




CLÉS POUR AGIR

Améliorer le confort et la performance énergétique des bâtiments tertiaires en Martinique

EN MARTINIQUE, CONSTRUIRE DES BÂTIMENTS PERFORMANTS EST UNE NÉCESSITÉ.

Enjeux de la performance des bâtiments tertiaires en Martinique

Le parc de bâtiments martiniquais se caractérise par un ensemble de bâtiments hétéroclites issus de périodes constructives différentes, soumis à de plus grandes exigences économiques, sociales et environnementales.

La **Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) 2019 – 2023** a défini la **maîtrise de la consommation d'énergie des bâtiments** comme une **priorité**.

94% C'est le taux de **dépendance énergétique** de la Martinique.

76% C'est la proportion de production électrique livrée d'origine **fossile**.

48% de cette production est consommée par le **secteur tertiaire**

Source : Bilan énergétique de la Martinique 2016, OMEGA et Transition Énergétique Martinique 2019

Ce document est édité par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Coordination technique : Agathe Camboly (ADEME), Camille Gandossi (ADEME)

Suivi communication : Lola Turpin (ADEME)

Rédacteurs : Mohamed Abdesselam (Solener), Sophie Rouvel (Solener) d'après une étude réalisée par OC2 Consultants et Bureau Veritas.

Remerciements : Le comité de rédaction tient à remercier Jérôme Strobel et Tom Chabillon (OC2 Consultants) et Étienne Maaliki (Bureau Veritas) dont la campagne d'instrumentation et l'étude ont servi de base au présent guide.

Crédits photo : OC2 Consultants et Bureau Veritas.

Création graphique : Inès Abdesselam (Solener), Lola Turpin (ADEME)

Impression : Imprimé en Guadeloupe - PrintCaraïbe labellisé Imprim'vert

Brochure réf. 011228

ISBN : 9791029716034 - Novembre 2020 - 100 exemplaires

Dépôt légal : ©ADEME Éditions, novembre 2020

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'oeuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Un retour d'expérience instrumenté

Cette synthèse est basée sur le **retour d'expérience de 8 bâtiments** ayant suivi des démarches spécifiques de conception énergétique performante.

Ils ont fait l'objet d'une **campagne d'instrumentation** qui s'est déroulée de novembre 2017 à mai 2018, complétée de visites sur site et entretiens avec les occupants et exploitants.

Objectifs

Mettre en lumière l'impact de la conception et de l'exploitation d'un bâtiment sur ses consommations énergétiques et en faire ressortir les **bonnes pratiques**.

Intégrer les enseignements pour mieux accompagner les usagers dans l'exploitation et l'utilisation des bâtiments.

Alimenter la réflexion pour la révision de la Réglementation Thermique Martinique.

5 bâtiments climatisés



4 bâtiments de bureaux



1 centre d'enseignement

3 bâtiments ventilés naturellement



1 bâtiment de commerce



2 écoles

SOMMAIRE

QU'EST-CE QU'UN BÂTIMENT PERFORMANT ?

Caractérisation du confort dans une ambiance
Évaluation des consommations d'énergie

page 05
page 07

PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS

Enseignements tirés des bâtiments climatisés
Enseignements tirés des bâtiments rafraîchis en ventilation naturelle

page 08
page 10

REX THÉMATIQUES

Pour une bonne conception bioclimatique
Pour une bonne mise en place des équipements
Le maintien en état de fonctionnement des installations

page 12
page 17
page 23

FACTEURS-CLÉS DE SUCCÈS

Les acteurs impliqués dans la performance d'un bâtiment
Clés méthodologiques de succès

page 24
page 24

NIVEAUX DE PERFORMANCE EXEMPLAIRES

Consommation des bâtiments climatisés
Consommation des bâtiments rafraîchis naturellement
Efficacité de la climatisation
Puissance éclairage (W/m^2)
Ventilation mécanique (Wh/m^3)
Brasseurs d'air (m^3/Wh)

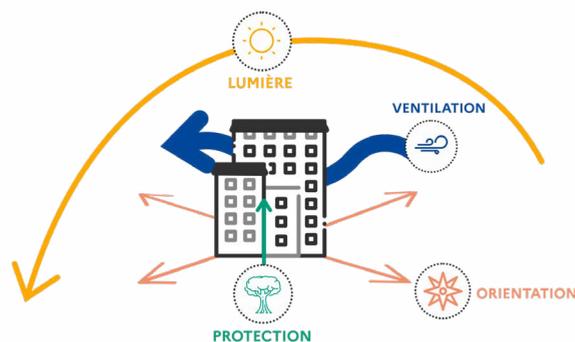
page 31
page 32
page 33
page 34
page 34
page 34

CONCLUSION

LISTE DES ABRÉVIATIONS UTILISÉES

page 35
page 36

Les fiches de présentation des projets étudiés sont disponibles en ligne [ici](#).



Les paramètres clés de la conception bioclimatique

QU'EST-CE QU'UN BÂTIMENT PERFORMANT ?

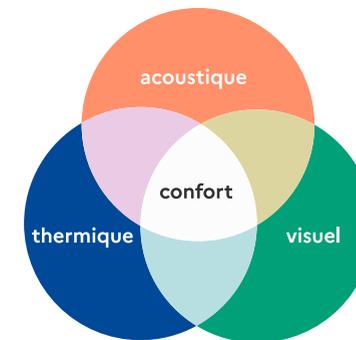
On peut définir un bâtiment performant comme un bâtiment confortable et à faible consommation d'énergie.

Cela nécessite de définir la notion de « confort » dans un bâtiment et un référentiel permettant de jauger le niveau de consommation. Il est important de souligner le « et » liant le confort et l'énergie consommée : un bâtiment privilégiant un critère au détriment de l'autre ne peut être considéré comme performant. Le niveau de performance des bâtiments a été qualifié à partir d'indicateurs quantitatifs mais aussi qualitatifs définissant les niveaux de confort et de consommation énergétique d'un projet.

Caractérisation du confort dans une ambiance

Construire un bâtiment nécessite de **satisfaire de façon simultanée les besoins fondamentaux en lumière naturelle, ambiance acoustique et sensation thermique** (Figure ci-dessous). Pour cela, un **juste compromis** est à trouver entre lumière naturelle et apports solaires, niveau sonore et ventilation naturelle.

de chaleur peut être effectuée par conduction, convection, rayonnement et sudation. En ambiance chaude, l'équilibre thermique d'un individu est étroitement lié à la sudation, mode d'échange de chaleur essentiel. La sudation, véritable climatisation naturelle du corps, exploite le phénomène d'évaporation de la sueur, lui-même dépendant principalement du taux d'humidité et de la vitesse de l'air à la surface de la peau. On peut ainsi distinguer plusieurs zones de confort selon le niveau d'humidité et de vitesse d'air autour d'un individu. Ces zones de confort peuvent être visualisées via un diagramme de l'air humide ou diagramme de Givoni.



● CONFORT HYGROTHERMIQUE

La sensation de confort thermique peut être définie comme étant la satisfaction exprimée ou l'indifférence subjective vis-à-vis de l'ambiance locale. Cette sensation de confort thermique est liée à l'évacuation de la chaleur métabolique d'un individu. Cette évacuation

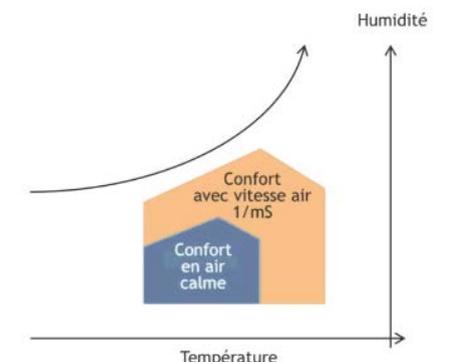


Diagramme de l'air humide

En air calme, la zone de confort se situe à une température entre 20° et 27°C et un niveau d'humidité ni trop important, ni trop faible. Au-delà de 27°C, la sudation devient nécessaire, mais l'air étant très humide en Martinique, l'évaporation est difficile. L'agitation de l'air, et donc l'augmentation de la vitesse d'air, facilite le processus de sudation et permet d'élargir la zone de confort jusqu'à 31°- 32°C pour une vitesse d'air de 1m/s.

Il convient de noter toutefois que le diagramme de Givoni n'est pas nécessairement bien adapté à des ambiances ventilées en milieu tropical. Dans une ambiance très humide, la tolérance liée à l'inconfort est un peu plus importante, pourvu qu'on ait une agitation d'air suffisante.

L'indicateur du taux de période d'inconfort (rapport du nombre d'heures dépassant les 30°C sur le nombre d'heures d'occupation) semble plus adapté dans ces conditions. C'est pourquoi, dans le cadre de cette étude, le confort hygrothermique des bâtiments naturellement rafraîchis a été évalué à l'aide de cet indicateur. À moins de 10%, un bâtiment sera considéré comme confortable, entre 10 et 20%, moyennement confortable et au-delà de 20%, comme inconfortable.

Pour les bâtiments climatisés, le confort visé est celui d'une température suffisamment basse pour évacuer l'essentiel de la chaleur métabolique par convection et rayonnement, et non plus par sudation. Cela nécessite d'abaisser la température d'ambiance à 26°C par une climatisation. À ce niveau de température l'agitation de l'air n'est plus nécessaire, d'où l'expression de « confort en air calme ». Pour ces bâtiments, le diagramme de Givoni a été utilisé : ils seront considérés comme confortables si leurs points de mesure sont situés dans une zone de confort au moins 80% du temps (température entre 20 et 27°C en air calme).

● CONFORT VISUEL*

Une approche de sobriété tout en maintenant un bon niveau confort visuel se doit de :

- Fixer le juste besoin de lumière : 300 lux sur le plan de travail sont suffisants pour le secteur de l'enseignement et les bureaux.

- Exploiter au mieux la lumière naturelle pour assurer ce besoin, car le poste éclairage est un des postes de consommation les plus importants.

En zone tropicale, faire entrer la lumière naturelle c'est faire entrer également l'énergie solaire qui va se transformer en chaleur, d'où la nécessité de trouver le bon compromis entre protection solaire et lumière naturelle suffisante.

Une bonne valeur de compromis est de viser un Facteur de Lumière de Jour (FLJ) de 1% dans des bureaux ou salles de classe. L'idéal étant de pouvoir l'associer à un pourcentage élevé (au moins 85%) d'autonomie en lumière naturelle.

● CONFORT ACOUSTIQUE*

Pour créer les conditions les plus favorables au niveau acoustique, la conception du bâtiment doit assurer :

- l'isolation acoustique des locaux ;
- l'affaiblissement des bruits de chocs et d'équipements ;
- l'adaptation de l'acoustique interne des locaux ;
- la réduction des bruits gênants produits à l'intérieur même du local.

Dans les bâtiments climatisés, atteindre ces objectifs est aisé compte tenu du fait que les ambiances sont fermées. Dans les bâtiments naturellement rafraîchis, donc ouverts pour la ventilation naturelle, la qualité sonore des ambiances est tributaire du niveau de bruit extérieur. Il est admis **qu'au-delà d'un niveau de bruit environnant de 55 dB**, il est difficile d'assurer un confort d'ambiance suffisant dans les ambiances ouvertes.

* * À noter : faute de données disponibles suffisantes, les confort visuel et acoustique n'ont été étudiés qu'à travers l'appréciation qualitative des occupants.

Évaluation des consommations d'énergie

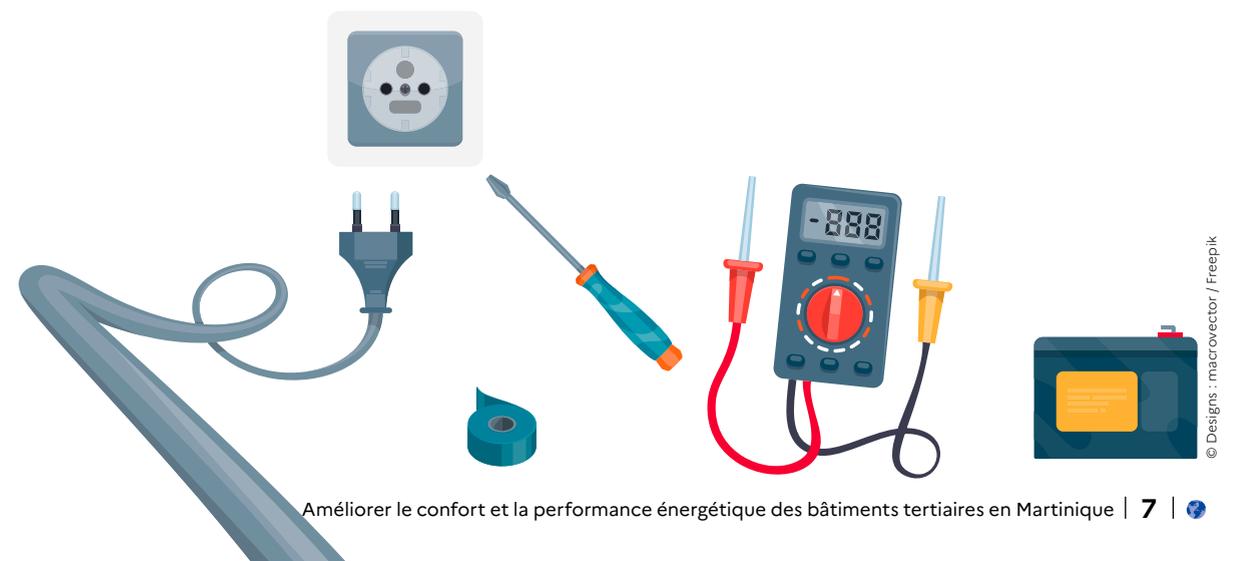
La Réglementation Thermique de Martinique (RTM) a défini via le Diagnostic de Performance Energétique (DPE-M) une étiquette permettant de situer le niveau de consommation d'un bâtiment. Une première approche pour évaluer les consommations énergétiques est de s'appuyer sur le cadre réglementaire. Toutefois, les classes définies ne sont pas nécessairement adaptées aux bâtiments tertiaires, au regard des résultats obtenus via ce retour d'expérience et des performances atteignables. Par ailleurs, les bâtiments tertiaires peu ou non climatisés sont exclus de la classification énergétique.

En dehors de l'aspect réglementaire, des labels visent l'amélioration des performances énergétiques des bâtiments :

- Le **label ECODOM+**. Il ne concerne que les bâtiments d'habitation et ne fixe que des exigences de moyens, sans donner de grille de lecture des consommations.
- Le **référentiel NF HQE**. Il a fait l'objet d'un addendum fin 2012, pour être adapté aux spécificités des DOM COM. Il ne permet pas aisément de définir des valeurs standard de performance par typologie de bâtiments.

Enfin, il existe de nombreux programmes de bâtiments incluant des objectifs de performances énergétiques qui sont plus ou moins réalistes.

Force est de constater qu'il y a un manque de retour d'expérience sur le volet consommation énergétique des bâtiments pour définir une échelle d'évaluation réaliste adaptée à la Martinique. Cette synthèse a donc pour ambition de proposer une **première esquisse d'échelle réaliste de consommation d'énergie de bâtiments tertiaires visant la performance** (Voir chapitre Niveaux de performance exemplaires).



PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS

RECOURS AUX ÉNERGIES RENOUVELABLES PEU FRÉQUENT

Globalement, les projets étudiés ont peu recours aux énergies renouvelables (3 projets sur 8 les utilisent). Cette piste serait pourtant intéressante à étudier au regard du potentiel de surface de toiture qu'offrent en général les bâtiments tertiaires pour l'exploitation solaire photovoltaïque. Cette exploitation serait d'autant plus adaptée que les bâtiments tertiaires n'ont pas d'activité nocturne. Le recours au solaire thermique est en revanche moins pertinent, sauf dans les écoles où il pourrait contribuer avantageusement à la production d'ECS pour le service de restauration scolaire.

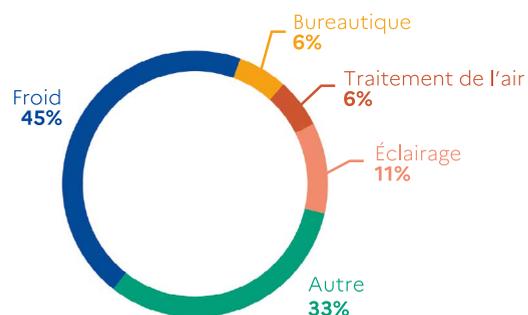
CONSOMMATIONS PEU SUIVIES ET CONTRATS DE FOURNITURE D'ÉNERGIE SOUVENT SURDIMENSIONNÉS

Globalement, dans les bâtiments étudiés, les consommations sont peu suivies. Cela peut s'expliquer en partie par l'insuffisance des moyens de suivi (seuls 2 projets sur 8 disposent d'une GTB, et 3 projets ne disposent pas de sous-compteur électrique pour le suivi des consommations par usage). Cette absence d'indicateurs précis peut expliquer que la puissance souscrite des contrats de fourniture d'énergie soit souvent bien trop élevée. Ceci peut représenter une source potentielle d'économie de 15 à 20% sur la facture annuelle ! Il est recommandé de réévaluer son abonnement un an après la mise en service du bâtiment, en suivant ses consommations énergétiques.

Enseignements tirés des bâtiments climatisés

ÉCARTS DE CONSOMMATIONS RELEVÉES IMPORTANTS

Les consommations relevées s'échelonnent entre **86 et 160 kWh/m².an**, soit un rapport du simple au double. Cette variabilité s'explique en raison d'une intensité d'usage différente (un bâtiment vide aura tendance à consommer moins qu'un bâtiment occupé), mais aussi des défauts au niveau de la conception de l'enveloppe, des dérives de programmation au niveau des systèmes de climatisation et de ventilation et des défauts d'usage.



Répartition des consommations électriques des bâtiments climatisés étudiés.

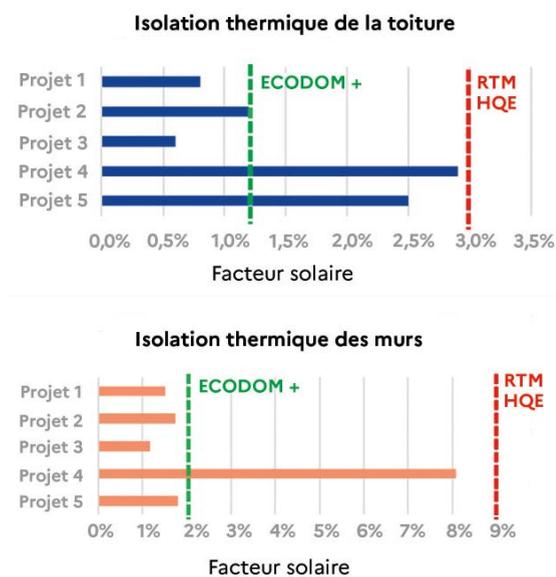
RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS : ATTENTION AUX AUTRES USAGES

Les consommations énergétiques pour les systèmes de refroidissement représentent la plus grande part des consommations relevées, en **moyenne 45%**.

Mais le second poste est représenté par les autres usages (serveurs informatiques, appareils électroménagers hors bureautique...) qui pèsent pour le tiers des consommations du bâtiment. Cela démontre l'importance de ne pas limiter la réflexion de l'efficacité énergétique aux seuls équipements « immobiliers ».

ISOLATION GÉNÉRALISÉE : UN BON POINT À SOULIGNER

Le recours à l'isolation de la toiture et des parois est quasi systématique et correspond à un progrès dans les pratiques.



Performance d'isolation des toitures et parois des bâtiments climatisés étudiés.

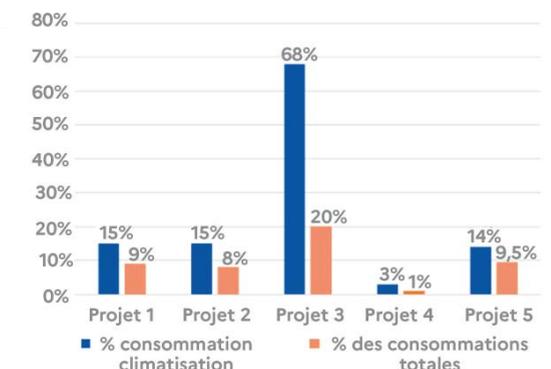
CLIMATISATION : EFFICACE, MAIS PAS DE SAISONNALITÉ ET ATTENTION AUX DÉRIVES DANS LA PROGRAMMATION

Les systèmes de refroidissement mis en place sont efficaces (Energy Efficiency Ratio ou EER entre 3,2 et 3,85) et les températures de consigne mises en œuvre restent raisonnables, généralement entre 24 et 26°C. La programmation de la climatisation demande à être améliorée : la consommation des systèmes de refroidissement hors horaires d'occupation peut représenter **jusqu'à 68% de la consommation de climatisation**. On constate également que la pratique d'utilisation saisonnière de la climatisation n'est pas envisagée. Pourtant dans un bâtiment tertiaire réversible (permettant de fonctionner en ventilation naturelle en saison sèche) l'arrêt de la climatisation de novembre à avril

permettrait quasiment de diminuer par deux la consommation annuelle de climatisation.

(Source : MOOC Lumière, Thermique, Acoustique : Bien construire en zone tropicale humide – Partie 3 : En pratique - Octobre 2019).

Globalement, dans tous les bâtiments étudiés, les systèmes de refroidissement sont surdimensionnés (fonctionnant souvent entre 25 et 33% de leur puissance). La pratique courante de surdimensionnement induit plutôt un fonctionnement à 50% de la puissance. Avec les technologies récentes, ce surdimensionnement n'a que peu d'effet sur la consommation, mais les économies permises lors de la conception auraient pu être réallouées sur d'autres postes.



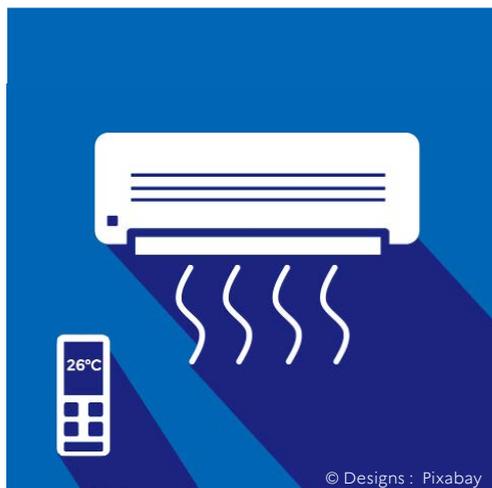
Part des consommations de climatisation hors occupation.

ÉCLAIRAGE : EFFICACE MAIS SOUVENT SURDIMENSIONNÉ ET TROP COMPLEXE À RÉGULER

Bien que les modèles de luminaire choisis soient généralement efficaces, la puissance installée est quelquefois trop importante, conduisant à des éblouissements et un niveau d'éclairage trop élevé. La recommandation du code de travail est d'atteindre 300 lux sur le plan de travail, ce qui se traduit par un ratio de moyen de 5 à 6 W/m². Les systèmes de régulation de l'éclairage mis en place sont souvent complexes et mal compris des occupants. On peut noter que le réglage des détecteurs de présence comporte une véritable difficulté dans les bureaux où la nature de l'activité des occupants est réduite, ce qui conduit à l'extinction fréquente de la lumière malgré la présence de l'occupant.

VENTILATION : À MIEUX MAÎTRISER

La ventilation est moins considérée en termes d'investissement. La solution économique - à savoir l'infiltration et des gestes d'aération des occupants - entraîne souvent un renouvellement d'air insuffisant ou des dérives d'usages (aération effectuée avec la climatisation allumée). Lorsque la ventilation est effectuée par un système de traitement de l'air, des défauts de mise en œuvre des équipements peuvent également avoir un impact négatif sur la qualité de l'air (**voir REX thématique 7**) et entraîner des surconsommations énergétiques, aggravées par une programmation défaillante.



Enseignements tirés des bâtiments en ventilation naturelle

CONSOMMATIONS EXCELLENTES POUR UN CONFORT CORRECT

Les consommations relevées s'échelonnent entre **19 et 28 kWh/m².an** soit 3 à 8 fois moins que les bâtiments climatisés étudiés. Ceci démontre l'intérêt de recourir au rafraîchissement naturel dans une démarche de maîtrise de l'énergie. En termes de confort, les bâtiments étudiés présentent un confort relativement satisfaisant : La **moyenne du taux de période d'inconfort** sur les 3 bâtiments s'élève à **10%**. Il faut toutefois nuancer ces résultats par le fait que la campagne d'instrumentation a été réalisée principalement pendant les mois les plus frais de l'année, et que 2 des 3 projets étudiés sont situés dans une zone littorale au vent, particulièrement favorable.

CONTEXTE AÉRAULIQUE DU SITE ET DENSITÉ D'IMPLANTATION : 2 ASPECTS PRIMORDIAUX

Les bâtiments présentent souvent un taux de porosité très bien dimensionné (jusqu'à 85%, le minimum à viser étant de 30%), mais les projets peuvent être pénalisés par la densité d'implantation du programme et l'orientation des bâtiments vis-à-vis du vent dominant (**voir REX thématique 1**).

RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS : NE PAS NÉGLIGER LE MATÉRIEL PÉDAGOGIQUE DANS LES ÉCOLES

Sur les 3 bâtiments ventilés naturellement, la consommation des brasseurs d'air représente un des postes les plus faibles (5 à 6% des consommations).

Dans le commerce, le premier poste est constitué de l'éclairage (72% de la consommation totale, pour une puissance installée faible de 3 W/m²). Dans les écoles, l'importance du matériel pédagogique dans la consommation ne doit pas être négligée. Avec l'utilisation de rétroprojecteurs, la consommation des salles de classe peut représenter jusqu'à 40% de la consommation totale.

IMPORTANCE D'UNE BONNE PROTECTION SOLAIRE ET D'UNE BONNE VENTILATION

Une protection solaire insuffisante des baies et façades contribue également à l'inconfort thermique des occupants. Contrairement aux bâtiments climatisés, où la surchauffe produite par des protections solaires insuffisantes peut être facilement compensée par la climatisation, pour les bâtiments rafraîchis naturellement un point faible de la conception est difficile à compenser par d'autres points forts. Il faut de façon concomitante avoir une bonne protection solaire, un bon renouvellement d'air et une vitesse d'air de 1 m/s pour satisfaire le confort hygrothermique.

QUALITÉ ET DENSITÉ DE BRASSEURS D'AIR

La densité de brasseur d'air mis en œuvre doit être suffisante : le ratio idéal est de 10 à 15 m² par brasseur d'air, tout en favorisant une implantation par paire, pour atteindre un confort suffisant. Des problèmes de qualité des brasseurs d'air ont pu être relevés dans certains bâtiments, avec des taux de défaillance importants conduisant parfois les occupants à recourir à des ventilateurs sur pied d'appoint.

AFFECTATION DES DISPOSITIFS BIOCLIMATIQUES À PRÉVOIR AU PLUS JUSTE

Pour les bâtiments rafraîchis naturellement, il n'est en général pas nécessaire de mettre en place un double-vitrage. Pour les bâtiments climatisés, ils sont préconisés dans 2 cas de figure : pour des usages spécifiques nécessitant des consignes de température basses (inférieures à 22°C) ou pour la recherche d'un facteur solaire très bas. La mise en place d'un isolant dans les parois peut également s'avérer contre-productive en rafraîchissement naturel. Pour des façades Nord et Sud, bien protégées du soleil (auvent, coursives), l'isolant aura un effet négatif en faisant obstacle à l'évacuation de la chaleur (voir fiche projet 7). En revanche, sur les façades Est et Ouest, l'isolant aura un effet bénéfique de protection contre la chaleur.

ÉCLAIRAGE NATUREL SOUVENT DE QUALITÉ

Les bâtiments étudiés bénéficient globalement d'un éclairage naturel de qualité, ce qui permet de diminuer grandement le recours à l'éclairage artificiel.

GESTION FUTURE DES OUVERTURES À BIEN ÉTUDIER

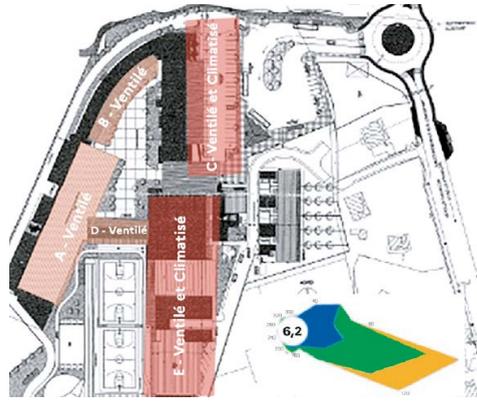
La gestion des ouvertures n'est pas toujours aisée et doit être pensée par rapport à l'usage final. La gestion manuelle d'un grand nombre d'ouvertures peut représenter une contrainte majeure pour les occupants, qui seront alors plutôt enclins à les laisser fermées plutôt qu'ouvertes, et ceci d'autant plus que la responsabilité de gestion des ouvertures n'aura pas été établie. Par ailleurs, les ouvertures sont parfois situées à grande hauteur, sans commande accessible, ce qui les rend difficiles à réguler et à entretenir. Enfin, il ne faut pas sous-estimer la gêne que peuvent représenter les intrusions d'oiseaux (notamment dans les zones de restauration), ce qui conduit parfois les occupants à maintenir fermées les ouvertures. Dans ce cas, des filets de protections s'avèrent indispensables contre les oiseaux.

REX THÉMATIQUES

Pour une bonne conception bioclimatique

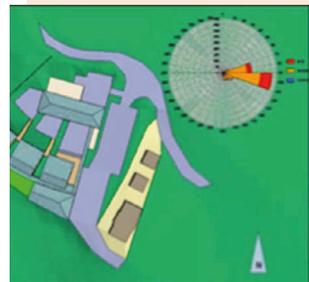
REX 1 En ventilation naturelle, préserver et exploiter le potentiel aéralique de la parcelle

- ✗ Les bâtiments C et E créent un effet de sillage aéralique sur les zones A, B et C.
- ✗ Les locaux climatisés donnent sur les façades les mieux exposées au vent.
- Le renouvellement d'air est moindre en zone A, B et D pour assurer un rafraîchissement par ventilation naturelle. (niveau minimal de 30 vol/h requis pour évacuer l'excédent de chaleur).



- 📋 Placer les bâtiments climatisés dans les **zones les moins bien exposées au vent**.
- 📋 Respecter une **distanciation suffisante entre bâtiments** (au moins 3x leurs hauteurs) et placer les bâtiments en **quinconce** pour préserver le potentiel de ventilation naturelle.

- ✗ Les bâtiments sont implantés parallèlement au vent dominant.
- Le renouvellement d'air risque d'être insuffisant pour assurer un rafraîchissement par ventilation naturelle.



- 📋 Implanter les bâtiments **perpendiculairement au vent dominant** (+/- 45°).
- 📋 Utiliser les **études aéraliques (CFD)** pour valider l'implantation du plan masse.



Si le potentiel aéralique est insuffisant au niveau des façades, **mettre en place des puits dépressionnaires** pour favoriser le rafraîchissement.



REX 2 Réduire les apports de chaleur par infiltration d'air chaud dans les locaux climatisés

- ✗ Les zones de circulation non climatisées et les espaces climatisés ne sont pas séparés.

- **Entrée d'air chaud et humide.**
- **Surconsommation de la climatisation.**



- 📋 **Installer des portes coulissantes automatiques.**

- ✗ La trappe d'accès aux combles reste ouverte après le passage des techniciens, car sa fermeture est difficile.

- **Le renouvellement d'air risque d'être insuffisant pour assurer un rafraîchissement par ventilation naturelle.**
- **Passage d'air chaud et humide des combles à l'espace climatisé.**



Trappe d'accès aux combles restée ouverte

- 📋 **Changer le système de fermeture** de la trappe.
- 📋 **Sensibiliser les occupants et techniciens** à sa fermeture.



Mettre en place des SAS avec ferme porte automatique pour assurer la circulation entre l'extérieur et les espaces d'accueil climatisés.



Mettre en place des protections solaires adaptées à l'orientation des façades

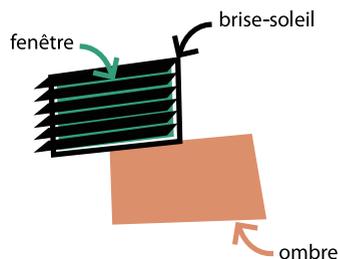


Les casquettes fixes ne protègent pas suffisamment les baies de la façade Sud-Ouest (trajectoire du soleil plus basse).



Sur les **façades Est ou Ouest**, **préférer des brise-soleil fixes complétés par des stores mobiles** intérieurs ou extérieurs.

Les brise-soleil fixes ne protègent pas les baies des façades Nord et Sud, l'ombre portée se trouve d'ailleurs en bas de la fenêtre (trajectoire du soleil haute).



Pour les façades **Nord et Sud**, **privilégier les casquettes, auvents, débords de toitures**. Longueur d'auvent nécessaire pour protéger à 100% à midi solaire 1 m de façade (en hauteur) : Nord : 0.16 m - Sud : 0.78 m.

Les lames du brise-soleil sont trop espacées et pas assez inclinées pour offrir une protection suffisante l'après-midi en façade ouest.



Espacement recommandé et inclinaison minimale des lames (voir tableau ci-dessous).

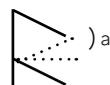
- **Entrée d'air chaud et humide.**
- **Surconsommation de la climatisation.**
- **Éblouissement.**



Protéger la façade Nord par une coursive abritée et un auvent.



Occultation totale de l'ensoleillement direct	Angle a
Protection à partir de 7h en face est ou jusqu'à 17h en face ouest	7°
Protection à partir de 8h en face est ou jusqu'à 16h en face ouest	19°
Protection à partir de 9h en face est ou jusqu'à 15h en face ouest	30°
Protection à partir de 10h en face est ou jusqu'à 14h en face ouest	41°
Protection à partir de 11h en face est ou jusqu'à 13h en face ouest	48°



Trouver un bon équilibre entre transmission lumineuse et protection solaire



Le brise-soleil protège très efficacement du soleil, mais au détriment de la transmission lumineuse.

- **Impossibilité de fonctionner en éclairage naturel et sur-sollicitation de luminaires.**
- **Inconfort potentiel des occupants.**



Faire des simulations de lumière afin d'optimiser le dimensionnement des protections solaires au regard de la transmission lumineuse.



La verrière en toiture apporte un bon éclairage naturel, mais produit une surchauffe importante.

- **Surconsommation de climatisation.**



Les verrières et ouvertures zénithales sont à proscrire en zone tropicale (sauf si la surface est très limitée).



Une étude spécifique a été réalisée pour **optimiser le taux de porosité du maillage vertical du brise-soleil afin de trouver le bon compromis entre protection solaire et transmission lumineuse. (S = 50%, TL = 70%).**

Le choix de vitrage présente un **bon rapport entre transmission lumineuse (67%) et facteur solaire (37%). Ce vitrage laisse donc passer beaucoup de lumière tout en retenant beaucoup les rayonnements solaires.**

Créer des îlots de fraîcheur en végétalisant les abords des bâtiments

✗ Arbre planté malingre, voire mort.

→ L'absence de développement de l'arbre et son feuillage ne permet pas d'avoir le rafraîchissement attendu.



📋 Faire un choix cohérent d'espèces locales, adaptées aux conditions microclimatiques du site.

📋 Effectuer les plantations de façon à permettre un développement racinaire suffisant des arbres.



Aménager les parkings avec un dallage infiltrant engazonné.



Végétaliser le sol aux abords du bâtiments sur une bande d'au moins 3m de large.

D'après Guide ECODOM+, version Antilles Françaises

Pour une bonne mise en place des équipements

Protéger les unités extérieures des équipements du soleil, des intempéries et favoriser leur intégration architecturale

✗ Groupe froid en plein soleil, exposé aux intempéries et à l'air salin.

→ Diminution de la durée de vie de l'équipement du fait de la corrosion.

→ Surconsommation électrique du fait du fonctionnement forcé des ventilateurs.



📋 Construire un abri ventilé pour protéger l'équipement.

📋 Assurer régulièrement l'entretien pour prolonger la durée de vie.

✗ Groupes VRV visibles depuis la façade et exposés au soleil.

→ Mauvaise intégration architecturale.

→ Diminution de la durée de vie et surconsommation des équipements.

📋 Intégrer les éléments techniques dans le volume du bâti.

✗ Caisson d'extraction d'air en toiture exposé à la pluie.

→ Infiltration d'eau dans les faux plafonds.

→ Eau qui coule dans les locaux via les bouches d'extraction par temps de pluie.



📋 Protéger les caissons d'extraction d'air de la pluie.

Pour les systèmes de ventilation avec insufflation, effectuer la prise d'air dans un endroit propre et protégé de la chaleur

- ✗ Caisson de prises d'air installé sous des combles non ventilées avec une surtoiture non isolée.
- **Mauvaise qualité de l'air insufflé.**
- **Température élevée de l'air insufflé entraînant des surconsommations du système de refroidissement.**



- 📋 **S'assurer de la ventilation des combles et isolation de la toiture pour y installer des caissons d'air neuf.**

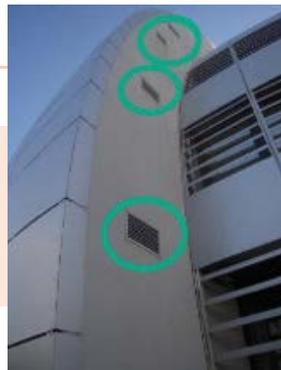
- ✗ Prise d'air neuf effectuée dans une cour très encaissée et investie par les fumeurs du fait d'être le seul endroit extérieur protégé du soleil.
- **Mauvaise qualité de l'air insufflé.**
- **Transmission d'odeurs.**



- 📋 **Prévoir l'aménagement d'espaces fumeurs à distance des zones de prise d'air.**
- 📋 **Prévoir l'emplacement des prises d'air dans des zones protégées mais bien ventilées.**



La prise d'air neuf est en façade Nord, moins exposée aux rayonnements solaires, ce qui permet d'insuffler l'air le moins chaud possible.



Rendre les équipements accessibles pour l'entretien et la maintenance

- ✗ Local trop petit pour permettre l'accès aisé à l'équipement.
- **Difficulté à réaliser certaines opérations d'entretien/ maintenance.**
- 📋 **Adapter la taille des locaux techniques suite au dimensionnement et le choix des équipements pendant la phase projet.**



- ✗ La porte du local d'extraction d'air est étanche, le local est en dépression.
- **Porte impossible à ouvrir.**
- **Fonctionnement forcé de la CTA.**



- 📋 **Installer grille de ventilation en bas de porte.**
- 📋 **Éviter les portes étanches dans les locaux d'extraction d'air.**

- ✗ Ouvertures assurant la ventilation naturelle placées à grande hauteur.
- **Difficulté d'accès pour le nettoyage.**
- **Dépôt important de poussière.**



- 📋 **Si possible, placer les ouvertures à des hauteurs accessibles.**
- 📋 **Prévoir le recours à des plateformes mobiles pour le nettoyage.**



L'espace où sont implantés les groupes VRV est facile d'accès et suffisamment vaste pour se déplacer autour des équipements.



REX9 Laisser une juste marge de manœuvre aux occupants pour la régulation des équipements entre automatisme / centralisation et régulation manuelle / décentralisation

✘ Fenêtres laissées ouvertes pour réchauffer la pièce car impossibilité d'éteindre la climatisation ou d'augmenter suffisamment la température de consigne.

→ **Surconsommation de climatisation.**

→ **Inconfort des occupants.**



📋 Installer un interrupteur pour éteindre les unités de climatisations intérieures et augmenter la flexibilité de réglage de la température de consigne.

✘ Lumière allumée et store baissé en pleine journée car difficulté à réguler le niveau d'éclairage avec détecteur de luminosité sans gradateur.

→ **Surconsommations d'éclairage.**

→ **Inconfort des occupants.**

📋 Installer des gradateurs de lumière systématiquement si mise en place de détecteurs de luminosité.

📋 Installer également des interrupteurs pour déroger aux automatismes d'éclairage.

✘ Gestion d'un nombre important de jalousies par commandes individuelles et manuelles.

→ **Contrainte importante de régulation.**

→ **Mauvaise orientation des lames et diminution de la ventilation naturelle.**

📋 Prévoir un système centralisé pour l'ouverture et l'inclinaison des lames.

📋 Sensibiliser les occupants à la bonne gestion des jalousies et définir les responsabilités de leur gestion.

REX10 Anticiper l'emplacement des équipements en tenant compte de la future organisation des pièces

✘ Cassette de climatisation positionnée juste au-dessus d'un poste de travail qui génère un flux d'air froid dans le cou de l'occupant.

✘ Elle ne peut pas être éteinte car utilisée pour deux postes de travail, d'où la feuille de papier pour « couper » le flux.

→ **Inconfort important pour l'occupant et risque pour la santé.**

📋 Éviter les flux d'air soufflé directement sur des postes de travail (requiert en prérequis un plan d'aménagement du bureau).

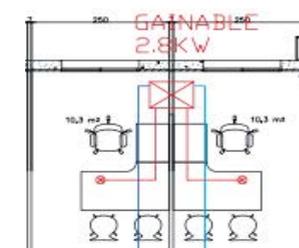
📋 En cas de gêne occasionnée, déplacer si possible le poste de travail.



✘ Gainable partagée pour deux bureaux et bouche de soufflage au-dessus des bureaux.

→ **Hétérogénéité température de l'air.**

→ **Conflit pour le réglage de la température.**



📋 Prévoir une installation horizontale des bouches de soufflage pour un meilleur brassage de l'air et une meilleure homogénéité des températures.

📋 Individualiser les gainables par poste de travail, si possible.

✘ Bureau placé dans un coin d'un open-space sombre, non visible du détecteur de présence, ce qui contraint l'occupant à se déplacer régulièrement au milieu de la pièce pour se rendre visible du détecteur.

→ **Inconfort et contrainte importante pour l'occupant.**

📋 Éviter d'une façon générale les détecteurs de présence dans les bureaux.

📋 Si détecteur implanté, s'assurer de couvrir tous les postes de travail dans le rayon de détection.

Assurer la qualité d'exécution des travaux

✘ Infiltrations d'eau dans les faux-plafond issues de condensations causées par des défauts de calorifugeage du réseau de fluides réfrigérants.

→ Développement de moisissures, risque de dégradation de la qualité de l'air intérieur.

→ Dégradation des éléments touchés.

→ Risque d'écoulement d'eau au sol et de chute.

☑ Reprendre et compléter l'isolation du réseau dans toutes les zones non climatisées.

☑ Contrôler la mise en œuvre de l'isolant (notamment les points singuliers) lors des travaux.

✘ Boîtier GTB (Gestion Technique du Bâtiment) vide : la GTB prévue en conception n'a pas été installée au moment des travaux.

→ Absence de suivi des consommations.

→ Défaillances de programmation de système non détectées.



☑ Assurer un suivi de la MOE et de l'AMO HQE pendant l'exécution des travaux pour s'assurer de la conformité des réalisations.

Le maintien en état de fonctionnement des installations

Définir clairement les responsabilités et l'organisation de la maintenance et assurer régulièrement l'entretien des équipements

✘ Panneau solaire thermique défectueux, l'appoint électrique fonctionne donc en permanence.

→ Surconsommation électrique.

☑ Effectuer les réparations dès que les défaillances sont détectées.



✘ Installation photovoltaïque hors-service, propriétaire et exploitant non identifiés.

→ Perte de production de 160 000 kW soit 73% des consommations annuelles de l'établissement.

→ Dégradation de l'image de performance du bâtiment.

☑ Déterminer les responsabilités de propriété et d'exploitation de l'installation.

☑ Assurer la remise en service avec le contrat de maintenance idoine.



✘ Taux d'indisponibilité et de panne important des brasseurs d'air, qui a conduit à l'utilisation de ventilateurs sur pied d'appoint.

→ Inconfort des occupants.

☑ Établir un diagnostic sur la récurrence des pannes.

☑ Remplacer les exemplaires défectueux, changer éventuellement le modèle de brasseur d'air utilisé, assurer l'entretien approprié.



FACTEURS-CLÉS DE SUCCÈS

La performance d'un bâtiment ne se joue pas au seul moment de sa conception. Il s'agit d'un processus qui implique tous les acteurs depuis la phase programmation jusqu'à la phase de vie du bâtiment. Toutes les parties prenantes ont un rôle à jouer à chaque étape du projet.

Pour chacune des phases projet des clés méthodologiques de succès ont été identifiées, ainsi que les acteurs concernés.

Les acteurs impliqués dans la performance d'un bâtiment

La maîtrise d'Ouvrage (MO) : C'est le responsable de l'opération, de la programmation à la livraison du bâtiment.

L'Assistance à maîtrise d'Ouvrage environnemental (AMO HQE) : Elle assiste la maîtrise d'ouvrage dans la définition des objectifs environnementaux et assure le suivi du projet au regard de ces objectifs. Sa mission peut être étendue en phase exploitation pour réaliser le bilan de l'opération et réaliser des REX.

La maîtrise d'œuvre (MOE) : Souvent organisée sous forme de groupement, elle comprend à minima l'architecture et les bureaux d'étude (BET). Son rôle est de concevoir le bâtiment, effectuer le choix des équipements, en vérifier le bon fonctionnement et s'assurer de la bonne exécution des travaux.

Les entreprises : Elles assurent la réalisation des travaux. Elles constituent un maillon important pour la performance des bâtiments par la mise en œuvre des réglages des installations qu'elles doivent ensuite transmettre à l'exploitant, aux gestionnaires et aux occupants.

L'exploitant : Il assure la gestion du bâtiment. Il doit être associé de façon active aux côtés de la maîtrise d'ouvrage à la définition des objectifs du projet et être consulté tout au long du projet. Il doit être associé au suivi des consommations du bâtiment.

Le gestionnaire du bâtiment : Il est en charge du suivi de la performance du bâtiment et est responsable de la maintenance et du maintien en condition opérationnelle du bâtiment et de ses équipements. Il doit être associé le plus tôt possible au projet, et au plus tard avant la fin des travaux.

Les occupants : Ce sont les utilisateurs finaux du bâtiment. Il convient d'identifier des « personnes relais » chargées de transmettre les informations et faire remonter des besoins ou difficultés au gestionnaire.

Sociétés d'entretien/maintenance : Il s'agit des sociétés en charge de l'entretien et/ou de la maintenance des équipements et du bâtiment.

Clés méthodologiques de succès

Certains facteurs-clés ont été étudiés au travers de retours d'expérience observés dans les bâtiments étudiés.

Lorsque c'est le cas, le **REX** correspondant est signalé.



PHASE PROGRAMMATION

1	Clé méthodologique	Acteurs
	Rédiger un programme fonctionnel et environnemental réaliste et en fonction des besoins réels des futurs occupants	MO – AMO HQE

Exprimer dans le programme fonctionnel et technique les besoins en termes de fonction et de potentialité d'usage, les niveaux de confort souhaités et les performances environnementales ciblées.

Fixer le niveau de confort attendu en fonction de l'usage réel qui sera fait du bâtiment, afin de garantir la pertinence des études techniques à venir. Il peut être judicieux d'associer le futur exploitant et/ou occupant à la rédaction du programme.

Bien répartir les usages selon les besoins de rafraîchissement. Cela permet de regrouper les zones climatisées et de simplifier la définition de la stratégie de ventilation naturelle.

Fixer les objectifs de performance environnementale et notamment énergétique de façon réaliste. Pour cela, s'inspirer des performances de bâtiments existants similaires et des REX déjà publiés en la matière.

Ne pas négliger les usages non conventionnels dans l'expression des besoins. Les consommations d'énergie d'équipements mobiliers (bureautique, électroménager...), sont souvent supérieures aux consommations des équipements immobiliers dans les bâtiments performants.

2	Clé méthodologique	Acteurs
	Faire appel à une AMO environnementale (AMO HQE)	MO

L'AMO HQE peut **aider à la fixation des objectifs** environnementaux, à la **rédaction du programme** environnemental associé, au **pilotage du projet** pour le suivi des objectifs environnementaux et à la **certification** du projet.

3	Clé méthodologique	Acteurs
	Définir l'organisation de la gestion technique du bâtiment	MO

Il convient de **définir** au plus tôt le rôle de « **gestionnaire** » du bâtiment et son **plan de formation** ainsi que le **rôle de l'exploitant et son implication** dans le suivi des performances du bâtiment.



PHASE CONCEPTION

1

Clé méthodologique

Concevoir le bâtiment selon une approche bioclimatique.

Acteurs

MOE Architecte
MOE Bureau d'étude

REX1

En **rafraîchissement naturel**, **préserver et utiliser le potentiel aéralique** par le travail sur l'implantation et la morphologie du bâtiment :

- **Planter les bâtiments** perpendiculairement au vent dominant (+/- 45°),
- **Réserver les locaux ventilés** aux façades mieux exposées au vent,
- **Favoriser une morphologie** peu profonde et traversante,
- **Utiliser un puit dépressionnaire** si le potentiel aéralique est insuffisant,
- **Réaliser une étude aéralique** (maquette en soufflerie ou CFD) si les obstacles sont importants au vent dominant présent sur site.

R.2

Pour les **bâtiments climatisés**, **travailler la morphologie** du bâtiment pour éviter les apports de chaleur :

- **Privilégier la compacité** du bâti et regrouper les zones à climatiser,
- **Assurer l'étanchéité** des zones à climatiser.

Pour les **bâtiments réversibles**, **combinaison des approches** de conception en rafraîchissement naturel et avec de la climatisation.

R.3

Prévoir des protections solaires des baies différenciées (fixes ou/et mobiles) selon les orientations. Si possible, **protéger les façades** entièrement (y compris partie opaque).

Choisir des revêtements de couleur claire pour les façades et la toiture.

Isoler la toiture ou mettre en place des combles ventilés.

Traiter les parois opaques par un bardage ventilé ou à défaut par une isolation thermique (façade Est et Ouest).

R.4

Choisir des vitrages offrant un bon rapport entre transmission lumineuse élevée et facteur solaire réduit.

R.5

Créer des îlots de fraîcheur en végétalisant les abords des bâtiments.

2

Clé méthodologique

Utiliser les simulations (STD, CFD, Maquette aéralique) comme outils pour valider la conception.

Acteurs

MOE Architecte
MOE Bureau d'étude

Utiliser les études techniques suffisamment tôt en phase Esquisse et APS pour valider les choix de conception (thermique, lumière, ventilation).

3

Clé méthodologique

Choisir des systèmes énergétiques simples, efficaces et correctement dimensionnés.

Acteurs

MOE Bureau d'étude
Exploitant

Faire le choix de systèmes simples car la complexité entraîne :

- Une compréhension difficile par les occupants/ exploitants
- Un nombre limité d'entreprises sur le territoire en mesure de d'en assurer la maintenance.

Pour le choix de systèmes efficaces, privilégier :

- Un EER > 4 pour les systèmes de climatisation, certifiés Eurovent
- Des brasseurs d'air multi vitesses labellisés Energie Star avec un diamètre de pales d'au moins 1,4m, une puissance absorbée entre 50 W et 80 W max et un rapport débit / puissance électrique absorbée supérieure à 320 m³/h par W en vitesse lente et 150 m³/h par W en vitesse rapide.
- Des luminaires de type LED pour l'éclairage.

Pour dimensionner correctement les équipements, effectuer des simulations basées sur des scénarii réels d'occupation.

4

Clé méthodologique

Choisir judicieusement l'emplacement des gros équipements et des locaux techniques.

Acteurs

MOE Architecte
MOE Bureau d'étude

R.6

Planter à l'abri des intempéries et du soleil les groupes de refroidissement ou équipements de ventilation.

R.7

Pour les systèmes de ventilation avec insufflation, la prise d'air doit être effectuée dans un endroit propre, sec et préservé du rayonnement solaire.

R.8

Prévoir des locaux techniques facilement accessibles et d'une taille suffisante pour permettre un accès aisé tout autour des équipements et en faciliter la maintenance.

5 **Clé méthodologique**
Laisser aux occupants la juste marge de manœuvre pour la régulation des équipements.

Acteurs
MOE Architecte
MOE Bureau d'étude

REX 9 Dans le cas de systèmes centralisés ou automatisés, laisser une marge de manœuvre suffisante aux occupants pour moduler ou déroger aux automatismes.
Dans le cas de systèmes manuels et/ou décentralisés, éviter une trop grande complexité de régulation sous peine d'imposer des contraintes trop importantes aux occupants.

6 **Clé méthodologique**
Prévoir le système de renouvellement d'air pour les locaux climatisés.

Acteurs
MOE Architecte
MOE Bureau d'étude

Le système de renouvellement d'air des locaux climatisés doit être réfléchi. **Si le renouvellement est effectué par aération**, s'assurer de la possibilité d'ouverture des fenêtres pour les occupants (à limiter à quelques minutes par heure). **Sinon prévoir un système de VMC.**

7 **Clé méthodologique**
Anticiper l'emplacement des équipements pour assurer le confort.

Acteurs
MOE Architecte
MOE Bureau d'étude

R. 10 Dans les locaux climatisés, anticiper l'emplacement des unités intérieures de climatisation en fonction de la future organisation du local pour éviter l'inconfort lié au soufflage et faciliter le réglage de la consigne de température.

Pour l'implantation des brasseurs d'air, prévoir une mise en œuvre d'un brasseur d'air tous les 10 à 15 m² max.

PHASE RÉALISATION MISE EN SERVICE

1 **Clé méthodologique**
S'assurer de la bonne exécution des travaux.

Acteurs
AMO HQE
Architecte
MOE – BET

REX 11 Les non-conformités au moment de l'exécution peuvent compromettre la performance future du bâtiment. **Le suivi régulier de l'avancement du chantier** in situ par la maîtrise d'œuvre et l'AMO HQE est nécessaire sous peine de dérive. **Une vigilance particulière est requise pour gérer** les interfaces entre les différents corps d'état.

2 **Clé méthodologique**
Nommer le gestionnaire du bâtiment.

Acteurs
MO - Exploitant

Le gestionnaire du bâtiment doit être nommé en phase réalisation afin de pouvoir être ensuite associé à la mise en service des équipements.

3 **Clé méthodologique**
Installer une GTB ou des sous-compteurs électriques pour permettre le suivi des consommations par usage.

Acteurs
MOE Bureau d'étude
Exploitant

Le suivi des prises de postes bureautiques et serveurs informatiques ne doit pas être négligé, car ils peuvent représenter une part importante des consommations.

4 **Clé méthodologique**
Réceptionner et assurer la prise en main des équipements par le gestionnaire et l'exploitant.

Acteurs
MOE – BET /Entreprise
Exploitant / Gestionnaire

La réception et mise en service doivent impérativement se faire conjointement avec l'exploitant et le gestionnaire des équipements qui doivent être formés à cette occasion.



© Designs : macrovector / Freepik



PHASE EXPLOITATION

1 **Clé méthodologique**
Sensibiliser et former les occupants.

Acteurs
Exploitant

Sensibiliser les occupants aux solutions mises en œuvre dans le bâtiment et à la philosophie de fonctionnement grâce à **un guide explicatif** de la conception.

Former les occupants à la bonne régulation des équipements. **Pour cela, expliquer leur fonctionnement (guide d'utilisation) et préciser les réflexes d'usage à acquérir.**

Associer les occupants à la performance énergétique du bâtiment. **Afficher par exemple l'évolution des consommations énergétiques** à un emplacement visible de tous.

2 **Clé méthodologique**
Assurer régulièrement l'entretien et la maintenance des équipements.

Acteurs
Exploitant/Gestionnaire
Entretien/Maintenance

Mettre en place les contrats d'entretien et de maintenance nécessaires, et **s'assurer de leur bonne exécution.**

3 **Clé méthodologique**
Assurer le suivi des consommations.

Acteurs
Exploitant/Gestionnaire

Identifier clairement les responsables du suivi des consommations au sein de l'organisation.

4 **Clé méthodologique**
Mettre en place des retours d'expérience.

Acteurs
Exploitant/Gestionnaire
Architecte/BET
MO / AMO HQE

Vérifier que les consommations sont conformes aux estimations, identifier les dérives éventuelles et s'assurer que le bâtiment répond bien aux besoins de confort et s'adapte bien aux occupants. **Associer l'équipe projet à ces REX** afin que les enseignements tirés servent à d'autres projets.

5 **Clé méthodologique**
Revoir éventuellement le contrat de fourniture d'énergie.

Acteurs
Exploitant

Selon les résultats du suivi des consommations et REX établis, revoir le contrat de fourniture d'énergie si les consommations réelles sont nettement inférieures aux puissances souscrites.

NIVEAUX DE PERFORMANCE EXEMPLAIRES

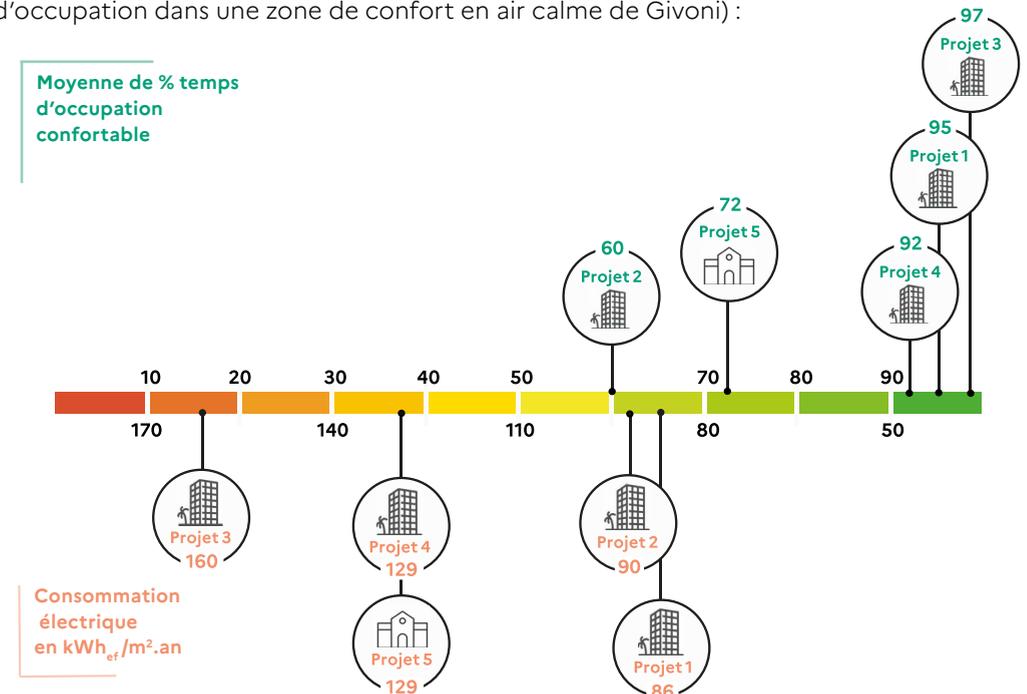
Un des objectifs de cette synthèse est d'établir une **échelle de performance réaliste à atteindre pour la consommation énergétique et la performance des équipements**, issue de données réelles.

Les bâtiments climatisés et bâtiments naturellement rafraîchis ont été différenciés pour les objectifs de consommations. En effet, la présence de la climatisation a un impact déterminant sur la consommation d'électricité : la moyenne des 5 bâtiments climatisés est de 119 kWh_{ef}/m².an alors que la moyenne des 3 bâtiments rafraîchis est de 23 kWh_{ef}/m².an Pour les bâtiments climatisés, compte tenu de la prépondérance du poste climatisation sur les autres, ces chiffres soulignent l'importance de :

- La **diminution du besoin de refroidissement** par une conception soignée,
- La **démarche de sobriété dans l'usage de la climatisation.**

Consommation des bâtiments climatisés

La consommation d'un bâtiment ne peut être appréciée sans évaluer de façon concomitante son niveau de confort : un projet réussi doit présenter un juste compromis entre ces deux critères. C'est pourquoi les 5 projets climatisés ont été placés sur une double échelle mettant en relation consommation énergétique et niveau de confort obtenu (pourcentage de temps d'occupation dans une zone de confort en air calme de Givoni) :



Jauge des consommations et du confort des bâtiments climatisés

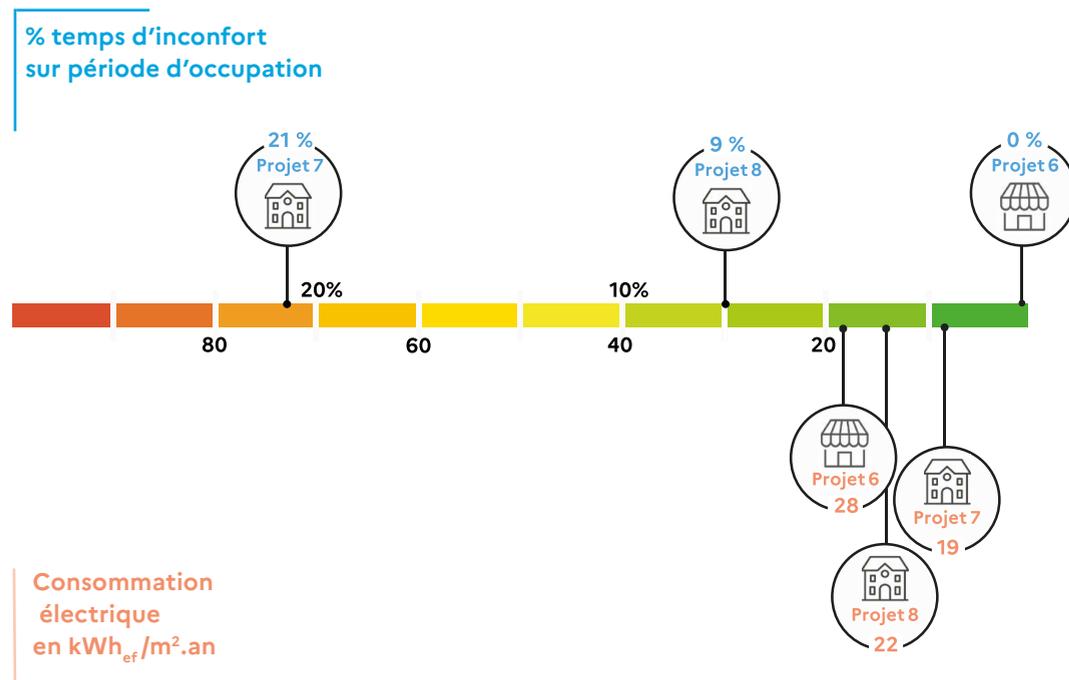
Le meilleur rapport confort/consommation est atteint par le **projet 1** avec une consommation de **86 kWh_{ef}/m².an** pour un bâtiment de bureaux. Ce projet est 72% plus performant que la moyenne des bâtiments climatisés étudiés et presque deux fois plus performant que la moyenne des bâtiments de bureaux existants en Martinique (moyenne de consommation à 150. kWh_{ef}/m².an, d'après base de données OC2). Ce beau résultat est possible grâce à une bonne conception de l'enveloppe et un vrai travail sur l'éclairage naturel, allié à une programmation des systèmes de refroidissement réfléchi selon les horaires d'occupation.

Le projet le mieux noté en confort est également le plus consommateur, ce qui souligne l'importance d'une démarche d'efficacité dans la conception et de sobriété dans l'usage.

En théorie, il est possible en optimisant l'usage et la conception d'atteindre **60 à 65 kWh_{ef}/m².an pour un fonctionnement de la climatisation toute l'année**. Pour descendre sous ce niveau, il est nécessaire d'effacer la climatisation en saison sèche (la plus clémente) et de fonctionner en rafraîchissement naturel. Cela suppose un bâtiment réversible conçu pour fonctionner en climatisation en saison humide et en rafraîchissement naturel en saison sèche. L'objectif des **50 kWh_{ef}/m².an serait alors envisageable pour les bâtiments réversibles** partiellement climatisés.

Consommation des bâtiments rafraîchis naturellement

Pour les bâtiments rafraîchis naturellement, la double échelle d'appréciation combine les consommations énergétiques et le taux d'inconfort (% d'heures > 30°C en période d'occupation). Le niveau de consommation attendu pour les bâtiments naturellement rafraîchis est de moins de 30 kWh_{ef}/m².an, niveau atteint pour les 3 projets.



Jauge des consommations et de l'inconfort des bâtiments naturellement rafraîchis

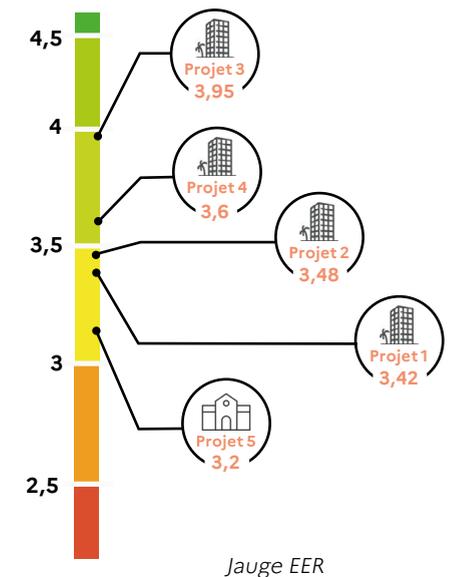
Le meilleur niveau atteint sur un plan confort/consommation est le projet 8 de moins de **22 kWh_{ef}/m².an**. Le niveau à retenir comme objectif dans un bâtiment naturellement rafraîchi est de l'ordre de **20 kWh_{ef}/m².an**. En ventilation naturelle, les faibles consommations sont «faciles» à obtenir, mais il est primordial de se focaliser sur le confort et de bien soigner sa conception. La mauvaise implantation des bâtiments par rapport au vent, l'inefficacité des protections solaires, ou une mauvaise gestion des ouvertures se sanctionne rapidement par un inconfort thermique, difficilement compensable par des brasseurs d'air.

Efficacité de la climatisation

Deux indicateurs ont été retenus concernant la climatisation :

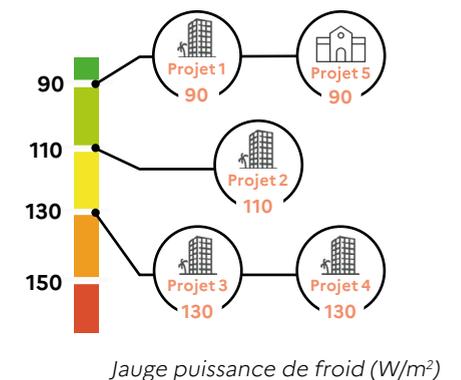
Energy Efficiency Ratio - EER (ancien indicateur)

Jusqu'en 2013, la performance est caractérisée par le coefficient EER (Energy Efficiency Ratio) qui désigne le rapport de la puissance frigorifique fournie sur la puissance électrique consommée. Le nouvel indicateur SEER (ou valeur de performance saisonnière) depuis 2013, s'applique au climat moyen européen, donc pas immédiatement au climat de la Martinique. Sur la base de l'ancien indicateur, les EER des climatisations installées sont plutôt bons (entre 3,2 et 3,95, voir ci-contre), mais il existe désormais des climatisations avec un **EER > 4**.



La puissance de froid installée en W/ m²

Elle s'échelonne de 90 à 130 W/m². Ces ratios sont plutôt raisonnables, compte tenu de la pratique traditionnelle des installateurs de dimensionner selon un ratio de 150 W/m².

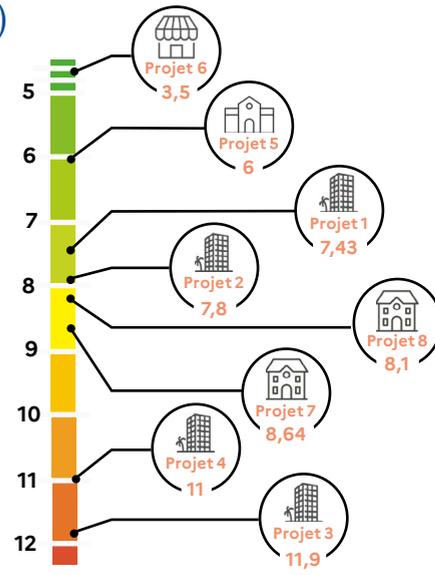


Puissance de l'éclairage (W/m²)

C'est la puissance électrique installée ramenée au m² qui a été adopté comme indicateur de performance de l'éclairage.

Il est à noter que le secteur de l'éclairage artificiel a été révolutionné par l'arrivée des LED. La puissance installée a donc considérablement évolué avec cette technologie.

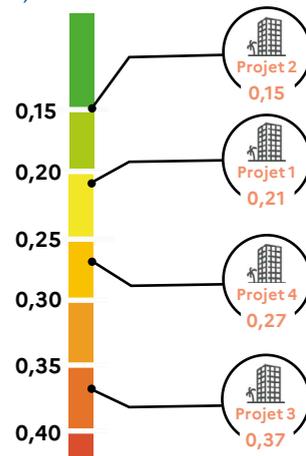
Cela explique la grande disparité entre le meilleur cas d'étude, dimensionné à **3.5 W/m²** (technologie LED) et les moins bons autour de 8 à 11 W/m² (incluant des technologies T5 et T8).



Jauge puissance éclairage (W/m²)

Ventilation mécanique (Wh/m³)

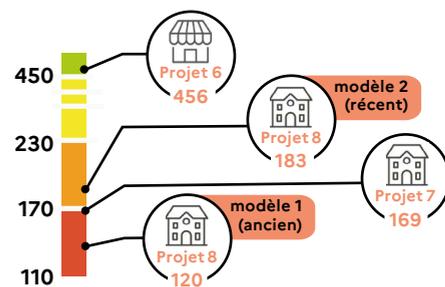
La qualité de l'air a un effet bénéfique sur la concentration, le taux d'absentéisme, le bien-être. Les systèmes de ventilation mécanique apportent une qualité constante, mais au prix d'une consommation d'énergie. Les nouveaux systèmes de ventilation à courant continu permettent de faire des économies et abaisser les consommations à moins de 15 Wh/m³ pour une simple flux et moins de 30 Wh/m³ pour une double flux.



Jauge efficacité de la ventilation (Wh/ m³)

Brasseurs d'air (m³ /Wh)

L'efficacité des ventilateurs ou brasseurs est mesurée en Wh par m³ mesurée pour la vitesse la plus rapide. Les disparités de consommation sont importantes et varient selon la technologie (moteurs à courant continu, palier, régulation ...)



Jauge efficacité des brasseurs d'air (m³/Wh)

CONCLUSION

Ce retour d'expérience apporte de nombreux et précieux enseignements pour réussir un projet de bâtiment performant. Il donne également des jalons réalistes pour les futurs programmes de bâtiments économes en énergie climatisés ou naturellement rafraîchis.

BÂTIMENTS CLIMATISÉS

Les projets analysés montrent qu'avec une bonne conception bioclimatique, des équipements efficaces, une occupation et une gestion rationnelle du bâtiment, il est possible d'abaisser la consommation annuelle d'un bâtiment **dans la fourchette de 80-90 kWh élec/m²/an** pour un bâtiment de bureaux. Ces performances, atteintes sur 2 projets pourraient être encore abaissées en corrigeant certains aspects (protection solaire à améliorer, gestion plus fine de fonctionnement de la climatisation en fonction de l'occupation) pour atteindre le potentiel théorique de consommation qui est de l'ordre de **65 kWh élec/m²/an pour le climat martiniquais**.

BÂTIMENTS NATURELLEMENT RAFRAÎCHIS

Les projets conçus en rafraîchissement naturel tiennent pleinement leurs promesses en matière de consommation d'énergie puisque les projets se situent en moyenne à **23 kWh/m²/an**. Le meilleur descend en dessous de **20 kWh/m²/an**, soit 3 à 4 fois moins qu'un bâtiment climatisé même performant. Cependant, l'analyse des bâtiments montre que la satisfaction du confort hygrothermique résulte d'un paramétrage fragile : un manquement sur un seul des paramètres bioclimatiques suffit pour le dégrader. En effet, la réussite d'un projet en rafraîchissement naturel exige un **parcours sans faille** notamment sur les volets : protection solaire et ventilation naturelle (renouvellement d'air et vitesse d'air dans les ambiances).

Or comme le montre l'analyse des projets, les écueils à éviter sont nombreux concernant l'implantation sur le site (densité du programme, contraintes aérodynamiques et acoustiques, problématique d'orientation des façades), la protection solaire des édifices, la gestion des ouvrants, le choix et l'implantation des brasseurs d'air.

UNE PISTE À CREUSER : LES BÂTIMENTS RÉVERSIBLES

En dehors des deux modes de rafraîchissement évoqués précédemment, les bâtiments réversibles sont une piste non abordée ici, mais à creuser sur de futurs projets. Elle consiste à envisager un **fonctionnement saisonnier de la climatisation** en limitant son usage aux périodes climatiques les plus critiques de l'année et fonctionner en ventilation naturelle lors des périodes les plus clémentes. Cela permettrait d'abaisser à moins de **50 kWh élec /m²/an** les bâtiments équipés d'une climatisation, sous réserve de concilier les préceptes bioclimatiques des bâtiments climatisés et ceux des bâtiments naturellement rafraîchis.

Les fiches de présentation des projets étudiés sont disponibles en ligne [ici](#).

LISTE DES ABRÉVIATIONS UTILISÉES

ADEME	Agence de la transition écologique
AQC	Agence Qualité Construction
CFD	Computational Fluid Dynamics
CTA	Centrale de Traitement d'Air
EnR	Energie Renouvelable
GTB	Gestion Technique de Bâtiment
GTC	Gestion Technique Centralisée
HQE	Haute Qualité Environnementale
ITE	Isolation Thermique par l'Extérieur
ITI	Isolation Thermique par l'Intérieur
NA	Non Applicable
NC	Non Communiqué
QAI	Qualité de l'Air Intérieur
RDC	Rez-de-Chaussée
REX	Retour d'Expérience
RTM	Réglementation Thermique Martinique
VMC	Ventilation Mécanique Contrôlée
ECS	Eau Chaude Sanitaire



Ce guide a été réalisé grâce à la campagne d'instrumentation et l'étude opérées par :



Solener

Bureau d'études et de conseil spécialisé dans la mise en œuvre de techniques environnementales alternatives dans l'aménagement et la construction notamment en zone tropicale humide. Son directeur, M. Abdesselam élabore depuis plus de vingt ans, des outils d'analyse, d'évaluation de projets architecturaux à haute qualité environnementale en matière de gestion de la ressource (eau, énergie, matières premières), de confort (thermique, acoustique, visuel et olfactif...), de qualité d'usage et d'ambiance.

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME – l'Agence de la transition écologique – nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, air, économie circulaire, alimentation, déchets, sols, etc., nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

Les collections de l'ADEME

- ILS L'ONT FAIT**
L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.
- EXPERTISES**
L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.
- FAITS ET CHIFFRES**
L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.
- CLÉS POUR AGIR**
L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.
- HORIZONS**
L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.





RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



CLÉS POUR AGIR

Améliorer le confort et la performance énergétique des bâtiments tertiaires en Martinique.

Résumé :

Les îles de la Caraïbe sont largement dépendantes de l'importation d'hydrocarbures pour couvrir leurs besoins en énergie. La transition énergétique s'y impose donc, notamment par des mesures de maîtrise de la demande en électricité.

La Martinique ne fait pas exception, en particulier le secteur tertiaire qui représente près de la moitié des consommations de l'électricité livrée de l'île. La sobriété énergétique est par conséquent un enjeu important.

Fort de ce constat, ce guide propose une synthèse à la fois analytique et opérationnelle d'une campagne d'instrumentation de huit bâtiments tertiaires martiniquais ayant suivi une démarche spécifique de conception énergétique performante.

Il comprend :

- des enseignements pratiques issus des bâtiments étudiés,
- des clés théoriques pour la réussite de la conception, réalisation et exploitation de bâtiments tertiaires confortables et performants
- des propositions d'objectifs exemplaires à viser en matière de performance.



ademe.fr

011228



9 1791029 1716034