

Webinaires Froid Performant ADEME

Retours d'expérience sur la demande de froid
et les performances des installations de climatisation
à La Réunion

05/06/2026

- **Demande de froid / d'électricité et performances mesurées sur un total de 40 000 m² et 6 MWF répartis sur 12 sites**
- Obtenus au cours de projets précédents :
 - **Projet SWACool¹** (2016-2020) : Réduction de la demande de climatisation en climat tropical et raccordement à un réseau de froid vertueux
 - Retour d'expérience sur la climatisation de 4 bâtiments tertiaires à La Réunion et de 3 bâtiments en métropole
 - Partenaires : Green Tech, Enertech, LEU Réunion, Université de La Réunion
 - **Projet Tropiclim²** (2018-2020) : Favoriser l'émergence de la climatisation efficace à La Réunion
 - Evaluation des solutions techniques de climatisation à La Réunion
 - Développement d'un outil d'aide au dimensionnement des groupes d'eau glacée à La Réunion
 - Partenaires : Green Tech, Enertech
 - **Projet CLIMESTIM³** (2022-2026) : Un outil simplifié et opérationnel pour estimer les consommations de climatisation des bâtiments tertiaires de bureaux à La Réunion et en métropole
 - Pour les besoins de l'outil, instrumentation de 4 bâtiments tertiaires de bureaux équipés de GEG et 4 équipés de VRV, à La Réunion et en métropole
 - Partenaires : FMDE, Enertech, LEU Réunion

¹Projet SWACool, APR ADEME Bâtiments Responsables 2016 <https://greentech.re/project/projet-swacool-finalise/>

²Projet Tropiclim, AAP11 PACTE et ADEME et EDF <https://www.caue974.com/fr/portail/356/observatoire/51329/tropiclim.html>

³Projet CLIMESTM, APR ADEME Bâtiments Responsables 2022 <https://fmde.re/climestim/>

Retours d'expérience sur la climatisation à La Réunion

SITES INSTRUMENTÉS



**Bureaux
CAF St Paul**
1260 m² clim
GEG 100 kWf



**Datacenter
SFR Le Port**
GEG 490 kWf

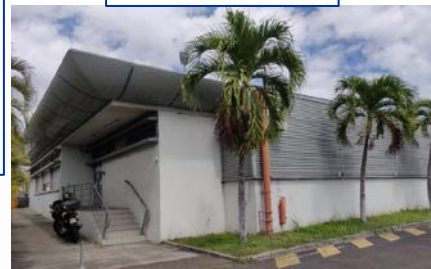


**Bureaux
CAF St Pierre**
2718 m² clim
GEG 271 kWf

**Hôpital
PFME St Pierre**
22000 m² clim
GEG 3.3 MWf



**Enseignement
Fac de lettres St Denis**
1755 m² clim
GEG 396 kWf



**Bureaux
Université St Denis**
1843 m² clim
GEG 160 kWf



**Bureaux
Bât Cosinus Technopole
Ste Clotilde**
890 m² clim
GEG 149 kWf



**Bureaux
CIVIS Bât B Pierrefonds**
1180 m² clim
VRV 124 kWf



**Bureaux
CIREST Bât B St Benoît**
1200 m² clim
VRV 145 kWf

**Bureaux
Bât Lardy CBo Ste Marie**
3876 m² clim
GEG 380 kWf



**Bureaux
France Travail Butor**
980 m² clim
VRV 105 kWf

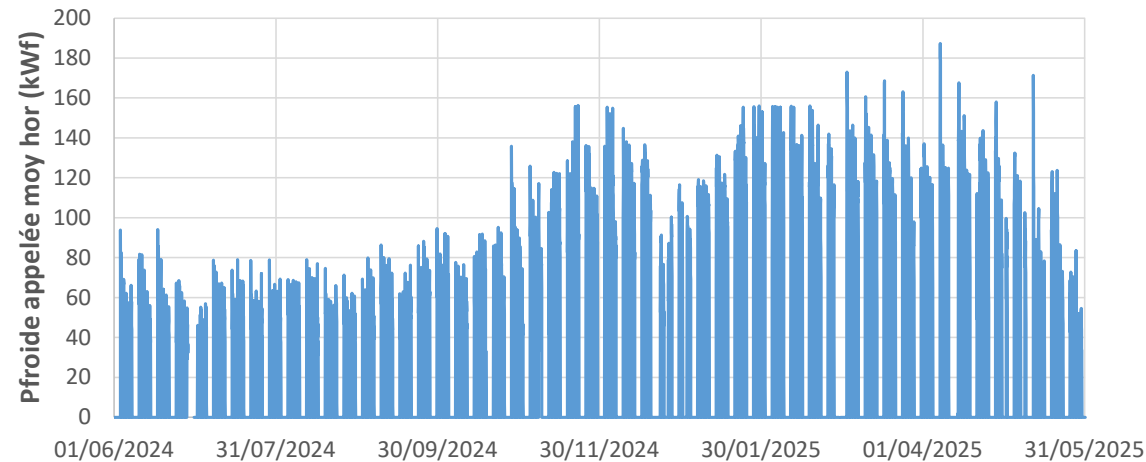


**Bureaux
CIREST Bât A St Benoît**
1110 m² clim
VRV 128 kWf



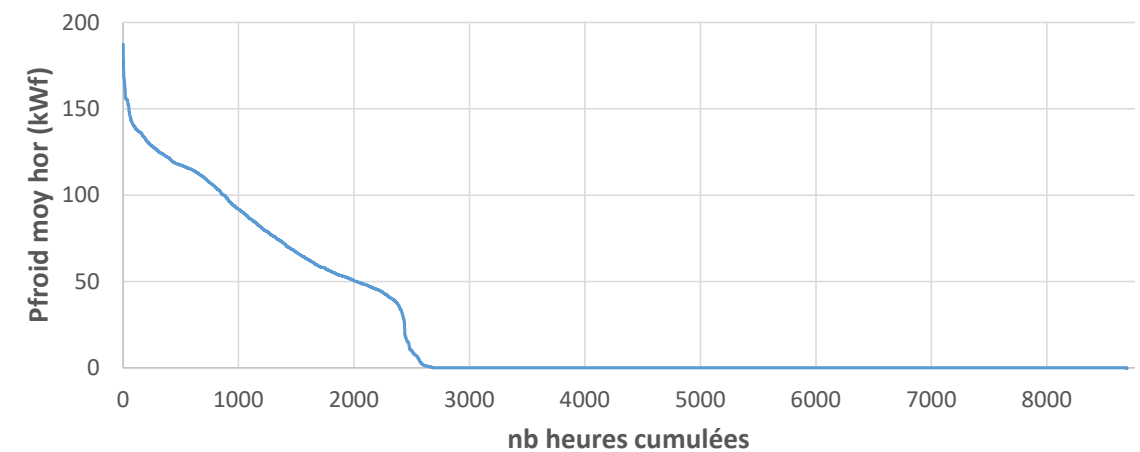
Qu'est-ce que la demande de froid d'un bâtiment ?

- **Puissance froide** (kWf) heure par heure sur une année complète



- saisonnalité (facteur 2)
- alternance jour/nuit et semaine/we

- **Monotone de froid** (=puissances froides horaires ordonnées de la plus grande à la plus petite)



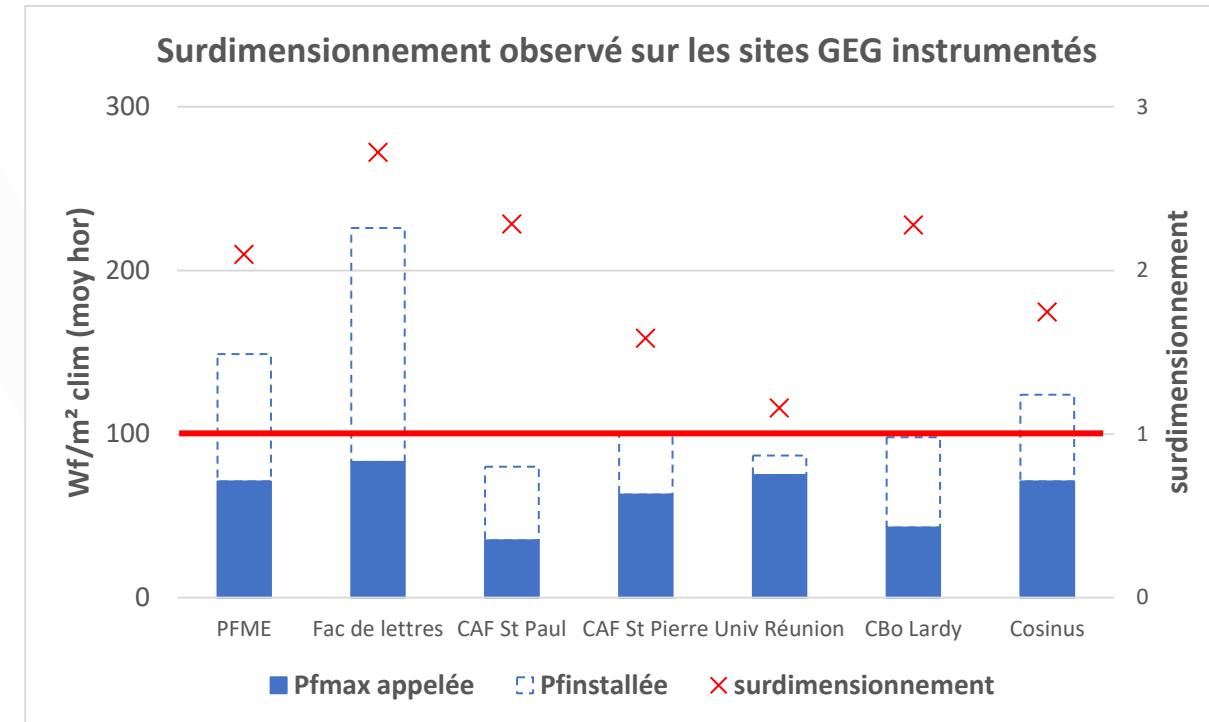
- autre représentation avec les mêmes données
- permet de visualiser la **structure** de la demande de froid
 - 2500 h (/8760) de fonctionnement annuel si coupure nocturne et week-end
 - **seulement quelques heures à puissance maximale appelée**
- **relativement semblable** d'un site à l'autre

- **Pourquoi bien dimensionner ?**

- optimisation économique
- performances (GEG)
- durabilité

- **Retour d'expérience GEG**

- Pfroide max mesurée sur l'année sur l'ensemble des bâtiments : **80 Wf/m² clim** (valeur max plutôt autour de **60 Wf/m² clim** sur la majorité des sites)
- tous les GEG sont surdimensionnés d'un facteur **1.6 à 2.7** (mesuré)

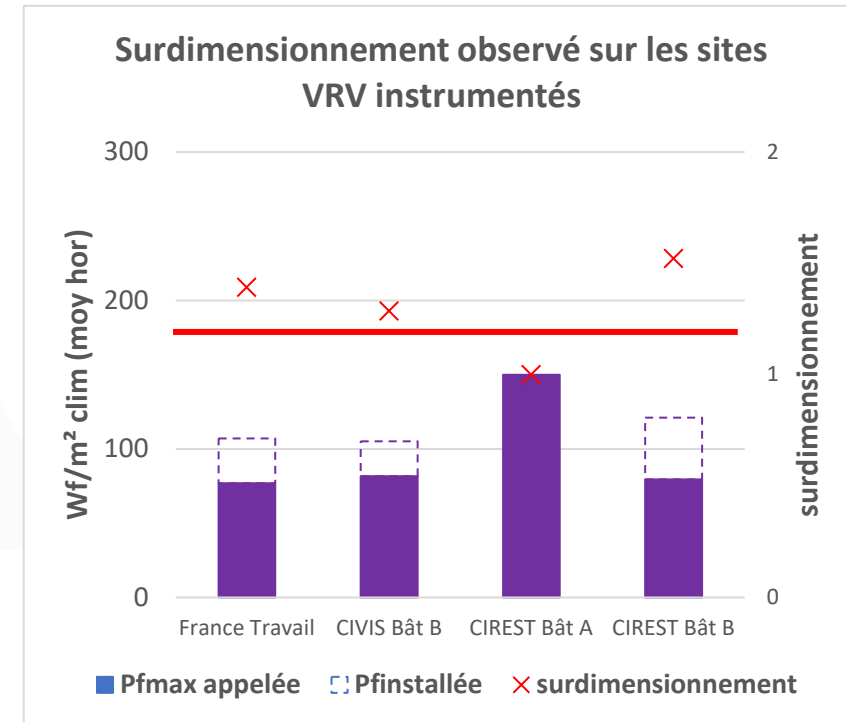


- **Pourquoi bien dimensionner ?**

- optimisation économique
- performances (GEG)
- durabilité

- **Retour d'expérience VRV**

- Pfroide pas mesurable directement (valeurs calculées avec consos élec et performances constructeur)
- surdimensionnement d'un facteur 1 à 1.5
(NB : surdimensionnement moins problématique que pour les GEG)



- Indicateur de performances instantanées en climatisation : Energy Efficiency Ratio (EER)

$$EER = \frac{P_{\text{froide produite}}}{P_{\text{elec consommée}}} \rightarrow \text{doit être le plus grand possible}$$

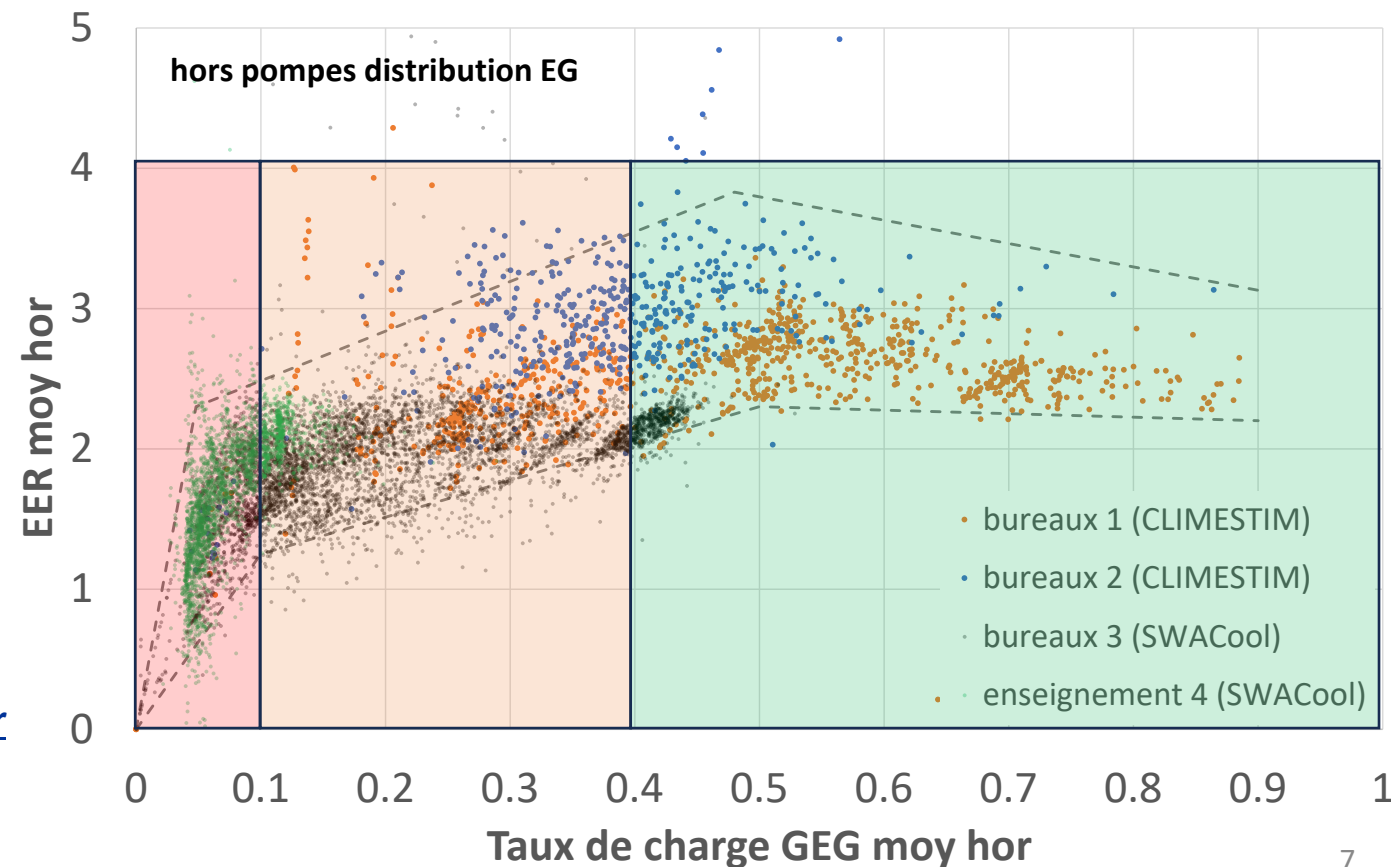
- Performances GEG, 3 grandes zones :

- Performances optimales
- Augmentation avec le taux de charge (poids des auxiliaires)
- Effondrement à faible taux de charge (<10%)

→ Importance de fonctionner à des taux de charge élevés pour favoriser les performances et donc de ne pas surdimensionner les installations

- bureaux 1 (orange) : 60% dans la zone verte 😊
- bureaux 2 (bleu) et bureaux 3 (noir) : >70% dans la zone orange 😐
- enseignement 4 (vert) : 75% dans la zone rouge 😞

→ En cas de renouvellement de GEG, redimensionner en visant des taux de charge entre 40 et 100%



- Indicateur de performances annuelles : Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER)

$$SEER = \frac{\text{Prod froid annuelle}}{\text{Conso élec annuelle}}$$

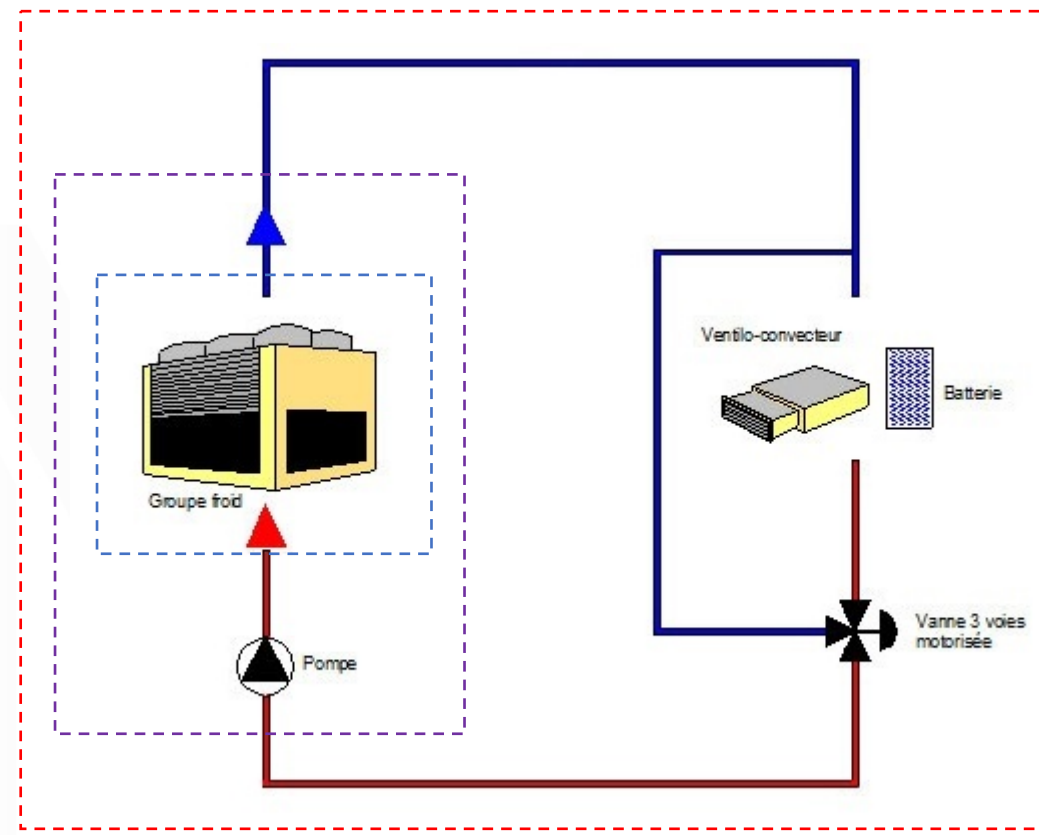
- **!! Comparer ce qui est comparable !!**

- Valeurs constructeurs (labo) ≠ Valeurs réelles (*in situ*)
- Attention aux frontières considérées

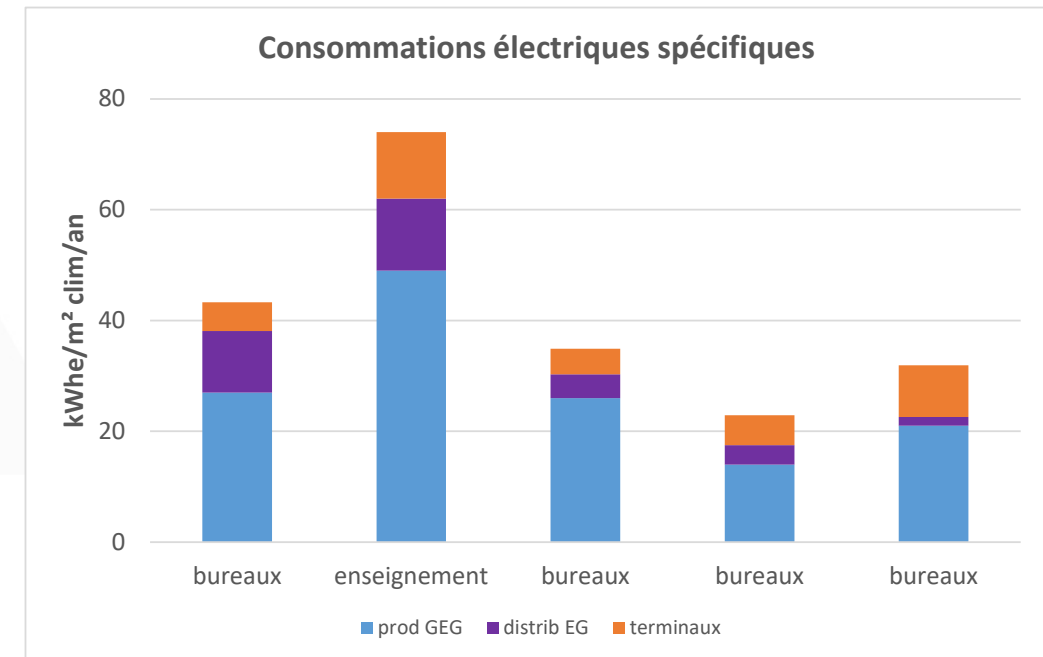
GEG
Valeurs mesurées

production EG	SEER ₁ = 1.7-2.6	SEER ₂ = 1.4-2.4	SEER ₃ = 1.1-1.9 (global)
+ distribution EG			
+ terminaux EG			

SEER₁ plus bas que la valeur de référence de 3 à cause des faibles taux de charge (surdimensionnement chronique)



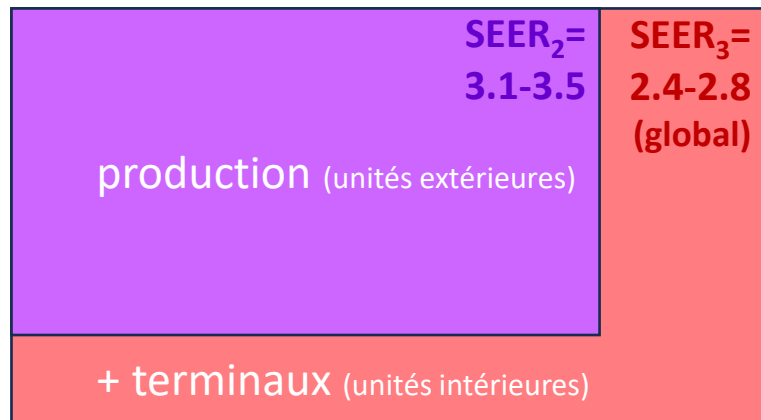
- rapporté au m^2 climatisé = zones équipées de terminaux (hors sanitaires ou circulations)
- **Demande de froid**
 - entre 50 et 80 kWhf/ m^2 climatisé/an → *très variable selon le profil de fonctionnement (coupure inoccupation et/ou hivernale)*
 - explose vite pour des usages particuliers (ex: >250 kWh/ m^2 climatisé/an pour un hôpital)
- **Consommation électrique**
 - production EG : entre 15 et 50 kWh/ m^2 climatisé/an
 - distribution EG : entre 2 et 13 kWh/ m^2 climatisé/an
 - 5 à 30% de la conso du GEG**
 - !! La conso de la distribution peut vite exploser si la pompe est surdimensionnée !!**
 - terminaux EG : entre 5 et 12 kWh/ m^2 climatisé/an
 - 10 à 30% de la conso totale de la clim**
 - *pas négligeable (puissance unitaire petite mais équipements nombreux et fonctionnant sur de longues périodes)*



- Performances annuelles (SEER)

VRV

Valeurs SEER₂ constructeurs (avec coef arbitraire de 0.9)

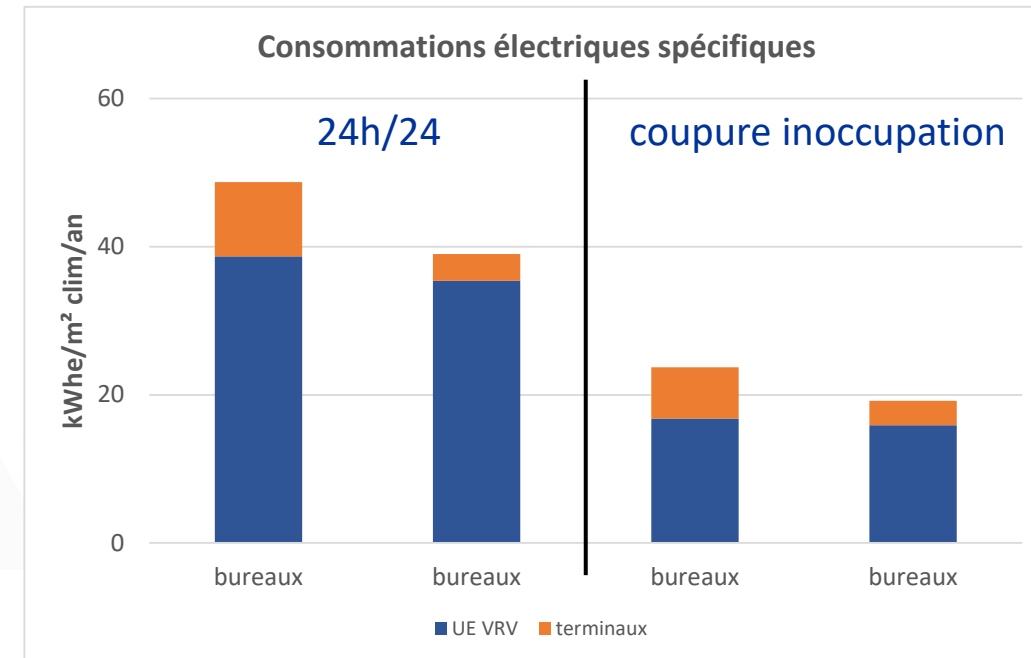


Demande de froid impossible à mesurer in situ

- Consommation électrique

- unités extérieures VRV : entre 15 et 40 kWh/m² climatisé/an
- unités intérieures VRV : entre 3 et 12 kWh/m² climatisé/an

10 à 30% de la conso totale de la clim



Impact important de la coupure en inoccupation

- Quelle technologie choisir ?

	GEG	VRV
Investissement	<p>élevé</p> <ul style="list-style-type: none"> - équipement de production - réseau d'eau glacée <p>→ nécessité d'une taille critique (>1000 m²)</p>	<p>plus abordable</p>
Fluide frigorigène	<p>petites quantités (à l'intérieur du GEG)</p>	<p>grandes quantités (doit circuler dans tout le bâtiment) souvent inflammable risque de dérapage des coûts en fluide sur la durée de vie (fuites), surtout avec les évolutions réglementaires (F-Gas) → technologie peu adaptée aux grandes surfaces (<qq 100 m²)</p>
Performances	<p>pénalisées par les auxiliaires → bien maîtriser le dimensionnement</p>	<p>détente directe intrinsèquement plus performante</p>
Flexibilité	<p>variation de charge induit un cyclage de fonctionnement, qui impacte la durabilité et les performances (si les taux de charge sont faibles)</p>	<p>variation de charge intégrée (inverter), avec pas ou peu d'impact sur les performances pas de possibilité de stockage thermique (pas compatible avec du solaire par ex)</p>

→ **Aucune des deux technologies ne surpasse l'autre, dépend des situations**

Comment maîtriser la demande de climatisation d'un bâtiment ?

• Rôle clé du maître d'ouvrage dans la maîtrise des installations de climatisation

- **Suivi énergétique** : mesurer et suivre pour repérer et corriger les dérives
- La bonne maîtrise d'une installation repose à 90% sur des aspects organisationnels (donc sur des **facteurs humains**)
- Ce n'est pas le cœur de métier des prestataires de faire de la maîtrise de l'énergie → **la délégation totale de ces questions ne peut pas fonctionner**
- Nécessaire montée en compétence des maîtres d'ouvrage (formation et/ou accompagnement extérieur)

• Gestion de l'inoccupation

- La consommation en période d'inoccupation d'un GEG qui fonctionne 24h/24 représente **plus de la moitié de la consommation totale**
- Dans le cadre du projet **Devenir acteur MDE, Artelia et ewatch** ont mis en œuvre des **solutions de pilotage** du fonctionnement du GEG sur différents sites pour couper les GEG la nuit et le we → **-50% sur la conso élec sans perte de confort**
- Des fiches de bonnes pratiques¹ sont disponibles sur la plateforme PERGOLA



¹Projet Devenir acteur MDE, AAP OMREE 2 et ADEME, Fiches de bonnes pratiques <https://www.pergola-outremer.fr/ressource/fiche-de-bonnes-pratiques-devenir-acteur-mde-naissance-du-projet/>

- **Gestion de la température de consigne**

- La température ambiante des locaux a un impact majeur sur les consommations
- Pour permettre d'augmenter la température de consigne sans diminuer le confort des usagers, le projet **COOLIBRI**, mené par **LEU Réunion** et **QWINRJ**, a étudié le **couplage entre la climatisation et les brasseurs d'air**
→ **-20% sur la conso élec en augmentant la température de consigne de 2 degrés sans perte de confort**
- Un guide de bonnes pratiques¹ est disponible sur la plateforme PERGOLA

- **Gestion de la température d'eau glacée**

- La température d'eau glacée impacte les performances du GEG (par effet thermodynamique)
- Le projet **PILOTCLIM**, mis en œuvre par un consortium mené par **INSET** et **IC66**, a étudié l'**impact de la variation de la température d'eau glacée** jusqu'à 12°C sur les performances du GEG
→ **-3 à -5% de conso élec/degré d'augmentation de la température EG sans perte de confort**
- Des préconisations sont disponibles dans le rapport final² sur la plateforme PERGOLA

¹Projet COOLIBRI, AAP OMREE 2 et ADEME, Rafraîchissement d'air par couplage de brasseurs d'air et de climatisation

<https://www.pergola-outremer.fr/ressource/coolibri-synthese-des-enseignements-et-guide-de-bonnes-pratiques/>

²Projet PILOTCLIM, AAP OMREE 2 et ADEME, Pilotage des installations de climatisation à eau glacée avec variation de la température de la boucle d'eau glacée

<https://www.pergola-outremer.fr/ressource/projet-pilotclim-rapport-final/>

- **Bien dimensionner**

- Indispensable pour favoriser les performances
- Importance de bien connaître la demande de froid
- Toujours confronter le dimensionnement prévu à la valeur de 80 Wf/m² climatisé (=puissance froide maximale mesurée sur l'ensemble des sites tertiaires instrumentés à la Réunion)
 - quelle que soit la méthode de dimensionnement utilisée (bilan thermique, STD, etc.)
 - **si au-dessus → revoir le dimensionnement à la baisse**
 - la puissance froide maximale appelée est plutôt autour de 60 Wf/m² sur la majorité des sites
- **Outil d'aide au dimensionnement** des GEG à La Réunion
 - développé par le bureau Enertech dans le cadre du **projet Tropiclim**
 - validé sur 3 bâtiments mesurés à La Réunion dans le cadre du projet Formaclim
 - ➔ **à l'intention des BE et AMO, demande d'avoir une bonne connaissance du bâtiment (plans)**
 - lien vers l'outil Tropiclim : <https://fmde.re/outils/>

- **Maîtriser les réseaux hydrauliques (GEG)**

- **Indispensable pour éviter les problèmes d'inconfort et maîtriser la conso de la pompe de distribution**

- Problèmes hydrauliques = Source d'inconfort de 95% des bâtiments

- **mauvais équilibrage hydraulique** (le froid n'est pas bien réparti entre les usagers)
- tronçons ou terminaux sous dimensionnés
- configurations hydrauliques aberrantes

- **Généraliser les pompes de distribution à débit variable**

- pompes à débit fixe : conso électrique entre 5 et 10% de la conso du GEG si bien dimensionnée ...
- ... mais **généralement surdimensionnée** (ΔT mesurés souvent < 2 degrés) : conso électrique de la pompe **peut facilement dépasser 20% de la conso du GEG**
- moins de problèmes d'équilibrage hydraulique avec les pompes à débit variable

➔ ***Pompes à débit variable pour adapter le débit de distribution à la demande de froid mais surtout atténuer le surdimensionnement initial de la pompe***

- **S'il y a un problème d'inconfort dans un bâtiment, il est inutile d'augmenter la puissance froide installée car elle est déjà surdimensionnée : il faut plutôt chercher du côté de l'hydraulique**

- **Maitriser la demande de climatisation**

- Amélioration du bâti
- Rationalisation des équipements (éclairage et informatique)
- Coupure en inoccupation
- T° de consigne dans les locaux
- T° réseau eau glacée

➔ **Assistez au 2^{ème} webinaire « Structurer son étude et mesurer la performance »**

vendredi 8 juin à 11h

- **Projet CLIMESTIM financé par l'ADEME (FMDE – LEU Réunion – Enertech)**
- **Outil** qui permet d'estimer les consommations de climatisation des bâtiments tertiaires de bureaux à La Réunion et en métropole
 - à l'intention des maitres d'ouvrage et de leurs AMO → *peu de temps de paramétrage*
 - renvoie des fourchettes pour la demande de froid et la consommation d'électricité annuelles des bâtiments de bureaux à La Réunion (GEG ou VRV)
 - permet d'évaluer l'impact d'actions de performance énergétique (gestion de la climatisation, équipements, bâti)
 - Outil CLIMESTIM disponible *en version bêta* : <https://fmde.re/outils/>

MERCI DE VOTRE ATTENTION

N'hésitez pas à me contacter en cas de question
ou si vous avez besoin d'un accompagnement