



+ ECODOM

GUIDE DE PRESCRIPTIONS TECHNIQUES
POUR LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE
DES BÂTIMENTS EN MILIEU AMAZONIEN
ECODOM +



Sommaire

Introduction

1. Contexte et enjeux	4
1.1 Réchauffement climatique et dépendance énergétique	5
1.2 Maîtrise de l'impact humain et environnemental	6
2. Le label "ECODOM +"	6
2.1 Une démarche nationale déclinée en Guyane	6
2.2 Quelle traduction possible ?	7
2.3 Ventilation naturelle ou climatisation performante	8

Partie technique

1. Une exigence de moyens	10
1.1 Notions de confort	10
1.2 Thématiques abordées	11
2. Niveau d'exigences et solutions possibles	11
2.1 Implantation de l'ouvrage	11
■ CONCILIER PROTECTION SOLAIRE ET EXPOSITION AUX VENTS DOMINANTS	12
■ CRITÈRES INFLUANT SUR LA VENTILATION	12
■ CŒFFICIENT DE PONDÉRATION	14
2.2 Maîtrise des apports de chaleur	14
■ PROTECTION SOLAIRE DE LA TOITURE	15
• Types de solutions envisageables	18
• Impact environnemental	21
• Prescriptions techniques générales	22
■ PROTECTION SOLAIRE DES OUVRANTS	23
• Types de solutions envisageables	24
• Impact environnemental	29
■ PROTECTION SOLAIRE DES MURS	30
• Types de solutions envisageables	30
• Impact environnemental	36
■ VÉGÉTALISATION DES ABORDS	36
2.3 Ventilation naturelle ou climatisation performante	36
■ ÉLÉMENTS DE DÉCISION	36
■ VENTILATION NATURELLE	37
• Etape 1 : rendre le logement traversant	38
• Etape 2 : délimiter les zones de ventilation homogène (ZVH)	38
• Etape 3 : calculer les porosités à travers les cônes de ventilation	39

Sommaire

• Autres recommandations.....	44
• Brasseurs d'air.....	45
■ RAFraîchissement assuré par les climatiseurs.....	46
■ VENTILATION HYGIÉNIQUE.....	47
2.4 Fourniture d'eau chaude sanitaire.....	49
■ SOLAIRE THERMIQUE.....	49
• Installations individuelles.....	49
• Installations collectives.....	50
■ SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE.....	50
2.5 Eclairage performant.....	51
3. Synthèse des exigences.....	53

Annexes

Annexe 1. Données géographiques et climatiques de Guyane.....	56
■ COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES ET CLIMAT.....	56
■ VENTS.....	57
■ TEMPÉRATURE ET HYGROMÉTRIE.....	57
■ PLUVIOMÉTRIE.....	58
■ COURSE DU SOLEIL ET INSOLATION.....	58
Annexe 2. Facteurs solaires S_{Ouv} d'ouvrants divers.....	60
■ FENÊTRES ET PORTES-FENÊTRES.....	60
■ PORTES.....	61
■ PROTECTIONS INTÉRIEURES.....	61
Annexe 3. Coefficient de masque C_m des protections horizontales, latérales et des brises soleil.....	62
■ PROTECTION VERTICALE (DE TYPE BRISE-SOLEIL À LAMES).....	62
Annexe 4. Facteurs solaires C_m des stores combinés aux films solaires.....	64
Annexe 5. Facteurs de masque lointain.....	65
Annexe 6. Coefficient de ventilation.....	67
■ EFFET DE SITE.....	68
■ EFFETS LIÉS À L'IMPLANTATION DU PROJET.....	69
■ EFFETS LIÉS À LA TYPOLOGIE DES LOGEMENTS.....	71

Un logement pour tous...

Le taux d'équipement de la Guyane reste bas : 52 logements sociaux pour 1.000 habitants (2007), au regard des autres DOM et de l'Hexagone.

En 2007, la Conférence Nationale du Logement Social en Outre-mer a établi que le rythme de construction devait atteindre 3.000 unités par an pour rattraper le retard existant.

RÉPARTITION PAR TYPES DE BESOINS	
Croissance démographique	1.800
Desserrement des ménages	300
Renouvellement du parc	700
Fluidité	200
Total	3.000

RÉPARTITION PAR NATURE DE LOGEMENT	
Locatif social	850
Locatif intermédiaire	150
Accession très sociale	620
Accession intermédiaire	350
Marché privé	1.030
Total	3.000

Cette demande de logements sociaux non satisfaite, - 80% des foyers guyanais sont éligibles et approximativement 13.000 familles sont en attente d'affectation - entraîne l'émergence d'habitations insalubres (bidonvilles et poches d'insalubrité) et de zones aménagées. 40.000 personnes vivent dans 10.000 habitations insalubres dont la réhabilitation coûte deux fois plus cher qu'une construction neuve. 30% des constructions sont illicites et ces dernières représentent 50% du nombre de constructions nouvelles (IEDOM, note express n°65 Janvier 2010).

Implique de construire plus de logements et mieux !

Il est donc urgent de développer la production de logements sociaux dont les multiples interactions avec les occupants (santé, accessibilité) et avec le milieu qui les entoure (ressources naturelles, déchets, gestion des risques, aménagement du territoire) soient prises en considération.

Fort de ce constat, l'ADEME avec le soutien de la Caisse des Dépôts a souhaité favoriser la construction de logements sociaux économes en énergie. En effet, le secteur du logement, qui contribue aux émissions de gaz à effet de serre à hauteur de 21% en Guyane (PER 2004), dispose des atouts pour se positionner comme un secteur clé dans le contexte de la gestion durable des ressources naturelles et par conséquent dans la lutte contre le changement climatique.

Les logements conçus d'après cette démarche seront agréables à vivre, car maîtrisant les apports de chaleur, ventilés de façon naturelle et construits dans une démarche de développement durable. Ils devront présenter des exigences au-delà de la réglementation thermique afin d'atteindre les objectifs que s'est imposée la France en matière d'efficacité énergétique.

Ainsi, la démarche ECODOM + répond non seulement aux attentes des usagers des logements - les locataires des bailleurs sociaux - en améliorant le confort, les économies d'énergie et le respect de l'environnement, mais également à celles de l'Etat en matière de construction sociale aux normes équivalentes à la THPE.

De plus, une telle qualité de construction permet une meilleure valorisation du patrimoine immobilier, par son attractivité renforcée liée à la qualité thermique des logements, ce qui se traduit par une réduction de la vacance et des charges induites.

ECODOM + est, par ailleurs, le quatrième guide conçu par l'ADEME Guyane, après les trois référentiels suivants : [ECODOM](#), pour le logement et l'habitat, [SIKODOM](#), pour les bâtiments scolaires à réhabiliter et [Qualité Environnementale Amazonienne](#) (QEA) pour la construction en général.

En lien avec les habitants...

Enfin, comme l'affirme l'Union Sociale pour l'Habitat (2009), les organismes de logement social disposent d'un atout majeur : leur lien avec les habitants. Ils "sont en mesure d'informer, d'associer, éduquer et in-fine d'inciter les locataires à adapter leurs comportements". L'appropriation de l'usage des chauffe-eau solaires, de brasseurs d'air et du solaire photovoltaïque, ainsi que l'éclairage performant constitue un vrai défi pour les locataires.

En effet, la sobriété énergétique exige de changer de paradigme énergétique, de se diriger résolument vers des éco-bâtiments sans consommation énergétique inutile, des logements qui maîtrisent les apports de chaleur prenant en considération, dès à présent, l'adaptation au changement climatique, afin que le milieu amazonien puisse continuer à nous sustenter.

Cayenne, Juillet 2010

Suzanne PONS
Directrice régionale de l'ADEME Guyane



Introduction

1. Contexte et enjeux	4
1.1 Réchauffement climatique et dépendance énergétique	4
1.2 Maîtrise de l'impact humain et environnemental	5
2. Le label "ECODOM +"	6
2.1 Une démarche nationale déclinée en Guyane	6
2.2 Quelle traduction possible ?	7
2.3 Ventilation naturelle ou climatisation performante	8

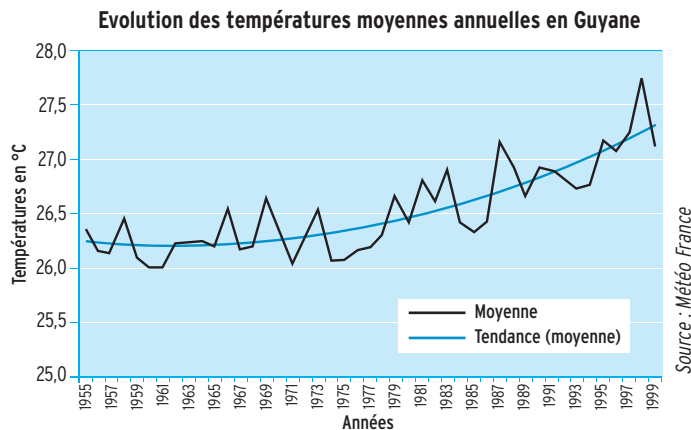
ECODOM +

1. Contexte et enjeux

1.1 Réchauffement climatique et dépendance énergétique

Le réchauffement climatique est aujourd'hui une réalité admise par tous. Le GIEC (Groupe d'expert Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat) prévoit une augmentation sensible des températures en Amazonie d'ici 2050, entraînant une modification profonde des paysages et des écosystèmes.

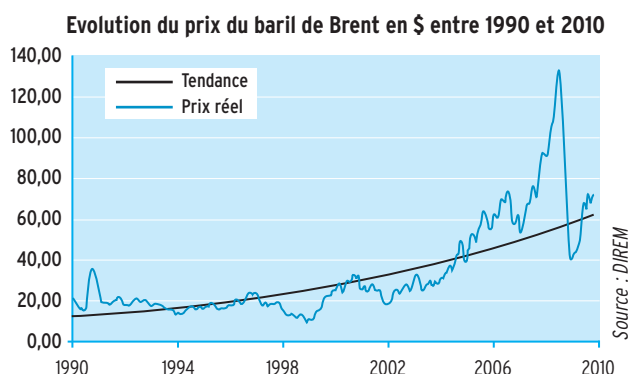
Nous en connaissons les **causes** - production de gaz à effet de serre émis essentiellement par la combustion d'énergie fossile - et les **conséquences** - augmentation du niveau des mers, réfugiés climatiques, stress hydrique et son impact pour la nature et les hommes.



Dans son rapport de novembre 2009 l'IEA (International Energy Agency) démontre de manière claire que la politique énergétique mondiale, dans laquelle nous nous sommes engagés, est non soutenable à court terme. Elle nous alerte sur le fait que, sans changement radical dans notre politique énergétique, la température du globe devrait se réchauffer de 6°C d'ici à 2100.

En Guyane l'électricité consommée sur le littoral provient, à parts égales, du barrage de Petit-Saut et de centrales thermiques (Dégrad-des-Cannes et Kourou). Or ces deux modes de production d'électricité sont parmi les plus émetteurs de CO₂ qui existent. Le barrage hydro-électrique de Petit-Saut, avec ses 320 km² de forêt primaire engloutie, dégage des quantités importantes de méthane (CH₄) au pouvoir réchauffant 21 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone (CO₂). Les centrales thermiques, avec des rendements proches de 30%, fonctionnent en brûlant des hydrocarbures et sont fortement émettrices de CO₂. Le contenu carbone de l'électricité en Guyane est donc particulièrement élevé : près de 860 g/kWh.

L'utilisation massive, au niveau mondial, de l'énergie d'origine fossile nous dirige vers une raréfaction de ces ressources et donc une augmentation inexorable et durable de leurs prix.



L'enjeu, pour la Guyane, de se libérer de la production d'électricité par des ressources fossiles est donc double. Tout d'abord limiter son impact sur le réchauffement climatique mondial. Ensuite ne plus être dépendant d'une ressource extérieure dont on ne maîtrise pas le prix et qui est amenée à augmenter durablement.

1.2 Maîtrise de l'impact humain et environnemental

Les enjeux et objectifs d'une démarche de type ECODOM + se situent au niveau de la recherche de l'**amélioration du confort thermique et de la maîtrise des consommations électriques**. Au-delà des avantages évidents pour un locataire, d'une bonne maîtrise de la température intérieure de son logement, et de la réduction de sa facture d'électricité, se situent des enjeux environnementaux d'une importance planétaire.

En premier lieu parce que des logements conçus avec une protection au soleil optimale, une bonne ventilation naturelle, et un chauffe-eau solaire correctement implanté, n'impliquent généralement pas de consommation électrique pour la climatisation ou le chauffage de l'eau. Outre les substantielles économies réalisées (un climatiseur et un chauffe-eau solaire peuvent facilement représenter une consommation annuelle de 5.000 kWh/an, soit un **coût de 500 euros** par an d'électricité), cela permet de limiter les conséquences environnementales qui sont considérables.

Les enjeux environnementaux de l'habitat se situent également au niveau des fluides utilisés par les climatiseurs. Ceux-ci jouent un rôle important dans le réchauffement climatique car chaque molécule de fluide frigorigène a un impact moyen sur l'effet de serre d'environ 1.500 fois supérieur à celui d'une molécule de CO₂.

Par ailleurs, le choix des matériaux est aussi important dans la conception de son habitat. Certains matériaux consomment énormément d'énergie pour leur fabrication (extraction des matières premières, transport, transformation). Cette énergie, appelée **énergie grise**, est variable suivant les types de matériaux, et caractérise son "contenu énergétique propre", tout au long de sa durée de vie. En clair, elle rassemble **les quantités d'énergie utilisées pour la fabrication de ce produit**, depuis l'extraction des matières premières nécessaires à sa fabrication, à sa mise en œuvre sur le chantier et jusqu'à sa fin de vie. Une liste non exhaustive des phases consommatrices d'énergie dans le cycle d'utilisation d'un matériau pourrait se décrire ainsi :

- extraction des matières premières et acheminement,
- transformation, mise en œuvre, assemblage,
- emballage,
- transport et importation éventuelle (ainsi un kilo de matériau acheminé en bateau depuis la France vers la Guyane aura par exemple produit plus de 110 grammes de CO₂, et entre 20 et 25 kilos si le transport est effectué par avion),
- mise en œuvre sur le chantier,
- déconstruction, mise en décharge, élimination des déchets.

D'autres matériaux sont non renouvelables, et leur utilisation participe à l'extinction des réserves existantes. C'est le cas des dérivés du pétrole, comme le plastique ou les matériaux bitumineux, ou de certains matériaux métalliques, comme en atteste le tableau ci-dessous, qui donnait les réserves disponibles en minéraux ou combustibles en 1995 :

RÉSERVES EN COMBUSTIBLES	
Charbon	210 ans
Pétrole brut	36 ans
Gaz naturel	55 ans
Uranium (hors Chine et Russie)	56 ans
RÉSERVES EN MINÉRAUX	
Aluminium	213 / 218 ans
Plomb	14 / 29 ans
Cadmium	19 / 40 ans
Fer (contenu minéral)	168 / 258 ans
Cuivre	29 / 53 ans
Mercure	15 / 34 ans
Nickel	47 / 109 ans
Étain	20 / 21 ans
Zinc	13 / 60 ans

NOTA : les chiffres donnés dans ce tableau correspondent aux réserves estimées, et pas forcément prouvées. Ces données, et notamment celles touchant au pétrole, ont évolué depuis une quinzaine d'années, et sont de fait discutables. Mais s'ils ne sont parfaitement exacts, les chiffres de ce tableau ont avant tout pour ambition d'indiquer une tendance, et de mettre en avant le fait qu'une majorité de ressources généralement utilisées pour l'énergie et la construction ne seront prochainement plus disponibles à bon marché.

Sources : DK-TEKNIK (94), Statistiques CEE (86), BP (90)

L'impact environnemental des matériaux se mesure aussi a posteriori. Certains ne sont pas recyclables, et posent le problème de la gestion de leurs déchets en fin de vie, d'autres vont nécessiter beaucoup d'eau pour leur mise en œuvre sur le chantier, ou peuvent avoir des conséquences sanitaires importantes sur l'air intérieur des locaux (produits chimiques contenus dans les enduits, colles, peintures ou mousses isolantes) et sur l'occupant. Tous ces effets liés à l'utilisation de tel ou tel matériau ou procédé constructif sont plus ou moins quantifiables et quantifiés, et il est éminemment complexe de mettre en balance des types de nuisances aussi variés que ceux touchant à l'effet de serre, la pollution des sols ou les émissions radioactives ou électromagnétiques, mais il est bon de spécifier les impacts environnementaux de certains choix constructifs.

A plusieurs niveaux, la construction d'une maison va donc "impacter" plus ou moins fortement sur son environnement, et il convient de bien maîtriser ces aspects dès la conception des plans. L'objet de cette démarche de ECODOM +, ou, à un niveau plus global, d'une démarche de Qualité Environnementale Amazonienne (QEA), qui intègre d'autres problématiques telles que la gestion de l'eau, des déchets ou la qualité sanitaire d'un bâtiment par exemple, est donc de fournir les outils et les bases d'une réflexion à toute personne souhaitant minimiser son impact sur son environnement proche et lointain, tout en maîtrisant sa facture électrique et en se maintenant en bonne santé.

2. Le label "ECODOM +"

2.1 Une démarche nationale déclinée en Guyane

La Caisse des Dépôts et Consignations (CDC) a souhaité mettre à disposition des bailleurs sociaux un prêt à taux bonifié pour la construction de logements sociaux répondant aux critères d'un label de type "Très Haute Performance Énergétique" (THPE). Ce label a pour ambition de favoriser en France la construction de bâtiments d'habitation **dont les performances énergétiques se situent au-delà de la réglementation en vigueur**, et qui garantissent un niveau de consommation énergétique 20% inférieur à celui défini par la Réglementation Thermique 2005. Le prêt mis en place par la CDC, appelé Prêt Énergie Performance, permet de financer à taux bonifié le surcoût de la construction de logements sociaux neufs qui répondent au label THPE.

Toutefois, ce label n'est pas décliné dans les territoires d'Outre-Mer, en raison notamment :

- de l'absence d'une réglementation thermique dans ces départements jusqu'à récemment,
- de l'existence de conditions climatiques et de préoccupations de confort majoritairement différentes,
- de la prédominance d'une économie basée essentiellement sur l'importation, qui génère un phénomène de dépendance énergétique extrême dans l'ensemble de ces départements (70 à 95% de l'énergie consommée), et un manque flagrant de matériaux locaux de construction et de savoir-faire.

Face à ces constats, la Caisse des Dépôts et l'ADEME Guyane ont souhaité s'associer pour proposer un guide adapté au département. Il a été nommé "ECODOM +", en référence à la démarche d'architecture bioclimatique du même nom, et permettra notamment l'obtention de ce prêt en Guyane.

2.2 Quelle traduction possible ?

Le label ECODOM + est défini :

- ▶ D'une part **par le respect d'exigences de moyens** dont un certain nombre sont inadaptées à la Guyane, en raison des causes évoquées ci-dessus, mais qui sont toutefois extrapolables au prix de certaines adaptations.
- ▶ D'autre part, les projets sont soumis à une **obligation de résultats** correspondant au respect de performances énergétiques calculées. Ces exigences sont très difficilement extrapolables au cas de la Guyane pour les raisons suivantes :
 - les besoins énergétiques prioritaires des logements pour la Guyane sont totalement différents de ceux en France métropolitaine : il n'y a en particulier pas de besoin de chauffage, mais plutôt une recherche de rafraîchissement,
 - en outre, les besoins de rafraîchissement ne font à ce jour l'objet d'aucune exigence réglementaire de confort de telle sorte que ces besoins sont, à des degrés divers :
 - soit **satisfaits par des dispositifs architecturaux** (conception bioclimatique), cette démarche qui est celle conduisant manifestement aux meilleures performances énergétiques, se heurtant à de nombreuses difficultés et étant globalement peu diffusée,
 - soit satisfaits **par des dispositifs techniques consommateurs d'énergie**, en faible (brasseurs d'air, ventilateurs, ...) ou en grande quantité (climatiseur),
 - soit **pas satisfaits du tout** auquel cas on a un déficit sur ce besoin social légitime de confort thermique pour les habitants des logements concernés.

Pour toutes ces raisons, **la définition d'exigences en termes de résultats (consommation d'électricité au m² par exemple) est donc quasiment impossible**. Il n'existe pas à l'heure actuelle de méthode de calcul caractérisant les performances énergétiques globales des logements des départements d'outre-mer, et il serait extrêmement difficile de caractériser ces performances qui seront dépendantes de nombreux paramètres, en particulier ceux externes au logement (site, orientation, urbanisme périphérique, potentiel de vent, ...).

Les exigences se porteront donc sur des **obligations de moyens**, comme cela est le cas au niveau d'outils existants, comme :

- ECODOM, opération expérimentale de qualification thermique des logements menée de 1995 à 2006 par l'ADEME, et qui a généré multiples opérations exemplaires réussies et valorisables,
- l'opération PERENE menée à l'île de la Réunion dans la continuité d'ECODOM, pour élargir le champ thématique des prescriptions à d'autres usages énergétiques que ceux abordés dans ECODOM, ainsi qu'à d'autres types de bâtiments que le secteur résidentiel.

Les enseignements de ces opérations ont été ici largement exploités pour la définition d'un label, comme cela l'a été pour définir le cadre réglementaire proposé pour la Réglementation Thermique DOM (RTAA) applicable depuis le mois de mai 2010. Les niveaux d'exigence définis dans ce guide reprendront la base de l'opération ECODOM qui est déjà connue des acteurs professionnels des Antilles-Guyane, mais se situeront au-delà. Pour cette raison, il a donc été décidé de nommer le label ECODOM +.

2.3 Intérêts du label

Dans un contexte de pression démographique importante, qui génère une demande massive de logements neufs, cette démarche prend donc tout son sens. En effet, au rythme de construction de 1.500 logements/an en Guyane, avec une croissance annuelle de 2,4%, le secteur de l'habitat accentue de plus en plus son impact environnemental. On comptait ainsi, selon l'INSEE, plus de 70.000 logements en Guyane, pour un taux de foyers équipés de climatisation passant de 14 à 23%, entre 1999 et 2005. Le secteur de l'habitat tirait ainsi à lui plus de **40% des consommations totales d'électricité, et produisait en 2007 près de 20% des émissions de CO₂**.

Il est cependant possible, lorsque les conditions extérieures s'y prêtent (pas de nuisance olfactive ou acoustique, pas de masque au vent), d'obtenir un confort satisfaisant sans pour cela faire appel à des moyens artificiels et très énergivores que sont les climatiseurs. L'intérêt pour les locataires des habitations labellisées ECODOM+ se situera donc au niveau de la maîtrise des charges d'électricité, gain qui **se répercute sur le montant des charges locatives**.

Pour les constructeurs ou les aménageurs, ECODOM + permet de développer une réponse évidente aux attentes des locataires en améliorant le confort du logement.

Le label ECODOM + représente donc une des solutions possibles pour envisager une construction durable, soucieuse du confort et du portefeuille de ses occupants, respectueuse de l'environnement et peu coûteuse pour la collectivité.



Partie technique

1. Une exigence de moyens	10
1.1 Notions de confort	10
1.2 Thématiques abordées	11
2. Niveau d'exigences et solutions possibles	11
2.1 Implantation de l'ouvrage	11
■ CONCILIER PROTECTION SOLAIRE ET EXPOSITION AUX VENTS DOMINANTS	1 2
■ CRITÈRES INFLUANT SUR LA VENTILATION	1 2
■ CŒFFICIENT DE PONDÉRATION	1 4
2.2 Maîtrise des apports de chaleur	14
■ PROTECTION SOLAIRE DE LA TOITURE	1 5
• Types de solutions envisageables	18
• Impact environnemental	21
• Prescriptions techniques générales	22
■ PROTECTION SOLAIRE DES OUVRANTS	2 3
• Types de solutions envisageables	24
• Impact environnemental	29
■ PROTECTION SOLAIRE DES MURS	3 0
• Types de solutions envisageables	30
• Impact environnemental	36
■ VÉGÉTALISATION DES ABORDS	3 6
2.3 Ventilation naturelle ou climatisation performante	36
■ ÉLÉMENTS DE DÉCISION	3 6
■ VENTILATION NATURELLE	3 7
• Etape 1 : rendre le logement traversant	38
• Etape 2 : délimiter les zones de ventilation homogène (ZVH)	38
• Etape 3 : calculer les porosités à travers les cônes de ventilation	39
• Autres recommandations	44
• Brasseurs d'air	45
■ RAFRAÎCHISSEMENT ASSURÉ PAR LES CLIMATISEURS	4 6
■ VENTILATION HYGIÉNIQUE	4 7
2.4 Fourniture d'eau chaude sanitaire	49
■ SOLAIRE THERMIQUE	4 9
• Installations individuelles	49
• Installation collectives	50
■ SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE	5 0
2.5 Eclairage performant	51
3. Synthèse des exigences	53

+

ECODOM

1. Une exigence de moyens

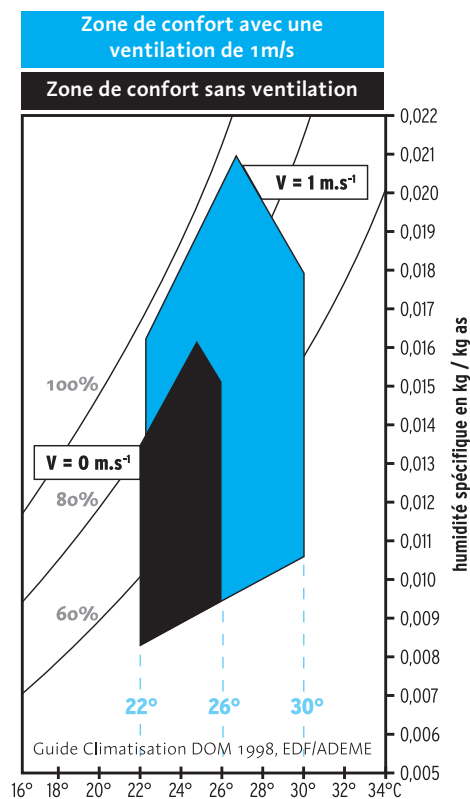
Le label ECODOM + est basé uniquement sur des **exigences de moyens, et non de résultats**. Ces exigences sont ambitieuses et doivent garantir l'obtention effective de performances énergétiques élevées. Il s'agit donc ici d'apporter des conditions de confort satisfaisantes, mais non quantifiables, par le biais de moyens éprouvés garantissant des conditions de température et d'humidité intérieure (hygrométrie) suffisantes au bien-être de l'occupant

1.1 Notions de confort

Les principes de l'opération de qualification ECODOM + sont des principes simples, et ont pour objectif de définir un ensemble de solutions techniques qui permettront de générer un confort thermique optimal. Le confort thermique d'un individu est un concept :

- global,
- subjectif et comportemental,
- sociologique et culturel,
- psychologique et physiologique,
- évolutif : l'être humain peut s'adapter.

Les critères qui le caractérisent dépendent donc en partie de l'individu et de sa personnalité, de son comportement, de son habillement ou de son état psychologique. Mais les conditions climatiques dans lesquelles se trouve cet individu, et en particulier **la température et l'humidité du lieu**, régissent en grande partie les bonnes conditions d'évolution de cette personne dans son environnement. On parlera ainsi de zone de confort thermique, qui a été définie à partir d'études expérimentales sur des individus acclimatés, vêtus d'une tenue légère simple, au repos ou en activité légère, dans un local sans ventilation. Les résultats ont montré qu'elle se situait entre une température de **22 et 26°C d'un côté, et entre 30 et 80%** d'humidité de l'autre, comme le montre le diagramme de l'air humide ci-contre.



Le respect des deux conditions est quasiment inévitable pour apporter des garanties de confort minimal.

Par ailleurs, d'autres paramètres rentrent en jeu, et l'on peut également citer :

- la vitesse de déplacement de l'air : 1 m/s de mouvement d'air intérieur apporte ainsi un "ressenti" de 4°C en moins sur la peau, et augmente l'amplitude de la zone de confort en autorisant des températures jusqu'à 30°C, et des taux d'humidité proches de 95% (voir graphique ci-dessus),
- la direction de l'air : si le déplacement se fait en direction du visage, il est évident que cela peut être désagréable.
- la dissymétrie de température des parois : si deux murs opposés sont par exemple de température différente, ils déséquilibrent et perturbent le niveau de confort de l'individu.

Le traitement simultané de toutes ces données est inévitable, et c'est leur équilibre qui va déterminer le niveau de confort d'une pièce :

- maintenir une chaleur intérieure à peu près équivalente à celle de l'extérieur, par un travail sur la protection solaire (des parois extérieures et des ouvrants),
- évacuer la chaleur superflue et créer une sensation de rafraîchissement par une ventilation naturelle.

1.2 Thématiques abordées

Les thématiques abordées à travers le label ECODOM + vont en tout cas au-delà des préoccupations énergétiques du label national. En effet, il s'agit ici de garantir un niveau de performance optimal pour l'ensemble des postes qu'il est possible de traiter par un opérateur immobilier de type SEM.

Les exigences vont donc se situer au niveau de 5 thématiques :

- l'implantation de l'ouvrage,
- la maîtrise des apports de chaleur,
- la ventilation naturelle ou la climatisation performante,
- la fourniture d'eau chaude sanitaire,
- l'éclairage performant.

Les 2 thématiques, "ventilation naturelle ou la climatisation performante" et "eau chaude sanitaire" seront abordées selon deux niveaux de traitement :

- les logements seront prioritairement traités par le biais de la ventilation naturelle. Une climatisation performante pourra être mise en œuvre lorsque certains critères objectifs (voir page 30) seront réunis,
- l'eau chaude sanitaire pourra être produite par le biais de l'énergie solaire, ou, lorsque cela n'est pas possible, par d'autres moyens (électrique, gaz) qui seront compensés par la mise en place d'une installation de production d'électricité photovoltaïque produisant à minima les kWh consommés en énergie primaire.

2. Niveau d'exigences et solutions possibles

Ce chapitre présente au maître d'ouvrage et au maître d'œuvre une traduction des exigences du label, à travers une série d'exemples constructifs couramment rencontrés. Ces principes sont à chaque fois donnés en précisant les conditions qu'il convient de respecter pour satisfaire aux besoins du label ECODOM +.

Toutefois, la liste des exemples fournie ci-après ne saurait résumer à elle seule l'ensemble des possibilités conceptuelles existantes, et ne doit en aucun cas brider la créativité nécessaire à la conception architecturale. De plus, la recherche d'optimisation énergétique d'un projet, ne doit pas se faire au détriment d'autres aspects essentiels d'une réflexion conceptuelle globale, tels que l'intégration urbaine du projet et sa qualité architecturale, fonctionnelle ou structurelle. Une démarche de haute performance énergétique, doit se situer au centre d'une réflexion globale, intégrant au même titre d'importance des considérations sociales, culturelles, environnementales et économiques. Le maître d'ouvrage se doit de faire émerger une volonté affirmée de minimiser les impacts préjudiciables d'une opération qui doit s'inscrire pour plusieurs décennies dans un environnement et une société données.

De même les solutions proposées, sont données avec les répercussions qu'elles pourraient avoir au niveau du confort acoustique, visuel, et des conditions sanitaires. Enfin, lorsque cela est possible, le guide aborde les aspects économiques à travers les thématiques de durée de vie ou de coût d'entretien.

2.1 Implantation de l'ouvrage

Le choix d'implantation d'un local est primordial dans une démarche bioclimatique. C'est un préalable important qui va conditionner le niveau de confort futur a priori d'un local, et les principes à retenir pour ensuite l'optimiser.

La décision finale prise quant à l'orientation d'un bâtiment résulte souvent d'un compromis obtenu entre différents atouts et contraintes, qu'ils soient d'ordre climatique, urbanistique, réglementaire, de voisinage, géodésique, acoustique, environnemental, politique ou autre. Dans ce cadre, il n'est pas toujours évident de placer en premier lieu l'intérêt d'une bonne exposition aux vents dominants ou au soleil.

■ CONCILIER PROTECTION SOLAIRE ET EXPOSITION AUX VENTS DOMINANTS

RAPPEL

Les vents dominants se situent Est/Nord-Est en saison humide, et au Sud-Est en saison sèche, mais de manière moins intensive.

Insolation Est et Ouest : 1,5 à 2 fois supérieure en moyenne à celles de Sud et Nord.

A 45° des vents dominants, le potentiel de ventilation est 25% moins important que face à ces mêmes vents, et à 90°, il est 2 fois moins élevé.

Sur un plan thermique, il est important de trouver la juste mesure entre la pleine exposition aux vents dominants et la protection de l'ouvrage vis-à-vis du rayonnement solaire

Ainsi, si l'orientation la plus favorable à la ventilation naturelle est l'Est, qui est la direction moyenne aux alizés, il faut être attentif aux répercussions qu'entraîne ce type d'orientation en particulier sur des bâtiments conçus en bandes larges, par exemple, et qui exposent de larges façades plein Est et Ouest, où les apports solaires sont les plus préjudiciables.

C'est dans cette recherche constante d'équilibre entre protection solaire et ventilation que devra se mener la toute première réflexion liée à l'orientation et la morphologie des bâtiments.

■ CRITÈRES INFLUANT SUR LA VENTILATION

Il n'est pas toujours possible d'orienter les bâtiments de manière optimale, en raison des contraintes évoquées plus haut. Sur un plan urbanistique, on peut notamment citer les cas suivants :

- parcelle étriquée,
- réglementation urbaine,
- densité urbaine.

Il est donc important de prendre en compte les caractéristiques d'un site et les niveaux de contraintes d'un projet, pour jauger la capacité de ce dernier à répondre à des exigences en termes de ventilation naturelle. On retiendra trois types d'influence :

- la rugosité,
- la topographie,
- l'orientation.

Ces trois types de contraintes ne sont pas exhaustifs, et un nombre plus important de typologies géographiques et d'implantation est donné en annexe 6. Chaque situation y est exprimée par rapport à la ventilation intérieure constatée, et quantifiée à l'aide d'un "coefficient de ventilation".

Rugosité

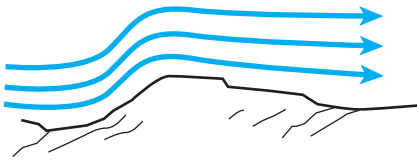
On peut définir trois types de rugosité, qui dépendent de la situation géographique du site de construction. A l'évidence, les potentiels de ventilation ne sont pas les mêmes en zone côtière, face au vent, qu'en zone urbaine dense. Suivant le potentiel de ventilation naturelle qu'ils impliquent, on peut donc délimiter trois zones géographiques :

FORT POTENTIEL DE VENTILATION NATURELLE	POTENTIEL DE VENTILATION NATURELLE MOYEN	FAIBLE POTENTIEL DE VENTILATION NATURELLE
Zones côtières exposées au vent, zones d'altitude	Zones de campagne et semi-urbaines, zones côtières sous le vent	Zones urbaines

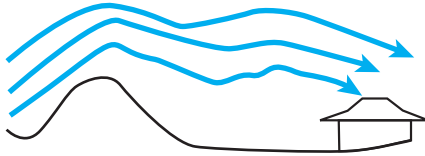
Topographie

Ce critère de définition du potentiel de ventilation se situe au niveau de la position du projet par rapport à la topographie, que l'on peut qualifier de géographie "micro". Le relief existant peut donc influencer le potentiel de ventilation, selon les deux catégories de relief définies ici :

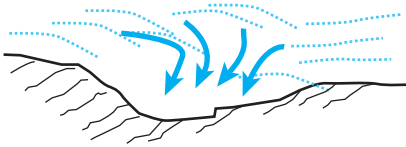
RELIEF FAVORABLE (F)	RELIEF NON-FAVORABLE (NF)
Bâtiment au vent au voisinage du sommet d'une colline	Bâtiment dans une vallée dont l'axe est perpendiculaire aux brises ou aux vents dominants recherchés
Bâtiment entre deux obstacles créant un "effet Venturi"	Bâtiment au vent en pied de colline



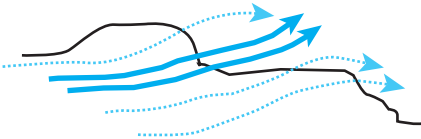
Les vitesses les plus rapides se situent au sommet des collines (perturbations en face "sous le vent").



L'effet du vent dévié par une colline peut se faire ressentir à une certaine distance de celle-ci.



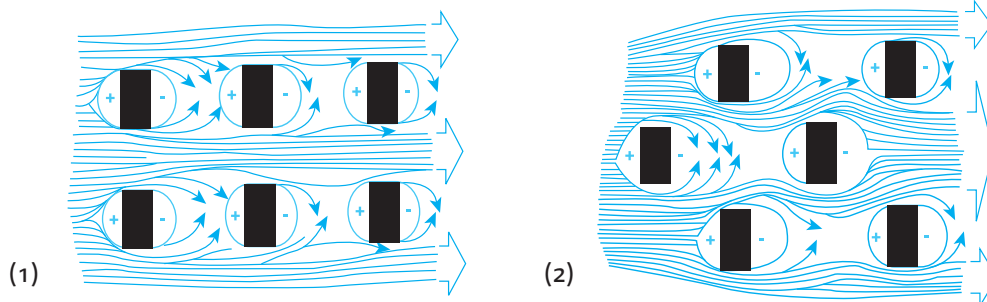
Les vallées peuvent canaliser les vents, et aussi créer des mouvements d'air convectifs, l'air froid descendant au fond de la vallée.



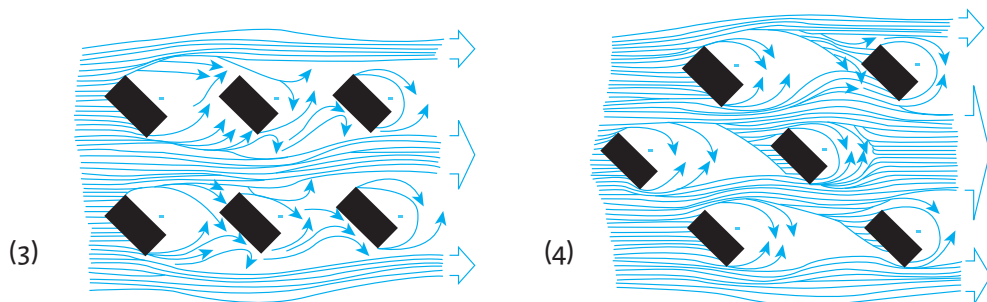
Les vallées peuvent canaliser les vents. Les vents qui sont déviés et canalisés entre les obstacles ont une vitesse d'air accrue au point de passage le plus étroit (effet Venturi).

Schémas d'après Martin EVANS, *Housing, Climate and confort*, Architectural Press, J.Wiley (1980)

Par ailleurs, l'influence des bâtiments les uns par rapport aux autres est prépondérante. Quelques exemples sont donnés ci-dessous (d'après A. BOWEN, *Classification of air motion systems and patterns*, dans PASSIVE COOLING, I.Clark et K.Labs ed. 1981) :



Vent perpendiculaire à la façade principale : la disposition en quinconce (2) permet de diminuer l'effet de masque et réduit les zones de dépression. La ventilation sera mieux assurée que dans la disposition linéaire (1).



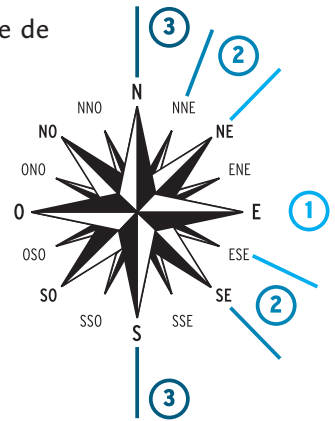
Vent de biais par rapport aux façades : la disposition linéaire (3), va, dans ce cas, créer des zones de turbulence à l'arrière des maisons, la ventilation sera difficile. La disposition en quinconce (4), permet de diminuer l'effet de masque entre bâtiments.

Orientation

L'orientation du bâtiment choisie ou contrainte va constituer la seconde donnée de considération du potentiel de vent.

La circulation des vents à l'intérieur d'un bâtiment varie en fonction de l'orientation de la façade principale. On distinguera donc trois niveaux d'orientation par rapport aux vents dominants :

FORT POTENTIEL DE VENTILATION NATURELLE ①	POTENTIEL DE VENTILATION NATURELLE MOYEN ②	FAIBLE POTENTIEL DE VENTILATION NATURELLE ③
Nord-Est à Sud-Est	Nord/Nord-Est à Nord-Est et Sud/Sud-Est à Sud-Est	Nord à Nord/Nord-Est et Sud à Sud/Sud-Est



■ COEFFICIENT DE PONDÉRATION

Le potentiel de ventilation naturelle des différents projets n'est pas le même selon sa localisation et ses caractéristiques. Il est donc nécessaire de pondérer les exigences de ventilation naturelle en fonction des critères géographiques influant sur la ventilation, définis précédemment (situation géographique macro et micro du site, orientation du bâtiment).

Les coefficients de pondération de la "porosité" sont résumés dans le tableau suivant (porosité de base 25%) :

Classement du site	ZONES CÔTIÈRES EXPOSÉES AU VENT, ZONES D'ALTITUDE						ZONES DE CAMPAGNE ET SEMI-URBAINES, ZONES CÔTIÈRES SOUS LE VENT						ZONES URBAINES					
	1		2		3		1		2		3		1		2		3	
Situation	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF
Coefficient de pondération de la porosité	0,85	0,95	0,9	1,05	0,95	1,1	0,95	1,05	1	1,15	1,05	1,2	1,05	1,2	1,1	1,2	1,2	1,4
Climatisation non tolérée																		
Climatisation tolérée																		

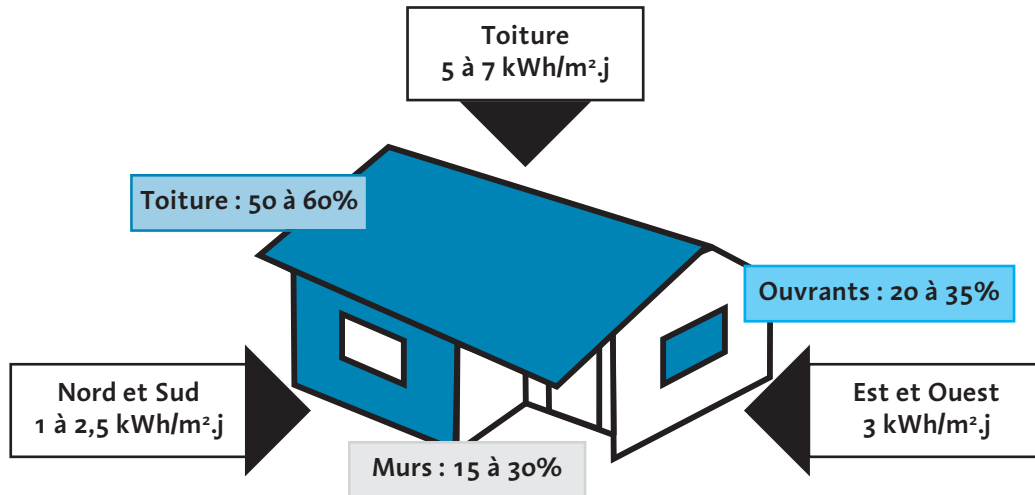
Les coefficients de pondération oscillent donc entre 0,85 et 1,4, en conséquence de quoi les exigences pour la ventilation naturelle varieront de 21 à 35% de porosité (voir page 41).

Pour exemple, un projet situé en zone côtière, en haut d'une colline, et où, pour des raisons liées à la parcelle, le bâtiment est contraint à une orientation Sud/Sud-Est, verra son exigence de porosité, initialement égale à 25%, être réduite à 23% (facteur 0,95).

Enfin, dans certains cas et selon certaines contraintes, explicitées page 30, le **traitement climatique des logements pourra être envisagé par le biais de la climatisation**. Les conditions pour lesquelles la climatisation pourra être tolérée sont indiquées dans le tableau ci-dessus, et concernent majoritairement les opérations en milieu urbain dense.

2.2 Maîtrise des apports de chaleur

Les apports de chaleur que l'on retrouve dans un logement de plein-pied sont en grande partie liés à l'absorption par les parois extérieures du rayonnement solaire. Mais celui-ci n'est pas le même suivant les orientations. Il est ainsi, dans l'année, plus important au niveau horizontal (toiture) et sur les orientations Est et Ouest. Aussi, en termes de pourcentage, les répartitions des apports de chaleur au niveau du logement sont les suivantes :



PROTECTION SOLAIRE DE LA TOITURE

	VENTILATION NATURELLE	CLIMATISATION
EXIGENCE MINIMALE	< 1,2%	< 1,2%
Indicateur : Facteur de transmission solaire (Fts)		

Comme vu précédemment, les apports de chaleur par les toitures peuvent représenter jusqu'à presque **2/3 des apports de chaleur d'un logement sur une journée**. Une protection solaire efficace de la toiture constitue la 1^{ère} urgence d'une bonne conception thermique et énergétique.

Le Facteur de transmission solaire (Fts), ou facteur solaire d'une paroi, définit le pourcentage de chaleur transmise par une paroi à l'intérieur d'un local, par rapport à celle qu'il a reçue au cours d'une journée. C'est ce qui caractérise la performance thermique globale d'une paroi. Il dépend à la fois :

- de sa capacité à résister à la transmission de chaleur (résistance thermique R, exprimée en m².°C/W),
- de sa capacité à capter la chaleur, qui dépend de la teinte du mur (coefficient d'absorption, voir ci-après).

D'une manière générale :

$$Fts = 0,05 \times \alpha / (R + 0,22)$$

(α : coefficient d'absorption de la toiture)

Plus le facteur solaire d'une paroi est faible, moins celle-ci transmet la chaleur.

Importance de la teinte de la toiture

L'un des premiers principes d'une bonne protection solaire de toiture consiste à choisir, conformément aux exigences réglementaires (urbanisme), une teinte la plus claire possible. En effet, les teintes les plus claires absorbent 2 fois moins de chaleur que celles plus foncées. Cette capacité d'absorption est définie par un coefficient d'absorption, appelé "α", qui définit le pourcentage de rayonnement "absorbé" par un matériau.

Quelques exemples sont donnés dans le tableau ci-dessous, pour différents types de toitures :

TYPE DE MATÉRIAU	COEFFICIENT D'ABSORPTION
Aluminium poli	0,15
Asphalte neuve	0,91
Asphalte vieille	0,82
Béton	0,60
Ciment blanc	0,42
Ciment blanc exposé à l'extérieur depuis 6 mois	0,61
Ciment blanc après 12 mois d'exposition	0,71
Ciment blanc après 6 ans d'exposition	0,63
Ciment blanc rouge	0,69
Etanchéité en feuilles bitumées brun	0,87
Etanchéité en feuilles bitumées vert	0,86
Feutre bitumé	0,88
Feutre bitumé avec surface aluminisée	0,40
Herbe sèche	0,68
Tuile en terre cuite	0,64

Pour généraliser, les valeurs suivantes seront communément admises, quel que soit le type de matériau. On notera que la teinte et la couleur sont deux notions distinctes et certaines couleurs dites "claires" peuvent avoir un coefficient d'absorption "α" assez élevé :

CATÉGORIES DE TEINTES	COULEURS	VALEURS DE α À UTILISER
Claire	Blanc, jaune, orange, beige, crème, rouge clair	0,4
Moyenne	Rouge sombre, vert clair, bleu clair	0,6
Sombre	Brun, vert sombre, bleu vif, gris clair, bleu sombre	0,8
Noire	Gris foncé, brun sombre, noir	1

Cependant, ces valeurs sont théoriques. Or les toitures de teinte claire vieillissent plutôt mal, et se recouvrent de champignons (cryptogames) qui à terme assombrissent le coloris, et le rendent équivalent à une teinte moyenne voire sombre. De ce fait, nous donnerons ici les **mêmes degrés d'exigences pour les teintes claires que pour les moyennes**, même si à l'évidence le confort thermique sera plus important les premières années (avant vieillissement) avec la première catégorie.

Les teintes noires seront quant à elles non compatibles avec la démarche ECODOM +.

Isolation

Pour diminuer le facteur solaire, il faut donc choisir une teinte la plus claire possible, et un complexe de toiture performant au niveau de la résistance thermique. Pour cela, l'isolation est une solution inévitable.

L'isolation thermique peut être :

- rapportée en plafond en sous-face de la toiture ou en surtoiture,
- réalisée à partir de panneaux isolants préfabriqués dits "panneaux sandwich",
- accompagnée d'un Isolant Mince Réfléchissant (IMR), **qui ne saurait être à lui seul un isolant au sens propre du terme.**

Si l'on compare par exemple deux types de toiture terrasse de teinte moyenne, l'une isolée, l'autre non, on obtient les résultats suivants :

DALLE HAUTE (15 CM) SANS ISOLATION	DALLE HAUTE (15 CM) AVEC 5 CM DE PERLITE
Facteur solaire = 9,8%	Facteur solaire = 2,4%

Une dalle béton (0,086 m².°C/W pour 15 cm d'épaisseur) est généralement à elle seule **10 fois moins efficace** pour contrer la chaleur qu'une faible épaisseur d'isolant (5 cm). Au final, le complexe "dalle + isolant" transmet **4 fois moins de chaleur** dans la journée, par rapport à une simple dalle haute. D'autres valeurs comparatives sont données dans le tableau page 30.

Différentes valeurs de facteurs solaires ci-dessous, pour différents types de toiture. On voit ainsi l'importance de l'isolation :

	+8 cm d'isolant	+4 cm d'isolant	+2 cm d'isolant	Béton (15 cm)
←	0,013	0,023	0,037	0,098
	+8 cm d'isolant	+4 cm d'isolant	+2 cm d'isolant	Tôle + faux-plafond
←	0,012	0,020	0,031	0,068
	+8 cm d'isolant	+4 cm d'isolant	+2 cm d'isolant	Tôle + faux-plafond + combles non-ventilés
←	0,011	0,019	0,028	0,063
	+8 cm d'isolant	+4 cm d'isolant	+2 cm d'isolant	Toiture végétalisée (30 cm de terre)
←	0,011	0,017	0,024	0,040

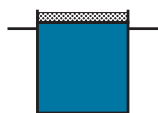
• Types de solutions envisageables

Ces exemples ont pour objectif de fournir des indications simplifiées pour les types de toitures généralement rencontrés.

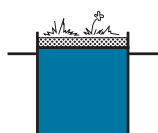
Ceux-ci peuvent se distinguer en 4 groupes :

- toiture terrasse en béton ("dalle haute"),
- toiture légère sans comble,
- toiture légère sur combles fermés ou faiblement ventilés,
- toiture décollée (au minimum de 50 cm).

Toiture terrasse



Ce type de toiture est généralement constitué par une dalle béton plane de 20 cm, avec une étanchéité de type bitumineuse en revêtement extérieur, et un enduit en face interne.



Dans le cadre d'une solution de toiture végétalisée, la dalle peut aussi servir de base à un système végétal composé de plusieurs couches :

- un substrat dans lequel seront installés les végétaux,
- une couche filtrante anticontaminante,
- une couche drainante pour éliminer l'excès d'eau,
- un film anti-racines pour éviter toute dégradation éventuelle.

Dans les deux cas de figure, **une solution non-isolée n'est pas satisfaisante**. Les niveaux d'isolation requis, selon les différents types d'isolant existant en Guyane, sont les suivants :

TEINTE TOITURE	POLYURÉTHANE OU POLYSTYRÈNE EXTRUDÉ (CM)	POLYSTYRÈNE EXPANSÉ OU LAINE DE VERRE / ROCHE (CM)	PERLITE (CM)
Dalle haute			
Claire ou moyenne	8	9	10
sombre	10	12	14
Toiture végétalisée			
	5	7	8

Toiture légère sans comble



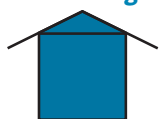
On classe dans cette catégorie toutes les toitures de matériaux à faible épaisseur, et présentant leur sous-face (nue ou avec faux-plafond) à la vue des occupants d'une pièce. Il n'existe donc pas de combles.

Les toitures peuvent être réalisées en tôle (acier, zinc-aluminium) ou bac acier, mais aussi en bardeaux de bois (wapa) ou bitumineux (shingle), en tuile de terre cuite, ou en matériau polymère ou fibreux.

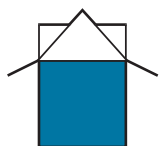
Dans tous les cas, la toiture doit être isolée, avec un isolant d'épaisseur suivante :

TEINTE TOITURE	POLYURÉTHANE OU POLYSTYRÈNE EXTRUDÉ (CM)	POLYSTYRÈNE EXPANSÉ OU LAINE DE VERRE / ROCHE (CM)	PERLITE (CM)
Claire ou moyenne	7	9	10
sombre	10	12	14

Toiture légère, avec combles peu ou pas ventilés



Dans cette catégorie entrent les mêmes types de toiture que précédemment, mais surplombant cette fois-ci des combles peu ou pas ventilés. Ces types de toiture sont généralement plus performants, toutes choses égales par ailleurs, d'un point de vue thermique, mais ils diminuent la hauteur sous-plafond, la stratification de l'air chaud, et par conséquent sa propulsion à s'élever.



La notion de combles non-ventilés peut ici être définie par un quota d'ouvertures minimum en deçà (bien en deçà, en fait) duquel les combles sont considérés comme faiblement ventilés. Ce quota, ou cette surface d'ouverture minimale des combles, est équivalent à 15% de la surface totale de la toiture.

Ainsi, une toiture avec une ouverture de type "chien assis" ne peut être considérée comme suffisamment ventilée. L'impact de ce type d'ouverture va par contre dans le sens de l'amélioration thermique d'un local s'il est situé dans le sens des vents dominants, et permet de réduire l'épaisseur d'isolant nécessaire, si sa taille est significative.

Dans ce cas, les épaisseurs d'isolant minimales à mettre en place sont définies dans le tableau suivant :

TEINTE TOITURE	POLYURÉTHANE OU POLYSTYRÈNE EXTRUDÉ (CM)	POLYSTYRÈNE EXPANSÉ OU LAINE DE VERRE / ROCHE (CM)	PERLITE (CM)
Claire ou moyenne	7	8	9
sombre	9	11	13

Toiture décollée

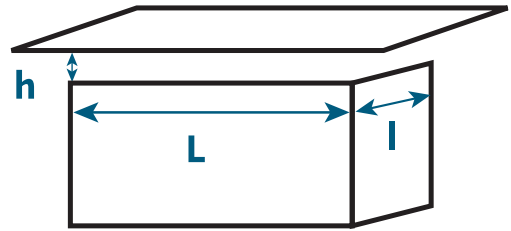
Ce type de toiture recouvre l'ensemble de configurations comprenant de larges sections d'ouvertures entre la toiture et le faux-plafond.

On peut dégager deux niveaux d'exigence, suivant le niveau de ventilation du site :

▶ **En site peu venté ($V \leq 2 \text{ m/s}$) :**

La surface totale d'ouverture de la toiture par rapport au faux-plafond ou la dalle haute doit à minima être égale à minima à 15% de la surface totale de toiture. Autrement dit, la hauteur d'élévation minimale "h" de la toiture par rapport au haut du mur du dernier étage, doit satisfaire :

$$h \geq 0,15 \times l \times L / (l + L)$$



▶ **En site très venté ($V \geq 5 \text{ m/s}$) :**

La surface totale d'ouverture de la toiture face au vent, doit être à minima égale à 5% de la surface totale de toiture.

Entre ces deux niveaux d'exigence, pour des vents moyens, la surface d'ouverture devra en général être de 10% minimum, avec des fluctuations allant de 5 à 15% selon la vitesse des vents.

	SURFACE D'OUVERTURE / SURFACE DE TOITURE	ORIENTATION	RÉPARTITION SPATIALE DES OUVERTURES DE VENTILATION
Site peu venté : $V \leq 2 \text{ m/s}$	$> 0,15$	Sans orientation privilégiée	Ouvertures réparties uniformément suivant tout le périmètre
Site moyennement venté : $2 \text{ m/s} \leq V \leq 5 \text{ m/s}$	$> 0,10$ ($\pm 0,05$ selon la force des vents)	Sans orientation privilégiée	Ouvertures réparties uniformément suivant tout le périmètre
Site très venté : $V \geq 5 \text{ m/s}$	$> 0,05$	Alizés	Ouvertures au vent et sous le vent de même surface

Dans tous les cas, les toitures devront répondre à l'exigence suivante :

$$\alpha/R \leq 3,5 \text{ (W/m}^2\text{.}^\circ\text{C)}$$

Où :

- α est le coefficient d'absorption de la toiture (voir page 16, "importance de la teinte de la toiture"),
- R est la résistance thermique du complexe de toiture (exprimé en $\text{m}^2\text{.}^\circ\text{C/W}$).

• Impact environnemental

L'impact environnemental des différents types de protections solaires de toitures peut se mesurer à plusieurs niveaux :

- choix des matériaux utilisés : énergie “contenue” par le matériau (énergie grise), eau nécessaire à leur conception et leur mise en œuvre, déchets et pollutions générés, impacts sanitaires,
- entretien et maintenance : est-elle facilitée ? Les matériaux choisis sont-ils adaptés à leur emploi ?

Au niveau des matériaux engagés, on peut dans un premier temps s'attarder sur l'impact en termes d'énergie grise (voir définition dans la partie introductive page 5), de tenue dans le temps et d'autres aspects sanitaires locaux ou plus globaux (effet de serre, couche d'ozone).

Ces considérations ont été rassemblées dans le tableau suivant :

	RÉSISTANCE THERMIQUE R (W/M ² .°C)	ENERGIE GRISE (kWh/M ³)*	TENUE DANS LE TEMPS	IMPACT SANITAIRE
Isolants				
Laine de roche	1,25 (5 cm d'épaisseur)	150	Tassement pour les matériaux à faible densité (vendus en rouleaux), absorption d'humidité	Présence de fibres pouvant être inhalées
Laine de verre	1,32 (5 cm d'épaisseur)	250	Tassement important, absorption d'humidité	Présence de fibres pouvant être inhalées
Ouate de cellulose	1,19 (5 cm d'épaisseur)	6	Traitement au sel de bore pour la résistance au feu, à l'humidité et aux insectes, mais pas de retour actuellement sous les tropiques	
Polystyrène expansé	1,43 (5 cm d'épaisseur)	450	Bonne, mais ne doit pas être en contact avec des éléments métalliques dont la température peut dépasser 70°C.	- Dégagement de pentane et de HCFC (nocif à la couche d'ozone) pour certains types importés - Dégagement de styrène à la chaleur
Polyuréthane	1,79 (5 cm d'épaisseur)	1.000	Bonne	Dégagement d'amines, issues du chlore
Perlite	1,00 (5 cm d'épaisseur)	250	Bonne	
Matériaux de toiture				
Bac acier	0,0001	60.000	Risque d'oxydation plus ou moins grands selon le type de matériau	
Bardeau bois	0,2	Dépend du type de bois mais faible	Bonne. Prévoir une pente suffisante (40%) et bien ventiler	“Stocke” du CO ₂ (800 à 1.100 kg/m ³)
Tuile	0,01	1.400	Apparition de mousses	
Végétalisation	0,2 (15 cm de terre)		Bonne	- Régulation de l'humidité et solution aux problèmes de gestion des eaux pluviales - Réduction locale de la pollution de l'air

* données générales France

NB : les isolants dits “écologiques”, de type chanvre et laines animales, n'ont pas été abordés ici, car non commercialisés à l'heure actuelle.

• **Prescriptions techniques générales**

Les documents régissant la pose d'isolant sont transcrits dans le DTU 45.1.

Il existe une certification ACERMI sur la qualité des isolants, qui les caractérise selon 5 points, désignés par un classement ISOLE auquel s'ajoute la résistance thermique R :

I : caractérise l'aptitude de l'isolant à résister à l'effet d'une compression (incompressibilité).

S : permet de juger de la stabilité dans le temps des dimensions initiales de l'isolant sous l'influence de la chaleur, de l'humidité et des sollicitations mécaniques.

O : caractérise le comportement à l'eau de l'isolant (impermeabilité, absorption d'eau...).

L : caractérise la cohésion et la rigidité de l'isolant après essais mécaniques en traction.


E : caractérise l'aptitude de l'isolant à s'opposer au passage de la vapeur d'eau.

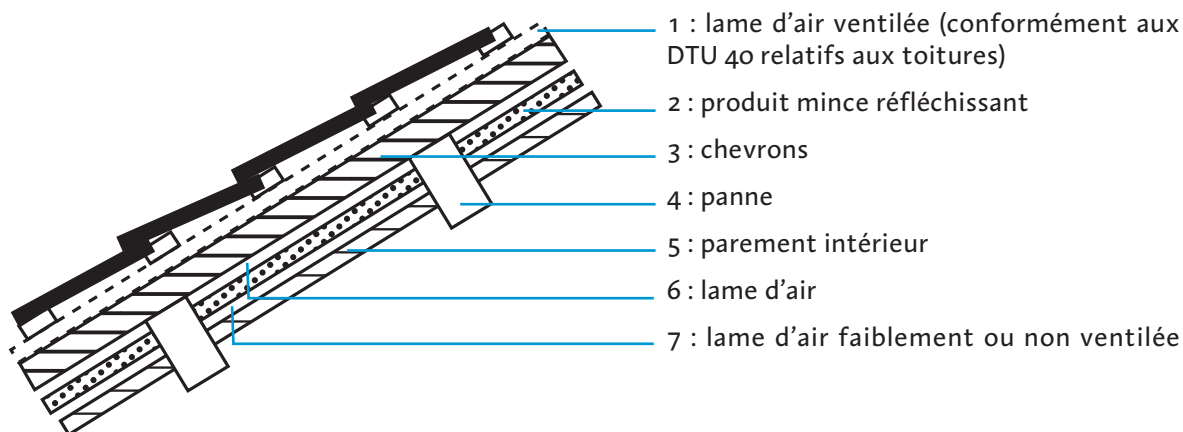
Chacune de ces caractéristiques est notée de 1 à 5, selon son niveau de qualité. C'est ce classement qui, en plus des propriétés thermiques propres au matériau, caractérise ses performances.

Isolants Mince Réfléchissants (IMR)

Les isolants Mince Réfléchissants doivent quant à eux respecter un mode de pose scrupuleux pour atteindre des performances thermiques acceptables (tendu, agrafés et pincé par des profilés).

En raison de leurs performances médiocres (faible tenue dans le temps, mise en œuvre complexe, faible performance thermique, fort contenu en énergie grise, prix élevé), les IMR seront considérés comme un complément à un isolant conventionnel. Il ne saurait à lui seul permettre d'atteindre les performances requises.

CERTIFICAT ACERMI					
ISOLANT THERMIQUE MANUFACTURE DU BATIMENT					
Caractéristiques et niveaux d'aptitude certifiés selon le Règlement Technique ACERMI					
I	S	O	L	E	R = m ² K/W

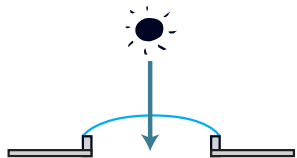

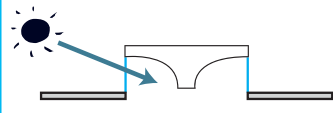


EXIGENCE MINIMALE Indicateur : Facteur de transmission solaire (Fts)	LOCALISATION
< 10%	Ouest, Sud-ouest et Nord-ouest
< 15%	Est, Sud-est et Nord-ouest
< 20%	Sud et Nord
Prohibé	Vitrage horizontal

Les apports de chaleur par les ouvrants représentent généralement 60% des apports solaires des parois verticales, c'est-à-dire les apports "hors toiture".

Ils sont liés à l'énergie emmagasinée par les ouvertures d'une maison, qu'il s'agisse d'une fenêtre ou d'une porte, car elles sont généralement moins "étanches" à la chaleur que les matériaux plus lourds qui constituent les murs.

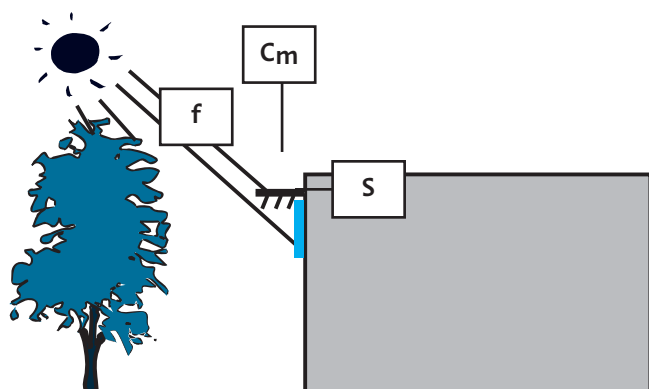
Par ailleurs, le vitrage d'une fenêtre va avoir tendance à stocker de la chaleur à l'intérieur du bâtiment par "effet de serre".

VITRAGE HORIZONTAL	LOCALISATION
<p>On définit par vitrage horizontal tout type de vitrage situé dans le même plan que la toiture (type de la figure 1). Ces principes sont incompatibles avec une démarche ECODOM +, mais il existe d'autres moyens envisageables pour générer des éclairages zénithaux sans tomber dans le vitrage horizontal. Le chien assis ou les lanterneaux (fig. 2 et 3) constituent des réponses appropriées s'ils sont situés au Nord ou au Sud, et sont 2 à 3 fois moins sources d'énergie (2,5 kWh.m².j contre 6 kWh.m².j). Leur traitement en termes de protection solaire correspond à celui d'un vitrage vertical.</p>	<p>Figure 1</p>  <p>6 kWh.m².j</p>
	<p>Figure 2</p>  <p>2,5 kWh.m².j</p>
	<p>Figure 3</p> 

Pour chacune des protections envisagées, le niveau de performance va se calculer une nouvelle fois à l'aide du Facteur de Transmission Solaire (Fts), qui est égal au produit :

- du facteur solaire propre de l'ouvrant (porte ou fenêtre), nommé Souv,
- du coefficient "d'effet de masque proche" constitué par la protection solaire qui l'accompagne, noté Cm (en cas de présence de plusieurs protections, multiplier les diverses valeurs de Cm),
- du coefficient "d'effet de masque lointain" nommé f, et qui caractérise les effets de masques liés aux éléments extérieurs (bâtiment ou végétation).

$$Fts = f \times Souv \times Cm$$



Ces trois valeurs sont égales à 1, par défaut. C'est ainsi le cas lorsque :

- une fenêtre est une baie simple (sans protection solaire) : Souv = 1
- il n'y a pas de masque proche : Cm = 1
- il n'y a pas de masque lointain : f = 1

Facteur solaire de l'ouvrant : Souv

Les valeurs des facteurs solaires des ouvrants sont données annexe 2

Coefficient d'effet de masque proche : Cm

Trois familles de solutions peuvent être envisagées pour réaliser cette fonction :

- les protections horizontales, de type auvent, casquette ou débord de toiture,
- les protections latérales,
- les protections verticales intégrées (volets, brise-soleil),
- les protections verticales rapportées (film, store).

Dans la suite du chapitre seront données les dimensions minimales des protections, prises individuellement, pour satisfaire aux exigences d'ECODOM+. Dans le cas de solutions combinées des valeurs de Cm sont données en annexe 3 et 4.

Coefficient d'effet de masque lointain : f

Pour être pris en compte, ce coefficient se doit de respecter certaines dispositions décrites dans ce chapitre. Les valeurs des coefficients d'effet de masque lointain sont donnée en annexe 5.

• Types de solutions envisageables

Il existe de nombreuses solutions de protections solaires des ouvrants, et l'intérêt de ce guide n'est pas de brider la créativité mais bien de dresser une liste de solutions courantes et régulièrement utilisées en Guyane pour combattre les apports de chaleur par les ouvrants.

Protections obligatoires

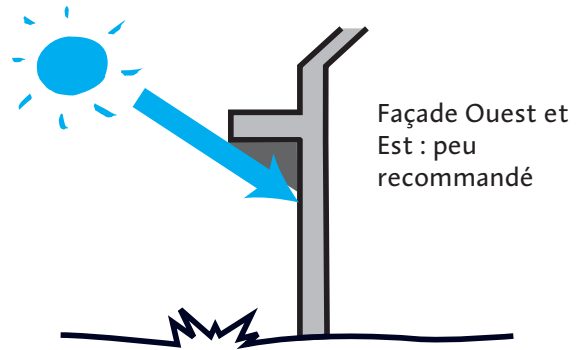
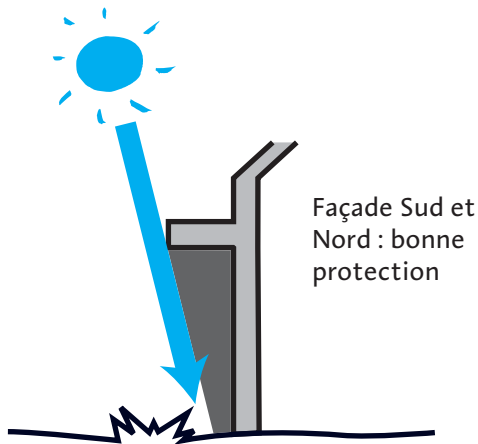
Cette catégorie de solutions intègre toutes les protections extérieures qui se situent au-dessus des ouvrants, qu'elles soient positionnées au droit de la fenêtre ou à distance. On y trouve ainsi les débords de toiture et les auvents (ou casquettes).

Ces types de protection peuvent avoir une la double fonction de protection solaire des ouvrants et des murs (voir chapitre page 30).

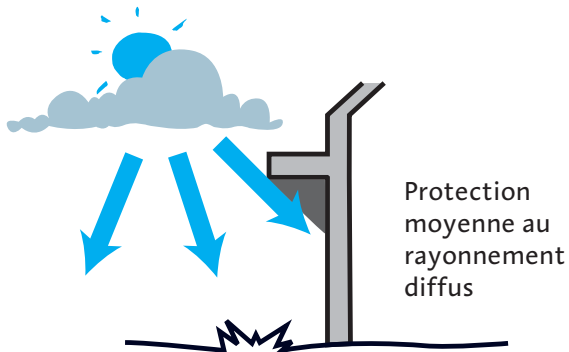
Elles sont généralement **très efficaces pour contrer le rayonnement direct, mais très peu pour diffus** (les rayons solaires qui traversent les nuages et se diffusent sur toute la surface de la Terre) ou le réfléchi par l'albédo (le rayonnement réfléchi et renvoyé par l'environnement immédiat).

Par ailleurs, elles sont efficaces en termes d'apport de lumière naturelle, mais restent souvent insuffisantes hors des façades Sud et Nord, en raison des dimensions importantes que leur efficacité implique.

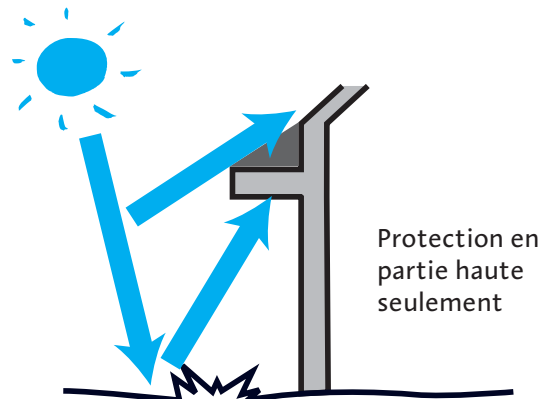
RAYONNEMENT DIRECT



RAYONNEMENT DIRECT



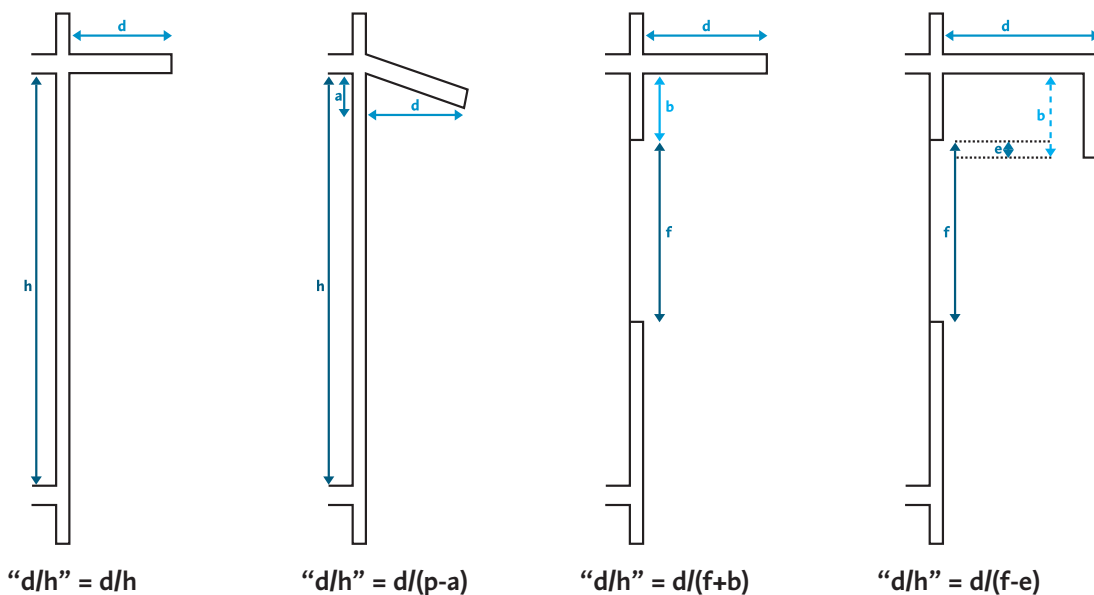
RAYONNEMENT DIRECT



La valeur qui va ici servir de référence pour évaluer les dimensions minimales des auvents à respecter est celle de "d/h", qui est définie à partir :

- de la longueur de l'avancée de l'auvent : d
- de son emplacement par rapport à l'ouvrant : d
- de la hauteur de celui-ci : h

Les équivalents de "d/h", selon le type de structure, sont donnés dans les schémas ci-dessous :



Source : CSTB

Pour satisfaire aux exigences du label, et pour un vitrage nu, sans masque lointain, les protections horizontales seules ne sont pas une réponse appropriée ou suffisantes.

Pour les orientations Sud et Nord, Sud-Est et Nord-Est, et dans le cas d'un vitrage simple, muni d'un store intérieur, les valeurs minimales de "d/h" à atteindre en fonction de l'orientation de l'ouvrant sont les suivantes :

ORIENTATION	d/h
Sud	0,5
Nord	0,1
Sud-Est	1,2
Nord-Est	1

Pour les autres orientations, les protections verticales seront plus appropriées. Ou alors il conviendra de cumuler plusieurs types de protections solaires (voir annexes 2 à 5).

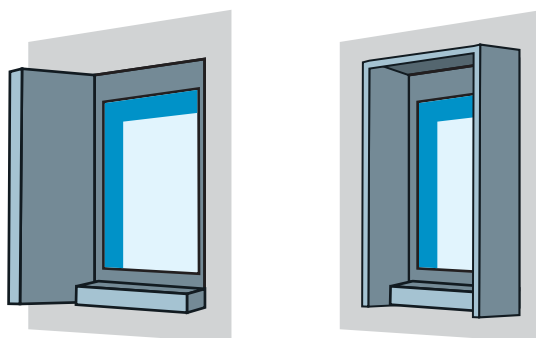
Comme pour la toiture, les solutions de teinte claire et/ou en bois sont les plus satisfaisantes, et les tôles et les stores de toile sont les moins efficaces.

Il est aussi recommandé d'employer des structures ajourées permettant d'éviter l'accumulation d'une "poche" d'air chaud sous l'auvent.

Les protections solaires des baies et fenêtres peuvent également atténuer les bruits aériens transmis dans le logement lorsqu'elles comportent des matériaux absorbants sur leur face recevant les ondes sonores extérieures.

Protection latérale

Les protections latérales, si elles sont moins efficaces que les autres types de protections solaires, peuvent représenter un complément intéressant aux protections horizontales voire verticales. Elles ne pourront constituer à elles seules une protection suffisante, et ce quelle que soit l'orientation.



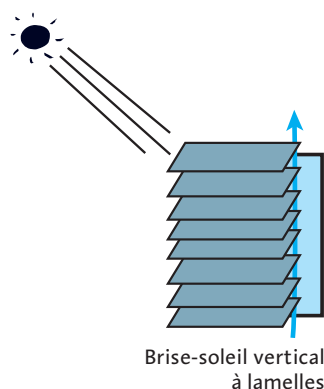
Les valeurs de facteur solaire de ce type de protection sont données en annexe 2.

Protections verticales intégrées

Ce terme regroupe l'ensemble des solutions architecturales intégrées à une paroi, de type brise-soleil ou volet.

Brise-soleil

Ces dispositifs sont d'autant plus efficaces qu'ils obturent la lumière naturelle. Les solutions optimales sont donc obtenues en combinant ce type de protection solaire à d'autres (masques proches ou lointains par exemple).



On retrouve dans cette catégorie plusieurs types de protection : treillis, moucharabieh, perforés, à lamelles, mais nous ne traiterons ici que de cette dernière catégorie, plus simple et plus courante.

Les autres types de protection plus complexes pourront être assimilés à des systèmes de lames ou devront faire l'objet d'études spécifiques (selon la norme prEN 14501) afin de définir s'ils satisfont aux exigences ECODOM +.

Les brise-soleil à lamelles peuvent être à lamelles fixes ou orientables (en particulier à l'Est et à l'Ouest). Dans ce cas, leur manipulation peut se faire manuellement, ou avec l'aide d'un dispositif électrique élaboré.

Pour qu'il soit efficace **quelle que soit son orientation**, un brise-soleil se doit d'être de couleur claire ou moyenne (voir la définition des teintes page 16) et ventilé. Si la protection solaire est de teinte sombre, alors la paroi ou l'ouvrant devra respecter une résistance thermique supérieure à $0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$.



On dit qu'un brise-soleil est ventilé quand, en tout point de l'ouvrant, la distance "d" qui le sépare du pare-soleil est à minima égal à 3% de la hauteur totale de l'ouvrant. Son coefficient de masque C_m est alors de 0,3 (voir annexe 2).

Les dimensions que doivent respecter les brise-soleil pour respecter les exigences ECODOM + doivent se conjuguer de manière à respecter à minima les valeurs d'angle suivantes :

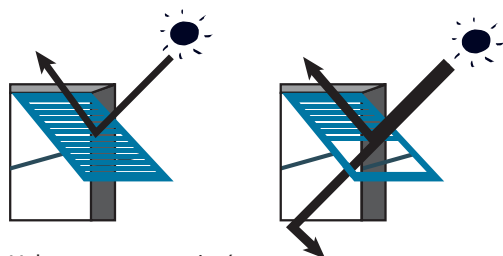
ORIENTATION DE LA PAROI	ANGLE β MAXIMAL
Ouest, Sud-Ouest et Nord-Ouest	15°
Est, Sud-Est et Nord-Ouest	15°
Sud	60°
Nord	70°

Si la protection solaire est de teinte sombre, alors la paroi ou l'ouvrant devra respecter une résistance thermique supérieure à $0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{C/W}$.

Pour information, les valeurs de l'angle β à observer pour une occultation totale de l'ensoleillement sont les suivantes :

OCCULTATION TOTALE DE L'ENSOLEILLEMENT DIRECT	ANGLE β
Protection à partir de 7 h en face Est ou jusqu'à 17 h en face Ouest	12°
Protection à partir de 8 h en face Est ou jusqu'à 16 h en face Ouest	25°
Protection à partir de 9 h en face Est ou jusqu'à 15 h en face Ouest	37°
Protection à partir de 10 h en face Est ou jusqu'à 14 h en face Ouest	50°
Protection à partir de 11 h en face Est ou jusqu'à 13 h en face Ouest	58°

Volets ou stores



Volets et stores projetés

Les volets, quant à eux, ne seront admis que lorsqu'ils assurent une protection solaire en étant ouverts, sans nuire à la ventilation naturelle.

C'est le cas des volets (ou stores) projetables de couleur claire par exemple. Leurs dimensions doivent se calculer sur la base de dimensionnements des protections solaires horizontales (voir paragraphe précédent).

Les valeurs des facteurs solaires propres à ce type de protection sont données en annexes 3 et 4.

Protections verticales rapportées

Le troisième type de protection solaire est une solution rapportée, appliquée à une fenêtre ou une porte-fenêtre, de type store intérieur ou extérieur, ou film solaire. Ce type de protection n'intervient globalement qu'en appoit d'autre solution, et est généralement d'autant plus efficace sur un plan thermique qu'il est défavorable en termes d'éclairage naturel.

Si pour quelques vitrages le film est intégré, celui-ci se pose généralement collé au vitrage. On préférera une pose par l'extérieur, ce qui empêche la chaleur de pénétrer dans le vitrage, et de rester bloquée par effet de serre dans le local. D'un autre côté, la pose en intérieur peut générer des phénomènes de cassures sur le vitrage, en raison de la chaleur accumulée dans le verre. C'est le cas notamment lorsque le verre est soumis à des différences de températures à certains endroits (zones d'ombres et zones chauffées, effet de soufflage de climatisation sur un point précis) ou, plus rare, à des "chocs thermiques" dus à des passages de nuages par exemple.

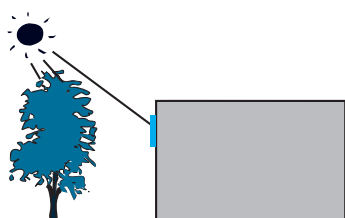
Les protections solaires intérieures seront toujours moins efficaces qu'une protection extérieure (pas d'effet de serre créée par l'absorption du rayonnement) :

STORES INTÉRIEURS	STORES EXTÉRIEURS
AVANTAGES	
Coût limité	Performances élevées
Facilité de pose	
Entretien peu onéreux	
Durabilité	
INCONVÉNIENTS	
Performances limitées	Prix plus élevé
	Installation plus délicate
	Durée de vie limitée (exposition aux contraintes climatiques)
	Mobilité plus réduite (difficulté de manipulation par l'utilisateur)

La mise en place de protections solaires intérieures n'est toutefois que rarement à la charge de l'opérateur immobilier.

Les données propres à ces solutions sont livrées en annexes 3 et 4.

Masques lointains



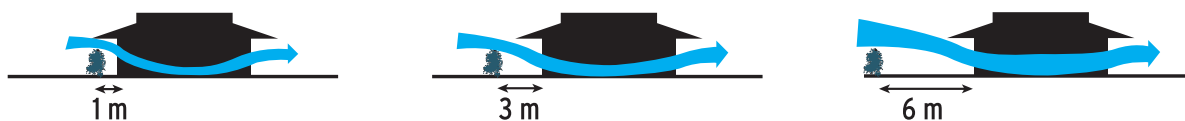
Parmi les trois catégories qui viennent d'être abordées n'ont pas été pris en compte les masques existants. Ceux-ci sont constitués par des éléments extérieurs, comme un bâtiment proche, un relief important ou de la végétation arborée, qui peuvent dispenser d'un traitement local sur le bâtiment, pour protéger un ouvrant (ou une paroi entière). **Leur efficacité est cependant aléatoire**, et ils ne sont souvent intéressants qu'aux heures les moins nocives de la journée (matin et soir, au soleil rasant).

Ces solutions, si elles sont intéressantes puisqu'elles permettent de s'appuyer sur des masques existants et maintenir les arbres ou les végétaux déjà présents sur le site, peuvent a contrario perturber les flux de ventilation (voir annexe 5).

A titre d'exemple, nous donnons certaines dispositions à respecter par rapport aux végétaux existants, pour faciliter une bonne ventilation :

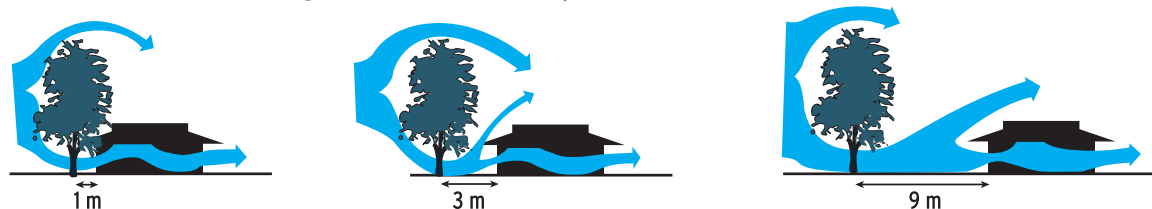
Végétation

L'emplacement optimal d'un espace végétal, pour une maison à un niveau, est à 3 mètres de hauteur, et 6 mètres de la façade exposée au vent.

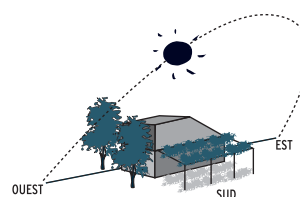


Arbre

Pour un arbre avec un feuillage à 1,5 m du sol, l'emplacement idéal est à 9 m.



- la meilleure végétation pour les façades Sud et Nord est une végétation qui se développe horizontalement : plantes sur treillis, tonnelle, arbres hauts s'ils sont suffisamment près du bâtiment...
- pour les façades Est et Ouest, il vaut mieux planter une végétation verticale : arbres, buissons,
- la masse du feuillage d'un arbre peut arrêter entre 65 et 90% du rayonnement direct,
- les plantations ne doivent pas être à plus de 6 mètres du bâtiment pour avoir un effet réel au rayonnement solaire direct ou indirect. Seuls les très grands arbres auront une influence au-delà.



Solutions mixtes

Dans le cas de solutions alliant plusieurs types de protections solaires, on se référera à la formule de calcul de Facteur solaire ($F_{ts} = f \times S \times C_m$), et aux différents coefficients donnés en annexes 2, 3 et 4.

• Impact environnemental

Outre le confort thermique et la réduction des consommations énergétiques, on peut mettre en avant d'autres types d'impact environnemental et social, liés à la mise en place de protections solaires. Ainsi, en reprenant les cibles de la Qualité Environnementale Amazonienne, on peut noter les implications sur les cibles suivantes :

- l'intégration paysagère,
- le choix des matériaux utilisés,
- l'entretien et la maintenance,
- le confort visuel de la pièce.

Intégration paysagère

Le choix de masques naturels (et en particulier l'utilisation de la végétation existante) est un atout non négligeable, tant sur un plan environnemental (préservation de l'environnement paysager, utilisation d'éléments existants, donc réduction des besoins en matériaux et par conséquent d'énergie, de l'eau et des déchets pour leur fabrication et leur mise en place) qu'économique (réduction des besoins en matériaux et donc des coûts d'investissement).

Choix des matériaux utilisés

Il est ici évident que le fait d'utiliser le matériau bois, qui plus est lorsqu'il est extrait localement, sera plus environnemental que celui de concevoir les protections solaires avec d'autres types de matériaux, métalliques notamment (l'aluminium demande près de 1.000 fois plus d'énergie à la fabrication que le bois).

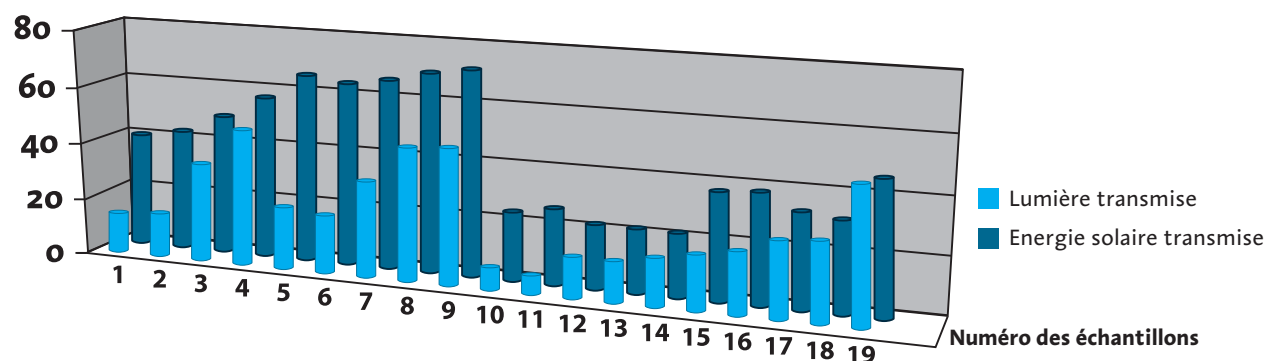
Entretien et maintenance

Les brise-soleil devront être faciles à entretenir. Pour cela, une distance raisonnable entre les lamelles, et entre la structure et le vitrage, devra être observée. Pour les structures-bois, et selon le type d'essence utilisée, il peut y avoir un entretien de type lasure ou vernis à réaliser régulièrement.

Confort visuel de la pièce

C'est le point qu'il faut conjuguer avec la recherche de la minimisation des apports solaires pour optimiser l'apport en lumière naturelle, sous peine de voir augmenter les consommations électriques liées à l'éclairage. Les protections solaires ne doivent donc pas entraver et la bonne ventilation, et l'éclairage naturel d'un local. A ce titre, les volets pleins sont déconseillés, de même que tous les types de protections opaques verticales (stores). Comme indiqué pages 26 et 27, les brise-soleil à lame ne doivent également pas être trop inclinés sous peine d'entraver l'accès à la lumière naturelle.

A titre d'exemple, le graphique ci-dessous donne les niveaux de lumière transmise à un local en fonction de l'efficacité d'un échantillon de 19 films solaires (données catalogue fournisseur). On voit ainsi que la lumière transmise varie dans la plupart des cas en fonction de l'énergie solaire transmise. Donc, dans la plupart des cas, plus un film est efficace sur un plan thermique, moins il laisse passer de lumière naturelle.



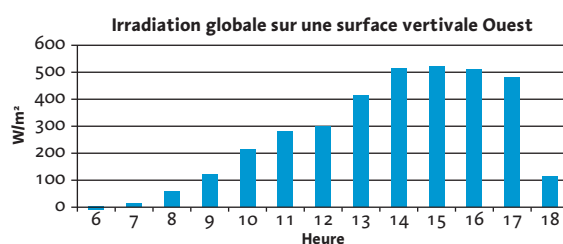
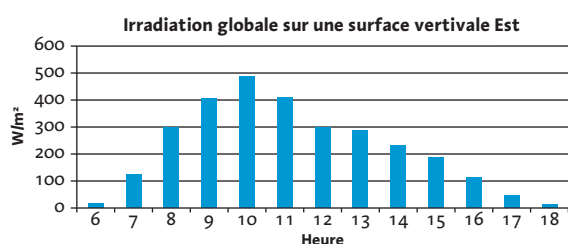
PROTECTION SOLAIRE DES MURS

	VENTILATION NATURELLE	CLIMATISATION	LOCALISATION
EXIGENCE MINIMALE	< 4%	< 2%	Ouest, Sud-Ouest et Nord-Ouest
Indicateur			
Facteur de transmission solaire (Fts)	< 5%	< 2%	Autres orientations

La dernière source d'apport solaire d'un local se situe au niveau de l'absorption et la rediffusion de la chaleur par les murs (parois verticales).

Les apports solaires majeurs se situent à l'Est et à l'Ouest, et sont sensiblement équivalents sur une journée. Comme le montrent les graphiques ci-dessous, qui donnent l'insolation reçue par des parois verticales pour une journée type d'Octobre, les heures les plus nocives en termes d'apports solaires se situent autour de :

- 10h à l'Est
- 14h à l'Ouest



L'efficacité d'un mur à retransmettre cette chaleur se mesure ici aussi par son facteur solaire, exprimé comme pour la toiture, en fonction de sa teinte (caractérisée par le coefficient α , voir page 16), mais aussi, comme pour les ouvrants, d'un coefficient de masque C_m (voir annexe 3).

$$Fts = 0,06 \times \alpha \times C_m / (R + 0,17)$$

Types de solutions envisageables

Trois types de protections solaires sont généralement rencontrés :

- les protections horizontales,
- les protections verticales, généralement ajourées,
- l'isolation des murs.

Les différents types de solutions sont repris et comparés dans le tableau ci-après.

Couleur de mur claire	Débord de toiture, auvent	Végétalisation	Bardage ventilé	Isolation
Bonne solution, mais d'une part cette couleur n'est pas durable et elle nécessite d'autre part un complément de protection, en particulier à l'Est et à l'Ouest.	Solution à préconiser au Sud et au Nord en particulier, en veillant à ce que ces débords ne viennent pas occulter la lumière naturelle. Peut aussi faire office de protection à la pluie à l'Est.	Bonne solution globale, mais dont l'impact n'est pas immédiat. Provoque un rafraîchissement par évapotranspiration de la végétation.	Le rayonnement solaire est en partie réfléti et une partie de la charge solaire résiduelle entre le mur et le bardage est évacuée par ventilation. Solution optimale à l'Est et à l'Ouest.	Pas essentielle au Sud et au Nord lorsque les murs sont clairs. A l'Est et à l'Ouest, quelques centimètres suffisent généralement.

Protection horizontale

On retrouve ici les mêmes types de protections que pour les ouvrants. Une nouvelle fois, on se base sur la distance “d/h” (voir page 25) pour déterminer le facteur solaire de la paroi. Les différentes valeurs de minima de “d/h” à obtenir selon le type de mur rencontré sont les suivantes, pour les logements ventilés naturellement (ligne blanche) ou climatisés (ligne bleue).

On notera par ailleurs que, excepté pour les murs de teinte claire, en latérite ou en bois, la protection via une protection horizontale pour les pièces climatisées n’est pas compatible avec la démarche ECODOM + :

	OUEST	SUD-OUEST	SUD	SUD-EST	EST	NORD-EST	NORD	NORD-OUEST
Teinte de mur claire								
BÉTON (15 cm)	0,7	0,6	0,3	0,4	0,5	0,4	0,2	0,6
	Non adapté							
AGGLO (15 cm)	0,5	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4
	Non adapté							
BRIQUES LATÉRITE (ep. 20 cm)	0,4	0,3	0	0,2	0,2	0,2	0	0,3
	1	0,9	0,5	0,9	1	1	0,4	1
BRIQUES LATÉRITE (ep. 30 cm)	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0,2
	0,8	0,7	0,4	0,7	0,8	0,7	0,3	0,7
DOUBLE-PEAU BOIS	0,2	0	0	0	0	0	0	0,2
	0,8	0,6	0,4	0,6	0,8	0,7	0,3	0,7
Teinte de mur moyenne								
BÉTON (15 cm)	1,2	1,1	0,4	0,7	0,9	0,8	0,3	#N/A
AGGLO (15 cm)	0,9	0,7	0,3	0,5	0,7	0,6	0,3	0,8
BTCS (ep. 20 cm)	0,6	0,5	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,5
BTCS (ep. 30 cm)	0,4	0,3	0	0,2	0,2	0,2	0	0,3
DOUBLE-PEAU BOIS	0,5	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4
logements ventilés naturellement (ligne blanche) ou climatisés (ligne bleue)								

Protection latérale

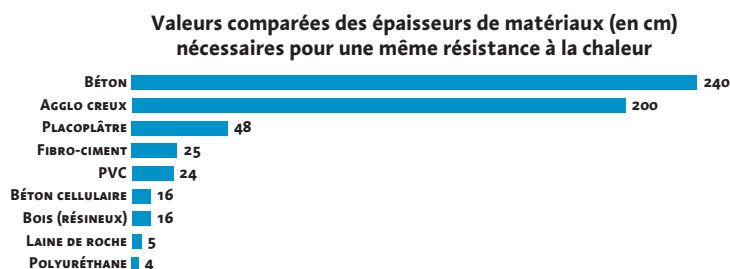
Les valeurs sont les mêmes que pour les ouvrants, et se réfèrent à l’annexe 3.

Protection verticale

Les valeurs sont identiques à celles des systèmes de brise-soleil à lames. Les exigences sont les mêmes que précédemment, en terme de teinte, ventilation et angle des lames (voir pages 19, 23 et 27)

Isolation du mur

Ce principe a pour désavantage de ne pas assurer de protection de la façade à la pluie, comme les pare-soleil ou les débords de toiture. Mais a contrario, il offre une solution intéressante en réhabilitation, et pour les pièces climatisées, pour lesquelles il constitue également un recours aux problèmes de condensation.



Afin de respecter les exigences requises par le label ECODOM +, les murs doivent être équipés, pour une hauteur d'étage classique (2,5 à 3 m), selon l'orientation, et/ou la présence de débords de toiture ou d'auvents périphériques, d'une épaisseur d'isolant (de type polystyrène ou laines minérales (= 0,039 W/°C.m) égale à (en cm) :

SANS DÉBORD DE TOITURE		
	AUTRES ORIENTATIONS	SUD-OUEST, OUEST ET NORD-EST
Teinte de mur claire		
BÉTON (15 cm)	2	1
	4	4
AGGLO (15 cm)	2	1
	4	4
BRIQUES LATÉRITE COMPRESSÉES (ep. 20 cm)	1	1
	4	4
BRIQUES LATÉRITE COMPRESSÉES (ep. 30 cm)	1	0
	3	3
DOUBLE-PEAU BOIS	1	0
	3	3
Teinte de mur moyenne		
BÉTON (15 cm)	3	2
	6	6
AGGLO (15 cm)	3	2
	6	6
BRIQUES LATÉRITE COMPRESSÉES (ep. 20 cm)	2	2
	6	6
BRIQUES LATÉRITE COMPRESSÉES (ep. 30 cm)	2	1
	6	6
DOUBLE-PEAU BOIS	2	1
	6	6
logements ventilés naturellement (ligne blanche) ou climatisés (ligne bleue)		

AVEC DÉBORD DE TOITURE (OU AUVENT) À MINIMA DE 0,5 M, OU DE 1 M À L'ÉTAGE AU-DESSUS

	OUEST	SUD-OUEST	SUD	SUD-EST	EST	NORD-EST	NORD	NORD-OUEST
Teinte de mur claire								
BÉTON (15 cm)	1	1	0	0	1	0	0	1
	3	3	2	3	3	3	2	3
AGGLO (15 cm)	1	0	0	0	0	0	0	0
	3	2	2	2	3	3	3	3
BRIQUES LATÉRITE (ep. 20 cm)	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	2	2	2	3	2	3	2
BRIQUES LATÉRITE (ep. 30 cm)	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	2	1	2	2	2	2	2
DOUBLE-PEAU BOIS	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	2	1	2	2	2	2	2
Teinte de mur moyenne								
BÉTON (15 cm)	2	2	1	1	2	1	1	2
	5	4	4	4	5	4	3	4
AGGLO (15 cm)	2	2	1	1	1	1	1	2
	5	4	3	4	5	4	5	4
BTCS (ep. 20 cm)	2	1	0	1	1	1	1	1
	4	4	3	4	4	4	4	4
BTCS (ep. 30 cm)	1	1	0	0	0	0	0	1
	4	4	3	4	4	4	4	4
DOUBLE-PEAU BOIS	1	1	0	0	0	0	0	1
	4	4	3	4	4	4	4	4
logements ventilés naturellement (ligne blanche) ou climatisés (ligne bleue)								

AVEC DÉBORD DE TOITURE (OU AUVENT) À MINIMA DE 1 M

	OUEST	SUD-OUEST	SUD	SUD-EST	EST	NORD-EST	NORD	NORD-OUEST
Teinte de mur claire								
BÉTON (15 cm)	1	0	0	0	0	0	0	0
	2	2	1	2	2	2	0	2
AGGLO (15 cm)	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	2	1	2	2	2	2	2
BRIQUES LATÉRITE (ep. 20 cm)	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	1	0	2	2	2	2	2
BRIQUES LATÉRITE (ep. 30 cm)	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	0	1	1	1	1	1
DOUBLE-PEAU BOIS	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	0	1	1	1	1	1
Teinte de mur moyenne								
BÉTON (15 cm)	2	1	0	1	1	1	0	1
	4	3	2	3	4	3	2	3
AGGLO (15 cm)	1	1	0	0	1	0	1	1
	3	3	2	3	3	3	3	3
BTCS (ep. 20 cm)	1	0	0	0	0	0	0	1
	3	3	2	3	3	3	3	3
BTCS (ep. 30 cm)	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	2	1	2	3	2	3	2
DOUBLE-PEAU BOIS	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	2	1	2	3	2	3	2
logements ventilés naturellement (ligne blanche) ou climatisés (ligne bleue)								

AVEC DÉBORD DE TOITURE (OU AUVENT) À MINIMA DE 1,5 M								
	OUEST	SUD-OUEST	SUD	SUD-EST	EST	NORD-EST	NORD	NORD-OUEST
Teinte de mur claire								
BÉTON (15 cm)	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	1	0	1	2	1	0	1
AGGLO (15 cm)	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	0	1	1	1	1	1
BRIQUES LATÉRITE (ep. 20 cm)	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	0	1	1	1	0	1
BRIQUES LATÉRITE (ep. 30 cm)	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
DOUBLE-PEAU BOIS	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
Teinte de mur moyenne								
BÉTON (15 cm)	1	1	0	0	0	0	0	1
	3	2	1	2	3	1	1	2
AGGLO (15 cm)	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	2	1	2	3	3	3	2
BTCS (ep. 20 cm)	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	2	0	2	2	2	2	2
BTCS (ep. 30 cm)	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	1	0	1	2	2	2	2
DOUBLE-PEAU BOIS	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	1	0	1	2	2	2	2
logements ventilés naturellement (ligne blanche) ou climatisés (ligne bleue)								

Masques lointains

Les principes sont ici les mêmes que pour les protections solaires des ouvrants (voir annexe 5).

Solutions mixtes

Dans le cas de solutions alliant plusieurs types de protections solaires, on se réfèrera aux différents coefficients donnés en annexes 2, 3 et 4.

• Impact environnemental

Pour les protections solaires verticales et horizontales, on retrouve les mêmes caractéristiques qu'au chapitre précédent.

Pour les isolants, ou le choix des matériaux, on s'intéressera ici à leur impact en termes d'énergie grise. Cette thématique a été abordée dans le chapitre sur les protections solaires de toiture (pages 5, 15 et suivantes).

■ VÉGÉTALISATION DES ABORDS

	LOCALISATION
EXIGENCE MINIMALE Protection des abords sur 3 m	Logements situés en rez-de-chaussée sauf site urbain dense (zone UA)

Le sol fini autour du bâtiment doit être protégé efficacement de l'ensoleillement direct sur au moins les trois quarts de sa périphérie (hors mitoyenneté), sur une bande d'au moins 3 mètres de large.

Cette prescription est couramment satisfaite :

- par une végétalisation du sol (pelouse, arbustes, fleurs) aux abords du bâtiment,
- par toute solution de type "écran solaire" minéral ou végétal servant de protection verticale au sol et protégeant celui-ci du rayonnement solaire direct (haie, muret, ...)

Cette dernière solution est particulièrement adaptée aux constructions en zone urbaine.

La végétalisation des abords permet en outre un meilleur drainage des eaux pluviales, et donc de s'affranchir des problèmes d'inondations. Cela peut notamment conduire à un plus juste dimensionnement des réseaux d'évacuation.

En site urbain dense (zones UA), cette prescription devient caduque en raison des fortes contraintes liées aux exigences de construction en limite de propriété dans ces zones.

2.3 Ventilation naturelle ou climatisation performante

■ ÉLÉMENTS DE DÉCISION

La ventilation naturelle, propre à l'architecture bioclimatique, peut parfois être difficile à mettre en œuvre. En effet, pour des raisons liées au contexte extérieur (climat) ou à l'environnement proche (urbanisation) d'une opération de logements, **il peut être difficile ou défavorable de donner la priorité à ce type de solution naturelle**, pour diverses raisons : bruit, absence de vent. Dans le cadre de la démarche ECODOM +, on distinguera deux types de contexte pour lesquels l'une ou l'autre des solutions sera privilégiée : l'un favorable à la ventilation naturelle, l'autre à la climatisation.

Ci-dessous sont définis les contextes rendant possible la climatisation. Ils sont jugés à partir de critères objectifs liés à l'urbanisme existant, aux conditions climatiques locales ou à certains aspects architecturaux.

On peut ainsi distinguer 3 cas pour lesquels le maître d'ouvrage souhaitant intégrer une climatisation performante pourra justifier l'utilisation de climatiseurs, à condition qu'elle respecte un niveau d'exigences défini dans la partie "rafraîchissement" page 46 :

1) Mauvaise exposition liée à des contraintes urbanistiques

Cet argument ne peut être recevable que lorsqu'il est justifié par des contraintes urbanistiques, qui peuvent être dues, de manière exhaustive, à :

- une parcelle étriquée,
- l'implantation de voiries ou de bâtiments existants ne permettant pas une orientation optimale,
- la présence de facteurs proches perturbants (mangrove avec moustiques).

2) Manque de ventilation sur le site

- Faible potentiel de ventilation d'un site en intensité, en fréquence et en direction de vent à proximité immédiate de la construction,
- Environnement défavorable en raison des effets du relief et des constructions voisines : fond de vallée, site encaissé, masques importants à proximité.

3) Nuisances acoustiques

La proximité immédiate d'un réseau routier à forte circulation ou d'une autre source de bruit existante et régulière peut justifier le choix de la climatisation des logements. Cependant, comme il est difficile d'exiger du maître d'ouvrage une mesure précise des niveaux de bruit, les exigences ne seront pas ici quantifiées. En conséquence, les justifications du maître d'ouvrage en termes de nuisances acoustiques resteront du domaine du subjectif, et seront laissées à la libre appréciation du comité de Pilotage ECODOM +.

Comme défini dans le tableau de coefficients de ventilation de l'annexe 6, la climatisation ne sera généralement admise que pour les situations en **milieu urbain dense ou en zone semi-urbaine avec une orientation contrainte et défavorable des bâtiments.**

■ VENTILATION NATURELLE

	LOCALISATION
EXIGENCE MINIMALE Indicateur : Porosité (moyenne ou équivalente) >25% (Pint > Pext)	Toutes pièces regroupées par zone de ventilation

La ventilation naturelle présente plusieurs avantages en termes de confort thermique.

Dans un premier temps, elle permet de balayer et d'évacuer la chaleur accumulée au long de la journée (apports solaires, mais aussi chaleur interne des occupants, des appareils électriques).

Mais l'air en mouvement représente également un avantage. Un déplacement d'air dans une pièce, s'il reste en deçà de vitesses importantes susceptibles d'être désagréables à l'être humain, permet de procurer une sensation de rafraîchissement en termes de ressenti sur la peau. De fait, il permet une augmentation des limites de la zone de confort thermique. Pour une vitesse d'air de 1 m/s, on sait ainsi que la zone de confort s'élargit et englobe des températures allant de 22°C à 30°C, et des hygrométries allant jusqu'à 95% (voir graphique page 10).

Le niveau de ventilation naturelle d'un bâtiment est assez complexe à mesurer, et peut globalement se définir à partir de deux éléments notables :

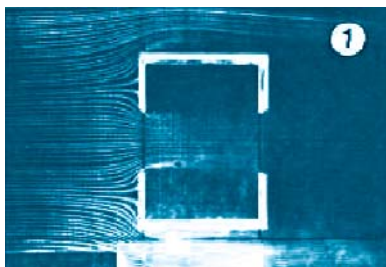
- La capacité d'un local à laisser circuler l'air d'une façade à l'autre sans rencontrer d'obstacle. On dit alors qu'il est **traversant**,
- La perméabilité de ce local, qui se mesure à partir du degré de **porosité** de ses façades, c'est à dire de leur pourcentage d'ouvertures par rapport à la surface totale du mur.

Dans des conditions normales (humidité inférieure à 70%), une ventilation de 1 m/s (environ 4 km/h) génère une température ressentie de 4°C en moins par rapport à la température ambiante.

$$T_{ressentie} = T_{ambiante} - 4 \text{ °C}$$

On peut définir la mise en place d'une bonne ventilation naturelle à travers 3 étapes successives.

• Etape 1 : rendre le logement traversant



La condition préalable à la ventilation naturelle d'un logement est qu'il doit être à chaque niveau ou étage complètement **traversant** c'est-à-dire posséder des ouvertures (fenêtres battantes ou coulissantes, "jalousies", portes-fenêtres, portes, ouvrants spécifiques de ventilation) sur au moins deux façades opposées, permettant une ventilation diurne et nocturne (figure 1).

Toutefois si une ou plusieurs pièces du logement n'est pas traversante (par exemple pièces isolées) le logement pourra être conforme au référentiel si ces pièces possèdent des ouvrants dans les parois perpendiculaires au flux principal.

Remarques :

- à 45° des vents dominants, le potentiel de ventilation est 25% moins important que face à ces mêmes vents, et à 90°, il est 50% moins élevé,
- les baies coulissantes permettent de doser le débit de l'air sans modifier l'écoulement, mais elles divisent la surface ouvrable par 2 (sauf dans le cas de coulissants à galandages, qui permettent une ouverture totale de la fenêtre),
- les moustiquaires réduisent le débit de l'air ; mais elles restent quand même souvent indispensables. On peut considérer que leur mise en place réduit la ventilation de 10 à 15%. Ainsi, un m² carré de fenêtre avec moustiquaire ne représente en réalité qu'un équivalent de 0,9 m² d'ouverture,
- les auvents, balcons, et autres avancées peuvent modifier nettement l'écoulement d'air intérieur,
- il est judicieux de positionner les pièces de service en façade de manière à ce qu'elles bénéficient d'une bonne ventilation. Elle sera toutefois indépendante de celle des pièces principales du logement pour ne pas interférer avec le flux des pièces principales. Dans ce cas la position des pièces de service 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.

• Etape 2 : délimiter les zones de ventilation homogène (ZVH)

La ventilation naturelle d'un logement ne peut se traiter de manière homogène pour l'ensemble du bâtiment. Une pièce de jour ne va pas fonctionner dans le même temps qu'une pièce de nuit, et plusieurs pièces éloignées ou sur deux étages différents vont être difficiles à considérer comme formant un seul ensemble de ventilation.

Dans un premier temps, il est impératif de définir, pour chaque projet de construction, des espaces clos constitués d'une ou plusieurs pièces pouvant être ventilées de manière indépendante. Ces **zones de ventilation homogènes** (ou ZVH) forment ainsi des espaces homogènes vis à vis de la ventilation et ont obligatoirement au moins 2 parois extérieures au bâtiment. Il peut s'agir par exemple :

- d'un ensemble séjour-cuisine-terrasse,
- d'une série de chambres,
- d'une seule pièce ventilée sur deux parois opposées ou perpendiculaires.

Les ZVH sont à établir pour chaque niveau du logement, sauf dans le cas de pièces communes à deux étages. C'est le cas d'une mezzanine en contact avec un séjour par exemple. Chacune d'entre elles devra être "traversante" et sera soumise à un calcul de porosité, comme décrit par la suite.

• **Etape 3 : calculer les porosités à travers les cônes de ventilation**

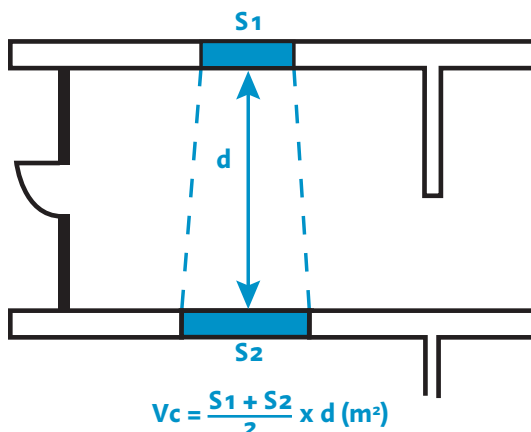
La troisième étape dans la conception d'un logement ventilé naturellement consiste à définir les niveaux de porosité, à travers l'élaboration de flux de ventilation.

La disposition des ouvertures extérieures associée à la direction des vents dominants permet de définir des flux de ventilation et des zones de " balayage " des logements. Ces flux sont représentés graphiquement par des volumes reliant les ouvertures extérieures et intérieures entre elles. Ils ont une direction nominale et un sens et sont appelés cônes de ventilation.

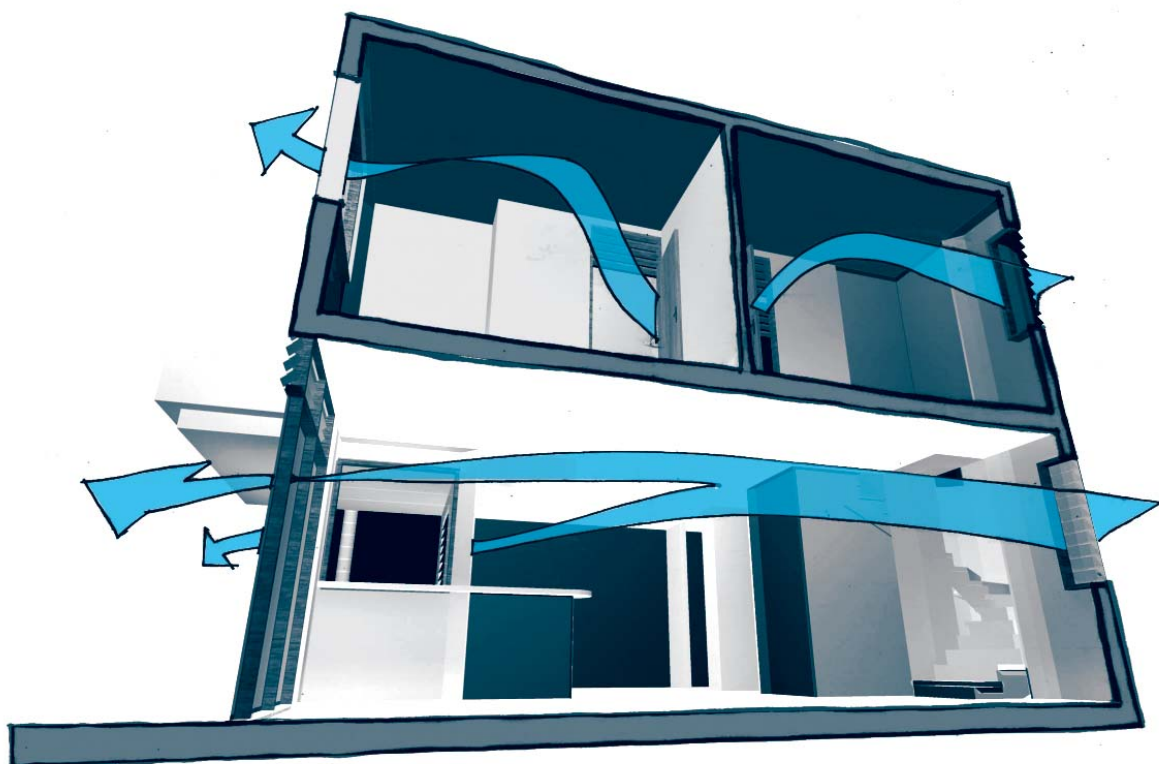
Dans le cas de cloisons, les cônes de ventilation traversent les ouvertures intérieures (ex : portes de chambres).

Dans le cas d'un séjour totalement traversant, le cône de ventilation est celui qui relie une fenêtre à l'autre, et ses dimensions sont les suivantes :

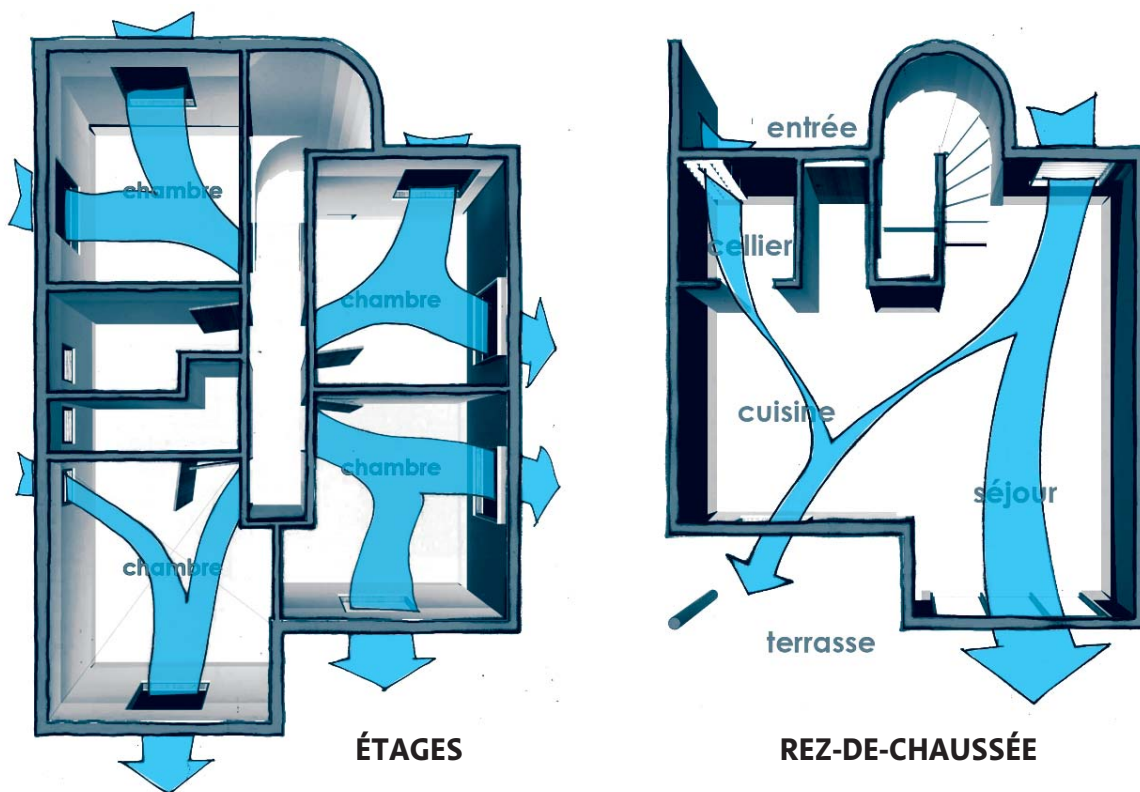
Exemple de séjour totalement traversant



Exemple d'un logement T5 sur 2 niveaux :



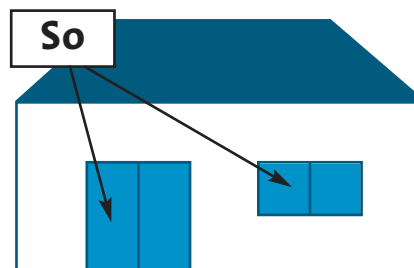
COUPE



C'est grâce à ce cône de ventilation que l'on déterminera la **porosité**, qui caractérise le taux d'ouvertures d'une façade par rapport à la surface totale de celle-ci. Elle s'exprime en pourcentage :

$$P = S_o / S_p (\%)$$

où $S_p = L \times h$



La **porosité** est le critère qui va déterminer le niveau de qualité de la ventilation naturelle d'un logement.

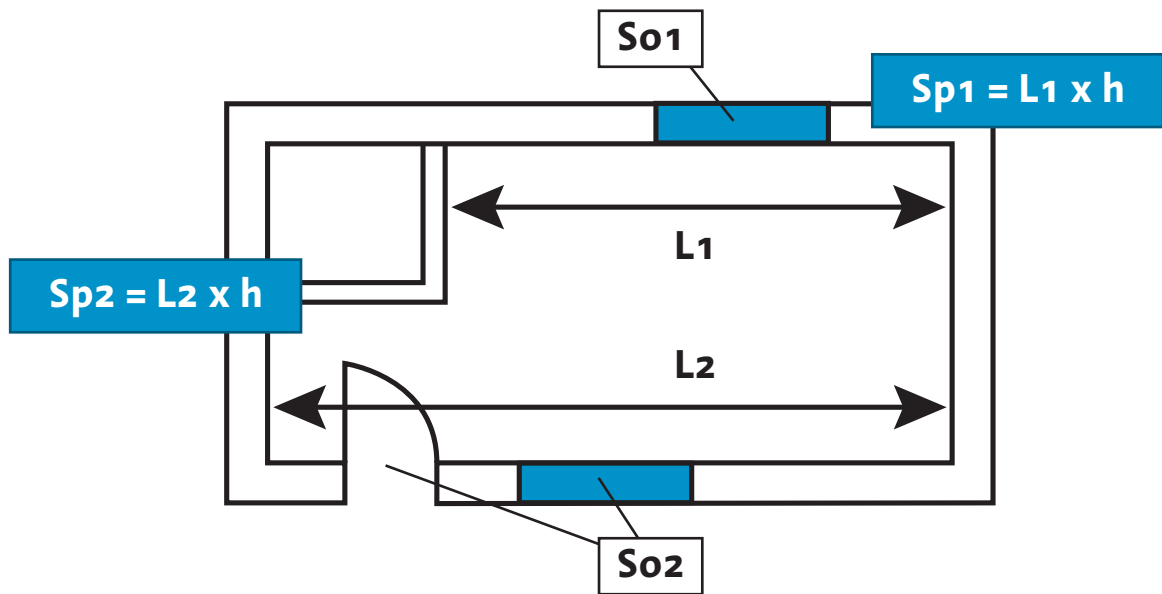
A l'échelle d'un logement ou d'une zone de ventilation homogène, elle s'exprime de deux manières suivant les configurations des zones homogènes de ventilation :

- **Porosité (P) ou porosité moyenne (Pm)** pour les pièces possédant des ouvertures extérieures sur deux façades opposées,
- **Porosité équivalente (Péq)** pour les pièces possédant aussi des ouvertures sur deux façades contiguës. Les cas de pièces de plus de 4 parois n'ont pas ici été traités, pour des raisons de complexité.

La porosité intérieure a également son importance dans le bon cheminement de la ventilation naturelle, et le balayage optimal des pièces par le courant traversant.

Porosité moyenne

La porosité moyenne s'exprime pour les locaux ou des ZVH possédant des façades opposées mais de tailles différentes :



Dans ce cas là, on parle de porosité moyenne. En notant les surfaces d'ouvrants SO , les porosités des deux façades s'expriment par rapport à la surface moyenne des 2 façades S_m :

$$S_m = (Sp1 + Sp2) / 2$$

$$P_m (\text{façade 1}) = So1 / S_m$$

$$P_m (\text{façade 2}) = So2 / S_m$$

Porosité équivalente

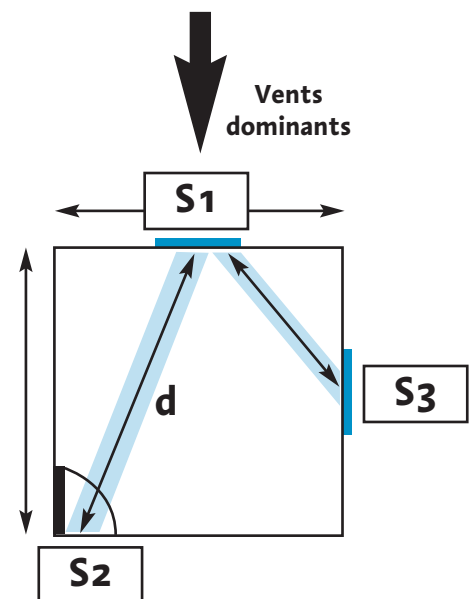
Ce type de porosité concerne les logements ou ZVH dont les ouvertures sont sur des façades adjacentes. Il permet de prendre en compte les ouvertures sur les 3^{ème} et 4^{ème} façades, de mieux apprécier la **disposition des ouvertures** et de prendre en compte au moins partiellement le phénomène de **balayage**.

Le calcul de cette porosité est fait au choix par la méthode géométrique exacte, par une approximation (voir ci-dessous) ou par un calcul graphique.

Il peut y avoir plusieurs cônes de ventilation par ZVH.

L'approximation généralement valable consiste à définir le volume d'un cône de ventilation comme étant égal à la "moyenne des surfaces des ouvertures" multiplié par "la distance médiane entre les ouvertures" :

$$V_c = \left(\frac{S1/2 + S2}{2} \right) \times d + \left(\frac{S1/2 + S3}{2} \right)$$



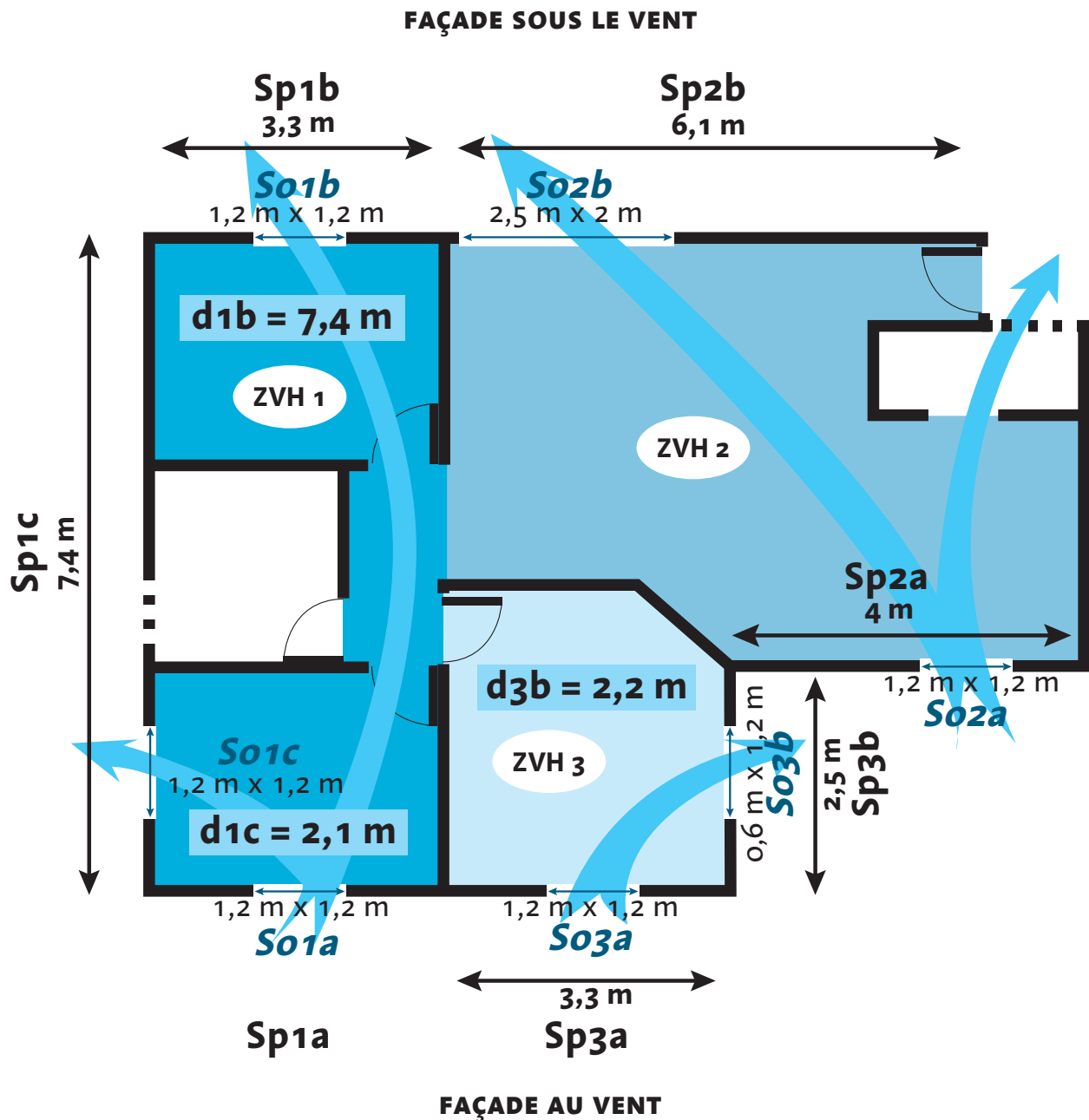
Il est à noter que :

- les portes intérieures perpendiculaires au flux de ventilation ne sont pas prises en compte dans le calcul des cônes de ventilation,
- les ouvertures secondaires de ventilation disposées notamment perpendiculairement au flux principal permettent d'augmenter la valeur de la porosité équivalente, sans toutefois que les cônes ne puissent se confondre (voir schéma des cônes ci-avant).

La porosité équivalente correspond ensuite au rapport entre le volume du (des) cône(s) de ventilation et le volume total de la ZVH (ou le volume de la pièce considérée si la ZVH est constituée d'une seule pièce) :

$$P_{\text{équiv}} = V_c / V_{\text{ZVH}}$$

Exemple :



So = surface d'ouvrants
 Sp = surface de paroi
 d = distance entre les ouvrants

ZVH 1 (20 m² / 50 m³) :

$$Sp_{1a} = 3,3 \times 2,5 = 8,25 \text{ m}^2 - So_{1a} = 1,2 \times 1,2 = 1,44 \text{ m}^2$$

$$Sp_{1b} = 3,3 \times 2,5 = 8,25 \text{ m}^2 - So_{1b} = 1,2 \times 1,2 = 1,44 \text{ m}^2$$

$$Sm_1 = (Sp_{1a} + Sp_{1b}) / 2 = 8,25 \text{ m}^2$$

Porosité simple :

$$\text{Porosité façade au vent : } P_{1a} = So_{1a} / Sp_{1a} = 17,5\%$$

$$\text{Porosité façade sous le vent : } P_{1b} = So_{1b} / Sp_{1b} = 17,5\%$$

Porosités moyennes :

$$Pm_{1a} = So_{1a} / Sm_1 = 17,5\%$$

$$Pm_{1b} = So_{1b} / Sm_1 = 17,5\%$$

Porosité équivalente :

$$\text{Avec ouverture latérale } So_{1c} = 1,2 \times 1,2 = 1,44 \text{ m}^2$$

$$Vc_1 = \{(So_{1a} / 2 + So_{1b}) / 2\} \times d_{1b} + \{(So_{1a} / 2 + So_{1c}) / 2\} \times d_{1c}$$

$$= (0,72 + 1,44) / 2 \times 7,4 + (0,72 + 1,44) / 2 \times 2,1 = 10,3 \text{ m}^3$$

$$\text{Porosité équivalente : } Pe_1 = Vc_1 / Vzvh_1 = 10,3 / 50 = 20,5\%$$

ZVH 2 (28 m² / 70 m³) :

$$Sp_{2a} = 4 \times 2,5 = 10 \text{ m}^2 - So_{2a} = 1,2 \times 1,2 = 1,44 \text{ m}^2$$

$$Sp_{2b} = 6,1 \times 2,5 = 15,25 \text{ m}^2 - So_{2b} = 2,5 \times 2 = 5 \text{ m}^2$$

$$Sm_2 = (Sp_{2a} + Sp_{2b}) / 2 = 12,63 \text{ m}^2$$

Porosité simple :

$$\text{Porosité façade au vent : } P_{2a} = So_{2a} / Sp_{2a} = 14,4\%$$

$$\text{Porosité façade sous le vent : } P_{2b} = So_{2b} / Sp_{2b} = 32,8\%$$

Porosités moyennes :

$$Pm_{2a} = So_{2a} / Sm_2 = 11,4\%$$

$$Pm_{2b} = So_{2b} / Sm_2 = 39,6\%$$

Porosité équivalente :

Sans objet ; Pas d'ouverture latérale

ZVH 3 (11 m² / 27,5 m³) :

$$Sp_{3a} = 3,3 \times 2,5 = 8,25 \text{ m}^2$$

$$So_{3a} = 1,2 \times 1,2 = 1,44 \text{ m}^2$$

Porosité simple :

$$\text{Porosité façade au vent : } P_{3a} = So_{3a} / Sp_{3a} = 17,5\%$$

$$\text{Porosité façade sous le vent : } 0\%$$

Porosité moyenne :

Porosité équivalente : 0% (porte perpendiculaire au flux)

Porosité équivalente :

$$\text{Avec ouverture latérale } So_{3b} = 0,6 \times 1,2 = 0,72 \text{ m}^2$$

$$Vc_3 = (So_{3a} + So_{3b}) / 2 \times d_{3b} = (1,44 + 0,72) / 2 \times 2,2 = 2,4 \text{ m}^3$$

$$\text{Porosité équivalente : } Pe_3 = Vc_3 / Vzvh_3 = 2,4 / 27,5 = 8,8\%$$

Porosité inférieure

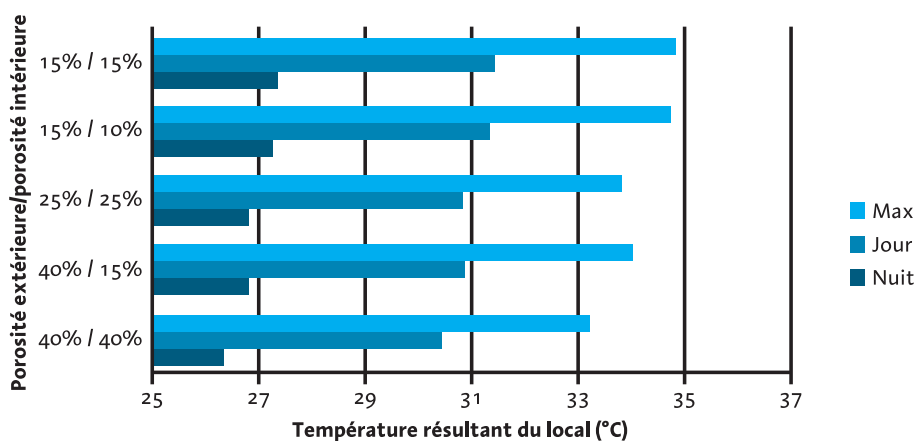
La porosité des parois intérieures des zones de ventilation homogène devra être au moins égale à la plus petite porosité des parois extérieures de cette même zone.

$$P_{int} > P_{ext \text{ minimale}}$$

Ainsi, la surface totale des ouvertures intérieures, perpendiculaire au sens du flux, devra être supérieure à la surface totale des ouvrants de la paroi extérieure qui a la porosité la plus faible. Ces surfaces intérieures devront par ailleurs être réparties uniformément.

On voit sur le graphique ci-dessous l'influence des couples de porosité "extérieure/intérieure" sur la température résultante d'un local :

Influence des porosités sur le confort d'une chambre (température résultante)



• Autres recommandations

NB : les schémas décrits ci-dessous ont été tirés d'une étude aéraulique de V.Olgay (Design with climate - Princeton University Press - 1963).

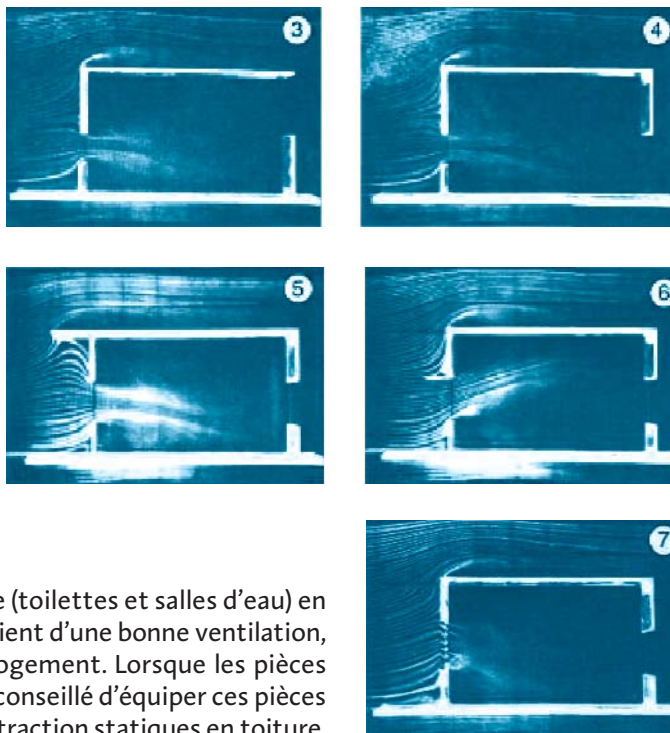
Influence de la hauteur des ouvertures des auvents

3 et 4 : quelle que soit la position de la sortie d'air (en haut, au milieu ou en bas du mur), le flux intérieur est dirigé vers le bas si l'entrée est en position basse. La ventilation est alors efficace.

5 et 6 : les avancées de toiture et pare-soleil modifient l'importance et la direction du mouvement d'air. Une avancée assez haute augmente le flux sans modifier sa direction. Un pare-soleil horizontal juste au-dessus de la fenêtre dirige le flux vers le plafond et diminue l'efficacité de la ventilation.

7 : les fenêtres pivotantes et fenêtres à lames mobiles doivent être placées de façon à orienter l'air vers le bas de la pièce. Ce type de système a par contre le désavantage de favoriser les infiltrations d'eau, si l'ouvrant n'est pas protégé en partie haute (auvent).

On veillera aussi à positionner les pièces de service (toilettes et salles d'eau) en façade sous le vent de manière à ce qu'elles bénéficient d'une bonne ventilation, indépendante de celle des pièces principales du logement. Lorsque les pièces principales ne sont pas en façade, il est fortement conseillé d'équiper ces pièces de VMC (voir page 47) ou à défaut de tourelles d'extraction statiques en toiture.



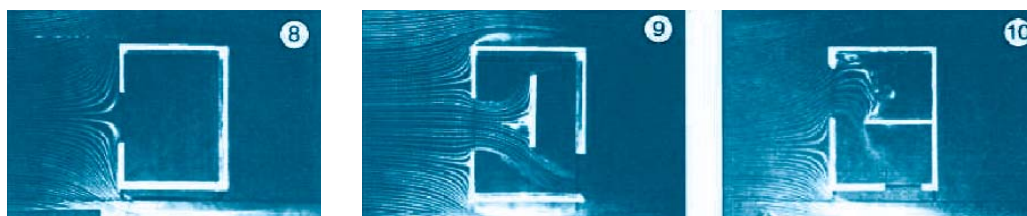
Influence de la hauteur des ouvertures des auvents

8 : Avec seulement une ouverture du côté exposé au vent, il y a peu de mouvement d'air à l'intérieur.

9 : Cloison perpendiculaire au flux principal : altération importante, mauvaise efficacité de la ventilation.

10 : Cloisonnement coupant le flux : perturbations. La pièce fermée n'est pas ventilée, l'autre l'est très faiblement.

On pourra se rapporter à l'annexe 6 pour quelques conseils sur la prise en compte du vent dans le procédé constructif.



On pourra se rapporter à l'annexe 6 pour quelques conseils sur la prise en compte du vent dans le procédé constructif.

• Brasseurs d'air

	VENTILATION NATURELLE	CLIMATISATION	LOCALISATION
EXIGENCE MINIMALE Prévision d'un brasseur d'air (ou d'attentes électriques pour son installation future) tous les 15 m ²	Brasseur d'air	Attentes	Chambres
	Attentes	Attentes	Séjours et autres pièces de vie

Pour une même plage d'utilisation, un brasseur d'air est 20 fois moins consommateur qu'un climatiseur. (Etude Sidler - Consommations électriques ménagères en Guyane - 1998)

Le brasseur d'air est ici prescrit pour les logements à faible possibilité de ventilation naturelle.

Comme pour la ventilation naturelle, l'objectif de ce type d'appareil est de créer un brassage de l'air, et donc un mouvement d'air qui génère une sensation de rafraîchissement. Il ne rafraîchit pas à proprement parler la température d'une pièce, si ce n'est en chassant les calories superflues.

Le brasseur d'air peut de plus être utilisé en complément d'un climatiseur pour soulager son fonctionnement :

- pour améliorer, par son action de dispersion de l'air rafraîchi, l'efficacité du climatiseur ; ce qui permet une utilisation à une moindre puissance,
- pour offrir une alternative moins énergivore à l'utilisateur, lorsque cela est possible.

Selon les caractéristiques de ventilation naturelle, le label ECODOM + va imposer la pose d'un appareil selon les prescriptions décrites ci-dessous, ou plus simplement la prévision d'attentes électriques en vue de son installation future.

Caractéristiques techniques

Les critères de sélection pour un brasseur seront :

- choisir des brasseurs d'air présentant une bonne performance énergétique (label Energy Star), et une efficacité > à 500 m³/h.W,
- privilégier des brasseurs d'air à pales métalliques profilées et dont les diamètres sont supérieurs à 1,40 m.

Prescriptions à l'installation

L'appareil se fixe au plafond, de préférence au centre de la pièce, mais gagne à ne pas être disposé juste au-dessus des zones occupées. Les ventilateurs doivent également respecter un nombre de points d'ancrage. Pour des questions de sécurité, il peut être enserré dans un carter. On veillera aussi à ne pas situer de luminaires entre les pales et le plafond, pour éviter un effet stroboscopique gênant.

L'installation de brasseurs d'air est très fortement conseillée lorsque le logement a une orientation défavorable.

Il est notamment recommandé :

- d'installer 1 brasseur d'air (ou des attentes électriques) tous les 15 m², positionnés de manière à permettre un brassage d'air homogène,
- d'équiper les commandes d'alimentation des brasseurs de variateur de vitesse,
- que le plan de rotation des pales soit à une distance d'au moins 30 cm du plafond, tout en veillant à ce qu'elles n'occasionnent aucun risque pour les occupants.

Par ailleurs, les attentes électriques devront respecter la norme électrique NFC 15-100.

■ RAfraîchissement assuré par des climatiseurs

NOTA : Ce cas ne concerne que les opérations ne pouvant avoir recours à la ventilation naturelle (voir paragraphe 37 et suivantes). Il n'est valable que pour les chambres (pièces de nuit).

	LOCALISATION
EXIGENCE MINIMALE Indicateur : Qualité d'installation (Qualification OPTICLIM)	Chambres

Les exigences sont ici celles de la Charte de qualité OPTICLIM, mise en place par l'ADEME Guyane. Cette Charte définit les conditions d'installation de systèmes de climatisation individuelle performants, en les considérant dans leur globalité, de leur dimensionnement jusqu'à leur fin de vie.

Ainsi, 6 thématiques sont traitées :

- le bâti étanche,
- le dimensionnement de l'installation,
- le choix des appareils,
- la mise en œuvre,
- l'entretien et la maintenance,
- la gestion des appareils en fin de vie.



Les prescriptions décrites ci-après sont reprises plus en détail dans le guide OPTICLIM disponible à l'ADEME. (www.ademe-guyane.fr rubrique "Présentation / Agir en tant que professionnel / La climatisation performante").

Etanchéité du bâti

Si les prescriptions générales concernant les performances thermiques du bâti ont été décrites dans les chapitres précédents (Protection solaires de la toiture, des ouvrants et des murs), le point présent concerne l'étanchéité des ouvrants (vitrages), et en particulier celle à l'air.

Tous les ouvrants devront posséder une classe d'étanchéité qui soit au minimum A3.

Dimensionnement

Est concernée ici la conception de l'installation, et notamment son dimensionnement en termes de puissance frigorifique (exprimée en W ou en BTU/h). La valeur de puissance à adopter sera calculée à partir du logiciel OPTICLIM.

Choix des appareils

Les appareils performants seront bien évidemment privilégiés. On ne considère ici que les appareils de type "split-system", dont l'efficacité frigorifique (ou E.E.R) devra être supérieure à 3,2, ce qui correspond à un appareil de classe énergétique A (étiquette énergie).

Classe d'efficacité énergétique de l'unité en mode réfrigération

A	3,20 < EER
B	3,20 ≥ EER > 3,00
C	3,00 ≥ EER > 2,80
D	3,20 < EER > 2,60
E	3,20 < EER > 2,40
F	3,20 < EER > 2,20
G	2,20 < EER

Mise en œuvre

Les unités extérieures devront être placées dans des endroits bien ventilés, et éloignées de toute source de chaleur qui pourrait entraver leur bon fonctionnement (ensoleillement par exemple). Elles seront situées si possible en hauteur, à l'abri de nuisances possibles (poussières, fumées), mais accessibles.

Les unités intérieures devront quant à elles être disposées si possible en hauteur, accessible, mais de manière à insuffler un air :

- qui ne soit dérangent pour l'utilisateur,
- qui ne soit perturbé par des obstacles éventuels,
- qui balaye le plus grand volume possible.

En cas de placement en allège, le jet d'air sera orienté de 15° à 20° par rapport à la verticale.

Les liaisons frigorifiques devront être :

- inférieures à 10 m,
- le plus linéaires possible,
- calorifugées par un isolant adéquat (de type "Armaflex", et de résistance thermique supérieure à 0,4 m².°C/W).

Entretien et maintenance

L'installateur devra se soumettre à un contrat de maintenance, annuel ou semestriel, tel que défini dans la charte "Opticlim".

Inscription en Préfecture

L'installateur devra avoir fait l'objet d'une inscription en Préfecture.

Fin de vie

En fin de vie de l'installation, l'entreprise s'engage à récupérer les fluides frigorigènes, avec un matériel adéquat (type station).

VENTILATION HYGIÈNIQUE

	LOCALISATION
EXIGENCE MINIMALE Indicateur : Débit d'extraction Variable selon les pièces	Pièces climatisées Pièces d'eau sans ouverture sur l'extérieur

L'humidité, qu'elle soit climatique ou issue des activités humaines (transpiration, vapeur d'eau, ...) est très présente au sein de l'habitat. Cette humidité favorise le développement des moisissures, qui peuvent avoir un impact très négatif sur la santé. Il convient donc de renouveler l'air par une ventilation, pour chasser cette humidité. Si celle-ci n'est pas possible naturellement (pièces borgnes), il est judicieux de prévoir une Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC).

La VMC peut fonctionner en "tout ou rien", mais il existe des modèles qui possèdent un débit nominal obtenu avec le moteur en petite vitesse et un débit forcé avec le moteur en grande vitesse. Un interrupteur permet de basculer en grande vitesse après une forte production de vapeur d'eau (douche ou bain par exemple).

Il existe également des modèles de VMC hygroréglables, qui modulent le débit en fonction de l'humidité de la pièce.

Mode de pose

Les bouches d'extraction de l'air sont placées au niveau des pièces humides (salle de bain, cuisine, WC, voire buanderie) et reliées à un groupe d'extraction motorisé. L'air extérieur "neuf" est ainsi aspiré via les pièces sèches au niveau d'entrées d'air puis rejetées au niveau des pièces humides par des bouches d'extraction. Pour que le passage de l'air puisse se faire même porte fermée, il est idéalement préférable de prévoir un interstice de 1 à 2 cm sous les portes (détalonnage).

Pour les systèmes autoréglables, les débits minimum d'usage pour les différentes pièces sont déterminés dans le tableau suivant (en m³/h) :

	CUISINE	SdB	AUTRE SALLE D'EAU	WC 1	Wc 2
T1	20/75	15	15	15	15
T2	30/90	15	15	15	15
T3	45/105	30	15	15	15
T4	45/120	30	15	30	15
T5 ET +	45/135	30	15	30	15

Entretien

Un nettoyage des bouches d'extraction (une fois par trimestre, à l'eau savonneuse) est nécessaire. Les filtres doivent aussi être nettoyés une fois par an. D'une manière plus globale, un entretien de l'installation dans son ensemble (bloc moteur, gaines) doit être réalisé par un professionnel tous les 3 ans.

2.4 Fourniture d'eau chaude sanitaire

Dans le cadre de la démarche ECODOM +, un projet ne pourra être validé s'il n'existe pas de solution intégrée de fourniture d'eau chaude sanitaire. Celle-ci pourra être assurée par le biais :

- du solaire thermique (chauffe-eau solaire),
- d'un autre mode de production thermique (électrique ou gaz), compensé par une surface minimale de panneau photovoltaïque.

SOLAIRE THERMIQUE

	LOCALISATION
EXIGENCE MINIMALE Protection des abords sur 3 m	Logements situés en rez-de-chaussée sauf site urbain dense (zone UA)

Pour la fourniture d'eau chaude sanitaire (ECS), deux cas vont ici être envisageables :

- le premier est celui d'un système solaire thermique, individuel ou collectif
- le deuxième cas concerne les opérations où le maître d'ouvrage n'envisage pas de système de production d'eau chaude solaire. Dans ces cas là, il devra installer pour compenser un système de production d'électricité photovoltaïque raccordé au réseau, dont la surface dépendra du nombre et du type de logement.

• Installations individuelles

Les exigences, pour le solaire thermique individuel, seront celles de la Charte de qualité QUALISOL Guyane, mise en place par le Programme Régional de Maîtrise de l'Énergie de Guyane. Ici seront rappelées les principaux points à respecter. On retrouvera l'ensemble des prescriptions dans la Charte de qualité, disponible auprès de l'ADEME Guyane.



Implantation de capteurs

L'appareil, s'il est de type "autostockeur", ou les capteurs, dans le cas de systèmes "thermosiphon" ou "à éléments séparés", devront être :

- orientés vers le Sud, avec $\pm 90^\circ$,
- inclinés d'un angle compris entre 10° et 20° avec l'horizontale.

Visseries et accessoires

L'installation devra être obligatoirement équipée de vannes d'arrêt dont une accessible pour la neutralisation du réseau et des équipements suivants :

- groupe de sécurité, dont l'évacuation des fluides doit être raccordée par tuyauterie, soit jusqu'au sol, soit jusqu'au réseau d'évacuation pour éviter tout risque de brûlure,
- réducteur de pression,
- mitigeur thermostatique (conformément à l'arrêté du 30 novembre 2005).

Il pourra également être prévu, selon la situation, un filtre à tamis pour limiter les dépôts de latérite, des clapets anti-retour ou des anti-béliers.

L'ensemble des accessoires devra être homologué NF ou CE.

Les éléments de visserie utilisés pour la structure et la fixation des matériels seront en acier inoxydable pour les diamètres inférieurs ou égaux à 8 mm et en acier zingué au-delà de 8 mm, et la visserie utilisée pour la fixation de la structure sur une toiture pourra être de même type que celle préexistante sur cette toiture.

Réseau hydraulique

Le matériel employé sera homologué NF ou CE. Les tuyauteries, en cuivre, seront fixées tous les mètres avec des fixations disponibles sur le marché, et calorifugées, sur la liaison capteur-ballon et l'alimentation en eau chaude du logement, par un isolant peu sensible à l'humidité et protégé des intempéries et des agents agressifs (pluie, rayonnement solaire, animaux, ...).

Règles techniques et certification

Le DTU n° 65-12 et la norme NF P50-601-1 devront être respectées, et les chauffe-eau solaires devront bénéficier d'un avis technique favorable du CSTB (ou équivalent européen) en cours de validité.

• **installations collectives**

Sur ce type de montage plus complexe, l'unique prescription va ici se limiter à l'obligation d'une étude de faisabilité et de suivi de l'opération. Elle devra être assurée par un bureau d'études indépendant et spécialisé dans ce type de prestations.

SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

EXIGENCE MINIMALE
Indicateur : énergie à fournir
taille du logement - 400 Wc/pièce

Dans le cas où le logement serait équipé d'une installation de production d'ECS non solaire (électrique, gaz ou autre), une installation photovoltaïque sera prévue pour compenser les consommations électriques de l'appareil de production.

On prendra pour le dimensionnement les hypothèses suivantes :

- une consommation moyenne annuelle de 380 kWh par personne,
- une occupation théorique de 1 personne pour un T1, 2 personnes pour un T2, 3 pour un T3, etc. ,
- une majoration forfaitaire de 45% pour tenir compte du mode de production de l'électricité et des pertes sur le réseau.

A titre indicatif, une installation de 1.000 Wc, orientée plein Sud et inclinée à 15°, sans ombrage, est en mesure de produire annuellement environ 1.350 kWh.

En conséquence, les niveaux de puissance minimum à installer seront les suivants :

TYPE DE LOGEMENT	PUISSANCE À INSTALLER (Wc)
T1	400
T2	800
T3	1.200
T4	1.600
T5 ET +	2.000

Ces puissances seront ensuite augmentées en fonction de la perte énergétique liée à une orientation ou une pente non optimale, selon le tableau indicatif suivant (puissance à diviser par le facteur du tableau) :

ORIENTATION	INCLINAISON						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
SUD	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0°	1,00	1,00	0,92	0,81	0,67	0,52	0,40
15°	1,00	0,98	0,92	0,81	0,68	0,53	0,41
30°	1,00	0,98	0,92	0,82	0,69	0,55	0,43
45°	1,00	0,98	0,92	0,83	0,71	0,59	0,47
60°	1,00	0,98	0,92	0,84	0,73	0,61	0,50
75°	1,00	0,98	0,92	0,84	0,74	0,63	0,52
90°	1,00	0,98	0,92	0,84	0,74	0,63	0,52

Nota : L'inclinaison 15° orientation Sud présente normalement un facteur de 0,98 ramené à 1 car il s'agit de l'inclinaison souhaitée pour l'écoulement des eaux. Les cas avec des facteurs inférieurs à 0,7 sont fortement déconseillés.

Une étude de faisabilité, un dimensionnement et le suivi seront alors obligatoires, et assurés par un bureau d'études indépendant et spécialisé.

2.5 Eclairage performant

	LOCALISATION
<p>EXIGENCE MINIMALE</p> <p>Indicateurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puissance surfacique : puissance installation < 2 W/m² • Type de gestion : minuterie 	Logements situés en rez-de-chaussée sauf site urbain dense (zone UA)

Les exigences liées à cette thématique concernent principalement la puissance de l'éclairage à mettre en place, pour assurer un éclairage performant, et sa gestion (minuterie). Les niveaux minimaux de qualité de lumière (Indice de Rendu des Couleurs (IRC) ; température des couleurs) pour satisfaire le confort visuel sont indiqués.

Les lieux concernés sont les espaces communs, qui englobent les endroits suivants :














- Les circulations,
- les garages,
- le local "poubelles",
- les cheminements piétonniers extérieurs.

Performance énergétique

Ici, l'exigence propre à l'éclairage s'exprime en puissance électrique (exprimée en Watt) d'éclairage rapportée au m², et doit être inférieure ou égale à **2 W/m²**.

La puissance d'éclairage habituellement rencontrée dans l'habitat varie selon le type d'éclairage utilisé. Pour un même degré d'éclairement (exprimé en lumen), on trouve ainsi plusieurs niveaux d'efficacité énergétique selon les types d'appareils utilisés. Les plus performants sont ainsi les néons ou l'éclairage à diode électroluminescente (LED, OLED), les autres systèmes ayant une consommation supérieure pour produire un même éclairement :

- néon : 80 à 90 lumen/Watt,
- LBC : 50 à 60 lumen/Watt,
- LED : 40 lumen/Watt,
- halogène : 20 lumen/Watt,
- incandescent : 10 lumen/Watt.

												
Eclairage public à vapeur de sodium, 150 W, 150 lumen/Watt	Tube fluorescent Ø 26 mm, 120 cm, 36 W, 93 lumen/Watt	Tube fluorescent compact 40cm, 36 W, 78 lumen/Watt	Tube fluorescent compact 20cm, 11 W, 61 lumen/Watt	Lampe économe, 11 W 61 lumen/Watt	Lampe économe, 11 W, 55 lumen/Watt	Lampe économe, 11 W, 46 lumen/Watt	Lampe halogène basse tension IRC, 50 W, 24 lumen/Watt,	Lampe halogène basse tension, 50 W, 17 lumen/Watt	Lampe halogène, 300 W, 19 lumen/Watt	Ampoule à incandescence 75 W, 13 lumen/Watt	Ampoule à incandescence, 15 W, 6 lumen/Watt,	Tube à incandescence, 60 W, 7 lumen/Watt

Gestion

Il sera prévu des systèmes de minuterie dans tous les circulations communes, locaux poubelles et garages. Ces systèmes seront à temporisation ou à détecteur de présence.

Qualité de la lumière

Deux autres critères rentrent ici en compte, et concernent plus directement la qualité de l'éclairage : l'indice de rendu des couleurs (IRC) et la chaleur de l'éclairage.

Ce sont 2 critères à ne pas négliger, et qui font que l'on pense souvent, à tort, que l'éclairage fluorescent est moins "chaleureux" qu'un éclairage incandescent ou halogène :

- l'indice de rendu des couleurs (IRC) définit le rendu des couleurs par un éclairage artificiel. Plus il est important (supérieur à 90%), mieux les couleurs sont restituées,
- la température de l'éclairage (qui va généralement de 2.500 K à 6.000 K) définit la gamme de couleur produite par la lampe, de chaude à froide. Paradoxalement, plus la température est élevée, plus la lumière apparaît comme "froide" et blanche.

CODE	IRC - INDICE DE RENDU DES COULEURS	TEMPÉRATURE DE COULEUR (TEINTE DE LA LUMIÈRE)
827	82 à 85	2.700 K blanc très chaud
830	82 à 85	3.000 K blanc chaud
840	82 à 85	4.000 K lumière du jour
930	92 à 98	3.000 K blanc chaud
940	92 à 98	4.000 K lumière du jour

L'IRC et la température de l'éclairage sont définis par un code international à 3 chiffres, qui est généralement indiqué sur les ampoules (voir ci-dessus). Le 1^{er} donne le niveau d'IRC en pourcentage, et les 2 autres donnent la température de l'éclairage (gamme de couleur produite par la lampe).

Dans le cadre de la démarche de ECODOM +, il sera demandé un IRC de 85 % minimum, et une température de 4.000 K (codes 840, 930 ou 940).

Coût global

Sur la base de 2 000 heures d'utilisation/an, une LBC de 11 W permet d'économiser :

- 10 euros/an par rapport à incandescence,
- 20 à 30 euros/an par rapport à une lampe halogène.

La durée de vie d'un éclairage fluorescent ou de type néon est également 5 à 10 fois plus importante que les autres types d'éclairage, et permettent de s'affranchir de changements et de rachats fréquents. Aussi d'une manière générale, sur sa durée de vie, un éclairage fluorescent est 3 fois moins coûteux qu'un éclairage incandescent, et 7 à 10 fois moins qu'un éclairage halogène.

Les ampoules à incandescence cesseront d'ailleurs d'être commercialisées au 1^{er} septembre 2012.

3. Synthèse des exigences

Le tableau suivant retrace l'ensemble des niveaux d'exigence requis pour respecter une démarche ECODOM + :

THÉMATIQUE		CRITÈRES D'EXIGENCE	VENTILATION NATURELLE	CLIMATISATION
Protection solaire de la toiture		Facteur de transmission solaire (Fts)	< 1,2 %	
Protection solaire des ouvrants	Ouest, Sud-Ouest et Nord-Ouest		< 10%	
	Est, Sud-Est et Nord-Ouest		< 15 %	
	Sud et Nord		< 20 %	
Protection solaire des murs	Ouest, Sud-Ouest et Nord-Ouest		< 4 %	< 2 %
	Autres orientations		< 5 %	< 2 %
Ventilation naturelle		Porosité équivalente	> 25 %	Pas d'exigence
		Brasseur d'air	Attentes électriques	Obligatoire
Climatisation		Charte de qualité	Pas d'exigence	OPTICLIM [®]
Eau chaude sanitaire		Charte de qualité	QUALISOL GUYANE [®]	
		Surface panneau photovoltaïque	400 Wc/pièce (hors cas particuliers)	
Eclairage		Puissance d'éclairage	2 W/m ²	

Notes



Annexes

Annexe 1. Données géographiques et climatiques de Guyane.....	56
■ COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES ET CLIMAT	5 6
■ VENTS	5 7
■ TEMPÉRATURE ET HYGROMÉTRIE	5 7
■ PLUVIOMÉTRIE	5 8
■ COURSE DU SOLEIL ET INSOLATION	5 8
Annexe 2. Facteurs solaires S_{ouv} d'ouvrants divers.....	60
■ FENÊTRES ET PORTE-FENÊTRES	6 0
■ PORTES.....	6 1
■ PROTECTIONS INTÉRIEURES	6 1
Annexe 3. Coefficient de masque C_m des protections horizontales, latérales et des brises soleil.....	62
■ PROTECTION VERTICALE (DE TYPE BRISE SOLEIL À LAMES)	6 2
Annexe 4. Facteurs solaires C_m des stores combinés aux films solaires.....	64
Annexe 5. Facteurs de masque lointain.....	65
Annexe 6. Coefficient de ventilation.....	67
■ EFFET DE SITE	6 8
■ EFFETS LIÉS À L'IMPLANTATION DU PROJET	6 9
■ EFFETS LIÉS À LA TYPOLOGIE DES LOGEMENTS	7 1

ECODOM +

Annexe 1. Données géographiques et climatiques de Guyane

■ COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES ET CLIMAT

Latitude : 2° à 5° N

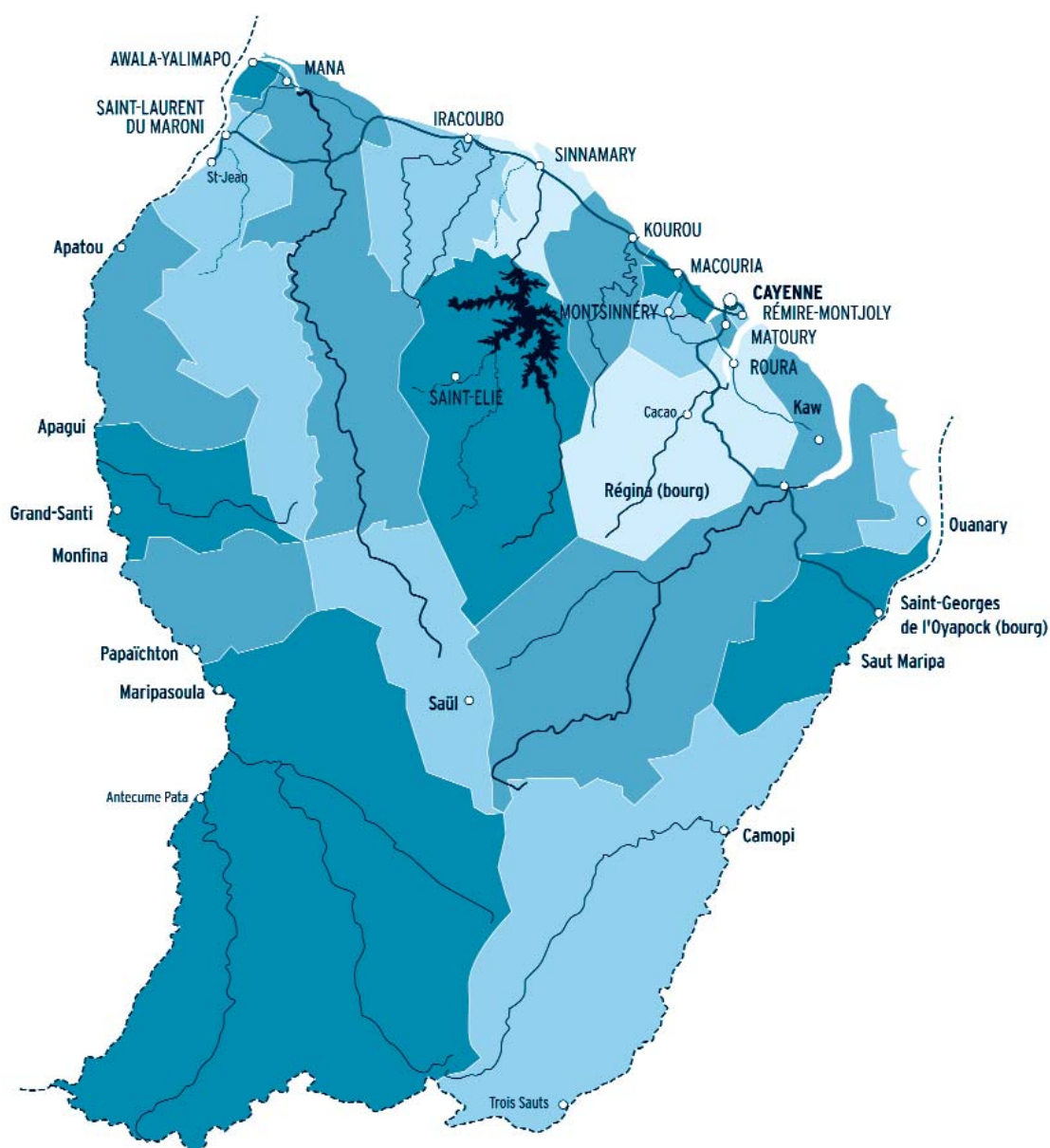
Longitude : 52 à 55° O

La Guyane se trouve dans l'hémisphère Nord, près de l'équateur. Elle bénéficie de fait d'un climat de type équatorial humide, caractérisé par une stabilité climatique tout au long de l'année, tant au niveau des températures que des vents.

Les saisons y sont cependant marquées par une variation de l'humidité, avec une alternance de saisons sèches et humides :

- **saison sèche** : de mi-juillet à mi-novembre et en février-mars ("petit été"),
- **saison humide** : de mi-novembre à janvier, et de mi-mars à mi-juillet.

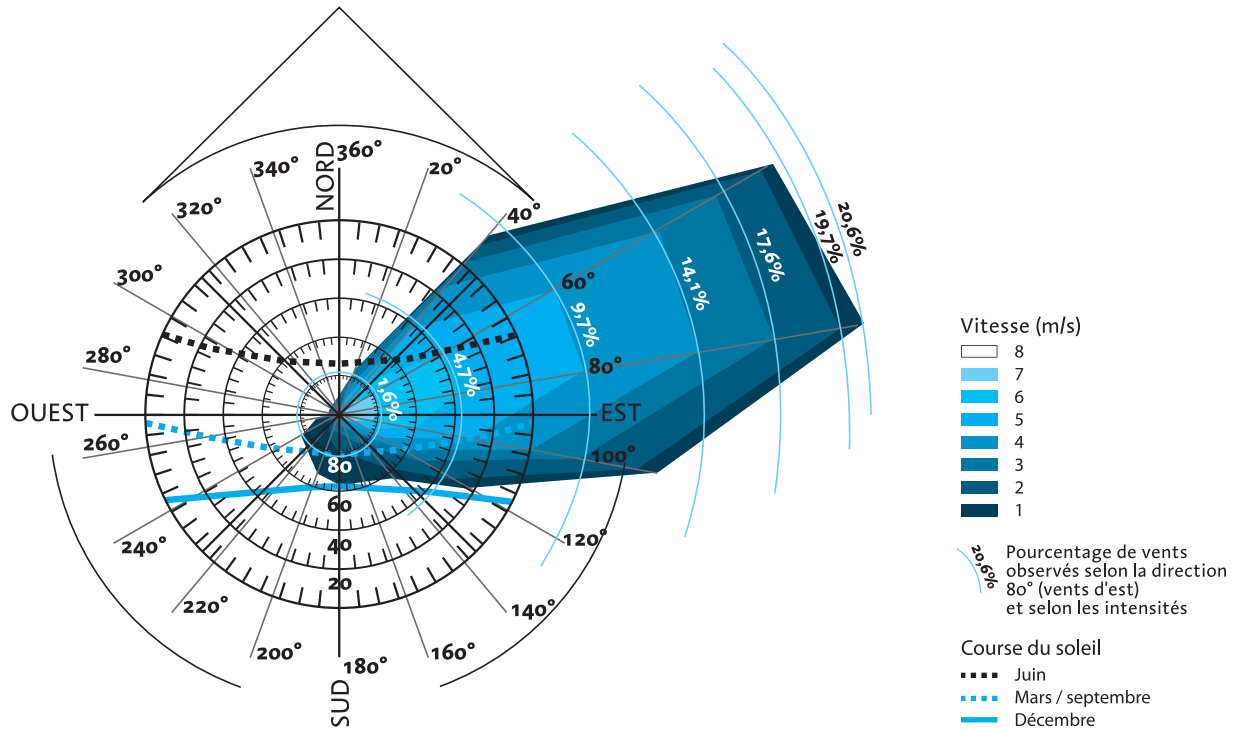
Le climat évolue au gré des fluctuations de la Zone Intertropicale de Convergence (ZIC), zone dépressionnaire de rencontre des vents de Nord-Est (anticyclone des Açores) et de ceux du Sud-Est (anticyclone de Sainte-Hélène).



■ VENTS

Les vents proviennent des Alizés qui évoluent au sein de la ZIC. Le graphique ci-contre donne les valeurs de vent en journée tout au long de l'année, pour la zone de Cayenne, avec des vents orientés plutôt en direction du :

- Nord-Est en saison des pluies, de forte intensité,
- Est/Sud-Est en saison sèche, d'intensité plus faible.



Les vitesses de vent moyennes relevées à Rochambeau à une hauteur de 10 mètres s'élèvent à 2,4 m/s tout au long de l'année, et sont relativement plus élevées en début d'année, comme l'indique le tableau ci-dessous :

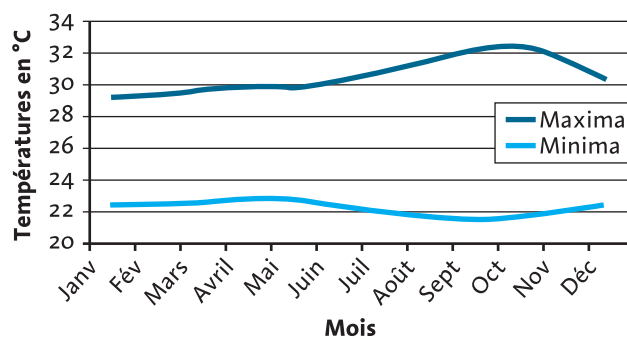
VENT (m/s)												
Mois	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aoû.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
VENT MOYEN	2,3	3,3	3,4	2,8	2,1	1,7	1,8	2,0	2,3	2,2	2,0	2,4

Source : Météo France 92

■ TEMPÉRATURES ET HYGROMÉTRIE

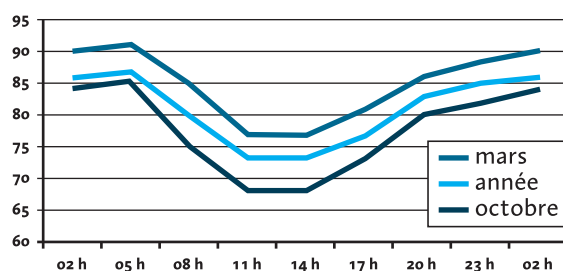
Les températures minimales et maximales moyennes constatées sur l'année sur l'île de Cayenne (station de Rochambeau) s'échelonnent entre 22 et 31 °C, avec une moyenne générale de 26 °C.

Variations moyennes de la température en Guyane



L'hygrométrie oscille quant à elle entre 65% et 95%, pour une moyenne située autour de 75%.

Hygrométrie constatée sur Cayenne au cours de trois journées type dans l'année



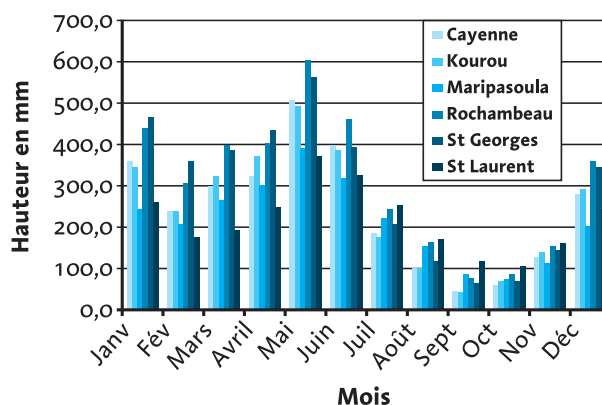
■ PLUVIOMÉTRIE

La pluviométrie varie quant à elle entre 1.700 millimètres par an dans le Nord-Ouest et 3.800 millimètres dans la région de Régina-Cacao.

La pluviométrie annuelle est de 3.000 millimètres en moyenne sur la bande côtière de Kourou à Cayenne, alors qu'elle atteint 2.500 millimètres sur les régions de l'intérieur.

Les pluies sont en général fortes et de courte durée, elles ont lieu souvent la nuit.

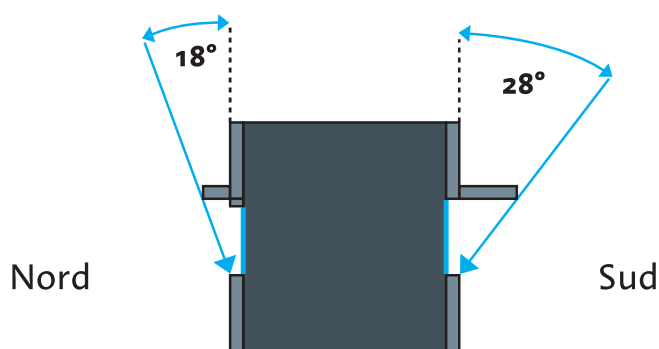
Pluviométrie moyenne en Guyane



■ COURSE DU SOLEIL ET INSOLATION

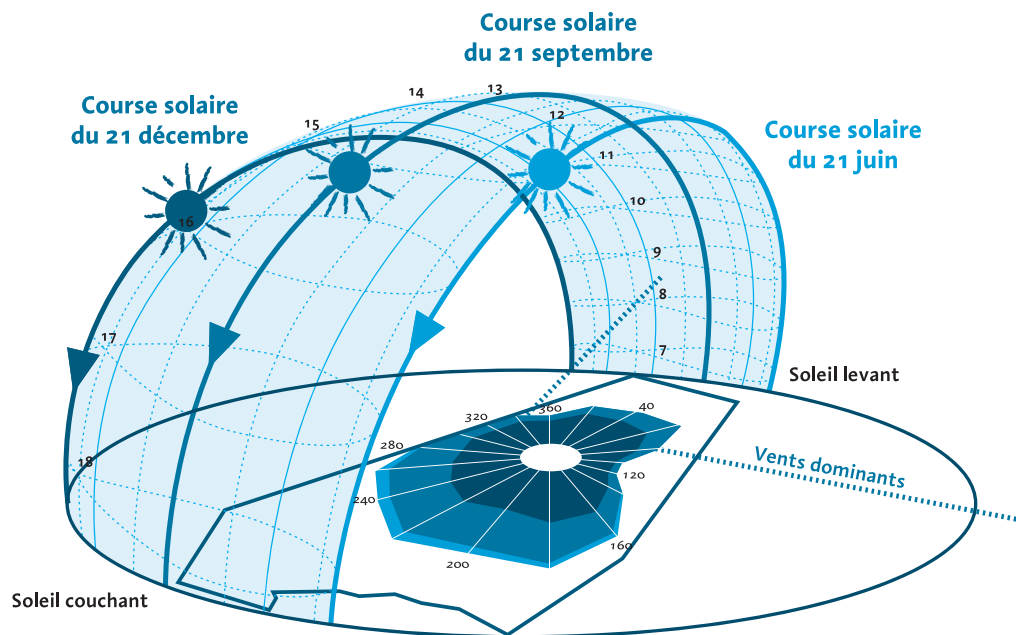
Au long de l'année, le soleil effectue une course évoluant entre deux positions maximales, à 12h, aux solstices d'hiver et d'été :

- le 21 juin (solstice d'été), à 28° au Sud,
- au 21 décembre (solstice d'hiver) à 18° au Nord.



Positions extrêmes du soleil à 12h

Entre les deux, il est au Sud de septembre à mars (7 mois) et au Nord d'avril à août (5 mois). Le diagramme ci-dessus donne les différentes positions du soleil au cours de l'année à Cayenne, suivant les heures de la journée :

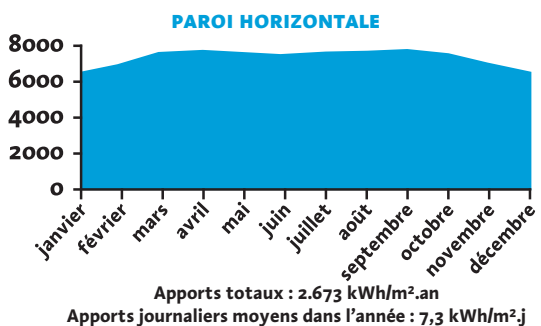
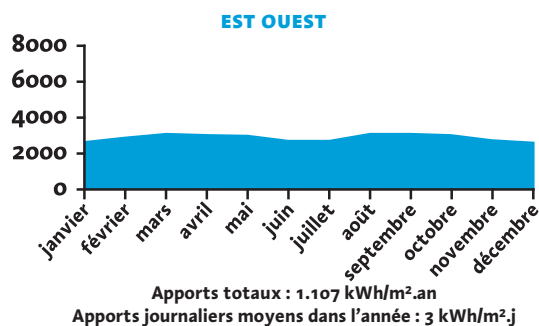
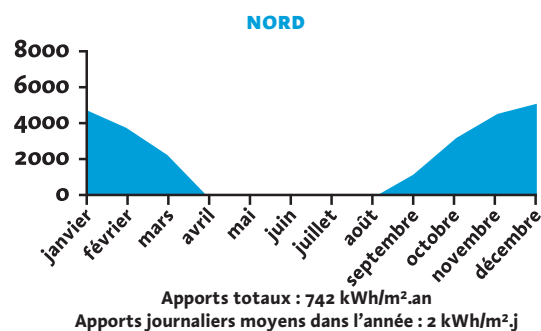
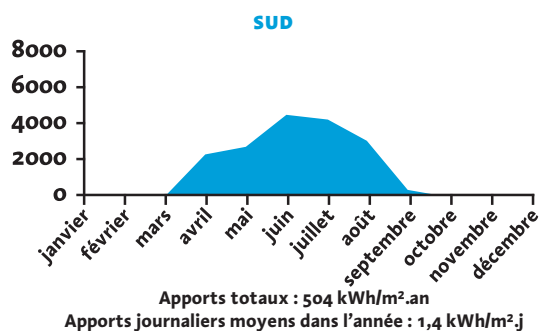


La durée du jour est par ailleurs quasiment invariante tout au long de l'année. Malgré une pluviométrie importante, la Guyane dispose d'un ensoleillement important, avec en moyenne 2.200 heures d'insolation annuelle, les maxima étant situés sur la bande côtière.

L'irradiation est maximale sur un plan horizontal :

IRRADIATION MOYENNE ANNUELLE	4,8 kWh/m ² .jour
IRRADIATION MINIMALE	2 kWh/m ² .jour
IRRADIATION MAXIMALE	7,5 kWh/m ² .jour

Les valeurs mensuelles des apports de chaleur journaliers moyens (en Wh/m².j) sont données dans le tableau ci-dessous pour chaque orientation, au cours de l'année.



Annexe 2. Facteurs solaires S_{ouv} d'ouvrants divers (sources : CSTB 1992)

■ FENÊTRES OU PORTE-FENÊTRES DE LOCAUX NON CLIMATISÉS

TYPES DE BAIS ET DE PROTECTIONS		S_{ouv}
BAIE FIXE D'UN LOCAL NON CLIMATISÉ		
BAIE LIBRE (PAS DE VITRAGE) , pas de fermeture autre que grille ou barreaudage		1,00
JALOUSIES À LAMES OPAQUES (BOIS, MÉTAL, PVC, ...)	lame de "couleur claire" ⁽¹⁾	0,28
	lame de "couleur moyenne"	0,37
	lame de "couleur sombre"	0,46
	lame de "couleur noire"	0,53
JALOUSIES À LAMES EN GLACE CLAIRES SANS TRAITEMENT RÉFLÉCHISSANT	lame en glace claire 4 mm	0,87
	lame en glace claire 10 mm	0,83
AVEC VOLET PROJETABLE OU UN STORE OPAQUE PROJETABLE	volet ou store de "couleur claire" ⁽¹⁾	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
AVEC STORE TRANSPARENT (TRANSMISSION LUMINEUSE SUPÉRIEURE À 20%) PROJETABLE	store de "couleur claire" ⁽¹⁾	0,36
	store de "couleur moyenne"	0,44
	store de "couleur sombre"	0,52
	store de "couleur noire"	0,60
BAIES COULISSANTES SANS GALANDAGE D'UN LOCAL NON CLIMATISÉ		
BAIE SANS VOLET NI STORE	Menuiserie métallique	0,78
	Autres menuiseries	0,72
AVEC VOLET PROJETABLE OU UN STORE OPAQUE PROJETABLE	volet ou store de "couleur claire" ⁽¹⁾	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
AVEC STORE TRANSPARENT (TRANSMISSION LUMINEUSE SUPÉRIEURE À 20%) PROJETABLE	store de "couleur claire" ⁽¹⁾	0,28
	store de "couleur moyenne"	0,33
	store de "couleur sombre"	0,38
	store de "couleur noire"	0,43

⁽¹⁾ Voir définition des teintes page 16 de la partie technique

■ FENÊTRES OU PORTE-FENÊTRES DE LOCAUX CLIMATISÉS

BAIE FIXE À VITRAGE TRANSLUCIDE OU TRANSPARENT D'UN LOCAL CLIMATISÉ						
		BAIE NON PROTÉGÉE	BAIE PROTÉGÉE PAR DES VOILETS BATTANTS OU ROULANTS OU STORE EXTÉRIEUR OPAQUE DE COULEUR :			
MENUISERIE			CLAIRE	MOYENNE	SOMBRE	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

■ PROTECTIONS INTÉRIURES

TYPE DE BAIE ET DE PROTECTION		Souv
PROTECTIONS INTÉRIURES		
STORE VÉNITIEN À LAMES MINCES	de "couleur claire"	0,45
	de "couleur moyenne"	0,56
	de "couleur sombre"	0,65
RIDEAU OPAQUE	de "couleur claire"	0,34
	de "couleur moyenne"	0,45
	de "couleur sombre"	0,57
RIDEAU LÉGÈREMENT TRANSPARENT	de "couleur claire"	0,36
	de "couleur moyenne"	0,47
	de "couleur sombre"	0,59
RIDEAU ASSEZ TRANSPARENT	de "couleur claire"	0,39
	de "couleur moyenne"	0,50
	de "couleur sombre"	0,61

■ PORTES

TYPES DE PORTES		Souv
PORTE OU PARTIE OPAQUE FIXE EN BOIS OU PVC ($R > 0,1 \text{ W/}^\circ\text{C.m}^2$)	Face extérieure "couleur claire" ⁽¹⁾	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 RÉISTANCE THERMIQUE ($R < 0,1 \text{ W/}^\circ\text{C.m}^2$)	Face extérieure "couleur claire"	0,15
	Face extérieure "couleur moyenne"	0,22
	Face extérieure "couleur sombre"	0,30
	Face extérieure "couleur noire"	0,35

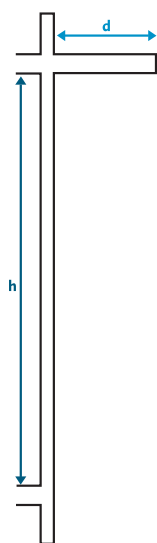
⁽¹⁾ Voir définition des teintes page 16 du guide

Annexe 3. Coefficients de masque C_m des protections horizontales, latérales et des brise-soleil (sources : CERMA - Centre Méthodologique d'Architecture www.cerma.arch.fr)

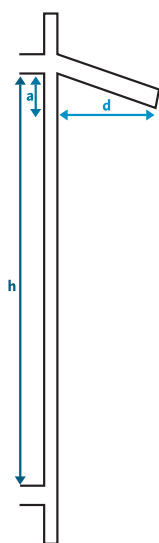
Les valeurs données dans ce tableau correspondent au coefficient de masque solaire C_m , pour les murs et les ouvrants, en fonction des dimensions des auvents, des protections latérales (arête gauche, c'est-à-dire située à gauche de l'ouvrant lorsque l'on regarde vers l'extérieur, ou arête droite), ou des deux combinés (masque complet).

■ PROTECTION HORIZONTALE (DE TYPE DÉBORD OU AUVENT DE TOITURE)

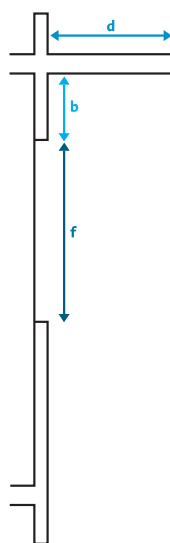
Pour les auvents et les calculs de d/h , il convient de se référer aux schémas suivants, décrits dans le chapitre "Protection solaire des ouvrants" :



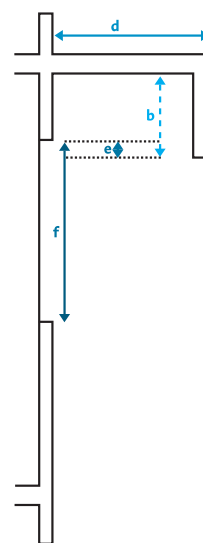
$$"d/h" = d/h$$



$$"d/h" = d/(p-a)$$



$$"d/h" = d/(f+b)$$



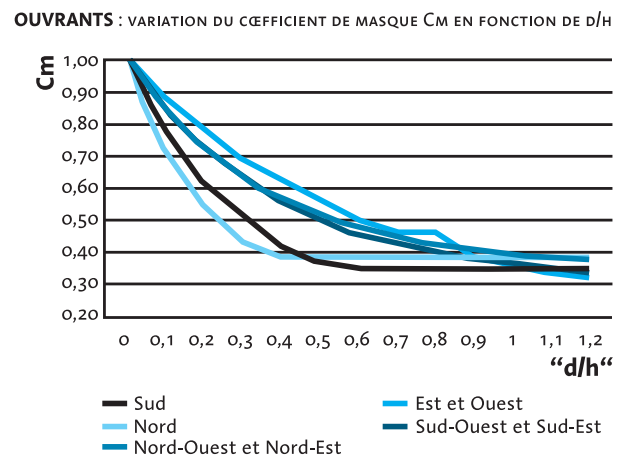
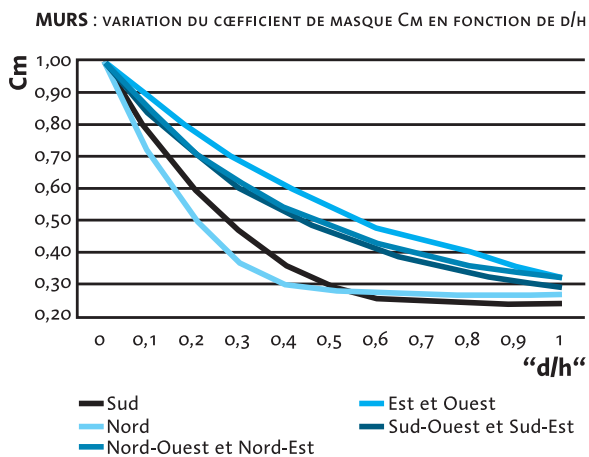
$$"d/h" = d/(f-e)$$

Source : CSTB

Les valeurs obtenues sont légèrement différentes pour un ouvrant que pour un mur, et sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

VALEURS DES COEFFICIENTS DE MASQUE C_m POUR UN MUR EN FONCTION DE "d/h"											
d/h	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
SUD	1,00	0,78	0,60	0,47	0,36	0,29	0,26	0,25	0,24	0,24	0,24
SO ET SE	1,00	0,83	0,71	0,61	0,53	0,46	0,41	0,37	0,34	0,31	0,29
EST ET OUEST	1,00	0,89	0,78	0,68	0,61	0,54	0,48	0,44	0,40	0,36	0,32
NO ET NE	1,00	0,85	0,71	0,62	0,54	0,48	0,43	0,39	0,36	0,34	0,32
NORD	1,00	0,72	0,51	0,37	0,30	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27

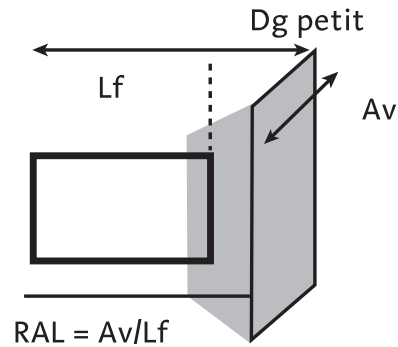
VALEURS DES COEFFICIENTS DE MASQUE C_m POUR UN OUVRANT STANDARD (120 X 120) EN FONCTION DE "d/h"													
d/h	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2
SUD	1,00	0,79	0,62	0,51	0,42	0,37	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
SO ET SE	1,00	0,85	0,73	0,63	0,56	0,50	0,46	0,42	0,40	0,38	0,37	0,35	0,34
E ET O	1,00	0,89	0,78	0,69	0,62	0,56	0,50	0,46	0,43	0,39	0,36	0,35	0,33
NO ET NE	1,00	0,85	0,73	0,64	0,57	0,52	0,48	0,45	0,43	0,41	0,39	0,39	0,38
NORD	1,00	0,74	0,55	0,43	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38



■ PROTECTION LATÉRALE

Pour les protections latérales, leur efficacité se mesure en fonction de la taille de la protection et de sa distance à l'ouvrant ou au mur. Ce rapport est noté RAL (voir ci-contre).

	"d/h" ou RAL	N	E	S	O
ARÊTE GAUCHE	0,3	0,80	0,96	0,84	0,94
	0,6	0,78	0,93	0,80	0,91
	0,9	0,78	0,92	0,80	0,89
ARÊTE DROITE	0,3	0,80	0,94	0,84	0,96
	0,6	0,78	0,91	0,80	0,93
	0,9	0,78	0,89	0,80	0,92

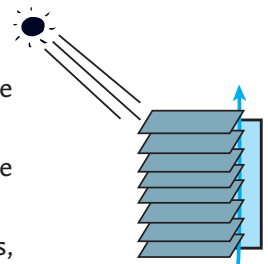


■ PROTECTION VERTICALE (DE TYPE BRISE-SOLEIL À LAMES)

Le coefficient de masque C_m d'un brise-soleil à lame ou toute protection verticale ventilée est de **0,3**.

Pour rappel, une protection verticale est dite ventilée lorsque la distance qui la sépare de la paroi est égale à 3% de la hauteur totale de cette paroi.

NOTA : dans le cas de la présence simultanée de protections horizontales et verticales, les 2 coefficients C_m sont à multiplier



Annexe 4. Facteur solaire C_m des stores combinés aux films solaires, (sources : Climatiser dans les DOM - ADEME - EDF, 1998)

	VITRAGE CLAIR		VITRAGE BRONZE	
	PROT. SOL. EXTÉRIEURE	PROT. SOL. INTÉRIEURE	PROT. SOL. EXTÉRIEURE	PROT. SOL. INTÉRIEURE
OPAQUE - BLANC	0,04	0,28	0,04	0,31
OPAQUE - PASTEL	0,07	0,39	0,07	0,35
OPAQUE - SOMBRE	0,10	0,49	0,10	0,40
OPAQUE - NOIR	0,13	0,59	0,13	0,44
TRANSPARENT MEDIUM - BLANC	0,21	0,38	0,18	0,36
TRANSPARENT MEDIUM - PASTEL	0,24	0,48	0,21	0,40
TRANSPARENT MEDIUM - SOMBRE	0,27	0,58	0,24	0,45
TRANSPARENT MEDIUM - NOIR	0,28	0,63	0,25	0,47
TRANSPARENT HAUT - BLANC	0,39	0,52	0,34	0,43
TRANSPARENT HAUT - PASTEL	0,41	0,57	0,35	0,45
TRANSPARENT HAUT - SOMBRE	0,42	0,62	0,37	0,48
TRANSPARENT HAUT - NOIR	0,44	0,68	0,38	0,50

	VITRAGE HAVANE		VITRAGE ARGENT	
	PROT. SOL. EXTÉRIEURE	PROT. SOL. INTÉRIEURE	PROT. SOL. EXTÉRIEURE	PROT. SOL. INTÉRIEURE
OPAQUE - BLANC	0,04	0,26	0,04	0,18
OPAQUE - PASTEL	0,07	0,27	0,07	0,18
OPAQUE - SOMBRE	0,10	0,28	0,10	0,18
OPAQUE - NOIR	0,13	0,29	0,13	0,17
TRANSPARENT MEDIUM - BLANC	0,16	0,28	0,14	0,19
TRANSPARENT MEDIUM - PASTEL	0,19	0,29	0,17	0,19
TRANSPARENT MEDIUM - SOMBRE	0,21	0,30	0,19	0,19
TRANSPARENT MEDIUM - NOIR	0,23	0,31	0,21	0,19
TRANSPARENT HAUT - BLANC	0,29	0,31	0,25	0,20
TRANSPARENT HAUT - PASTEL	0,30	0,32	0,26	0,20
TRANSPARENT HAUT - SOMBRE	0,31	0,32	0,28	0,20
TRANSPARENT HAUT - NOIR	0,33	0,33	0,29	0,20

Annexe 5. Facteur de masque lointain

(sources : Climawin - BBS Slama - www.bbs-slama.com)

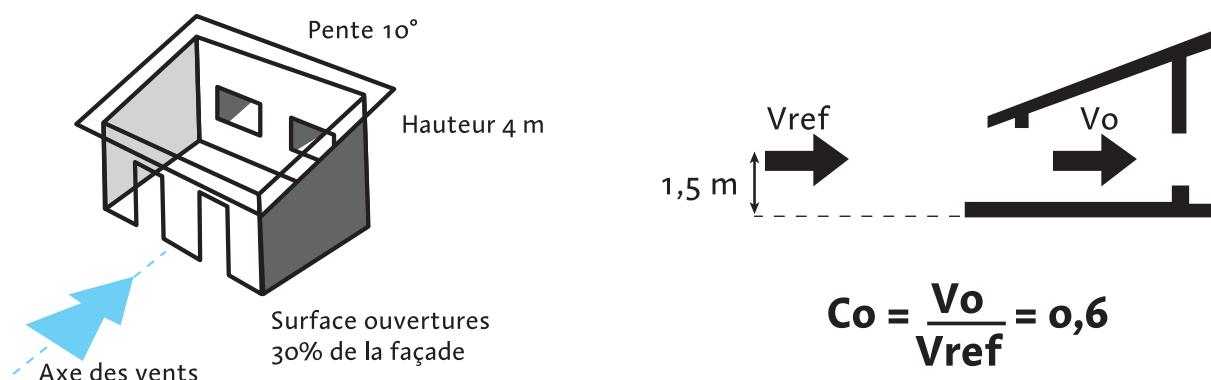
VALEUR DE F	HAUTEUR ANGULAIRE DU MASQUE									
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
SUD	100%	100%	93%	82%	69%	56%	46%	42%	34%	34%
SUD-EST	100%	100%	91%	78%	71%	59%	48%	48%	40%	40%
EST	100%	100%	89%	89%	76%	63%	55%	53%	48%	48%
NORD-EST	100%	100%	90%	90%	78%	66%	58%	58%	52%	50%
NORD	100%	100%	92%	85%	81%	77%	59%	56%	51%	48%
NORD-OUEST	100%	99%	89%	85%	76%	64%	55%	55%	50%	48%
OUEST	100%	99%	89%	84%	73%	60%	55%	51%	46%	46%
SUD-OUEST	100%	100%	91%	77%	67%	59%	49%	44%	38%	38%

Annexe 6. Coefficients de ventilation (sources : CSTB - 1992)

De manière informative, nous indiquons ici quelques bonnes pratiques quant à l'**implantation d'un logement, son procédé constructif et l'aménagement des pièces**. L'objectif de ces indications est de favoriser une ventilation naturelle permettant un confort agréable dans les pièces.

Notons toutefois que la ventilation naturelle ne peut être performante que dans des sites où la fréquence et l'importance des vents sont avérées. En Guyane, cela concerne essentiellement les sites disposés sur la bande côtière à moins de 10 km de l'océan.

Le document donne ici les valeurs de coefficients de ventilation pour différentes situations géographiques et topographiques, et typologies de bâtiments. Ces coefficients s'expriment en fonction d'un coefficient de ventilation type C_o , défini comme la valeur de référence déterminée pour une cellule traditionnelle expérimentée en soufflerie par le CSTB.



Par coefficient de ventilation, on entend le rapport entre la vitesse moyenne de l'air à l'intérieur d'un local sur la vitesse extérieure.

Pour l'exemple ci-dessus : $C_o = 0,6$. C'est à dire que pour un vent de 2 m/s, le courant d'air moyen créé à l'intérieur de la pièce du logement est de 1,2 m/s.

Les valeurs présentées ci-après sont alors comparées à cette valeur de référence de 0,6.

Lorsque les coefficients sont égaux ou supérieurs à C_o la ventilation peut s'avérer efficace, dans la mesure de conditions de vent favorables.

Les coefficients sont regroupés selon 4 paramètres :

1. le site fonction de :

- la topographie du site, et son coefficient CT,
- l'environnement proche, CE,
- le plan masse, CPm.

2. l'orientation, CO

3. l'architecture fonction de :

- la forme du toit, CF,
- les écopages, CEc,
- la porosité des façades, CP.

4. l'aérodynamisme interne avec :

- le cloisonnement intérieur, CC.

Le coefficient final d'une pièce dépend ensuite de plusieurs paramètres : **c'est la valeur minimum des 4 coefficients (site, orientation, architecture, aérodynamisme)**.

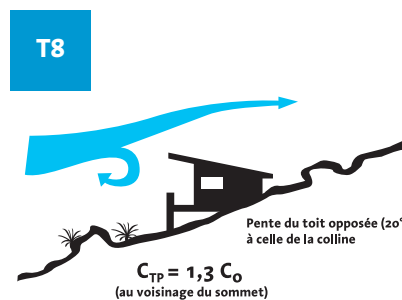
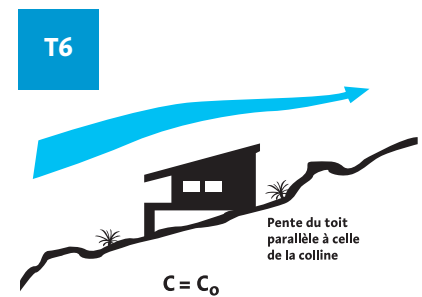
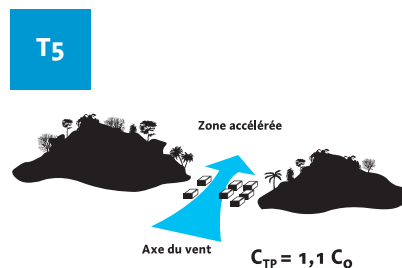
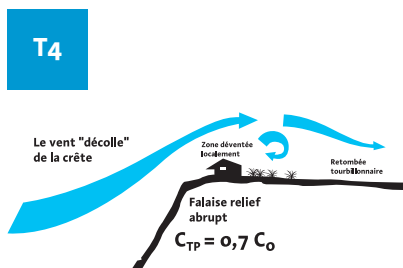
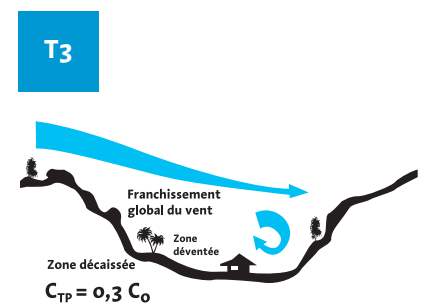
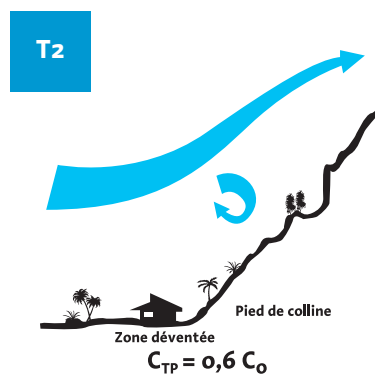
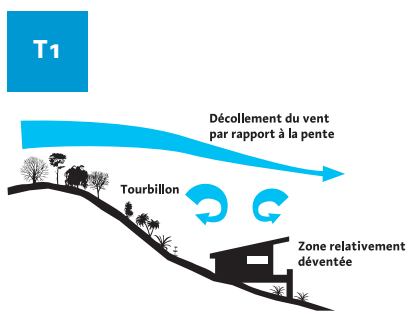
Pour le coefficient de site et celui d'architecture, ils sont déterminés selon les règles suivantes :

- coefficient de site : Si $CE < C_o$ (0,6), le site n'est pas adapté à la ventilation naturelle :
sinon, si $CT < C_o$, la valeur retenue est CT,
sinon, la valeur retenue est $(CT + CPm)/2$,
- coefficient d'architecture : Si la porosité est inférieure à 15%, le logement n'est pas adapté :
si $CEc = C_o$, la valeur retenue est égale à $(CF + CEc + CP)/3$,
sinon, la valeur retenue est égale $(CF + CP)/2$,

Toutes ces valeurs présentées ci-après ont été obtenues à partir d'essais en soufflerie réalisés par le CSTB.

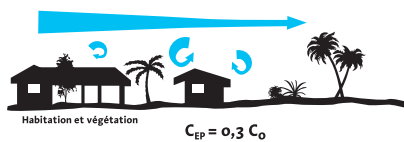
■ EFFETS DE SITE

EFFET TOPOGRAPHIQUE		
Site sous le vent des collines ou des dénivelées	T1	0,5 Co
Site au vent ou en pied de colline	T2	0,6 Co
Site dépressionnaire ou vallées (mal orientées)	T3	0,3 Co
Site à proximité d'accidents de relief (falaises, failles)	T4	0,7 Co
Site formant collecteur au vent (entre collines)	T5	1,1 Co
Site au sommet des collines avec pente au vent	T6	1,2 Co
Site au sommet des collines avec pente parallèle	T7	Co
Site au sommet des collines avec pente opposée	T8	1,3 Co
Non défini	T9	1,0 Co

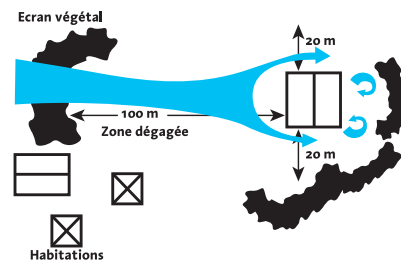
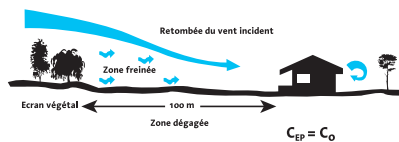


EFFET ENVIRONNEMENT PROCHE		
Ecran végétal dense ou clôture opaque proche	E1	0,3 Co
Non défini	E2	1,0 Co

E1



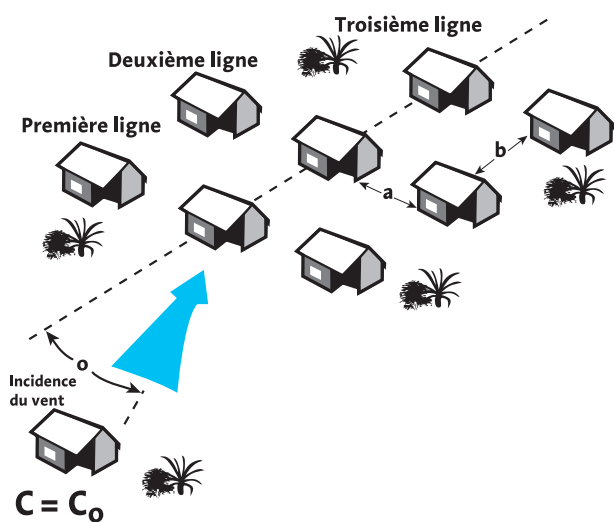
E2



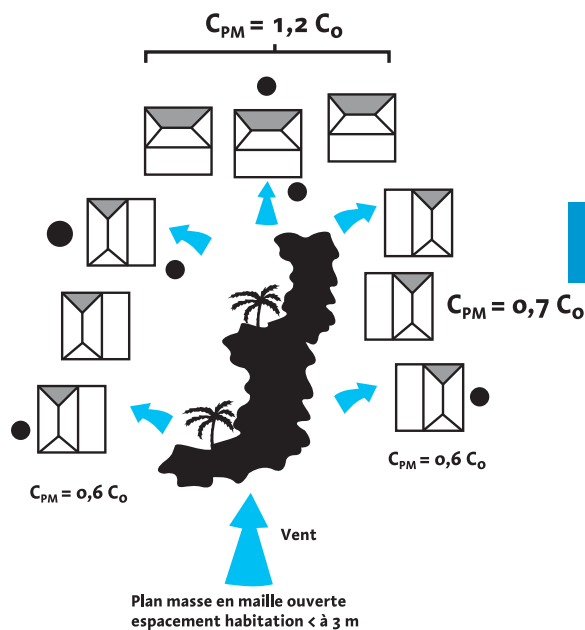
EFFETS LIÉS À L'IMPLANTATION DU PROJET

PLAN MASSE		
Plan masse en semis ou en bandes	PM1	1,0 Co
Plan masse en maille ouverte, fond de maille	PM2	1,2 Co
Plan masse en maille ouverte, branches latérales	PM3	0,6 Co
Non défini	PM4	1,0 Co

PM1

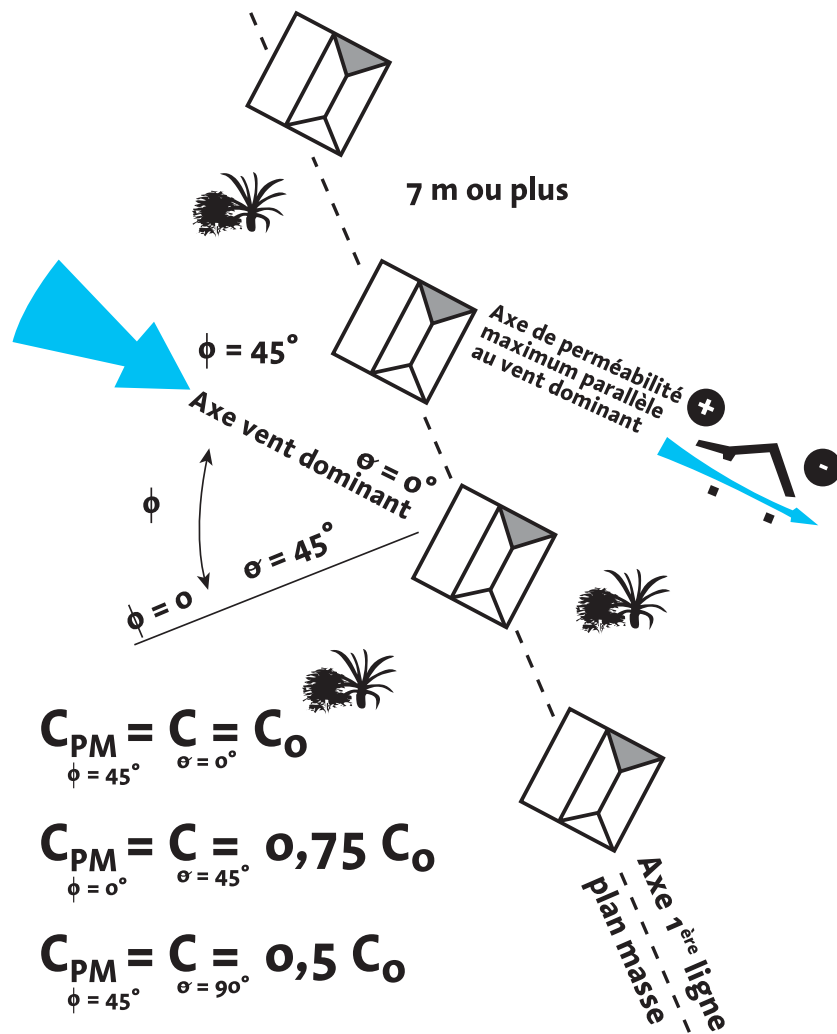


PM3



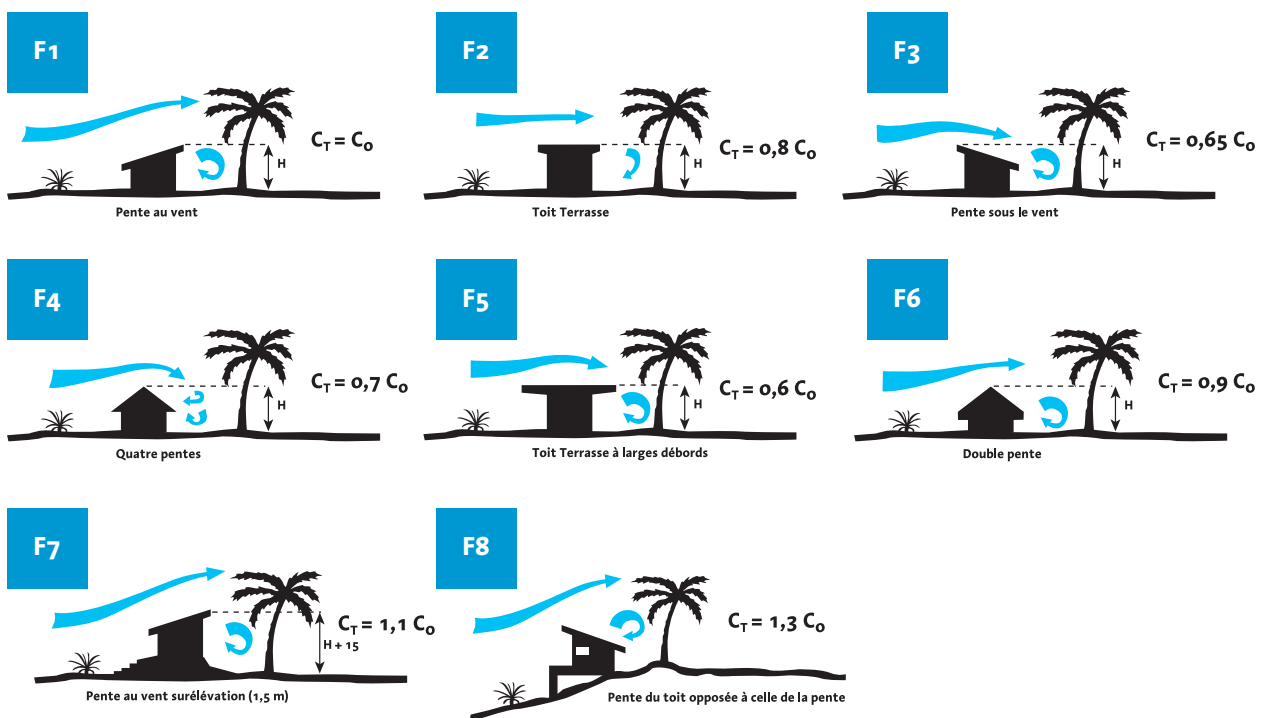
PM2

ORIENTATION PAR RAPPORT AUX VENTS		
Perpendiculaire à l'axe des vents dominants (0°)	O1	1,0 Co
A 22,5° de l'axe des vents dominants	O2	0,85 Co
A 45° de l'axe des vents dominants	O3	0,75 Co
A 67,5° de l'axe des vents dominants	O4	0,65 Co
A 90° de l'axe des vents dominants	O5	0,5 Co

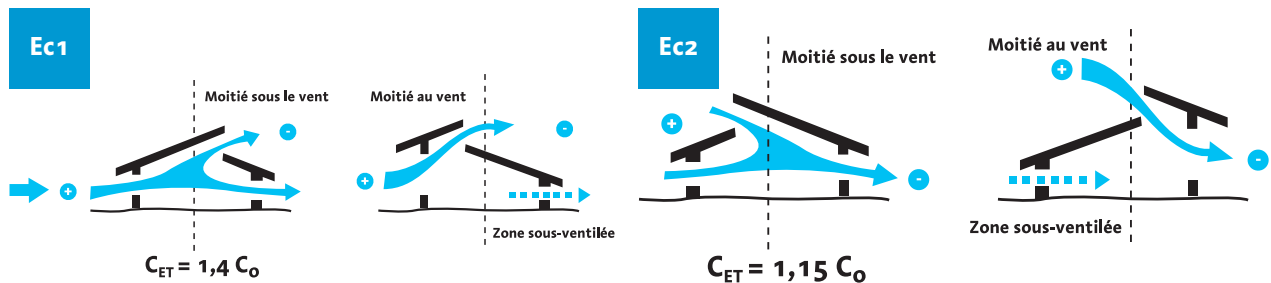


■ EFFETS LIÉS À LA TYPOLOGIE DES LOGEMENTS

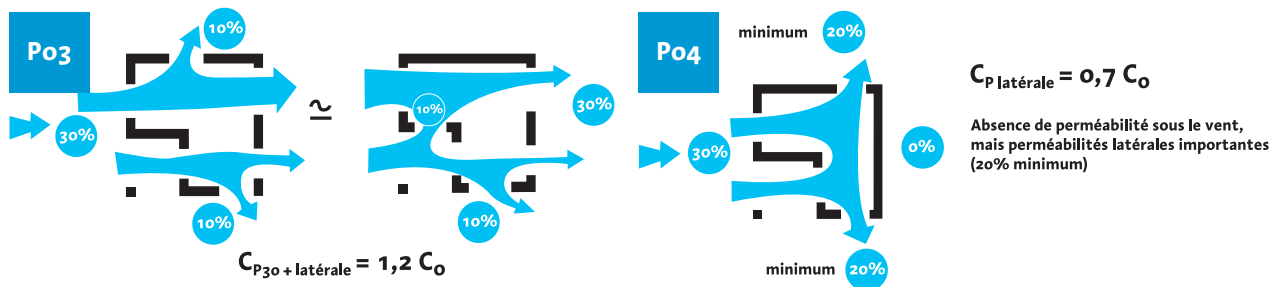
FORME DU TOIT		
Pente au vent	F1	1,0 Co
Toit terrasse	F2	0,8 Co
Pente sous le vent	F3	0,65 Co
Quatre pentes	F4	0,7 Co
Toit terrasse avec larges débords	F5	0,6 Co
Double pente	F6	0,9 Co
Pente au vent et surélévation	F7	1,1 Co
Pente opposée à celle de la pente	F8	1,3 Co



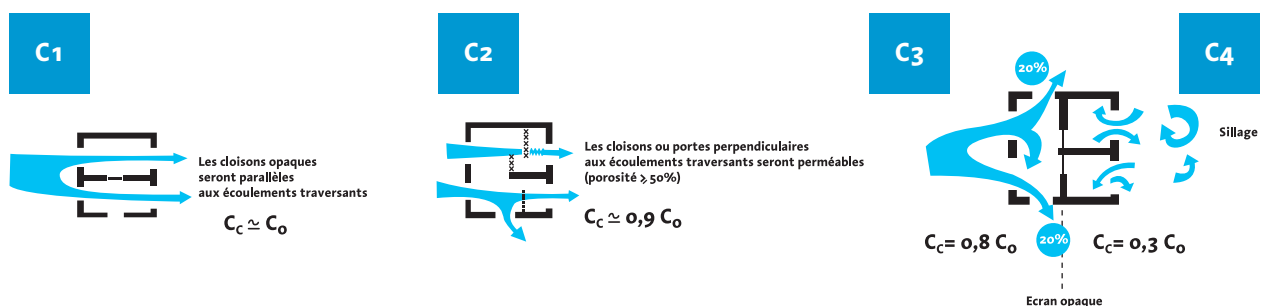
ÉCOPE		
Ecope ouverte sous le vent	Ec1	1,4 Co
Ecope ouverte au vent	Ec2	1,15 Co
Sans écope	Ec3	1,0 Co



POROSITÉ DES FAÇADES		
Perméabilité au vent (30 %)	30	1,0 Co
Perméabilité sous le vent (30 %)	30	1,0 Co
Perméabilité latérale (oui/non) + Porosité au et sous le vent (1)	Po3	1,20 Co
Perméabilité latérale (oui/non) sans Porosité sous le vent (2)	Po4	1,0 Co



CLOISONNEMENT INTÉRIEUR		
Cloisons opaques parallèles au vent	C1	1,0 Co
Cloisons ou portes perpendiculaire au vent, de porosité > 50%	C2	0,9 Co
Cloisonnement opaque, pièces en amont	C3	0,8 Co
Cloisonnement opaque, pièces en aval	C4	0,3 Co



Le développement durable :

priorité stratégique du groupe Caisse des Dépôts

Investisseur de long terme, au service de l'intérêt général et du développement économique, le groupe Caisse des Dépôts fait du développement durable une priorité de son plan stratégique Elan 2020.

Dans l'esprit du Grenelle de l'environnement et du "paquet Energie Climat" de l'Union européenne, il s'est assigné un objectif : aider l'économie et les territoires français à adopter un mode de développement qui respecte l'environnement et contribue à la lutte contre le changement climatique.

Concrètement, il a l'ambition de proposer, dans tous ses domaines d'activités, une offre de services et de financements responsables et innovants et de développer de nouveaux métiers pour répondre aux nouveaux enjeux.





ADEME GUYANE
 28, avenue Léopold Heder
 97300 CAYENNE
 Tél : 0594.29.73.60
 Fax : 0594.30.76.69
 Web : www.ademe-guyane.fr