} est la résistance thermique de la paroi

0,20 est la somme des coefficients d'échange surfacique intérieur et extérieur

E.3. Résistance thermique d'une paroi ou d'un matériau

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda}$$

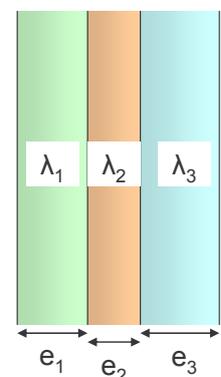
Où :

e est l'épaisseur du matériau (en m)

λ est la conductivité thermique du matériau (en W/m.K)

Lorsque la paroi est constituée de plusieurs matériaux, la résistance thermique de la paroi est la somme des résistances thermiques de chaque matériau.

$$R_{th} = \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \dots$$



E.4. Valeurs du coefficient d'absorption α des parois

Catégorie de teinte	Couleur	Valeur 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
Noir	Gris foncé, brun sombre, noir	1

Tableau E. 1 : Valeurs de α en fonction de la teinte et de la couleur de la paroi. Source : ECODOM

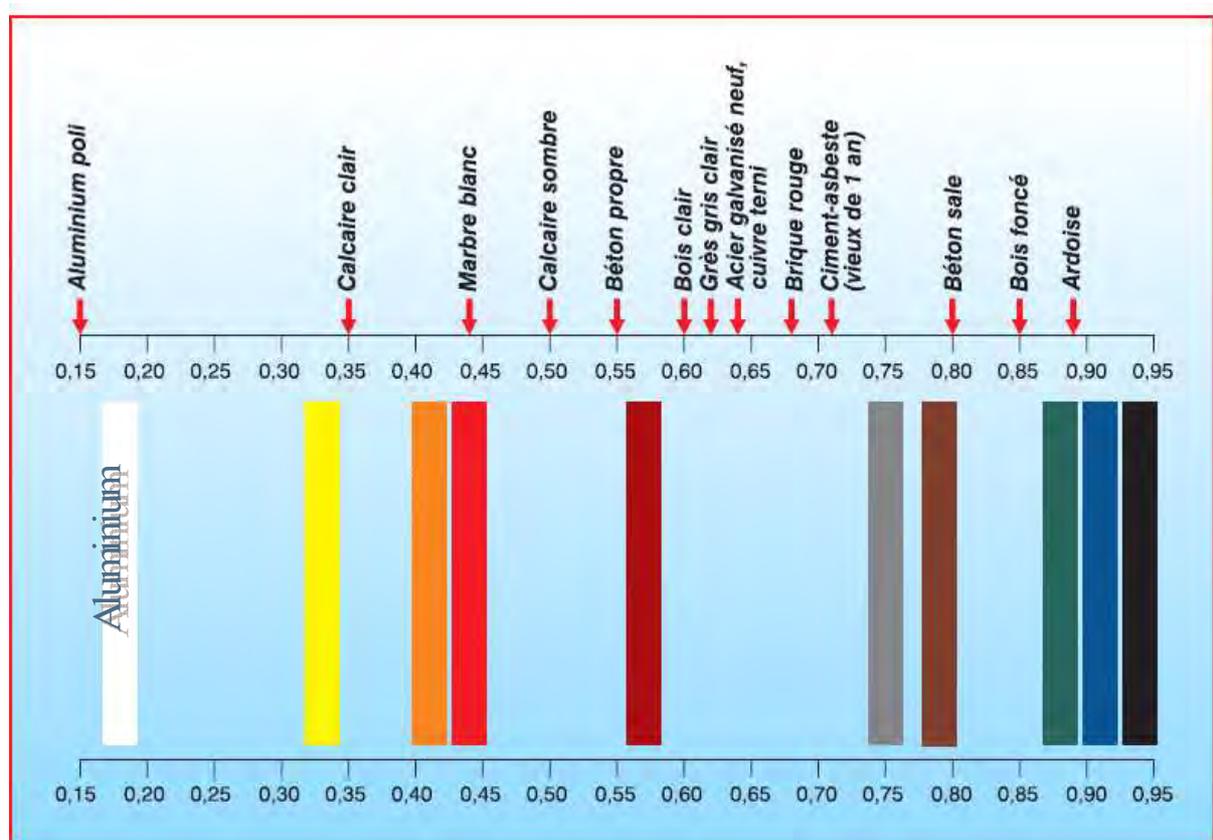


Figure 24 : Coefficients d'absorption α pour différents matériaux et différentes couleurs. Source : (Liébard 2005)

E.5. Valeurs du coefficient d’enseillement Cm pour des parois opaques

E.5.1. Cm parois horizontales

Tableau E. 2 : Valeurs de Cm pour une paroi horizontale

Parois horizontales	Avec pare soleil ventilé	Autre cas
	Cm = 0,3	Cm = 1

E.5.2. Cm parois verticales avec protection de type débord

On définit la protection de type débord par le ratio **d/h**, avec :
 d : dimension du débord
 h : hauteur de la paroi

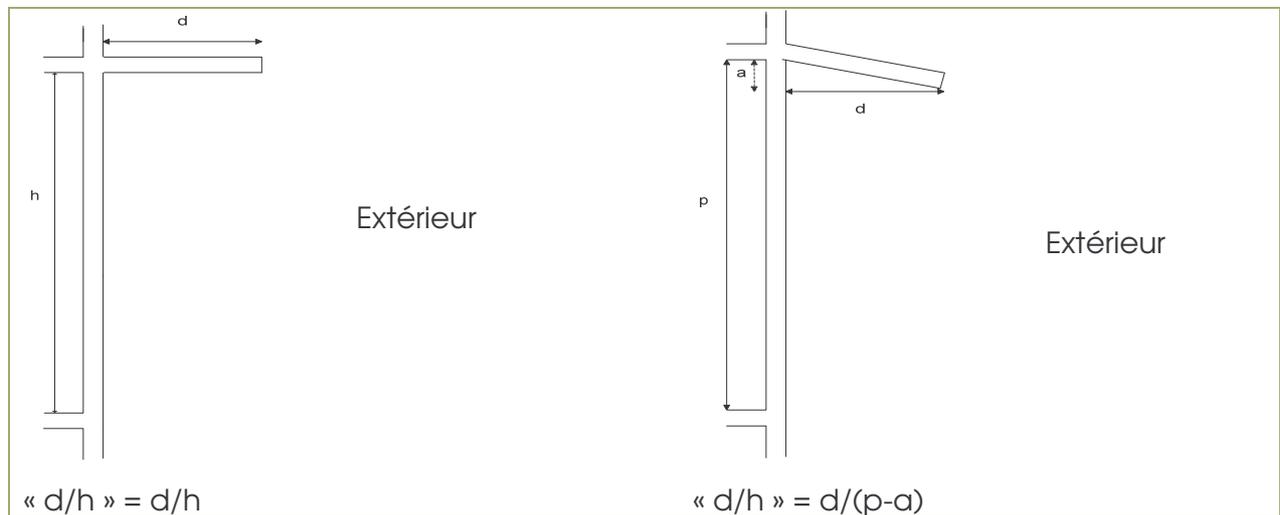


Figure E. 1 : Définition du rapport « d/h » dans le cas d'une paroi opaque verticale

Parois verticales	d/h	1	0.75	0.5	0.25	0.10	0
Cm	NORD	0.12	0.18	0.36	0.68	0.87	1
	SUD	0.14	0.18	0.22	0.32	0.48	1

Tableau E. 3 : Coefficients Cm des parois verticales pour des orientations NORD et SUD pour une protection de type débord

Parois verticales	d/h	3	2.5	2	1.5	1	0.75	0.5	0.25	0
Cm	EST	0.28	0.29	0.31	0.34	0.37	0.42	0.5	0.63	1
	OUEST	0.3	0.31	0.33	0.36	0.39	0.44	0.52	0.66	1

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENergétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Tableau E. 4 : Coefficients C_m des parois verticales pour des orientations OUEST et EST pour une protection de type débord

Les abaques ci-dessous sont la traduction graphique des tableaux précédents. Elles permettent de déterminer le C_m en fonction de l'orientation de la paroi verticale pour différentes valeurs de « d/h ».

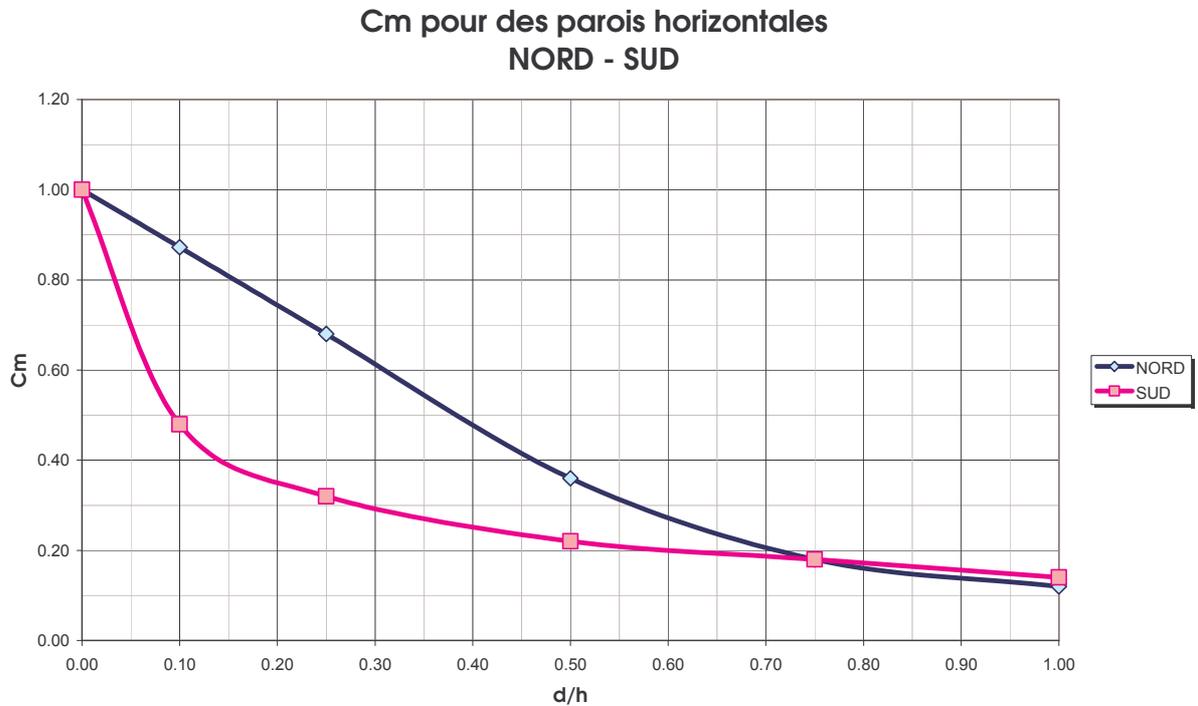


Figure E. 2 : Valeurs de C_m en fonction du rapport d/h pour des parois opaques NORD et SUD

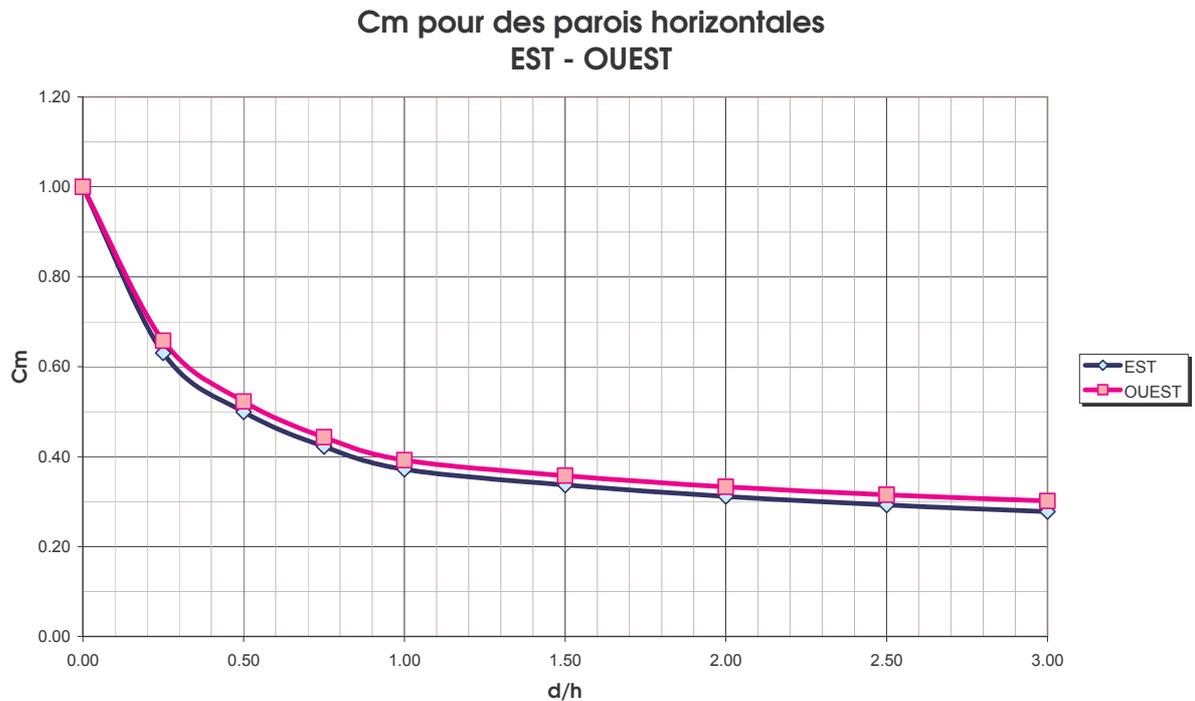


Figure E. 3 : Valeurs de C_m en fonction du rapport d/h pour des parois opaques EST et OUEST

F FACTEURS SOLAIRES DES BAIES

F.1. Définition du facteur solaire d'une baie

Le facteur solaire représente la proportion du flux énergétique transmise par le système vitrier (vitrage + protection solaire). Sa valeur est un coefficient compris entre 0 et 1. Il mesure la contribution d'un vitrage à l'échauffement de la pièce. Plus le facteur solaire est petit, plus les apports solaires sont faibles.

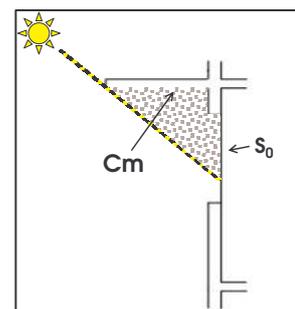
Le facteur solaire équivalent S d'une baie équipée d'une protection solaire a pour valeur :

$$S = C_m \times S_0$$

Où

S_0 est le facteur solaire du vitrage ; il dépend du type de vitrage ;

C_m est le coefficient d'ensoleillement ; il dépend de la protection solaire (type et taille de protection) et de l'orientation.



Remarque importante :

Pour un bâtiment ventilé naturellement, il faut considérer que les fenêtres sont ouvertes c'est-à-dire $S_0 = 1$ et par conséquent $S = C_m$.

Cas d'une baie ou façade constituée d'éléments de facteurs solaires différents :

Pour une baie constituée d'éléments de facteur solaire différent, la valeur du coefficient solaire moyen S_{moy} est égale à la moyenne pondérée par les surfaces de ces éléments des valeurs de leurs facteurs solaires S_0 . Dans ce calcul, on néglige les effets de l'encadrement.

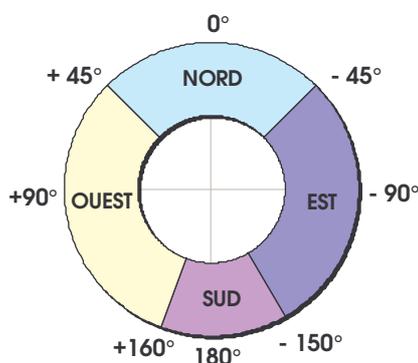


Figure : Définition des orientations des baies et parois opaques en fonction de l'azimut

F.2. Paramètres géométriques influant sur le Cm

F.2.1. Rapport d/h dans le cas d'une protection de type débord

d/h représente le rapport entre la longueur du débord d et la hauteur de la baie h.

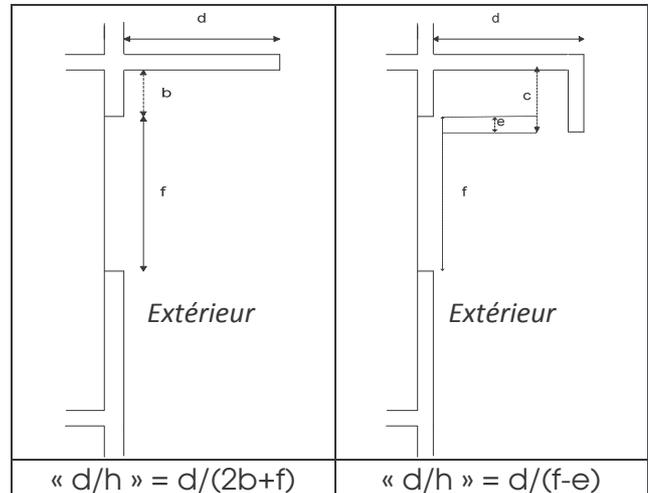
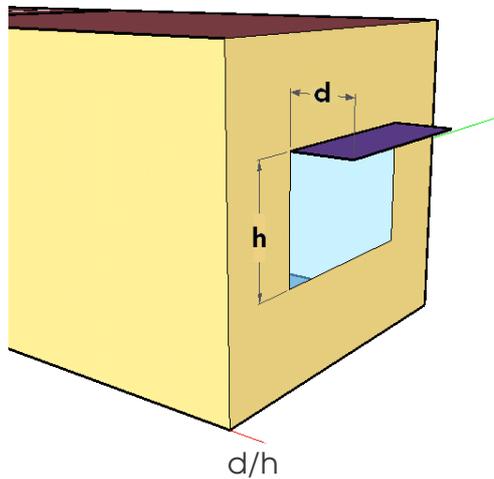


Figure F. 1 : Définition du « d/h » équivalent

F.2.2. Rapport L/h

L/h représente le rapport de la largeur de la fenêtre L sur sa hauteur h.

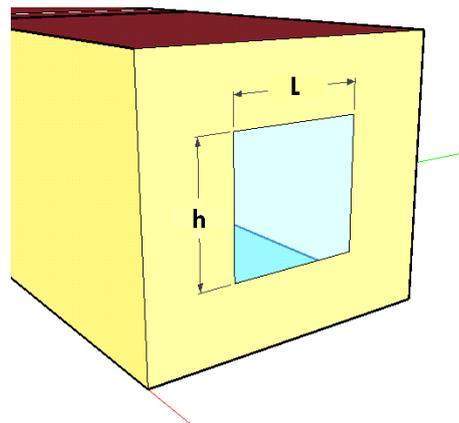


Figure F. 2 : Définition du rapport L/h d'une baie

F.2.3. Rapport δ/h

δ/h représente l'extension du débord par rapport à la hauteur de la baie

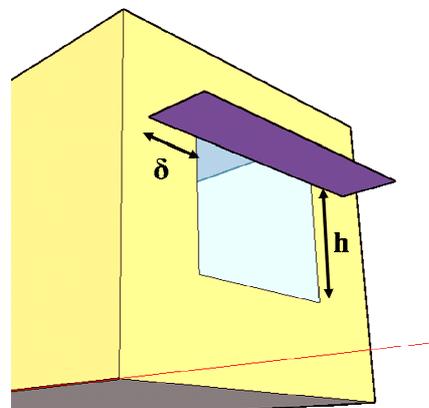


Figure F. 3 Définition de δ/h

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

F.3. Méthode de calcul du coefficient d'ensoleillement Cm.

Les calculs des coefficients d'ensoleillement ont été réalisés grâce au logiciel EnergyPlus (EnergyPlus V3). Les systèmes étudiés ont tout d'abord été construits grâce à Google SketchUp, puis importés sous EnergyPlus.

Les simulations ont été réalisées sur une journée type par mois (le 15 de chaque mois). On choisit le paramètre *sky clearness* = 0.8 (ce qui correspond à une journée ensoleillée).

Le lieu de simulation est la Ligne Paradis dont les paramètres sont :

- Latitude : -21,5 S
- Longitude : 55,3 E
- Altitude : 150 m
- Heure : + 4 (par rapport à GMT)

La sortie choisie est : surface ext solar beam incident

C'est-à-dire l'énergie directe reçue par la surface (la fenêtre), toutes les heures.

Deux simulations dans chaque cas :

- sans protection solaire → $E_{i,j}$
- avec protection solaire → $E'_{i,j}$

Pour $1 < i < 24$ (heures)
 $1 < j < 12$ (mois)

Pour tout (i,j) tel que $E_{i,j} \neq 0$,

$$R_{i,j} = \frac{E'_{i,j}}{E_{i,j}} \quad \text{Rapport des énergies}$$

$$\text{Puis } Cm_j = \text{MOYENNE}_{i=1}^{24}(R_{i,j})$$

On obtient donc 12 valeurs de Cm (une par mois).

Le choix de la valeur se fait en fonction des orientations.

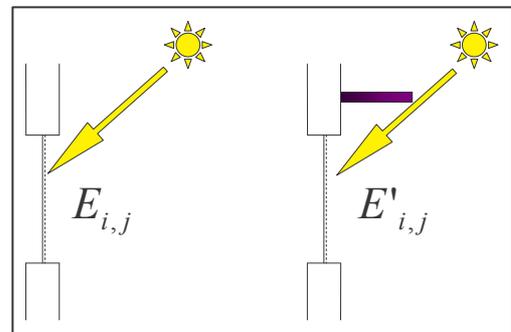


Figure F. 4 : Energies reçues par le vitrage avec (E') et sans (E) protection solaire

Tableau F. 1 : Détermination du Cm et choix de la période de simulation considérée en fonction de l'orientation de la baie

Orientation	Choix de la période de simulation
NORD	Avril
SUD	Moyenne (Décembre ; Janvier)
EST	Moyenne (Janvier ; Février ; Mars)
OUEST	Moyenne (Janvier ; Février ; Mars)

F.4. Typologie des protections solaires dans PERENE 2009

Dans la version de PERENE 2009, nous avons considéré plusieurs types de protections solaires et déterminé pour chacune d'entre elles les valeurs de coefficients d'ensoleillement C_m en fonction de leur dimension et de leur orientation.

Les types de protections considérées sont :

- Débord fini ou infini ;
- Débord + joue(s) droite et/ou gauche ;
- Lames ou brises soleil horizontaux.

Illustrations de différents types de protections solaires rencontrées à La Réunion



Débord fini (limité à la fenêtre)



Débord non limité à la fenêtre



Débord (coursive) infini



Casquette + joue gauche

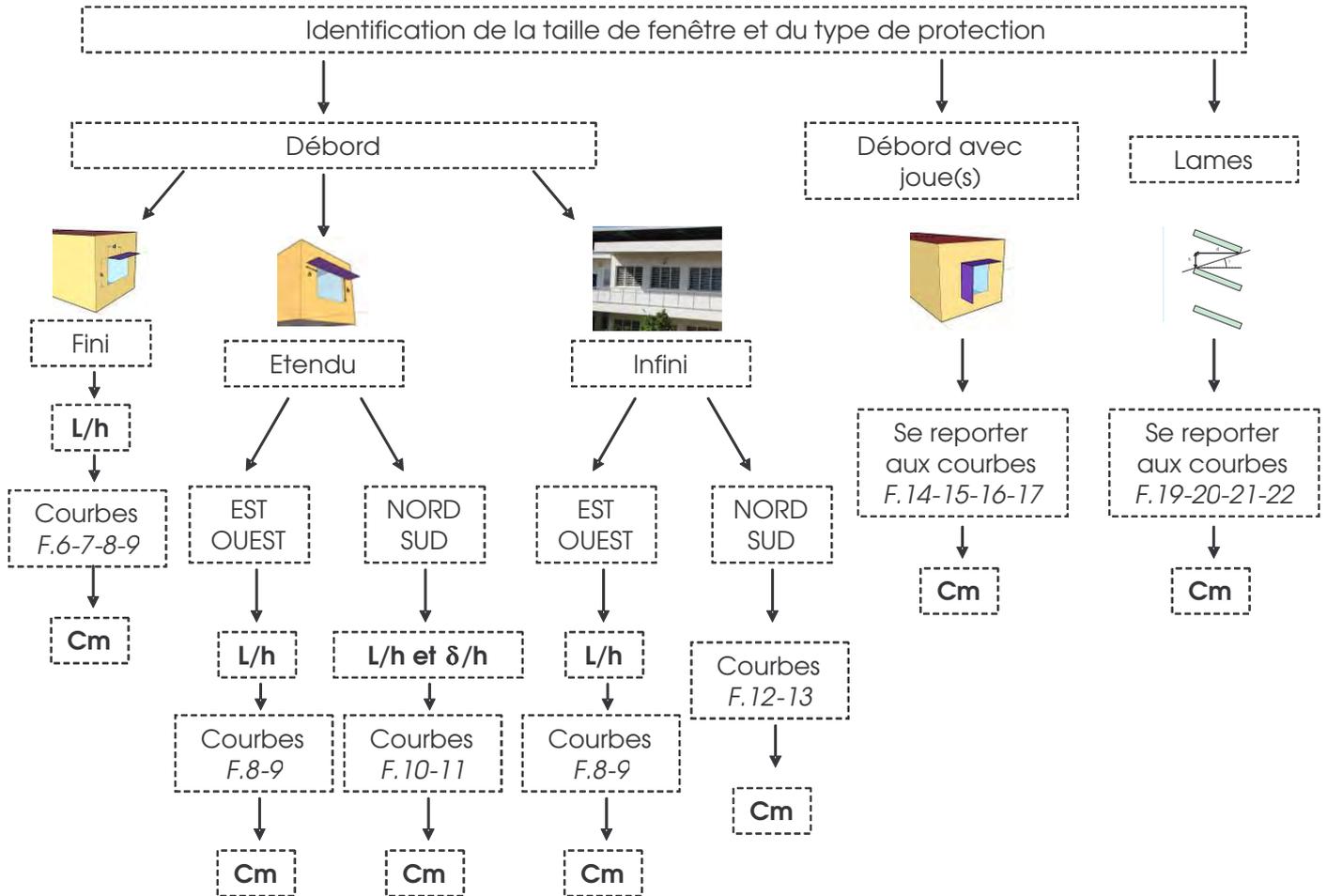


Brises soleil

Figure F. 5 : Photos de protections solaires

F.5. Méthodologie de calcul du Cm.

Le dimensionnement de la protection solaire adaptée pour une baie donné se fait en utilisant la méthodologie suivante :



F.6. Valeurs de Cm pour une solution de type débord fini pour différentes tailles de fenêtre L/h

Nous avons considéré cinq fenêtres ayant un ratio L/h variant de 0,25 à 2.

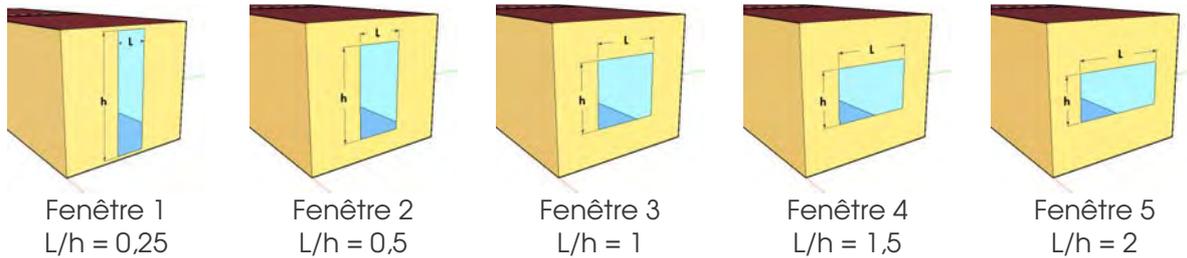


Tableau F. 2 : Valeurs de Cm pour différents L/h pour une protection de type débord fini. Les cellules en vert sont conformes aux exigences PERENE pour les zones 1, 2 et 3.

		Cm fenêtre 1	Cm fenêtre 2	Cm fenêtre 3	Cm fenêtre 4	Cm fenêtre 5
		L/h = 0.25	L/h = 0.50	L/h = 1.00	L/h = 1.50	L/h = 2.00
NORD	d/h = 1.00	0.79	0.68	0.53	0.45	0.39
	d/h = 0.75	0.79	0.68	0.53	0.45	0.39
	d/h = 0.50	0.80	0.70	0.58	0.52	0.48
	d/h = 0.40	0.82	0.73	0.64	0.59	0.57
	d/h = 0.25	0.85	0.79	0.74	0.72	0.71
	d/h = 0.10	0.91	0.89	0.88	0.88	0.88
	d/h = 0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SUD	d/h = 1.00	0.79	0.68	0.53	0.44	0.38
	d/h = 0.75	0.79	0.68	0.53	0.44	0.38
	d/h = 0.50	0.79	0.68	0.53	0.44	0.39
	d/h = 0.40	0.79	0.68	0.53	0.45	0.40
	d/h = 0.25	0.79	0.68	0.53	0.46	0.43
	d/h = 0.10	0.79	0.68	0.58	0.55	0.53
	d/h = 0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
EST	d/h = 3.00	0.55	0.36	0.28	0.20	0.18
	d/h = 2.50	0.56	0.37	0.29	0.22	0.20
	d/h = 2.00	0.57	0.39	0.31	0.24	0.22
	d/h = 1.50	0.58	0.41	0.34	0.28	0.26
	d/h = 1.00	0.60	0.45	0.37	0.34	0.33
	d/h = 0.75	0.62	0.49	0.42	0.40	0.39
	d/h = 0.50	0.65	0.55	0.50	0.48	0.47
	d/h = 0.25	0.73	0.67	0.63	0.62	0.61
	d/h = 0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
OUEST	d/h = 3.00	0.56	0.38	0.30	0.23	0.21
	d/h = 2.50	0.57	0.39	0.31	0.24	0.22
	d/h = 2.00	0.58	0.41	0.33	0.27	0.25
	d/h = 1.50	0.59	0.43	0.36	0.30	0.29
	d/h = 1.00	0.60	0.47	0.39	0.37	0.35
	d/h = 0.75	0.62	0.51	0.44	0.42	0.41
	d/h = 0.50	0.66	0.57	0.52	0.51	0.50
	d/h = 0.25	0.74	0.69	0.66	0.65	0.64
	d/h = 0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Conforme à PERENE

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENergétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

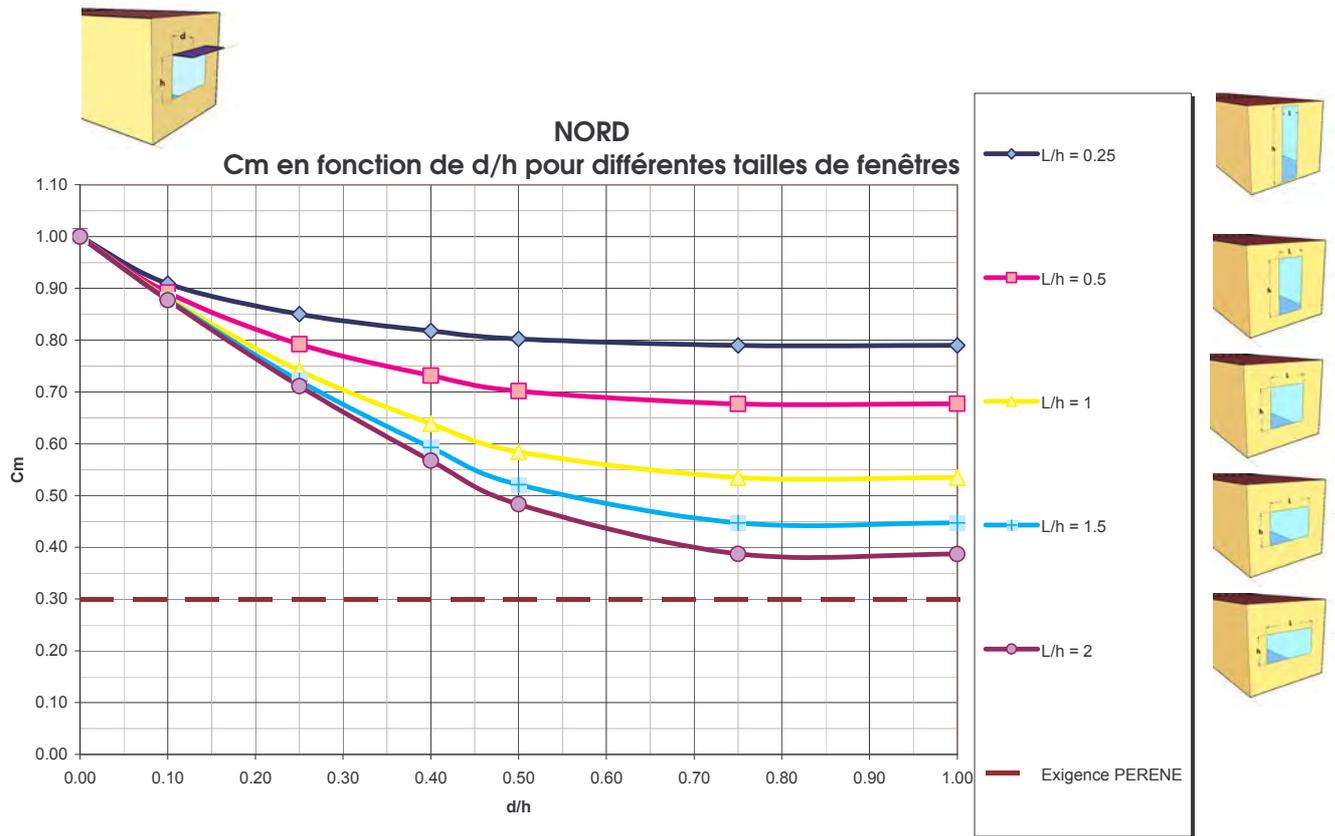


Figure F. 6 : Valeurs de Cm en fonction de d/h quand le rapport L/h varie pour une orientation NORD

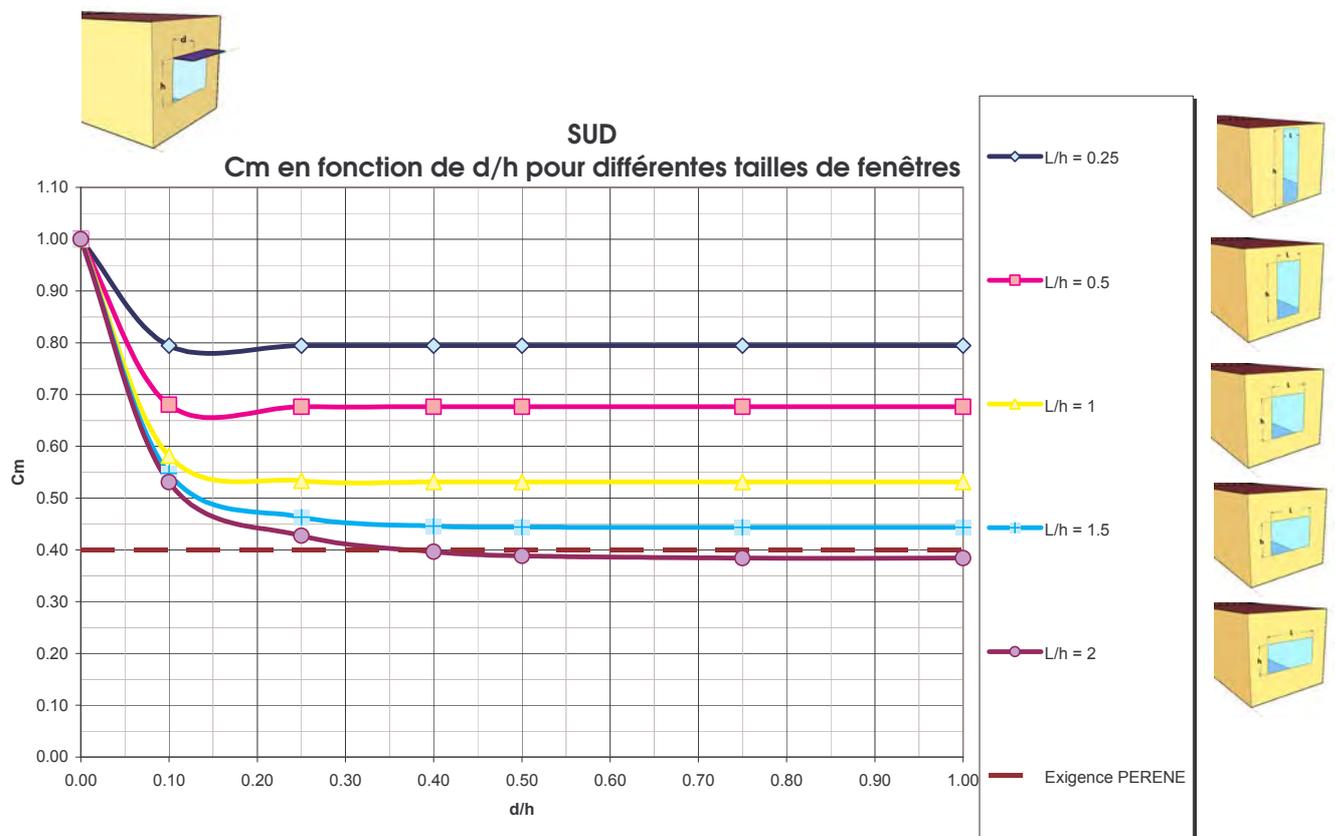


Figure F. 7 : Valeurs de Cm en fonction de d/h quand le rapport L/h varie pour une orientation SUD

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances FNFRatatives des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

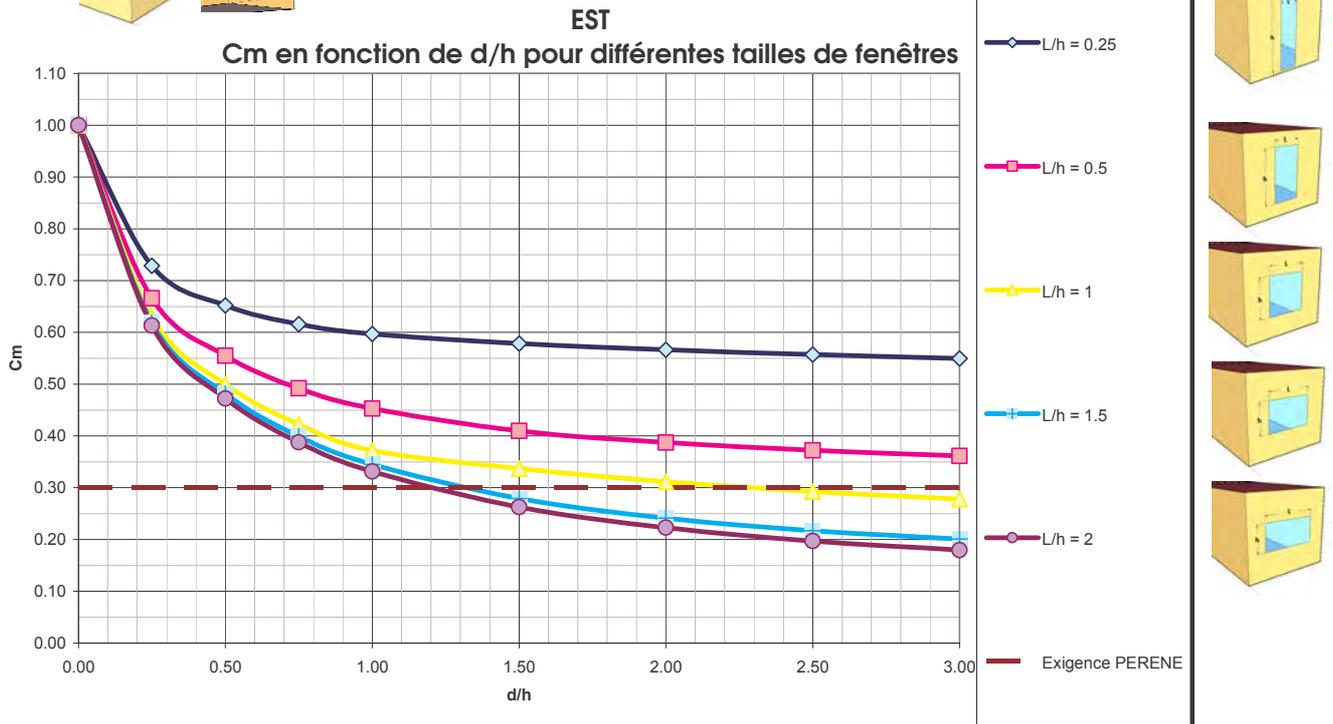
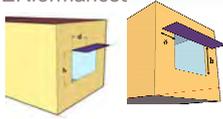


Figure F. 8 : Valeurs de Cm en fonction de d/h quand le rapport L/h varie pour une orientation EST

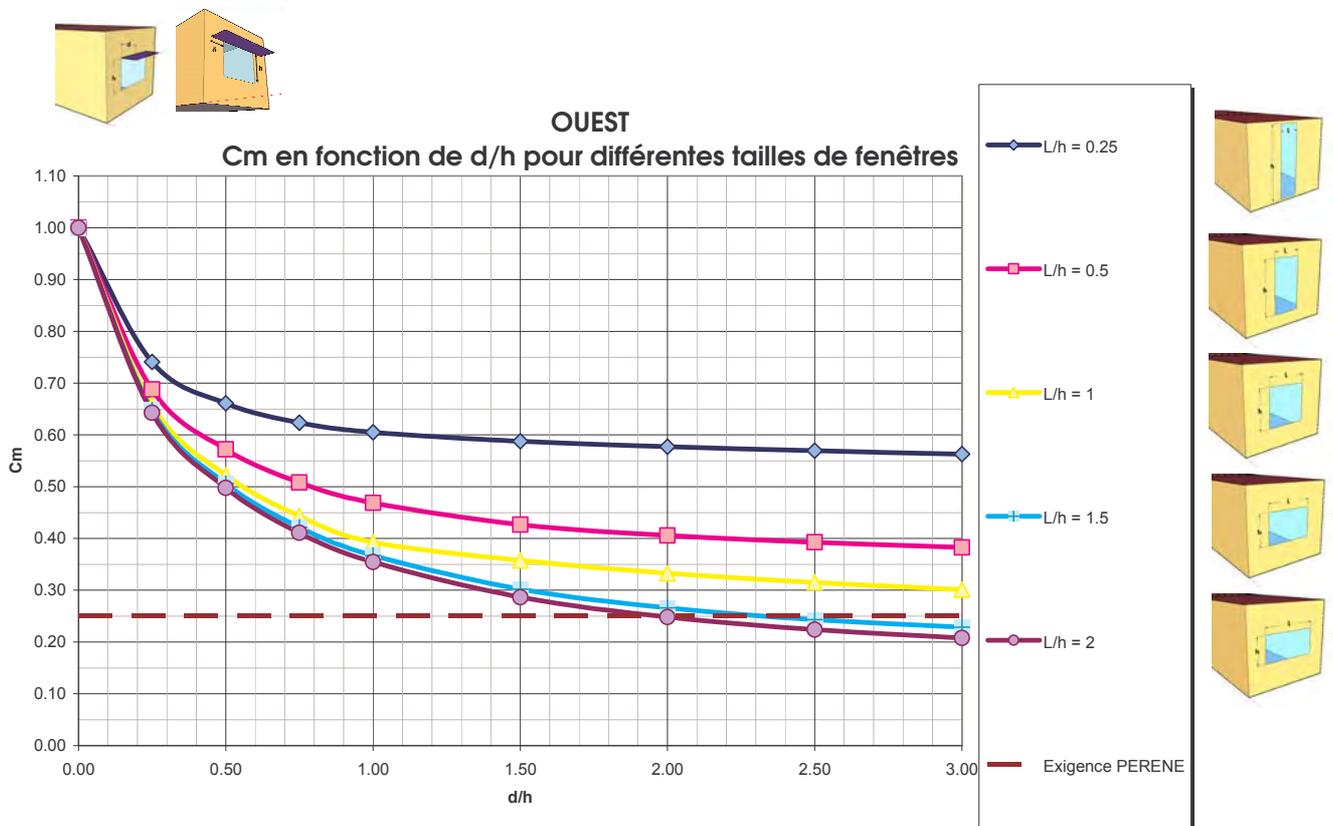


Figure F. 9 : Valeurs de Cm en fonction de d/h quand le rapport L/h varie pour une orientation OUEST

F.7. Valeurs de Cm pour une solution de type débord non limité à la largeur de la fenêtre (étendu)

La variation de δ a peu d'influence pour des orientations **EST** et **OUEST**, on peut donc utiliser directement les courbes Figure F.8 et Figure F.9 pour trouver les valeurs de Cm.

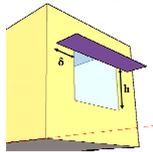
Pour les orientations **NORD** et **SUD**, les tableaux suivants donnent les valeurs de $\frac{\delta}{h}$ pour différentes couples $(\frac{L}{h}, \frac{d}{h})$ qui permettent d'obtenir la valeur de Cm exigée par PERENE.

Tableau F. 3 : Valeurs du rapport δ/h en fonction de d/h et de L/h pour avoir un Cm de 0,30 (exigence du facteur solaire en zone 1, 2 et 3 pour une baie orientée NORD)

NORD : Valeurs de $\frac{\delta}{h}$ pour avoir Cm = 0.30				
d/h	0.25	0.5	0.75	1.00
L/h = 0.25			1.35	1.30
L/h = 0.50			1.05	1.05
L/h = 1.00			0.65	0.65
L/h = 1.50			0.40	0.40
L/h = 2.00		1.30	0.25	0.25

Tableau F. 4 : Valeurs du rapport δ/h en fonction de d/h et de L/h pour avoir un Cm de 0,40 (exigence du facteur solaire en zone 1, 2 et 3 pour une baie orientée SUD)

SUD : Valeurs de $\frac{\delta}{h}$ pour avoir Cm = 0.40				
d/h	0.25	0.50	0.75	1.00
L/h = 0.25		0.80	0.80	0.80
L/h = 0.50		0.60	0.60	0.60
L/h = 1.00	0.30	0.25	0.25	0.25
L/h = 1.50	0.10	0.10	0.10	0.10
L/h = 2.00	0.06	0.00	0.00	0.00



Valeurs de δ/h en fonction de L/h pour avoir $C_m = 0,30$
NORD

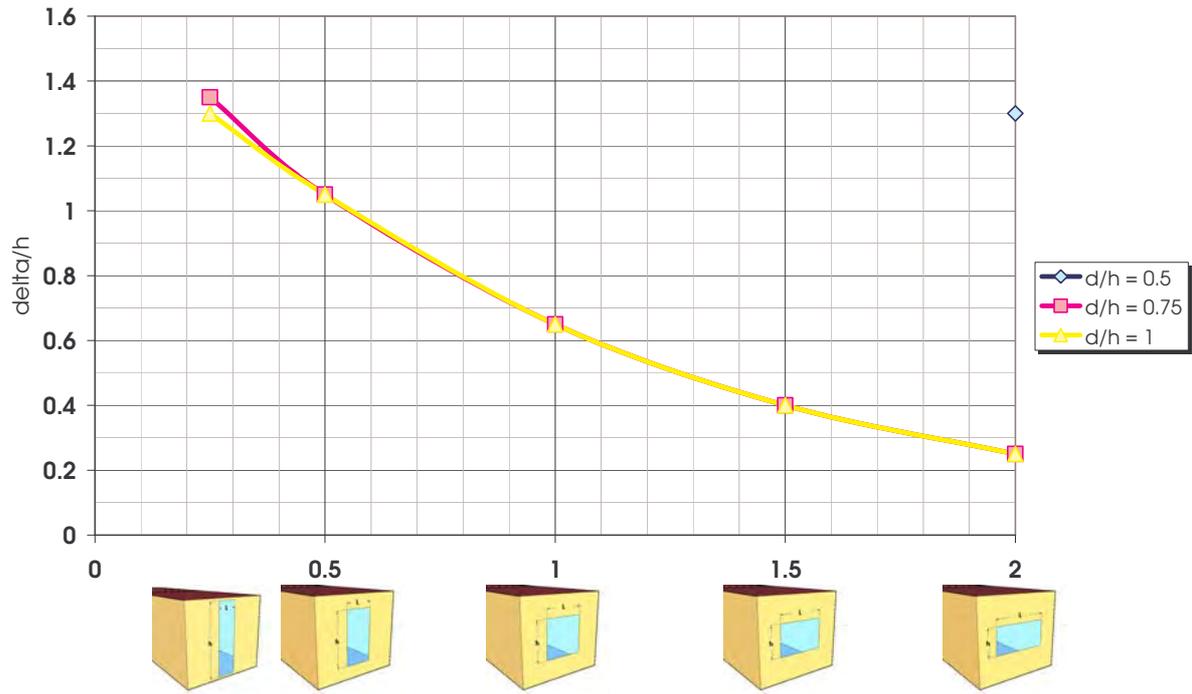
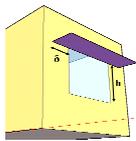


Figure F. 10 : Valeurs du rapport δ/h en fonction de L/h pour avoir $C_m = 0,30$ pour une orientation NORD



Valeurs de δ/h en fonction de L/h pour avoir $C_m = 0,30$
SUD

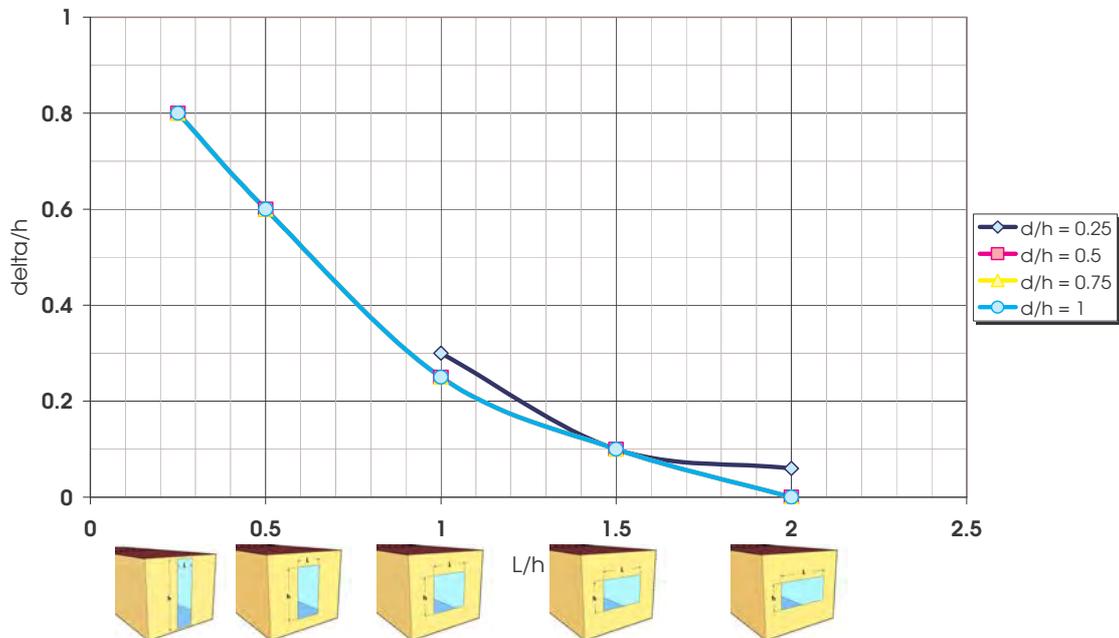


Figure F. 11 : Valeurs du rapport δ/h en fonction de L/h pour avoir $C_m = 0,40$ pour une orientation SUD

F.8. Valeurs de C_m pour une solution de type débord infini

Pour les orientations **EST** et **OUEST**, se reporter aux courbes Figure F. 8 et Figure F. 9.

Pour les orientations **NORD** et **SUD**, on donne dans le tableau suivant les valeurs de C_m lorsque le débord est considéré comme infini (dans le cas d'une courbure par exemple).

La condition pour avoir un débord infini est :

$$\frac{\delta}{h} > 2$$

Tableau F. 5 : Valeurs de C_m pour un débord infini pour des orientations **NORD** et **SUD**. Les cellules en vert sont conformes aux exigences PERENE pour les zones 1, 2 et 3.

Orientation	d/h	C_m pour un débord infini
NORD	1.00	0.12
	0.75	0.18
	0.50	0.36
	0.25	0.68
	0.10	0.87
	0.00	1.00
SUD	1.00	0.14
	0.75	0.18
	0.50	0.22
	0.25	0.32
	0.10	0.48
	0.00	1.00

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

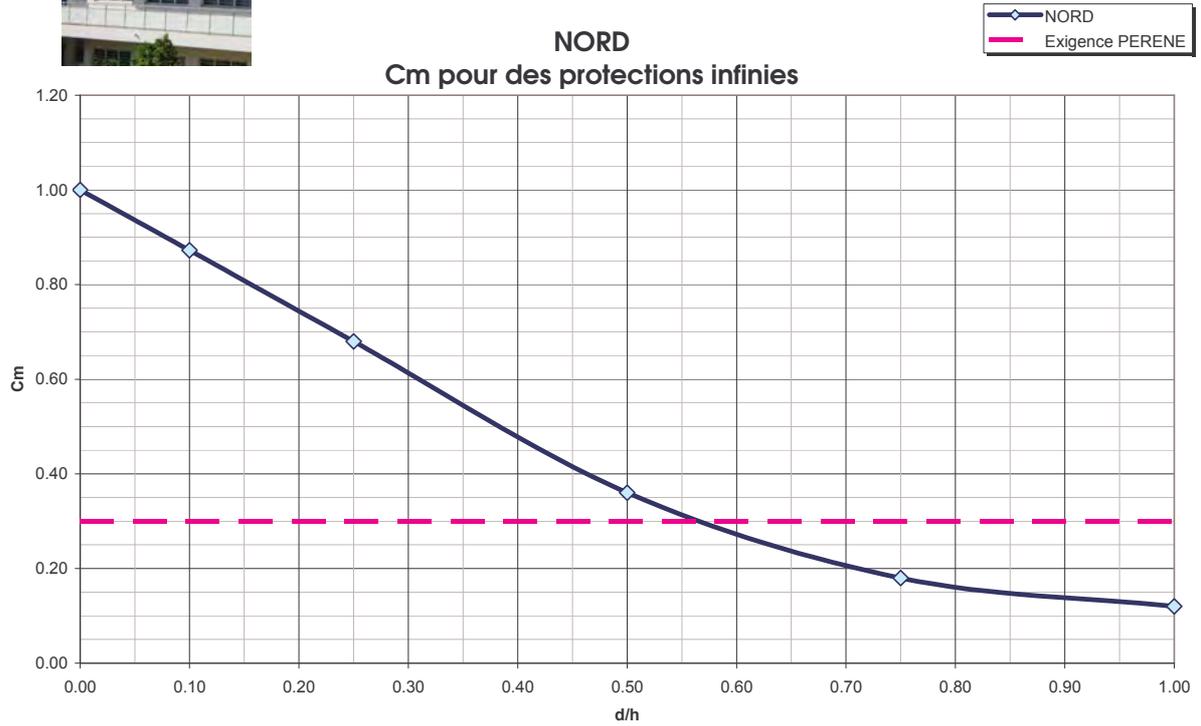


Figure F. 12 : Valeurs de Cm pour un débord infini pour une orientation NORD

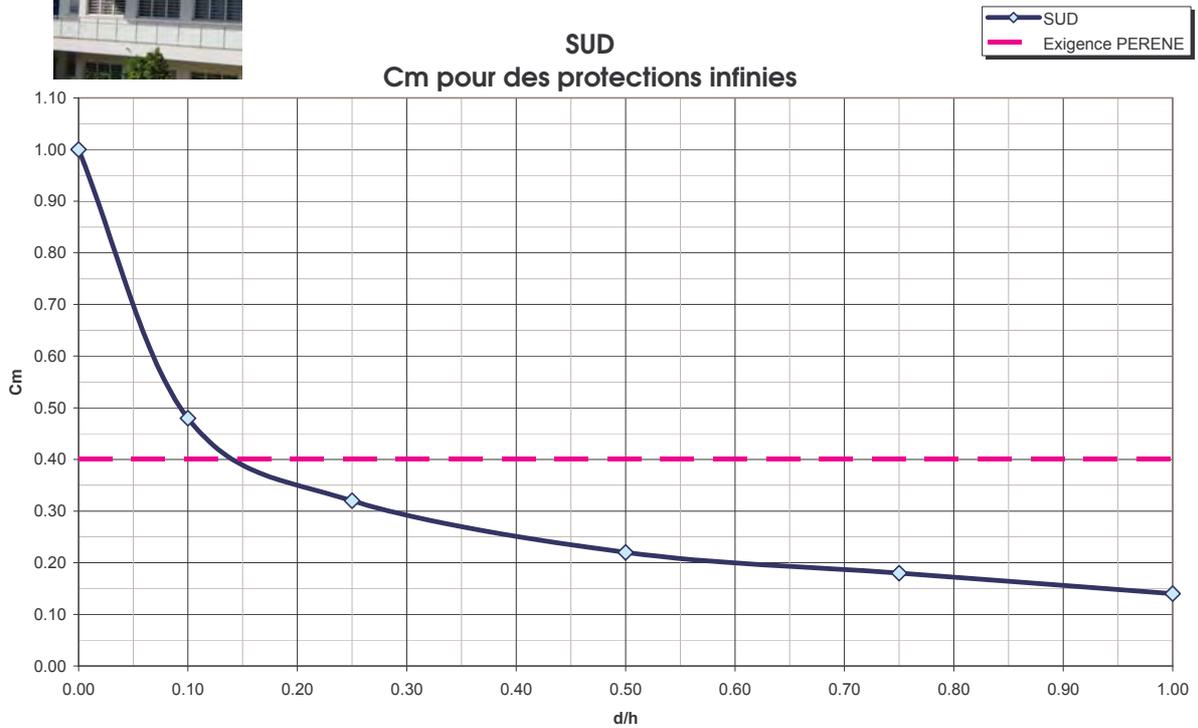
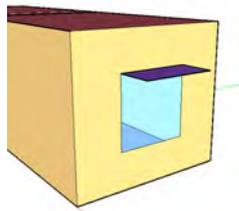
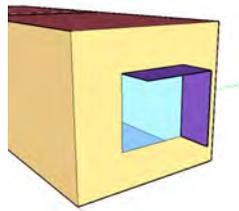


Figure F. 13 : Valeurs de Cm pour un débord infini pour une orientation SUD

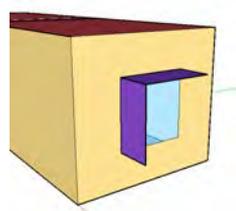
F.9. Valeurs de Cm pour une solution de débord + joue(s)



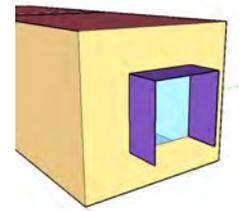
Casquette seule



Joue droite



Joue gauche



Deux joues

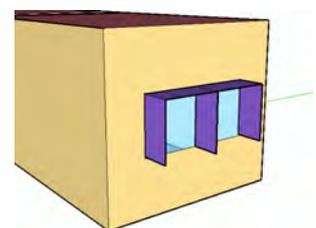
Tableau F. 6 : Valeurs de Cm pour des solutions de type casquette + joue(s). Les cellules en vert sont conformes aux exigences PERENE pour les zones 1, 2 et 3.

	d/h	Casquette seule	Joue droite	Joue gauche	Deux joues
		Cm	Cm	Cm	Cm
		L/h = 1.00	L/h = 1.00	L/h = 1.00	L/h = 1.00
NORD	1.00	0.53	0.28	0.25	0.00
	0.75	0.53	0.28	0.25	0.00
	0.50	0.58	0.33	0.31	0.06
	0.40	0.64	0.40	0.37	0.13
	0.25	0.74	0.54	0.52	0.32
	0.10	0.88	0.79	0.78	0.69
	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SUD	1.00	0.53	0.25	0.28	0.00
	0.75	0.53	0.25	0.28	0.00
	0.50	0.53	0.25	0.28	0.00
	0.40	0.53	0.26	0.28	0.01
	0.25	0.53	0.30	0.32	0.09
	0.10	0.58	0.44	0.45	0.31
	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00
EST	2.00	0.28	0.19	0.20	0.11
	1.75	0.29	0.20	0.22	0.14
	1.50	0.31	0.22	0.25	0.16
	1.25	0.33	0.25	0.28	0.20
	1.00	0.34	0.29	0.33	0.24
	0.75	0.40	0.34	0.39	0.31
	0.50	0.48	0.43	0.47	0.40
	0.25	0.62	0.57	0.62	0.56
	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00
OUEST	2.00	0.30	0.23	0.22	0.15
	1.75	0.31	0.25	0.23	0.17
	1.50	0.33	0.28	0.25	0.19
	1.25	0.36	0.31	0.28	0.23
	1.00	0.39	0.35	0.32	0.27
	0.75	0.44	0.41	0.37	0.34
	0.50	0.52	0.50	0.46	0.43
	0.25	0.66	0.64	0.61	0.59
	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Remarque : Les valeurs de Cm données ici sont pour une fenêtre carrée (c'est-à-dire

$\frac{L}{h} = 1$). On pourra considérer que ces valeurs sont valables pour $\frac{L}{h} \leq 2$.

Si $\frac{L}{h} > 2$, alors il faudra ajouter une « joue » au milieu de la fenêtre.



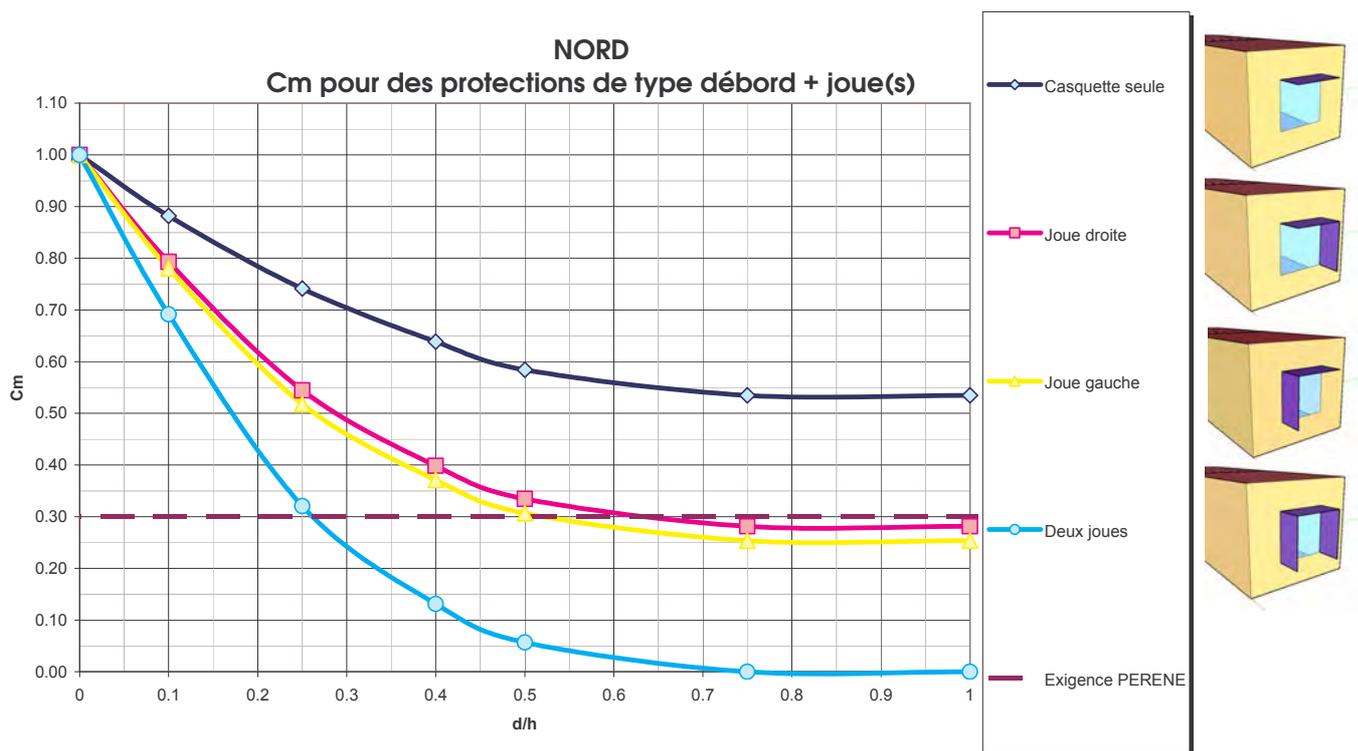


Figure F. 14 : Valeurs de Cm pour des solutions de type débord + joue(s) pour une orientation NORD

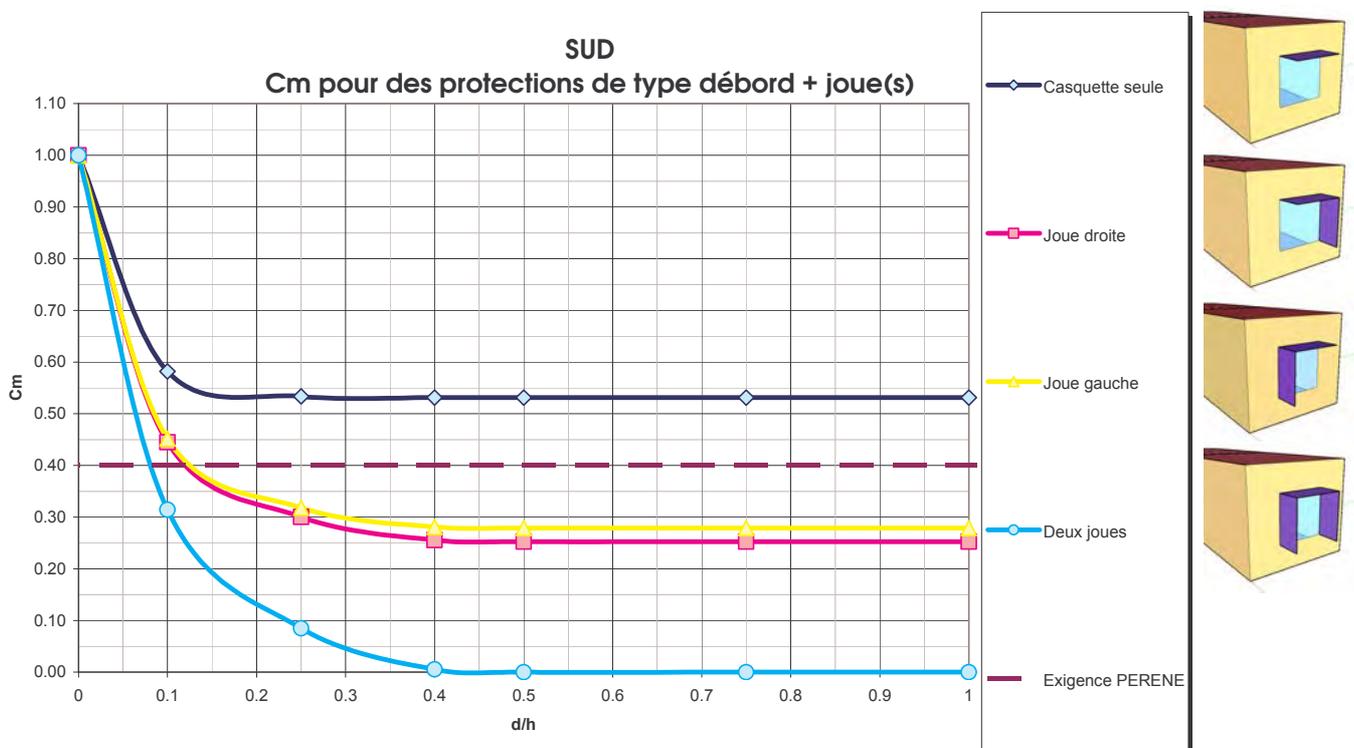


Figure F. 15 : Valeurs de Cm pour des solutions de type débord + joue(s) pour une orientation SUD

Outil bâtiment PERENE Réunion

Performances ENergétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

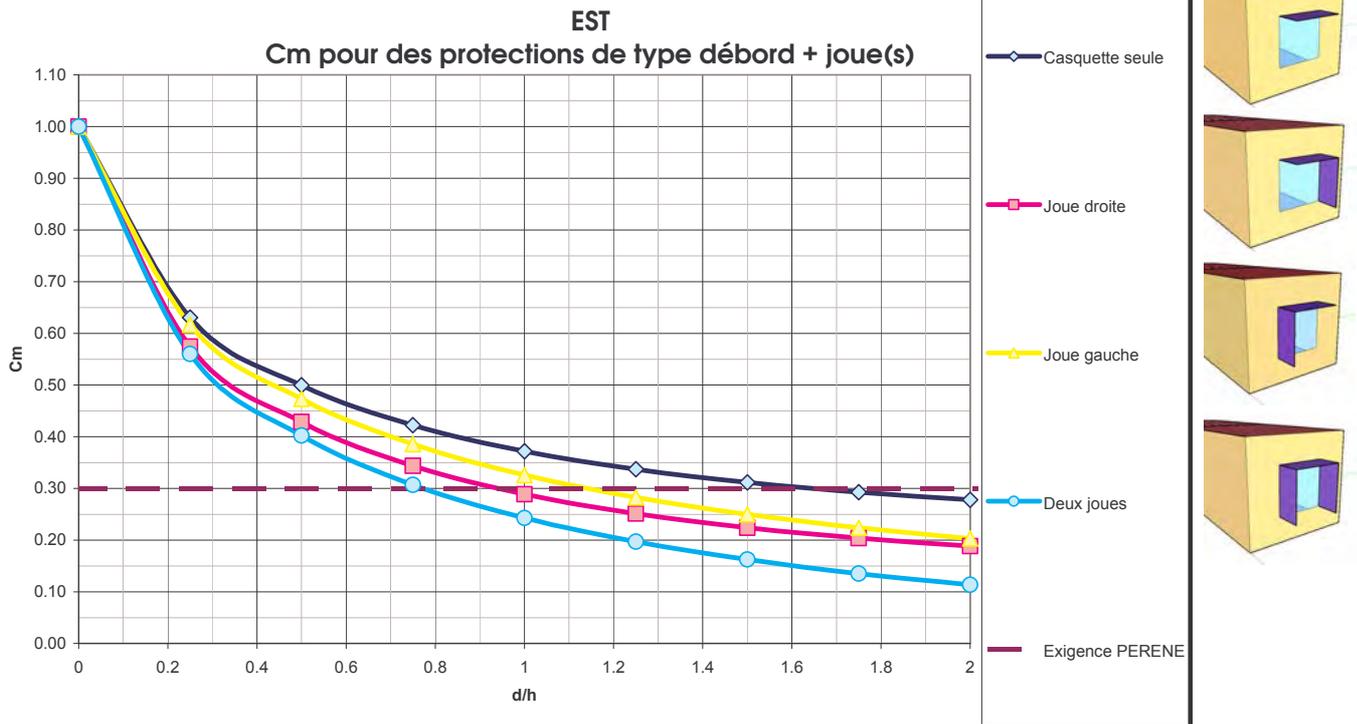


Figure F. 16 : Valeurs de Cm pour des solutions de type débord + joue(s) pour une orientation EST

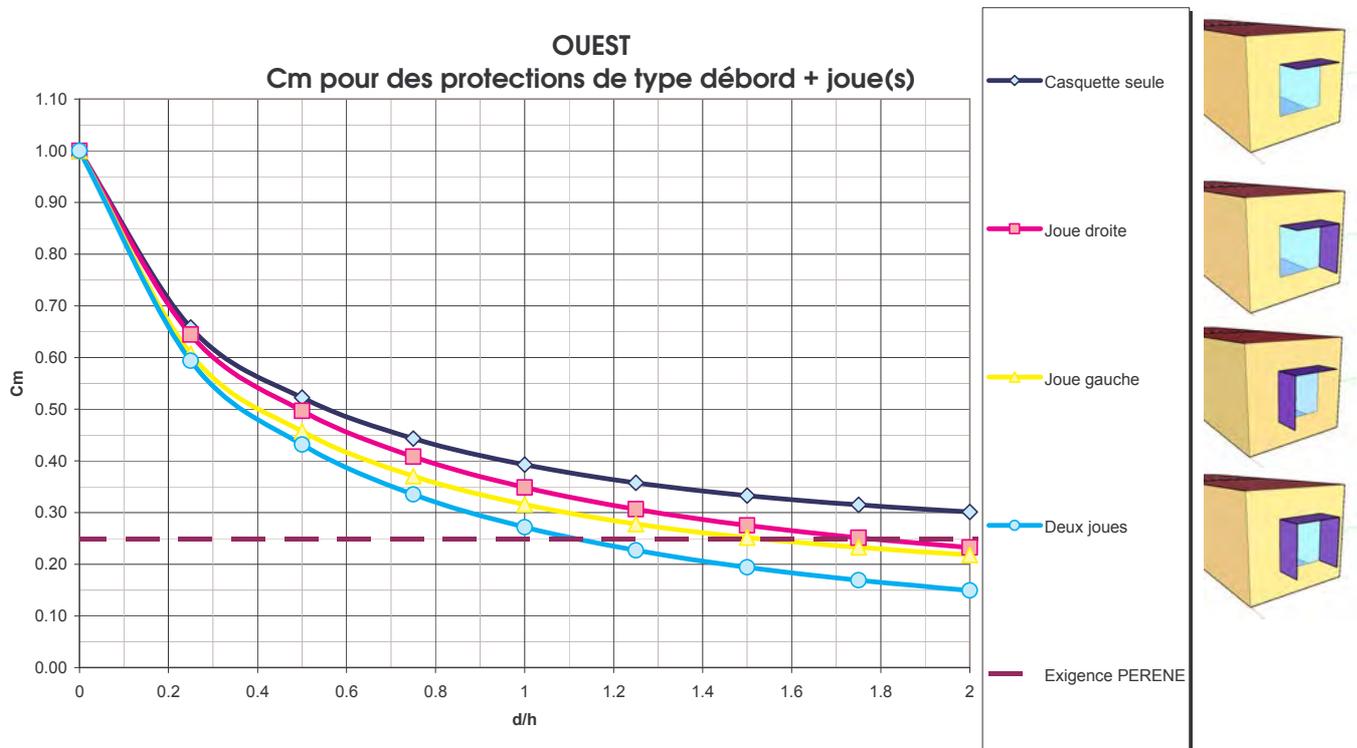


Figure F. 17 : Valeurs de Cm pour des solutions de type débord + joue(s) pour une orientation OUEST

F.10. Valeurs de C_m pour une solution de type lames horizontales ou brises soleil

Les protections de type lames sont préconisées pour des orientations Est et Ouest.

Pour des orientations Nord et Sud, des lames peuvent être utilisées, mais dans ce cas, il faut ajouter une protection de type débord pour éviter les taches solaires.

Les brises-soleil ou lames sont caractérisés par leur angle α .

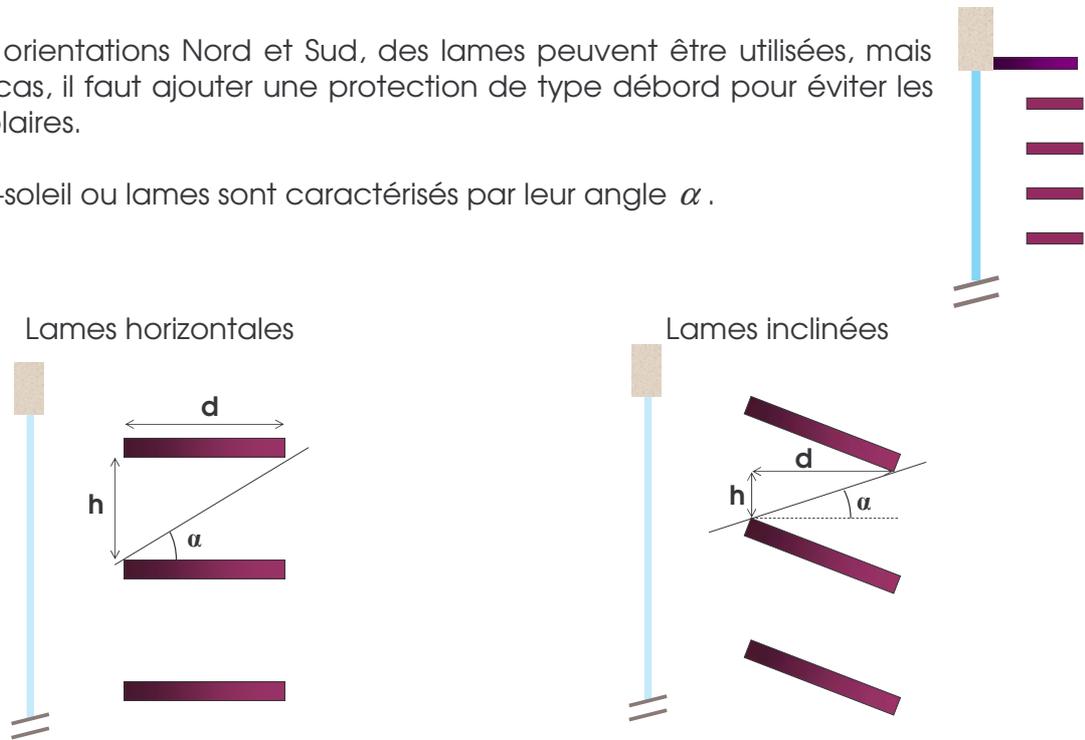


Figure F. 18 : Définition de α pour des lames horizontales et inclinées

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Tableau F. 7 : Valeurs de Cm pour des solutions de type brises soleil ou lames en fonction de l'angle α

Orientation	α	Cm	Efficacité à 100% (au mois de mars)
NORD	10	0.17	
	20	0.17	
	25	0.17	
	30	0.18	
	40	0.19	
	45	0.20	
	50	0.21	
	55	0.23	
	60	0.24	
SUD	10	0.16	
	20	0.16	
	25	0.16	
	30	0.16	
	40	0.17	
	45	0.18	
	50	0.19	
	55	0.22	
	60	0.30	
EST	5	0.05	A partir de 7h
	10	0.08	A partir de 7h15
	20	0.14	A partir de 8h
	30	0.20	A partir de 8h45
	45	0.30	A partir de 9h45
	60	0.42	A partir de 11h
OUEST	5	0.08	Jusqu'à 19h
	10	0.11	Jusqu'à 18h45
	20	0.17	Jusqu'à 17h
	30	0.23	Jusqu'à 16h30
	45	0.33	Jusqu'à 15h15
	60	0.45	Jusqu'à 14h

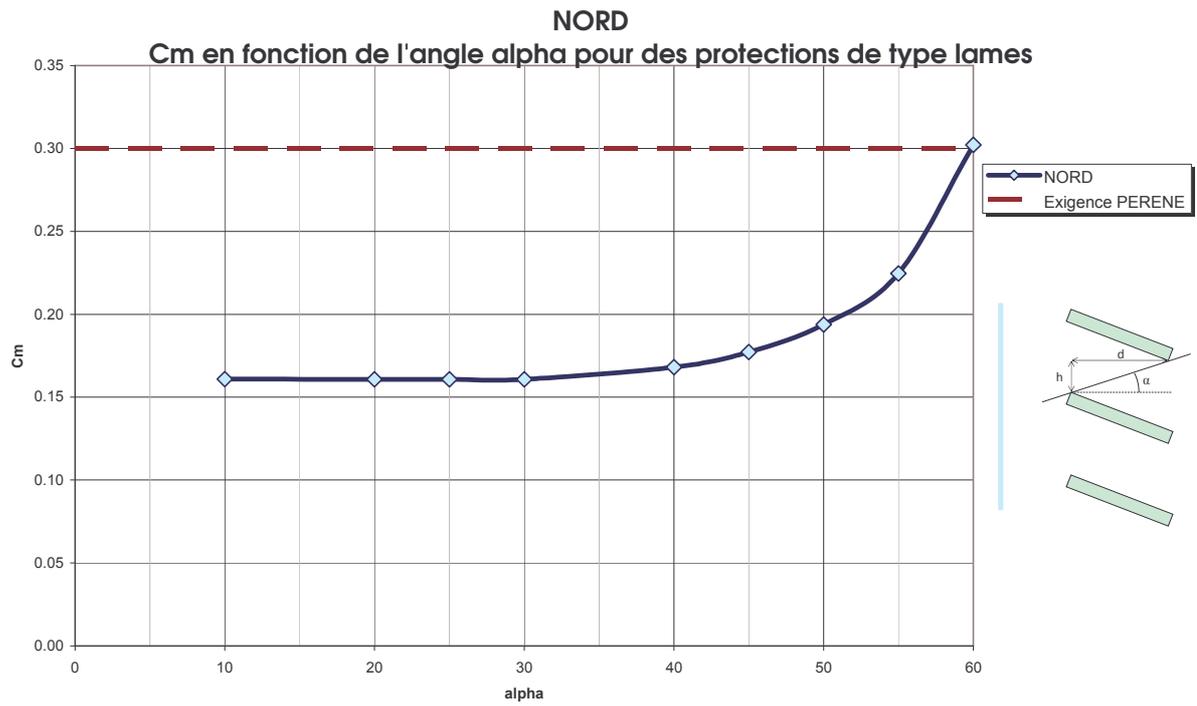


Figure F. 19 : Valeurs de Cm pour des lames pour une orientation NORD

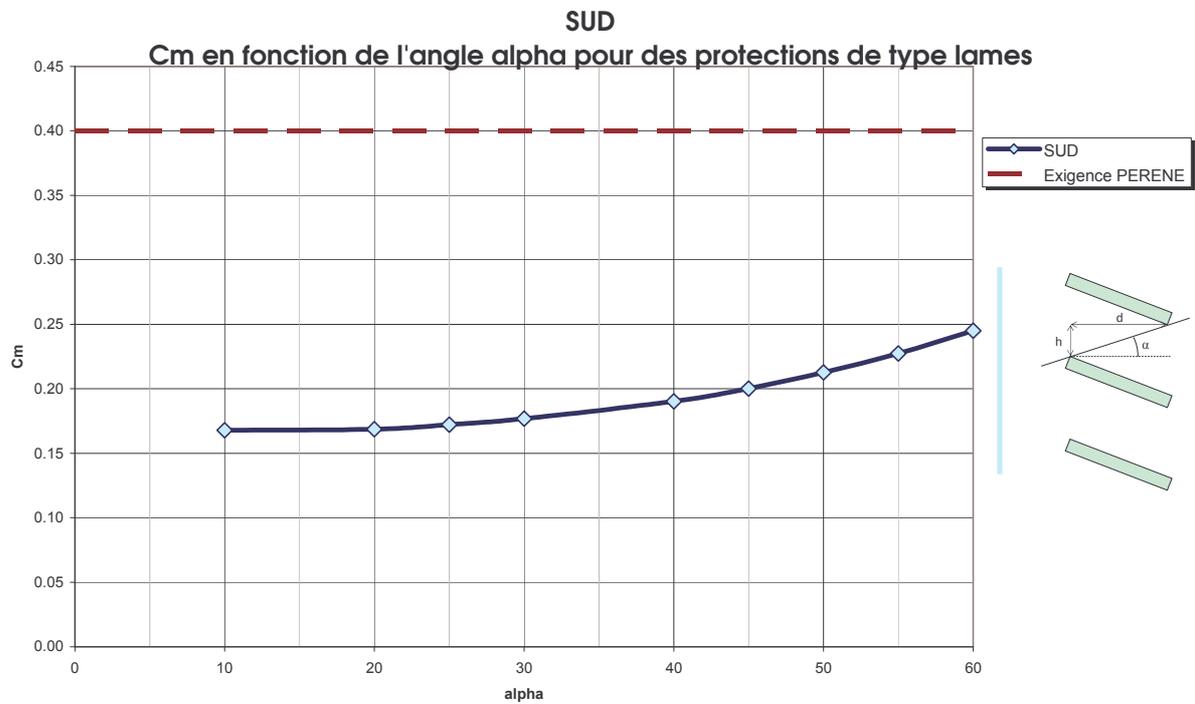


Figure F. 20 : Valeurs de Cm pour des lames pour une orientation SUD

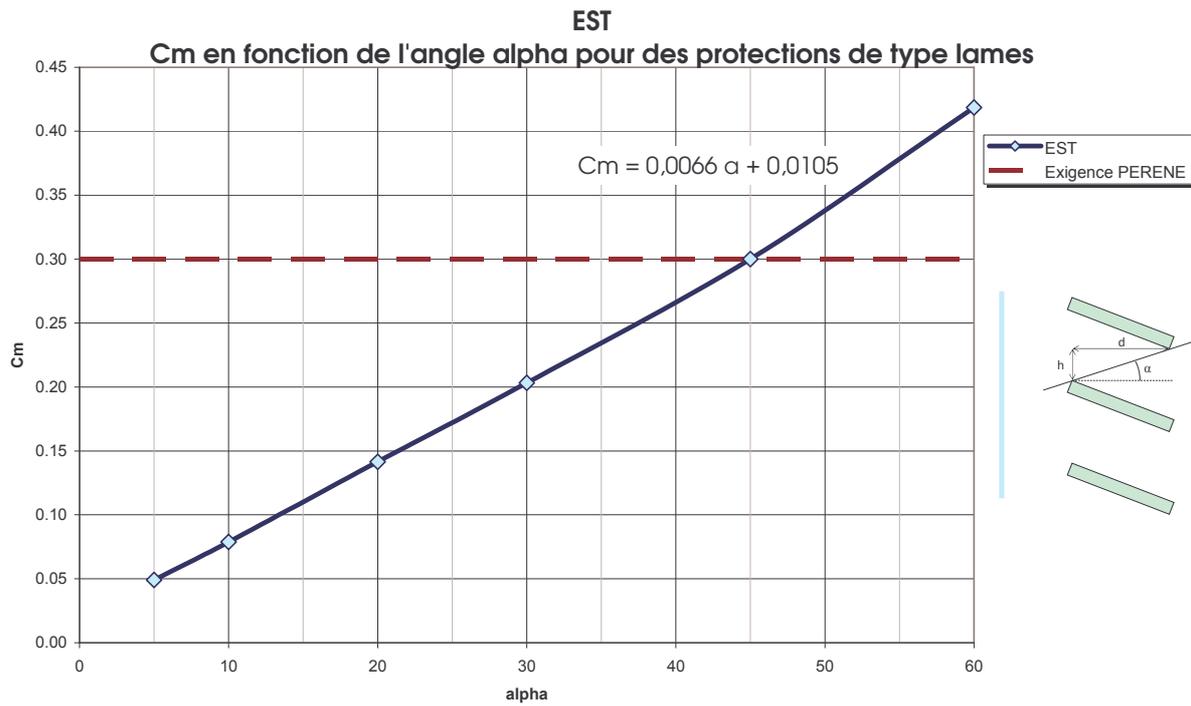


Figure F. 21 : Valeurs de Cm pour des lames pour une orientation EST

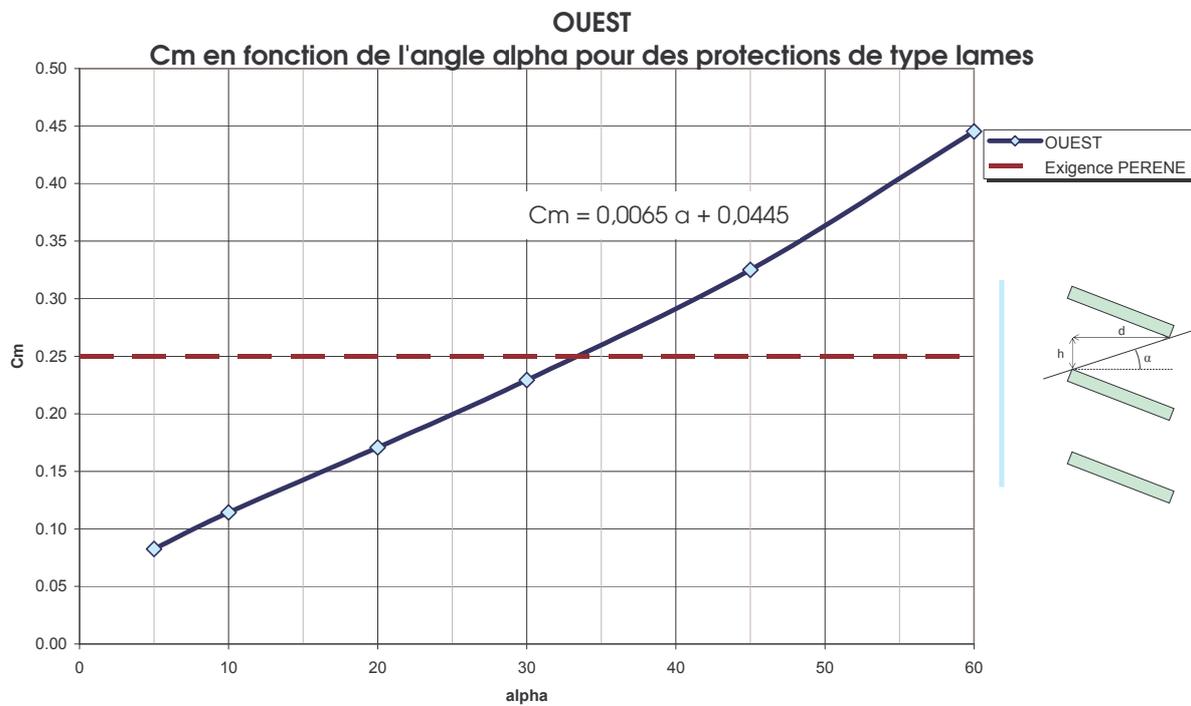


Figure F. 22 : Valeurs de Cm pour des lames pour une orientation OUEST

F.11. Valeurs de S_0 pour différents types de vitrage

Tableau F. 8 : Valeurs du facteur solaire de vitrage S_0 pour différents types de vitrage.

Source : www.outilssolaires.com

Type de vitrage	Coefficient U (W/m ² .°C)	Facteur solaire S_0
Verre clair		
Simple vitrage, 4 mm	6.0	0.83
Double vitrage à lame d'air (4-12-4)	3.0	0.76
Double vitrage avec traitement de surface "low E" à lame d'Argon (4-12-4)	1.5	0.65
Triple vitrage à lame d'air (4-12-4-12-4)	2.0	0.67
Triple vitrage avec traitement de surface "low E" à lame d'Argon	1.2	0.60
Double vitrage à vide avec traitement de surface "low E" (4-12-4)	0.5	0.65
Verre réfléchissant		
Simple vitrage, Antelio, Emeraude, 6 mm	5.7	0.45
Simple vitrage, Antelio, Havane, 6 mm	5.7	0.40
Double vitrage moyennement réfléchissant avec traitement de surface "low E" (6-12-6)	1.6	0.39
Double vitrage, Bronze avec traitement de surface "low E" (6-12-6)	1.6	0.13

Tableau F. 9 : Facteur solaire sans pare-soleil horizontal S_0 d'une baie fermée par des lames opaques ou en glace claire sans traitement réfléchissant

Source : RT DOM 2009

Type de protection		S_0
Lames opaques (bois, métal, PVC...)	Lames de « couleur claire »	0,28
	Lames de « couleur moyenne »	0,37
	Lames de « couleur sombre »	0,46
	Lames de « couleur noire »	0,53
Lames en glace claire sans traitement réfléchissant	Lames en glace claire 4mm	0,87
	Lames en glace claire 10mm	0,83

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Tableau F. 10 : Facteur solaire sans pare-soleil horizontal S_0 d'une baie fermée par des lames transparentes ou translucides autres qu'en glace claire sans traitement réfléchissant

Source : RT DOM 2009

Type de protection	Facteur solaire sans pare-soleil horizontal S_0						
	Taux de transmission énergétique du rayonnement solaire :						
	de 0,70 à 0,79	de 0,60 à 0,69	de 0,50 à 0,59	de 0,40 à 0,49	de 0,30 à 0,39	de 0,20 à 0,29	de 0,10 à 0,19
Glace teintée sans traitement réfléchissant	0,86	0,81	0,76	0,71	0,66		
Lame avec taux de réflexion solaire de 12% à 20%			0,73	0,68	0,63	0,58	0,53
Lame avec taux de réflexion solaire de 21% à 30%				0,61	0,56	0,51	0,46
Lame avec taux de réflexion solaire supérieur à 30%				0,57	0,54	0,49	0,44

Tableau F. 11 : Facteur solaire sans pare-soleil horizontal S_0 d'une baie fermée par une porte ou des parties opaques mobiles non comptées dans la surface d'ouverture sur l'extérieur

Source : RT DOM 2009

Type de protection	S_0	
Porte ou partie opaque fixe en bois ou PVC ($R > 0,1$ W/Km ²)	Face extérieure « couleur claire »	0,09
	Face extérieure « couleur moyenne »	0,14
	Face extérieure « couleur sombre »	0,19
	Face extérieure « couleur noire »	0,22
Porte métallique ou partie opaque fixe à très faible résistance thermique ($R < 0,1$ W/Km ²)	Face extérieure « couleur claire »	0,15
	Face extérieure « couleur moyenne »	0,22
	Face extérieure « couleur sombre »	0,30
	Face extérieure « couleur noire »	0,35

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Tableau F. 12 : Facteur solaire sans pare-soleil horizontal S_0 d'une baie fermée par une fenêtre ou une porte-fenêtre non coulissante pour des locaux non climatisés

Source : RT DOM 2009

Type de protection		S_0
Baie sans volet ni store	Néant	1,00
Baie protégée par un volet ou un store vertical non projetable	Les volets et stores non inclinables ou tout dispositif de protection solaire maintenu dans le plan de la baie ne permettant pas la pleine utilisation de la surface de la baie pour la ventilation de confort thermique sont considérés comme non mis en place pour la détermination de S_0	1,00
Baie protégée par un volet projetable ou un store opaque projetable	Volet ou store de « couleur claire »	0,28
	Volet ou store de « couleur moyenne »	0,37
	Volet ou store de « couleur sombre »	0,46
	Volet ou store de « couleur noire »	0,53
Baie protégée un store transparent projetable	Store de « couleur claire »	0,36
	Store de « couleur moyenne »	0,44
	Store de « couleur sombre »	0,52
	Store de « couleur noire »	0,60

Tableau F. 13 : Facteur solaire sans pare-soleil horizontal S_0 d'une baie fermée par une fenêtre ou porte-fenêtre coulissante sans galandage pour un local non climatisé

Source : RT DOM 2009

Type de protection		S_0
Sans volet ni store	Menuiserie métallique	0,78
	Autres menuiseries	0,72
Baie protégée par un volet ou un store vertical non projetable	Menuiserie métallique	0,78
	Autres menuiseries	0,72
Baie protégée par un volet projetable ou un store opaque projetable	Volet ou store de « couleur claire »	0,19
	Volet ou store de « couleur moyenne »	0,25
	Volet ou store de « couleur sombre »	0,30
	Volet ou store de « couleur noire »	0,34
Baie protégée un store transparent projetable	Store de « couleur claire »	0,28
	Store de « couleur moyenne »	0,33
	Store de « couleur sombre »	0,38
	Store de « couleur noire »	0,43

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Tableau F. 14 : Facteur solaire sans pare-soleil horizontal S_0 d'une baie d'un local climatisé fermée par des parties translucides ou transparentes (lames, fenêtre ou porte-fenêtre, partie fixe vitrée)

Source : RT DOM 2009

Type de protection		Baie non protégée	Baie protégée par des volets battants ou roulants ou store extérieur opaque			
			« couleur claire »	« couleur moyenne »	« couleur sombre »	« couleur noire »
Fenêtre battante métallique	« couleur noire » ou « sombre »	0,63	0,16	0,18	0,20	0,22
	« couleur moyenne » ou « claire »	0,61	0,12	0,14	0,16	0,18
Autre menuiserie métallique	« couleur noire » ou « sombre »	0,66	0,14	0,16	0,18	0,20
	« couleur moyenne » ou « claire »	0,64	0,10	0,12	0,14	0,16
Menuiserie bois PVC	« couleur noire » ou « sombre »	0,52	0,10	0,12	0,14	0,16
	« couleur moyenne » ou « claire »	0,51	0,08	0,10	0,12	0,14

Remarque : Les couleurs des protections sont déterminées dans le Tableau E. 1 et la **Erreur ! Source du renvoi introuvable..**

F.12. Exemples de calcul de Cm

1. Cas d'une salle de classe avec coursive et débord au dessus de coursive

Le débord mesure 1,76 m et la hauteur coursive/débord est de 3m.

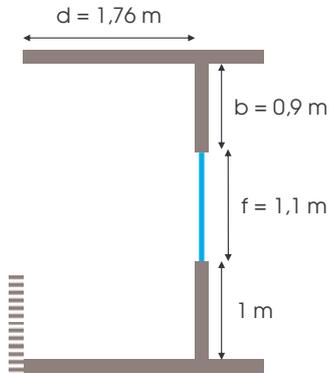


Diagram of a window with width L = 1,5 m and height h = 1,1 m.

$$\frac{d''}{h} = \frac{d}{2b + f} = \frac{1,76}{2 \times 0,9 + 1,1} = 0,6$$

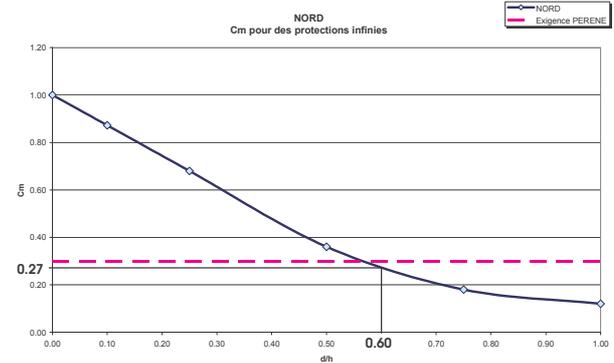
Type de protection : débord infini

ORIENTATION NORD

Voir Figure F. 12

On trouve Cm = 0,27

=> Le débord NORD seul est conforme à PERENE

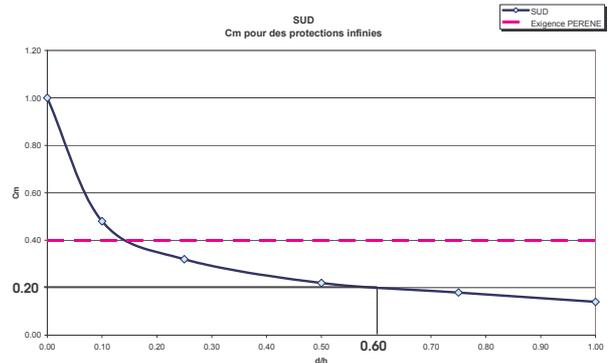


ORIENTATION SUD

Voir Figure F. 13

On trouve Cm = 0,20

=> Le débord SUD seul est conforme à PERENE



ORIENTATION EST

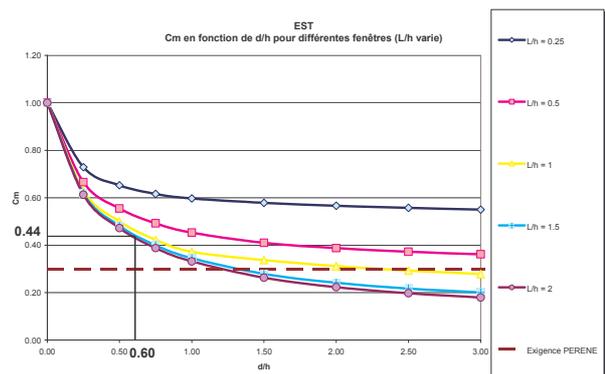
Dimensions de la fenêtre :

$$\frac{L}{h} = \frac{1,5}{1,1} = 1,4$$

Voir Figure F. 8

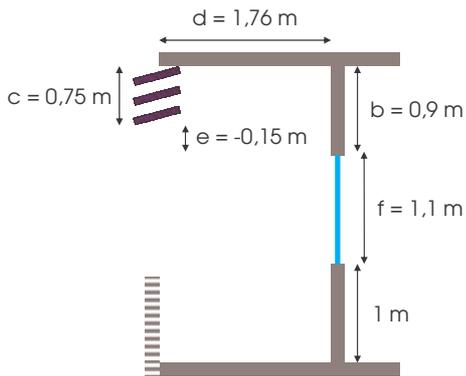
On trouve Cm = 0,44

=> Le débord EST seul est donc NON-CONFORME à PERENE



Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour



Pour être conforme à PERENE, il faudrait avoir $\frac{d}{h} = 1,4$

Dans le cas ci-contre :

$$\frac{d}{h} = \frac{d}{f - e} = \frac{1,76}{1,1 - (-0,15)} = 1,4$$

=> Le débord EST est donc conforme à PERENE avec une retombée de 75 cm de type brise soleil.

Attention : angle α des lames conseillé = 30°

ORIENTATION OUEST

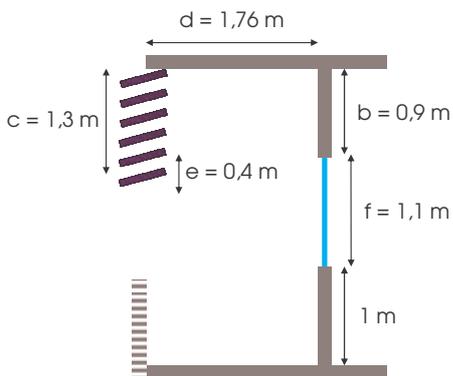
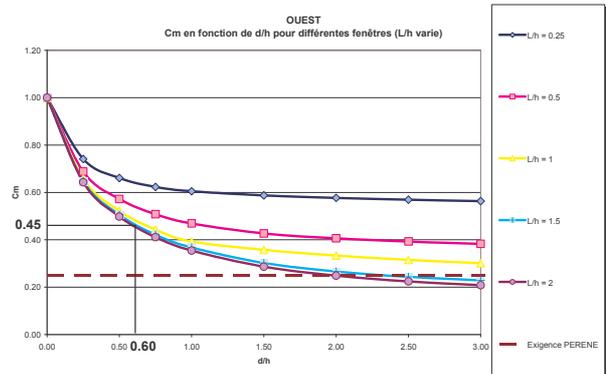
Dimensions de la fenêtre :

$$\frac{L}{h} = \frac{1,5}{1,1} = 1,4$$

Voir Figure F. 9

On trouve $C_m = 0,45$

=> Le débord OUEST seul est donc NON-CONFORME à PERENE



Pour être conforme à PERENE, il faudrait avoir $\frac{d}{h} = 2,5$

Dans le cas ci-contre :

$$\frac{d}{h} = \frac{d}{f - e} = \frac{1,76}{1,1 - 0,4} = 2,5$$

=> Le débord OUEST est donc conforme à PERENE avec une retombée de 130 cm de type brise soleil.

Attention : angle α des lames conseillé = 20°

2. Cas d'une fenêtre de chambre : exemples de solutions techniques possibles en fonction de l'orientation

Volets persiennés avec système de blocage à 45°



$$C_m = 0,1$$

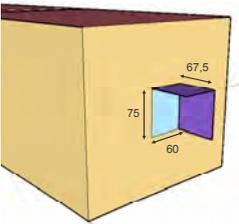
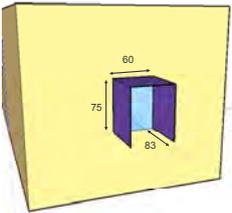
CONFORME à PERENE
quelque soit l'orientation

Pour une fenêtre de hauteur $h = 75$ cm et de largeur $L = 60$ cm soit $\frac{L}{h} = 0,8$

	Débord	Casquette et joue(s)	Lames
NORD	<p>Débord avec $\frac{d}{h} = 0,75$ et $\frac{\delta}{h} = 0,8$ $C_{m\text{eq}} = C_m(\text{fini}) \times K = 0,59 \times 0,5$ $C_{m\text{eq}} = 0,30$</p>	<p>Débord et joue gauche avec $\frac{d}{h} = 0,75$ $C_{m\text{eq}} = 0,25$</p>	<p>Lames avec $\alpha = 45^\circ$ + débord avec $\frac{d}{h} = 0,4$ $C_{m\text{eq}} = C_{m\text{lames}} \times C_{m\text{débord}}$ $C_{m\text{eq}} = 0,14$</p>
SUD	<p>Débord avec $\frac{d}{h} = 0,5$ et $\frac{\delta}{h} = 0,4$ $C_{m\text{eq}} = 0,59 \times 0,68$ $C_{m\text{eq}} = 0,40$</p>	<p>Débord et joue droite avec $\frac{d}{h} = 0,2$ $C_{m\text{eq}} = 0,35$</p>	<p>Lames avec $\alpha = 45^\circ$ + débord avec $\frac{d}{h} = 0,4$ $C_{m\text{eq}} = C_{m\text{lames}} \times C_{m\text{débord}}$ $C_{m\text{eq}} = 0,14$</p>

Outil bâtiment PERENE Réunion

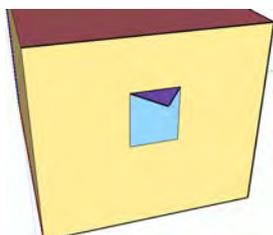
PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

	Casquette et joue(s)	Lames
EST	 <p>Débord et joue gauche avec $\frac{d}{h} = 0,9$</p> <p>Cm_{eq} = 0,25</p>	 <p>Lames avec $\alpha = 30^\circ$</p> <p>Cm_{eq} = 0,20</p>
OUEST	 <p>Débord et joue gauche avec $\frac{d}{h} = 1,1$</p> <p>Cm_{eq} = 0,25</p>	 <p>Lames avec $\alpha = 30^\circ$</p> <p>Cm_{eq} = 0,23</p>

3. Cas d'une protection non rectangulaire

Si la protection n'est pas rectangulaire, on considère une protection rectangulaire de même surface. On calcule alors le $\frac{d}{h}$ équivalent pour connaître la valeur de Cm.

Par exemple : cas d'une protection triangulaire



Vue de dessus

≡



Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

4. Exemples de calcul de C_m pour des protections fixes et mobiles

Varangue	Orientation NORD
	<p>Fenêtre de gauche : $L/h \approx 0,4$ Solution technique équivalente : Casquette + joue gauche => Figure F. 14 $d/h \approx 0,75$ => $C_m = 0,25$ => $S < S_{ref} = 0,3$ CONFORME</p> <p>Fenêtre de droite : Solution technique équivalente : Casquette + joue droite => Figure F. 14 => $C_m = 0,28$ => $S < S_{ref} = 0,3$ CONFORME</p>
Coursive	Orientation NORD
	<p>Solution technique équivalente : Débord infini => Figure F. 12 $d/h \approx 0,6$ => $C_m = 0,27$ => $S < S_{ref} = 0,3$ CONFORME</p> <p><i>Remarque : photo prise en juin à 10h</i></p>
Casquette sur la fenêtre	Orientation NORD
	<p>Solution technique équivalente : Débord fini => Figure F. 6 $L/h \approx 2$ $d/h \approx 1$ => $C_m = 0,48$ => $S > S_{ref} = 0,3$ NON-CONFORME</p> <p><i>Remarque : Photo prise en avril à 17h</i></p>
Casquette et joue	Orientation SUD
	<p>Solution technique équivalente : Casquette + joue droite => Figure F. 15 $d/h \approx 0,25$ => $C_m = 0,3$ => $S < S_{ref} = 0,4$ CONFORME</p>

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Lames	Orientation NORD
	<p>Solution technique équivalente : Lames inclinées (+ débord) => Figure F. 20 $\alpha = 10^\circ$ => $C_m = 0,17$ => $S < S_{ref} = 0,3$ CONFORME</p>

Brises soleil	Orientation NORD
	<p>Solution technique équivalente : Lames inclinées => Figure F. 20 $\alpha = 35^\circ$ => $C_m = 0,18$ => $S < S_{ref} = 0,3$ CONFORME</p>

Volets persiennes	Orientation OUEST
	<p>$C_m = 0,1$ => $S < S_{ref} = 0,25$ CONFORME</p>

Volets persiennes	Orientation NORD
	<p>$C_m = 0,1$ => $S < S_{ref} = 0,3$ CONFORME</p>

5. Valeurs de facteur solaire pour des protections solaires mobiles

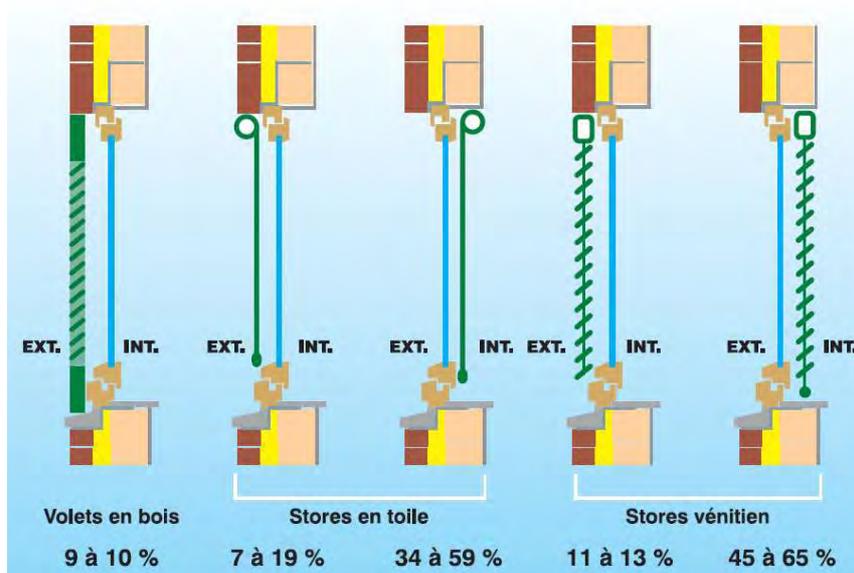


Figure F. 23 : Facteurs solaires de différentes protections solaires pour un vitrage simple (Liébard 2005)

Recommandations :



Les stores intérieurs sont à éviter car :

- Ils vont avoir tendance à s'échauffer et à rayonner, ce qui cause des problèmes d'effet de serre dans la pièce
- Ils coupent la ventilation naturelle

D'une manière générale, pour la face extérieure du store, il faut privilégier les **couleurs claires, réfléchissantes ou aluminisées**

Remarque importante :



La menuiserie doit pouvoir assurer une bonne protection solaire **ET** permettre la ventilation naturelle traversante.

Les protections suivantes sont donc à proscrire :

- volets pleins,
- volets coulissants
- rideaux et stores intérieurs

Exemples de protections qui ne permettent pas la ventilation traversante



Cas 1 : volets pleins



Cas 2 : volets coulissants



Cas 3 : rideaux intérieurs

Figure F. 24 : Cas dans lesquelles la protection solaire est assurée, mais la ventilation naturelle n'est pas possible

F.13. Exemples de façades

▪ Mode de calcul

On veut calculer le Cm équivalent d'une façade composée de baies différentes.

Soient S_1, S_2, S_3, \dots les surfaces des différentes baies

Et Cm_1, Cm_2, Cm_3, \dots leur coefficient d'ensoleillement associés.

Alors

$$Cm_{eq} = \frac{S_1 \times Cm_1 + S_2 \times Cm_2 + S_3 \times Cm_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots}$$

▪ Façade de logements (orientation Ouest, zone 3)



Les jalousies ne sont pas protégées => $Cm_1 = 1$

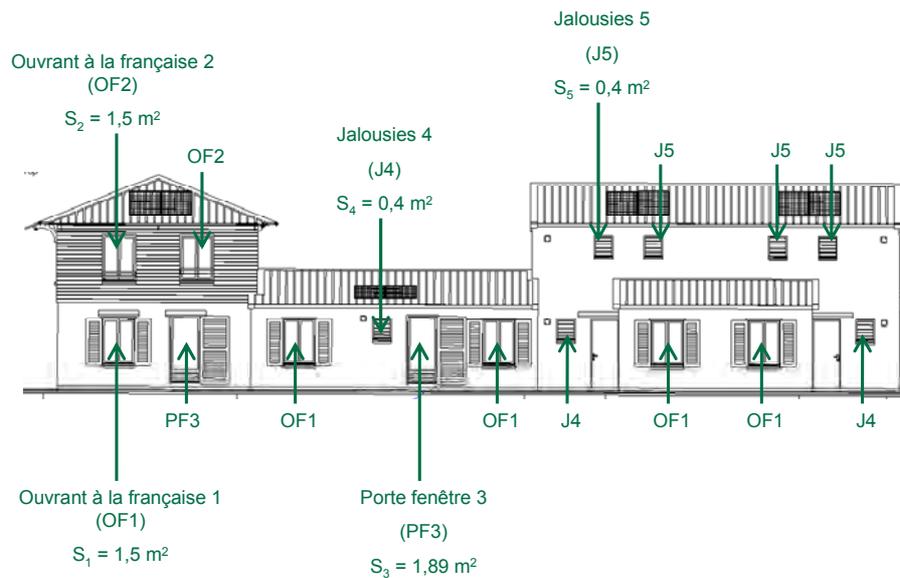
Les portes fenêtres ($L/h = 0,9$) sont protégées par :

- ✓ des volets persiennes => $Cm = 0,1$
- ✓ une varangue de $d/h = 1,7$ => $Cm = 0,34$ (voir abaque 6.7.D)

=> $Cm_2 = 0,034$

$$Cm_{eq} = \frac{4 \times 0,51 \times 1 + 4 \times 1,88 \times 0,034}{4 \times 0,51 + 4 \times 1,88} = 0,24 \leq S_{\max OUEST} = 0,25$$

▪ Façade de logements (orientation Nord, zone 2)



Calcul des C_m des différentes baies :

- ✓ Ouvrants à la française 1 (volets persiennes) => $C_{m1} = 0,1$
- ✓ Ouvrants à la française 2 (non protégés) => $C_{m2} = 1$
- ✓ Portes fenêtrée 3 (volets persiennes) => $C_{m3} = 0,1$
- ✓ Jalousies 4 (non protégées) => $C_{m4} = 1$
- ✓ Jalousies 5 (débord infini $d/h = 0,4$) => $C_{m5} = 0,48$

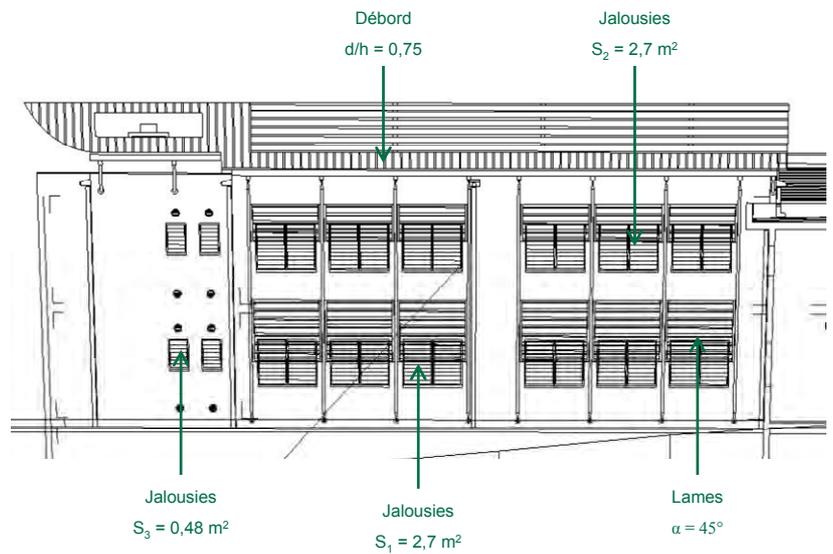
$$C_{m_{eq}} = \frac{5 \times 1,5 \times 0,1 + 2 \times 1,5 \times 1 + 2 \times 1,89 \times 0,1 + 3 \times 0,4 \times 1 + 4 \times 0,4 \times 0,48}{5 \times 1,5 + 2 \times 1,5 + 2 \times 1,89 + 3 \times 0,4 + 2 \times 0,4} = 0,37 > S_{\max \text{NORD}} = 0,3$$

Cette façade n'est donc pas suffisamment protégée contre le rayonnement solaire. Il faudrait ajouter des volets persiennes sur les deux ouvrants à la française 2 (OF2).

Le calcul devient alors :

$$C_{m_{eq}}' = \frac{5 \times 1,5 \times 0,1 + 2 \times 1,5 \times 0,1 + 2 \times 1,89 \times 0,1 + 3 \times 0,4 \times 1 + 4 \times 0,4 \times 0,48}{5 \times 1,5 + 2 \times 1,5 + 2 \times 1,89 + 3 \times 0,4 + 2 \times 0,4} = 0,21 \leq S_{\max \text{NORD}} = 0,3$$

- **Façade de bâtiment scolaire (Orientation Nord, zone 1)**



Calcul des C_m des différentes baies :

- ✓ Jalousies 1 (protégées par des lames uniquement) => $C_{m1} = 0,20$
- ✓ Jalousies 2 (lames + débord infini) => $C_{m2} = 0,20 \times 0,18 = 0,036$
- ✓ Jalousies 3 (non protégées) => $C_{m3} = 1$

$$C_{m_{eq}} = \frac{6 \times 2,7 \times 0,20 + 6 \times 2,7 \times 0,036 + 4 \times 0,48 \times 1}{6 \times 2,7 + 6 \times 2,7 + 4 \times 0,48} = 0,17 \leq S_{\max \text{NORD}} = 0,3$$

G SOLUTIONS TECHNIQUES ISOLATION

G.1 Solutions techniques pour la toiture

Les deux tableaux ci-après donnent les solutions techniques permettant d'atteindre les exigences en fonction des habitudes constructives locales.

Zones Z1, Z2, Z3

Zones 1, 2 et 3 : $S_{Max} = 0,02$	Valeur d'alpha					
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Polystyrène expansé ($\lambda = 0,035$ W/m.K)	4,1 cm	5,4 cm	6,7 cm	8,0 cm	9,3 cm	10,6 cm
Mousse de Polyuréthane ($\lambda = 0,025$ W/m.K)	3,0 cm	3,9 cm	4,8 cm	5,7 cm	6,7 cm	7,6 cm
Fescoboard ($\lambda = 0,047$ W/m.K)	5,5 cm	7,3 cm	9,0 cm	10,8 cm	12,5 cm	14,2 cm
Laine de verre ($\lambda = 0,04$ W/m.K)	4,7 cm	6,2 cm	7,7 cm	9,2 cm	10,6 cm	12,1 cm

Tableau 34 : Solutions techniques permettant d'atteindre un facteur solaire de 0.02

Zones Z3 et Z4

Zones 3 et 4	Toiture terrasse	Toiture tôle/pannes C100
$U_{Max} = 0,5$	Béton 20 cm + 8 cm isolant	Tôle + 8 cm d'isolant + faux plafond

Tableau 35 : Zones 3 et 4 -Solutions techniques permettant d'atteindre le coefficient U_{Max} exigé de 0,5 (pour un isolant de $\lambda = 0.035$ W/m².°C de type polystyrène expansé)

Remarques : En Z3, éviter les combles non isolés et ventilés de manière à éviter les problèmes de condensation.

G.2 Solutions techniques pour les parois opaques verticales

Les deux tableaux ci-dessous donnent les solutions techniques permettant d'atteindre les exigences en fonction des habitudes constructives locales.

Zones 1Z et Z2

Épaisseur d'isolant type polystyrène $\lambda = 0.035 \text{ W/m.K}$:

$S_{\max} = 0,05$	Valeur de alpha					
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Béton 16 cm	1,5 cm	2 cm	2,5 cm	3 cm	3,5 cm	4 cm
Bloc creux 19 cm	1,5 cm	2 cm	2,5 cm	3 cm	3,5 cm	4 cm
Paroi bois : 2 lames de bois de 2 cm + lame d'air	1,5 cm	2 cm	2,5 cm	3 cm	3,5 cm	4 cm

Tableau 36 : Zones 1 et 2 -Solutions techniques permettant d'atteindre un facteur solaire de 0.05

Zones Z3 et Z4

Type de paroi	Zone 3 entre 400 et 500m $U_{\max} = 1 \text{ W/m}^2.\text{K}$	Zone 3 et Zone 4 $U_{\max} = 0,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$
Béton banché 16 cm	Béton 16 cm + 2,5 cm isolant + BA13	Béton 16 cm + 6 cm isolant + BA13
Bloc creux 19 cm	Parpaing 19 cm + 2,2 cm isolant + BA13	Parpaing 19 cm + 5,7 cm isolant + BA13
Paroi bois : 2 lames de bois de 2 cm + lame d'air	Bois 2 cm + 1,6 cm d'isolant	Bois 2 cm + 5 cm d'isolant

Tableau 37 : Zones 3 et 4 -Solutions techniques permettant d'atteindre les valeurs de U_{\max} exigées (pour un isolant de $\lambda = 0.035 \text{ W/m.K}$ de type polystyrène)

G.3 Solutions techniques pour zone 3 (au-dessus de 500 m) et Zone 4

TOITURES Type de paroi	Zone 3 & 4 $R = 1,8 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{K/W}$ $U_{\max} = 0,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$
Isolation des combles non aménagés	<ul style="list-style-type: none"> - Tôle ; - Isolant fixé entre la tôle et les pannes de type Clecon épaisseur 8 cm ou Isolant mince⁸ épaisseur 2 cm ; - comble non ventilé ; - BA 13 (faux plafond horizontal).

⁸ l'isolant mince ne dispose pas à ce jour d'avis technique favorable du CSTB.

Par ailleurs, le calcul de la résistance thermique est en discordance avec les propriétés annoncées par les fabricants et les résultats mesurés.

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Isolation des combles aménagés	<ul style="list-style-type: none"> - Tôle ; - Isolant fixé entre la tôle et les pannes de type Clecon épaisseur 6 cm ou Isolant mince¹ épaisseur 2 cm ; - lame d'air épaisseur 10 cm, non ventilée ; - BA 13 (faux plafond rampant).
Isolation des toitures terrasses	<p>Etanchéité</p> <ul style="list-style-type: none"> - Isolant de type polystyrène épaisseur 7 cm ; - Dalle béton épaisseur 16 cm.
Isolation des toitures type panneaux sandwich	Panneaux sandwich épaisseur 10 cm



Recommandations :

Préconisation

- ✓ Calfeutrer les entrées d'air des combles et lames d'air (Ex : injection de mousse)
- ✓ La création d'une dalle au dernier étage de l'immeuble limite grandement les problèmes d'infiltrations et de ponts thermiques
- ✓ Pour les épaisseurs d'isolants énoncées, la conductivité minimale de l'isolant doit être $\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- ✓ Préférer des matériaux peu conducteurs comme le bois au lieu du fer chaque fois que cela est possible.

Mise en garde

- ✓ Eviter la mise en œuvre de laines minérales qui sont des matériaux hydrophiles qui se détériorent plus rapidement dans le temps et pouvant entraîner d'autres désordres par propagations (Ex : BA 13)
- ✓ La pose de l'isolation doit être soignée pour éviter tout problème de ponts thermiques
- ✓ Les PMR ne dispose pas à ce jour d'un avis technique favorable du CSTB en termes d'isolation thermique
- ✓ Les risques de ponts thermiques sont plus importants avec une conception de type rampante (excepté panneaux sandwich) et avec l'utilisation de matériaux ferreux.
- ✓ Vérifier la bonne qualité du calfeutrement des entrées d'air.

	Toiture terrasse	Plafond rampant	Comble perdu
Isolation extérieure			
Isolation intérieure			

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

PAROIS VERTICALES		Zone 3 & 4
Type de paroi		$R = 1,8 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{K/W}$ $U_{\text{max}} = 0,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$
Isolation par l'extérieur mur parpaing	Parement extérieur (protection mécanique et contre les intempéries) épaisseur variable ; - Isolant de type polystyrène épaisseur 5 cm Parpaing à la française (6 alvéoles) épaisseur 20 cm + enduit intérieur	
Isolation par l'extérieur mur béton banché	Parement extérieur (protection mécanique et contre les intempéries) épaisseur variable ; - Isolant de type polystyrène épaisseur 7 cm ; - Béton banché épaisseur 16 cm + enduit intérieur.	
Isolation sur structure bois	Parement bois sur structure bois (protection mécanique et contre les intempéries) épaisseur 2 cm ; - Isolant de type polystyrène épaisseur 6 cm + lame d'air ou Isolant de type laine minérale épaisseur 10 cm ; - BA 13.	



Recommandations :

Mise en garde

- ✓ Eviter la mise en œuvre de laines minérales brutes qui sont des matériaux hydrophiles qui se détériorent plus rapidement dans le temps et pouvant entraîner d'autres désordres par propagations (Ex : BA 13)
- ✓ La pose de l'isolation doit être soignée pour éviter tout problème de ponts thermiques
- ✓ Contrainte dans le déport des menuiseries (ouvertures – fermetures) en isolation intérieure notamment en réhabilitation.
- ✓ -Risques de ponts thermiques à la jointure du mur et des dalles haute et basse en isolation intérieure
- ✓ Risques de ponts thermiques faibles en isolation par l'extérieur.

Préconisation

- ✓ Préférer des couleurs foncées en extérieur pour capter la chaleur
- ✓ Eviter le béton banché (moins bonnes résistances thermiques que le parpaing)
- ✓ Pour les épaisseurs d'isolants énoncées, la conductivité minimale de l'isolant doit être $\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2.\text{K}$
- ✓ Eviter de remplir les alvéoles du parpaing avec du béton (diminution des propriétés thermiques)
- ✓ Isoler uniquement les parois donnant sur l'extérieur

Les Baies Double vitrage obligatoire

Zone 3 & 4
 $U_{\text{max}} = 1 \text{ W/m}^2.\text{K}$

Solution double vitrage standard + volet

- Volet en pvc ou en bois
- Double vitrage 4/12/4 ou 4/16/4, c'est-à-dire qu'il est composé de deux verres de 4 mm séparés par une lame d'air de 12 mm ou 16 mm
 $U = 2,85 \text{ W/m}^2.\text{K}$.
Le coefficient U de ce produit évolue aux alentours de. $U = 1,02 \text{ W/m}^2.\text{K}$.

Solution double vitrage à gaz thermique

- - Double vitrage avec une lame de gaz thermique : La couche d'air à l'intérieur du double vitrage est remplacée par un gaz (Argon,...) assurant une isolation thermique de meilleure efficacité.

Le coefficient thermique du produit se situe à 1,0 W/m².K.



Recommandations :

Préconisation

- Privilégier des menuiseries à rupture de ponts thermiques ou peu conducteur.

Mise en garde

- ✓ Vérifier la qualité de mise en œuvre des menuiseries vitrées lors de la pose (garniture d'étanchéité, menuiserie)
- ✓ L'efficacité de la menuiserie est en partie liée au mode de vie du locataire qui décide ou non la fermeture de ses volets la nuit (concerne uniquement la période hiver)

TRAITEMENT D'AIR

Zone 3 & 4

↳ Mise en œuvre obligatoire d'une VMC afin d'évacuer l'humidité intérieure accumulée la nuit⁹
Celle-ci doit être installée à minima dans les sanitaires, salle de bain et cuisine.



Recommandations :

Préconisation

- ✓ Information aux niveaux des locataires sur la problématique et le fonctionnement de l'installation (exemples : ventiler le logement la journée, les plages de fonctionnement de l'installation, son objectif, etc ...)
- ✓ Gestion centralisé de l'installation
- ✓ Fonctionnement à minima de 18h à 8h (12h par jours) annuellement.
- ✓ Débits minimums :
- ✓ cuisine :
 - 73 m³/h pour un T1
 - 90 m³/h pour un T2
 - 105 m³/h pour un T3
 - 120 m³/h pour un T4
 - 135 m³/h pour un T5 et +
- ✓ - Salle de bain : 60 m³/h
- ✓ - Sanitaires : 30m³/h
- ✓ - Créer des entrées d'air dans les menuiseries des locaux à traiter
- ✓ - Mise en place d'un contrat de maintenance et d'entretien sur les installations

Mise en garde

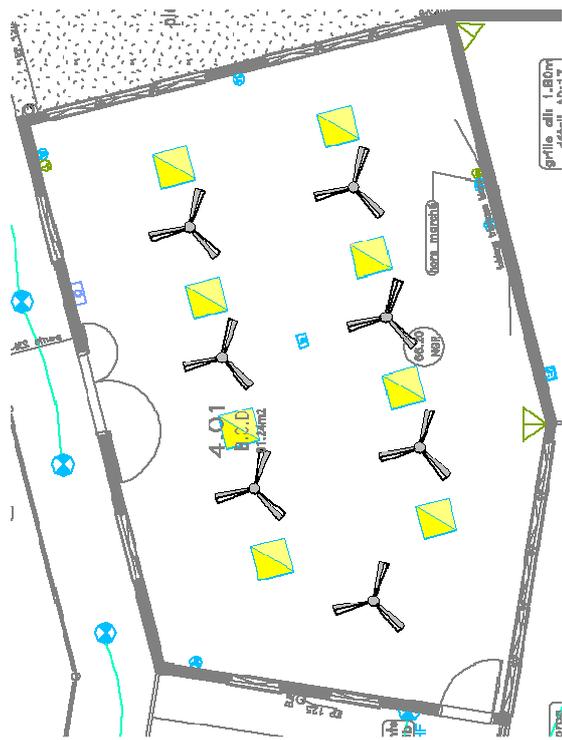
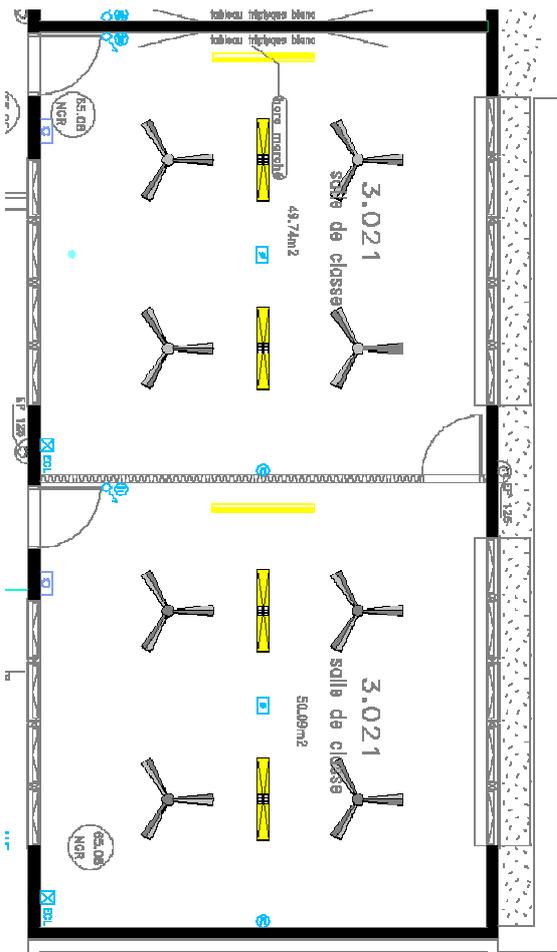
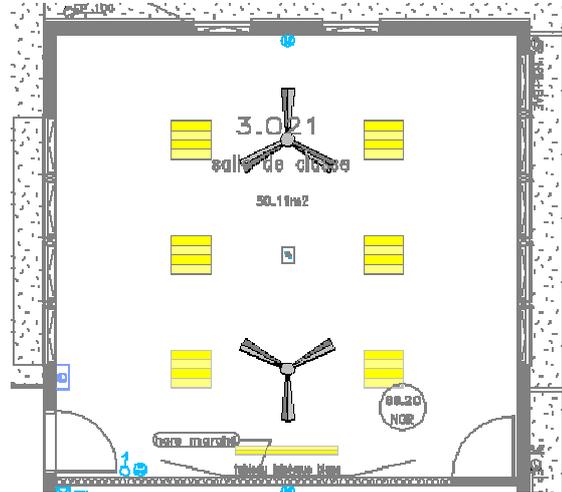
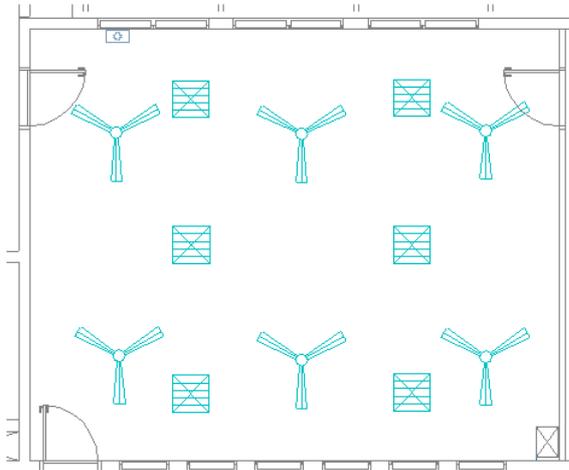
- ✓ Ne pas laisser la gestion de fonctionnement de l'installation aux locataires (commande et disjoncteur)
- ✓ S'assurer régulièrement du bon fonctionnement de l'installation (période hiver)
- ✓ Veiller au traitement de l'ensemble des pièces et plus particulièrement les chambres à coucher (circulation des flux, débit à traiter, etc ...)

⁹ L'air n'est pas capable d'emmagasiner beaucoup d'eau lorsque les températures sont froides

H EVALUATION DES POTENTIELS MDE

H.1. Exemples de calepinage brasseurs d'air éclairage

▪ Cas d'une salle de classe banalisée

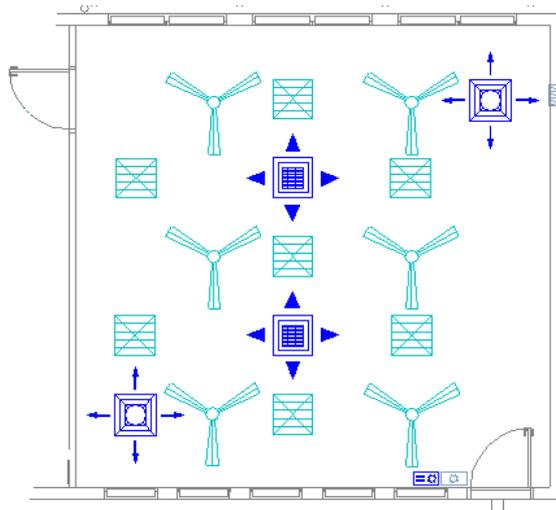


Outil bâtiment PERENE Réunion

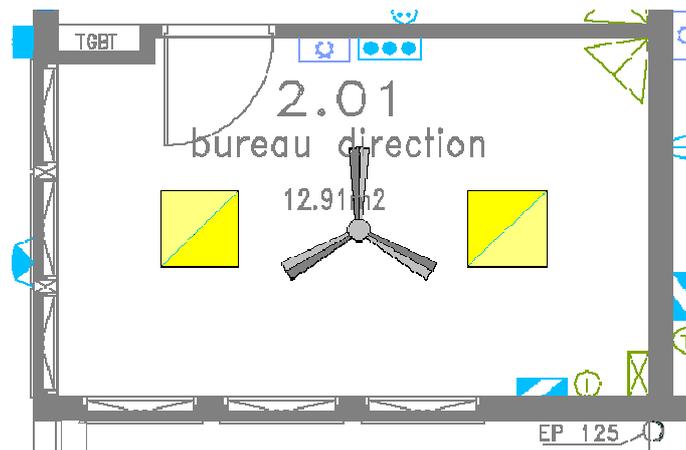
PERformances ENergétiques des BâtimENTS à La Réunion – Mise à jour

▪ Cas d'une salle informatique

▪



▪ Cas d'un bureau



H.2. MDE dans les Logements

ECLAIRAGE

Dans le résidentiel, l'éclairage représente environ 10 % des consommations énergétiques.

Les économies d'énergies envisagées sur ce secteur interviennent à plusieurs étapes : Privilégier l'éclairage naturel à l'éclairage artificiel lorsque c'est possible

Adapter l'éclairage pour optimiser l'éclairage

L'éclairage doit répondre à un besoin. Un éclairage inadapté peut entraîner des surconsommations énergétiques.

Plusieurs méthodes d'éclairages peuvent être envisagées.

L'éclairage direct :

Entièrement dirigé sur la surface à éclairer, il sert à mettre en valeur les objets en créant des contrastes qui soulignent formes et volumes. Exemples : un spot, un plafonnier, une lampe de bureau...

L'éclairage indirect :

Le flux lumineux est dirigé vers les murs ou le plafond qui réfléchissent la lumière à leur tour. La lumière réfléchie sera d'autant plus forte que la couleur des murs et du plafond sera claire. Exemples : un lampadaire halogène, une applique, une corniche...

L'éclairage diffus :

Diffusant la lumière sur 360°, il permet d'éclairer tout le volume d'une pièce. Les rayons émis par la source de lumière sont généralement filtrés par un écran de verre opalisé, dépoli ou par d'autres matériaux translucides. Exemples : un lustre, un globe, un tube fluorescent...

L'éclairage mixte :

Il réunit dans un même luminaire les avantages des 3 modes précédents en diffusant simultanément la lumière par le haut, par le bas et au travers d'un matériau translucide. Exemples : une lampe de table, de chevet ou de bureau avec un abat-jour.

Gestion de l'éclairage :

Gérer les durées d'éclairage revêt une importance capitale notamment en ce qui concerne les communs ou encore les parkings.

Différentes solutions sont à envisager selon les cas :

Adapter la commande d'éclairage en fonction des besoins.

Un Va et vient, il permet d'allumer ou d'éteindre un éclairage à partir de deux endroits différents.

Un variateur de lumière, il module l'intensité de lumière émise par les luminaires et indirectement la couleur de la lumière.

Nota : Attention tous les appareils d'éclairages ne sont pas compatibles avec des variateurs – se conformer aux recommandations de l'AFE.

Une minuterie dans la cage d'un escalier de logement collectif, d'une cave ou d'un grenier.

Un détecteur à infrarouges, il déclenche un éclairage dès qu'il détecte une présence puis l'éteint automatiquement utilisable notamment dans un couloir ou pour les voies de circulations communes des logements collectifs.

Un détecteur crépusculaire qui déclenche un éclairage extérieur dès la tombée de la nuit, associé à une minuterie permettant une programmation de l'éclairage la plus adaptée aux besoins.

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Nota : Une étude d'éclairage en phase conception permet d'éviter un sur ou sous dimensionnement de l'installation et d'analyser les spécificités du projet afin d'optimiser au mieux les installations.

EAU CHAUDE SANITAIRE

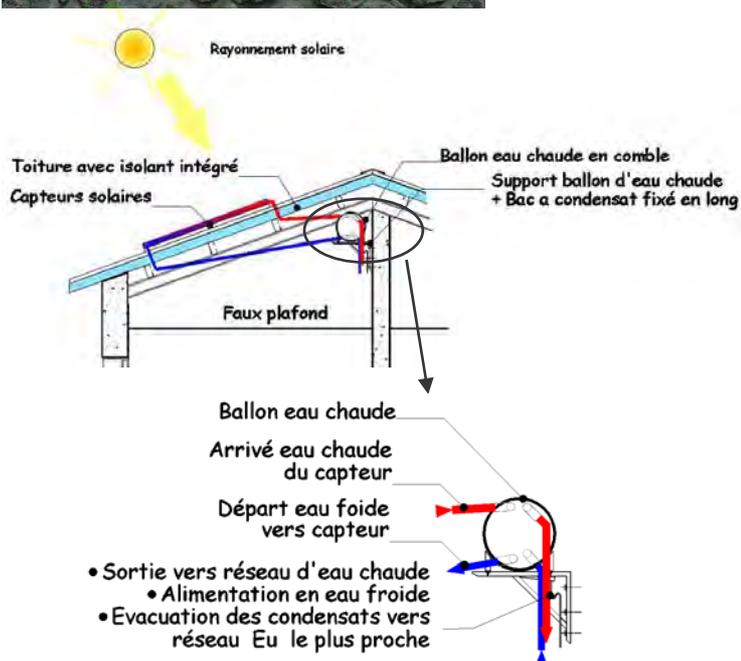
L'eau chaude sanitaire représente 16 % des consommations électriques dans les logements. Afin de maîtriser les consommations dans ce secteur, il faut d'abord étudier la méthode de production.

Production d'eau chaude par chauffe-eau électrique ou chauffe-eau solaire :

Chaufe-eau électrique



Chaufe-eau solaire



Avantages :

Investissement le moins élevé
Mise en œuvre simple et rapide
Solution fiable

Inconvénients :

Coût d'exploitation élevé
Courte durée de vie (5 à 7 ans)

Avantages :

Coût d'exploitation faible
Longue durée de vie (20 ans)

Inconvénients :

Investissement élevé
Mise en œuvre complexe.
Encombrement important (esthétique)

La RT DOM exige la mise en œuvre de chauffe-eau solaire dans la mesure où un taux de couverture de 50 % peut être garanti. Cette condition s'applique aux zones climatiques Z1, Z2,

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Z3. Le chauffe-eau électrique asservi aux heures creuses sera par conséquent réservé à la zone Z4 et à des conditions particulières pour les autres zones.

NOTA : Une étude de faisabilité en amont d'un projet est nécessaire afin d'optimiser au mieux les installations.

TYPE DE LOGEMENT	TEMPERATURE DE STOCKAGE DE L'EAU CHAUDE	BESOINS EN VOLUME D'EAU CHAUDE DU LOGEMENT	VOLUME BALLON DE STOCKAGE SOLAIRE	RATIOS DE SURFACE DE PANNEAUX SOLAIRES POUR UNE COUVERTURE ANNUELLE > 70%	
				Zone	Surface (m ²)
T1	60°C	60	100	Zone 1	2 m ²
				Zone 2	2 m ²
				Zone 3	2 m ²
				Zone 4	4 m ²
T2	60°C	90	150	Zone 1	2 m ²
				Zone 2	2 m ²
				Zone 3	3 m ²
				Zone 4	4 m ²
T3	60°C	120	150	Zone 1	2 m ²
				Zone 2	2 m ²
				Zone 3	3 m ²
				Zone 4	4 m ²
T4	60°C	150	200	Zone 1	2 m ²
				Zone 2	3 m ²
				Zone 3	4 m ²
				Zone 4	4 m ²
T5	60°C	180	250	Zone 1	3 m ²
				Zone 2	4 m ²
				Zone 3	5 m ²
				Zone 4	6 m ²
T6	60°C	220	300	Zone 1	4 m ²
				Zone 2	5 m ²
				Zone 3	6 m ²
				Zone 4	6 m ²

Maîtrise de la consommation énergétique par :

Interrupteur délocalisé au niveau du tableau général pour une installation solaire pour une gestion manuelle de l'appoint électrique.

Isolation efficace des canalisations d'eau chaude afin de limiter les pertes de chaleur.

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENergétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Surdimensionnement de l'installation solaire pour alimentation d'appareils en eau préchauffée à 60°C (Nécessité d'une double alimentation en eau sur les appareils : Machine à laver la vaisselle et le linge).

ELECTROMENAGERS / HI-FI

- Choisir un matériel performant

Le matériel est plus cher à l'achat mais s'amortit dans le temps sur les consommations énergétiques moins importantes.

NOTA : Il faut privilégier le choix d'un matériel de classe A ou A+.

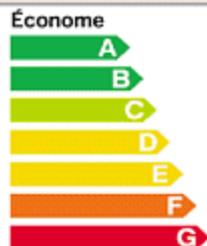
- Utilisation / programmation des appareils en heures creuses pour les équipements de lavage.

- Extinction des appareils en veille** hors utilisations (programmation, interrupteurs...).

CUISSON

- Privilégier le choix d'équipements énergétiquement performants (plaque à induction, vitrocéramique) au lieu des plaques électriques très énergivores.
- Utiliser le gaz

NOTA : Attention le gaz est interdit dans les logements collectifs.

Énergie	
Fabricant	
Modèle	
Économe	
A	
B	
C	
D	
E	
F	
Peu économe	
G	
Consommation d'énergie kWh/cycle	1,5
Efficacité de lavage	A BCDEFG
Efficacité de séchage	A BCDEFG
Nombre de couverts	12
Consommation d'eau l/cycle	16
Bruit (dB(A) re 1 pW)	45
Norme EN 50242 Directive 97/17/CE relative à l'étiquetage des lave-vaisselle	

7

CLIMATISATION

Dans la mesure où le référentiel prévoit une conception thermique de qualité ainsi qu'une ventilation traversante obligatoire, le recours à la climatisation n'est pas nécessaire et à proscrire dans une démarche PERENE.

CHAUFFAGE

- Conditionner la mise en œuvre d'une installation de chauffage à une isolation thermique efficace (murs, ouvrants,...) et une bonne étanchéité à l'air des locaux
- Mise en œuvre d'équipements énergétiques performants : radiateurs à accumulation, convecteurs, plancher chauffant (électrique, solaire), chaudière bois
- Régulation par thermostat d'ambiance (manuel / électronique) par pièce.
- Programmation des périodes de chauffage, en fonction de l'occupation.

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

H.3. MDE dans le tertiaire

ECLAIRAGE

Choisir un luminaire performant :

Il existe des luminaires plus performants que d'autres. Le choix d'un luminaire pour une utilisation donnée va dépendre notamment, de la quantité de lumière réglementaire à obtenir, de sa fréquence d'utilisation et de sa durée de vie.

Performance des lampes en fonction de leur nature :

Type de lampe Caracteristiques	Vapeur de sodium haute pression	Vapeur de mercure à ballon fluorescent	Vapeur de sodium basse pression	Iodures métalliques		Fluorescence	Induction	Tungstène halogène	Diodes électro-luminescentes (LED)
				Brûleur quartz	Brûleur céramique				
Effacité lumineuse (lm.W ⁻¹)	47 - 150	32 - 60	98 - 198	54 - 120	86 - 95	55 - 104	60 - 80	15 - 28	5 - 20
Durée de vie économique (h)	6 000 - 12 000	8 000 - 12 000	12 000 - 14 000	4 000 - 8 000	4 000 - 8 000	6 000 - 12 000	60 000	2 000	> 60 000
Température de couleur (K)	standard flux élevé 2 000	standard 3 900 - 4 300	non significatif	3 700 - 6 100	3 000 - 4 200	2 700 - 6 500	2 700 - 4 000	2 900 - 3 200	couleurs : non significatif blanches : environ 6 500
	IRC amélioré 2 200 - 2 500	IRC amélioré 3 300 - 3 500							
Indice de rendu des couleurs (IRC)	standard flux élevé 20	standard 33 - 50	non significatif	65 - 93	83 - 93	60 - 98	80	100	couleurs : non significatif blanches : 75-80
	IRC amélioré 65 - 80	IRC amélioré 47 - 60							
Appareillage auxiliaire	ballast + amorceur ou ballast électronique	ballast	ballast + amorceur ou système hybride	ballast + amorceur ou ballast électronique	ballast + amorceur ou ballast électronique	ballast + starter ou ballast électronique	générateur HF	aucun ou transformateur (TBTS)	transformateur
Mise en régime (min)	2 à 4	3 à 5	15	5 à 7	5 à 7	quasi instantanée	instantanée	instantanée	instantanée
Rallumage à chaud (immédiat après extinction)	oui, ou avec dispositif spécial	non	oui, avec dispositif spécial lampes à deux culots	non, sauf dispositif spécial	non, sauf dispositif spécial	oui	oui	oui	oui
Domaines d'utilisation	urbain routier autoroutier grands espaces illuminations	parcs et jardins, illuminations	routier tunnel passage inférieur balisage illuminations	parcs et jardins illuminations	lotissements parcs et jardins illuminations éclairage de prestige	tunnel passage inférieur ponts éclairage décoratif	urbain ambiance piétonnier	déconseillée en éclairage public éclairage de prestige illuminations éclairage de secours	balisage parcs et jardins illuminations signalisation

Nota : Pour l'éclairage extérieur (parking, façade,...) on privilégiera les systèmes de variateur de fréquence, LED, sodium haute pression ou lampadaire photovoltaïque.

A partir de 2010, les lampes à incandescences ne seront plus autorisées sur le marché européen.

Adapter le niveau d'éclairement à l'activité :

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Bureaux et locaux administratifs		Éclairage (lux)	Habitations		Éclairage (lux)
Bureaux de travaux généraux		425	<i>(éclairage nécessaire pour les différentes activités)</i>		
Dactylographie		425	Lecture		325
Salles de dessin		850	Travail d'écolier		325
			Couture		425 à 625
			Préparations culinaires et coin bricolage		425
Établissements d'enseignement			Circulation		
Salles de classe		325	Couloirs, escaliers		80 à 250
Tableaux		425			
Amphithéâtres		325			
Laboratoires		625			
Bibliothèques, tables de lecture		425			
Magasins			Hôtels		
Boutiques		200	Réception, halls		250
Self-services		300	Salles à manger		250
Grandes surfaces		500	Cuisines		425
			Chambres et annexes		250
Salles de spectacles			Bâtiments industriels		
Foyer		125	Machines-outils et établis, soudure		250
Amphithéâtres		80	Travail de pièces moyennes		425
Salles de cinéma		40	Travail de petites pièces		625
Salles des fêtes		250	Travail très délicat ou très petites pièces		1250 à 1750

Éclairage moyen à maintenir en fonction de l'activité (d'après l'AFE – Association Française de l'Éclairage).

Eclairage intérieur :

Economisez jusqu'à 70% des dépenses d'éclairage en respectant ces gestes simples :

- Privilégiez toujours les apports de l'éclairage naturel.
- Pensez à éteindre vos points lumineux en quittant une pièce. Equipez vos couloirs et escaliers de systèmes de minuteries ou de détecteurs de présence.
- Adaptez au maximum la puissance des lampes aux besoins : lecture, travail de bureau, cuisine, etc.,
- Supprimez l'éclairage halogène sur pied (de forte puissance : 150 à 500 Watts). Il existe des lampadaires sur pied fonctionnant avec des ampoules économiques voire avec des lampes LED.
- Pour un éclairage d'ambiance, préférer les lampes fluocompactes ou les halogènes très basse tension, ou encore les LED.
- Eviter également de multiplier le nombre de petits spots halogène qui additionnés représentent souvent 200 à 500 Watts. Il existe des spots économiques qui peuvent facilement les remplacer.

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENergétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

Lampes à « LED » pour les couloirs, les banques d'accueils, vestiaires, coursives extérieures, ...



Lampes basse consommation pour les sanitaires, vestiaires, coursives extérieures, cages d'escaliers (gain par luminaire 45W, durée de vie x 8) ou minuterie.

Asservissement de l'éclairage WC à l'occupation (détecteur de présence ou minuterie).

Asservissement par interrupteur crépusculaire doublée d'horloge horaire pour l'éclairage des coursives extérieures.

Système de gradateur pour lampe basse consommation.

Dissociation des commandes de l'éclairage pour les grands volumes.



NOTA : Une étude d'éclairage est obligatoire, intégrant les conditions d'utilisation des locaux ainsi que le taux de couverture en éclairage naturel.

↳ RAFRAICHISSEMENT

Regrouper les locaux à climatiser en matière de conception.

L'objectif pour atteindre la notion de confort thermique des usagers et de c un rafraîchissement à 28°C et une ventilation mécanique (brasseurs d'air).

Privilégier l'efficacité énergétique du système de rafraîchissement et adopter le système à la taille du projet.

Asservissement du fonctionnement de la climatisation ⇒ Programmation période été (mois de novembre à avril au maximum)

période d'occupation

mise en température des locaux une heure avant occupation.

Régulation : températures de consigne fixées à 28°C Minimum.

Boîtiers individuels de commande avec indication de température pour les locaux.

Renouvellement d'air neuf obligatoire dans tous les locaux climatisés. Sondes de qualité d'air dans les grands locaux pour réguler l'apport d'air neuf.

Proposition de contrat d'entretien et de maintenance. (intégré au DCE).

Multi-étage de puissance frigorifique du groupe centralisé.

↳ EAU CHAUDE SANITAIRE

Mise en place d'une récupération de calories sur groupe froid par échangeur pour la production d'ECS.

Mise en œuvre de mitigeur thermostatique centralisé pour une distribution de l'eau chaude à des températures maîtrisées, au plus près du puisage terminal.

Alimentation d'appareils en eau préchauffée à 60°C.

Mise en œuvre de robinetterie de type presto pour économiser les consommations d'ECS. Limiteur de température.

Proposition d'un contrat de maintenance et d'entretien des installations.

PRISES DE COURANT

Délestage des appareils fonctionnant en heures de pointes. Optimiseur de réseau.
Mise en veille des postes informatiques (écrans et unités centrales).
Décentralisation des unités centrales dans les locaux dédiés.
Système de coupure automatique des usagés en quittant les locaux.

CUISINE

Privilégier les hottes à double flux. Rideau d'air.
Asservissement des hottes de cuisine aux horaires de cuisson.
Programmation du dégivrage des chambres froides en dehors des heures de pointe EDF.
Alimentation des laveuses ou lave-vaisselle en eau préchauffée à 60°C. (Cette préconisation nécessite une double alimentation en eau des appareils. Elle permet d'économiser le coût lié à la chauffe de la résistance électrique).
Asservissement de l'éclairage des chambres froides par des détecteurs de présence ou minuterie.
Etude pour le délestage automatique des appareillages les plus « énergivores » (four, friteuse,...) pendant les heures de pointe EDF. Optimiseur de réseau.
Privilégier des choix d'équipement énergétiquement performant.

GESTION ET SUIVI ENERGETIQUE

Mise en œuvre d'une gestion énergétique des installations
Mise en œuvre des sous-comptages adoptés.
Mise en œuvre d'une GTB selon la taille du projet.

I CALCUL DES SURFACES DEFINITIONS : SHON, SHOB ET SURFACES UTILES

Surface Utile (SU)

«La surface utile est égale à la surface habitable, telle que définie à l'article R. 111-2 du CCH, augmentée de la moitié de la surface des annexes définies par arrêté du ministre chargé du logement» (articles R. 331-10 et 353-16-2° du CCH).

Surface habitable

« est la surface de plancher construite, après déduction des surfaces occupées par les murs, cloisons, marches et cages d'escalier, gaines, ébrasements de portes et de fenêtres ; (...) Il n'est pas tenu compte de la superficie des combles non aménagés, caves, sous-sols, remises, garages, terrasses, loggias, balcons, séchoirs extérieurs au logement, vérandas, volumes vitrés prévus à l'article R. 111-10, locaux communs et autres dépendances des logements, ni des parties de locaux d'une hauteur inférieure à 1,80 mètre» (article R. 111-2).

Surface Annexes

Les surfaces annexes sont définies par l'arrêté du 9 mai 1995, modifié par l'arrêté du 10 mai 1996 du ministre en charge du logement (pris en application des articles R 331-10 et R 353-16-2° du CCH) comme : «les surfaces réservées à l'usage exclusif de l'occupant du logement et dont la hauteur sous plafond est au moins égale à 1,80 mètre. Elles comprennent : les caves, les sous-sols, les remises, les ateliers, les séchoirs et celliers extérieurs au logement, les resserres, les combles et greniers aménageables, les balcons, les loggias, les vérandas et, dans la limite de 9 m², les parties de terrasse accessibles en étage ou aménagées sur ouvrage enterré ou à moitié enterré».

Surface Hors Œuvre Nette (SHON)

Cette surface est égale à la Surface Hors Oeuvre Brute (SHOB) après diverses déductions détaillées plus loin. Le calcul de la SHOB constitue donc la première étape nécessaire à la détermination de la SHON.

La **SHOB** d'une construction est égale à la somme des surfaces de plancher de chaque niveau de construction calculées à partir du nu extérieur des murs de façades et au niveau supérieur du plancher,

- y compris les combles et sous-sols, aménageables ou non, les balcons, les loggias et toitures-terrasses ;
- non compris les éléments ne constituant pas de surface de plancher, comme les terrasses non couvertes de plain-pied avec le rez de chaussée, les saillies à caractère décoratif, les vides (trémies d'ascenseur ou d'escalier, rampes d'accès).

De cette SHOB ainsi calculée, il convient alors de faire les déductions suivantes pour connaître la **SHON** :

- surfaces des combles et des sous-sols non aménageables pour l'habitation ou pour des activités à caractère professionnel, artisanal, industriel ou commercial (notamment hauteur sous plafond ou sous toiture inférieure à 1,80 m),
- surfaces des toitures-terrasses, des balcons et des parties non closes situées au rez de chaussée,

Outil bâtiment PERENE Réunion

PERformances ENERgétiques des Bâtiments à La Réunion – Mise à jour

- surfaces des bâtiments ou parties des bâtiments aménagés en vue du stationnement des véhicules (garage),
- surfaces des bâtiments affectés au logement des récoltes, des animaux ou du matériel agricole,
- surface égale à 5% de la SHON affectée à l'habitation (déduction forfaitaire relative à l'isolation des locaux),
- déduction spécifique aux opérations de réfection des immeubles d'habitation dans la limite de 5 m² par logement pour des travaux tendant à l'amélioration de l'hygiène.

Surface Dans Œuvre (SDO)

« La surface dans oeuvre est égale à la somme des surfaces de plancher de chaque niveau de construction calculée à partir du nu intérieur des façades et des structures porteuses ». La SDO comprend les circulations verticales intérieures et extérieures, les circulations horizontales, les paliers d'étages intérieurs et extérieurs, les surfaces d'emprises au sol des structures non porteuses (cloisons, gaines techniques).

Les galeries de liaison reliant des bâtiments entre eux sont intégrées dans la SDO (qu'elles soient en infrastructure ou en superstructure). De même les locaux techniques sont inclus dans la SDO.

Les SDO partielles des activités (secteur, entité, pôle) ne correspondent pas exactement à cette définition car les circulations générales et LT (locaux techniques) sont comptés à part en raison de la difficulté liée à la répartition de ces locaux entre les activités.

Cependant, la somme des SDO partielles des secteurs, entités ou pôles fonctionnels et des circulations générales y compris les locaux techniques correspond à cette définition.

SDO générale = SDO partielles secteurs + circulations générales + locaux techniques