



Prévenir les désordres,
améliorer la qualité
de la construction

PÔLE
OBSERVATION

Dispositif REX
Bâtiments
performants

CLIMATISATION EN CLIMAT TROPICAL 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



SOMMAIRE

Avertissement	2
PARTENARIAT AQC/SPL HORIZON RÉUNION.....	2
L'AQC ET LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS.....	3
OMBREE.....	4
LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS DANS LES TERRITOIRES ULTRAMARINS.....	5
SPL HORIZON RÉUNION	6
INTRODUCTION.....	8
12 ENSEIGNEMENTS CLÉS TIRÉS DES RETOURS D'EXPÉRIENCES.....	11
1 Choisir un type de production de froid adapté aux besoins	12
2 Définir finement son projet de « climatisation solaire »	13
3 Dimensionner les systèmes au plus près des besoins réels	14
4 Installer un dispositif de stockage de froid seulement si le besoin est avéré	15
5 Utiliser des pompes à débit variable	16
6 Prévenir et traiter la présence de boues dans les réseaux d'eau glacée	17
7 Vérifier le bon équilibrage hydraulique de la distribution en eau glacée	18
8 Gérer l'inoccupation et la saisonnalité	19
9 Assurer un suivi de la consommation de la climatisation.....	20
10 Mettre en place un contrat de maintenance pour les groupes froids.....	21
11 Adopter des mesures préventives et correctives pour pallier les problèmes de corrosion	22
12 Sensibiliser les usagers à la bonne utilisation de la climatisation	23
CONCLUSION	24
GLOSSAIRE	25

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 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 La Réunion. Toutefois, ils peuvent également concerner d'autres territoires ultramarins bénéficiant de conditions climatiques similaires.

PARTENARIAT AQC/SPL HORIZON RÉUNION

Ce rapport est le fruit d'une collaboration entre l'Agence Qualité Construction et la SPL HORIZON RÉUNION. Il a été réalisé grâce au soutien financier du programme OMBREE. Les informations qu'il contient proviennent des retours d'expériences collectés avec le Dispositif REX Bâtiments performants conçu et développé par l'AQC.

Ce rapport a pour but de présenter 12 enseignements majeurs concernant les équipements de climatisation en climat tropical. Le choix de ces enseignements 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. 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-rexbp.com



DES SOLUTIONS ULTRAMARINES POUR DES BÂTIMENTS RÉSILIENTS ET ÉCONOMES EN ÉNERGIE

PRÉSENTATION

OMBREE (programme inter Outre-Mer pour des Bâtiments Résilients et Économes 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.

Officialisé par l'Arrêté du 3 janvier 2020 pour une durée de 3 ans, le programme OMBREE est piloté par l'AQC qui s'appuie sur de solides partenaires locaux (AQUAA en Guyane, le CAUE de la Guadeloupe, SPL HORIZON RÉUNION, KEBATI en Martinique 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.



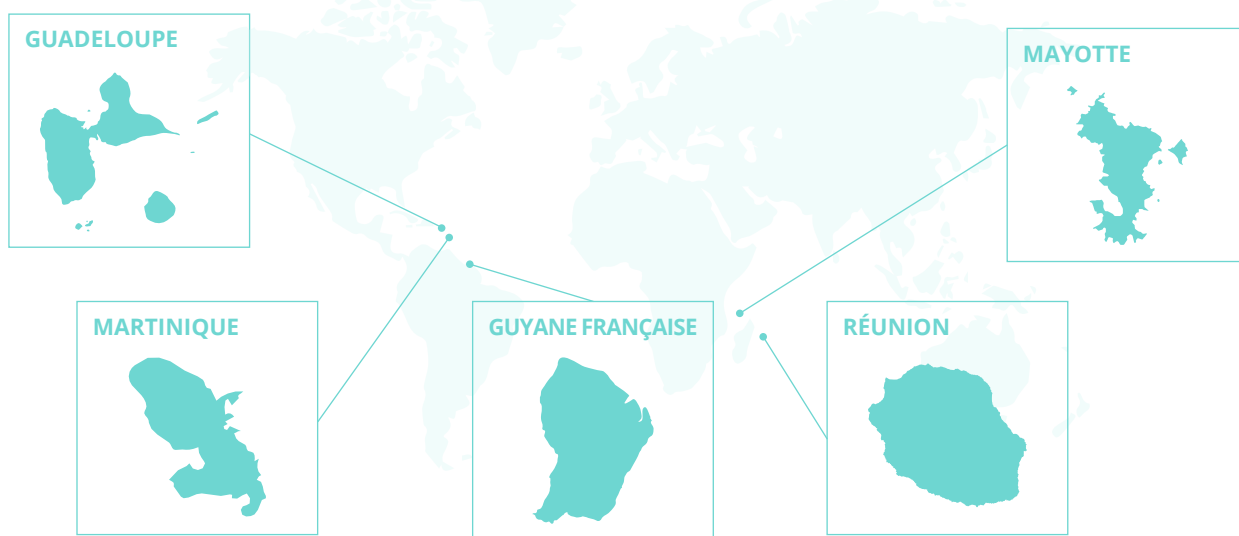
ACCOMPAGNER

10 projets soutenus pour impulser des dynamiques territoriales.



PARTAGER

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



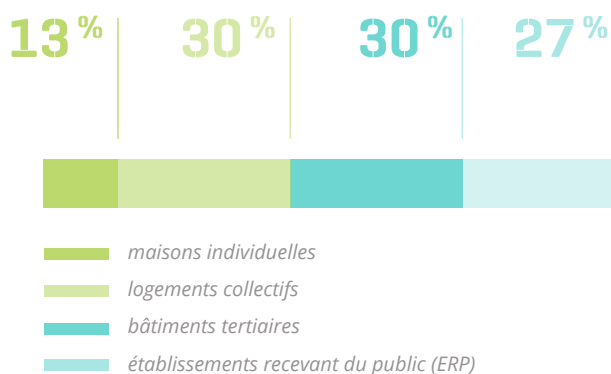
LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS DANS LES TERRITOIRES ULTRAMARINS EN QUELQUES CHIFFRES :

254 BÂTIMENTS VISITÉS
83 dans le cadre d'OMBREE

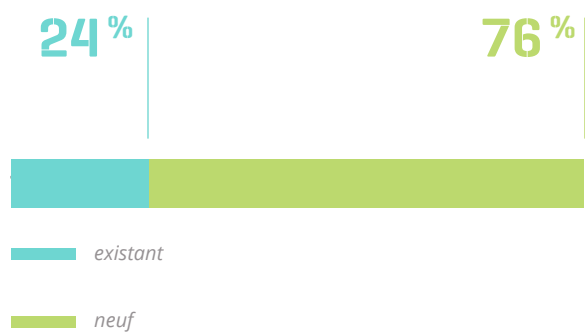
12 ENQUÊTEURS DEPUIS 2016
7 dans le cadre d'OMBREE

523 ACTEURS RENCONTRÉS
176 dans le cadre d'OMBREE

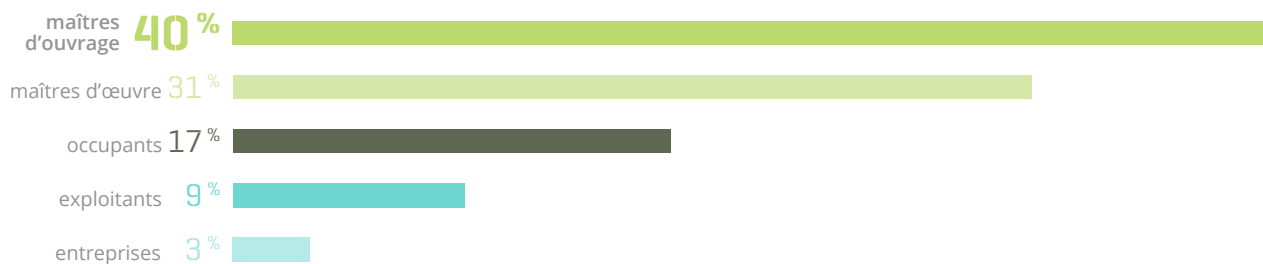
TYPE D'USAGE



NATURE DE L'OPÉRATION



LES ACTEURS RENCONTRÉS



CONSTATS CAPITALISÉS

2 536
constats capitalisés
EN OUTRE-MER

1 155
constats
DE BONNES PRATIQUES

1 381
constats
DE NON-QUALITÉS

SPL HORIZON RÉUNION

AGENCE RÉGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ÉNERGIE ET DU CLIMAT



PRÉSENTATION

La SPL Horizon Réunion a été créée en juillet 2013. Elle est la suite logique de l'association ARER et s'inscrit dans une démarche de valorisation des ressources naturelles locales. Son rôle est d'accompagner les collectivités locales qui agissent pour le développement de projets concrets liés aux enjeux énergétiques. Ses domaines d'action sont la maîtrise de la demande en énergie, les énergies nouvelles, l'observation, la gouvernance, l'information et la sensibilisation.

MISSIONS

Accompagner

- Initier le montage des projets « environnement, énergie, climat » et accompagner leur mise en œuvre,
- Développer la politique d'indépendance énergétique du territoire.

Observer

- Observer la situation énergétique et environnementale de l'île,
- Collecter, analyser et structurer des données pour la publication d'études techniques,
- Orienter vers une stratégie de développement durable objective et pertinente.

Innover

- Identifier les ressources d'un territoire pour une production énergétique respectueuse de son environnement,
- Valoriser la biodiversité de l'île et favoriser sa protection,
- Valoriser le potentiel de La Réunion en matière d'énergies renouvelables,
- Trouver des solutions d'économie des énergies au sein des collectivités.

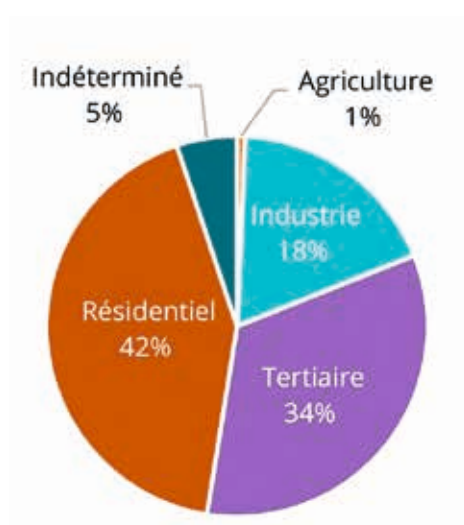
Sensibiliser et informer

- Informer et sensibiliser les Réunionnais à la protection de l'environnement, aux énergies renouvelables et à l'utilisation rationnelle de l'énergie,
- Accompagner les familles dans leur démarche de réduction de leur consommation énergétique,
- Développer des outils d'information à destination du grand public.

INTRODUCTION

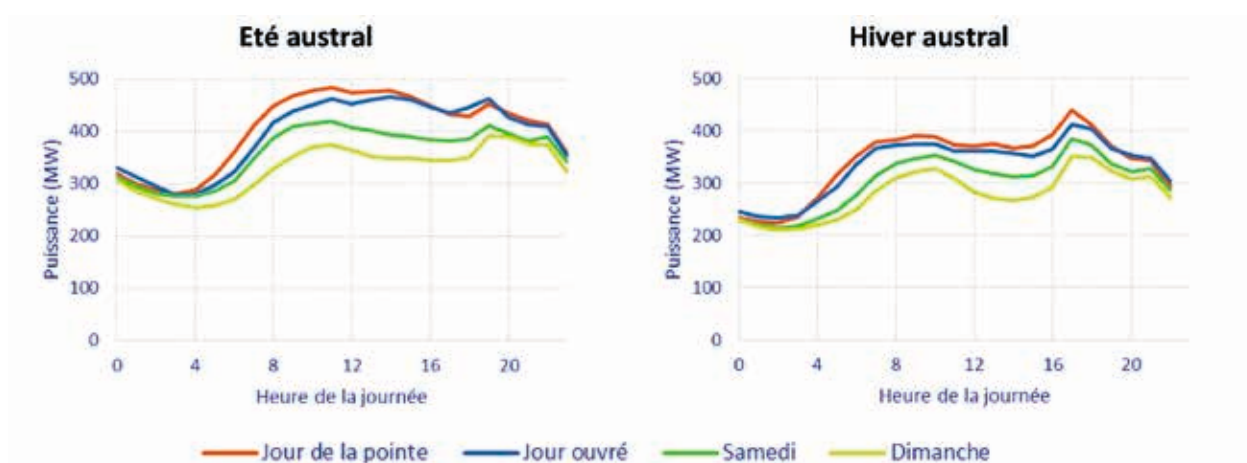
À La Réunion, la climatisation représente 45 à 70 % de la consommation électrique des sites tertiaires de bureaux. Les retours d'expériences 2020 portant sur les consommations électriques à La Réunion et en Guadeloupe dénombrent 106 secteurs d'activités tertiaires de bureaux. Leur consommation totale s'élève à 311 GWh/an, alors que la consommation de l'île en 2019 est de 2769 GW.

RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS ÉLECTRIQUES 2018 PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ



L'ensemble du secteur tertiaire représente un tiers de la consommation électrique

Figure 1 : Répartition des consommations d'électricité 2018 par secteur d'activité.
Auteur : OER



L'impact de la climatisation est manifeste sur ces courbes de charge moyennes et se répète en 2019.

Figure 2 : Structure journalière de la demande en 2018 (source EDF)

Trois technologies sont majoritaires sur le marché :

- Les GEG : Groupe d'Eau Glacée,
- Les DRV : Débit de Réfrigérant Variable,
- Et les splitsystems où la climatisation est divisée en plusieurs blocs intérieurs raccordés à un même bloc extérieur.

Elles n'ont pas toutes les mêmes caractéristiques, certaines technologies étant plus adaptées à certains usages en fonction de la complexité du site, du niveau de performance, du coût... Il convient donc d'analyser les espaces à climatiser avant de proposer une solution technique. Veiller à la bonne mise en œuvre du système de climatisation sélectionné jusqu'à la fin des travaux est également essentiel. L'enjeu est de limiter au maximum les consommations électriques.

Le terme de « climatisation solaire », développé dans l'enseignement 2 de ce rapport recouvre deux concepts différents comprenant tous les deux une production de froid et une installation photovoltaïque. L'essor récent de cette technologie est intéressant. Toutefois, l'énergie solaire n'est généralement pas suffisante. Elle est complétée par un apport électrique. Ce type de climatisation n'est donc pas totalement « vert » et « gratuit ». C'est pourquoi l'optimisation de la demande de froid doit être une préoccupation constante. La climatisation solaire thermique n'est pas abordée ici car elle reste marginale.

Dans le même ordre d'idée, le stockage de froid, notamment latent, peut paraître une solution innovante et prometteuse pour réaliser des économies d'énergie. En réalité, il permet surtout :

- La maîtrise de la demande électrique du site (puissance) en réduisant les pics (et donc la puissance souscrite) ou en déphasant la production de froid en heures creuses (coût du kWh plus faible),
- Et une puissance de production de froid plus faible puisque son fonctionnement est lissé dans le temps grâce au stockage/déstockage.

Par contre, du point de vue énergétique, l'ajout d'un intermédiaire implique des pertes supplémentaires, d'autant que les régimes de fonctionnement sont plus bas.

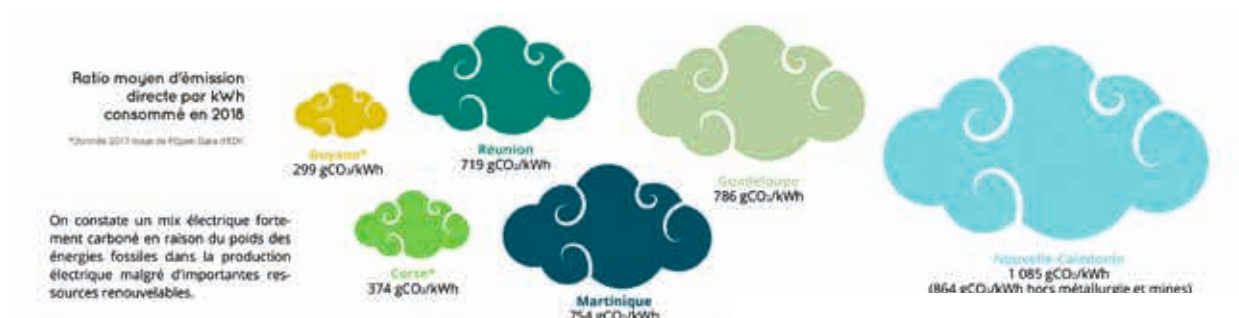
Dans une quête de performance énergétique globale, l'ensemble du circuit de froid est important :

- La qualité du réseau et son équilibrage,
- Le calorifugeage,
- Le dimensionnement des pompes de circulation d'eau glacée,
- La variation de vitesse,
- Le suivi de consommation du groupe froid...

Pour ce dernier point, la consommation des auxiliaires est, à tort, souvent négligée car ils nécessitent de faibles puissances par rapport au groupe. Mais, les auxiliaires fonctionnent pendant des temps importants et parfois même en continu.

RATIOS MOYENS D'ÉMISSION DIRECTE PAR KWH CONSOMMÉ EN 2018 DANS LES DOM - OER

La Réunion s'est inscrite dès le début des années 2000 dans une réflexion sur l'utilisation rationnelle de l'énergie. Bien avant la loi de transition énergétique, elle s'est fixée comme objectif de favoriser l'électrique et d'utiliser 100 % d'énergies renouvelables (ENR) en 2030. Cependant, l'ENR ne représente qu'un tiers de sa consommation (hydraulique, bagasse, PV, éolien, biogaz), les deux tiers restants provenant de ressources fossiles. En conséquence, le mix est fortement carboné : environ 719 g éq CO₂/kWh.



La nouvelle version de la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie trace une feuille de route avec un mix 100 % ENR dès 2024 grâce à l'approvisionnement de biomasses importées en supplément de ce qui est actuellement produit. L'atteinte de cet objectif repose également sur une meilleure efficacité énergétique. En ce sens, un travail d'optimisation des installations est indispensable. L'arrêté du 10 avril 2020 relatif aux obligations d'actions de réduction des consommations d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire devrait créer une dynamique favorable.



ENSEIGNEMENTS CLÉS

Les pages suivantes présentent 12 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 est fait en fonction de la récurrence des constats rencontrés au sein de l'échantillon, de leur gravité et de l'appréciation des spécialistes du sujet ayant 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 CHOISIR UN TYPE DE PRODUCTION DE FROID ADAPTÉ AUX BESOINS

CONSTATS

- Des Groupes d'Eau Glacée (GEG) sont mis en œuvre pour climatiser de faibles surfaces.
- Une multitude d'équipements à Débit de Réfrigérant Variable (DRV) ou de splits sont installés pour un même bâtiment.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Fonctionnement de certains GEG 24h/24 pour alimenter un seul local qui requiert une climatisation continue (salle serveur...).
- Surestimation de la puissance nécessaire entraînant un surcoût d'investissement et une baisse du rendement.
- Augmentation significative du volume de réfrigérant du fait de la multiplication des systèmes mis en œuvre (DRV ou splits).

ORIGINES

- Le dimensionnement est réalisé pour l'ensemble des besoins hétérogènes et intègre la couverture pour la forte demande de froid ponctuelle d'une pièce à usage particulier (salle de conférences, de spectacles...).
- Méconnaissance technique entraînant le choix d'équipements uniquement réalisé sur le critère de facilité de mise en œuvre et de maintenance.
- Peu de retours sur les performances réelles des DRV pour une comparaison pertinente avec les GEG.

BONNES PRATIQUES

- Lister dès la conception les différents usages dans les bâtiments pour définir les besoins (température de consigne, plages horaires, charge interne spécifique...).
- Prévoir des installations indépendantes à détente directe pour les locaux à usage spécifique.
- Limiter l'usage des DRV aux bâtiments de surface moyenne (quelques centaines de m² au plus) afin de restreindre la quantité de fluide frigorigène dans l'installation.
- Privilégier les GEG pour les surfaces importantes (> 700 m²).
- Exploiter la complémentarité des technologies en sortant les usages particuliers ou ponctuels de la climatisation centralisée pour éviter les surdimensionnements.
- Sectoriser la production de froid (par exemple, 1 DRV par étage) dans les bâtiments à plusieurs locataires.



Le groupe froid de 100 KWf fonctionne principalement avec un seul compresseur au regard des besoins de froid des 6 à 7 locaux identifiés. La demande supplémentaire liée à un nouveau local nécessite la mise en route du second compresseur et entraîne le doublement de la puissance appelée. ©AQC



Multiplicité des productions sur un site ayant des besoins homogènes : splits, DRV, GEG. ©AQC



Mise en place de systèmes DRV pour des besoins très ponctuels ce qui permet d'adapter la puissance en fonction de la demande de froid et de dimensionner sur un seul mode rafraîchissement à 26 °C. ©AQC



2 DÉFINIR FINEMENT SON PROJET DE « CLIMATISATION SOLAIRE »

CONSTAT

- La « climatisation solaire », vue comme la production de froid alimentée en électricité par des panneaux photovoltaïques, est mise en œuvre sans étude préalable.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Surdimensionnement de la production de froid préjudiciable aux performances et au coût de l'installation de l'ensemble photovoltaïque et production de froid.
- Une consommation résiduelle d'électricité du réseau subsiste pour la « climatisation solaire ».
- Manque d'optimisation de la demande de froid et risque de climatiser constamment sous prétexte de couverture solaire.
- Surface disponible pour le PV amoindrie pour alimenter d'autres usages (ex. bornes de recharge VAE).

ORIGINE

- Méconnaissance du concept de « climatisation solaire » regroupant deux technologies :
 - la première sans communication entre le PV et la production de froid. Elle s'apparente à de l'autoconsommation photovoltaïque,
 - la seconde, pourvue d'une intelligence et nécessitant un stockage d'énergie (sensible ou latent).

SOLUTIONS CORRECTIVES

- Réaliser un diagnostic des performances réelles de l'installation : taux de couverture du PV, rendement du groupe froid.
- Mettre en place une interface de régulation.

BONNES PRATIQUES

- Étudier la demande réelle de froid du bâtiment avant la mise en œuvre d'un projet de climatisation solaire.
- Caractériser le projet : autoconsommation PV ou climatisation solaire pilotée ?
- Étudier l'intérêt d'un stockage latent ou sensible pour pallier le décalage entre production PV et besoin en froid.

Références :

- Gestion intelligente climatisation-production PV pour l'école du centre de Saint-Leu de La Réunion
- Installation de climatisation solaire avec stockage latent de la Cité des Arts de La Réunion



Production PV avec $P_{crête} = P_{nominale\ clim}$, automate de gestion de la production de froid en fonction de la production PV, revente en surplus. ©AQC



Production PV alimentant directement un Groupe d'Eau Glacée au travers d'un automate de gestion. Le surplus d'électricité produit est réinjecté sur le réseau. ©AQC



Interface de pilotage du couple production PV-demande de froid permettant de gérer au mieux la production et la consommation et d'affiner la régulation. ©AQC



3 DIMENSIONNER LES SYSTÈMES AU PLUS PRÈS DES BESOINS RÉELS

CONSTAT

- Les installations de production de froid sont surdimensionnées (facteur 2 à 3 par rapport aux besoins réels), alors même qu'une simulation thermique dynamique a été réalisée en conception.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Fonctionnement à faible taux de charge préjudiciable à la durabilité des équipements (cycles courts).
- Surdimensionnement des auxiliaires et de la pompe de distribution entraînant une perte de performance (chute du rendement global) et une surconsommation électrique.

ORIGINES

- Absence de prise en compte du foisonnement. La puissance installée est calculée en faisant la somme des puissances de tous les terminaux (eux-mêmes surdimensionnés).
- Crainte des plaintes liées à l'inconfort. Un surdimensionnement de la production de froid rassure bien que, dans les faits, cette dernière soit rarement en cause.

SOLUTION CORRECTIVE

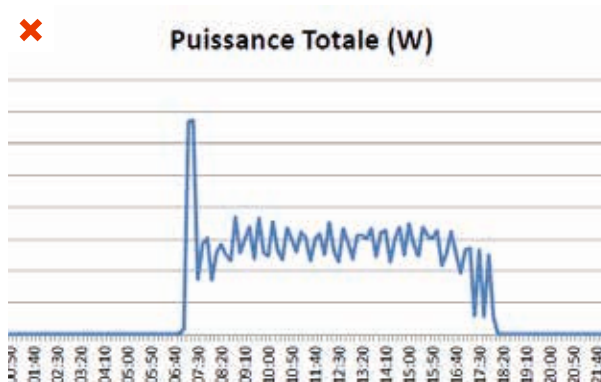
- Remplacer les pompes par des pompes à débit variable pour ajuster le débit réel d'eau glacée en fonction des besoins et ainsi limiter les consommations « auxiliaires ».

BONNES PRATIQUES

- Confronter le dimensionnement envisagé suite à la simulation thermique avec la valeur plafond de 100 Wf/m² climatisé afin de s'assurer de la pertinence du dimensionnement (pour des usages standards, des mesures ont montré des valeurs jusqu'à 80 Wf/m² climatisé).
- En cas de STD : écarter les dix premières valeurs issues de la simulation (ne correspondant pas forcément à une réalité physique) lors du dimensionnement du groupe froid.
- Favoriser la modularité de la production de froid (morceler en plusieurs groupes pour faire augmenter le taux de charge et/ou multiplier les étages de production).
- Prendre en compte la gestion et les hypothèses de traitement d'air dans le cas des locaux à forte densité d'occupation, sans surdimensionner.



Groupe froid surdimensionné par rapport aux besoins réels en raison de l'absence de STD fine et sans prise en compte du foisonnement. ©AQC



Sur ce site, le groupe froid est dimensionné pour 102 kWf/41 kWe. En pratique, les instrumentations ont montré des puissances réelles nettement inférieures : de l'ordre de 15 à 20 kWe. ©AQC



Modularité de la production de froid : plutôt que d'avoir un seul groupe pour l'ensemble du bâtiment, chaque étage est alimenté par une production distincte. ©AQC



Références :

- Projet Tropiclim « Favoriser l'émergence de la climatisation efficace à La Réunion », programme PACTE, GreenTech-EnerTech, mai 2020
- REX des consommations d'électricité des bâtiments tertiaires à La Réunion et en Guadeloupe, programme PACTE, Artelia-Dom Energy-Ipsos, mai 2020

4 INSTALLER UN DISPOSITIF DE STOCKAGE DE FROID SEULEMENT SI LE BESOIN EST AVÉRÉ ⚠

CONSTAT

- Un dispositif de stockage de froid est installé par défaut, sans définition précise de son rôle (en dehors de la climatisation solaire où le stockage est indispensable).

PRINCIPAUX IMPACTS

- Baisse de l'efficacité globale du système due aux pertes thermiques du stockage.
- Baisse du rendement : le stockage latent entraîne un régime de fonctionnement plus bas que celui de l'eau glacée.
- Complexification du système entraînant une moins bonne maîtrise par les prestataires.

ORIGINE

- Choix du stockage uniquement basé sur l'optimisation économique : une puissance souscrite réduite et un fonctionnement de la production en heures creuses.

SOLUTION CORRECTIVE

- Faire appel à un bureau d'études spécialisé en énergie pour un audit de l'installation et une solution d'optimisation.

BONNES PRATIQUES

- Réfléchir à la présence et au dimensionnement du stockage en fonction de l'objectif souhaité.
- Vérifier que les gains économiques réalisés grâce au stockage compensent avantageusement le surcoût et la complexité engendrés par la mise en œuvre.
- Considérer, dans le dimensionnement, aussi bien la capacité (quantité d'énergie stockée) que la puissance de stockage/déstockage et la puissance de production directe.
- Opter pour le système de régulation du stockage préconisé par le fabricant.
- Privilégier le stockage pour des usages spécifiques avec de forts besoins de climatisation limités à des périodes courtes ou des événements ponctuels.



Stockage latent associé à une climatisation solaire photovoltaïque ©AQC



Installation PV approvisionnant le groupe froid qui alimente lui-même le stockage latent via un automate de gestion. ©AQC



Référence :

- Climatisation solaire PV avec stockage latent sur la Cité des Arts à La Réunion, CINOR

5 UTILISER DES POMPES À DÉBIT VARIABLE ⬇

CONSTAT

- Les pompes de distribution à débit fixe fonctionnent en permanence et à leur puissance nominale, alors que le régime maximal avec le maximum de débit est rarement atteint (en général moins de 10 % du temps).

PRINCIPAL IMPACT

- Surconsommation (représentant quelques pourcentages de l'ensemble du poste climatisation). Le poste distribution représente 20 à 40 % de la consommation énergétique de la climatisation totale d'un bâtiment.

ORIGINE

- La puissance de la pompe étant faible devant celle du groupe froid, elle est souvent négligée dans son choix et dans son dimensionnement. Or la pompe de distribution fonctionnant en permanence, sa consommation peut vite devenir significative (surtout dans les installations qui tournent 24h/24 et 7j/7).

SOLUTION CORRECTIVE

- Ajouter, sur une installation existante, un variateur de fréquence sur la pompe pour réaliser des économies d'énergie.

BONNES PRATIQUES

- Privilégier, sur une installation neuve, les pompes à débit variable qui adaptent le débit d'eau glacée en fonction de la demande réelle.
- Conserver un delta de température entre l'arrivée et la sortie supérieur à 2 K pour limiter le fonctionnement en continu de la pompe.
- Dimensionner la pompe selon ce delta.
- Vérifier l'équilibrage du réseau en fonction des particularités d'un débit variable (variation des pressions différentielles).



Pompe à débit fixe interne au groupe froid. ©AQC



Pompe à débit fixe équipée d'un variateur de fréquence. ©AQC



Pompes à débit variable. ©AQC



Références :

- <http://greentech.re/wp-content/uploads/2020/12/SWACool-Livrab-1.3a-Resultats-de-mesure-Fac-de-lettres-St-Denis-Green-Tech-sept-2020.pdf>
- Circuits hydrauliques, Composants et règles de conception, Guide PACTE, 2015.

6 PRÉVENIR ET TRAITER LA PRÉSENCE DE BOUES DANS LES RÉSEAUX D'EAU GLACÉE ⬇ ⬆

CONSTAT

- Les réseaux d'eau glacée sont fortement et rapidement emboués.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Pertes énergétiques.
- Obturation des batteries des terminaux par les boues dans le circuit.
- Diminution de la section entraînant une diminution du débit d'eau glacée effectivement distribuée et conduisant à une surconsommation électrique.

ORIGINES

- Absence de filtre sur l'arrivée d'eau froide, corrosion interne et désembouage non réalisé.
- Propriété de l'eau non identifiée et non corrigée (pH et dureté).
- Utilisation de l'acier sans contrôle du pH pouvant favoriser la corrosion.

SOLUTIONS CORRECTIVES

- Réaliser un désembouage par un procédé adapté à la situation (chimique, hydropneumatique...).
- Réaliser une analyse de l'eau pour identifier les causes principales de l'embouage et pour apporter des corrections ciblées.

BONNES PRATIQUES

- Utiliser des réseaux en inox plutôt qu'en acier.
- Analyser l'eau du réseau avant son utilisation dans le circuit d'eau glacée (pH, dureté, clarté...).
- Envisager des traitements de l'eau pour retarder l'embouage et corriger le pH.
- Prévoir la mise en place d'un pot à boues magnétiques captant les particules en suspension grâce à un barreau magnétique et à une poche filtrante. Programmer l'entretien de ce pot à boues.
- Prévoir des attentes pour faciliter les opérations de désembouage.



Le barreau magnétique du filtre clarificateur permet de capter les particules métalliques en suspension. ©AQC



Mise en œuvre d'un clarificateur intégrant un filtre pour les particules non captées par le barreau magnétique. ©AQC



7 VÉRIFIER LE BON ÉQUILIBRAGE HYDRAULIQUE DE LA DISTRIBUTION EN EAU GLACÉE

CONSTAT

- Les réseaux d'eau glacée sont mal équilibrés avec des tronçons sous-alimentés par rapport aux besoins.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Mauvaise desserte des terminaux sous-alimentés qui ne climatisent pas, ce qui entraîne un inconfort.
- Augmentation du débit de distribution de l'ensemble du réseau pour assurer un débit convenable sur les réseaux sous-alimentés, ce qui engendre une surconsommation.
- Augmentation de la puissance installée (changement du groupe froid) pour pallier le problème d'inconfort et la surconsommation.

ORIGINES

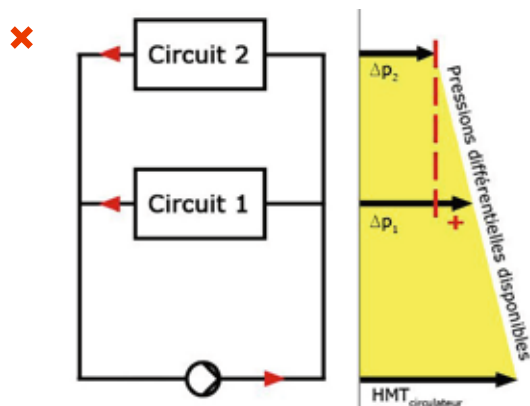
- Absence de vannes d'équilibrage.
- Équilibrage hydraulique non réalisé lors de l'installation.
- Sous-dimensionnement de certains tronçons par rapport à la demande de froid réelle (suite à des modifications dans le bâtiment par exemple). La variation du débit de distribution peut créer ou amplifier les problèmes d'alimentation de certains tronçons.

SOLUTIONS CORRECTIVES

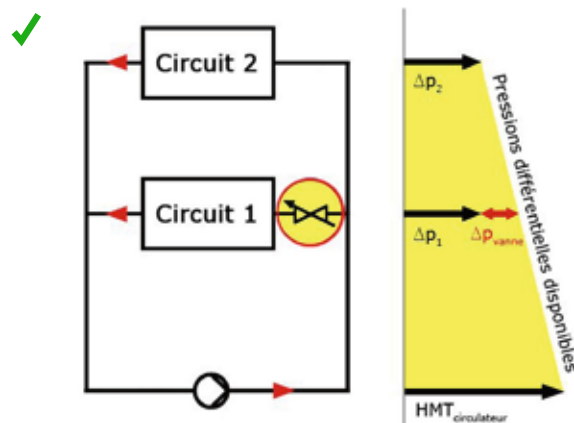
- Revoir l'équilibrage hydraulique.
- Remplacer les tronçons et terminaux sous-dimensionnés.
- Ajouter, en cas d'absence, des vannes hydrauliques ou des organes d'équilibrage adaptés aux points stratégiques pour assurer un équilibrage de l'ensemble du réseau (colonnes, émetteurs...).

BONNES PRATIQUES

- Soigner le dimensionnement des différents tronçons selon la répartition prévue de la demande de froid.
- Exiger, en phase conception, les notes de calculs pour les débits, les valeurs de réglages des vannes et le positionnement de celles-ci.
- Demander un équilibrage hydraulique annuel dans le contrat de maintenance et exiger le rapport d'équilibrage auprès du prestataire.
- Revoir l'équilibrage lors d'une modification du réseau (remplacement de terminaux, changement de pompe de distribution (à débit variable), extension du réseau...).



Dans ce schéma le circuit 1 présente moins de perte de charge que le circuit 2 et est donc soumis à une pression différentielle trop importante engendrant un surdébit. ©PACTE



Principe de l'équilibrage hydraulique. La mise en place d'un organe de réglage sur la figure du dessous permet de créer une perte de charge, ce qui entraîne une baisse de la pression différentielle pour le circuit 1 et un équilibrage de l'ensemble.

©PACTE

Références :

- Projet SWACool « Potentiel de réduction de la demande de climatisation en climat tropical et optimisation du raccordement des bâtiments à un réseau de froid vertueux », Green Tech-Enertech - LEU Réunion - Université de La Réunion (<http://greentech.re/index.php/swacool-reference-4/>)
- Circuits hydrauliques - Composants et règles de conception - Neuf et rénovation, Guide PACTE, 2015.

8 GÉRER L'INOCCUPATION ET LA SAISONNALITÉ ⬇

CONSTATS

- La climatisation fonctionne en permanence, même lorsque les locaux sont vides.
- Les unités intérieures restent en fonctionnement après le départ des usagers.
- La climatisation fonctionne en période hivernale alors que la demande est très faible et pourrait être gérée par la ventilation naturelle et les brasseurs d'air.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Surconsommation d'électricité.
- Surcoût d'exploitation.

ORIGINES

- Absence de programmation des horloges hebdomadaires en fonction de la présence.
- Méconnaissance technique entraînant des recommandations erronées comme le fonctionnement continu des groupes froids pour éviter d'endommager le matériel.
- Commande directe des unités intérieures par l'utilisateur, ce qui ne permet pas d'asservir leur fonctionnement à celui du groupe froid.
- Sous-estimation de la consommation réelle des unités intérieures et des auxiliaires.

SOLUTIONS CORRECTIVES

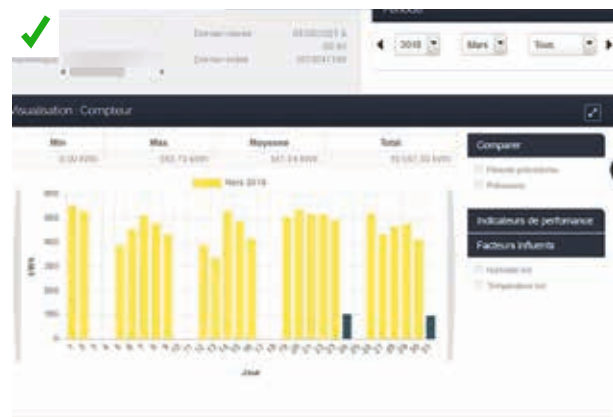
- Instaurer des plages de fonctionnement avec le planning d'occupation.
- Programmer, en concertation avec l'entreprise de maintenance, l'arrêt du groupe en hiver et le redémarrage en début d'été.
- Sensibiliser les usagers.

BONNES PRATIQUES

- Prévoir dès la conception une solution pour piloter facilement et à distance la climatisation (télécommande centrale pour DRV, GTC, ou simple horloge).
- Désigner une personne chargée de l'interface avec le prestataire et du suivi des consommations afin de détecter les éventuelles dérives (déprogrammation d'horloge, oubli, etc.).



Fonctionnement du groupe froid même en hiver alors que les besoins sont faibles. ©AQC



Bonne gestion du groupe froid avec coupure les week-ends et une utilisation uniquement en cas de besoin. ©AQC



Mise en œuvre d'une télécommande centrale sur un DRV dans le bureau du responsable afin de gérer les horaires, l'extinction et les températures de consigne par salle. ©AQC



Référence :

- REX des consommations d'électricité des bâtiments tertiaires à La Réunion et en Guadeloupe, programme PACTE, Artelia-Dom Energy-Ipsos, mai 2020

9 ASSURER UN SUIVI DE LA CONSOMMATION DE LA CLIMATISATION

CONSTAT

- Aucune information sur la consommation de la climatisation n'est accessible pour le gestionnaire.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Méconnaissance des consommations réelles liées à la climatisation.
- Abonnement électrique du site surdimensionné, car la puissance du groupe n'est pas connue.
- Absence de détection des dérives de consommation (panne d'horloge, déprogrammation...).
- Absence d'identification des améliorations possibles de la performance du système.

ORIGINES

- Absence d'anticipation pour la mise en place d'un suivi des consommations au moment de la programmation.
- Absence ou méconnaissance des systèmes de comptage d'énergie simples.
- Absence de suivi et d'analyse lorsqu'un système de comptage existe.

SOLUTION CORRECTIVE

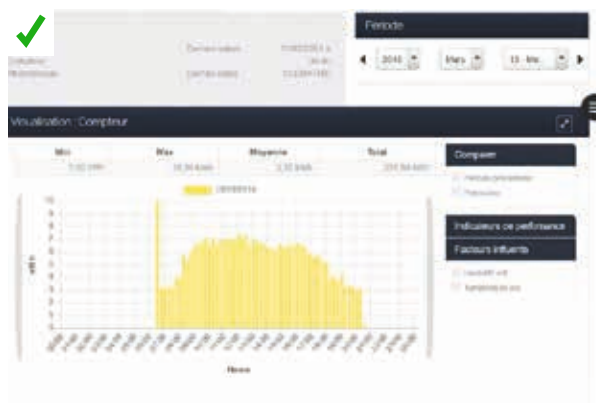
- Mettre en place *a minima* un compteur électrique sur le groupe froid (voire sur la pompe de circulation).

BONNES PRATIQUES

- Prévoir, dès la conception, la mise en place d'un comptage d'énergie (*a minima* sur le groupe froid, si possible sur la distribution et les unités intérieures et éventuellement un compteur de frigories).
- Désigner impérativement une personne au sein de la structure en charge du suivi régulier des consommations (réfèrent énergie) afin de repérer les pistes d'amélioration énergétique et les dérives de consommation.
- À défaut, déléguer cette tâche à un prestataire externe qui assurera un suivi de la maintenance et des consommations.



Consommation du groupe non connue, ainsi que son fonctionnement journalier, hebdomadaire et annuel. ©AQC



Mise en place d'un comptage de l'énergie permettant de suivre l'historique des consommations et d'éviter les dérives. ©AQC



Plateforme de GTC/suivi des consommations. ©AQC



Référence :

- REX des consommations d'électricité des bâtiments tertiaires à La Réunion et en Guadeloupe, programme PACTE, Artelia-Dom Energy-Ipsos, mai 2020

- Aucun contrat de maintenance n'a été mis en place pour l'installation de la climatisation centralisée ou, s'il existe, il n'est pas suivi.

- Dégradation rapide du matériel pouvant engendrer des surconsommations, des fuites de fluide frigorigène ou des risques sanitaires.

- Absence ou mauvaise prise en compte du budget de fonctionnement entraînant une insuffisance de fonds pour le poste.
- Absence de cahier de suivi avec fréquence des opérations.

- Établir un état des lieux des équipements en place.
- Mettre en œuvre un tableau de périodicité ou un carnet de bord (mensuel, trimestriel, annuel) pour les opérations de maintenance pour les parties production d'eau glacée, pompe de circulation EG, armoire électrique, vannes, tuyauteries, CTA, diffuseurs...

- Prévoir la mise en place d'un contrat de maintenance dès la programmation.
- Vérifier la bonne réalisation de l'ensemble des missions (équilibrage hydraulique du circuit EG, mesures des intensités, analyse de la qualité de l'eau et de son Ph, contrôle de débit, vérification des niveaux et températures d'huile à l'arrêt et en fonctionnement au niveau des compresseurs, fonctionnement des résistances de carter, nettoyage des échangeurs, contrôle des serrages, contrôle des sécurités électriques, points de fonctionnement HP, BP...).
- Suivre les gammes de maintenance constructeur.
- Désigner une personne en charge du suivi (réfèrent énergie).



Développement de mousses suite à une maintenance incomplète. Aucun contrôle de la bonne réalisation de la maintenance n'a été effectué. ©AOC

	Mois de mai	Mois d'août	Mois de novembre
Production d'eau glacée			
Entretien et nettoyage général	X	X	X
Vérification de l'état des pièces anti vibrations			X
Vérification des niveaux d'huile des compresseurs	X	X	X
Contrôle des points de consigne	X	X	X
Contrôle de l'état des ventilateurs et nettoyage	X	X	X
Contrôle du temps de fonctionnement des compresseurs	X		X
Contrôle visuel de l'armoire électrique et serrage	X		X
Contrôle des alarmes	X		X
Vérification du bon fonctionnement des résistances de reheating		X	X
huile carter			
Relevé des températures, entrée et sortie d'eau "évaporateur / condenseur"	X	X	X
Vérification des sécurités HP BP	X	X	X
Relais des pressions, interfaces, tensions	X	X	X
Vérification des appareils de mesure	X	X	X
Vérification des appareils de contrôle et de régulation	X	X	X
Vérification de l'écoulement des moteurs			X
Vérification de l'état des condensers			X
Vérification de l'étanchéité des circuits fluide et eau			X
Nettoyage des condenseurs à air	X	X	X
Test d'acidité d'huile			X
Mélange huile compresseur			
Rangement de matériel frigorifique			X
Complément de fluide frigorifique			
Recherche et/ou contrôle des parties métalliques corrodées			X
Remontage de l'ensemble des compresseurs			X

Exemple de carnet de suivi pour un équipement d'eau glacée comportant la liste des points de vérification et la périodicité de ces opérations de maintenance. ©AQC

[illegible]

Exemple de gamme de maintenance constructeur des groupes froids ©AQC

- REX des consommations d'électricité des bâtiments tertiaires à la Réunion et en Guadeloupe, programme PACTE, Artelia-Dom Energy-Ipsos, 2019.
- Guide des bonnes pratiques de maintenance pour les professionnels frigoristes, CAUE Guadeloupe/AFF, 2020.

11 ADOPTER DES MESURES PRÉVENTIVES ET CORRECTIVES POUR PALLIER LES PROBLÈMES DE CORROSION ⬇ ⬆

CONSTAT

- Les groupes froids installés en toiture et à proximité du littoral sont rapidement corrodés.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Dégradation prématurée réduisant la durée de vie du groupe froid.
- Risque de désolidarisation du groupe froid de son support.

ORIGINES

- Choix de condenseurs inadaptés à l'air salin.
- Absence ou insuffisance de protection physique contre l'air salin (épaisseur d'acier insuffisante par exemple).
- Absence de protocole de rinçage des groupes (maintenance).

SOLUTION CORRECTIVE

- Mettre en place un contrat de maintenance prévoyant un protocole de rinçage (1 à 2 fois par mois), un traitement anticorrosion des supports, des vis et de la structure (traitement mensuel à base de résine époxy notamment sur le capotage).

BONNES PRATIQUES

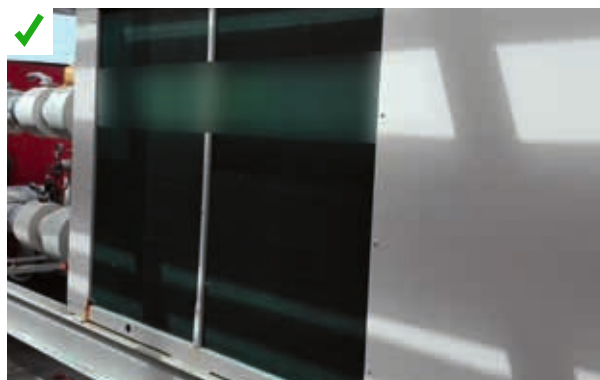
- Placer judicieusement les groupes pour éviter les vents marins directs sur l'échangeur.
- Positionner le groupe dans un enclos réduisant les apports salins.
- Prévoir une arrivée d'eau à proximité pour faciliter la mise en place d'un protocole de rinçage du groupe.
- Garantir un accès en toiture pour une maintenance aisée.
- Porter une attention particulière au choix du condenseur dans les zones fortement exposées aux embruns.



L'air salin entraîne rapidement de la corrosion. Les supports et pièces métalliques comme les boulons et autres fixations ainsi que les échangeurs sont impactés. ©AQQC



Un enclos maçonné autour du groupe froid a été prévu en conception. Il assure une protection du groupe froid à l'air salin direct. ©AQQC



Un protocole de nettoyage a été mis en place dans le cadre d'une maintenance préventive. L'échangeur est rincé à l'eau claire 1 fois par mois et un traitement époxy est appliqué tous les ans, voire tous les semestres pour les sites les plus exposés.

©AQQC



12 SENSIBILISER LES USAGERS À LA BONNE UTILISATION DE LA CLIMATISATION

CONSTAT

- L'usage de la climatisation est inadapté avec des consignes égales ou inférieures à 24 °C.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Surconsommation.
- Inconfort dû à une différence de température de plus de 6 °C entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment.
- Aggravation des risques de condensation dans les locaux.

ORIGINES

- Manque de sensibilisation à la consommation électrique que représente la climatisation.
- Considération de la climatisation comme un progrès majeur dont il serait difficile de se passer, quitte à surconsommer pour atteindre une situation de confort.
- Programmation de la température trop basse par peur des plaintes (notamment en cas de mauvais équilibre hydraulique).

SOLUTIONS CORRECTIVES

- Réaliser des affiches et des campagnes de sensibilisation pour un usage raisonné de la climatisation.
- Conseiller un mode rafraîchissement (consigne à 26 °C en absence de BA et à 28 °C lorsque des BA bien dimensionnés sont utilisés) plutôt que climatisation (24 °C et moins).

BONNES PRATIQUES

- Prévoir des brasseurs d'air même dans les locaux climatisés pour allonger les périodes sans climatisation et augmenter la température de consigne en été.
- Préférer les commandes individuelles bloquées avec une température de consigne seuil ou les thermostats avec simple décalage de consigne possible (+3/-3 °C) par rapport à une consigne fixée.
- Utiliser des télécommandes centrales ou GTC permettant de bloquer les températures à distance.



Consigne trop basse (24 °C) dans cette salle de spectacle entraînant un inconfort pour les spectateurs ©AQC



Affiche de sensibilisation sur l'usage de la climatisation et la température de consigne. ©AQC



Bureau équipé d'un brasseur d'air permettant d'augmenter la consigne de la climatisation, voire de s'en passer. ©AQC



Références :

- Guide des 12 enseignements sur la ventilation naturelle en Martinique, AQC, 2021.
- Guide sur les CLIM'ECO gestes, AFF, Octobre 2020.
- Projet Métroclim, COSTIC, 2019.

CONCLUSION

Ces retours d'expériences prouvent que des améliorations du poste climatisation sont encore possibles à La Réunion et, plus généralement, dans les territoires ultramarins.

Le préalable à toute optimisation technique de la climatisation est, bien entendu, la mise en œuvre de bâtiments thermiquement performants. Ainsi, la protection solaire des toitures et des murs, l'isolation en toiture (ou surtoiture ventilée), la végétalisation des abords pour la protection des parois et pour les bénéfices de l'évapotranspiration, l'usage de brasseurs d'air adéquats (dimensionnement, calepinage...) sont essentiels pour la maîtrise de la demande en énergie (MDE).

Une fois les optimisations thermiques réalisées, la gestion des puissances nécessaires à la climatisation peut être améliorée. Ces puissances peuvent être diminuées en augmentant les températures de consigne, en gérant différemment les espaces ou encore en prenant en compte la saisonnalité (certains bureaux pouvant se passer de climatisation). Pour maintenir le confort des occupants, la mise en œuvre et l'usage de brasseurs d'air performants doivent être effectifs. Une distribution hydraulique optimisée (pompes de circulation adaptées et convenablement gérées) est également un facteur d'amélioration de la performance énergétique.

Par ailleurs, aucune solution n'est universellement applicable. Chaque projet étant différent, une étude spécifique doit être systématiquement menée. Par exemple, pour un bâtiment de bureaux sur trois niveaux, si l'ensemble des plateaux est utilisé par une seule entité, il est préférable d'opter pour une production centralisée à eau glacée. Par contre, quand les trois niveaux sont utilisés par des entreprises différentes, un DRV dédié à chaque étage est une solution plus adaptée.

La « climatisation solaire », quant à elle, nécessite de prendre des précautions. Elle doit être pensée par différents prestataires spécialisés (froid, solaire, régulation) afin d'éviter un recours au réseau trop important et donc des consommations électriques qui diminueraient son impact positif.

La performance de l'installation est aussi conditionnée par la disponibilité d'une personne-ressource sur site bénéficiant d'un minimum de compétences techniques et décisionnelles. De meilleures performances sont réalisées quand les gestionnaires de site s'entourent de compétences externes pour diagnostiquer les installations, vérifier leur point de fonctionnement nominal, mettre en place de nouveaux protocoles, réaliser des tests, assurer un suivi d'efficacité...

La mise en place d'une démarche de sensibilisation est également primordiale pour éviter les mauvaises pratiques : ouverture des fenêtres quand un local est climatisé, application de consignes trop basses, utilisation systématique de la climatisation à la place de la ventilation naturelle ou des brasseurs d'air...

Enfin, la nomination et la formation d'un référent énergie sur site favorisent les actions de sensibilisation, la maintenance et le suivi des consommations. Il est alors plus aisé de maîtriser l'usage et les consommations et d'atteindre un seuil minimal comme préconisé dans la méthodologie du Management de l'Énergie (ISO 50 001).

GLOSSAIRE

AMO	Assistance à Maîtrise d'Ouvrage
DRV	Débit de Réfrigérant Variable
GEG	Groupe d'Eau Glacée
GTC	Gestion Technique Centralisée
HP / BP	Haute Pression / Basse Pression
MDE	Maîtrise de la Demande d'Énergie
PPE	Programmations Pluriannuelles de l'Énergie
PV	PhotoVoltaire
REX	Retours d'EXpériences
STD	Simulation Thermique Dynamique
VAE	Véhicules à Assistance Électrique

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.

[illegible]



NOTES

Notes section with horizontal lines for writing.

DANS LA MÊME COLLECTION



LES BÂTIMENTS PERFORMANTS AUX ANTILLES - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE

Ce rapport, créé en partenariat avec la DEAL Martinique, dresse un premier état des lieux des pratiques locales et invite à progresser en tenant compte des écueils des pionniers. Il rappelle, en outre, les bonnes pratiques constructives pour réaliser des bâtiments performants en climat tropical



LA RÉHABILITATION EN GUYANE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE

Ce rapport, élaboré en partenariat avec le centre de ressources Aquaa, vise à faire un état des lieux des pratiques locales.

Il a pour ambition de faire progresser la filière et de faciliter la réussite des futurs projets pour allier pénurie de logement et performance énergétique.



BÂTIMENTS TERTIAIRES EN GUYANE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



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



LA VENTILATION NATURELLE À LA RÉUNION - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



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



AMÉLIORATION DE LA PERFORMANCE THERMIQUE DU BÂTI ANCIEN - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



LA CONSTRUCTION BOIS - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



BÂTIMENTS ÉQUIPÉS DE SYSTÈMES DE PILOTAGE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



LES MENUISERIES EXTÉRIEURES - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



HUMIDITÉ DANS LA CONSTRUCTION - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



AMBIANCE LUMINEUSE - 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 :

