



**Agence
Qualité
Construction**

PÔLE
OBSERVATION

Dispositif REX
Bâtiments
performants

BÂTIMENTS PERFORMANTS À MAYOTTE

10 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



976 Mayotte
ca.u.e
Conseil d'architecture, d'urbanisme
et de l'environnement

 **OMBREE**

SOMMAIRE

Avertissement	2
PARTENARIAT AQC/CAUE DE MAYOTTE.....	2
L'AQC ET LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS.....	3
OMBREE.....	4
LE CONSEIL D'ARCHITECTURE, D'URBANISME ET DE L'ENVIRONNEMENT DE MAYOTTE.....	6
INTRODUCTION.....	7
10 ENSEIGNEMENTS CLÉS TIRÉS DES RETOURS D'EXPÉRIENCES.....	9
1 Protéger les murs des rayonnements directs du soleil.....	10
2 Optimiser l'usage des brasseurs d'air en complément de la ventilation naturelle.....	11
3 Respecter le choix des matériaux prescrits dans les stratégies de confort thermique	12
4 Limiter la surchauffe par conduction dans les constructions en béton.....	13
5 Utiliser l'inertie et le déphasage des matériaux pour limiter la transmission de la chaleur.....	14
6 Concevoir des couvertures performantes pour les espaces extérieurs habités	15
7 Conjuguer porosité des façades et protection contre la pluie.....	16
8 Traiter l'interface entre le mur en Blocs de Terre Comprimée (BTC) et l'ossature	17
9 Dimensionner les soubassements des murs en BTC en fonction des contraintes du site....	18
10 Assurer une sensibilisation des usagers au cours du temps.....	19
CONCLUSION	20
GLOSSAIRE	21
LES MISSIONS DE L'AQC	22

AVERTISSEMENT

Ce document contient la description d'événements relevés lors d'une enquête. Il ne reflète que l'expérience issue de l'échantillon d'opérations visitées. C'est donc un retour partiel à partir duquel aucune extrapolation statistique ne peut être réalisée.

Ce document propose également un ensemble de bonnes pratiques qui sont issues de l'expérience des acteurs rencontrés sur le terrain ou de celle des spécialistes qui ont participé à ce travail.

En aucun cas, ces bonnes pratiques ne peuvent se substituer aux textes de référence concernés.

Les enseignements présentés proviennent de l'analyse de retours d'expériences réalisés à Mayotte. Toutefois, ils peuvent également concerner d'autres territoires ultramarins bénéficiant de conditions climatiques similaires.

PARTENARIAT AQC/CAUE DE MAYOTTE

Ce rapport est le fruit d'une collaboration entre l'AQC et le CAUE de Mayotte. Il a été réalisé grâce au soutien financier du programme OMBREE. Les informations qu'il contient proviennent des retours d'expériences collectés via le Dispositif REX Bâtiments performants conçu et développé par l'AQC.

Il a pour but de présenter 10 enseignements majeurs concernant les bâtiments performants à Mayotte en climat tropical. Le choix de ces enseignements s'est fait en fonction de la récurrence des constats observés au sein de l'échantillon, de leur gravité et de l'appréciation des spécialistes qui ont participé à ce travail.

L'AQC ET LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS



PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Sous l'impulsion des objectifs de la transition énergétique, le secteur du bâtiment s'est engagé dans une mutation importante qui bouleverse les logiques et les habitudes du passé. Comme dans tous les domaines, ces changements impliquent une montée en compétences des acteurs, qui passe par l'expérimentation. Cette étape, indispensable pour progresser, est cependant naturellement génératrice d'écueils.

L'AQC se doit donc de capitaliser et valoriser ces retours d'expériences pour s'en servir comme des leviers d'amélioration de la qualité. C'est dans cet esprit que le Dispositif REX Bâtiments performants accompagne, depuis 2010, l'ensemble des acteurs de l'acte de construire en les sensibilisant aux risques émergents induits par cette mutation de la filière bâtiment.

Ce dispositif consiste concrètement à capitaliser des retours d'expériences en se basant sur l'audit *in situ* de bâtiments précurseurs allant au-delà des objectifs de performances énergétiques et environnementales ainsi que sur l'interview des acteurs ayant participé aux différentes phases de leur élaboration.

Le partage des expériences capitalisées est au cœur du mode opératoire. Après une étape de consolidation et d'analyse des données, les enseignements tirés sont valorisés pour permettre l'apprentissage par l'erreur. Cette valorisation s'attache également à promouvoir les bonnes pratiques.

FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF

ÉTAPE A	COLLECTE SUR LE TERRAIN - Interview <i>de visu</i> et <i>in situ</i> d'acteurs précurseurs en matière de constructions performantes. - Identification des non-qualités et des bonnes pratiques par les enquêteurs.
ÉTAPE B	CONSOLIDATION DANS UNE BASE DE DONNÉES - Capitalisation de l'information en utilisant une nomenclature prédéfinie. - Relecture des données capitalisées par des experts de la construction.
ÉTAPE C	ANALYSE DES DONNÉES - Extraction de données en fonction de requêtes particulières. - Évaluation des risques identifiés par un groupe d'experts techniques.
ÉTAPE D	VALORISATION DES ENSEIGNEMENTS - Production de rapports. - Réalisation d'une mallette pédagogique et de plaquettes de sensibilisation pour les professionnels.

Le Dispositif REX Bâtiments performants est alimenté grâce à la coopération des centres de ressources membres du Réseau Bâtiment Durable et autres partenaires ultramarins. Les enquêteurs collectant les retours d'expériences sur le terrain sont hébergés dans les centres de ressources régionaux qui partagent leurs réseaux et leurs réflexions autour des retours d'expériences.

Retrouver la présentation détaillée du Dispositif REX BP et l'ensemble des ressources techniques sur : www.dispositif-rex.com



DES SOLUTIONS ULTRAMARINES POUR DES BÂTIMENTS RÉILIENTS ET ÉCONOMES EN ÉNERGIE

PRÉSENTATION

OMBREE (programme inter Outre-Mer pour des Bâtiments Résilients et Économés en Énergie) est un programme à destination des professionnels ultramarins.

En territoire d’Outre-mer, les logements représentent le plus gros poste de consommation électrique (50 %), suivi par le secteur tertiaire (40 %) et l’industrie (10 %). Ces données révèlent que des économies d’énergie sont aujourd’hui indispensables afin d’atteindre l’objectif fixé par la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte et de répondre aux besoins des territoires en vue de l’autonomie énergétique en 2030.

Devant ce constat, l’État a sélectionné, dans le cadre d’un appel à programme CEE, le programme OMBREE.

Il s’agit d’un programme dédié aux professionnels de la construction. Il a pour but de participer à la réduction des consommations d’énergie dans les bâtiments ultramarins par le biais d’actions de sensibilisation, d’information et de formation. Les territoires visés sont la Guadeloupe, la Guyane, la Martinique, La Réunion et Mayotte.

Le programme OMBREE est piloté par l’AQC qui s’appuie sur de solides partenaires locaux (AQUAA en Guyane, le CAUE de la Guadeloupe, ÉNERGIE RÉUNION, KEBATI en Martinique, le CAUE de Mayotte et la FEDOM) ainsi qu’un comité de pilotage composé de représentants des pouvoirs publics (DGEC, DHUP, DGOM, ADEME) et de EDF SEI, financeur du programme.

LES 3 OBJECTIFS D’OMBREE



CAPITALISER

État des lieux des connaissances et des ressources existantes • Capitalisation de retours d’expériences • Ressources et actions de sensibilisation.



ACCOMPAGNER

10 projets soutenus pour impulser des dynamiques territoriales.

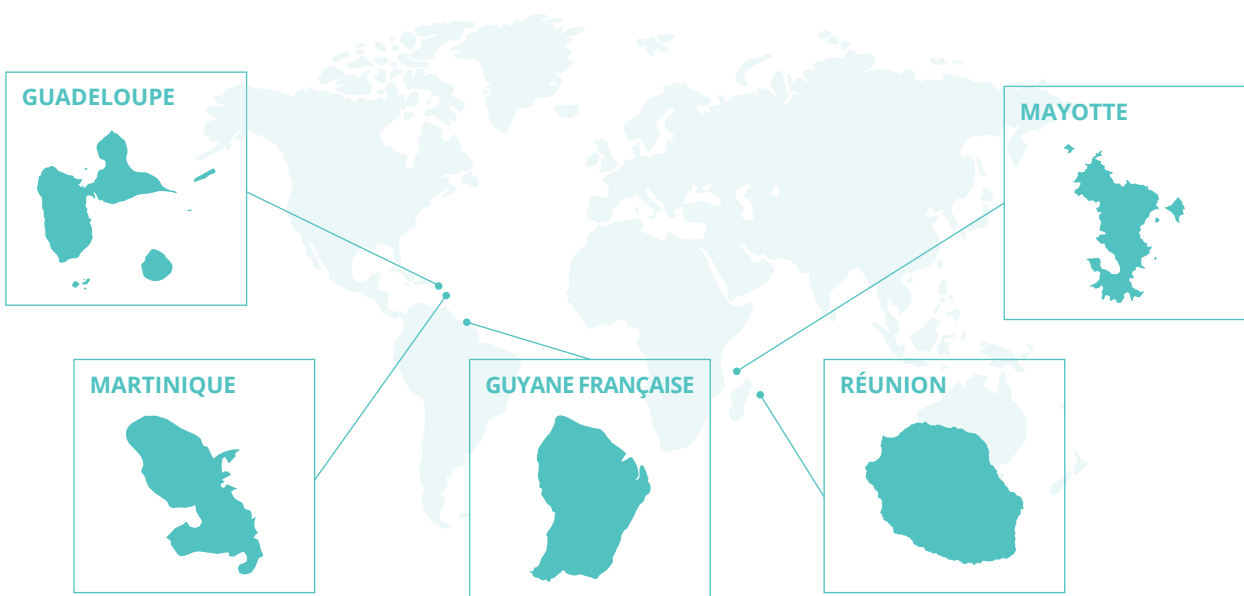


PARTAGER

1 plateforme numérique de valorisation des connaissances inter Outre-mer.

PERGOLA

<https://www.pergola-outremer.fr/caue-mayotte/>



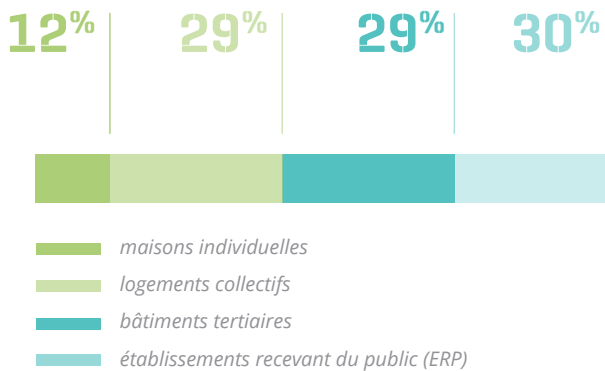
LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS DANS LES TERRITOIRES ULTRAMARINS EN QUELQUES CHIFFRES :

290 BÂTIMENTS VISITÉS
118 dans le cadre d'OMBREE

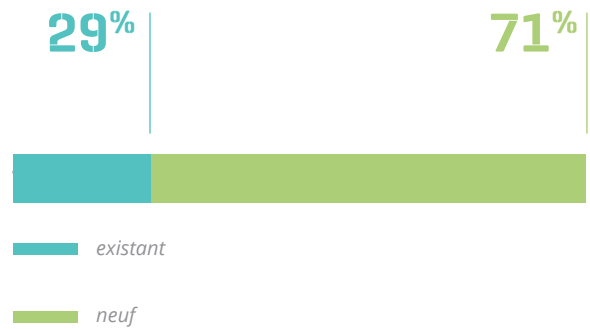
16 ENQUÊTEURS DEPUIS 2016
11 dans le cadre d'OMBREE

570 ACTEURS RENCONTRÉS
223 dans le cadre d'OMBREE

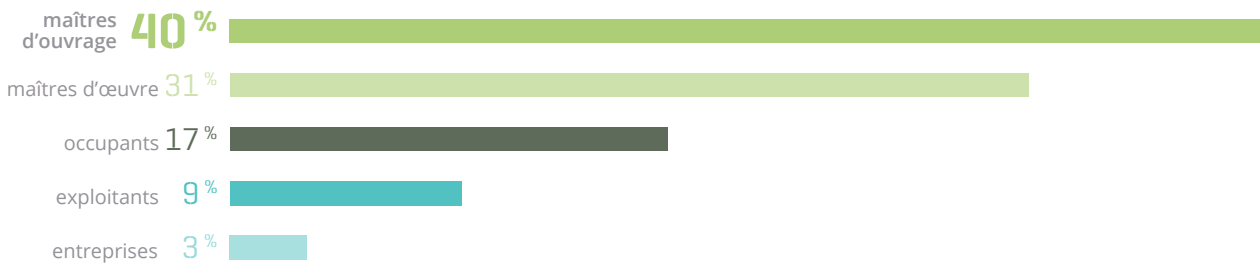
TYPE D'USAGE



NATURE DE L'OPÉRATION



LES ACTEURS RENCONTRÉS



CONSTATS CAPITALISÉS

2 922
constats capitalisés
EN OUTRE-MER

1 352
constats
**DE BONNES
PRATIQUES**

1 570
constats
**DE NON-
QUALITÉS**



LE CONSEIL D'ARCHITECTURE, D'URBANISME ET DE L'ENVIRONNEMENT DE MAYOTTE

Les Conseils en Architecture, Urbanisme et Environnement sont des associations d'intérêt public nées de la loi sur l'architecture du 3 janvier 1977.

Le CAUE est créé à l'initiative des responsables locaux et est présidé par un élu local. Il fonctionne comme un organe de concertation entre les acteurs impliqués dans la production et la gestion des espaces ruraux et urbains.

Le CAUE de Mayotte a été créé en 2021.

UNE STRUCTURE DE SERVICE PUBLIC

Les CAUE ont pour vocation la promotion de la qualité de l'architecture, de l'urbanisme et de l'environnement dans le territoire départemental. Ils assurent des missions de service public financées par la taxe d'aménagement et par les conventions conclues avec leurs partenaires.

"L'architecture est une expression de la culture. La création architecturale, la qualité des constructions, leur insertion harmonieuse dans le milieu environnant, le respect des paysages naturels ou urbains ainsi que du patrimoine sont d'intérêt public..." (loi du 3 janvier 1977)

Les conseils dont ont besoin les maîtres d'ouvrage, doivent émaner d'une entité neutre et indépendante qui n'est ni juge ni partie. La loi sur l'architecture de 1977 a donné aux CAUE un statut associatif sans but lucratif et des conditions de financement qui garantissent leur indépendance et leur neutralité.

SES MISSIONS

Ses interventions s'organisent autour de 4 missions.

SENSIBILISER LES JEUNES ET LE GRAND PUBLIC À L'ARCHITECTURE ET À L'ENVIRONNEMENT

En réalisant des outils pédagogiques, l'encadrement et le suivi d'interventions dans les classes ainsi que des événements pour tous les publics (expositions, conférences...). Ces actions permettent à chacun de prendre conscience de son rôle dans la transformation du cadre de vie.

ANIMER LE MILIEU PROFESSIONNEL

En contribuant directement ou indirectement à la formation et au perfectionnement des maîtres d'ouvrage, des professionnels, des agents de l'administration et des collectivités qui interviennent dans le domaine de la construction.

CONSEILLER ET INFORMER LES PARTICULIERS PORTEURS DE PROJETS

En fournissant les informations, les orientations et les conseils propres à assurer la qualité architecturale de la construction, sa bonne insertion dans le site environnant, urbain ou rural, sans toutefois faire de la maîtrise d'œuvre.

ACCOMPAGNER LES COLLECTIVITÉS LOCALES ET LES ORGANISMES PUBLICS

Pour la définition et la mise en œuvre de leurs politiques d'aménagement, en encourageant la qualité à toutes les échelles et à tous les stades d'un projet de construction ou d'aménagement. Le CAUE s'implique dans des défis tels que la réduction de la consommation foncière, la démocratisation de l'architecture, la préservation des ressources naturelles ou encore la diminution de la consommation d'énergie.

INTRODUCTION

Les premières constructions de Mayotte se déclinent en une variété de typologies constructives. Bâties avec les ressources locales (terre, bois, pierre, fibres), ces modes constructifs peuvent se diviser en deux familles : les ossatures en bois recouvertes de fibres (exemple : fandraka) et les cases en terre sur structure en treillis (exemple : trotro). On distingue ainsi deux stratégies de protection contre la chaleur : la première avec le recours à une typologie de parois poreuses favorisant la ventilation naturelle et la seconde, plutôt massive, où l'inertie de la terre et l'épaisseur des murs protègent de la chaleur. L'influence culturelle swahilie a également introduit des constructions à forte inertie. La mosquée de Tsingoni, construite au XIIIe siècle en pierre de corail, témoigne de cet héritage par son architecture de murs épais, comprenant peu d'ouvertures sur l'extérieur.

En 1976, Mayotte devient collectivité territoriale de la République française. Un des enjeux est alors d'assurer des conditions de logement similaires dans l'ensemble du territoire national par une recherche de pérennité et de modernité dans les constructions. Cette politique marque le début du développement de la filière Blocs de Terre Comprimée à Mayotte. De 1980 aux années 2000, c'est l'âge d'or du bloc de terre comprimée, illustré par la diffusion de la case SIM sur l'ensemble du territoire. Les recherches et expérimentations constructives sur le BTC façonnent un patrimoine conséquent et un savoir-faire technique indéniable à Mayotte.

Les années 2000 viennent bouleverser ces modes constructifs. D'une part, un revirement dans la politique du logement conduit à l'arrêt de l'emploi du BTC. D'autre part, l'influence mondiale apporte de nouveaux matériaux sur l'île. Reflet de la modernité, le parpaing se multiplie dans la construction de maisons individuelles en « dur » et le béton s'installe dans les constructions publiques.

Aujourd'hui, on distingue trois modes constructifs réguliers influencés par l'apport successif de ces trois générations :

- **Les constructions de murs porteurs en parpaing ou béton coulé** sont régulières dans les commandes publiques comme privées. Elles sont communément nommées constructions en « dur » en opposition aux autres matériaux.
- **Le Bloc de Terre Comprimée** retrouve lentement une place dans le paysage bâti dans le contexte de transition énergétique. Les règles sur le BTC publiées en 2022 recensent les principales techniques employées sur le territoire mahorais : maçonnerie porteuse, maçonnerie de remplissage, ossature béton, bois ou métal et cloisons maçonnées.
- **Les filières sèches (ossature en bois ou métal)** sont de plus en plus utilisées pour les constructions publiques et par les bailleurs sociaux en raison de leur facilité de mise en œuvre et de leur faible inertie en réponse à la chaleur.

Par ailleurs, la publication de chartes et guides de conception en milieu tropical apporte son influence sur la manière de construire, même si toutes ne revêtent pas un caractère obligatoire à Mayotte. La charte Mayenergie éditée en 2009, l'outil de conception RTAADOM publié en 2012 (non en vigueur à Mayotte), Mayenergie-Plus mise à jour en 2013 ainsi que l'arrêté préfectoral relatif aux caractéristiques techniques des logements sociaux à Mayotte en vigueur depuis 2013 ont mis en lumière certains principes communs de conception bioclimatiques en outre-mer : la ventilation naturelle, la protection solaire et l'énergie solaire. Ainsi, ces principes se sont favorablement démocratisés dans la conception d'opérations contemporaines, essentiellement la ventilation naturelle et donc la porosité des bâtiments pour le confort thermique.

Cependant, même si des dispositifs généraux s'appliquent pour le confort thermique en milieu tropical tels que limiter la quantité de calories dans les parois et les effets d'îlots de chaleur, il convient également d'adapter les stratégies de confort aux caractéristiques techniques des matériaux employés sur l'île. Par exemple, les valeurs de conductivité thermique, de déphasage thermique ou de perméabilité à la vapeur d'eau d'un mur en BTC ne sont pas les mêmes que celles d'un mur en béton banché. Ces caractéristiques techniques doivent être appréhendées lors de la conception et respectées lors de la mise en œuvre. De plus, le contexte climatique de Mayotte limite la performance de la ventilation

naturelle comme stratégie de confort. Bornée par un lagon et de basse altitude, l'île offre peu de différences de températures entre la terre et la mer, ce qui ralentit les vents et diminue la présence des brises thermiques, en particulier en saison humide.

Cette étude s'attache donc à parcourir les différents modes constructifs présents sur le territoire et les stratégies de confort associées. Les retours d'expériences collectés lors de la visite de bâtiments exemplaires à Mayotte ont permis de dresser un bilan, **non exhaustif**, des points de vigilances relatifs aux particularités des différents modes constructifs présents à Mayotte. Les points de vigilances identifiés sont formalisés par de 10 enseignements afin d'aider les professionnels et d'améliorer la qualité et la pérennité des ouvrages à Mayotte.

Les définitions suivantes permettent d'appréhender quelques-unes des caractéristiques physiques des matériaux :

- **Déphasage thermique** : capacité à accumuler puis à restituer à court ou moyen terme la chaleur accumulée dans une paroi.
- **Inertie thermique** : résistance aux variations de température.
- **Conduction thermique pour une paroi** : le transfert de chaleur qui s'effectue de la face la plus chaude vers la face la plus froide.
- **Conductivité** : capacité d'un matériau à laisser passer la chaleur ou au contraire à l'isoler. Plus la conductivité est élevée, plus le matériau laisse passer la chaleur. Selon les épaisseurs courantes, la conductivité thermique d'un mur en béton banché de 18 cm est de λ : 1,1 W/m.K (pour une dalle armée 2,4 W/m.K), contre un λ : 0,81 W/m.K pour un mur de 22 cm en BTC. Le BTC ralentit mieux la pénétration de la chaleur dans la paroi que le béton.
- **Résistance thermique R** : capacité d'un matériau à ralentir le transfert de chaleur réalisé par conduction.
- **Diffusivité** : vitesse d'échange d'énergie thermique entre le matériau et son environnement.
- **Effusivité** : capacité à stocker rapidement de l'énergie thermique.




Références :

- « Habitat mahorais » tome 2, Étude analytique et perspectives. À l'initiative de la Direction de l'équipement de Mayotte par Bernard Chatain, Léon Attila Cheyssial et avec la collaboration de Françoise Arati, 1982.
- Bilan économique, social et environnemental de 20 ans de filière de blocs de terre comprimée à Mayotte.
- Arrêté n° 322/DEAL/13 relatif aux caractéristiques techniques des logements sociaux à Mayotte du 20 décembre 2013.
- Règles professionnelles Blocs de terre comprimée (BTC), ART.Terre Mayotte, juillet 2022.

ENSEIGNEMENTS CLÉS

Les pages suivantes présentent 10 enseignements principaux issus de l'analyse et de la synthèse des retours d'expériences observés dans le cadre du Dispositif REX Bâtiments performants. Le choix de ces enseignements s'est fait en fonction de la récurrence des constats observés au sein de l'échantillon, de leur gravité et de l'appréciation des spécialistes du sujet qui ont participé à ce travail.

✓ bonne pratique ✗ non-qualité

-
-  Les photos et illustrations de ce rapport sont directement téléchargeables avec leur légende.
[Cliquer sur le pictogramme pour les télécharger.](#)
 -  Les enseignements sont téléchargeables indépendamment les uns des autres.
[Cliquer sur le pictogramme pour les télécharger.](#)
 -  Certains enseignements sont disponibles au format vidéo.
[Cliquer sur le pictogramme pour les visionner.](#)

1 PROTÉGER LES MURS DES RAYONNEMENTS DIRECTS DU SOLEIL ⬇

CONSTAT

- Les parois verticales sont fortement exposées aux rayonnements directs du soleil.

PRINCIPAL IMPACT

- Inconfort thermique : le rayonnement solaire direct entraîne une accumulation de chaleur dans les murs. La chaleur se diffuse ensuite à l'intérieur de la pièce entraînant une surchauffe.

ORIGINES

Les enjeux de protection des parois verticales du soleil sont méconnus :

- Le confort thermique n'est géré que par la porosité des façades pour lutter contre la surchauffe.
- Le débord de toiture a été dimensionné pour protéger les dalles hautes et non les murs verticaux.

SOLUTION CORRECTIVE

- Mettre en place un auvent ou de la végétation haute qui limiteront les rayonnements solaires sur la façade.

BONNES PRATIQUES

- Limiter l'impact des rayonnements solaires sur tous les types de parois.
- Étudier (en conception) l'exposition des différentes parois afin d'adapter la typologie et le dimensionnement des protections solaires.
- Prévoir au nord et au sud des protections solaires horizontales comme un débord de toiture suffisant ou des casquettes et auvents pour se protéger des rayonnements solaires zénithaux.
- Prévoir à l'est et à l'ouest des protections solaires verticales de type joues, brise-soleil ou végétation afin de protéger les façades des rayonnements solaires rasants.
- Penser l'aménagement global afin que les façades restent le plus longtemps à l'ombre grâce aux bâtiments environnants ou à une végétation haute.



La paroi ouest n'est pas protégée du soleil direct. ©AQC



Les façades sont protégées des rayonnements solaires directs, grâce aux décrochés, auvents et terrasses. ©AQC



La façade est protégée des rayonnements solaires directs par un auvent. ©AQC



Références :

- Protections solaires des façades en climat tropical - 12 enseignements à connaître, AQC, 2022.
- Charte « Mayénergie-Plus. 3.3. Enveloppe du bâtiment - Protection solaire », ADEME, 2013.
- Outil « PROTECSOLAME », laboratoire PIMENT, CIRBAT, BET IMAGEEN, 2023.

2 OPTIMISER L'USAGE DES BRASSEURS D'AIR EN COMPLÉMENT DE LA VENTILATION NATURELLE

CONSTAT

- Le positionnement et le dimensionnement des brasseurs d'air, installés en complément de la ventilation naturelle, ne sont pas adaptés.

PRINCIPAL IMPACT

- Inconfort thermique : lorsque la ventilation traversante naturelle est insuffisante, le personnel d'accueil souffre de la chaleur. En saison chaude à Mayotte, la ventilation naturelle traversante est très faible, car les brises thermiques ne sont pas élevées. Le mouvement d'air doit être assuré ou complété par les brasseurs d'air.

ORIGINE

- Le calepinage et/ou le dimensionnement des brasseurs d'air ne sont pas optimisés pour le volume de la pièce et son usage.

SOLUTIONS CORRECTIVES

- Revoir le positionnement des brasseurs d'air dans la pièce.
- Adapter le diamètre des brasseurs d'air à la hauteur et au volume de la pièce.


BONNES PRATIQUES

- Mener des études de dimensionnement afin de garantir la conception de l'installation de brasseurs d'air, en complément des études architecturales sur la ventilation naturelle.
- Optimiser la position, le nombre, le type et le diamètre des brasseurs d'air en fonction de l'usage de la pièce, la position des percements dans les façades, le taux de porosité des façades et la volumétrie de la pièce.
- Dimensionner le nombre de brasseurs d'air à la surface de la pièce. À Mayotte, un brasseur d'air de 1,3 m de diamètre correspond à une surface de 10 m².
- Garantir des brasseurs d'air performants pour de grands volumes : diamètre supérieur à 1,3 m, efficacité supérieure à 150 m³/Wh.


Références :

- BRISE Guide des brasseurs d'air, OMBREE, AQC, 2023.
- BRASSE : brasseurs d'air, une solution de sobriété et d'efficacité, ADEME, 2022.
- Rafraîchissement en ventilation naturelle - 12 enseignements à connaître, AQC, 2022.
- Calepins d'autocontrôle brasseur d'air pour les espaces industriels/collectifs/individuels, AQC 2024.
- Guide Prebat Réunion, les trois dimensions de la ventilation, page 15, ADEME, 2015.




Dans ce bâtiment en structure légère, fonctionnant en ventilation naturelle, le personnel de travail ne bénéficie pas du mouvement d'air des brasseurs d'air. 



Dans cette chambre de 10 m² aux parois peu poreuses, la ventilation traversante est complétée par la position du brasseur d'air entre la porte et la fenêtre tout hauteur. Une vitesse d'air de 1 m/s permet d'abaisser la température ressentie de 4 °C.  ©AQC



Dans cette pièce, conçue en ventilation naturelle traversante, le nombre, le diamètre et la puissance des brasseurs d'air sont adaptés à l'important volume de la pièce.  ©AQC

3 RESPECTER LE CHOIX DES MATÉRIEAUX PRESCRITS DANS LES STRATÉGIES DE CONFORT THERMIQUE

CONSTAT

- Les murs extérieurs, initialement prévus en blocs de terre comprimée, sont finalement réalisés en béton banché.

PRINCIPAL IMPACT

- Inconfort : la conductivité thermique et la gestion de l'humidité ne sont pas celles prévues initialement. Ces paramètres physiques participent à l'inconfort thermique des usagers.

ORIGINES

- Recherches d'économies financières sur la construction.
- Méconnaissance des caractéristiques techniques des matériaux et de leur impact sur le confort thermique.
- Manque de confiance par méconnaissance technique.
- Faible acceptation sociale des blocs de terre comprimée.

SOLUTION CORRECTIVE

- Accentuer la protection solaire des parois pour limiter le stockage de calories dans le mur.

BONNES PRATIQUES

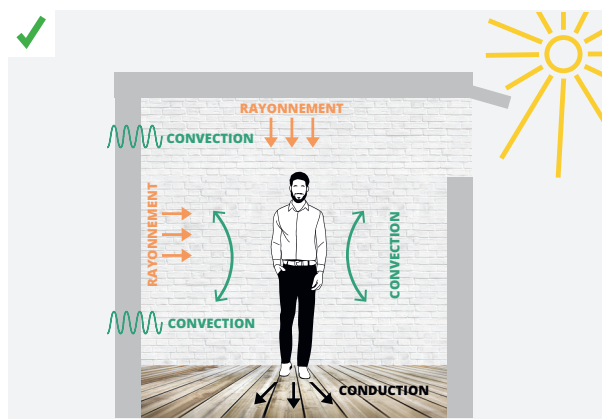
- Prendre en compte les caractéristiques physiques des matériaux (conductivité, déphasage thermique, hygrothermie...) dès la conception pour une bonne prise en compte des risques de surchauffe et d'humidité.
- Expliciter, dès la conception, les choix des matériaux pour les stratégies de confort aux différents acteurs du projet.
- Vérifier la mise en œuvre et le respect du choix des matériaux tout au long du projet jusqu'à la réception.
- Réétudier l'impact sur le confort thermique en cas de substitution de matériaux.



Les murs extérieurs des chambres sont composés de béton banché de 18 cm dont la conductivité thermique ($\lambda : 1,1 \text{ W/m.K}$) est supérieure à celle des briques de terre comprimées ($\lambda : 0,46 \text{ W/m.K}$). ©AQC



Les murs de la mosquée ont été construits au XVI^{ème} siècle en pierre de corail. Le choix de ce matériau limite l'entrée de chaleur à l'intérieur de l'édifice. La conductivité thermique d'une pierre calcaire est en moyenne de $\lambda : 3,5 \text{ W/m.K}$. ©AQC



Principe des échanges thermiques dans un espace. Le confort intérieur dépend en partie des matériaux constituant les parois.

©AQC



Références :

- Rapport « Bilan économique, social et environnemental de 20 ans de filière blocs de terre comprimée à Mayotte » de Vincent Rigassi et Michel Sérurier, Direction de l'équipement, Programme SPIOM 2002, SIM, CRATerre, EAG, juillet 2002.
- Guide de conception et de construction - Cahier 2 : les Blocs de Terre Comprimée, Cycle Terre, Vol 1, mai 2021, p10.

4 LIMITER LA SURCHAUFFE PAR CONDUCTION DANS LES CONSTRUCTIONS EN BÉTON

CONSTAT

- Le salon du logement est composé de murs en béton banché de 18 cm donnant sur l'extérieur et soumis aux rayonnements directs du soleil. Peu d'ouvertures sont présentes.

PRINCIPAUX IMPACTS

- La température de surface des murs intérieurs augmente au cours de la journée.
- L'air de la pièce est peu renouvelé.
- Les usagers ont trop chaud et n'utilisent que très peu cette pièce de vie.

ORIGINES

- Absence de protection des parois en béton banché contre les rayonnements solaires directs.
- Le béton a une importante capacité de stockage de chaleur et une capacité de déphasage restreinte, à l'inverse des matériaux isolants. La paroi en béton se charge en calories au cours de la journée, puis se décharge en fin de journée. La température intérieure est donc toujours élevée, même au moment où la température extérieure diminue.
- Logement conçu de manière à privilégier la varangue comme espace de vie. Le salon en retrait ne bénéficie pas d'une ventilation naturelle suffisante. Les calories ne sont donc pas évacuées et la température augmente.

SOLUTIONS CORRECTIVES

- Protéger ou améliorer la protection solaire des parois verticales.
- Augmenter la porosité des façades pour favoriser l'évacuation de la chaleur par la ventilation naturelle.
- Compléter la ventilation naturelle par des brasseurs d'air.

BONNES PRATIQUES

- Prendre en compte le comportement thermique des matériaux (conductivité, temps de déphasage) dans la conception des logements.
- Envisager l'utilisation d'isolant fibreux (forte résistance thermique) ou l'intégration de fibres dans les matériaux de types BTC.
- Prévoir une approche systémique du confort thermique : protections solaires, choix des matériaux, ventilation naturelle.



Le salon est peu utilisé par les usagers qui ressentent une température trop élevée même lorsque le brasseur d'air fonctionne. ©AQC



Les murs en béton banché sont protégés des rayonnements solaires directs par des auvents. ©AQC



La surface de mur en béton banché exposée au soleil est faible et de grandes ouvertures sont présentes. La ventilation naturelle permet l'évacuation de l'air chaud vers l'extérieur. ©AQC



5 UTILISER L'INERTIE ET LE DÉPHASAGE DES MATÉRIEAUX POUR LIMITER LA TRANSMISSION DE LA CHALEUR

CONSTAT

- Les murs et la dalle haute sont construits en béton banché et soumis aux rayonnements directs du soleil.

PRINCIPAL IMPACT

- Inconfort thermique : lorsque la ventilation naturelle est insuffisante pour évacuer l'air chaud intérieur, la chaleur ressentie est trop importante et le logement n'est pas confortable.

ORIGINE

- L'inertie thermique du béton est insuffisante pour apporter du confort. L'inertie permet d'équilibrer la température en restituant la nuit la chaleur accumulée le jour. Elle dépend du matériau et de son épaisseur. Par exemple, un mur en terre crue de 20 cm a une inertie $I = 157 \text{ Wh/m}^2\cdot\text{K}$ et un mur en parpaing de ciment de 20 cm $I = 50 \text{ Wh/m}^2\cdot\text{K}$. La terre ralentit mieux la diffusion de la chaleur de l'extérieur vers l'intérieur.

SOLUTIONS CORRECTIVES

- Isoler la toiture et les murs afin de limiter la transmission des calories vers l'intérieur.
- Améliorer la protection des façades et des parois horizontales pour limiter l'apport de calories sur les parois.

BONNES PRATIQUES

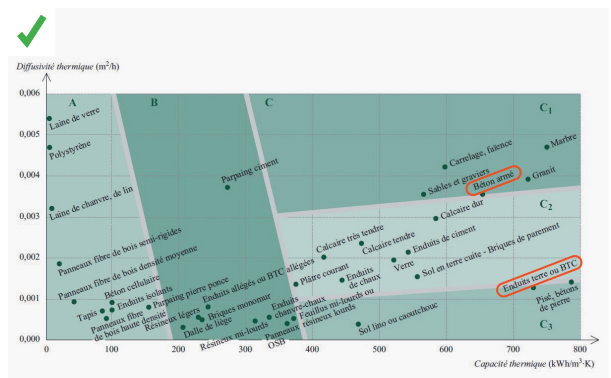
- Prévoir des matériaux à plus forte résistance thermique pour la structure : faible conductivité et grande épaisseur dans les endroits les plus exposés aux rayonnements pour ralentir la diffusion de la chaleur.
- Envisager l'utilisation d'isolant fibreux (forte résistance thermique) ou l'intégration de fibres dans les matériaux de types BTC.



L'enveloppe de cette maison est entièrement conçue en béton (toiture et murs verticaux). ©AQC



L'intérieur de l'habitation ne possède ni climatisation ni brasseurs d'air, mais reste agréable tout au long de la journée, car les murs et planchers hauts sont à fortes inerties (voûtes en BTC entre 14 et 45 cm d'épaisseur). ©AQC



Cette figure montre la répartition des matériaux en fonction de leur diffusivité thermique et de leur capacité thermique. Le BTC a une plus grande capacité thermique ($\text{kWh/m}^3\cdot\text{K}$) et une plus importante diffusivité thermique (m^2/h) que le béton armé. ©L'isolation thermique écologique

Références :

- L'isolation thermique écologique : la conception bioclimatique, OLIVA, COURGEY, Éditions Terre Vivante, 2006.
- « Évaluations des performances de la BTC de l'impact de son emploi sur la maîtrise de la demande en énergie », ART.Terre, AFD, ADEME, étude en cours.

6 CONCEVOIR DES COUVERTURES PERFORMANTES POUR LES ESPACES EXTÉRIEURS HABITÉS

CONSTAT

- La terrasse couverte n'est pas utilisée par les usagers certains après-midi de l'année lorsque la température extérieure est élevée et les brises thermiques faibles.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Inconfort thermique : si le vent est insuffisant, la chaleur ressentie sous la tôle est trop importante, la terrasse n'est pas confortable.
- Perte de surface habitable et exploitable : la terrasse aménagée pour être un véritable lieu de vie n'est pas utilisée certains jours de l'année.

ORIGINES

- Les couvertures sont fortement exposées aux rayonnements directs du soleil. La résistance thermique de la tôle est peu, voire pas efficace. Le matériau diffuse donc instantanément la chaleur reçue.
- En saison chaude à Mayotte, la ventilation naturelle traversante est très faible car les brises thermiques sont faibles.


SOLUTION CORRECTIVE

- Isoler la couverture en tôle afin d'augmenter la résistance thermique de l'ensemble de la couverture. La résistance thermique est la capacité d'un matériau à empêcher la diffusion de la chaleur.


BONNES PRATIQUES

- Prévoir une couverture de couleur claire et à la finition brillante, avec un isolant mince en sous-face, afin de réfléchir les rayonnements solaires et donc de limiter la transmission de chaleur à travers la couverture.
- Envisager l'utilisation d'isolants fibreux à forte résistance thermique pour les couvertures.
- Limiter l'exposition de la toiture aux rayonnements solaires (orientation de la pente, surtoiture ou végétation).
- Installer une sous-face en lattes de bois, ventilée.




Malgré la présence de brasseurs d'air et sa couleur claire, la terrasse est peu pratiquée certains jours de l'année, car la température sous la tôle est trop élevée. ©AQC 



Le gymnase est couvert par une toiture en tôle blanche. La chaleur extérieure se diffuse rapidement à l'intérieur du gymnase. ©AQC 



L'espace de cuisine et de salle à manger extérieur, utilisé comme un lieu de vie quotidien, est couvert par des tôles blanches réfléchissantes avec un isolant en aluminium en sous-face. Cette tôle augmente la résistance thermique de la couverture et le facteur de réflexion. ©AQC 

Référence :

- Protections solaires des toitures en climat tropical - 12 enseignements à connaître, enseignement 3 : Utiliser des produits réfléchissants en complément des isolants thermiques, AQC, 2023.

7 CONJUGUER POROSITÉ DES FAÇADES ET PROTECTION CONTRE LA PLUIE

CONSTAT

- Le logement a été construit de manière à privilégier la ventilation naturelle traversante comme stratégie de confort thermique. Cependant, l'eau s'infiltré dans la varangue du logement lors des épisodes pluvieux fréquents et importants en saison des pluies.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Perte de surface habitable et exploitable : les habitants ne peuvent pas habiter une certaine partie de la varangue lorsqu'il pleut. Ils doivent également déplacer leurs meubles.
- Risque pour la durabilité des matériaux : le carrelage au sol s'altère rapidement.

ORIGINES

- La varangue est un espace extérieur couvert. Cependant, elle est utilisée de manière majeure et régulière. C'est l'espace du logement le mieux ventilé et culturellement utilisé pour des usages divers. Les ouvertures ne sont pas protégées de la pluie, car le débord de toiture est insuffisant.
- En milieu tropical, les pluies peuvent être verticales ou horizontales. Elles peuvent donc s'introduire par le haut, mais aussi par les côtés.

SOLUTION CORRECTIVE

- Protéger la varangue au-dessus et sur les côtés avec une casquette ou un auvent.

BONNES PRATIQUES

- Assurer le passage de l'air, même en cas de précipitations, avec des dispositifs architecturaux (jous, coursives, décrochés, volets projetables, double peau, débords de toiture importants).
- Adapter la conception des protections à l'orientation des façades et selon les vents.

Références :

- La ventilation naturelle à La Réunion - 12 enseignements à connaître, enseignement 10 : Concilier protection contre la pluie et ventilation naturelle, AQC, 2019.
- Protections solaires des façades en climat tropical - 12 enseignements à connaître, AQC, 2022.



La varangue est la pièce de vie principale du logement. Lorsqu'il pleut, l'eau stagne sur le sol et le mobilier est mouillé. ©AQC



Varangue protégée de la pluie par un large débord de toiture. ©CAUE



La façade peut s'ouvrir entièrement pour laisser passer les brises et les ouvertures sont protégées de la pluie par des jous. ©AQC

8 TRAITER L'INTERFACE ENTRE LE MUR EN BLOCS DE TERRE COMPRIMÉE (BTC) ET L'OSSATURE

CONSTAT

- La maçonnerie de remplissage en blocs de terre comprimée est désolidarisée de la structure.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Risque pour la sécurité des usagers.
- Perte de performance de l'enveloppe : défaut d'étanchéité à l'air, à l'eau, au feu et au vent.
- Baisse de la performance thermique globale du mur.
- Les vides entre l'ossature bois et le remplissage favorisent le passage des termites.
- Défaut esthétique.

ORIGINE

- Défaut de mise en œuvre : l'interface entre les BTC et l'ossature bois n'a pas été traitée selon les règles de l'art, la construction datant d'avant leur édition.

SOLUTION CORRECTIVE

- Traiter les joints ouverts avec des revêtements I3 ou des élastomères (non spécifique à la BTC) afin d'assurer une tenue mécanique dans le temps.

BONNES PRATIQUES

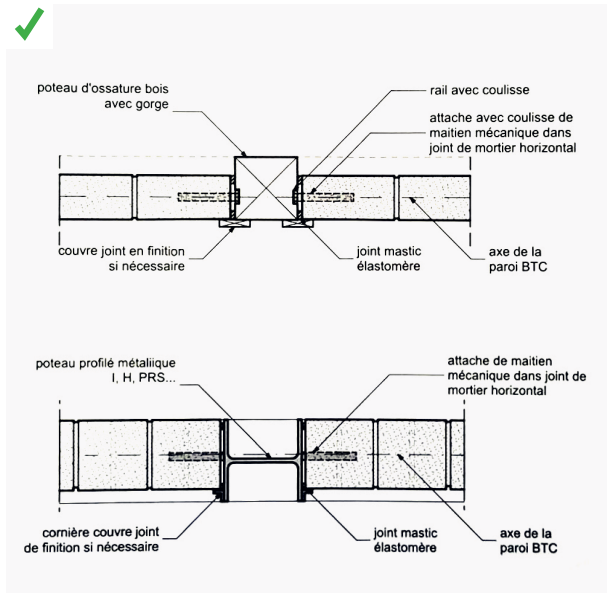
- Identifier et prévoir, en conception, les moyens mécaniques préventifs aux effets de retrait, grâce à des attaches de liaisons de type feuillures ou des encastrement.
- Déterminer le nombre, la répartition et le type d'attaches en fonction des charges à reprendre. Des essais de résistance des ancrages doivent être réalisés afin de vérifier leur conformité.
- Dimensionner les ossatures du gros œuvre afin qu'aucun déplacement ou déformation courants de la structure ne puisse entraîner des efforts localisés susceptibles d'endommager les ouvrages.
- Étudier la possibilité d'installer des bandes de désolidarisation, ou bandes résilientes, entre la structure bois et le remplissage afin d'assurer une liaison élastique.
- Se conformer aux textes de références en fonction des matériaux de remplissage utilisés.

Références :

- Règles professionnelles - Blocs de terre comprimée (BTC), ART.Terre Mayotte, juillet 2022.
- Guide de bonnes pratiques de la construction en terre crue, octobre 2020.
- « Briques et Blocs de Terre Crue pour murs et maisons » (XP P13-901), AFNOR, 2022.
- NF DTU 20.1 « Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs ».



Altération du joint entre les BTC de remplissage et l'ossature porteuse en bois. ©AQC



Exemples de liaisons entre des ossatures bois, métal et béton armé et la paroi de remplissage en BTC. ©ART.Terre Mayotte



Dans l'épaisseur du joint, un fer plat scelle les briques de terre comprimées à l'ossature en béton. ©AQC

9 DIMENSIONNER LES SOUBASSEMENTS DES MURS EN BTC EN FONCTION DES CONTRAINTES DU SITE

CONSTAT

- Le soubassement en pierre armée est fissuré. Les blocs de terre comprimée stabilisés se sont désolidarisés.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Risque pour les usagers.
- Risque pour la durabilité de l'ouvrage. L'assemblage et la tenue mécanique du mur en BTC sont fragilisés.
- Perte de performance de l'enveloppe : défaut d'étanchéité à l'air, à l'eau, au feu et au vent.
- Défaut esthétique.

ORIGINES

- Fissuration du soubassement en pierre entraînant une fragilisation du mur en BTC.
- Défaut d'armature dans le soubassement en pierre.
- Résistance inégale du sol sur la longueur du mur entraînant un tassement différentiel si la rigidité de l'ouvrage est insuffisante.
- Application du DTU-PS-69/82 pour les règles parasismiques à l'époque de la construction, en 1983.
- Différence de comportement mécanique entre trois matériaux : bois, briques et pierre.

SOLUTION CORRECTIVE

- Reprendre l'ouvrage en sous-cœuvre.

BONNES PRATIQUES

- Réaliser des études de sol et adapter les fondations aux différents types de sol.
- Respecter les règles de l'Eurocode 8 pour le dimensionnement parasismique des ouvrages selon la catégorie d'importance du bâtiment considéré.
- Vérifier la stabilité des ouvrages par une note de structure obligatoire (catégorie d'importance II) réalisée par un bureau d'études.
- Anticiper les effets du rejaillissement d'eau de pluie sur les socles et les remontées capillaires avec un soubassement dont l'épaisseur de l'assise est supérieure à celle de la BTC.
- Porter attention, en conception, à la différence de comportement mécanique entre deux matériaux.



La rupture du soubassement en pierre menace la stabilité générale du mur. ©AQCC



Forme et dimension du soubassement en pierre conçues au regard des contraintes du site, notamment une différence de niveau. ©AQCC

Références :

- Règles professionnelles - Blocs de terre comprimée (BTC), ART.Terre Mayotte, juillet 2022.
- Guide de bonnes pratiques de la construction en terre crue, octobre 2020.
- Briques et Blocs de Terre Crue pour murs et cloisons (XP P13-901), AFNOR, 2022

10 ASSURER UNE SENSIBILISATION DES USAGERS AU COURS DU TEMPS

CONSTAT

- La pièce équipée de jalousies et de brasseurs d'air a été conçue de manière à optimiser la ventilation naturelle traversante afin d'optimiser le confort thermique. Les usagers utilisent la climatisation en continu, même lorsque les locaux sont vides.

PRINCIPAL IMPACT

- Surconsommation énergétique.

ORIGINES

- À la livraison, les usagers ont été sensibilisés au fonctionnement du bâtiment conçu pour un confort en ventilation naturelle. Après 5 ans d'exploitation, suite au changement régulier d'usagers, les connaissances se sont perdues.
- Dans des bâtiments complexes, l'usage et le fonctionnement du bâtiment ne sont pas toujours intuitifs.


SOLUTIONS CORRECTIVES

- Réaliser des campagnes de sensibilisation régulières (annuellement) pour un usage raisonné de la climatisation et une connaissance globale du fonctionnement du bâtiment.
- Installer une programmation horaire sur les équipements de climatisation afin d'éviter la surconsommation.

BONNES PRATIQUES

- Assurer la transmission régulière des informations à l'arrivée des occupants avec des ateliers sur le fonctionnement du bâtiment, sa conception, les dispositifs mis en œuvre pour leur confort.
- Définir, en conception, les besoins en termes de confort thermique selon les usages de la pièce (températures, horaires) afin d'adapter les stratégies de confort aux nécessités du lieu.
- Mettre à disposition des usagers des guides ou des fiches de sensibilisation sur le bon fonctionnement du bâtiment et ses dispositifs de confort.



Dans le CDI du collège, équipé de jalousies et de brasseurs d'air, la climatisation fonctionne toute la journée, toute l'année. ©AQC 

Référence :

- Climatisation en climat tropical - 12 enseignements à connaître, enseignement 12 : sensibiliser les usagers à la bonne utilisation de la climatisation, AQC, 2022.

CONCLUSION

Les retours d'expériences collectés à Mayotte mettent en évidence plusieurs enjeux majeurs pour la construction de bâtiments performants sur ce territoire aux caractéristiques climatiques spécifiques.

La question du confort thermique apparaît comme l'un des enjeux centraux, avec des stratégies qui doivent s'adapter aux particularités locales :

- La ventilation naturelle, bien que souvent préconisée en climat tropical, montre ses limites à Mayotte du fait de brises thermiques faibles, particulièrement en saison chaude. Cette spécificité impose de compléter cette approche par d'autres dispositifs comme des brasseurs d'air correctement dimensionnés.
- La protection des parois contre les rayonnements solaires directs s'avère cruciale, tant pour les murs que pour les couvertures. Les retours d'expériences montrent que cette protection doit être pensée dès la conception à travers des solutions architecturales (auvents, casquettes, débords) ou végétales.
- Le choix des matériaux joue un rôle déterminant dans la performance thermique du bâti. Les caractéristiques physiques des différents matériaux (conductivité, déphasage, inertie) doivent être prises en compte pour optimiser le confort. Le béton, très utilisé, a une résistance thermique faible qui nécessite l'ajout d'isolant pour permettre un confort thermique.

La richesse des modes constructifs présents sur le territoire constitue un atout :

- Les Blocs de Terre Comprimée (BTC), avec leurs propriétés thermiques intéressantes, connaissent un regain d'intérêt dans le contexte de la transition énergétique. Les règles professionnelles publiées en 2022 permettent désormais d'encadrer leur mise en œuvre.
- Les techniques mixtes, associant différents matériaux (béton, bois, BTC) dans un même projet, se développent pour tirer parti des avantages de chaque solution.

Cependant, la réussite des projets ne repose pas uniquement sur les choix techniques. Plusieurs facteurs apparaissent comme essentiels :

- La formation et la sensibilisation régulière des usagers au fonctionnement du bâtiment et à ses dispositifs de confort.
- Le respect des prescriptions techniques tout au long du projet, de la conception à la réalisation.
- Une maintenance adaptée des différents dispositifs mis en œuvre.

Les perspectives d'évolution sont encourageantes, avec notamment des études en cours sur l'évaluation des performances du BTC et son impact sur la maîtrise de la demande en énergie. Ces travaux devraient permettre de mieux quantifier l'intérêt de l'inertie thermique dans le contexte climatique mahorais.

La construction de bâtiments performants à Mayotte nécessite donc une approche globale intégrant les spécificités climatiques locales, la diversité des solutions constructives disponibles et une attention particulière à l'appropriation des bâtiments par leurs usagers.

GLOSSAIRE

AQC	Agence Qualité Construction
CAUE	Conseil en Architecture, Urbanisme et Environnement
ADEME	Agence de la transition écologique
AFD	Agence Française de Développement
BET	Bureau d'Etude Technique
CEE	Certificats d'Economie d'Energie
CCTP	Cahier des Clauses Techniques Particulières
NF	Norme Française
DTU	Document Technique Unifié
ERP	Etablissement Recevant du Public
MOA	Maîtrise d'Ouvrage : le propriétaire de l'ouvrage
MOE	Maîtrise d'Œuvre : équipe ou entreprise assurant la conception et la mise en œuvre de l'ouvrage
BTC	Bloc de Terre Comprimée
SIM	Société Immobilière de Mayotte
RTAADOM	Réglementation Thermique, Acoustique et Aération applicable dans les Départements d'Outre-Mer (sauf Mayotte)
DOM	Département d'Outre-Mer
CDI	Centre de Documentation et d'Information

LES MISSIONS DE L'AQC

OBSERVER L'ÉVOLUTION DES DÉSORDRES ET DES PATHOLOGIES

La priorité est donnée au recueil et à l'analyse d'informations sur les désordres. Une méthode spécifique de recueil et de traitement des données est mise en place : le SYstème de COLlecte des DÉsordres (Sycodés).

Les données produites font apparaître les techniques et les ouvrages les plus sinistrants ainsi que les causes de ces sinistres. Elles permettent également de mesurer les progrès des professions.

En complément, l'AQC conduit une enquête d'envergure nationale sur les risques dans les bâtiments performants aux plans énergétique et environnemental.

IDENTIFIER LES SIGNES DE QUALITÉ

L'Observatoire des signes de qualité a été conçu et enrichi par l'AQC, à partir de l'analyse des référentiels techniques et des conditions d'utilisation des diverses marques. Il a abouti à la conception d'un moteur de recherche des signes de qualité au service des professionnels et des maîtres d'ouvrage. Il est disponible sur le site internet de l'AQC.

CHOISIR LES PRODUITS

La Commission Prévention Produits mis en œuvre (C2P) agit au sein de l'AQC avec trois objectifs clés :

- tenir compte des enseignements de la pathologie pour améliorer les produits et les textes qui régissent leur mise en œuvre ;
- éviter que de nouveaux produits ou textes ne soient à l'origine d'une sinistralité importante et répétée ;
- attirer l'attention des professionnels lors de leur choix technique sur les produits et/ou procédés, susceptibles de poser des problèmes.

Le champ traité par la C2P est vaste puisqu'il couvre le domaine traditionnel : normes et documents techniques unifiés (NF DTU), Règles professionnelles, et le domaine non traditionnel : Avis Techniques (ATec), Documents Techniques d'Application (DTA)...

CONSTRUIRE AVEC LA QUALITÉ EN LIGNE DE MIRE

L'AQC développe des actions de prévention (publications techniques, Fiches pathologie bâtiment, articles dans la revue...) et accompagne les professionnels dans l'adoption de bonnes pratiques (démarches qualité, documents de sensibilisation).

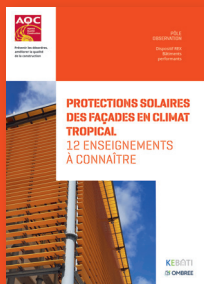
La Commission Prévention Construction (CPC) s'est fixée comme objectif à sa création de :

- développer des actions sur les pathologies les plus coûteuses ou les plus nombreuses ;
- mobiliser les professionnels ;
- travailler sur les causes profondes de la non-qualité ;
- s'ouvrir aux règles et nouveaux systèmes constructifs susceptibles de générer des risques.

PRÉVENIR DÉSORDRES ET PATHOLOGIES

La revue Qualité Construction, le site internet de l'AQC, le Rendez-vous Qualité Construction et les journées destinées aux formateurs, la présence active sur des salons comme BePOSITIVE ou BATI'FRAIS, sont l'illustration dynamique de la **volonté** permanente de communication de l'AQC avec son environnement.

DANS LA MÊME COLLECTION



PROTECTIONS SOLAIRES DES FAÇADES EN CLIMAT TROPICAL - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE

En climat tropical, protéger les façades du rayonnement solaire est indispensable autant pour des raisons énergétiques que pour assurer le confort des occupants. Ce rapport, fruit d'une collaboration entre KEBATI et l'AQC dans le cadre du programme OMBREE, détaille quelques bonnes pratiques en réponse aux points de vigilance et écueils rencontrés sur le terrain.



RAFRAÎCHISSEMENT EN VENTILATION NATURELLE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE

Ce rapport a été élaboré en partenariat avec KEBATI dans le cadre du programme OMBREE. Il a pour but de partager les principaux points de vigilance lors de l'usage de la ventilation naturelle comme solution de rafraîchissement.



PROTECTIONS SOLAIRES ET TOITURES EN CLIMAT TROPICAL - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



ISOLATION DES TOITURES EN GUYANE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



ECS SOLAIRE EN CLIMAT TROPICAL - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



VÉGÉTALISATION ET BÂTIMENTS EN CLIMAT TROPICAL - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



CLIMATISATION EN CLIMAT TROPICAL - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



L'USAGE DU BOIS DANS LES BÂTIMENTS À LA RÉUNION - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



L'HUMIDITÉ DANS LES BÂTIMENTS À LA RÉUNION - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



LES BÂTIMENTS PERFORMANTS AUX ANTILLES - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



LA VENTILATION NATURELLE À LA RÉUNION - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



LA RÉHABILITATION EN GUYANE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE

Retrouvez l'ensemble des publications du Dispositif REX Bâtiments performants sur :

www.dispositif-rexbp.com

[DispositifREXBP](#)

réalisé avec le soutien financier de :



OMBREE

