



CONSTRUIRE AVEC LE CLIMAT REUNIONNAIS

PARTIE 1 : Le résidentiel dans les Bas

Partie 1

Jean-Louis IZARD

Enseignant-chercheur à l'ENSA-Marseille

Laboratoire ABC

izard@marseille.archi.fr

Préambule

Construire à la Réunion en respectant un minimum les règles de la qualité environnementale et du développement durable est un objectif qui relève d'abord du bon sens en face des conditions climatiques particulières dues à la latitude tropicale. Mais la petitesse du territoire, qui réduit l'utilisation des matériaux « locaux » et l'isolement au milieu de l'océan Indien, qui complique sérieusement l'offre diversifiée de matériaux « écologiques » venus du continent, rendent l'exécution de cet objectif – hors question énergétique - nettement plus ardue qu'en métropole.

En se limitant aux problèmes « bioclimatiques », la situation est moins simple qu'il n'y paraît, à cause de la grande variété des conditions climatiques qui règnent sur l'île en relation avec l'altitude. Les différences sont telles que nous sommes contraints de traiter dans des chapitres quasiment indépendants, la construction dans « les Bas », la construction dans « les Hauts » et surtout celle de la zone « en altitude ».

Pour ne pas compliquer le propos, nous nous contenterons dans cet article d'évoquer le cas du logement occupé en permanence. Les autres programmes (tertiaire, bâtiments administratifs, enseignement ou bâtiments recevant du public) feront l'objet d'articles à part.

L'objectif de cet article est de montrer qu'il existe des solutions architecturales « pures », qui peuvent s'ancrer dans l'histoire de l'architecture « vernaculaire », « coloniale » ou « moderne » et qu'il n'est pas de mise d'opposer la qualité environnementale de l'architecture à sa qualité tout court.

Le lecteur, surtout s'il est praticien de l'architecture, pourra consulter en complément les recommandations « ECODOM » où il trouvera en plus ce qui concerne le dimensionnement des systèmes énergétiques et d'une manière générale tout ce qui relève de la « technique » à appliquer lorsque toutes les (bonnes) dispositions architecturales ont été prises.

1 - Construire dans les Bas

1-1. Aperçu climatique

La bande littorale de l'île de la Réunion est la plus peuplée et la plus urbanisée. S'il reste encore des zones urbanisables, surtout vers l'Est, une grande partie du parc de bâtiments existe déjà et la construction peut revêtir dans cette zone la forme de la réhabilitation ou du renouvellement urbain. C'est cette zone qui connaît les conditions les plus proches du modèle « tropical » chaud et humide.

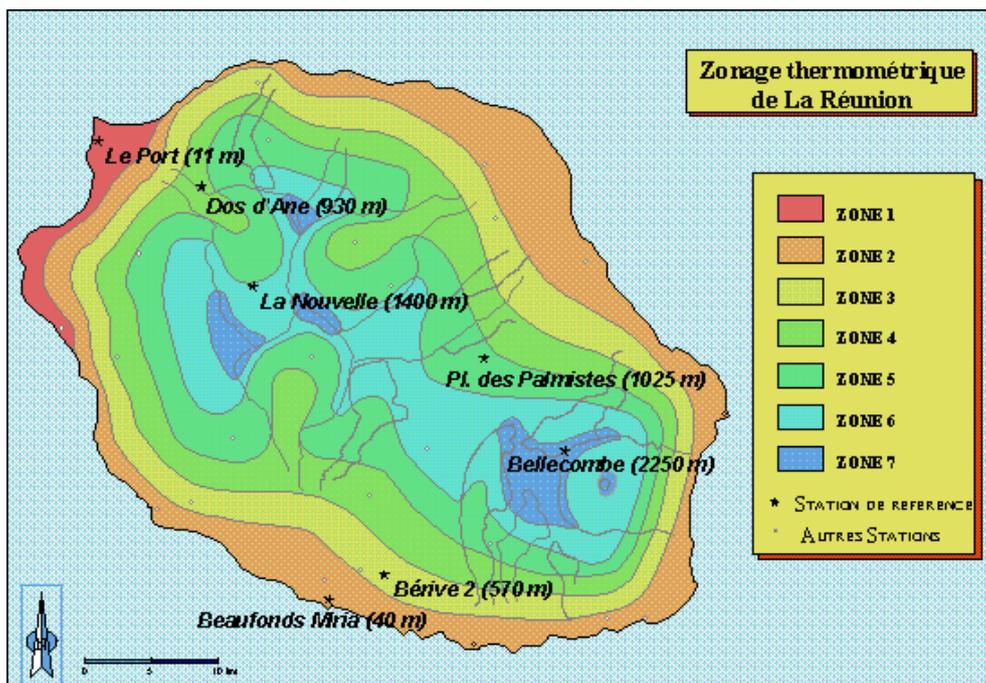


Fig. 1 : Zones climatiques de l'île de la Réunion (extrait de l'Atlas climatique de la Réunion, réf 1).

Les considérations qui suivent sont relatives aux zones 1, 2 et 3 du zonage thermométrique de l'Atlas climatique de la Réunion.

L'outil PERENE distingue de son côté quatre zones climatiques en introduisant une distinction entre la côte au vent et la côte sous le vent (figure 2).

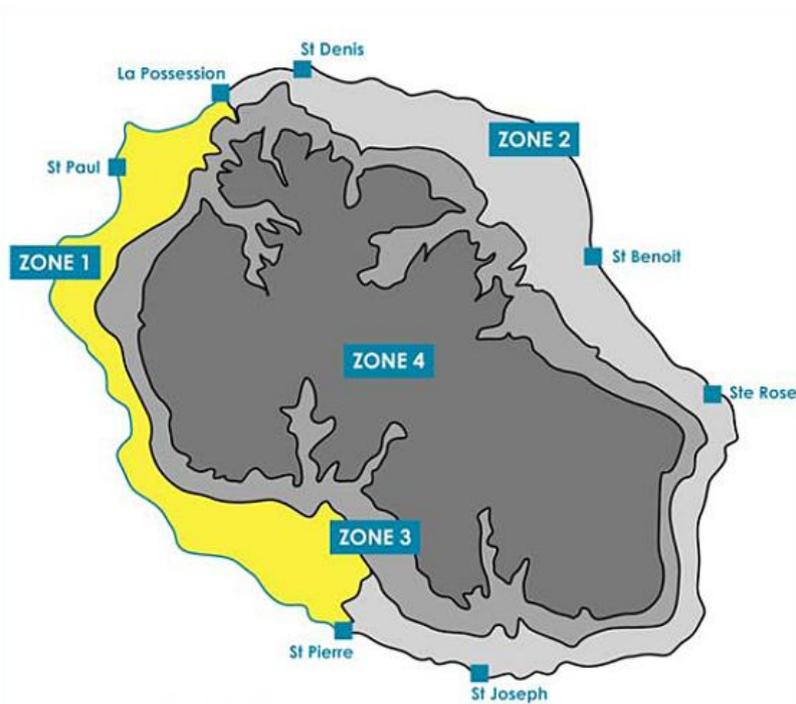


Fig. 2 : Zones climatiques distinguées par l'outil Bâtiment PERENE (8)

1-2. L'enjeu de la construction en zone des Bas : climatiser ou non ?

En termes de construction « durable », l'un des enjeux essentiels est ici de maintenir le confort thermo-hygrométrique à l'intérieur des bâtiments sans faire forcément appel à la climatisation. Rappelons que la climatisation dépense de l'énergie finale électrique avec des demandes qui ont toutes chances de connaître des pointes que la production électrique de l'île aura de plus en plus de difficulté à satisfaire si le parc des climatiseurs se développe. De plus, les installations de climatisation émettent des gaz à effet de serre puissants.

La première question qui se pose est celle du degré de réalisme d'un tel objectif.

Pour apprécier ce réalisme, il est nécessaire de partir des conditions climatiques qui caractérisent cette zone : notamment la combinatoire Température d'air/humidité de l'air/Vitesse de l'air/Ensoleillement au fil des heures de la journée et des mois de l'année. Sur les données réelles de l'année 2005, cela donne les figures présentées dans les pages suivantes, pour la station de Saint Denis-Gillot (d'après les relevés de Météo-France).

1-3. Les conditions climatiques des bas : cas de l'été.

1-3.1. Le diagnostic

Dans ce qui suit, nous présentons les données climatiques sur un diagramme de l'air humide (ou « diagramme psychrométrique »), ce qui permet de traiter de manière simultanée de la température d'air et de son humidité, paramètre très important pour la sensation de confort thermique. L'outil employé est le « diagramme bioclimatique » mis au point par Baruch Givoni. Cet outil, de caractère universel, est basé sur le diagramme psychrométrique et porte les limites des conditions climatiques que des dispositifs particuliers ou des dispositions architecturales peuvent compenser. Cela concerne :

- La ventilation intérieure jusqu'à 1,5m/s
- L'inertie thermique associée à la protection solaire et à la ventilation nocturne,
- Les systèmes passifs de chauffage,
- Le refroidissement évaporatif ;

La nécessité de recourir au chauffage ou à la climatisation apparaît lorsque les conditions climatiques locales se situent à l'extérieur de ces limites.

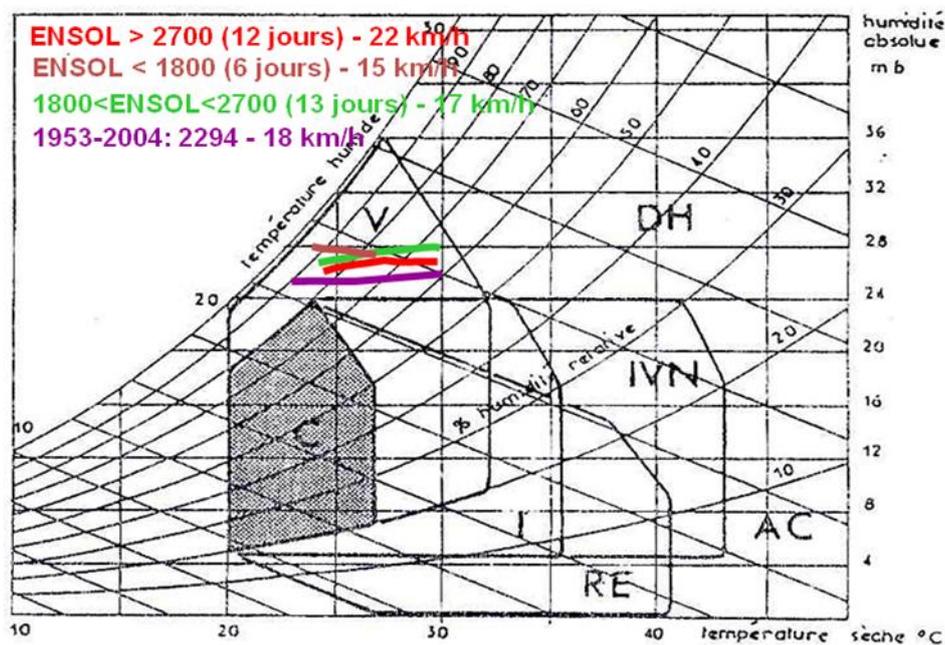


Fig. 3 : Diagramme bioclimatique avec les conditions climatiques du mois de Janvier 2005 à Saint Denis Gillot

La figure 3 donne les profils thermo-hygrométriques de trois types de journées du mois de Janvier : Les journées fortement ensoleillées (**en rouge**), les journées (relativement) faiblement ensoleillées (**en marron**) et les journées intermédiaires (**en vert**). On notera au passage que les vitesses d'air moyennes de ces journées varient dans le même sens que celui de l'intensité du rayonnement solaire (de 22 à 15 km/h). Enfin, le profil en violet donne la journée moyenne de janvier sur la période 1953-2004. Il apparaît tout de suite que les journées 2005 ne sont pas plus chaudes que celles de la série, elles sont par contre légèrement plus humides. Dernière remarque : les journées à « fort » et « moyen » ensoleillement connaissent à peu près la même amplitude mais la journée à « faible » ensoleillement a une amplitude nettement réduite (par le haut, la température maximale est de 3°C inférieure).

1-3.2. Solutions architecturales

L'observation globale du positionnement de ces profils confirme que le confort thermique est accessible si la vitesse d'air au voisinage des individus reste à une valeur de l'ordre de 1,5 m/s. C'est dire si la ventilation est alors une priorité absolue : avec une vitesse d'air nulle, nous sommes totalement à l'extérieur de la zone de confort. Pour arriver à ce résultat, il y a deux solutions :

- Soit un soufflage naturel de l'air extérieur
- Soit un brassage de l'air intérieur

1-3.2.1. Soufflage naturel

Le soufflage naturel de l'air extérieur suppose que le plan du local (espace habité ou espace de travail) autorise une ventilation naturelle transversale. Cette solution est envisageable si aucune nuisance sonore ne vient perturber l'environnement immédiat, surtout s'il s'agit d'une habitation.

Bien évidemment, cette solution doit impérativement s'accompagner d'un contrôle strict des sources de chaleur internes (cuisine, électroménager, E.C.S.,) mais aussi des effets de l'ensoleillement direct (par les baies) et indirects (par les parois opaques et en particulier par les toitures). Cet aspect sera abordé plus loin.

L'archétype de l'habitat adapté pour répondre à cette exigence est le kiosque, qui produit l'ombre et qui est totalement perméable à l'air extérieur. Le kiosque présentera bien sûr l'inconvénient d'être traversé par l'air à une vitesse souvent supérieure à 1,5 m/s qui est

considérée comme limite de l'acceptable au plan mécanique à l'intérieur des espaces construits, il ne peut donc être considéré comme « habitable ».



Le kiosque réunit deux fonctions essentielles du bâtiment en zone des Bas : la protection solaire (Rayonnement solaire direct mais aussi rayonnement diffus) et le libre passage de l'air extérieur : il est rare que l'on ait à souffrir de chaleurs perçues comme excessives sous un kiosque en été.

Du côté de l'architecture classique ou « vernaculaire » de l'île, on peut dire que la « varangue » constitue une solution architecturale destinée à approcher les conditions thermo-aérauliques qui règnent sous un kiosque : abri du soleil et ouverture aux vents.



Quelle que soit l'importance de l'habitation, il y a toujours une varangue dans l'architecture traditionnelle qui a les mêmes fonctions : offrir un espace ventilé à l'abri du soleil direct et du rayonnement diffus du ciel : ici, la résidence du SDAP (Service Départemental de l'Architecture et du Patrimoine de la Réunion à Saint Denis).

Le brassage de l'air intérieur est l'autre solution ; elle permet de réduire le débit d'air extérieur introduit au strict nécessaire hygiénique et autorise par exemple la fermeture des fenêtres lorsque la température d'air extérieur dépasse celle de l'intérieur.

1-3.2.2. Vitesse d'air requise

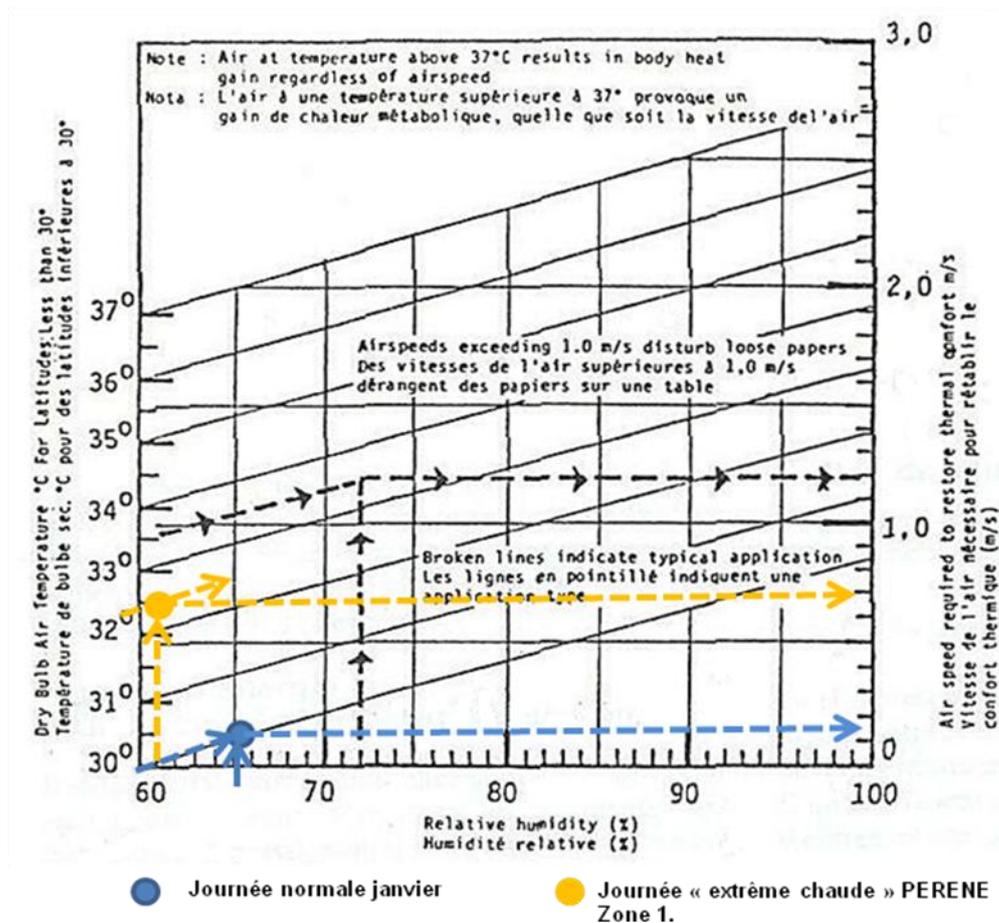


Fig. 6 : Vitesses d'air requises (m/s) pour rétablir le confort thermique en fonction des conditions thermo-hygrométriques d'été à Saint Denis Gillot (d'après R.M. Aynsley, réf. 12)

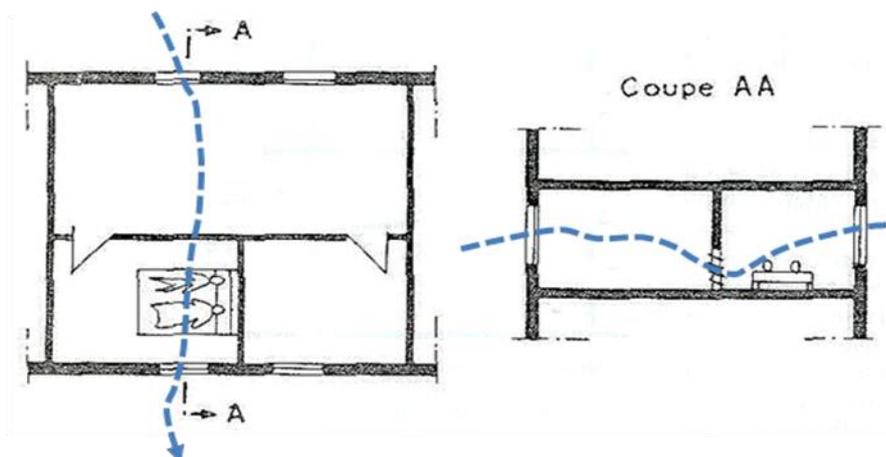
Si l'on se réfère à la figure 6 qui donne la relation Vitesse d'air requise/Conditions thermo-hygrométriques pour rétablir le confort thermique (diagramme publié par Aynsley), on peut voir que :

- Pour la journée « normale » moyennement ensoleillée, la vitesse d'air devrait être de 0,15 m/s ;
- Pour la journée « extrême chaude » de la zone 1 donnée par PERENE, la vitesse d'air devrait être de 0,7 m/s ;

Il s'agit de vitesses effectives minimales au contact des occupants. En clair, cela signifie qu'il faut prendre des dispositions capables de générer des vitesses supérieures pour obtenir ce résultat.

1-3.2.3. Dispositions particulières pour les chambres.

Jacques Dreyfus proposait en 1960 (Réf 14) des dispositions particulières pour les chambres où les résidents sont en général en position couchée près du sol.



La solution proposée par Jacques Dreyfus consiste à utiliser une grille à hauteur de lit et à ailettes rabattant l'air vers le sol dans la cloison séparative de la chambre (Réf. 14).

D'une manière générale, on pourra utiliser des cloisons ajourées, comme on peut en voir dans les cases-villas de l'île.



Un bon exemple de cloisons ajourées est donné par la villa Folio à Hell Bourg. Bien que cette solution ne s'impose pas en zone d'altitude, on peut penser qu'elle a été « importée » des villas de zone des Bas où sa présence est indispensable.

1-3.3. La question de l'inertie thermique

Dans ce mode de fonctionnement du bâtiment basé sur la ventilation et la perméabilité à l'air, nous avons dit qu'il était indispensable de maîtriser les apports internes et solaires de toutes sortes, mais qu'en est-il de l'inertie thermique ?

Rappelons qu'il existe deux types d'inertie thermique :

- l'inertie « de transmission » qui s'oppose aux variations de flux de chaleur provenant de l'extérieur d'une part,
- l'inertie « par absorption » qui, du fait que les flux de chaleur « internes » sont absorbés par les parois, limite les variations de température intérieure, d'autre part.

Ces deux types d'inertie thermique mettent en jeu deux caractéristiques thermiques des matériaux :

- la *diffusivité thermique*, rapport de la Conductivité thermique (λ) et de la Chaleur Volumique. L'unité est le m^2 /seconde ou m^2 /heure. La diffusivité thermique « **a** » exprime la capacité d'un matériau à transmettre (rapidement) une variation de température. Cette grandeur est responsable des « effets de déphasage » et concerne donc principalement les parois d'enveloppe extérieure du bâtiment.
- l'*effusivité thermique*, racine carrée du produit de ces deux grandeurs. L'unité est le $W/m^2 \cdot ^\circ C \cdot \sqrt{h}$. L'effusivité thermique « **b** » exprime la capacité d'un matériau à absorber (ou restituer) une puissance thermique. Cette grandeur commande ce que l'on a l'habitude d'appeler le « stockage thermique » et concerne essentiellement les parois internes du bâtiments : planchers, cloisonnement, refends, meubles.

La *diffusivité thermique*, égale au rapport *Conductivité thermique/Chaleur volumique*, est peu différente d'un matériau de construction à l'autre pour la raison que les termes de ce rapport sont tous les deux dépendants de la masse volumique. Seuls le bois et ses produits dérivés possèdent une diffusivité assez nettement inférieure à celle des autres matériaux. Il en résulte qu'une paroi en bois transmet les variations de température avec un *déphasage* plus grand.

Pour l'*effusivité thermique*, les choses sont différentes puisque cette fois-ci, cette grandeur est proportionnelle au produit *Conductivité thermique*Chaleur volumique*, ce qui restaure une grande variabilité de l'effusivité entre les divers matériaux (voir la figure 7).

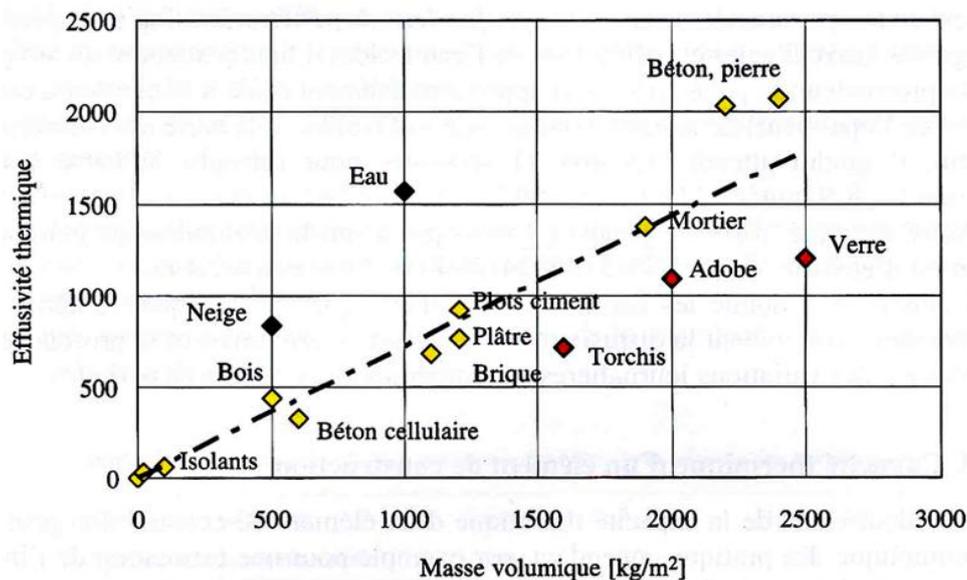


Fig. 7 : Effusivité thermique des principaux matériaux de construction, d'après Claude-Alain Roulet, « Santé et qualité de l'environnement intérieur dans l'habitat », PPUR.

Le tableau 7 permet de distinguer les matériaux « effusifs » (effusivité > 1000) et ceux qui sont « peu effusifs » (effusivité < 500). Dans la première catégorie on trouve le verre, l'adobe, le mortier, la pierre et le béton, alors que les isolants, le béton cellulaire et le bois appartiennent à la deuxième catégorie. Le plâtre, la brique et le torchis ont une effusivité intermédiaire.

L'eau est la matière la plus effusive, c'est pourquoi on supporte mal le contact avec l'eau lorsque sa température est trop froide (<15°C) ou trop chaude (>40°C). Dans un sauna, où les températures d'air peuvent atteindre 70°C, seul le bois peut être utilisé comme matériau de revêtement, grâce à sa faible effusivité. Les revêtements de sol effusifs présentent l'inconvénient de provoquer des sensations d'échauffement ou de refroidissement désagréables par contact avec les pieds nus lorsque leur température de surface s'écarte trop de celle de la peau (voisine de 33°C). Tout cela est dû au principe qui veut que par contact, c'est la surface de la matière la plus effusive qui impose sa température à l'autre.

Dans le bâtiment, le rôle des parois effusives est de stocker la chaleur et le diagramme de la figure 3 montre qu'il est inutile, voire nuisible, de conserver la chaleur du jour pour la restituer la nuit dans le climat des bas en été à la Réunion. Heureusement, la prédominance de la ventilation rend cette considération vaine, comme on va le voir dans ce qui suit.

Une règle générale établit que dans un local fortement ventilé, les effets de l'inertie thermique sont occultés par ceux de la ventilation. Si l'on exprime ces effets au moyen de la notion d'« Amplitude de température interne » (A_i), celle-ci sera voisine de celle de l'air extérieur (A_e) dans un local à fort débit de ventilation. Autrement dit, le rapport A_i/A_e sera proche de 1.

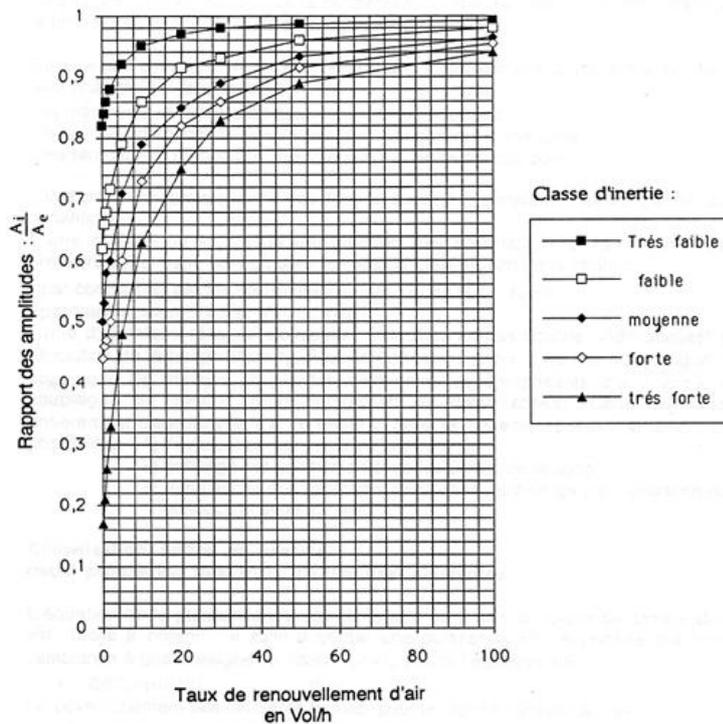


Fig. 8 : Variation du rapport A_i/A_e des amplitudes thermiques interne et externe en fonction du taux de renouvellement d'air dans un local (d'après Mohamed Abdesselam, 6) : plus la ventilation augmente, plus la valeur du rapport tend vers l'unité, pour toutes les inerties thermiques.

Dans ce sens, si la ventilation est forte, on peut dire que l'inertie thermique par absorption n'a qu'une influence très faible sur le comportement du bâtiment et ne peut donc être qualifiée ni de « nuisible » ni (encore moins) de « favorable », mais ce qui est certain c'est qu'elle n'est pas requise. Un coup d'œil sur le diagramme bioclimatique de la figure 3 montre bien que les conditions climatiques de Janvier restent hors de portée de l'inertie thermique (limites « I » et « IVN »).

Par ailleurs, force est de constater que l'art de construire à la Réunion fait de plus en plus appel à la mise en œuvre du bloc béton et qu'il est donc inévitable qu'un minimum d'inertie par absorption soit présente dans la plupart des constructions neuves. Cela a pour résultat que les planchers, les refends et les murs d'enveloppe extérieure présenteront dans un grand nombre de cas une inertie par absorption non négligeable. A partir de là, plusieurs précautions devront impérativement être prises :

- Le contrôle absolu des entrées solaires par les ouvertures ;

- Le contrôle strict des transmissions de flux de chaleur à travers les parois opaques (toiture, murs EST et OUEST), au moyen de l'ajout d'une isolation thermique et du recours à un enduit extérieur de couleur claire, l'idéal étant l'ombrage de ces parois par des masques architecturaux ou végétaux ;
- Une forte ventilation, en particulier la nuit, pour éliminer les chaleurs éventuellement stockées pendant la journée.

On peut le dire autrement : il est certain que le couplage *Inertie par absorption+Contrôle solaire insuffisant+Faible ventilation* constitue un facteur de pathologie thermique dans les bas de la Réunion en été.

Qu'en est-il des possibilités « climatiques » de la ventilation naturelle ?

1-3.4. Le gisement « vent ».

L'outil « Bâtiment PERENE » définit trois zones de vent sur l'île :

- La zone « ventée » où des vitesses d'air $> 2\text{m/s}$ se présentent $> 50\%$ du temps, principalement sous forme d'alizés.
- La zone « faiblement ventée » où des vitesses d'air $< 2\text{m/s}$ se présentent $> 50\%$ du temps, sous forme de brises.
- Une zone intermédiaire entre les deux.

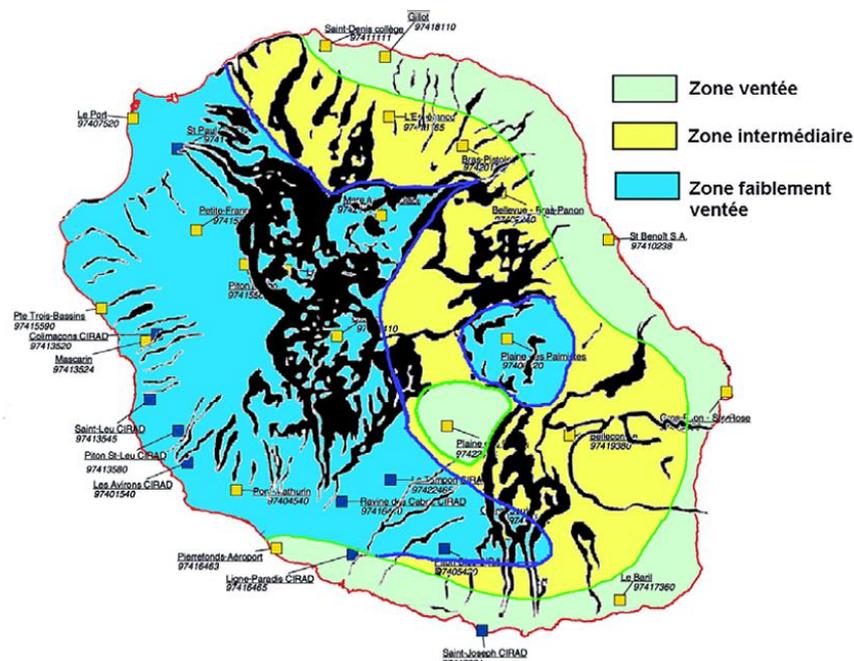


Fig. 9 : Zones ventées de la Réunion (d'après l'outil Bâtiment PERENE, 8).

Cette carte introduit le fait qu'il va être plus facile de ventiler des locaux en zone « ventée » (de Saint Denis à St Louis) et que cela sera plus difficile en zone « faiblement ventée », de La Possession à Saint Leu. Pour confirmer ce pronostic, il faudrait disposer des données de vent nocturne.

Pour la station de Saint Denis Gillot, en zone « ventée », les valeurs moyennes du mois de Janvier 2005 donnent :

- Pour la période horaire 7h-18h (« Jour »), vitesse moyenne = 20 km/h (5,55 m/s)
- Pour la période horaire 19h-6h (« Nuit »), vitesse moyenne = 17 km/h (4,72 m/s)

C'est-à-dire une différence assez faible : on peut voir là l'influence du vent synoptique qu'est l'alizé. Dans cette zone, les capacités de la ventilation nocturne sont donc importantes.

Il est légitime par contre de s'inquiéter des valeurs de vitesses d'air nocturne en zone « faiblement ventée », sachant que l'origine des déplacements d'air est plus axée sur les brises et que ce phénomène de brise est moins marqué la nuit. Dans cette zone, l'exigence de performance de la ventilation naturelle est plus grande.

L'outil PERENE donne dans ses annexes les profils d'une « journée moyenne chaude », c'est-à-dire de « fort rayonnement, forte température et vent faible », dans la zone littorale « sous le vent ».

Les profils montrent que la vitesse d'air extérieur ne dépasse pas 1m/s de 1h à 6h puis après 21h. C'est peu, sans doute trop peu pour générer des vitesses à l'intérieur du bâtiment susceptibles de restaurer des conditions perçues comme confortables. Ces circonstances-là nécessitent de la part de l'habitant une exposition directe aux conditions extérieures, par exemple sous une varangue : la température extérieure est en ces moments-là inférieure à 27°C. A l'intérieur, le salut ne peut provenir que d'un fort brassage de l'air pour augmenter sa vitesse, ou d'un système de climatisation.

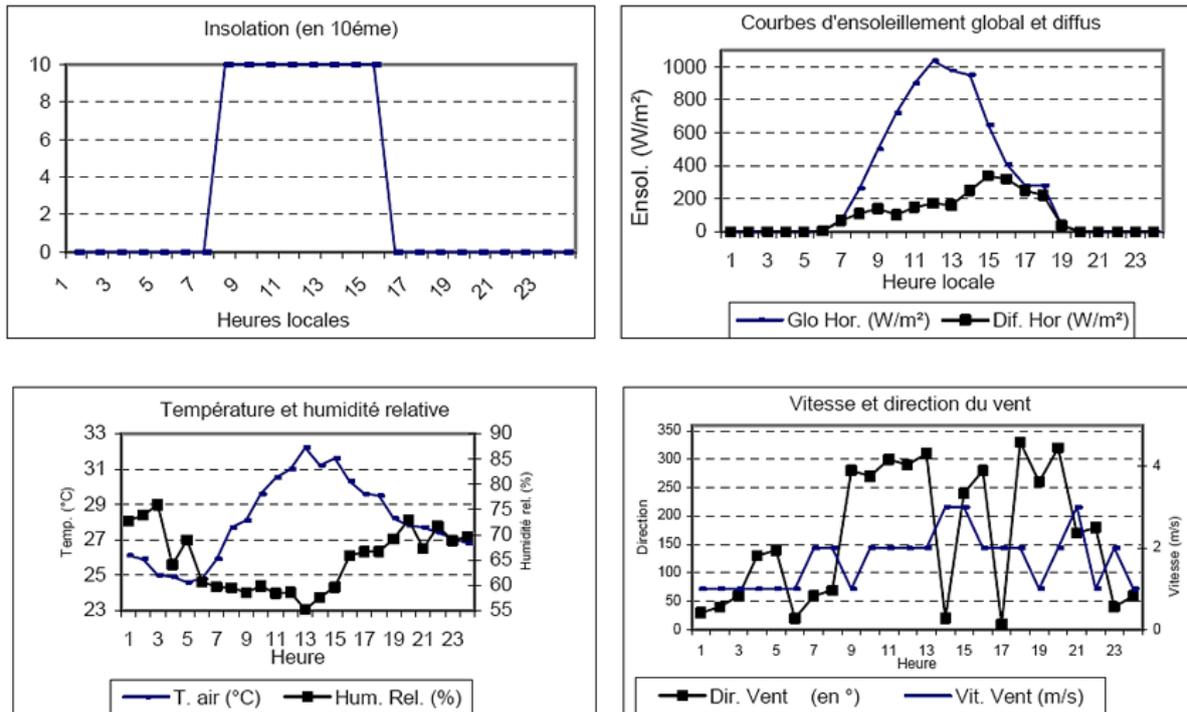


Fig. 10 : Conditions climatiques simultanées d'une journée « moyenne chaude » de « fort rayonnement, forte température et vent faible », dans la zone littorale « sous le vent » d'après l'outil PERENE (8)

Qu'en est-il de la journée « extrême chaude » ?

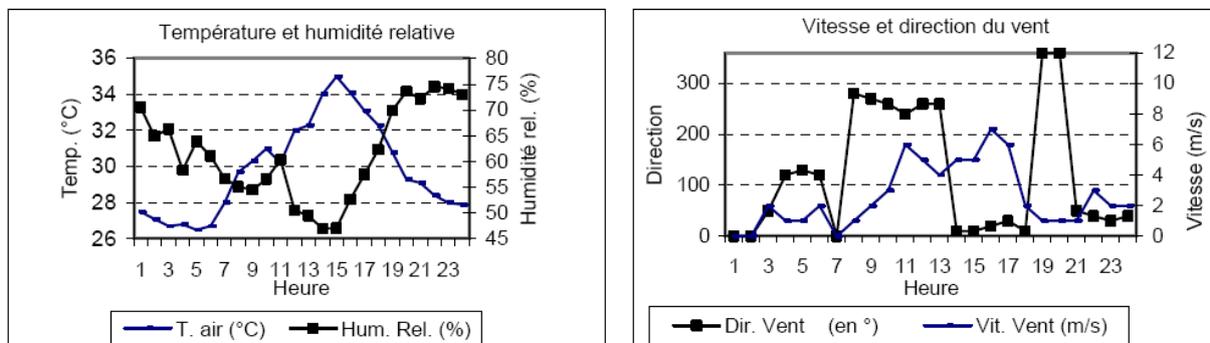


Fig. 11 : Conditions climatiques simultanées d'une journée « extrême chaude » de « fort rayonnement, forte température et vent faible », dans la zone littorale « sous le vent » d'après l'outil PERENE (8).

Cette journée, sans doute assez exceptionnelle (non rencontrée dans notre série de l'année 2005), pose le problème que le vent est nul entre minuit et 3 heures et surtout que la vitesse maximale de l'air (7m/s) coïncide avec le maximum de température (qui atteint les 35°C) et ne peut donc servir au rafraîchissement, même de manière directe : on admet en effet qu'au-delà de 33°C, la vitesse d'air active les échanges dans le sens des apports de chaleur

pour le corps (effet de « sèche-cheveu »). Pendant les 3 heures où $T_e > 33^\circ\text{C}$ et où la vitesse d'air $> 5\text{m/s}$, il y a soit un mauvais moment à passer, soit une attitude spéciale à adopter, de type « balnéaire ». Par bonheur, cela existe bien dans la zone concernée (littoral « sous le vent »).

1-3.5. Conclusion sur le réalisme de la non-climatisation

Partant du principe que l'on ne dimensionne pas un équipement ou un système sur des conditions exceptionnelles, on peut affirmer que dans ensemble, que ce soit dans le temps (faible nombre de jours concernés) ou dans l'espace (zone limitée au littoral « sous le vent »), le degré de réalisme de l'objectif de « non-climatisation » est assez élevé et que, sauf circonstances particulières, il est possible d'éviter de climatiser une habitation sur l'île de la Réunion, à condition d'observer des règles de conception architecturale strictes : ventilation efficace, protection solaire sans point faible.

Cela semble éloigné de ce qu'on peut constater tous les jours en observant les climatiseurs qui ornent les façades ici et là : il faut sans doute faire la part de la force de persuasion commerciale des vendeurs de climatiseurs, du marqueur social que constitue la présence de ces machines bien en évidence sur la rue, de l'impossibilité de ventiler correctement à cause du bruit urbain ou des moustiques et, il faut le dire, de la création du besoin de climatisation entraînée par une mauvaise conception architecturale, même en dehors de la période estivale et sans doute aussi hors de la zone climatique la plus exposée.

L'objectif du présent article est donc d'aider les architectes à éviter ces erreurs qui « créent » littéralement le besoin de climatisation. Il faudra aussi être attentif au comportement des habitants et pour cela faire un effort pédagogique en leur direction.