

2-1.3. Cas particulier des ouvertures

Les fenêtres posent souvent des problèmes de condensations à cause de deux phénomènes :

- La conductance élevée du vitrage qui abaisse la température de celui-ci au point d'atteindre des valeurs inférieures à la température de rosée ;
- Les ponts thermiques constitués par les cadres de menuiseries, notamment les menuiseries métalliques (lorsqu'elles sont dépourvues du système dit de « rupture du pont thermique ») ainsi que par les joints entre elles et la structure de la façade.

En zone d'altitude il est indispensable de généraliser le choix du double vitrage et de choisir des menuiseries thermiquement performantes: le choix de la menuiserie bois est pertinent à condition de maîtriser l'eau de condensation.

En conclusion, on peut dire que l'air humide est probablement le problème numéro 1 que pose la construction en zone d'altitude. Une précaution sera à respecter, celle de maîtriser les ponts thermiques de manière à éviter des zones de condensation fréquentes.

Nous n'avons pas envisagé le cas où aucune puissance de chauffage n'est appelée, laissant la température intérieure descendre en dessous de 17,5°C. Il va de soi que dans ce cas, la marge de manœuvre en matière de production de vapeur d'eau intérieure est nulle, à moins de fortement ventiler le volume, ce que le comportement d'un tel habitant ne pourra certainement pas tolérer !

2-1.4. Le problème du choix des expositions

Le nombre relativement élevé de Degrés-Jours rend l'utilisation directe du rayonnement solaire judicieuse pour ne pas dire indispensable les trois quarts de l'année. Les besoins les plus forts se situent en hiver et l'exposition NORD est a priori requise. Mais, en zone d'altitude, deux phénomènes peuvent contrarier ce principe :

- L'ensoleillement « climatique » en général plus faible l'après-midi que le matin.
- Les masques éventuels créés par le relief en direction du NORD.

2-1.4.1. Ensoleillement « climatique »

La figure 55 montre que pour la Plaine des Cafres en juillet, la courbe du Rayonnement Global horizontal centrée sur 12h est dissymétrique. Cette tendance est confirmée par les données annuelles de la station de Petite France, où l'insolation de l'après-midi est presque le tiers de celle du matin (fig. 56) hiver comme été.

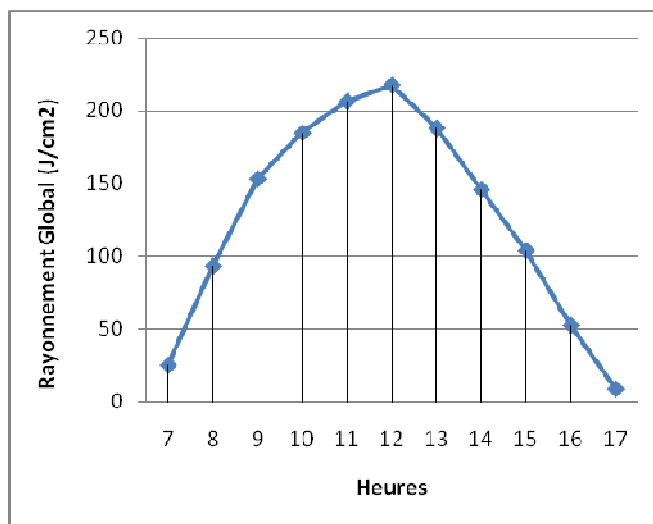


Fig. 55 :

Rayonnement Global reçu en moyenne journalière à la Plaine des Cafres en juillet : dissymétrie matin/après-midi.

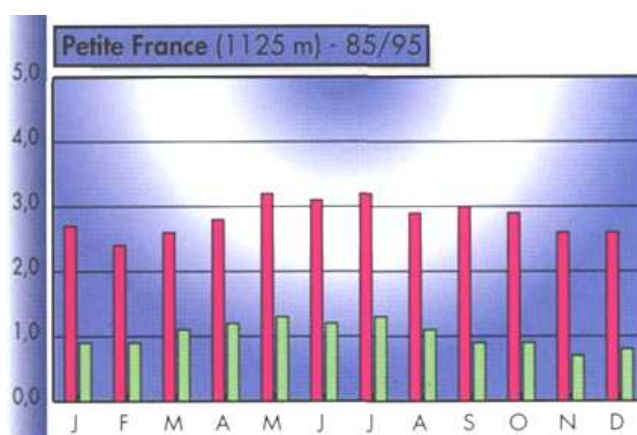


Fig. 56:

Durée d'insolation du matin (en rose) et de l'après-midi (en vert) reçue en moyennes mensuelles exprimées en heures à Petite France (d'après l'Atlas Climatique de la Réunion).

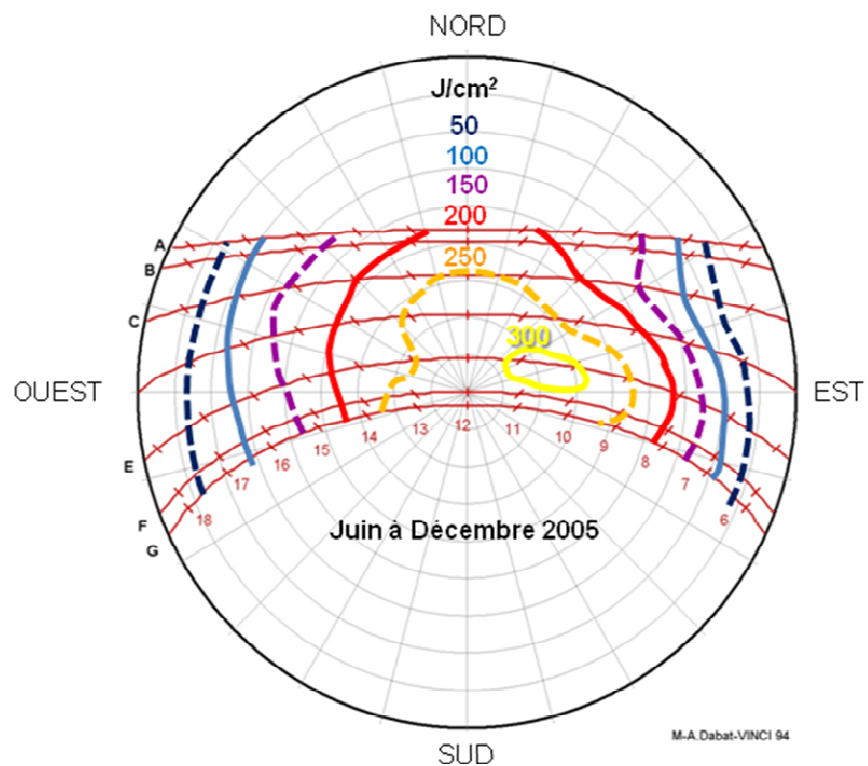
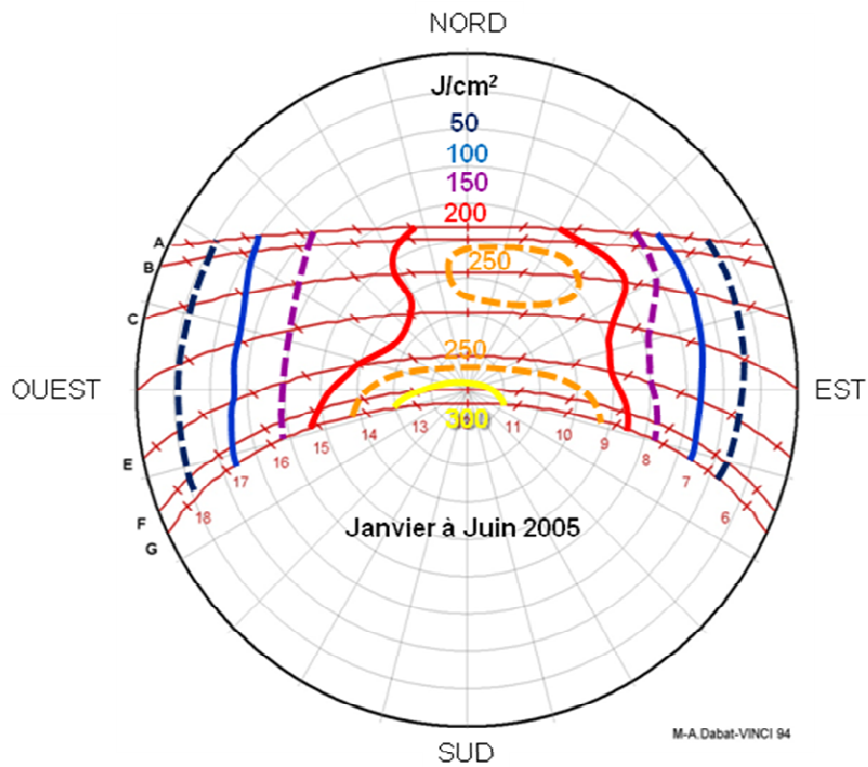


Fig.57 : Rayonnement Global horizontal moyen horaire (J/cm^2) mesuré par Météo-France à la Plaine des Cafres de Janvier à Juin 2005 (en haut) et de Juin à Décembre (en bas) : la dissymétrie est plus forte en avril-mai-juin qu'en Juillet-Août.

La figure 57 montre la répartition horaire moyenne mensuelle du rayonnement Global (exprimé en J/cm^2) issue des données en continu de la Plaine des Cafres de l'année 2005. On y voit bien aussi la dissymétrie matin/après-midi, plus marquée en hiver. Rappelons que $1J/cm^2 = 2,78Wh/m^2$.

Cela doit avoir pour conséquence d'imposer des expositions décalées vers l'EST. On choisira donc des expositions allant de NORD-NORD-EST à NORD-EST. Si l'on se fie au diagramme de la figure 57, basé sur les données d'une seule année, on voit que l'exposition idéale serait décalée de 15° vers le NORD-EST.

2-1.4.2. Masques dus au relief

Les masques dus au relief sont a priori importants sur toute l'île de la Réunion quand on observe les paysages : profondes ravines, sommets élevés et escarpés.

L'existence d'un relief dans l'environnement du bâtiment peut elle aussi justifier de déroger à la règle du « Tropisme NORD » selon les azimuts où ce relief se trouve. Mais cette exception est quand même moindre que dans des latitudes plus élevées : le soleil d'hiver à la Réunion correspond au soleil d'équinoxe en métropole !

Examinons deux cas de sites exposés à des masques importants vers le NORD : celui des cirques, avec Cilaos et Grand Ilet dans le cirque de Salazie. Les figures 58 et 59 montrent les profils angulaires des masques constitués par les reliefs environnants des deux sites.

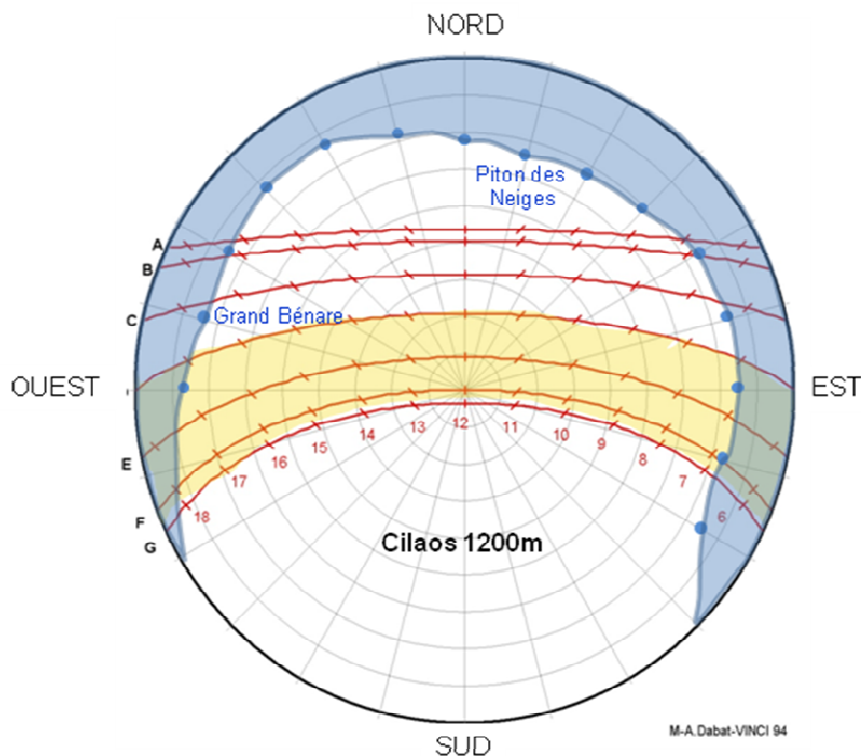


Fig. 58 : Profil des reliefs entourant le site de Cilaos : malgré les hauts sommets (Piton des Neiges et Grand Bénare), l'éloignement de ces reliefs produit des masques angulaires très modérés, même en hiver.

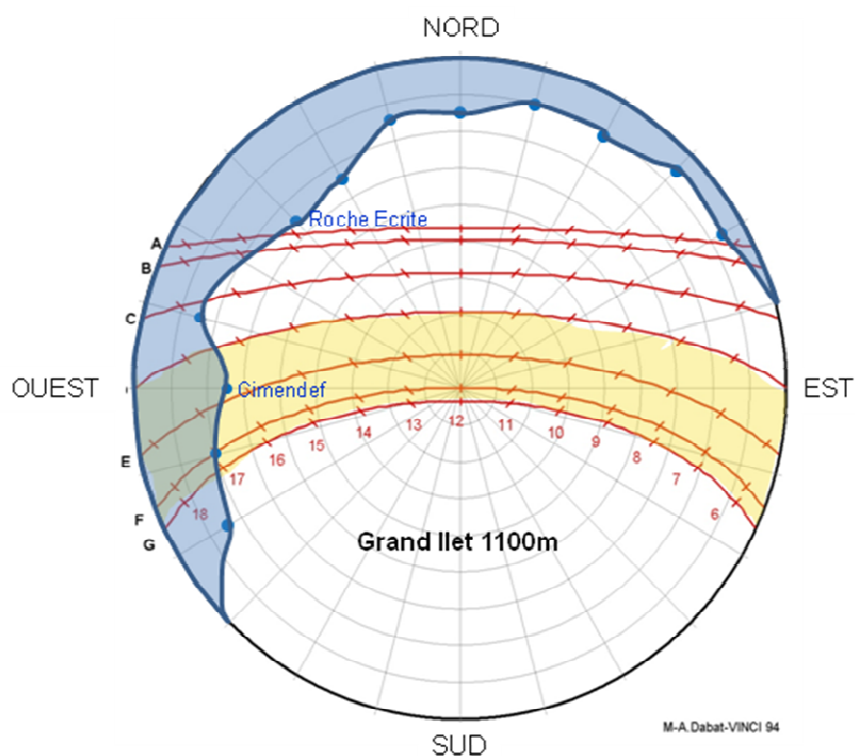


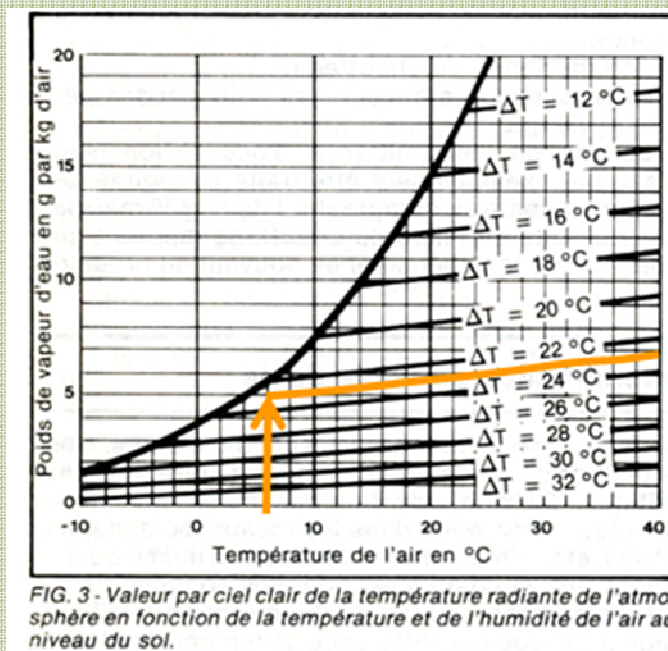
Fig. 59 : Profil des reliefs entourant le site de Grand Ilet : les sommets de la Roche Ecrute et du Cimendef affectent l'ensoleillement de fin d'après-midi hiver comme été.

Aucun des deux cas étudiés, qui figurent pourtant parmi les plus exposés de l'île, n'est dramatique pour l'ensoleillement : il faut cependant noter les deux heures d'ensoleillement occultées en fin de journée par le sommet de Roche Ecrute en hiver à Grand Ilet (le point de référence a été pris devant l'église de Grand Ilet ; certaines implantations qui seraient placées à l'Ouest de ce point pourraient être plus sérieusement affectées).

Nous avons trouvé tout de même des sites dont l'ensoleillement est plus réduit du fait des reliefs environnants : c'est le cas de Grand Galet dans la vallée de la rivière Langevin (voir la figure 65 plus loin).

Le problème des couvertures

Les nuits souvent claires des Hauts et de la zone d'altitude, combinées avec de basses températures d'air conduisent à des températures radiantes de ciel très froides. Pour en avoir une idée, il suffit de consulter le diagramme ci-après, tiré de l'article de G. Fleury dans la *Revue Technique du Bâtiment et des Constructions Industrielles* N°137 (1990) :



Par ciel clair, les conditions moyennes de Juillet à la Plaine des Cafres donnent une température d'air minimale de 6°C et une humidité relative de 89%, soit une humidité spécifique de 5g de vapeur d'eau par kg d'air sec (proche de la saturation). On voit sur le diagramme que la température radiante du ciel est égale à 6 – 23 = -17°C ! Cela explique en partie pourquoi il est nécessaire de soigner la composition des couvertures des constructions de manière à ce qu'elles présentent une résistance thermique maximale, car leur surface externe rayonne intensément vers le ciel et se refroidit fortement.

Rappelons que l'émittance énergétique (W/m^2) de la couverture est proportionnelle au facteur d'émission ϵ de la surface et à la différence des 4^e puissances des températures radiantes exprimées en Degrés Kelvin. Le facteur de proportionnalité est la *constante de Stefan*.

2-1.5. Espaces adjacents : varangue ou véranda ?

Le besoin de protection contre le froid étant plus fort que le celui de l'ombre ventilée, en matière de prolongement de l'habitation, la véranda est préférable à la varangue ouverte. Il est d'ailleurs à noter que les espaces extérieurs « ouverts » en zone 4 ne le restent pas longtemps, comme le montre l'exemple suivant.



Survitrage après coup d'une varangue à la Plaine des Palmistes

La solution de la véranda fermée par des vitrages « ouvrables » offre l'avantage de la polyvalence : en position ouverte, elle se transforme facilement en varangue classique ventilée.

Ensoleillement à la Plaine des Cafres

Météo-France sur la série 1964-2004 publie les données d'ensoleillement suivantes :

Durée d'insolation :

Annuelle : 2080 heures

Mois le moins ensoleillé, Février : 139 heures

Mois le plus ensoleillé, Août : 192 heures

Rayonnement Global horizontal :

Mois le moins éclairé, Juin : 41 942 J/cm² (116,6 kWh/m²)

Mois le plus éclairé, Octobre : 66 621 J/cm² (185,2 kWh/m²)

Cumul annuel : 658 199 J/cm² (1 829,8 kWh/m²)

VARANGUE ou VERANDA...

« Quand on parle de varangue, on évoque la sieste, les causeries, entre gens du même monde. dans les colonies. C'est quelque chose de spécifique à l'habitat créole.

La varangue est issu du mot véranda (ou vérandah). Le mot vérandah apparaît en France, grâce à la traduction d'un compte rendu de voyage aux Indes (bien sûr) mais elle ne se répand vraiment qu'au 19ème siècle pour désigner une galerie légère, en bois, parfois vitrée, adossée à une maison.

Quant au mot varangue il a, à peu près la même signification, mais le sens s'est spécialisé dans la vie coloniale. C'est un mot marin d'origine scandinave, synonyme de vérandah. On dit aussi que c'est sans doute une déformation phonétique qui a valu au changement du mot véranda (d'origine indo portugaise) en « varangue » qui désigne une partie de la maison non fermée ; A noter qu'en tamoul « taj vâram » désigne un couloir recouvert d'un toit.

En Métropole on n'entendra pas beaucoup parler de varangue, mais de vérandah. La varangue est surtout propre aux belles maisons créoles, aux belles demeures !!! Les maisons créoles, en ce temps-là, étaient en bois et pleines de bestioles, vu l'ancienneté. La varangue est largement ouverte sur le jardin, généralement encadré de deux pignons précédant le corps de la villa et se situant à quelques marches au niveau de la cour, afin d'éviter l'humidité. Elle permettait l'accès à la pièce principale, c'est-à-dire le salon. Elle assurait en quelque sorte un rôle de boudoir, de bavardoir, de fumoir, disait Marius et Ary Leblond, des poètes réunionnais. Cette pièce permettait aussi d'avoir de la fraîcheur au salon. A une époque même, elle était réservée pour recevoir la famille, les amis, les proches et le salon pour d'autres gens ».

Texte extrait de « Architecture de l'île de la Réunion »

Site : <http://www.moring.fr/reunion/ile-de-la-reunion-architecture-creole.php>

2-1.6. Choix des matériaux

Construire dans les Hauts ou en altitude nécessite une forte isolation thermique pour compenser les « Degrés-Jours » nombreux en zone 4. Cette isolation thermique doit si possible permettre de réduire également les « ponts thermiques ». Dans le cas de construction en maçonnerie, cela signifie que l'isolation thermique doit être placée à l'extérieur. Comme elle doit être protégée, le parement extérieur devra être traité sous la forme d'un bardage. Il y a des chances que ce bardage soit en bois.

La construction « tout bois » peut donc aussi être envisagée. Est-elle thermiquement souhaitable ? Pour répondre positivement, deux conditions doivent être remplies :

- Une bonne isolation thermique de l'enveloppe
- Une inertie thermique par absorption pour récupérer les apports solaires directs avec un bon rendement.

Isoler thermiquement une structure bois ne présente pas de difficulté technique insurmontable : il suffit de bien remplir les espaces vides entre la structure, le bardage extérieur et le revêtement intérieur, en soignant les joints car le risque principal que l'on court avec des parois tout bois est leur défaut d'étanchéité à l'air.

La difficulté pour avoir une *inertie thermique par absorption* est nettement plus grande car le bois a une faible effusivité et pour bénéficier des possibilités d'emmagasiner la chaleur sans augmenter notablement la température intérieure, il faut disposer de matériaux effusifs (voir § 1-3.3., pp 10-11). Comme la chaleur mise en jeu est intérieure, puisqu'elle résulte de l'absorption des apports solaires directs pénétrant à travers les baies, il n'est pas nécessaire que l'effusivité soit présente dans les parois d'enveloppe, il suffit qu'on la trouve dans les parois intérieures que sont les planchers, les refends ou le cloisonnement. Par conséquent, une construction mixte bois+dalle béton convient bien.

Il faut noter cependant que la présence d'une inertie par absorption n'est souhaitable que pour une résidence principale (permanente). En cas de résidence secondaire, elle est non seulement pas indispensable, mais aussi nuisible : c'est particulièrement vrai pour tout bâtiment dont le système énergétique (climatisation et, pour les Hauts, chauffage) fonctionne par intermittence. Lorsque le système redémarre, la mise en température sera d'autant plus longue que l'inertie par absorption est forte. Il en résulte souvent une dépense énergétique plus élevée. Il sera donc conseillé d'utiliser de préférence le bois pour les constructions destinées à accueillir des hôtes temporaires.



Chambres d'hôtes en ossature bois sur maçonnerie à Bois Court, commune du Tampon.

2-1.7. Récapitulation pour l'habitation individuelle

La figure 60 résume les principales caractéristiques qu'il faut donner aux bâtiments construits en zone d'altitude.

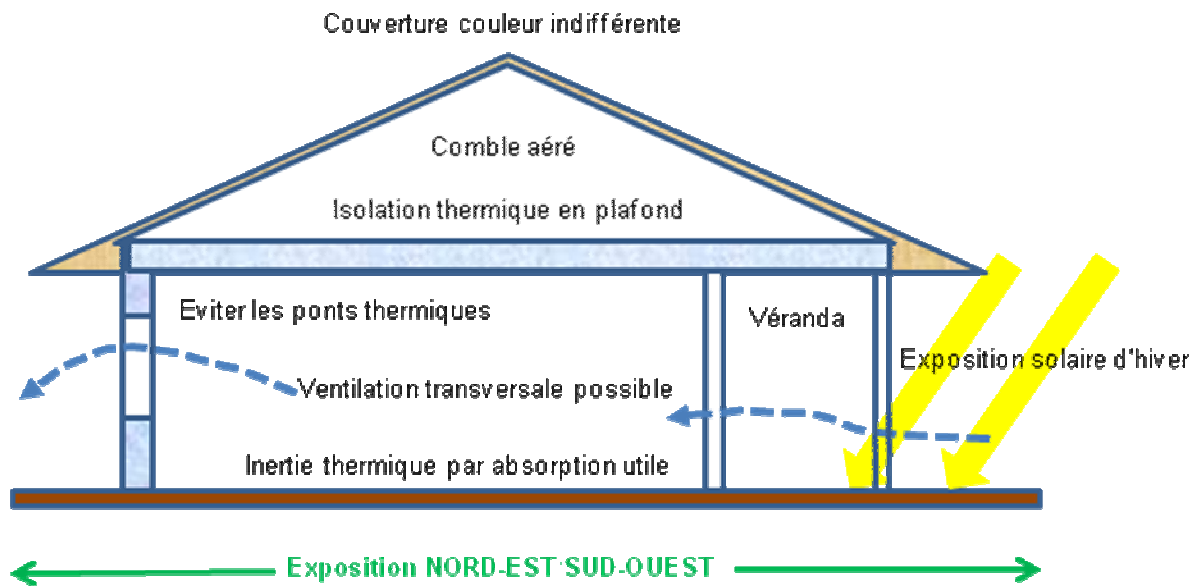
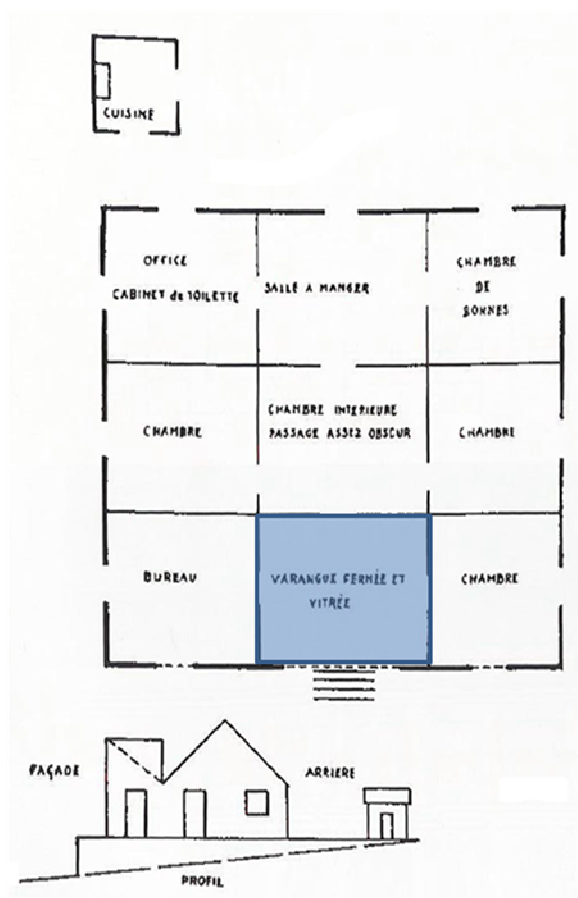


Fig. 60 : La construction en zone d'altitude.

Les solutions à mettre en œuvre sont principalement :

- Favoriser l'exposition solaire d'hiver en orientant les façades principales vers le NORD; utiliser aussi des surfaces inclinées ;
- Décaler les exposition « NORD » vers l'Est pour tenir compte des insulations réduites de l'après-midi ; une valeur de 15° peut être retenue ;
- Possibilité d'utiliser un espace-tampon vitré en façades NORD/NORD-EST;
- Isoler thermiquement toutes les parois d'enveloppe extérieure : les parois opaques comme les vitrages (double vitrage obligatoire) ;
- Maîtriser les ponts thermiques pour supprimer les risques de condensations localisées : cela implique quasiment une isolation thermique extérieure sur une construction en maçonnerie ;
- Utiliser des menuiseries en bois ou à rupture de pont thermique si elles sont métalliques ;
- Bénéficier d'un minimum d'inertie thermique par absorption (par exemple sous forme de planchers bas) ;
- Ventilation assurant un minimum de renouvellement d'air de 0,75 vol/h pour limiter les concentrations de vapeur d'eau dans l'air intérieur (V.M.C. conseillée).

2-1.8. Exemples en zone d'altitude



*Plan type d'une case-villa à Plaine des Cafres, d'après (13).
Noter la présence d'une varangue vitrée (qu'il est recommandé d'exposer au NORD)*



Maison avec véranda vitrée en position d'entrée (varangue du devant) à Cilaos.



Maison avec véranda intégrée à Bois Court (commune du Tampon), à 1300 m d'altitude) ; la façade est exposée Sud-Ouest.



Maison avec véranda accolée à la Plaine de Palmistes (à 1000 m d'altitude) ; la façade est exposée Sud-Ouest.



Grande Case à la Plaine des Palmistes (Domaine des Tourelles) : façade SUD-EST

2-1.9. Conclusion pour la construction en altitude

En altitude, le parti général de construction est plutôt celui d'une « maison solaire passive » capable de récupérer des apports solaires presque toute l'année, c'est-à-dire orientée plutôt au NORD ou NORD-EST pour échapper aux absences du soleil fréquentes l'après-midi. Cette exposition peut englober des surfaces autres que verticales, de manière à améliorer le bilan de l'énergie solaire reçue dans la journée. La solution est donc d'avoir recours soit à des vérandas vitrées en partiellement en couverture (vérandas plutôt accolées qu'encadrées), soit à des fenêtres de toit. Ces vérandas devront pouvoir être découplées du reste de la maison par une paroi isolée, de manière à qu'elles puissent se refroidir la nuit sans participer aux déperditions de la construction. Ne pas oublier de recueillir les eaux de condensation des vitrages de la véranda.

Cette option comprend aussi la présence à la fois de surfaces de parois « effusives » pour l'intérieur et d'une isolation thermique (faible effusivité) pour faire face aux gradients thermiques entre l'extérieur et l'intérieur. Une isolation extérieure sera bienvenue. Une construction en maçonnerie avec bardage isolant convient. Une construction en bois convient aussi si elle est isolée et si elle comprend au moins un plancher bas en maçonnerie

La question de l'humidité de l'air devra faire l'objet de soins attentifs, surtout en période estivale, quand l'air extérieur moins froid contient plus de vapeur d'eau et qu'à l'intérieur on n'éprouve pas le besoin de chauffer l'air. Les températures de rosée risquent d'être très proches des températures de surface des murs et cela augmente les probabilités de condensations en face interne. Il faudra ventiler les locaux pour évacuer la vapeur d'eau intérieure après une période d'étanchéité à l'air. Cela se fera de préférence quand l'air extérieur est plus frais que les murs intérieurs de manière à éviter tout risque de condensation supplémentaire. Une telle condition est très fréquente en altitude comme le montrent les diagrammes bioclimatiques. Une VMC pourra être envisagée de manière à empêcher l'accumulation de vapeur d'eau à l'intérieur de l'habitation.