

CLIMESTIM

Un outil simplifié et opérationnel pour estimer les consommations de climatisation des bâtiments tertiaires à La Réunion et en métropole

Tâche 3 Développement de l'outil Réunion

Production 3.2 : Notice d'accompagnement de l'outil Réunion

avril 2026

rédigé par **FMDE**

Floriane MERMOUD floriane.mermoud@fmde.re 0693 20 77 44

Le projet CLIMESTIM est lauréat de l'appel à projets de recherche ADEME « Bâtiments Responsables » 2022.

Référente ADEME : Céline LARUELLE celine.laruelle@ademe.fr 04 93 95 72 53



Table des matières

NOMENCLATURE	3
<u>I. INTRODUCTION</u>	4
1. CADRE DU PROJET CLIMESTIM	4
2. AVERTISSEMENT SUR LES LIMITES DE L'OUTIL	5
<u>II. UTILISATION DE L'OUTIL</u>	6
1. PRINCIPE GENERAL DE L'OUTIL.....	6
2. PARAMETRAGE	6
A. GENERALITES.....	6
B. POSSIBILITES DE PARAMETRAGE	7
C. PARAMETRAGE DES SCENARIOS	7
D. MODE D'ESTIMATION DE L'IMPACT DES DIFFERENTS PARAMETRES.....	7
<u>III. DESCRIPTION DU MOTEUR DE CALCUL</u>	9
1. DEMANDE DE FROID	9
2. CONSOMMATION ELECTRIQUE GEG	10
A. PRODUCTION DE FROID (GEG)	10
B. DISTRIBUTION DE FROID	12
C. TERMINAUX EG	12
3. CONSOMMATION ELECTRIQUE VRV	12
A. UNITES EXTERIEURES	12
B. UNITES INTERIEURES.....	13
<u>IV. RESULTATS</u>	14
1. PRESENTATION DES RESULTATS.....	14
2. FACTEURS INFLUENTS	14

Nomenclature

Abréviations

EG	Eau glacée
GEG	Groupe d'eau glacée
VRV	Variable Refrigerant Volume (climatisation à détente directe)

Surfaces

SDP	Surface de plancher	SDP = surface intérieure hors épaisseur des murs, parkings, locaux techniques, cages d'escaliers
SUB	Surface utile brute	SUB = SDP – circulations verticales (ascenseurs)
SUN	Surface utile nette	SUN = surface de bureaux + salles de réunion + autres espaces de travail = SUB – circulations horizontales (couloirs, halls, paliers d'escaliers et d'ascenseurs, etc.) – sanitaires – parties communes (cafétéria, salle de pause, etc.)

Indicateurs de Performances

EER	Energy Efficiency Ratio	$EER = \frac{kWf \text{ produits}}{kWe \text{ absorbés}}$
SEER	Seasonal Energy Efficiency Ratio	$SEER = \frac{kWhf \text{ produits}}{kWe \text{ consommés}}$ sur une période donnée

Unités et sigles

We, kWe	watt, kilowatt électrique (puissance)
Wf, kWf	watt, kilowatt froid (puissance)
kWf _{inst}	kilowatt froid installé (puissance installée)
kWhe, MWhe	kilowattheure, mégawattheure électrique (énergie)
kWhf, MWhf	kilowattheure, mégawattheure froid (énergie)

I. INTRODUCTION

1. Cadre du projet CLIMESTIM

Dans la continuité des projets SWACool¹ et Tropiclim², l'objectif du projet CLIMESTIM était d'établir un moteur de calcul « réaliste » de la demande de froid ET d'électricité liée à la climatisation d'un bâtiment tertiaire en fonction de ses caractéristiques, basé sur des résultats de mesure couplés à une approche STD.

Dans le cadre du projet, un travail symétrique a été mené à La Réunion et en métropole – où on retrouve les mêmes problématiques concernant le poids croissant des consommations liées à la climatisation – avec deux outils distincts (deux moteurs de calcul différents adaptés à des climats et des pratiques différentes) mais basés sur une méthodologie générale commune.

La cible de l'outil est les bâtiments équipés de systèmes de climatisation centralisés équipés de GEG ou de systèmes VRV applicables dans les bâtiments tertiaires de bureaux (hors split-system), typiquement d'une surface supérieure à quelques centaines de m². L'objectif est particulièrement de constituer un outil d'accompagnement dans le cadre de l'application du décret tertiaire.

L'outil s'adresse prioritairement aux maîtres d'ouvrage (soient les acteurs soumis au décret tertiaire) et à leurs partenaires : il a été conçu pour être à la fois facile d'utilisation et complet et permet :

- d'estimer la consommation de froid ET d'électricité liée à la climatisation d'un bâtiment tertiaire moyennant un minimum de paramétrage
- d'évaluer les gains potentiels lors de la mise en œuvre d'une action de performance énergétique

La particularité de l'outil est qu'il prend en compte les dérives d'usage et de fonctionnement (ex : fonctionnement 24h/24, température de consigne trop basse, surdimensionnement du GEG et de la pompe de distribution, etc.), ce que ne font pas les outils existants basés exclusivement sur de la simulation. Or ces dérives ont un impact considérable sur les consommations au final comme l'a mis en évidence le projet SWACool.

En termes de méthodologie, l'outil se base sur des résultats de mesure sur une année (4 bâtiments équipés de GEG et 4 bâtiments équipés de VRV, à La Réunion comme en métropole, soient 16 bâtiments en tout) couplés à des résultats de simulation.

Ce document a pour objectif d'accompagner les utilisateurs dans leur recours à l'outil Réunion.

¹ Projet SWACool « Potentiel de réduction de la demande de froid en climat tropical et optimisation du raccordement des bâtiments à un réseau de froid vertueux », lauréat de l'APR ADEME « Vers des bâtiments responsables à l'horizon 2020 », 3^{ème} édition, Green Tech/Enertech/LEU Réunion/Université de La Réunion, 2016-2020, <https://greentech.re/project/projet-swacool-finalise/>

² Projet Tropiclim « Favoriser l'émergence de la climatisation efficace dans le tertiaire à La Réunion », lauréat de l'AP11 PACTE « Améliorer la qualité de la construction dans les territoires ultra-marins », Green Tech/Enertech, 2018-2020, <https://www.caue974.com/en/portail/356/mediatheque/51329/tropiclim.html>

2. Avertissement sur les limites de l'outil

Résultats renvoyés

Après paramétrage, l'outil propose une estimation de la demande de froid annuelle et de la consommation électrique annuelle liée à la climatisation (déclinée en différentes composantes, production, distribution, émission).

Pour chacune de ces grandeurs, **l'outil renvoie une fourchette de valeurs dans laquelle nous estimons que la valeur réelle devrait se trouver**, et non une valeur unique. A charge pour l'utilisateur ensuite de se situer dans cette plage de valeurs en fonction de sa connaissance du site (respect des températures de consigne, qualité des équipements, etc.).

Domaine d'application

L'outil a été conçu pour des **bâtiments de bureaux « classiques » avec une géométrie simple** (typiquement rectangulaire) dans un climat de bord de mer de La Réunion.

Il s'applique mal à des bâtiments atypiques avec :

- une géométrie particulière (ex : rond, atrium)
- une grande part non climatisée : l'outil ne sait pas caractériser les échanges inévitables entre les zones climatisées et les zones non climatisées mais incluses dans le volume climatisé
- des configurations extrêmes (ex : très vitré ou très peu vitré)
- une très petite ou une très grande surface (pour lesquels un raisonnement au m² ne fonctionnera pas très bien)

Dans ces cas, il faudra considérer les résultats avec un degré de précaution supplémentaire, avec un **risque plus élevé de valeurs incohérentes**.

II. UTILISATION DE L'OUTIL

1. Principe général de l'outil

L'outil est constitué de 4 onglets qui correspondent à 4 étapes :

- 1. Paramétrage** → L'utilisateur paramètre le bâtiment et ses équipements le plus précisément possible (5-10 min avec les informations en main)
- 2. Résultats** → L'outil renvoie les fourchettes de valeurs de demande de froid et de consommation électrique liée à la climatisation (détaillée en ses différentes composantes Production – Distribution – Emission).
- 3. Scénario** → L'utilisateur peut tester l'impact de différentes actions d'amélioration courantes ou saisir un scénario d'amélioration personnalisé (5 min/scénario)
- 4. Synthèse** → L'outil renvoie les nouvelles fourchettes de valeurs pour le scénario renseigné, permettant à l'utilisateur d'évaluer l'impact des actions menées sur la demande de froid et la consommation électrique de la climatisation. L'utilisateur peut stocker les résultats de plusieurs scénarios pour pouvoir les comparer.

2. Paramétrage

a. Généralités

Données d'entrée nécessaires

L'outil est **conçu pour que l'utilisateur ne soit pas bloqué** s'il ne connaît pas tous les paramètres à renseigner, néanmoins **les données d'entrée sur la géométrie du bâtiment sont impératives** (sans quoi les résultats de l'outil se résumeraient à de simples ratios de consommation au m²...) :

- Surface utile brute/Surface climatisée/Surface non climatisée
- Nombre d'étages
- Surface de toiture
- Surface (ou longueur) des différentes façades

En dehors de ces éléments, des valeurs par défaut (issues du retour d'expérience sur des bâtiments existants) **sont considérées** si l'utilisateur ne renseigne pas l'ensemble des paramètres.

Attention : L'outil n'est pas en mesure d'analyser la pertinence des données paramétrées (comme le rapport entre la surface des parois et la surface climatisée par exemple) : il appartient à l'utilisateur de faire ses propres vérifications pour éviter les résultats incohérents.

Importance de la surface climatisée

La surface climatisée est définie comme la surface des locaux équipés de terminaux de climatisation. Elle correspond en général aux bureaux + locaux communs (accueil, salles de réunion, cafétéria, etc.), mais n'inclut pas les sanitaires ou les circulations (couloirs, escaliers, etc.) s'ils ne sont pas équipés de terminaux. **Il est crucial de renseigner précisément la surface climatisée car tous les résultats de l'outil sont basés dessus** : une erreur sur la surface climatisée est lourde de conséquence sur les résultats.

Éléments non pris en compte

Certains éléments ne sont pas pris en compte par l'outil car ils sont difficiles à caractériser sans trop complexifier le paramétrage de l'utilisateur.

C'est notamment le cas de :

- la demande de froid hors confort comme les serveurs (très dépendante des équipements en place)
- les masques proches (essentiellement les bâtiments)
- les échanges thermiques avec les éventuels bâtiments contigus
- les ouvertures intempestives de fenêtres

b. Possibilités de paramétrage

Les paramètres se renseignent dans les cases en rose (valeur à renseigner), les menus déroulants (choix), les barres de défilement (valeurs prédéfinies), les cases à cocher (oui/non).

Certaines valeurs ne sont pas modifiables pour simplifier le paramétrage (valeurs prédéfinies ou variantes constructives habituelles à La Réunion). Les valeurs utilisées sont précisées directement dans l'onglet 1. Paramétrage.

Les paramètres à renseigner sont divisés en 5 sections :

1. Situation (zone météo, environnement)
2. Bâti (caractéristiques géométriques et physiques du bâtiment)
3. Utilisation du bâtiment (planning de la demande de froid, charges internes : occupation, équipements informatiques, éclairage)
4. Équipements de climatisation (GEG/VRV, dimensionnement, ancienneté, présence de brasseurs d'air)
5. Gestion de la climatisation/ventilation (température de consigne, planning de fonctionnement, renouvellement d'air)

c. Paramétrage des scénarios

L'outil permet de paramétrer des scénarios d'amélioration (1 à la fois) de deux manières différentes :

- sélection d'une action courante isolée sur l'usage (augmentation de la température de consigne, coupure en inoccupation ou hivernale, etc.), sur les équipements (redimensionnement du GEG, changement de technologie, ajout de brasseurs d'air, etc.) ou sur le bâtiment (ajout de protections solaires, isolation de la toiture, etc.)
- paramétrage d'un scénario personnalisé selon le même schéma que le paramétrage du bâtiment

Dans les 2 cas, l'outil calcule les nouvelles fourchettes de valeurs et les économies d'électricité associées. L'utilisateur retrouve les résultats sur l'onglet 4. Synthèse et peut stocker les résultats du scénario en cours (copier/coller) et paramétrer un nouveau scénario.

NB : L'outil ne permet pas de faire des variantes architecturales lourdes (modifications du bâti) : pour étudier de tels scénarios, il faut refaire un nouveau paramétrage de l'outil dans une autre feuille de calcul.

d. Mode d'estimation de l'impact des différents paramètres

L'impact de chaque paramètre est estimé de manière différente selon les cas : STD, calcul à partir de valeurs STD, calcul à partir de valeurs mesurées, etc.

Le Tableau 1 récapitule la façon dont est déterminée l'influence de chaque paramètre sur les résultats de l'outil.

Tableau 1 : Mode d'estimation de l'impact des différents paramètres sur les résultats de l'outil

	paramètre	valeurs possibles	mode d'évaluation	
SITUATION	zone météo	St Pierre St Denis Le Port St Benoit	STD + calcul	STD sur le cas de base avec les 4 météos pour chaque cas d'étude Application d'une correction p/r à la météo St Pierre
	environnement	végétalisé bétonné	STD	Textérierie fichiers météo St Pierre +1 degré sur la Textérierie météo St Pierre
	surface climatisée		calcul	prorata surface p/r surface climatisée cas d'étude
BATI	isolation murs extérieurs	oui non	STD	4 cm de laine de roche /
	couleur murs extérieurs	claire sombre	STD	coefficient d'absorption solaire = 0.282 coefficient d'absorption solaire = 0.712
	surface toiture		calcul	prorata surface p/r surface toiture cas d'étude
	isolation toiture	oui non	STD + calcul	STD sur le cas de base avec 8 cm laine de roche ou sans Application de la correction correspondante p/r à chaque cas d'étude
	couleur toiture	blanche grise (toiture tôle) foncée (toiture terrasse)	STD + calcul	STD sur le cas de base avec les 3 coefficients d'absorption solaire Application de la correction correspondante p/r à chaque cas d'étude
	surface vitrages et façades	surface vitrages / orientation faiblement vitré (10%) normal (20%) fortement vitré (40%)	STD + calcul	Correction des apports solaires selon la surface des vitrages dans chaque orientation p/r à celles de chaque cas d'étude
	film solaire	oui non	STD + calcul	STD sur le cas de base avec film solaire ou sans Application de la correction correspondante p/r à chaque cas d'étude
	protections solaires extérieures	oui non	STD	Brise-soleils fixes /
UTILISATION DU BÂTIMENT	nombre d'occupants		STD + calcul	STD sur le cas de base avec apports sensibles de 80 W/pers. Application de la correction correspondante p/r à chaque cas d'étude
	taux d'occupation réel		calcul	Application du taux d'occupation réel à toutes les charges internes
	horaires d'occupation		sélection profil annuel	Sélection des pas de temps où il y a de l'occupation dans le profil de demande de froid annuel
	équipements informatiques	nb équipements faiblement équipé (7 W/m ²) normal (12 W/m ²) fortement équipé (20 W/m ²)	STD + calcul	STD avec les données du cas de base Application de la correction correspondante p/r à chaque cas d'étude
	éclairage	LED (5 W/m ²) fluocompact (15 W/m ²) fluorescent (30 W/m ²) mix	STD + calcul	STD avec les données du cas de base Application de la correction correspondante p/r à chaque cas d'étude
EQUIPEMENTS DE CLIMATISATION	type production de froid	GEG VRV	mesures + calcul	Enveloppe de performances GEG calculée à partir des mesures Performances constructeurs VRV
	nb de groupes et puissance installée		mesures + calcul	Calcul du taux de charge GEG à chaque pas de temps et de l'EER associé
	ancienneté	neuf (après 2020) avant 2020 ancien (avant 2010)	sélection fourchette	Réduction de la fourchette de consommation électrique au bas, milieu, haut de la fourchette
	type pompe distrib + débit distrib EG	fixe variable	mesures + calcul	Calcul de la consommation de la pompe distrib à partir des ratios mesurés
	part des terminaux restant en marche la nuit		mesures + calcul	Calcul de la consommation des terminaux hors occupation
	présence de brasseurs d'air avec asservissement de la clim	oui non	STD	+2 degrés à la Tconsigne (résultats Coolibri) /
GESTION DE LA CLIM	Tconsigne	22 à 28°C	STD	
	Tdépart EG	6 à 12°C	calcul	-3%/degré d'augmentation (résultats Pilotclim)
	horaires fct clim, coupure hivernale, jours fériés		sélection profil annuel	Sélection des pas de temps où il y a de l'occupation dans le profil de consommation électrique annuel du GEG
	débit de renouvellement d'air		STD + calcul	STD avec les données du cas de base Application de la correction correspondante p/r à chaque cas d'étude
	ventilation nocturne	oui non	STD	

III. DESCRIPTION DU MOTEUR DE CALCUL

L'outil est basé sur un couplage performant entre :

- des résultats de mesure, pour être au plus proche de la réalité (notamment en ce qui concerne les dérives d'usage et de fonctionnement)
- des résultats de STD, pour couvrir une large gamme de variantes

Rappel : Chacun des 4 cas d'étude climatisés par GEG a fait l'objet d'un modèle de simulation qui a été calibré précisément sur les résultats de mesure. Puis à partir d'un cas de base standardisé, une étude paramétrique croisée (i.e. en faisant varier plusieurs paramètres simultanément) a été réalisée sur chacun des 4 cas d'étude sur une sélection de paramètres jugés comme influents (128 simulations par cas d'étude). A noter que seuls les paramètres dont on ne pouvait étudier l'influence autrement que par STD ont été retenus afin de limiter le temps de simulation (cf. détails dans le Rapport final).

Un moteur de calcul a été établi pour la demande froid du bâtiment (indépendamment du système de climatisation) et pour la consommation électrique de la climatisation (GEG ou VRV).

NB : L'outil ne traite que des bâtiments climatisés de manière centralisée (hors split-system).

1. Demande de froid

1^{ère} étape : Sélection de la simulation correspondant au bâtiment paramétré parmi les résultats de l'étude paramétrique croisée pour chacun des 4 cas d'étude.

On obtient 4 valeurs issues de la simulation, qu'on corrige au prorata de la surface climatisée du bâtiment paramétré par rapport à celle de chaque cas d'étude.

2^{ème} étape : Correction des différentes catégories d'apports thermiques par calcul pour chaque cas d'étude :

- apports solaires par les vitrages
- apports par la toiture
- apports internes
- apports par renouvellement d'air

Pour chaque cas d'étude, la simulation donne la part de chaque catégorie d'apports thermiques dans le résultat de simulation sélectionné. Une correction est apportée sur chacune de ces catégories en fonction :

- de la surface de vitrage du bâtiment paramétré dans chaque orientation par rapport à celle de chaque cas d'étude
- des caractéristiques de la toiture (surface, isolation, couleur) du bâtiment paramétré par rapport à celles de chaque cas d'étude
- des apports internes du bâtiment paramétré (personnes, équipements informatiques, éclairage) par rapport à ceux pris en compte pour chaque cas d'étude
- du débit de renouvellement d'air du bâtiment paramétré par rapport à celui pris en compte pour chaque cas d'étude

On applique ensuite un « coefficient d'impact » sur la correction de la demande de froid pour chacun des 4 cas d'étude pour tenir compte du fait que ces apports ne rentrent pas en intégralité dans la demande de froid (une partie est restituée à l'extérieur par les parois par convection et conduction). Ce coefficient (globalement entre 30 et 55% selon les cas) est issu des simulations réalisées pour chaque cas d'étude.

On obtient 4 valeurs corrigées issues de la simulation pour chaque cas d'étude.

3^{ème} étape : **Correction en fonction de la zone météo**

Les simulations dans le cas de base ont été menées avec 4 météos représentatives de La Réunion. Afin de limiter le nombre de simulations, l'étude paramétrique croisée a été menée avec la météo de St Pierre, et une correction correspondant à celle observée pour chaque cas d'étude dans le cas de base est appliquée (+20 à 30% pour St Denis et Le Port, -5 à 10% pour St Benoit)

On obtient ainsi 4 valeurs de demande de froid pour le bâtiment qui forment une fourchette. Si on aboutit à une valeur extrême sur un cas d'étude (>30% d'écart par rapport à la moyenne des 3 autres), elle est écartée de la fourchette.

2. Consommation électrique GEG

a. Production de froid (GEG)

Les données de mesure ont permis d'obtenir pour chaque cas d'étude une demande de froid horaire annuelle, une consommation électrique horaire pour le GEG. En extrapolant les données mesurées, **un profil de demande de froid « universel » pour chaque heure de l'année a été établi** (comme si le GEG fonctionnait 8760 h/an).

1^{ère} étape : **Sélection des données sur le planning de fonctionnement de la climatisation**

Pour chaque valeur de demande de froid (correspondant aux 4 cas d'étude), on applique le planning de fonctionnement paramétré (horaires et coupure hivernale éventuelle) au profil de demande de froid « universel » pour obtenir un profil de demande de froid réaliste (puisque basé sur des mesures) mais non réel du bâtiment paramétré.

2^{ème} étape : **Calcul du profil de consommation électrique en appliquant un EER instantané**

Les performances instantanées d'un GEG sont classiquement caractérisées par l'Energy Efficiency Ratio EER :

$$EER = \frac{kWf \text{ produits}}{kWe \text{ absorbés}}$$

Les mesures réalisées dans le cadre des projets SWACool¹ et du projet CLIMESTIM³ ont permis d'établir une dépendance entre le taux de charge instantané du GEG et l'EER instantané (cf. Figure 1).

³ Synthèse des résultats de mesure à La Réunion – Production 2.1, FMDE, 28 p, septembre 2025

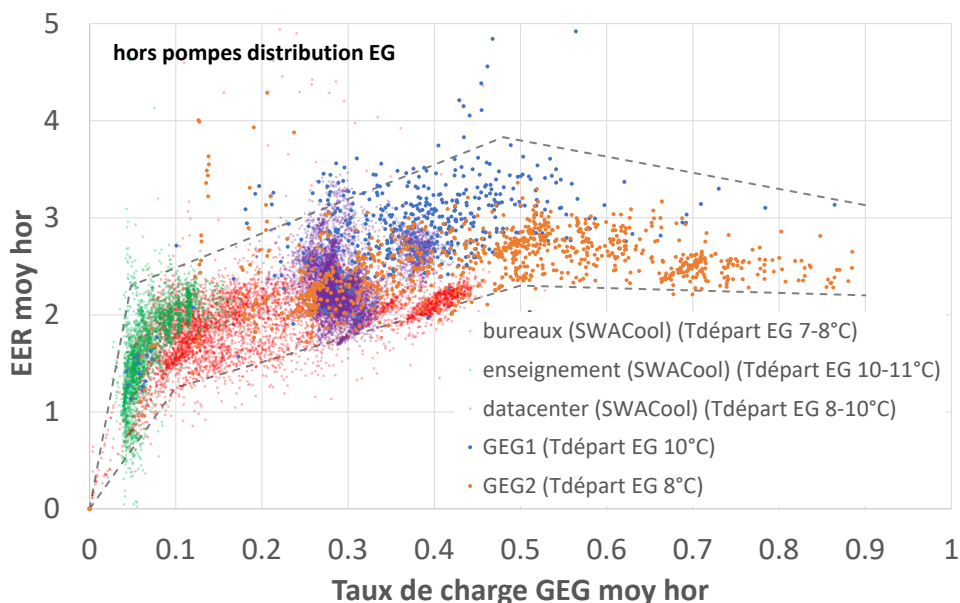


Figure 1 : EER du GEG en fonction du taux de charge mesuré sur différents sites

Pour limiter la dispersion liée à la température de départ EG (dont on sait d'après le projet Pilotclim⁴ qu'elle influence l'EER), pour déterminer l'enveloppe d'EER utilisée par l'outil nous avons sélectionné **uniquement celles correspondant à une température de départ EG proche de 10°C** parmi toutes les données mesurées (i.e. GEG1 et site d'enseignement SWACool).

Ainsi à chaque heure de l'année, on détermine la consommation électrique du GEG à partir de la demande de froid instantanée (et donc le taux de charge du GEG) et l'EER correspondant, ainsi que la consommation annuelle du GEG.

3^{ème} étape : Correction de la consommation électrique du GEG en fonction de la température de départ EG

Le projet Pilotclim⁴ a rapporté des réductions de consommation comprises entre - 3 et - 5%/degré d'augmentation de la température de départ EG. De manière conservatrice, nous avons appliqué sur la consommation électrique du GEG une **correction de - 3%/degré d'augmentation** entre la température de départ EG paramétrée et la température de 10°C prise en référence dans la détermination des EER instantanés.

4^{ème} étape : Prise en compte de l'ancienneté du GEG

Pour prendre en compte la baisse des performances dans le temps ainsi que l'amélioration des performances des GEG récents, le moteur de calcul **réduit la fourchette de consommation du GEG** aux basses valeurs pour les GEG neufs (après 2020), aux valeurs intermédiaires pour les GEG récents (avant 2020) et aux hautes valeurs pour les GEG anciens (avant 2010).

On obtient ainsi une fourchette de consommation électrique du GEG en période de fonctionnement.

⁴ Projet Pilotclim « Pilotage des installations de climatisation à eau glacée avec variation de la température de la boucle d'eau glacée », lauréat de l'AAP OMBREE 2 « Sensibiliser, outiller et former les entreprises et les collectivités pour des bâtiments ultramarins économes en énergie », 2^{ème} édition, INSET/IC66/Imageen/Q3E/Université de La Réunion/Laboratoire PIMENT, 2023-2025, <https://www.pergola-oultremer.fr/wp-content/uploads/2026/01/pilotclim-rapport-final-ind1.pdf>

Consommation de veille

Lorsque la production de froid est à l'arrêt (nuits et we par exemple), une consommation de veille de **5%** (=valeur moyenne relevée lors des mesures) est appliquée.

b. Distribution de froid

Débit fixe

La consommation électrique de la pompe de distribution mesurée sur l'ensemble des sites GEG était comprise entre 80 et 100 We/m³/h : une valeur de **90 We/m³/h** a été retenue pour les périodes de fonctionnement de la pompe EG.

Débit variable

Sur le seul site équipé d'une pompe à débit variable que nous avons instrumenté, la consommation électrique de la pompe de distribution était comprise entre 110 et 115 We/m³/h : une valeur de **110 We/ m³/h** a été retenue (ce qui conduit tout de même à une consommation inférieure à celle d'une pompe à débit fixe puisque le débit EG varie en fonction de la demande de froid).

Consommation de veille

Lorsque la pompe de distribution est à l'arrêt, une consommation de veille de **5%** (=valeur moyenne relevée lors des mesures) est appliquée.

c. Terminaux EG

Les mesures réalisées sur les différents sites ont mis en évidence une consommation assez variable d'un site à l'autre pour les ventilo-convecteurs. Une valeur moyenne de 2 We/m² climatisé en été (novembre à avril) et 1.2 We/m² climatisé en hiver (car l'utilisation de la climatisation est moins intensive) a été considérée en occupation.

Consommation hors occupation

La consommation mesurée sur les terminaux EG en dehors des périodes d'occupation correspond à :

- la consommation de veille des ventilo-convecteurs (pompes de relevage des condensats), estimée à **30%** de la consommation totale d'après les mesures (non négligeable)
- la consommation de la part des ventilo-convecteurs qui ne sont pas coupés par les usagers et restent en fonctionnement la nuit et le we (**par défaut 30%** ou valeur paramétrée par l'utilisateur, **0% si coupure automatisée** des terminaux en inoccupation)

3. Consommation électrique VRV

a. Unités extérieures

Les performances des groupes VRV ne peuvent être mesurés directement car on ne peut pas mesurer la demande de froid (production à détente directe). On n'a donc pas d'autre choix que de se fier aux EER mesurés en laboratoire mentionnés par les constructeurs.

1^{ère} étape : **Calcul de la fourchette de demande de froid** du bâtiment en période d'occupation par le moteur de calcul

2^{ème} étape : **Application d'un EER fixe à la demande de froid annuelle**

Les constructeurs des VRV instrumentés ont mentionné des EER à charge nominale compris entre 3.4 et 3.9. Afin de tenir compte des conditions de mise en œuvre et des températures extérieures variables dans l'année (différentes des conditions de mesure en laboratoire), nous avons appliqué un **coefficient 0.9** aux données constructeurs, soit une fourchette d'**EER comprise entre 3.1 et 3.5**.

On obtient ainsi une fourchette de consommation électrique des unités extérieures des VRV en occupation.

Consommation hors occupation

Dans la consommation mesurée sur les unités extérieures en dehors des périodes d'occupation, on distingue :

- la consommation de veille des unités extérieures (lorsqu'il n'y a aucune demande de froid) estimée à **5%** d'après les mesures
- la consommation liée au refroidissement des locaux dans lesquels les usagers n'ont pas coupé leur unité intérieure en partant, une valeur moyenne de **25%** de la consommation en occupation a été retenue sur la base des valeurs mesurées.

Ces valeurs ont été ajoutées à la fourchette de consommation électrique en occupation pour obtenir la fourchette de consommation électrique totale.

b. Unités intérieures

Les mêmes hypothèses ont été appliquées aux unités intérieures des VRV qu'aux terminaux EG, qui ont une consommation semblable comme l'ont montré les mesures.

IV. RESULTATS

1. Présentation des résultats

Les valeurs principales (demande de froid, consommation électrique des différents éléments de climatisation en occupation et en inoccupation) sont resituées sur l'onglet 2. Résultats.

Les consommations spécifiques correspondantes (rapportées au m² climatisé par exemple) sont également mentionnées pour information et accompagnées de quelques valeurs cibles.

Afin d'être transparents sur la précision réelle des résultats du moteur de calcul, des **règles d'arrondi** ont été appliquées sur les résultats présentés :

Consommations absolues : arrondies à ...

- ± 0.5 en dessous de 10 MWh/an
- ± 1 en dessous de 50 MWh/an
- ± 5 en dessous de 100 MWh/an
- ± 10 en dessous de 100 MWh/an

Consommations spécifiques : arrondies à ± 5 kWh/m² clim/an

Parts dans la consommation : arrondies à ...

- $\pm 1\%$ en dessous de 5%
- $\pm 5\%$ au-dessus de 5%

2. Facteurs influents

Nous attirons l'attention de l'utilisateur sur les principaux facteurs influant sur la demande de froid calculée par l'outil (et donc sur l'importance de bien paramétrer ces éléments pour éviter d'entacher les résultats de grosses erreurs) :

Surface climatisée

Le paramètre le plus important (comme déjà évoqué au §II.1) puisque tout le calcul est basé dessus

Température de consigne

-50% sur la demande de froid pour une température de consigne de 28°C au lieu de 26°C (*NB : élevé car il y a de nombreuses périodes dans l'année où on annule complètement la climatisation*)

+30% sur la demande de froid pour une température de consigne de 22°C au lieu de 26°C

Protections solaires

+35 à +70% sur la demande de froid en l'absence de protections solaires sur les cas d'étude

Zone météo

-10% sur la demande de froid pour St Benoit par rapport à St Pierre

+30% sur la demande de froid pour St Denis par rapport à St Pierre

Environnement

Jusqu'à +30% sur la demande de froid dans un environnement bétonné par rapport à un environnement végétalisé

Fonctionnement du GEG 7j/7 24h/24

-50% sur la consommation électrique si coupure du GEG en inoccupation