



**HAL**  
open science

**Fiche 3-3 : Conception thermique adapté au climat.  
Zonage climatique et interaction climat-habitat.  
Préparation à une réglementation thermique dans les  
DOM**

François Garde, Laetitia Adelard, Mathieu David, Mathieu Leveau

► **To cite this version:**

François Garde, Laetitia Adelard, Mathieu David, Mathieu Leveau. Fiche 3-3 : Conception thermique adapté au climat. Zonage climatique et interaction climat-habitat. Préparation à une réglementation thermique dans les DOM. Alizés : Revue angliciste de La Réunion, 2007, Colloque “ Equilibres environnementaux, énergies renouvelables et développements urbains ”, 29-II Sciences, pp.117-139. hal-02343109

**HAL Id: hal-02343109**

**<https://hal.univ-reunion.fr/hal-02343109v1>**

Submitted on 1 Nov 2019

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

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



## PROGRAMME PLURIANNUEL 2003-2005

# FICHE 3-3

## CONCEPTION THERMIQUE ADAPTÉE AU CLIMAT. ZONAGE CLIMATIQUE ET INTERACTION CLIMAT-HABITAT. PRÉPARATION A UNE RÉGLEMENTATION THERMIQUE DANS LES DOM

---

### Membres impliqués :

François GARDE	Professeur, LPBS, Université de La Réunion ;
Laetitia ADELARD	Maître de Conférences, LPBS, Université de La Réunion ;
David MATHIEU	Chercheur associé au LPBS, Université de La Réunion ;
Mathieu LEVEAU	Architecte.

### Partenaires

Météo France ;  
BET Locaux (INSET, IMAGEEN, Sicle AB) ;  
Région Réunion ;  
ARER.



## RÉSUMÉ

---

Cette fiche recherche apporte une contribution intéressante auprès des bureaux d'études et des acteurs impliqués dans la conception thermique des bâtiments à la Réunion.

Il s'agit d'apporter des améliorations à l'outil PERENE, tant d'un point de vue technique et scientifique que d'un point de vue pédagogique.

D'un point de vue technique, des fichiers météorologiques horaires annuels ont été générés pour plusieurs stations de référence de l'île correspondant aux quatre zones climatiques de PERENE. Ces fichiers pourront être mis à disposition des bureaux d'études et leur permettront d'affiner le dimensionnement et les prévisions de consommations et/ou de production de systèmes énergétiques (climatisation, chauffage, eau chaude solaire, systèmes photovoltaïques).

Des simulations numériques ont été réalisées afin de valider ou de modifier les préconisations de PERENE pour la zone 4 (altitude > 800 m) sur un logement type. Les résultats montrent la nécessité de maintenir ces valeurs et donnent les gains en températures significatifs. Par ailleurs, la fonction de la varangue doit être remise en cause car on peut gagner plus de 2°C avec une protection amovible sur le séjour.

Enfin, des guides pédagogiques au format A5 ont été réalisés pour les zones 3 (zone des Hauts entre 400 et 800m) et zone 4 de PERENE. L'objectif est de donner des solutions techniques simples permettant d'atteindre les valeurs exigées par PERENE. Les guides comportent également des recommandations pour éviter les problèmes de condensation dans les Hauts. Il s'agissait d'apporter ici une contribution portant sur la valorisation de nos travaux de recherche à destination du grand public.

## 1 INTRODUCTION

---

Cette fiche recherche constitue la participation de l'Université de La Réunion dans certaines fiches action définies dans le PRERURE financé par la Région Réunion portant sur l'amélioration de la conception thermique des bâtiments.

Il s'agit également de vérifier les prescriptions de l'outil PERENE pour l'habitat individuel.

Rappelons que l'outil PERENE a été mis en place en 2004 et porte sur la définition d'un niveau minimal réglementaire des bâtiments à la fois tertiaires et résidentiel. Ce travail porte uniquement sur l'habitat individuel pour la zone d'altitude.

Les objectifs principaux de ce travail étaient les suivants :

- Fournir des fichiers météorologiques type horaires par zone climatique ;
- Vérification des valeurs PERENE pour la zone 4 ;
- Valorisation de la recherche : Editer un document simple et pédagogique à destination du grand public portant sur le respect des règles PERENE dans les zones 3 et 4.

Les zones 3 et 4 de PERENE concernent respectivement la zone dite « des Hauts » -ie ayant une altitude comprise entre 400 et 800 m, et la zone d'Altitude pour des hauteurs supérieures à 800 m.

## 2 MÉTHODOLOGIE

### 2.1 Génération de fichiers météorologiques annuels type

Les améliorations apportées dans ce travail concerne le passage de journées type à des fichiers annuels type pour chacune des zones climatiques.

#### 2.1.1 Rappel sur le zonage climatique défini dans PERENE [Garde04]

Le zonage climatique de l'île de La Réunion a été réalisé lors de l'élaboration de l'outil PERENE [Garde04]. L'île de La Réunion est répartie en 4 zones climatiques. Les zones sont décrites ci-après et sont localisées par la figure1.

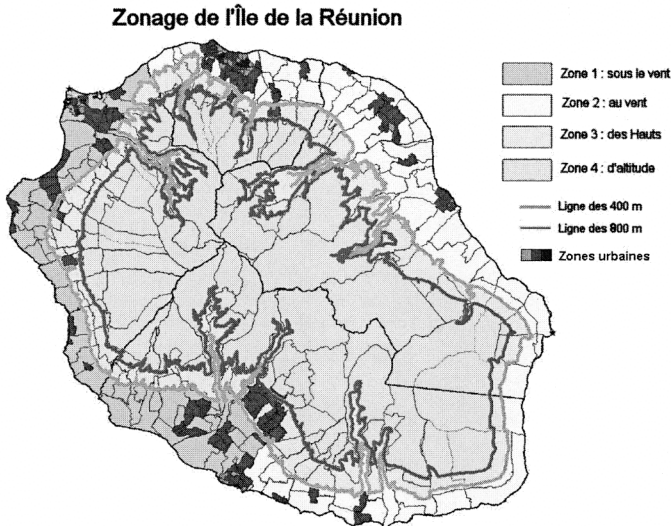


Figure 1 : Zonage à 4 zones proposés dans PERENE [Garde 05]

#### Zone 1 : Zone sous le vent

Localisation : De 0m à 400 m. pour la zone de La Possession à Saint-Pierre en passant par les plages de l'Ouest.

#### Caractéristiques :

- Température moyenne journalière calculée sur l'année variant de 19.1°C à 33.2°C. Les températures extrêmes sont comprises entre 17.2°C pour la saison sèche et 35.8°C pour la saison humide.
- Le cumul d'ensoleillement journalier moyen est supérieur à 5000Wh/m<sup>2</sup>/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 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.

## 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 :

- Température moyenne journalière calculée sur l'année variant de 16.7°C à 30.4°C. Les températures extrêmes sont comprises entre 12.2°C pour la saison sèche et 32.4°C pour la saison humide.
- Le cumul d'ensoleillement journalier moyen est de 4960Wh/m<sup>2</sup>/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.

## 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 11°C à 26°C. Les températures extrêmes étant comprises entre 9°C pour la saison sèche et 23°C pour la saison humide.
- Le cumul d'ensoleillement journalier moyen est d'environ 4600Wh/m<sup>2</sup>/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.

## 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/m<sup>2</sup>/jour sauf pour les zones sommitales non habitées où l'ensoleillement peut atteindre plus de 4600Wh/m<sup>2</sup>/jour.
- Vent moyen journalier inférieur à 4m/s la plupart du temps (63% pour la Plaine 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.

### 2.1.2 Définition de journées type

L'outil PERENE, outre la définition d'un zonage pour La Réunion, définit des journées type par zone climatique :

Ces journées type représentent

- une séquence extrême chaude ;
- une séquence moyenne chaude ;
- une séquence extrême froide ;
- une séquence moyenne froide pour les zones définies zones d'autre part.

Les séquences types doivent servir de conditions de base aux BET Fluides locaux pour le dimensionnement des installations de climatisation et de chauffage. Ces séquences figurent dans le document PERENE.

Cependant, l'inconvénient de travailler avec une journée type est l'impossibilité d'estimer des consommations des installations de climatisation et de chauffage sur une période donnée – ie mois, année.. De plus, il est également impossible de prédire les périodes de fonctionnement de l'éclairage artificiel et donc d'estimer convenablement la consommation énergétique d'un bâtiment. Le passage à des années type s'avère être une nécessité de toute première importance.

Nous avons donc utilisé la base de données météorologique de Météo-France qui nous met à disposition des données brutes pour l'ensemble des stations de l'île de La Réunion. Nous avons traité les données à l'aide de l'outil Newrunéole développé par Mathieu David [David 2005] de manière à pouvoir fournir un fichier annuel horaire complet pour chaque zone climatique PERENE. En effet, les données brutes sont souvent entachées d'erreur de mesure, ou sont manquantes sur une période donnée, variant de quelques jours à une semaine. Il s'agit donc de pouvoir reconstituer des données cohérentes avec le passé et le futur météorologique de la séquence. Le traitement de ces données a permis de fournir un ensemble de fichiers météo cohérents pour une demi-douzaine de stations de référence.

## 2.2 Vérification des valeurs PERENE pour la zone 4

La méthodologie que nous avons retenue pour la vérification des valeurs PERENE pour la zone 4 est la suivante :

- définition d'un logement type (voir annexe) ;
- Constitution d'un fichier de données météorologiques représentatif de la saison fraîche et de la saison chaude sur la zone d'altitude Z4. Ces fichiers ont également été choisis pour leur ressemblance avec les journées types du document PERENE ;
- Description et création des bâtiments sous CODYRUN et lancement des simulations ;
- Exploitation des résultats.

Nous avons effectué les simulations sur la base d'un logement tri zone (zone Séjour, zone salle de bain et zone Chambre) pour trois types de solutions constructives :

Structure légère :        **Bois**  
Structures lourdes :    **Parpaing**  
                                      **Béton**

Nous avons pu ainsi comparer les différents modes constructifs avec leur évolution adaptée au code PERENE qui porte sur : l'environnement autour du bâtiment, l'isolation des parois opaques verticales et horizontales en liaisons avec l'extérieur, la protection des baies et leur caractéristiques ainsi que le traitement et renouvellement de l'air.

### 2.3 Valorisation de la recherche : Réalisation d'un guide d'aide à la conception pour la Z4

La méthodologie pour la réalisation de guides techniques à usage des particuliers est la même que celle utilisée pour le label ECODOM, à savoir de disposer d'un outil de type papier simple et pédagogique. Une fois les prescriptions de PERENE validées, nous avons essayé de traduire les prescriptions de PERENE sur les facteurs solaires en solutions techniques simples. Le travail a été réalisé en collaboration avec Mathieu Leveau, architecte.

L'objectif est de disposer d'un support papier de 4 pages pour chaque zone climatique à destination du grand public et disponible dans les mairies, les PIE ARER, l'ADEME, le CAUE et l'ADIL. Les plaquettes élaborées pour les zones 3 et 4 sont disponibles en annexe.

## 3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 Génération de fichiers météorologiques annuels type

Les fichiers météorologiques mis à disposition par Météo-France ont permis de constituer une base de données de fichiers annuels au pas de temps de l'heure pour chacune des zones climatiques définies dans PERENE.

L'ensemble des fiches météo est téléchargeable sur le site du LPBS sous divers formats :

<http://lpbs.univ-reunion.fr/grandsprojets/meteo/telecharg.php>

Le format mto correspond au format de fichier météo utilisable par Codyrun uniquement. Codyrun est le code de simulation utilisé au sein du laboratoire.

Le format TMY est un format international standard qui est lisible par l'ensemble des codes de simulations.

Le tableau ci-dessous récapitule l'ensemble des fichiers disponibles sur le site, la station de référence, la zone climatique d'appartenance et les paramètres manquants.

**Tableau 1 : Liste des fichiers météo annuels par station de référence disponibles sur le site du LPBS.**  
<http://lpbs.univ-reunion.fr/grandsprojets/meteo/telecharg.php>

Nom	Zone PERENE	Altitude	Longitude	Latitude	Période de mesure	TMY	MTO	XLS	Commentaire
Le Port	1	9 m	55°17'12"E	20°55'54"S	1993 2004	XXX	XXX	XXX	Pas d'humidité
Plaine des Palmistes	42	1032 m	55°37'54"E	21°07'24"S	1993 2004				
Tampon	3	786 m	55°31'42"E	21°14'36"S	2002 2004	XXX	XXX	XXX	Manque point de rosée
Plaine des Cafres	4	1560 m	55°34'42"E	21°11'48"S	1993 2004	XXX	XXX	XXX	Pas d'humidité
Saint-Pierre	1-2								
Gillot	1-2	10 m	55°32'00"E	20°52'48"S	1995 2004				
Saint-Benoit	2	43 m	55°43'30"E	21°02'42"S	1993 2004	XXX	XXX	XXX	Pas d'humidité
Mare à Vieille Place (Salazie)	4	870 m	55°31'00"E	21°00'54"S	1993 2004				
Bellecombe	4	2245 m	55°41'30"E	21°12'18"S	1998 2004	XXX	XXX	XXX	Pas d'humidité
Saint-Paul	1	186 m	55°19'30"E	20°57'42"S	1997 2004	XXX	XXX	XXX	Pas de vent

La génération et la mise à disposition de ces fichiers météorologiques constituent une avancée significative dans le domaine de la physique du bâtiment et du génie climatique. En effet, les bureaux d'études de Génie climatique ne dispose pas à l'heure actuelle de fichiers complets leur permettant de faire une étude fine sur un site donné. C'est chose faite maintenant grâce à ce travail de recherche. Néanmoins, l'analyse des données a montré que l'humidité est une grandeur difficilement disponible et exploitable car les capteurs d'humidité, selon Météo-France, sont très difficiles à maintenir en état de marche et nécessitent des étalonnages réguliers. De ce fait, de nombreux fichiers ne possèdent pas l'humidité comme grandeur, ce qui peut se révéler problématique si l'on souhaite étudier les problèmes de condensation dans les hauts ou dimensionner une installation de climatisation. Les travaux futurs vont donc porter sur la génération de cette grandeur à l'aide d'une base de connaissance et des réseaux de neurones.

A l'heure actuelle, les fichiers complets comprenant l'humidité sont ceux de :

- Saint-Denis (zone 2)
- Saint-Pierre (zone 1)
- Le Tampon (zone 3)

### **3.2 Vérification des valeurs PERENE pour la Zone 4**

La vérification des valeurs de PERENE pour la zone 4 a fait l'objet d'un rapport détaillé disponible sur le site du laboratoire à [http://lpbs.univ-reunion.fr/grandsprojets/pluri2003\\_05/fiche\\_3\\_3](http://lpbs.univ-reunion.fr/grandsprojets/pluri2003_05/fiche_3_3)

Les simulations ont porté sur les trois logements définis précédemment. Les résultats présentés dans le rapport portent sur l'analyse des points suivants :

#### **Comparaison entre le logement de base et le logement PERENE en été et en hiver**

- Etude en température ;
- Etude en humidité ;
- Moyennes en température et en humidité sur les périodes de simulation.

#### **Analyse par composant**

- Influence de l'épaisseur de l'isolant sur les parois intérieures et extérieures (isolation intérieure et extérieure) ;
- Influence de la varangue en été et en hiver ;
- Influence de l'orientation et du pourcentage de surface vitrée ;
- Influence de l'éclairage ;
- Influence du facteur solaire en été ;
- Influence de la VMC en hiver ;
- Influence du double vitrage.

Les résultats présentés ci-après ne sont qu'une synthèse des simulations qui ont été réalisées sur le logement lourd (paroi en parpaing et toit en tôle). Pour récupérer le rapport complet pour tous les logements, le lecteur peut se rendre sur le site web du lpbs.



## 3.2.1 Comparaison d'un logement PERENE / logement de base

**Rappel logement de base :**

Toiture : Tôle couleur moyenne ( $\alpha = 0,6$ ), sans isolation  
 Parois opaques : Parpaing 20 cm sans isolation  
 Simples vitrages non protégés  
 Ventilation : VMC 1 vol/h

**Logement Perene parpaing**

Toiture : Tôle couleur moyenne ( $\alpha = 0,6$ ), isolant type polystyrène 8 cm, placoplâtre 1 cm  
 Parois opaques : Isolation Intérieure : Placo 13mm, isolant type polystyrène 5 cm, Parpaing 19 cm, enduit ciment  
 Isolation Extérieure : Parpaing 19 cm, isolant type polystyrène 5 cm, bardage bois 20 mm  
 Doubles vitrages non protégés  
 Ventilation : VMC 1 vol/h

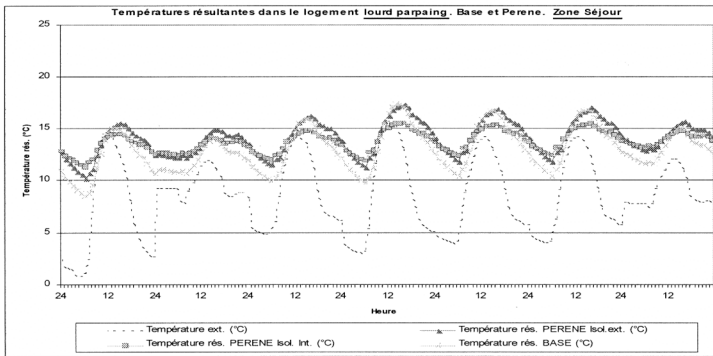
Etude en température zone séjour

Figure 2 : Températures résultantes en hiver dans le séjour du logement lourd parpaing

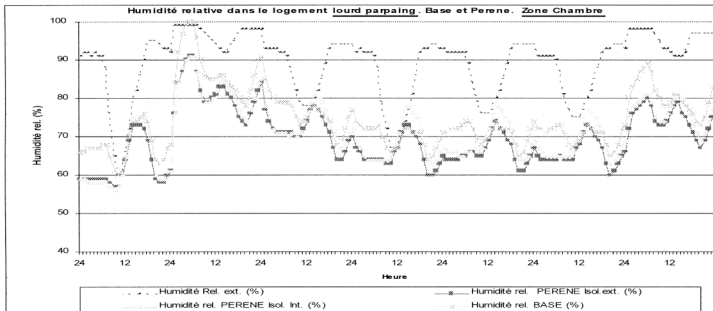
Etude en humidité zone séjour

Figure 3 : Humidité relative en hiver dans le séjour du logement lourd parpaing

**Tableau 2 : Comparaison des moyennes en température et en humidité pour le logement de base et le logement PERENE**

PARPAING	Temp. moy. (°C)	Temp. moy Jour (°C)	Temp. moy Nuit (°C)	Humidité rel. moy. (%)
BASE	13	13,9	11,5	76,1
PERENE	int	13,7	14,2	73
	ext	14,1	14,8	71

Commentaires :

La Figure 2 et le Tableau 2 sur l'étude en température montre que l'isolation de 5 cm permet d'améliorer la température de l'air intérieur de 1°C en moyenne et de plus de 1,5°C la nuit. **L'isolation extérieure permet d'utiliser l'inertie thermique et de gagner 0,6°C sur la température** de l'air intérieur en journée.

Par ailleurs, l'isolation des parois permet également de diminuer l'humidité relative de 6% environ. (cf. Figure 3). Cela est dû à la température de l'air plus importante dans les logements isolés. L'isolation permet donc à la fois d'avoir un taux d'humidité plus faible dans le logement et d'augmenter sensiblement la température de surface des parois et les rendre proches de la température de l'air. Les risques de condensation à l'intérieur de la maison s'en trouvent donc grandement réduits.

3.2.2 Influence de l'épaisseur de l'isolant en hiver

**Tableau 3 : Températures moyennes dans le logement en fonction des épaisseurs d'isolants des murs.**

Séjour	Temp. moy. (°C)	Temp. moy Jour (°C)	Temp. moy Nuit (°C)	Humidité rel. moy. (%)
Pas d'isolant	12,4	13,4	10,9	78,5
Isolation 1 cm	13,2	14	11,9	75,1
Isolation 3 cm	13,7	14,5	12,5	72,7
Isolation 5 cm	14	14,8	12,8	71,4

Commentaires :

La Figure 4 et le Tableau 3 montrent l'influence de l'épaisseur de l'isolant sur la température intérieure. PERENE préconise pour la zone 4 une épaisseur de 5 cm (correspondant à une résistance thermique de 1.8 m².K/W). Il s'agissait de vérifier si cette épaisseur était suffisante ou non et de proposer d'éventuelles modifications.

Nous voyons que sans isolant, la température moyenne de l'air intérieure serait de 12,4°C. **Avec un isolant de 5 cm, elle serait de 14,8°C, soit un gain de +2,4°C.** Avec 20 cm, elle serait de 15,5°C, soit un gain de +3,1°C.

L'épaisseur de 5 cm semble donc être un bon compromis entre une solution idéale (20 cm) et la solution de base (sans isolation). Elle permet **d'améliorer la température de 80% par rapport à la solution idéale.** Cette valeur doit donc être maintenue dans PERENE.

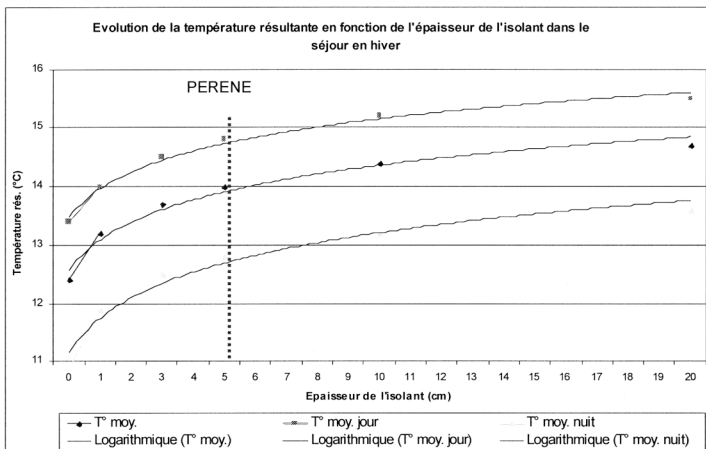


Figure 4 : Evolution de la température résultante moyenne journalière dans le séjour en hiver en fonction de l'épaisseur de l'isolant. (séquence semaine hiver)

### 3.2.3 Influence de la varangue pour un séjour Nord en hiver

La figure ci-dessous montre l'influence que peut avoir la présence de la varangue en hiver sur la température du séjour lorsque celui-ci est situé au nord.

Rappelons (voir Annexe) que la surface vitrée du séjour est de 5,6 m<sup>2</sup>.

Nous voyons que sans la varangue, le séjour PERENE gagne 2°C la nuit et plus de 3°C en journée.

Les températures résultantes intérieures sont de 14°C la nuit et de 18°C en journée, ce qui nous rapproche des températures de confort admissibles en hiver (19°C en journée et 17°C la nuit).

Ce point est très important et une réflexion doit être **engagée sur la nécessité de la varangue en zone 4**. Une solution consisterait à disposer de **protections solaire amovibles** type stores ou végétation à feuille caduques.

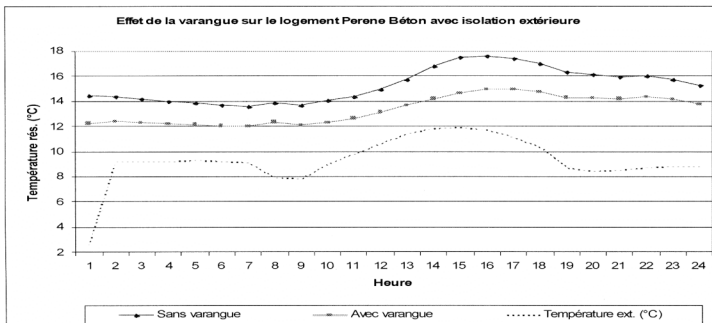


Figure 5 : Influence de la varangue pour un séjour orienté au Nord en hiver et avec une isolation de 5 cm extérieure.

3.2.4 Influence de l'orientation en hiver

Pour les effets de l'orientation, nous avons choisi de faire pivoter le logement sans la varanque en faisant varier la dimension des baies. Ainsi nous obtenons les températures résultantes moyennes sur la semaine de référence d'hiver. (Moyennes sur la semaine extrême)

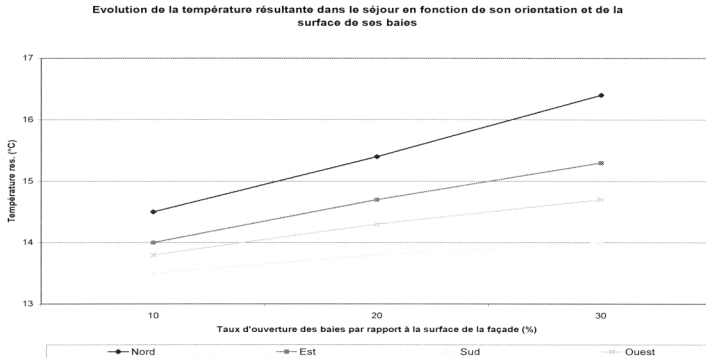


Figure 6: Evolution de la température moyenne dans le séjour en hiver en fonction de l'orientation et de la surface des baies.

Nous voyons donc l'influence non négligeable que peut avoir le pourcentage de surface vitrée sur la température résultante.

Ainsi, entre 10% et 30%, le gain en température est quasiment linéaire et atteint +2°C. Avec 10% de surface,  $T_{res}$  vaut 14,5°C et avec 30%, celle-ci est égale à 16,5°C.

Ce genre de prescription n'est pas imposée dans PERENE mais peut servir de recommandation pour le programme Casa DD notamment.

3.2.5 Influence du double vitrage

Le Tableau 4ci-dessous montre l'influence du double vitrage sur la température résultante intérieure (séjour et chambres). L'impact du double vitrage est de l'ordre de +1°C de gain sur la température résultante du séjour, et de +0,6°C pour les chambres. Ce résultat est normal puisque la surface vitrée du séjour est plus importante (5,6 m<sup>2</sup> au lieu de 3,3 m<sup>2</sup>).

Tableau 4 : Influence du double vitrage sur la température intérieure des pièces

Séjour	Temp. moy. (°C)	Temp. moy Jour (°C)	Temp. moy Nuit (°C)	Humidité rel. moy. (%)
Double vitrage	18	19,5	15,4	56,8
Simple vitrage	17	18,4	14,7	60

Chambres	Temp. moy. (°C)	Temp. moy Jour (°C)	Temp. moy Nuit (°C)	Humidité rel. moy. (%)
Double vitrage	16,1	16,4	15,5	61,2
Simple vitrage	15,4	15,7	14,9	63,6

### 3.2.6 Synthèse des résultats pour le logement PERENE (Murs en parpaing, toiture tôle)

En guise de synthèse pour cette partie, nous pouvons dire que les **valeurs PERENE pour la Z4 ne doivent pas être modifiée.**

Par ailleurs, il semble intéressant **d'envisager de supprimer la varangue ou de prévoir des protections solaires amovibles en zone 4.**

L'analyse par composant nous permet de faire les conclusions suivantes :

Epaisseur de l'isolant de 5 cm :	gain de +2,4°C
Pas de varangue au Nord :	gain de +2°C la nuit et +3°C en journée
Influence de la surface de vitrage :	gain de +2°C avec 30% de la surface vitrée
Influence du double vitrage :	gain de +1°C avec 30% de la surface vitrée.

### 3.3 Valorisation de la recherche : Réalisation d'un guide d'aide à la conception pour la Z4

Les plaquettes au format A5 figurent en annexe B.

#### 4 RETOMBÉES SCIENTIFIQUES - PUBLICATIONS ET PARTICIPATION À DES CONGRÈS SCIENTIFIQUES

---

Le travail de recherche réalisé dans le cadre de cette fiche recherche à déjà fait de deux communications dans des congrès internationaux :

La communication faite par Mathieu David au congrès IBPSA World en 2005 visait à présenter la méthodologie et les outils utilisés pour la génération des fichiers météo annuels [David 05]. Celle de François Garde a été présentée au congrès Clima 2005 à Lausanne. Elle concernait les travaux et les résultats de simulations pour la validation des valeurs de PERENE.

Une publication à une revue internationale Energy and Building est en cours de rédaction.

- [David 05] David M., Adelard L., Garde F., Boyer H. 2005. Weather data analysis based on typical weather sequences. Application to energy building simulation. In Proceedings of IBPSA World Congress, Montreal, 2005.
- [Garde 05] Garde F., David M., Adelard L., Ottenwelter E., 2005. *Elaboration of Thermal Standards for French Tropical Islands : Presentation of The PERENE Project*, **Clima 2005**, october, 2005, Lausanne, Suisse,

#### 5 BIBLIOGRAPHIE

---

- [David 05] David M. 2005. Développement d'un générateur de climat multivariable. Application au programme régional de réhabilitation des écoles solaires. Optimisation énergétique des bâtiments. Thèse Sci. Université de La Réunion.
- [Garde 04] Garde F. Adelard L., Mathieu D. Ottenwelter E. 2004. Mise en place d'une réglementation pour les bâtiments tertiaires et résidentiels à l'Ile de La Réunion Outil PERENE. Juillet 2004. Convention Direction Départementale de l'Equipement/UR.

# Annexes

---

**ANNEXE A : DESCRIPTION DU BÂTIMENT TYPE PERENE**

**Cloisons horizontales**

*Toiture*

Nous ferons varier la constitution de la toiture afin de déterminer l'incidence de l'isolant dans les confort d'été et d'hiver.

Ainsi pour les deux types de logement, la toiture est composée des couches suivantes (de l'intérieur vers l'extérieur du bâtiment) :

Logement BASE :

Placoplâtre (0,010m)  
Lame d'air (0,100m)  
Tôle ( $\alpha=0,6$ )

Logement PERENE :

Placoplâtre (0,010m)  
Isolant (0,080m)  
Tôle ( $\alpha =0,6$ )

*Plancher*

De même que pour la toiture, nous ferons varier la constitution du plancher afin de déterminer l'incidence de l'isolant dans les confort d'été et d'hiver.

Ainsi pour les deux types de logement, le plancher est composé des couches suivantes (de l'intérieur vers le sol) :

Logement BASE :

Carrelage (0,010m)  
Enduit ciment (0,040m)  
Béton lourd (0,100m)

Logement PERENE :

Carrelage (0,010m)  
Enduit ciment (0,040m)  
Béton lourd (0,100m)  
Isolant (0,050m avec un  
 $\lambda = 0.04 \text{ W/m.K}$ )

**Cloisons verticales**

*Murs extérieurs*

L'étude se portera sur deux grand types de murs déclinés comme suit :

<b>Structure légère</b>	Structure et parement bois	Isolation
		Isolation intérieure
<b>Structure lourde</b>	Béton armé	Isolation extérieure
		Isolation intérieure
	Parpaing	Isolation extérieure



CONSTITUTON :

Logement BASE :

Bois : Bois foncé de 20 mm d'épaisseur, lame d'air 100mm, CTBX 4 mm

Béton : béton banché 16 cm ( $\alpha = 0,3$ )

Parpaing : parpaing 19 cm, enduit ciment ( $\alpha = 0,3$ )

Logement PERENE :

**Isolation intérieure**

Bois : Bois foncé style bardeaux 20mm , isolant type polystyrène 5cm, CTBX 1 mm

Béton : Placo 13 mm, isolant type polystyrène 5cm, Béton banché 16cm, enduit ciment

Parpaing : Placo 13 mm, isolant type polystyrène 5cm, Parpaing 19cm, enduit ciment

**Isolation extérieure**

Bois : IDEM

Béton : Béton banchée 16 cm, isolant type polystyrène 5 cm, bardage bois 20 mm

Parpaing : Parpaing 19 cm, isolant type polystyrène 5 cm, bardage bois 20 mm

*Perois de séparations*

L'étude se portera sur deux grand types de cloisons déclinés comme suit :

-Structure légère : C.plaqué 13 mm,lame d'air 7 cm, C.plaqué 13 mm

-Structure lourde : Enduit ciment 1 cm, parpaing creux 9 cm, enduit ciment 1 cm

5.1.1 Menuiseries extérieures

**Tableau 0-5 Description des menuiseries extérieures et porosité des façades pour chacune des pièces.**

Pièces	Orientation façade	Désignation	Dimensions	Surface d'ouverture	Surface façade	Porosité façade
Séjour	Nord	2 PF	2*1,4 m	5,6 m <sup>2</sup>	18,70 m <sup>2</sup>	30 %
	Est	1 F	1*1 m	1,1 m <sup>2</sup>	12,21 m <sup>2</sup>	9 %
SdB	Ouest	1 F	1*1 m	1,1 m <sup>2</sup>	12,21 m <sup>2</sup>	9 %
Chambres	Est	1 F	1*1 m	1,1 m <sup>2</sup>	10,24 m <sup>2</sup>	10,7 %
	Sud	2 F	11 m	2,2 m <sup>2</sup>	27,54 m <sup>2</sup>	8 %

PF : Porte fenêtre ; F : Fenêtre

Les simulations ont été réalisées en considérant ces menuiseries closes durant les séquences hiver, et ouvertes durant les séquences été.

**Vitrages**

**Base** : Simple vitrage  $K=5W/m^2.K$

**Perene** : Double vitrage  $K=2,9W/m^2.K$

**Protections solaires**

Le facteur solaire des baies et de 1 pour les simulations d'été et de 0,4 pour les simulations d'hiver.

**Ventilation mécanique contrôlée (VMC)**

La ventilation sera assurée par une VMC en hiver par surpression dans le séjour (Z1) et les chambres (Z2) avec reprise dans la salle de bains et les toilettes (Z3).

Le débit correspond à 1 volume/heure, comme indiqué sur la figure.

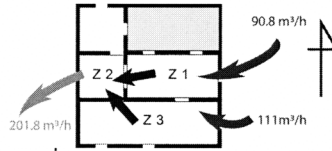


Figure 0-7 : Débit de la VMC

En été, le logement ne possède pas de VMC, mais les débits ont réglés afin de simuler une ventilation naturelle à 40 volumes pour la journée et 10 volumes/ heure pour la nuit.

La ventilation naturelle du logement est assurée comme indiquée sur la figure. On ne considère aucune porosité entre les pièces.

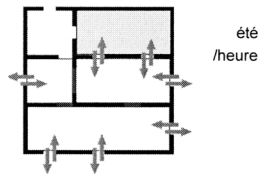


Figure 0-8 : Ventilation naturelle d'été.

**Récapitulatif**

HIVER	Protections solaires			Ventilation		
	Toiture	Murs	Vitrages	VMC		Naturelle
BASE	Pas d'isolation	Pas d'isolation	Simple vitrage Pas de protections	OUI	NON	NON
PERENE	Isolation 8 cm	Isolation 5 cm	Double vitrage Pas de protections	OUI		NON

Tableau 0-6 : Récapitulatif de la constitution du bâtiment pour les séquences hiver

ETE	Protections solaires			Ventilation		
	Toiture	Murs	Vitrages	VMC		Naturelle
BASE	Pas d'isolation	Pas d'isolation	Simple vitrage Pas de protections	OUI	NON	OUI
PERENE	Isolation 8 cm	Isolation 5 cm	Double vitrage Facteur sol. : 0,4	OUI		OUI

Tableau 0-7 Récapitulatif de la constitution du bâtiment pour les séquences été

### Surfaces et volumes

Cette maison individuelle est une bonne représentation du logement diffus réunionnais.

Pour l'hypothèse de départ nous considérerons une orientation varangue au Nord.

Les ouvertures courantes sont dimensionnées en 1,1 mètres et le faux plafond est rampant.

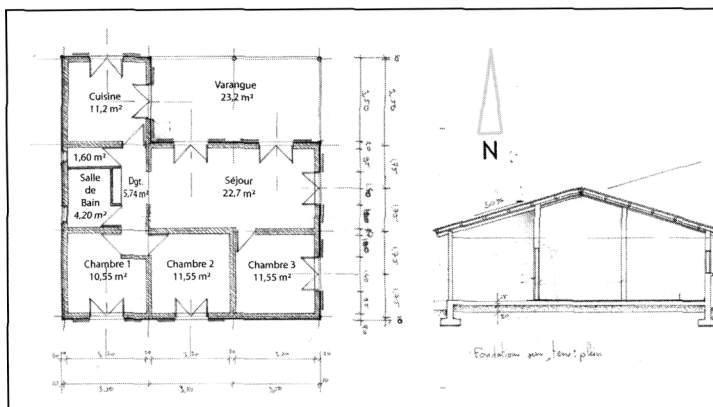
Type de construction : Maison T4 + V

SHOB : 114,5 m<sup>2</sup>

SHON : 90 m<sup>2</sup>

Description des pièces :

Désignation	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
Chambre 1	10.55	34.8
Chambre 2	11.55	38.1
Chambre 3	11.55	38.1
Séjour	22.70	90.8
Cuisine	11.2	36.96
Salle de Bain	4.20	12.6
WC	1.60	4.8
Dégagement	5.74	17.22
TOTAL	79,1	273,38



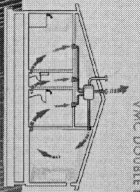
**ANNEXE B : PLAQUETTES PÉDAGOGIQUES PRESENTANT LES SOLUTIONS TECHNIQUES DES  
MAISONS INDIVIDUELLES PERENE POUR LES ZONES 3 ET 4**

---

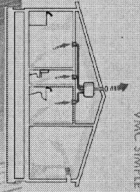
# A savoir...

## Qu'est ce que la Ventilation Mécanique Contrôlée ou VMC?

La parfaite isolation conduit à l'absence des contacts directs et indirects (poutres, cloisons...) et à l'absence de ventilation naturelle pour les pièces humides (cuisine, salle de bain, WC) et/ou pour les autres pièces méconfortables. Une panne d'évacuation d'air et/ou d'apport d'air frais est à éviter les problèmes de condensation et de développement des moisissures.



VMC DOUBLE FLUX

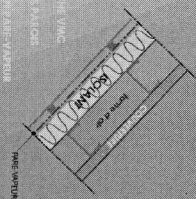


VMC SIMPLE FLUX

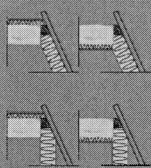
Selon le type de VMC choisi (simple ou double flux), le choix de l'air expiré peut aussi être récupéré puis redistribué dans le logement.

## Comment lutter contre la condensation?

La condensation est due à la différence de température entre les surfaces et l'air ambiant.



**Isolation intérieure ou extérieure?**  
 C'est la zone d'altitude, une isolation adéquate et une ventilation efficace qui évitent la condensation. Une isolation intérieure ne protège pas toujours la structure de la condensation. L'isolation extérieure offre également les meilleurs résultats.



## REPERE pour le logement

Conception thermique		Village		Relevement de l'air		Chauffage	
Isolation	VMC	protection des boîtes	double vitrage	VMC-Chimino	VMC-Chimino	VMC-Chimino	VMC-Chimino
9 cm isolant	5 cm isolant	Protection hiver	Aucune	Protection été	Aucune	Protection été	60%

Conception : Repère GARDE, Copernic de La Bourdonnais, Michel Lemoine, André Jochet.

Quill Perene  
 MAISONS INDIVIDUELLES  
 Guide d'aide à la conception  
**ALTITUDE**  
 LES CIRQUES  
 (le bon du climat)

**ZONE 4: ALTITUDE et LES CIRQUES**  
 (le bon du climat)

Guide de solutions techniques et conseils pour la conception thermique des logements situés dans la zone climatique d'altitude de la Réunion.

Regions: Région Réunion, Région Nord, Région Sud, Région Est, Région Ouest, Région Centre, Région Nord-Est, Région Nord-Ouest, Région Sud-Est, Région Sud-Ouest, Région Centre-Est, Région Centre-Ouest.

Logos: Région Réunion, Région Nord, Région Sud, Région Est, Région Ouest, Région Centre, Région Nord-Est, Région Nord-Ouest, Région Sud-Est, Région Sud-Ouest, Région Centre-Est, Région Centre-Ouest.



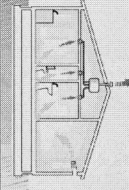
# A savoir ...

## Où est-ce que la Ventilation Mécanique Contrôlée ou VMC?

La ventilation mécanique contrôlée (VMC) est un système de ventilation qui permet de renouveler l'air de façon permanente et contrôlée dans un logement. Elle est composée d'un ventilateur qui aspire l'air vicié des pièces à vivre et le rejette à l'extérieur, tout en aspirant l'air neuf des pièces à rafraîchir. Elle permet ainsi de maintenir une température constante et d'économiser de l'énergie.



VMC DOUBLE FLUX

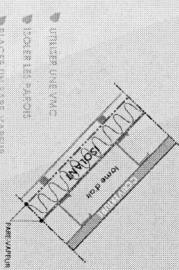


VMC SIMPLE FLUX

Il existe deux types de VMC : double flux et simple flux. Le double flux est le plus performant car il permet de récupérer la chaleur de l'air vicié et de la réinjecter dans l'air neuf. Le simple flux est moins performant car il ne permet pas de récupérer la chaleur de l'air vicié.

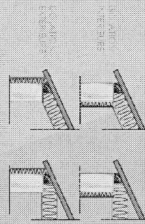
## Comment lutter contre la condensation?

La condensation d'eau se produit lorsque l'air humide se refroidit et que la vapeur d'eau se transforme en gouttelettes d'eau. Cela peut causer des problèmes de santé et de dommages à la structure du bâtiment.



Il faut utiliser une VMC pour éviter la condensation. Une bonne isolation est également essentielle pour éviter les pertes de chaleur.

## Isolation intérieure ou extérieure?



L'isolation intérieure est plus facile à mettre en œuvre, mais elle peut réduire l'espace habitable. L'isolation extérieure est plus performante et protège mieux la structure du bâtiment, mais elle est plus coûteuse.

## Où il PERENE pour le logement?

Conception technique		Conception technique		Conception technique		Conception technique	
Isolation	2 cm	protection des bords	Protection hiver	VMC double flux	VMC double flux	VMC double flux	VMC double flux
Isolation (couleur moyen)	7 cm	Aucune	Aucune	65%	10%	10%	10%
VMC	VMC	VMC	VMC	VMC	VMC	VMC	VMC

perene

Guide d'aide à la conception

MAISONS INDIVIDUELLES

LES HAUTS

LE TAMPON

SAINTE-CHLÈS-HAUS

PITON SAINT-LEU

BELEVEUE

ZONE 4: ALITUDE et LES CIRQUES (à de saum d'altitude)

Guide de solutions techniques et conseils pour la conception thermique des logements situés dans la zone climatique d'altitude de la Réunion.

RAÏON REUNION

MAIRIE DE SAINT-LEU

MAIRIE DE SAINT-PIERRE

MAIRIE DE SAINT-BENOIT

MAIRIE DE SAINT-DENIS

MAIRIE DE SAINT-JEAN

MAIRIE DE SAINT-LEU

MAIRIE DE SAINT-PHILIPPE

MAIRIE DE SAINT-PIERRE

MAIRIE DE SAINT-BENOIT

MAIRIE DE SAINT-DENIS

MAIRIE DE SAINT-JEAN

MAIRIE DE SAINT-LEU

MAIRIE DE SAINT-PHILIPPE

### EXIGENCES

**TOITURE** 7 mm bicouche galvanisée

Le module doit être ventilé. Les ouvertures sur dalle doivent être protégées par des clapets. Une bande végétale de 3 cm est recommandée.

0,6 m  
0,8 m

3 cm

Une bande végétale d'au moins 3 cm est recommandée.

**TRAITEMENT DE L'AIR** VMC OBLIGATOIRES

VMC

**VENTILATION** MINIMALE

ORIENTATION FAVORABLE AUX BRÈSES FRISES MARINIÈRES

EAU CHAUDE SANITAIRE

On peut aussi y faire installer un chauffe-eau solaire ou des chauffe-eau thermodynamiques.

**ÉCLAIRAGE** Choisir des lampes basse consommation.

**HEAT ELECTROMÉNAGER** Choisir des appareils de classe A.

**RECOMMANDATIONS**

**PROTECTIONS SOLAIRES**

Les vitrages doivent être opaques, réfléchissants, à faible émissivité, à faible conductivité thermique, à faible inertie thermique, à faible capacité de stockage de la chaleur en hiver, à faible inertie thermique en été.

**ÉTÉ** ÉVITER LES ARRÊTS À FENÊTRES CONDENSER À L'INTÉRIEUR.

**HIVER** RECHAUFFER

**CONCEPTION THERMIQUE**

**BOUCLE À DATE**

Isoler le sol permet de garder la chaleur à l'intérieur et d'éviter les problèmes de condensation sur le sous-sol.

**ÉVITER LES FORTS THERMOSTATS**

Pour éviter les forts thermostats, le taux plafond ne doit pas être en contact direct avec le sol.

**NE PAS FAIRE**

Chaque détail doit être vérifié, réalisé de suite et adapté au concept retenu. Voir l'annexe 1.

Le projet est le résultat de votre volonté de protéger votre patrimoine d'origine et de vivre en harmonie avec la nature.

SAINT-GILES DES HAUTES  
FRON SAINT-LEU  
REILLE-VUE

LE TAMPON

BAIES

ISOLATION EXTÉRIEURE

ISOLATION INTÉRIEURE

VIDUITS PLEINS

OU

COMPLÉMENT

UNE BANDE VÉGÉTALE D'AU MOINS 3 CM EST RECOMMANDÉE.

3 m

3 m

FANIONS OPACQUES

TOITURE

TRAITEMENT DE L'AIR

VENTILATION

ORIENTATION FAVORABLE AUX BRÈSES FRISES MARINIÈRES

EAU CHAUDE SANITAIRE

ÉCLAIRAGE

HEAT ELECTROMÉNAGER

RECOMMANDATIONS

PROTECTIONS SOLAIRES

ÉTÉ

HIVER

CONCEPTION THERMIQUE

BOUCLE À DATE

ÉVITER LES FORTS THERMOSTATS

NE PAS FAIRE