



***Projet Tropiclim « Favoriser l'émergence
de la climatisation efficace à La Réunion »***

Tâche 1 : Etat de l'art des méthodes de dimensionnement de la climatisation à La Réunion

Livrable 1.1

27/06/2019

rédigé par 



Le projet Tropiclim est lauréat du 11^{ème} appel à projets du programme PACTE (Programme d'Action pour la qualité de la Construction et la Transition Énergétique) intitulé « Améliorer la qualité de la construction dans les territoires ultra-marins ». Il a été cofinancé par l'Ademe Réunion et EDF Réunion.

Sommaire

1	Introduction.....	3
2	Méthodologie employée	4
3	Vue d'ensemble de la situation	5
3.1	<i>Moyens alternatifs à la climatisation classique.....</i>	<i>5</i>
3.1.1	Alternatives techniques.....	5
3.1.2	Conception de l'enveloppe	5
3.2	<i>Evaluation du confort en climat tropical humide</i>	<i>7</i>
3.3	<i>Dimensionnement des installations</i>	<i>7</i>
3.3.1	Méthodes.....	7
3.3.2	Systemes	8
4	Conclusions.....	9
4.1	<i>Valoriser la simulation thermique dynamique</i>	<i>9</i>
4.2	<i>Mettre l'accent sur le suivi et l'accompagnement.....</i>	<i>9</i>
	Annexe	10
	<i>Trame du questionnaire.....</i>	<i>10</i>

1 Introduction

La maîtrise de la consommation électrique est un enjeu majeur à La Réunion où la production est majoritairement issue d'énergie fossile et par conséquent, à fort coût économique et écologique. L'augmentation constante de la climatisation, pour répondre aux problématiques de confort liées au climat tropical, pèse de plus en plus sur la facture énergétique de l'île. La part du secteur tertiaire, estimée à 500 GWh soit 1/5^e de la consommation totale d'électricité, est significative et fait de ce secteur l'un des leviers d'action prioritaire.

Or, les observations réalisées sur le terrain au cours des années précédentes montrent un surdimensionnement récurrent des installations centralisées (fréquentes en tertiaire), dégradant l'efficacité énergétique de la production par un fonctionnement qui sort des plages optimales prévues sur les équipements.

L'action 1 du projet Tropiclim a pour objectif de contribuer à l'amélioration de la connaissance de la demande en climatisation des bâtiments tertiaires à La Réunion afin d'optimiser les méthodes de dimensionnement des équipements.

Ce rapport vise à établir un état des lieux des méthodologies employées par les bureaux d'études et les installateurs pour dimensionner les installations centralisées de froid dans le secteur tertiaire. Il se base sur une série d'entretiens téléphoniques avec ces différents acteurs, appuyée par une revue bibliographique.

2 Méthodologie employée

Afin de réaliser un inventaire des pratiques des acteurs locaux, des entretiens téléphoniques ont été menés auprès d'un panel constitué de huit bureaux d'études, six installateurs et un distributeur. Parmi cet échantillon, nous n'avons pas réussi à obtenir de réponses de deux bureaux d'étude et de trois installateurs. L'entretien s'est souvent réalisé avec le gérant de la structure et pas forcément avec les personnes directement concernées par les calculs de dimensionnement des systèmes de climatisation, ce qui a parfois limité l'obtention d'informations détaillées. Ce panel, bien qu'a priori non représentatif, permet toutefois de mettre en évidence une grande disparité de pratiques et de dégager les principales méthodes employées.

Une trame, donnée en annexe, a guidé ces entretiens. Elle comportait six thématiques, à savoir :

- les méthodes utilisées ;
- la modélisation des apports internes ;
- la modélisation des apports solaires ;
- les critères de confort pour le dimensionnement ;
- les critères de choix des systèmes ;
- les systèmes de climatisation alternatifs.

Ce premier niveau d'analyse a été complété par l'étude de références bibliographiques portant sur la conception des bâtiments et le dimensionnement de la climatisation dans le contexte tropical et notamment réunionnais, en insistant plus particulièrement sur les références explicitement citées par les sondés. Les références les plus pertinentes sont citées dans ce document.

3 Vue d'ensemble de la situation

Cette partie a pour but de tirer les principaux enseignements des sondages portant sur les pratiques actuelles de dimensionnement de la climatisation à La Réunion.

3.1 Moyens alternatifs à la climatisation classique

3.1.1 Alternatives techniques

Certaines techniques alternatives à la climatisation « classique » sont citées par les bureaux d'études sondés, principalement à titre informatif, sans réelle appropriation technique. Celles-ci ne sont donc quasiment jamais mises en œuvre.

La climatisation solaire thermique est la principale technique alternative citée par tous les bureaux d'études). Ils ne la conseillent pas car, selon eux, son installation est complexe, chère et ne concerne que les petites puissances. De plus les acteurs de la filière, fournisseurs notamment, ne semblent pas suffisamment présents de façon durable sur le territoire. Dans le cadre du projet Tropiclim cette technologie est évaluée en détail au sein de l'action 2.

La climatisation solaire photovoltaïque est citée à deux reprises et présentée comme étant plus intéressante d'un point de vue technique et financier. Cette alternative se développe actuellement, mais reste encore marginale.

Enfin, la technologie SWAC (*Sea-Water Air Conditioning* – utilisation de l'eau de mer en profondeur) est mentionnée une fois. Celle-ci est a priori intéressante pour des besoins importants mais est perçue comme encore expérimentale. Pour rappel, le déploiement de cette technologie avait été envisagé à Saint-Denis il y a quelques années mais le projet a depuis été abandonné.

En complément d'une climatisation classique deux bureaux d'études font mention de l'usage de brasseurs d'air pour diminuer la puissance de refroidissement installée (diminution de la température ressentie et donc augmentation de la température de consigne) et évoquent la mise en place d'une intermittence pour diminuer les consommations.

3.1.2 Conception de l'enveloppe

Il est acquis pour la plupart des bureaux d'études interrogés qu'une bonne conception de l'enveloppe permet de réduire les besoins de refroidissement, voire de se passer de systèmes de climatisation. Certains bureaux d'études, ou seulement certaines équipes de ces bureaux d'études, en font d'ailleurs leur priorité et leur spécialité. Cependant les meilleures pratiques imposent souvent des contraintes architecturales fortes et les bureaux d'études ont généralement un pouvoir limité sur les architectes lors de la conception de l'enveloppe.

La climatisation reste toutefois incontournable dans certains cas, notamment en rénovation et pour certains usages où la température de consigne attendue est relativement basse (banques, hôtels, etc.) ou encore lorsque les apports internes sont très importants (data centers par exemple).

Pour mémoire, une conception bioclimatique passive (c'est-à-dire sans climatisation active) de l'enveloppe dans le contexte réunionnais¹ repose sur les éléments suivants :

- une bonne protection des vitrages contre les apports solaires, notamment à l'est et à l'ouest et plus généralement un ombrage minimum des façades exposées;
- un facteur solaire des toitures faible (isolation et ou sur-toiture ventilée) ;
- une porosité suffisante pour permettre une ventilation naturelle efficace (pièce traversante, ouvrants suffisants) ;
- une orientation adéquate du bâtiment limitant les apports solaires et surtout permettant d'exploiter les brises thermiques ;
- une végétalisation de l'environnement pour réduire l'effet d'îlot de chaleur.

Par ailleurs, il existe la contrainte cyclonique qui limite ou complexifie la mise en œuvre de certaines solutions architecturales en particulier les sur-toitures.

Concernant les usages, en complément de l'enveloppe, il convient évidemment de limiter autant que possible les apports internes (appareils électriques, éclairage, etc.) notamment en évitant la surconcentration des individus et des appareils et en accentuant la maîtrise de la demande d'électricité.

L'ensemble de ces prescriptions doivent aussi être respectées dans un bâtiment climatisé afin de réduire les charges thermiques, excepté au sujet de la porosité car une bonne étanchéité doit être assurée afin de limiter les charges thermiques dues aux infiltrations d'air parasites.

Ces aspects sont notamment détaillés dans les documents suivants :

- PERENE Réunion - Règles de conception thermique et énergétique des bâtiments tertiaires et résidentiels adaptées aux zones climatiques de l'île de La Réunion, 2009
- PREBAT – Livret 2 – Concevoir une enveloppe bioclimatique
- PREBAT – Livret 3 – Méthodologie pratique pour le développement de la ventilation naturelle
- PREBAT – Livret 4 – Bien climatiser un bâtiment tertiaire
- Efficacité énergétique de la climatisation en région tropicale – Tome 1 : Conception des nouveaux bâtiments
- Efficacité énergétique de la climatisation en région tropicale – Tome 2 : Exploitation des installations existantes

¹Des nuances doivent être apportées dans les zones d'altitude où il peut plutôt convenir de profiter des apports solaires et de se protéger du froid. Se référer aux documents de référence.

3.2 Evaluation du confort en climat tropical humide

Le diagramme de Givoni (zone de confort dans le diagramme de l'air humide, selon la vitesse d'air, cf. figure 1) est incontestablement la référence pour déterminer les critères de confort d'après l'essentiel des bureaux d'études (5 sur 6). L'hygrométrie étant l'une des principales causes d'inconfort avec la température.

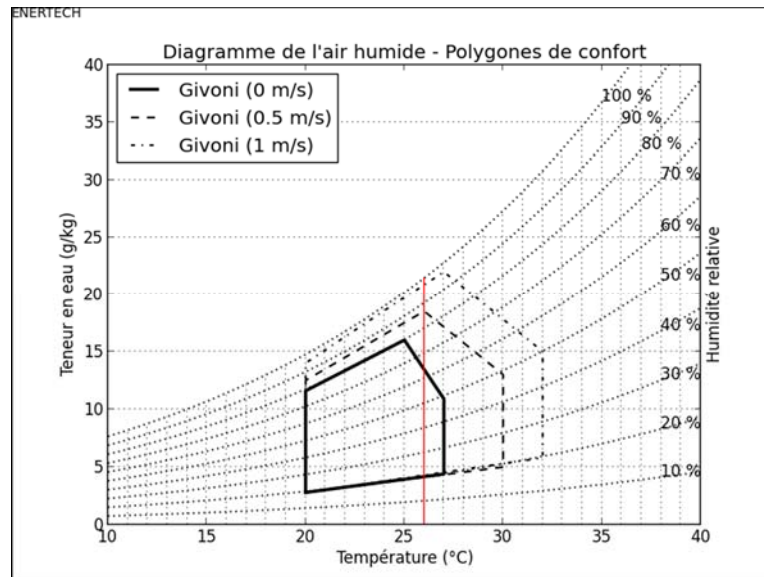


Figure 1 : Diagramme de confort de Givoni

Toutefois, dans les locaux climatisés, et sauf cas spécifique, seule la température est régulée. D'après l'expérience partagée par les sondés, la déshumidification de l'air neuf sur les batteries froides suffit généralement à maintenir un niveau d'hygrométrie confortable. Le critère de confort pourrait alors se réduire à la température sèche.

Dans certains programmes, une durée limitée d'inconfort peut être tolérée.

Un sondé fait mention d'un critère de confort thermo-radiatif visant à limiter l'écart entre la température de l'ambiance et la température résultante des parois à 2,5°C maximum. Ceci rappelle la nécessité d'une bonne conception de l'enveloppe pour limiter les surchauffes (ombrage des parois et surfaces vitrées maîtrisées notamment).

3.3 Dimensionnement des installations

3.3.1 Méthodes

Trois types de méthodes sont utilisés pour le dimensionnement des installations :

- les simulations thermiques dynamiques (STD), utilisées uniquement par les bureaux d'études et surtout sur les projets conséquents ;
- les méthodes statiques, utilisées principalement par les installateurs et par les bureaux d'études en prédimensionnement ou en dimensionnement des installations centralisées sur les petits projets et ainsi qu'en dimensionnement des terminaux ;
- l'utilisation de ratio de puissance au prorata de la surface à climatiser, appliquée pour des estimations rapides ou des vérifications.

Principes des méthodes

Les STD et les méthodes statiques reposent sur une description des parois du bâtiment (surface, orientation, composition) et des usages internes (consigne, occupation, apports internes). Ces informations permettent d'effectuer un bilan thermique pour les différentes zones du bâtiment et d'estimer ainsi les besoins de froid, sur des pas de temps relativement faibles, souvent horaire, pour la STD ou uniquement lors de périodes extrêmes pour les méthodes statiques, sans prise en compte détaillée de l'« historique thermique » du bâtiment.

Les calculs réalisés par les STD sont plus détaillés que pour les méthodes statiques, mais, en conséquence, les STD nécessitent plus de données d'entrées et sont donc plus chronophages à établir.

Outils utilisés

Parmi les outils utilisés, pour les méthodes statiques, *Climlog* ressort deux fois sur trois chez les installateurs. Les logiciels sont plus disparates chez les bureaux d'études, mais *ClimaWin* revient pour la moitié d'entre eux. Notons que les outils de STD cités utilisent exclusivement *EnergyPlus* comme moteur de calcul.

Paramétrage

On observe une grande disparité des données d'entrées des modèles, que ce soit pour les conditions de base extérieures (température de 29 à 35°C et hygrométrie de 75 à 85%), les conditions intérieures (consigne de 24 à 27°C), les charges internes (de 7 à 20 W/m² pour l'éclairage) et les coefficients de foisonnement/surdimensionnement (de 0,8 à 1,2), mais aussi du temps consacré au dimensionnement (de 10 heures à 20 jours). Pour les STD, les données météo du programme PERENE font référence. Cependant, notons que d'après un bureau d'étude se basant sur leurs propres campagnes de mesures, les niveaux de rayonnements solaires et les pics de températures météo ne semblent pas représentatifs.

3.3.2 Systèmes

Concernant les installations, les sondés s'accordent généralement sur la hiérarchie suivante :

Taille installation	Système	Inconvénients principaux
Grande	Eau glacée	Investissement important, fort encombrement
Intermédiaire	Détente directe	Maintenance lourde, manque de modularité, suivi difficile
Petite	Multi-splits	Performance limitée

Seuls les émetteurs de type convectif sont utilisés (cassettes). Les plafonds rafraichissants étant trop contraignant à cause des risques important de condensation en climat tropical humide.

4 Conclusions

Le sondage réalisé a permis d'obtenir un aperçu des pratiques des bureaux d'études et des installateurs réunionnais. Ne pouvant confronter les dimensionnements réalisés aux besoins réels sur des projets spécifiques, nous ne sommes pas en mesure d'identifier des lacunes méthodologiques. En revanche, le sondage met en évidence une grande disparité des données d'entrées et des hypothèses de modélisation ainsi que du temps passé pour réaliser ces études. A la lumière des informations obtenues, nous identifions deux pistes d'amélioration des pratiques actuelles rencontrées.

4.1 Valoriser la simulation thermique dynamique

La STD permet a priori une estimation plus précise des besoins de climatisation. Cependant, cet avantage peut être contrebalancé par une mauvaise conception et paramétrisation du modèle, une mauvaise utilisation (absence de réalisation de variantes) et de mauvaises interprétations des résultats. Ces risques ne sont pas négligeables étant donné les incertitudes existantes sur de nombreux paramètres et le temps limité consacré à la modélisation.

Ces risques peuvent être atténués grâce à des études de sensibilité du modèle permettant de déterminer les paramètres importants de ceux non-influents (pouvant prendre une valeur par défaut). Ce type d'approche permettrait ainsi de baliser la pratique de la STD, via un guide de bonnes pratiques et d'identifier les points sensibles devant apparaître dans les rapports de STD. Les paramètres critiques devront être encadrés, notamment à partir de retours d'expériences. C'est l'objet de la tâche 1.2 de ce projet. Cette démarche permet par ailleurs d'envisager le développement d'outils simplifiés de dimensionnement reposants sur les paramètres dominants identifiés. Les valeurs obtenues avec les modélisations détaillées (ratios, foisonnement) pourront servir de garde-fous dans la validation de ce type d'outil (tâche 1.3).

4.2 Mettre l'accent sur le suivi et l'accompagnement

Un dimensionnement plus précis ne doit pas se limiter qu'aux phases de conception. Il est nécessaire que ces prescriptions soient aussi retenues lors des phases d'exécution, souvent non gérées par les bureaux d'études d'après nos retours. La transmission entre ces deux phases est donc essentielle et doit être clairement balisée dans les cahiers des charges. Une attention particulière doit aussi être portée lors du chantier pour garantir le respect du dimensionnement initial de l'installation. Un suivi post-réception est aussi fortement conseillé afin d'identifier toutes défaillances. Enfin, au-delà de l'aspect vérification, un accompagnement de la profession est aussi nécessaire pour qu'elle s'approprie les règles de dimensionnement les plus optimales. Une réflexion plus large pourrait être menée afin qu'elle y trouve un intérêt économique.

Annexe

Trame du questionnaire

- Pour les bureaux d'études

Méthodes :
Statique ou Dynamique
Logiciels/Méthode en dynamique
Logiciels/Méthode en statique
Données météo : source ? Valeurs si statique (T°C et Hr%, intérieur / extérieur) ?
Apports internes :
Prise en compte de l'humidité ?
Energie sensible humaine ?
Energie sensible électrique ?
Ratios (sensible / latent) ?
Apports solaires :
Ratios selon orientation ?
Foisonnement entre façades ?
Coefficients de surdimensionnement ?
Confort pour le dimensionnement
Critères de Confort
Choix des systèmes (sur quels critères ?)
Habitudes (on sait que ça marche bien) ?
Fiabilité filière (installateurs, maintenance)
Confort des usagers (convectif, rayonnant)
Consommations d'énergie
Coûts d'installation
Systemes de climatisation émergeant

- Pour les installateurs

Nom de l'entreprise				
Temps consacré pour dimensionner une installation de climatisation en cas d'installation neuve	Temp [h]			
Temps consacré pour redimensionner une installation de climatisation en cas de remplacement des équipements	Temp [h]			
Pourcentage des projets dont le dimensionnement est assuré par le BE	% projet			
	% projet concerné	Taille des projets m ²	Nom du logiciel	méthode source ?
Dimensionnement au ratio	% projet			
Dimensionnement avec un logiciel de bilan thermique	% projet			
Données météo : source ? (T°C et Hr %, intérieur / extérieur) ?				
Text[°C]				
Hr % [ext]				
Tclim[°C]				
Apports solaires :				
Ratio/valeur selon orientation ?				
Foisonnement entre façades ?				
Apports internes :				
Energie sensible électrique ?				
Ratios (sensible / latent) ?				
Energie sensible humaine ?				
Energie latent				
Bilan final				
Coefficients de surdimensionnement ?				
Apports solaires :				
Critères de Confort				
Choix des systèmes (sur quels critères ?)	Technologie	% projet concerné	Taille des projets m ²	Puissance frigo
	Groupe eau glacé/roof top	% projet		
	DRV/VRV	% projet		
	Multisplit	% projet		