

CLIMATER – CLIMAtisation dans le TERtiaire - Optimisation



inset

IC66

MDE Conseil

 **Imageen**

Rédacteurs :

C. LOMBARDOT - INSET

A. BRISSE – IC66

Mai 2023

Sommaire

0	PRESENTATION DU PROJET CLIMATER.....	3
0.1	Contexte	3
0.2	Enjeux	4
0.3	Composition de l'équipe projet.....	5
0.3.1	INSET	5
0.3.2	IMAGEEN	5
0.3.3	IC66	5
0.3.4	MDE Conseil	5
0.4	Rôles des intervenants.....	5
0.5	Détails techniques du projet	6
0.5.1	Volet 1 :	6
0.5.2	Volet 2 :	6
1	VOLET 1	7
1.1	Phase 0 - Présentation d'une installation de climatisation par eau glacée.....	7
1.2	Phase 1 - Etat des lieux	10
1.2.1	Recensement des installations de climatisation existantes – impact sur la consommation électrique globale de la Réunion	10
1.2.2	Recensement des installations de climatisation existantes – impact sur la consommation électrique globale de la Guyane	14
1.2.3	Recherche sur la technique	15
1.3	Phase 2 - Etudes théoriques, Projections	17
1.3.1	Etudes pour les bureaux dont les installations de climatisation sont correctement dimensionnées	18
1.3.2	Etudes pour les bureaux dont les installations de climatisation sont surdimensionnées.....	20
1.3.3	Annexe technique – Sélection des pompes utilisées dans les calculs théoriques :.....	22
1.3.4	Conclusion des projections théoriques	28
1.4	Phase 3 - Mesure de l'état initial	29
1.5	Phase 4 - Organisation et suivi des travaux modificatifs des installations.....	32
1.5.1	Présentation	32
1.5.2	Equipements installés	32
1.5.3	Ajustements réalisés et points d'attention	34
1.5.4	Zoom sur les vannes de décharges.....	34
1.5.5	Synthèse / chiffres clés pour les travaux d'investissement.....	34
1.6	Phase 5 - Mesure de l'état modifié	35
1.7	Phase 7 - Outil de calcul et d'aide à la décision	37
2	VOLET 2	38
2.1	Phase 1 - Etudes théoriques des rendements énergétiques de différentes installations de climatisation et sur différentes tailles d'installation.....	39
2.2	Phase 2 - Mesures des installations DRV et Splits systèmes.....	40
2.2.1	Bâtiment SUEZ : Split système.....	40
2.2.2	Bâtiment CIVIS : Production centralisée à détente directe type DRV	43

2.2.3	Bâtiment CBO siège : Production centralisée à eau glacée.....	48
2.3	Phase 3 – Extraction et Compilation des mesures	53
2.3.1	Bâtiment Suez – Splits systèmes	53
2.3.2	Bâtiment CIVIS - DRV.....	54
2.3.3	Bâtiment CBO – Eau Glacée	56
2.4	Phase 4 – Tableau d’aide à la décision	58

0 PRESENTATION DU PROJET CLIMATER

La Loi transition énergétique pour une croissance verte ambitieuse, pour les Outre-Mer, d'atteindre l'autonomie énergétique avec 100% d'énergies renouvelables à horizon 2030. Pour ce faire, au-delà d'une production d'ENR, des économies d'énergie sont indispensables, notamment dans les logements, plus gros poste de consommation électrique dans les territoires ultramarins (environ 50%) avant le tertiaire (environ 40%) et, nettement devant l'industrie (environ 10%).

C'est dans ce contexte que le programme OMBREE (programme inter Outre-Mer pour des bâtiments résilients et économes en énergie) s'est donné pour objectif de réduire les consommations d'énergie dans les bâtiments résidentiels et tertiaires par des actions de sensibilisation, d'information et de formation, en mettant tout en œuvre pour :

- Valoriser les ressources locales disponibles ;
- Outiller et sensibiliser les entreprises, les gestionnaires de bâtiments et les ménages ;
- Mobiliser des acteurs proches du terrain ;
- Proposer des passerelles de partage inter-outre-mer afin d'enrichir les expériences et les connaissances de chacun.

Notre projet CLIMATER (CLIMAtisation dans le TERTiaire) a pour objectif d'étudier des pistes d'économie d'énergie lié à la climatisation des bâtiments du tertiaire existants via deux volets de travail :

Volet 1 : Etude de la performance globale et évolution d'un système de climatisation centralisée eau glacée avec **pompe à débit fixe et vannes 3 voies sur terminaux** vers un système avec **pompe à débit variable et vannes 2 voies sur terminaux**.

Volet 2 : Comparaison et Analyse de différents systèmes de climatisation utilisés dans le tertiaire Dom Tom. Evaluation paramétrique des performances énergétiques selon la taille et l'utilisation des équipements de climatisation.

0.1 Contexte

Aujourd'hui, la majeure partie des installations existantes centralisées à eau glacée des bâtiments tertiaires fonctionnent avec des niveaux de performance très différents. Cette différence est liée à l'efficacité des groupes de production, leurs paramètres de fonctionnement, la conduite de l'installation et aux choix de conception tels que l'utilisation de pompes à débit fixe ou des types de vannes.

Le poste « circulation d'eau » dans la climatisation à eau glacée représente d'après la littérature entre 25 et 40% de la consommation électrique globale de la climatisation dans le tertiaire.

Dans le cadre du projet CLIMATER, nous proposons d'étudier la performance globale des installations de climatisation à eau glacée et le cas particulier de leur modification en remplaçant les pompes à débit fixe par des pompes à débit variable associées à des vannes 2 voies. Ce remplacement a pour objectif de permettre à la pompe d'irriguer le réseau avec le débit directement en lien avec le besoin en climatisation du bâtiment et ainsi, de diminuer la consommation électrique liée à la pompe.

En effet lors de la conception d'un bâtiment voué au tertiaire, la climatisation fait partie des éléments impactant directement la performance énergétique du bâtiment. Cependant pour les installations centralisées à eau glacée, les fabricants indiquent des performances énergétiques limitées au fonctionnement du groupe de production alors que pour les systèmes de type « détente directe » (DRV ou Splits), les fabricants fournissent des indices de performances énergétiques permettant de mieux

appréhender les performances globales de l'installation.

La recherche de la performance énergétique pour les systèmes centralisés à eau glacée que nous proposons dans le volet 1 du présent projet, nous permet d'avoir une approche globale de l'ensemble des installations et de pouvoir proposer, dans le volet 2, une analyse et une comparaison des différentes solutions techniques de climatisation pour les bâtiments tertiaires.

Le volet 2 est orienté sur la création d'un tableau d'aide à la décision, dans le choix de la solution technique adaptée à chaque projet de construction, pour les différents intervenants (BET, MOE, client, utilisateurs...) et cela en fonction de plusieurs critères (coût d'installation, coût d'entretien maintenance, durée de vie, confort, conduite et pilotage des installations, esthétique architecturale, ...).

0.2 Enjeux

Le secteur tertiaire à la Réunion représente environ 34% de la consommation électrique (1) globale de l'île de la Réunion (bâtiments existants) et il est sensiblement le même en Guyane Française. La climatisation dans les bâtiments tertiaires de la Réunion représente quant à elle environ 52% de la consommation électrique annuelle (2). Dans ces typologies de bâtiments liés au tertiaire plus de 80% (3) sont actuellement climatisés en eau glacée. En Guyane, le poste climatisation représente quant à lui entre 60 et 80% de la consommation électrique des bâtiments tertiaires climatisés, ce delta est lié au fait que la Guyane possède un couple température hygrométrie (30°/80%) relativement constant toute l'année (climat tropical chaud humide). Dans ce territoire seuls les bâtiments atteignant une certaine taille sont climatisés en eau glacée. De nombreux bâtiments de taille intermédiaires sont climatisés en splits pour des raisons de coût d'investissement initial ou de simplification lors de travaux.

D'après la littérature et nos premières approches, le poste « circulation », dans les installations de climatisation à eau glacée, qui représente entre 25% et 40% de la consommation électrique (4), peut être réduit d'environ 40% en mettant en place des pompes à débit variable associées à des vannes deux voies.

Le gain envisageable sur la consommation électrique d'un bâtiment tertiaire se situe entre 5 et 8%.

A l'échelle de l'île de la Réunion, c'est un enjeu de réduction de 1 à 2% de la consommation globale.

A l'échelle de la Guyane, c'est un enjeu de 0,5 à 1% de la consommation globale.

Sources :

- (1) : *Etude de l'Observatoire de l'Energie de La Réunion (OER) de 2015, mise à jour en 2018*
- (2) : *PACTE - REX des consommations d'électricité des bâtiments tertiaires à La Réunion et en Guadeloupe. Mai 2020*
- (3) : *Fichiers clients bet et entreprises du secteur*
- (4) : *Expérience Inset Imageen sur suivis installations clients*

0.3 Composition de l'équipe projet

0.3.1 INSET

La société INSET (INGénierie Spécialisée en Équipements Techniques) est un bureau d'étude technique spécialisé en fluides, intervenant dans le secteur du bâtiment.

Seul ou en équipe pluridisciplinaire, INSET accompagne ses clients tels que les bailleurs sociaux, promoteurs, collectivités locales, État, établissements publics, groupes industriels, entreprises, etc. dans la réalisation de tous leurs projets de construction, neufs ou en rénovation.

INSET compte 22 salariés pour un chiffre d'affaire 2019 de 2.7 M€.



0.3.2 IMAGEEN

Le bureau d'étude IMAGEEN (Ingénierie et Management en Génie Énergétique et Energies Nouvelles) est spécialisé en Génie Énergétique et Environnemental.

IMAGEEN a participé à plusieurs opérations d'ensemble immobilier de logements, bureaux, ateliers industriels et commerciaux, d'enseignement (groupes scolaires, collèges, lycées, universitaire, médiathèque, amphithéâtre...) ainsi que des équipements sportifs, bâtiments hospitaliers, parkings...



0.3.3 IC66

Entreprise individuelle, composée d'Aurélien BRISSE, ingénieur conseil en Génie Climatique et Energétique, ancien collaborateur d'INSET.

0.3.4 MDE Conseil

Entreprise individuelle, composée de Laurent Claudot, BET spécialisé en économies d'énergie et fluides en Guyane.

0.4 Rôles des intervenants

Le porteur du projet INSET, est l'animateur de l'équipe et assure le suivi et la cohérence des travaux.

IC66, en tant que spécialiste des installations climatiques, intervient également sur l'ensemble des tâches et plus particulièrement sur la bibliographie, les études techniques de conception, l'analyse des mesures et développement d'outils.

Imageen assure un rôle d'accompagnement dans le suivi des consommations et l'exploitation des résultats.

MDE Conseil est en charge de la contextualisation du projet pour la Guyane avec sa connaissance du territoire.

Nous avons constitué cette équipe pluridisciplinaire afin d'amener conjointement nos multiples connaissances et expériences sur différents territoires d'outre-mer au service de ce projet.

0.5 Détails techniques du projet

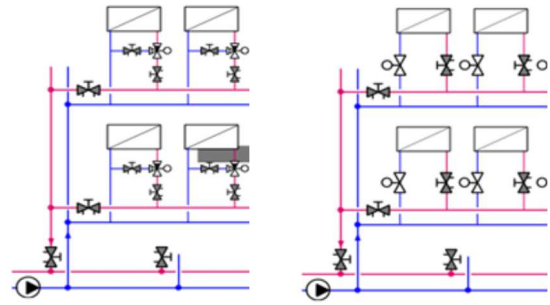
0.5.1 Volet 1 :

Dans le cadre de l'étude du volet 1, nous avons sélectionné une installation de climatisation à eau glacée classique sur un bâtiment tertiaire. Cette installation est équipée d'une pompe à débit fixe et de vannes de régulation 3 voies à proximité de chaque unité dite terminale. Dans cette installation le débit d'eau glacée de l'installation est fixe quelle que soit la demande en climatisation du bâtiment, les vannes 3 voies sont équipées d'un bipasse. Dans cette configuration la pompe fonctionne en permanence à 100% de sa puissance quel que soit le besoin en climatisation dans le bâtiment.

Au cours de l'étude l'installation initiale a été remplacé par une nouvelle installation de climatisation à eau glacée. Cette nouvelle installation est équipée d'une pompe à débit variable en sortie de groupe de production qui a été associée à des vannes 2 voies à proximité de chaque terminal. Le débit d'eau circulant dans le bâtiment devient variable avec une pompe adaptant le débit en fonction du besoin en climatisation.

Les vannes 2 voies installées permettent de libérer plus ou moins de fluide dans la batterie froide (terminale) en fonction de la demande, le fonctionnement à vitesse variable des pompes associées assure une pression constante dans le réseau. En effet lorsque plusieurs vannes se ferment, la pression augmente et afin de garantir une pression constante dans le réseau, le débit chute et les pompes adaptent leurs débits automatiquement.

L'objectif du projet est de modifier les installations existantes, afin de permettre une variation des débits d'eau. Le remplacement des pompes s'associe au remplacement des vannes 3 voies (par des vannes 2 voies) et également à la modification électrique et hydraulique de distribution.



Installation eau glacée pompe débit fixe vannes 3 voies

Installation eau glacée pompe débit variable vannes 2 voies

0.5.2 Volet 2 :

Le Volet 1 nous permettant d'avoir un rendu de la performance énergétique globale des installations centralisées à eau glacée (pour ces installations, les fabricants ne donnant que le rendement énergétique du groupe de production, n'incluant pas la conception globale de l'installation et le poste pompage par exemple).

Nous proposons d'analyser et de comparer ces installations avec des installations à détente directe pour lesquelles nous avons de la part des fabricants des indices de performances énergétiques beaucoup plus proches du rendement de l'installation globale.

Nous proposons d'intégrer dans l'étude les splits systèmes performants de type Inverter (systèmes à détente directe individuels) mais aussi les installations de type DRV (installations centralisées à détente directe).

L'objectif de ce Volet 2 est de créer un tableau d'aide à la décision pour les décideurs, dans le choix de la technologie de climatisation la plus adaptée à leurs projets. Cet outil intègre les performances énergétiques de chaque technologie. Il permet aussi de résumer les avantages et inconvénients de chaque solution technique en termes de coût d'installation, coût d'entretien, maintenance, durée de vie, impact environnemental lié à la charge de gaz frigorigène, impact architectural lié à l'implantation du matériel extérieur, ...

1 VOLET 1

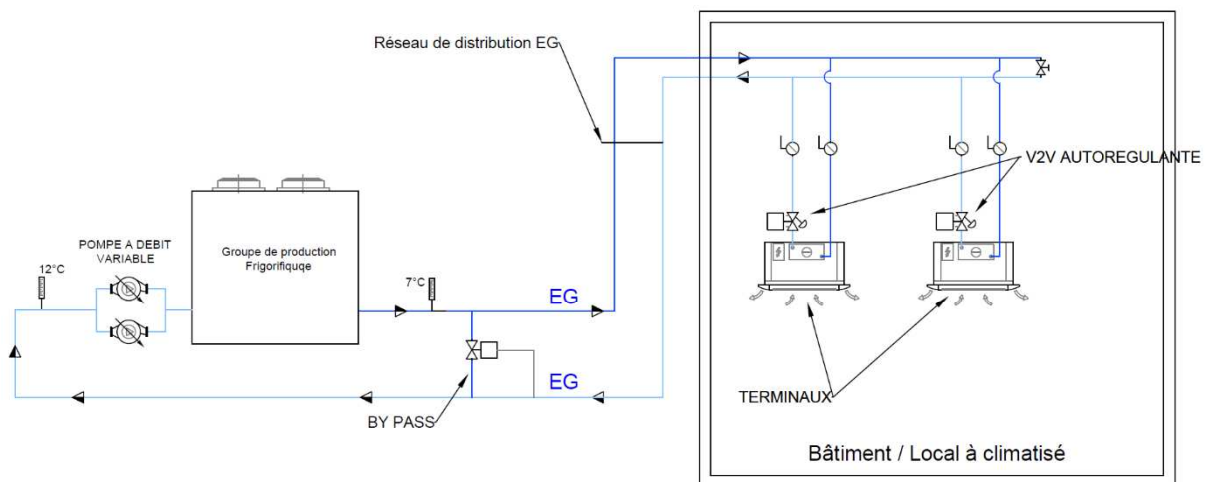
1.1 Phase 0 - Présentation d'une installation de climatisation par eau glacée

Une installation de climatisation eau glacée est constituée d'un groupe de production d'eau glacée (aussi appelé chiller). C'est un système de production de froid à détente indirecte. Cela signifie qu'il utilise un fluide intermédiaire pour transporter « le froid » vers les terminaux. Il n'y a pas de fluide frigorigène qui circule dans le bâtiment (le fluide frigorigène est cantonné à la production de froid) dans le cas d'un groupe d'eau glacée, le rôle d'intermédiaire est tenu par l'eau, qui est utilisé ici comme fluide frigoporteur.

Exemple de synoptique d'une installation de production et de distribution d'eau glacée

Le groupe frigorifique (compresseur + évaporateur + condenseur + détendeur) va produire de l'eau glacée au niveau de l'évaporateur (à une consigne de température de distribution à 7°C dans les Outre-Mer) et évacuer les calories dans l'air au niveau du condenseur via un fluide frigorigène. Cette eau glacée circule dans le bâtiment pour alimenter des terminaux (ventilo-convecteurs, centrales de traitement de l'air, échangeurs...).

Ce type d'installation exige donc la mise en place d'une production, d'un système de distribution d'eau (canalisations et pompes) et de terminaux / émetteurs (souvent des ventilo convecteurs dans le tertiaire).

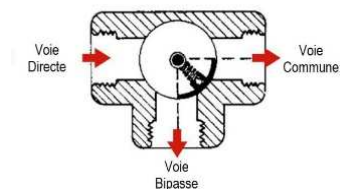


inset

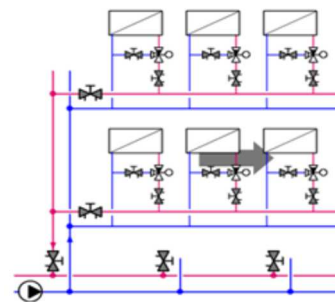
Plusieurs types de distribution sont utilisés dans les installations d'eau glacée. Nous citerons les deux plus courantes :

- Distribution avec pompe à **débit fixe** et installation de **vannes trois voies** sur les ventilo-convecteurs :

Les vannes 3 voies assurent un débit constant grâce au bipasse qui permet de réorienter le débit non nécessaire à l'instant T).



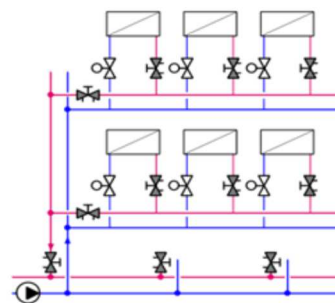
Détail fonctionnement vanne 3 voies



Installation eau glacée pompe débit fixe vannes 3 voies

- Distribution avec **pompe à débit variable** et installation de **vannes deux voies** sur les ventilo-convecteurs :

Les vannes 2 voies ne sont pas équipées de bypass, par conséquent lorsqu'elles se ferment, le débit qui irrigue le ventilo-convecteur diminue. La pression dans le réseau augmente et la pompe de distribution s'adapte pour maintenir une pression constante et de diminuer le débit en conséquence.



Installation eau glacée pompe débit variable vannes 2 voies

Ces deux configurations présentent des avantages et des inconvénients, le tableau ci-dessous permet de comparer succinctement les deux configurations.

	Terminaux avec vannes deux voies	Terminaux avec vannes trois voies
Avantages	<p>Permet de régler le débit d'eau glacée de l'installation en fonction de la demande de climatisation.</p> <p>Installation équipée de pompes à débit variable, la consommation électrique des auxiliaires est plus faible. Peut aller jusqu'à -60% de consommation électrique.</p> <p>Adaptation du débit d'eau glacée dans les terminaux au plus près de la demande lorsque les vannes deux voies sont à ouverture progressive.</p>	<p>Vannes trois voies montées sur les terminaux en usine par les fabricants.</p> <p>Adaptation du débit d'eau glacée dans les terminaux au plus près de la demande. Meilleur confort utilisateur.</p> <p>Simplicité d'installation et de mise en service.</p>
Inconvénients	<p>Régulation de la climatisation du local par la vitesse de ventilation des terminaux lorsque les vannes deux voies sont tout ou rien.</p>	<p>Débit d'eau glacée de l'installation fixe, réglé par l'installateur à la mise en service en fonction des terminaux à irriguer et la perte de charge du réseau. Consommation électrique permanente des pompes.</p> <p>Risque d'encrassement du bypass avec le temps, maintenance plus importante.</p>

Tableau 1 : Comparatif entre vannes deux voies et vannes trois voies

1.2 Phase 1 - Etat des lieux

L'état des lieux réalisé dans le cadre de ce projet a été phasé en trois étapes.

Dans un premier temps nous avons réalisé un état des lieux des installations existantes dans le parc de bâtiments tertiaires sur l'île de la Réunion afin d'estimer l'impact qu'a la climatisation centralisée à eau glacée sur la consommation électrique globale de l'île.

Dans un second temps, nous avons fait des recherches bibliographiques sur les techniques novatrices autour des installations d'eau glacée et avons contacté les fabricants de matériel pour lister ces dernières évolutions techniques.

Enfin nous avons échangé avec les principaux acteurs (sociétés d'installation et de maintenance) afin d'avoir leur point de vue complémentaire à la théorie.

1.2.1 Recensement des installations de climatisation existantes – impact sur la consommation électrique globale de la Réunion

Nous avons compilé différentes études réalisées à La Réunion pour :

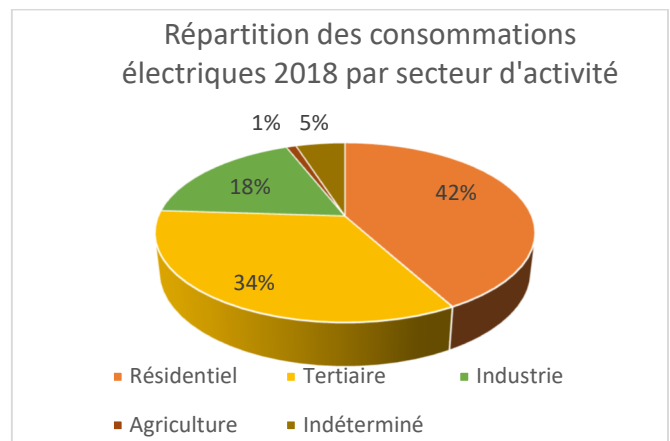
- Estimer la part de consommation électrique des bâtiments tertiaires.
- Estimer la part de consommation électrique liée à la climatisation dans le tertiaire.
- Dans cette consommation liée à la climatisation, la part liée aux installations à eau glacée.

1.2.1.1 Estimation de la part de consommation électrique de La Réunion

L'Observatoire Energie Réunion (OER) a réalisé en 2015 une étude portant sur la répartition des consommations électriques par secteur d'activité (industrie, résidentiel, agriculture et tertiaire) et l'établissement de ratios électriques par secteur d'activité. Une mise à

jour de l'étude a été réalisée à partir des données fournies par EDF pour l'année 2018 et présente la répartition des consommations électriques par secteur d'activité.

Les données globales du fichier de l'OER nous indiquent que la consommation électrique totale de l'île pour l'année 2018 est de : 2 723 GWh.



Source : Etude de l'Observatoire de l'Energie de La Réunion (OER) de 2015, mise à jour en 2018. SPL HR de 2018.

Conformément aux ordres de grandeur présentés les années précédentes, le secteur résidentiel consomme 42% de l'électricité. Vient ensuite le secteur tertiaire qui consomme 34% de l'électricité, puis l'industrie qui en consomme 18%. Le secteur de l'agriculture consomme quant à lui très peu d'électricité (1% des consommations totales).

Le Tertiaire à La Réunion représente donc 34% des consommations électriques de l'île soit environ 926 GWh annuels.

1.2.1.2 Estimation de la part de consommation électrique liée à la climatisation

Comment sont répartis ces 926 GWh ?

Il faut dissocier les usages de consommations électriques dans le tertiaire. Nous pouvons répartir ces consommations selon les usages suivants : climatisation, éclairage, informatique, autres.

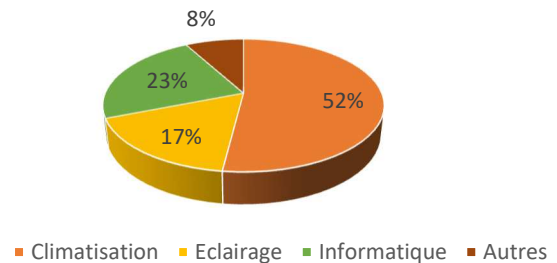
Au cours des dernières années, le territoire réunionnais a fait l'objet de diverses études visant à mieux connaître les consommations énergétiques propres à chaque secteur d'activité. L'une d'entre elles, *l'Etude sur la typologie des bâtiments tertiaires à La Réunion, réalisée par ARTELIA et ISPOS pour EDF et l'ADEME en 2012*, a notamment permis d'identifier le secteur des bureaux comme étant un enjeu important dans le bilan énergétique de l'île.

C'est dans ce contexte et dans le cadre de l'appel à projet national PACTE, « Améliorer la qualité de la construction dans les territoires ultramarins », porté par le ministère en charge du logement, que le groupement d'entreprises ARTELIA, DOM ENERGY et IPSOS a déposé un projet visant à réaliser des **diagnostics instrumentés des consommations d'énergie dans les bâtiments tertiaires de Guadeloupe et de La Réunion**.

Le **programme PACTE**, portée par l'ADEME et EDF, a permis l'élaboration d'un rapport en mai 2020, portant sur les **consommations d'électricité des bâtiments tertiaires à La Réunion** et en Guadeloupe, en fonction des usages. L'étude porte sur 55 sites de La Réunion, ce qui permet d'avoir une bonne vision d'ensemble du secteur. Parmi ces 55 sites, 15 sont des « grands bureaux » et 40 sont des dits « petits moyens bureaux » (3% de l'échantillon a une conso >60MWhé/an et 75% de l'échantillon a une conso comprise entre 7 et 19 MWhé/an).

Nous avons extrait de l'étude les éléments intéressant notre projet, à savoir la consommation liée à la climatisation dans ces sites tertiaires.

Répartition des consommations - Echantillon total



Source : PACTE - REX des consommations d'électricité des bâtiments tertiaires à La Réunion et en Guadeloupe. Mai 2020

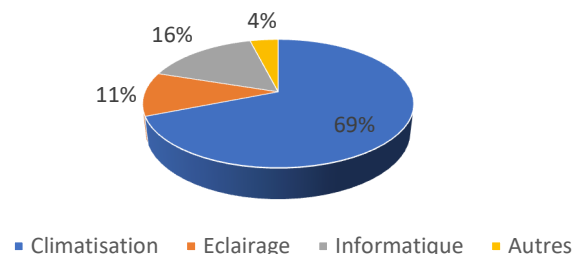
Sur l'ensemble des sites instrumentés les consommations électriques liées à la climatisation représentent 52% de la consommation totale.

1.2.1.3 Quelle part liée à la climatisation en fonction de la technologie

Nous pouvons extraire la répartition des consommations selon le type de climatisation utilisée :

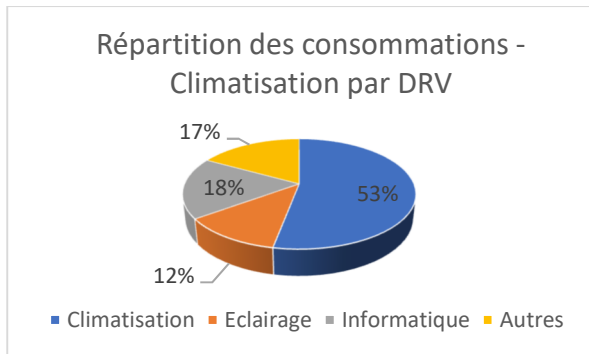
- Répartition des consommations d'un bâtiment climatisé via une installation centralisée à Eau Glacée.

Répartition des consommations - Climatisation par eau glacée



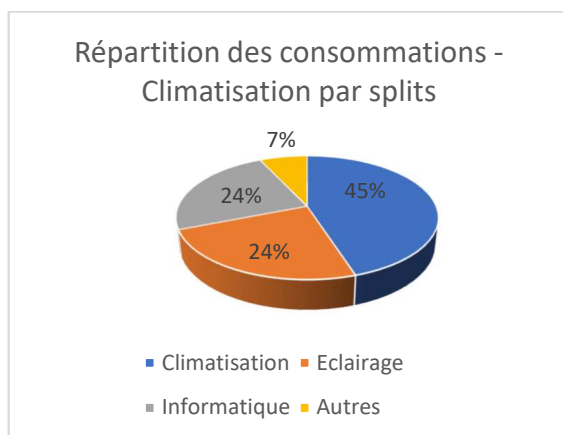
Source : PACTE - REX des consommations d'électricité des bâtiments tertiaires à La Réunion et en Guadeloupe. Mai 2020

- Répartition des consommations d'un bâtiment climatisé via une installation centralisée de type DRV.



Source : PACTE - REX des consommations d'électricité des bâtiments tertiaires à La Réunion et en Guadeloupe. Mai 2020

- Répartition des consommations d'un bâtiment climatisé via une installation indépendante de type Splits systèmes.



Source : PACTE - REX des consommations d'électricité des bâtiments tertiaires à La Réunion et en Guadeloupe. Mai 2020

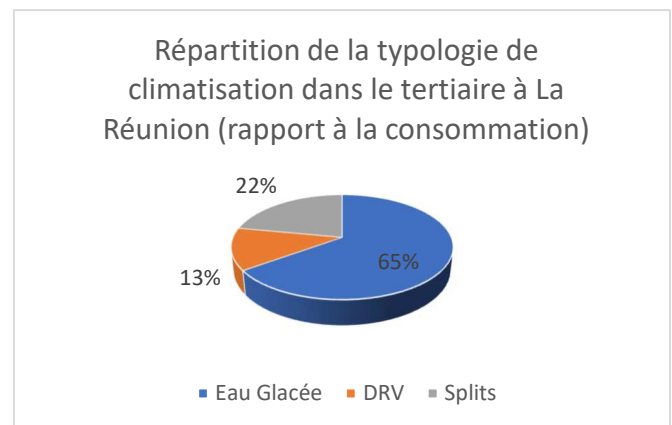
Un peu moins de la moitié des sites sélectionnés à La Réunion pour l'étude PACTE sont équipés de systèmes de climatisation centralisée, majoritairement de type installation d'eau glacée. Bien que l'intérêt de tels systèmes ne soit pas remis en question, leur état ainsi que leur gestion est source d'interrogations.

Les installations type production d'eau glacée souffrent dans 90% des cas d'une régulation peu flexible (débit fixe), de surdimensionnement, ou d'une conduite d'installation non maîtrisée qui rendent le poste climatisation très énergivore et précipitent la dégradation dans le temps des compresseurs.

Il ressort de cette étude que les installations à eau glacée qui ont des consommations électriques importantes souffrent des points suivants :

- Surdimensionnement de l'installation
- Pompe à débit fixe
- Fonctionnement 24h/24 (pas de coupure hors occupation des bureaux)
- Absence de pilotage de l'installation

Comme présenté ci-dessous, il s'avère qu'une grande partie des bâtiments tertiaires sont climatisés par un système centralisé à eau glacée :



Source : Recensement auprès des entreprises de maintenance

Alors quelle consommation électrique annuelle pour les installations d'eau glacée dans le tertiaire à La Réunion ?

Consommation de 926 GWh annuels pour le tertiaire.

65 % des installations tertiaires sont équipées de climatisation par eau glacée.

Dans les sites équipés d'eau glacée, 69% de la consommation électrique est liée à la climatisation.

On obtient une consommation annuelle de la climatisation eau glacée de 415 GWh pour La Réunion.

Nous proposons d'intervenir sur les installations d'eau glacée existantes à débit fixe en les modifiant en débit variable associé à des vannes

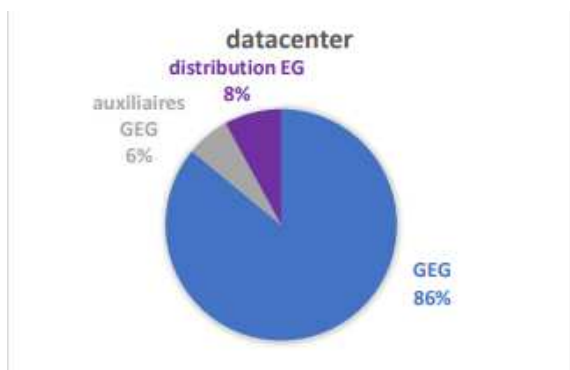
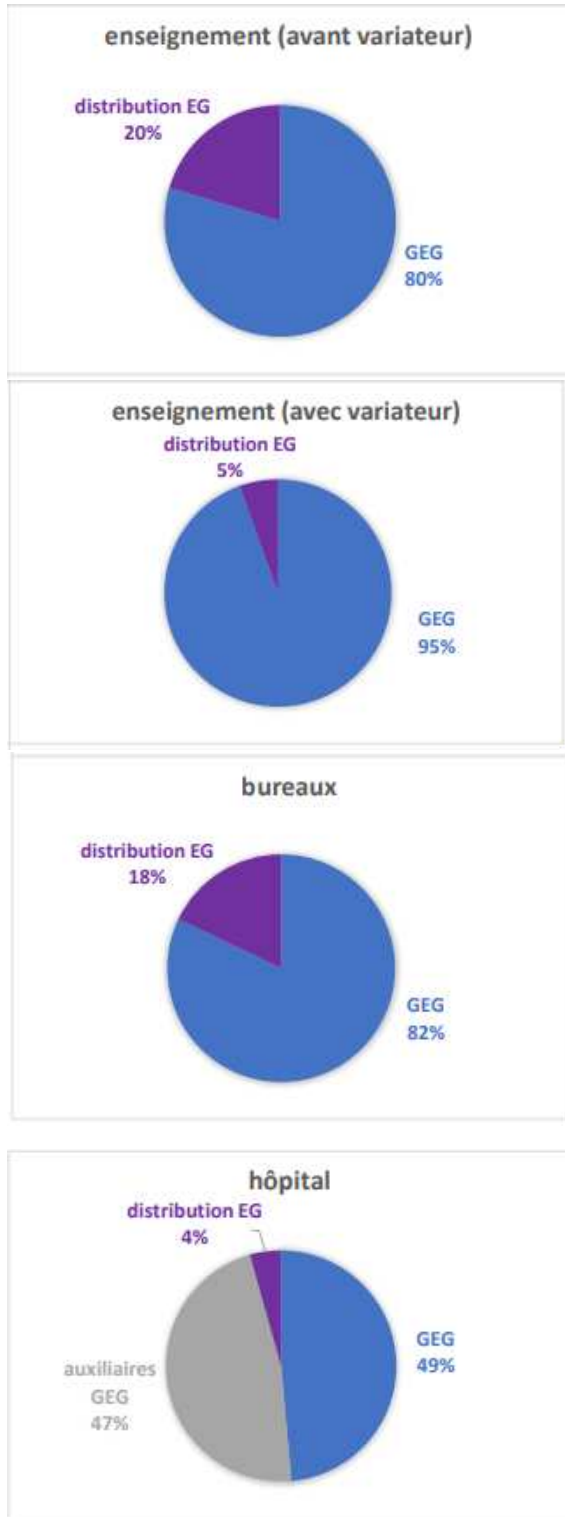
deux voies afin de limiter les consommations électriques des auxiliaires. **Mais quelle part de consommation représente les auxiliaires comme les pompes de circulation, dans les installations ?**

De notre retour d'expérience de suivis d'installations de clients Inset/Imageen, 10 à 40% de la consommation de la climatisation selon la conception des installations, la saison d'utilisation (en d'autres termes l'appel de puissance ou le besoin en climatisation du bâtiment selon la période de l'année).

L'étude SWACool financé par l'Ademe et réalisé par GreenTech en sept 2020 a réalisé des mesures sur 4 bâtiments tertiaires représentatif sur La Réunion : l'hôpital PFME de St Pierre, les bureaux de la CAF de St Paul, la Fac de lettres de St Denis, le Datacenter du Port.

Ci-contre, la répartition de la consommation électrique annuelle dédiée à la climatisation Eau Glacée (hors terminaux) sur les 4 sites. Pour la fac de lettres, il est intéressant de noter les mesures avec pompe à débit fixe (sans variateur) et avec pompe à débit variable (avec variateur).

Nous pouvons constater que pour des installations avec des besoins froids assez constants et réguliers (datacenter par exemple, ou hôpital), la proportion de consommation de la pompe reste limitée sur les site étudiés (entre 4 et 8%). En effet, le part compresseur étant importantes et constante, le poste pompage reste minime sur ce genre d'installations.



Pour les installations tertiaires fonctionnant 12h/24, 5j/7, la proportion de consommation de la pompe passe entre 18 et 20%.

L'étude SWACool montre aussi que les installations d'eau glacée sont majoritairement surdimensionnées et que par conséquent le delta T entrée sortie qui devrait être optimum à 5° est très souvent inférieur à 2°C. Avec la mise en place de la variation de vitesse on s'aperçoit que le delta T remonte dans la limite du possible selon le débit minimum à l'évaporateur, exigé par le fabricant.

Sur l'exemple de la mise en place d'un variateur sur la pompe de la fac de lettres, on constate un gain de 15% sur la consommation électrique de la climatisation. Il est à noter que la pompe fonctionne 24h/24. Elle pourrait être coupée la nuit et le Week end. Sa consommation serait alors de 2%.

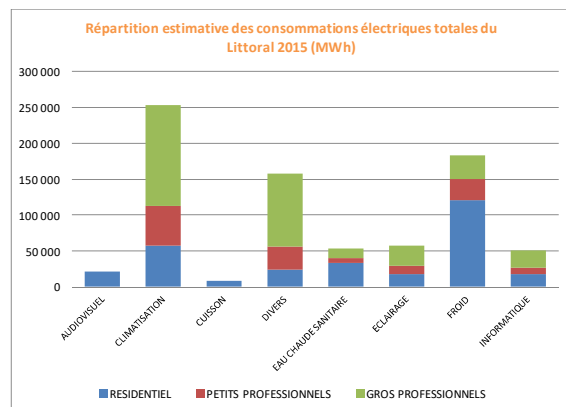
Nous pensons que selon les installations, en fonction de leurs caractéristiques, leur utilisation, le pilotage et l'occupation des locaux les gains peuvent varier entre 10 et 25%.

Cela permet d'envisager un gain entre 40 et 100 GWh sur la consommation de l'île si l'ensemble des installations étaient améliorées soit entre 1,5 et 3,7% de la consommation électrique de La Réunion.

1.2.2 Recensement des installations de climatisation existantes – impact sur la consommation électrique globale de la Guyane

Avec l'arrêt de l'observatoire de l'énergie en 2017, les dernières données valides en Guyane datent de 2015. A cette date la consommation électrique était de 777 GWh sur le littoral dont 484 GWh (62%) au titre des professionnels. La part du tertiaire dans la consommation électrique totale est de 280 GWh (36%). La consommation électrique de l'intérieur est de 16 GWh (18 GWh livrés).

La part de la climatisation dans la consommation énergétique des bâtiments tertiaires pourrait être estimée à 50% en première approche. La climatisation reste le plus gros poste de consommation représentant 32% de la consommation électrique totale soit 250 GWh, constitué en grande partie par quelques gros professionnels. Nous pouvons noter une pénétration de la climatisation dans le résidentiel en forte hausse sur la période 2009-2014 (+8%) pour atteindre 38% qui serait en stagnation actuellement.



Source : bilan énergétique régional 2015 (GEC)

En 2015, la climatisation dans le secteur tertiaire est estimée à 25% des consommations électriques du littoral soit 194 GWh (69% des consommations électriques du secteur tertiaire). L'ordre de grandeur de ce chiffre est corroboré à l'échelle micro par le retour d'expérience sur les diagnostics réalisés sur les bâtiments tertiaires.

Source : Actualisation MDE Guyane ADEME (nov. 2020, ALTER)

Il n'y a pas de données en Guyane, d'étude récente, sur la climatisation centralisée (dont l'eau glacée) ou même la performance réelle de la climatisation individuelle, cependant l'installation de climatisations individuelles est très dynamique. La part d'installations Eau glacée n'est pas supérieure à 25% pour les professionnels (tertiaire).

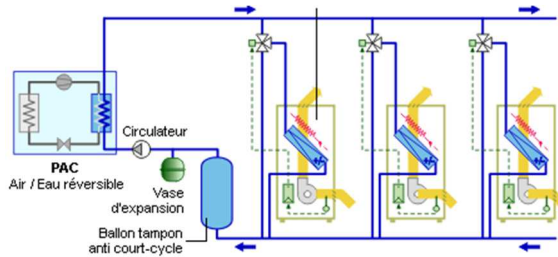
Cela permet d'envisager un gain entre 5 et 12 GWh sur la consommation si l'ensemble des installations étaient améliorées soit entre 0,6 et 1,5% de la consommation électrique de La Guyane.

1.2.3 Recherche sur la technique

De nombreux échanges avec les fabricants de matériel ainsi qu'avec les sociétés d'installation et de maintenance de productions d'eau glacée permettent de mettre en avant une liste de points d'attention lors de migration des installations existantes.

95% des installations existantes à la réunion sont conçues avec un débit primaire seulement, cela signifie que la pompe irrigue à la fois le groupe de production et l'ensemble de l'installation de terminaux.

➔ ***Ce sont ces installations qui sont ciblées dans le cadre de la présente étude***

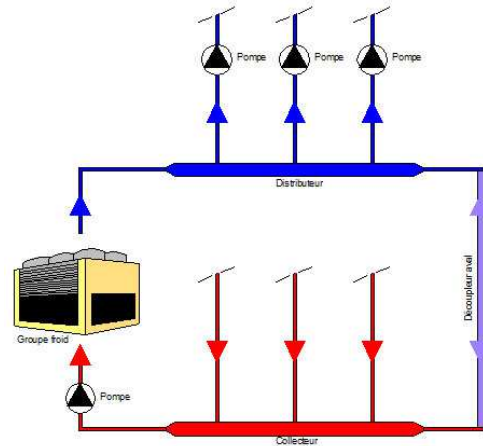


Exemple d'installation avec un réseau primaire

Dans certains cas (grosses installations ou particularités de fonctionnement), les installations sont conçues avec un réseau primaire qui assure le débit entre le groupe de production et un échangeur ou une bouteille de découplage. Un réseau secondaire assure lui le débit entre l'échangeur ou la bouteille de mélange et les terminaux.

Cela peut présenter des avantages en termes de consommations énergétiques et/ou en termes de conduite/pilotage d'installation mais multiplie le nombre de pompe.

➔ ***La présente étude ne concerne pas ces installations***



Exemple d'installation avec un réseau primaire et plusieurs réseaux secondaire

Les échanges avec les fournisseurs, fabricants et installateurs, nous ont permis de réaliser un listing des « Risques » potentiels lors de la migration d'une installation à débit fixe en débit variable (avec seul réseau primaire) :

- Gel de l'évaporateur si le débit minimal de circulation d'eau préconisé par le fournisseur dans le GEG n'est pas respecté. *Attention concernant ce point, il y a tout de même des sécurités prévues sur les installations par les fournisseurs pour éviter ce type de casse (flow switch ou contrôleur de débit) mais ces derniers ne sont pas infaillibles et sont d'ailleurs souvent source de défaillance et de « bricolage » en maintenance, d'où un risque important pour l'installation en cas de débit trop faible.*



- Court cycle sur les compresseurs (arrêt et redémarrage intempestif du fait d'un débit trop faible)
- Non irrigation de certaines branches qui risque d'entraîner des temps d'attente important au niveau des terminaux lors de l'ouverture d'une vanne sur une branche où tout serait fermé. Cela rejoint également le sujet des courts cycles et des démarrages intempestifs des compresseurs.
- Problème d'équilibrage / déséquilibre du réseau. Lien entre le débit et la pression dans le réseau, si la gestion du débit est maîtrisée dans l'installation à débit variable, il ne faut pas être en déficit de pression et pénaliser certains terminaux (les plus loin par exemple). Si des soucis d'équilibrage étaient existants avant les travaux de migration, le passage en débit variable risque d'amplifier ce phénomène.



Cependant des solutions existent pour éviter ces problèmes :

- Valider le débit minimal accepté par le groupe sur l'évaporateur et lors de la mise en service, assurer ce minimum comme un préalable. Pour certaines installations cela peut limiter le gain énergétique envisagé sur le poste « pompes », nous pourrions alors envisager de proposer la création d'un primaire/secondaire qui permettrait d'optimiser les consommations moyennant un investissement de départ plus conséquent.
- La modification de l'installation devra être conçue pour respecter les plages

de débits d'eau minimum et maximum sur le groupe froid conformément aux valeurs indiquées par le constructeur.

- Prévoir si nécessaire un ballon tampon pour éviter les courts cycles en cas de fonctionnement en faible débit.
- Prévoir des bipes pour assurer un débit minimum : biper le débit approprié peut être réalisé avec une vanne modulante ayant une ouverture lente et modulante dès que le débit s'approche du minimum. Lorsque le débit remonte selon la limite prédéfinie, la vanne se referme. Cette vanne de régulation peut être pilotée par la régulation du groupe. Ce bipes doit être positionné en début de l'installation à proximité de l'unité de production. Une solution alternative est de poser des vannes 3 voies à différents points du système sur des unités terminales. Cette approche permet à la fois d'assurer un débit minimum garanti et constant dans le groupe d'eau glacée et de garantir une conception moins onéreuse.
- Utiliser des vannes terminales auto-régulantes pour ne pas amplifier les problèmes d'équilibrage qui pourraient déjà exister sur le site.
- Faire réaliser un ré-équilibrage de la distribution hydraulique et ajouter au besoin des vannes d'équilibrages pour permettre de régler les débits des différentes branches à irriguer.

1.3 Phase 2 - Etudes théoriques, Projections

Installations à eau glacée – consommation énergétique de la pompe de distribution

Nous avons réalisé des études théoriques de consommations énergétiques de la pompe de distribution d'eau glacée selon différentes tailles d'installation et différents scénarii d'usage des locaux. Les études portent sur 3 tailles d'installations : 100kWf, 300kWf et 500kWf. Selon notre retour d'expérience des installations sur lesquelles nous intervenons mais aussi selon l'expérience des sociétés d'entretien maintenance du secteur, nous décidons d'étudier 3 scénario qui représentent l'éventail possible d'installations existantes :

- Scénario 1 : fonctionnement de la climatisation 5jours/7, 13h/24 (de 6h30 à 19h30) pour climatiser les locaux seulement le temps d'ouverture des bureaux.
- Scénario 2 : fonctionnement de la climatisation 7jours/7, 24h/24 pour climatiser les bureaux et un local serveur par exemple.
- Scénario 3 : fonctionnement du scénario 1 uniquement sur la période été et intermédiaire du 15 octobre au 15 mai (7mois).

Enfin, ces divers scénarii ont été étudiés selon 2 modèles de dimensionnement d'installation :

- i. La définition des besoins en climatisation des locaux est bonne et le dimensionnement de la pompe est optimisé (bon débit et bonne HMT).
- ii. La définition des besoins en climatisation des locaux est surdimensionnée de 25% et le dimensionnement de la pompe est surdimensionnée de 25% également.

1.3.1 Etudes pour les bureaux dont les installations de climatisation sont correctement dimensionnées

Cas d'un immeuble de bureaux - besoins en climatisation très bien définis - Pompe très bien sélectionnée (débit et HMT) - Fonctionnement de 6h30 à 20h30 en semaine				
Scénario 1 - fonctionnement 5/7j 13/24h pour climatiser seulement le temps d'ouverture des bureaux				
Scénario 2 - fonctionnement 7/7j 24/24h pour climatiser les bureaux et un local serveur par exemple				
Scénario 3 - fonctionnement scénario 1 sur période été du 15 octobre au 15 mai (7mois)				
Calculs de consommation avec pompe à débit fixe				
	Puissance froid installation (en kWf)	100	300	500
	Débit pompe sélectionnée (en m3/h)	17,22	51,67	86,12
	Puissance électrique pompe à 100% (en kW) * ** ***	1,086	3,623	8,173
Scénario 1	Temps de fonctionnement pompe par jour (en h)	13	13	13
	Temps de fonctionnement pompe par semaine (en j)	5	5	5
	Consommation annuelle pompe à débit fixe (en kWh)	3680,8	12279,4	27700,6
	Consommation annuelle pompe à débit fixe (en €)	460,1	1534,9	3462,6
Scénario 2	Temps de fonctionnement pompe par jour (en h)	24	24	24
	Temps de fonctionnement pompe par semaine (en j)	7	7	7
	Consommation annuelle pompe à débit fixe (en kWh)	9513,4	31737,5	71595,5
	Consommation annuelle pompe à débit fixe (en €)	1189,2	3967,2	8949,4
Scénario 3	Temps de fonctionnement pompe par jour (en h)	13	13	13
	Temps de fonctionnement pompe par semaine (en j)	5	5	5
	Consommation annuelle pompe à débit fixe (en kWh)	2147,1	7163,0	16158,7
	Consommation annuelle pompe à débit fixe (en €)	268,4	895,4	2019,8
Données constructeur sur la puissance électrique des pompes à charge partielle :				
	Puissance électrique pompe (débit à 100%) (en kW) * ** ***	1,086	3,623	8,173
	Puissance électrique pompe (débit à 75%) (en kW) * ** ***	0,788	2,523	5,98
	Puissance électrique pompe (débit à 50%) (en kW) * ** ***	0,3372	1,628	4,219
	Puissance électrique pompe (débit à 25%) (en kW) * ** ***	0,1492	0,9794	2,846
Besoins en climatisation sur l'année ****				
	100% de charge	11	j	
	75 % de charge	47	j	
	50% de charge	76	j	
	25% de charge	231	j	
		365	j	

- * pompe sélectionnée WILO STRATOS MAXO 65/0,5 - 16 PN6/10 - R7
- ** pompe sélectionnée WILO STRATOS GIGA 80/1 - 21/3,5
- *** pompe sélectionnée WILO STRATOS GIGA 80/4 - 53/22
- **** sur la base de relevés sur installation existante.

Calculs de consommation avec pompe à débit variable				
	Puissance froid installation (en kWf)	100	300	500
	Débit pompe sélectionnée (en m3/h)	17,22	51,67	86,12
	Puissance électrique pompe (débit à 100%) (en kWe)	1,086	3,623	8,173
	100% de charge (en j)	11	11	11
	Puissance électrique pompe (débit à 75%) (en kWe)	0,788	2,523	5,98
	75 % de charge (en j)	47	47	47
	Puissance électrique pompe (débit à 50%) (en kWe)	0,3372	1,628	4,219
	50% de charge (en j)	76	76	76
	Puissance électrique pompe (débit à 25%) (en kWe)	0,1492	0,9794	2,846
	25% de charge (en j)	231	231	231
Scénario 1	Temps de fonctionnement pompe par jour (en h)	13	13	13
	Temps de fonctionnement pompe par semaine (en j)	5	5	5
	Consommation annuelle pompe à débit variable (en kWh)	1272,2	5790,6	14815,8
	Consommation annuelle pompe à débit variable (en €)	159,0	723,8	1852,0
	Gain annuel (en €)	301,1	811,1	1610,6
	Gain annuel (en %)	65%	53%	47%
Scénario 2	Temps de fonctionnement pompe par jour (en h)	24	24	24
	Temps de fonctionnement pompe par semaine (en j)	7	7	7
	Consommation annuelle pompe à débit variable (en kWh)	2231,1	10443,3	26907,1
	Consommation annuelle pompe à débit variable (en €)	278,9	1305,4	3363,4
	Gain annuel (en €)	910,3	2661,8	5586,1
	Gain annuel (en %)	77%	67%	62%
Scénario 3	Temps de fonctionnement pompe par jour (en h)	13	13	13
	Temps de fonctionnement pompe par semaine (en j)	5	5	5
	Consommation annuelle pompe à débit variable (en kWh)	796,3	3492,8	8861,0
	Consommation annuelle pompe à débit variable (en €)	99,5	436,6	1107,6
	Gain annuel (en €)	360,6	1098,3	2355,0
	Gain annuel (en %)	78%	72%	68%

1.3.2 Etudes pour les bureaux dont les installations de climatisation sont surdimensionnées

Cas d'un immeuble de bureaux - besoins en climatisation surdimensionnés de 25% - Pompe majorée de 25% (débit et HMT) - Fonctionnement de 6h30 à 20h30 en semaine				
Scénario 1 - fonctionnement 5/7j 13/24h pour climatiser seulement le temps d'ouverture des bureaux				
Scénario 2 - fonctionnement 7/7j 24/24h pour climatiser les bureaux et un local serveur par exemple				
Scénario 3 - fonctionnement scénario 1 sur période été du 15 octobre au 15 mai (7mois)				
Calculs de consommation avec pompe à débit fixe				
	Puissance froid installation (en kWf)	100	300	500
	Débit pompe sélectionnée (en m3/h)	21,00	64,00	107,00
	Puissance électrique pompe à 100% (en kW) * ** ***	1,849	6,535	11,980
Scénario 1	Temps de fonctionnement pompe par jour (en h)	13	13	13
	Temps de fonctionnement pompe par semaine (en j)	5	5	5
	Consommation annuelle pompe à débit fixe (en kWh)	6266,8	22149,0	40603,6
	Consommation annuelle pompe à débit fixe (en €)	783,3	2768,6	5075,5
Scénario 2	Temps de fonctionnement pompe par jour (en h)	24	24	24
	Temps de fonctionnement pompe par semaine (en j)	7	7	7
	Consommation annuelle pompe à débit fixe (en kWh)	16197,2	57246,6	104944,8
	Consommation annuelle pompe à débit fixe (en €)	2024,7	7155,8	13118,1
Scénario 3	Temps de fonctionnement pompe par jour (en h)	13	13	13
	Temps de fonctionnement pompe par semaine (en j)	5	5	5
	Consommation annuelle pompe à débit fixe (en kWh)	3655,6	12920,2	23685,5
	Consommation annuelle pompe à débit fixe (en €)	457,0	1615,0	2960,7
Données constructeur sur la puissance électrique des pompes à charge partielle :				
	Puissance électrique pompe (débit à 100%) (en kW) * ** ***	1,849	6,535	11,98
	Puissance électrique pompe (débit à 75%) (en kW) * ** ***	1,402	5,066	8,402
	Puissance électrique pompe (débit à 50%) (en kW) * ** ***	1,027	3,831	5,623
	Puissance électrique pompe (débit à 25%) (en kW) * ** ***	0,7124	2,823	3,521
Besoins en climatisation sur l'année ****				
	100% de charge	11	j	
	75 % de charge	47	j	
	50% de charge	76	j	
	25% de charge	231	j	
		365	j	

- * pompe sélectionnée WILO STRATOS MAXO 65/0,5 - 16 PN6/10 - R7
- ** pompe sélectionnée WILO STRATOS GIGA 80/1 - 21/3,5
- *** pompe sélectionnée WILO STRATOS GIGA 80/4 - 53/22
- **** sur la base de relevés sur installation existante.

Calculs de consommation avec pompe à débit variable				
	Puissance froid installation (en kWf)	100	300	500
	Débit pompe sélectionnée (en m3/h)	21,00	64,00	107,00
	Puissance électrique pompe (débit à 100%) (en kWe)	1,849	6,535	11,98
	100% de charge (en j)	11	11	11
	Puissance électrique pompe (débit à 75%) (en kWe)	1,402	5,066	8,402
	75 % de charge (en j)	47	47	47
	Puissance électrique pompe (débit à 50%) (en kWe)	1,027	3,831	5,623
	50% de charge (en j)	76	76	76
	Puissance électrique pompe (débit à 25%) (en kWe)	0,7124	2,823	3,521
	25% de charge (en j)	231	231	231
Scénario 1	Temps de fonctionnement pompe par jour (en h)	13	13	13
	Temps de fonctionnement pompe par semaine (en j)	5	5	5
	Coefficient de pourcentage de charge sur la journée	76,92	76,92	76,92
	Consommation annuelle pompe à débit variable (en kWh)	3594,9	13360,1	19871,6
	Consommation annuelle pompe à débit variable (en €)	449,4	1670,0	2484,0
	Gain annuel (en €)	334,0	1098,6	2591,5
	Gain annuel (en %)	43%	40%	51%
Scénario 2	Temps de fonctionnement pompe par jour (en h)	24	24	24
	Temps de fonctionnement pompe par semaine (en j)	7	7	7
	Consommation annuelle pompe à débit variable (en kWh)	6533,4	24324,5	35984,5
	Consommation annuelle pompe à débit variable (en €)	816,7	3040,6	4498,1
	Gain annuel (en €)	1208,0	4115,3	8620,0
	Gain annuel (en %)	60%	58%	66%
Scénario 3	Temps de fonctionnement pompe par jour (en h)	13	13	13
	Temps de fonctionnement pompe par semaine (en j)	5	5	5
	Consommation annuelle pompe à débit variable (en kWh)	2145,4	7952,9	11935,1
	Consommation annuelle pompe à débit variable (en €)	268,2	994,1	1491,9
	Gain annuel (en €)	1510,2	620,9	1468,8
	Gain annuel (en %)	59%	38%	50%

1.3.3 Annexe technique – Sélection des pompes utilisées dans les calculs théoriques :

Les documents suivants sont des extraits des fiches de sélection de pompes que nous avons retenus pour faire nos calculs de consommation suivant les caractéristiques et les hypothèses que nous avons proposées précédemment pour les niveaux de puissance entre 100kWf et 500kWf.

Sélection pompes débits variables WILO - Pour Bureaux bien dimensionnés

➔ Pompe avec un débit de 17m³/h – 15 m HMT de pression disponible

Wilo-Select 4 online - Le conseil x Wilo-Select 4 x Guide complet pour aire une co x +

https://www.wilo-select.com/SearchResult.aspx

Rechercher

Lancer nouvelle sélection Choisir la langue Réglages Aide-mémoire (0)

Sélection de pompe avec définitions personnelles : Domaine d'application et produit

Résultat de la recherche : Données d'exploitation Visualiser les données d'entrée Aperçu des charges d'exploitation

	Nom prod.	Conseil	Type de construction	Art. n°	ΔQ/Q %	Prix tot...	Coûts é...	MEI	P ₁ kW	P ₂ kW	P _{in} kW	η %	DNc	DNd	Période...	Indice é...	Longueur
✓	Stratos MAXO 65/0,5-16 PN6/10-R7		Smart circulateur premium à rotor noyé	2217962	0	Sur dem.	692,49		1,088	0,9789	1,238		DN 65	DN 65		≤ 0,17	340
✓	Stratos MAXO 50/0,5-16 PN16		Smart circulateur premium à rotor noyé	2186279	-1,361	Sur dem.	670,95		1,03	0,9272	1,272		DN 50	DN 50		≤ 0,17	340
✓	Stratos MAXO 50/0,5-16 PN6/10-R7		Smart circulateur premium à rotor noyé	2217958	-1,361	Sur dem.	670,95		1,03	0,9272	1,272		DN 50	DN 50		≤ 0,17	340
✓	Stratos MAXO 80/0,5-16 PN16		Smart circulateur premium à rotor noyé	2186286	0	Sur dem.	877,87		1,305	1,174	1,414		DN 80	DN 80		≤ 0,17	360
✓	Stratos MAXO 80/0,5-16 PN10-R7		Smart circulateur premium à rotor noyé	2217968	0	Sur dem.	877,87		1,305	1,174	1,414		DN 80	DN 80		≤ 0,17	360

22 entrées trouvées - Attention : certaines pompes de la liste ne prennent pas en charge le critère de tri sélectionné: [Prix d'agrégat - Tri ascendant]

Informations

Stratos MAXO 65/0,5-16 PN6/10-R7: Courbe de performance pompe

Modifier: Sortie diagramme Options diagramme Courbe de fonctionnement Point de fonct. contractuel Alignement du texte

Point de fonctionnement de: A1 [Q: 17m³/h / H: 15m]

Sélection hydraulique

Courbe caractéristique: Marche individuelle dp-v

Mentions légales Plan juridique Déclaration de protection des données

RETOUR SÉLECTION DES ACCESSOIRES VERS L'AIDE-MÉMOIRE

Wilo-Select 4 online - Le conseil x Wilo-Select 4 x Guide complet pour aire une co x +

https://www.wilo-select.com/SearchResult.aspx

Rechercher

Lancer nouvelle sélection Choisir la langue Réglages Aide-mémoire (0)

Coûts d'exploitation

Coûts d'exploitation et de maintien Coûts d'exploitation et de maintien (VDI 2067)

Désignation	Zone d'application / m ² /h	t / h	Besoins en énergie / kW...	Coûts énergétiques / EU...	Puissance absorbée P1 / ...	Coûts d'investissement / ...	Coûts d'exploitation / EU...	Coûts totaux / EUR
✓ Stratos MAXO 65/0,5-16 PN617	6000	2308	692,49	0,3847	Saisie utilisateur	692,49		
Stratos MAXO 50/0,5-16 PN117	6000	2237	670,95	0,3728	Saisie utilisateur	670,95		
Stratos MAXO 50/0,5-16 PN617	6000	2237	670,95	0,3728	Saisie utilisateur	670,95		
Stratos MAXO 80/0,5-16 PN117	6000	2926	877,87	0,4877	Saisie utilisateur	877,87		

Graphique des coûts Comparaison des coûts Puissance absorbée Besoins en énergie Emissions de CO₂

Puissance absorbée conformément au profil de charge

Mentions légales Plan juridique Déclaration de protection des données

RETOUR SÉLECTION DES ACCESSOIRES VERS L'AIDE-MÉMOIRE

➔ Pompe avec un débit de 51 m³/h – 20 m HMT de pression disponible

Wilo-Select 4 online - Le conseil x Wilo-Select 4 x Guide complet pour aire une ca x +

https://www.wilo-select.com/SearchResult.aspx

wilo > Lancer nouvelle sélection Choisir la langue Réglages Aide-mémoire (0)

Sélection de pompe avec définitions personnelles : Domaine d'application et produit

Résultat de la recherche : Données d'exploitation Visualiser les données d'entrée Aperçu des charges d'exploitation

Nom prod.	Conseil	Type de construction	Art. n°	ΔQ/Q %	Prix total ...	Coûts ém...	MEI	P ₁ kW	P ₂ kW	P ₃ kW	η %	DNs	DNd	Période d...
Stratos GIGA 80/1-21/3,5	✓	Pompe à moteur ventilé simple et hau	2170130	-2,388	Sur dem.	2873,37	≥ 0,7	3,623	3,178	3,5	81,28	DN 80	DN 80	
Stratos GIGA 65/1-38/3,8	✓	Pompe à moteur ventilé simple et hau	2170128	0	Sur dem.	2728,47	≥ 0,7	4,08	3,32	3,8	80,43	DN 65	DN 65	
Stratos GIGA 80/4-53/22	✓	Pompe à moteur ventilé simple et hau	2191923	0	Sur dem.	4926,56	≥ 0,4	4,41	4,387	22,3	55,24	DN 80	DN 80	
Stratos GIGA 80/3-40/15	✓	Pompe à moteur ventilé simple et hau	2191921	0	Sur dem.	4627,15	≥ 0,4	4,208	4,102	15,5	58,75	DN 80	DN 80	
Stratos GIGA 80/3-48/18,5	✓	Pompe à moteur ventilé simple et hau	2191922	0	Sur dem.	4869,45	≥ 0,4	4,378	4,296	19,6	54,69	DN 80	DN 80	

33 entrées trouvées - Attention : certaines pompes de la liste ne prennent pas en charge le critère de tri sélectionné. [Prix d'agrégat - Tri ascendant]

Informations **Stratos GIGA 80/1-21/3,5: Courbe de performance pompe**

Modifier: Sortie diagramme Options diagramme Courbe de fonctionnement Point de fonct. contractuel Alignement du texte

Points de courbe de performance

Mentions légales Plan juridique Déclaration de protection des données

RETOUR SELECTION DES ACCESSOIRES VERS LAIDE-MEMOIRE

Wilo-Select 4 online - Le conseil x Wilo-Select 4 x Guide complet pour aire une ca x +

https://www.wilo-select.com/SearchResult.aspx

wilo > Lancer nouvelle sélection Choisir la langue Réglages Aide-mémoire (0)

Coûts d'exploitation

Coûts d'exploitation et de maintien Coûts d'exploitation et de maintien (VDI 2067)

Désignation	Zone d'application / m³/h	t / h	Besoins en énergie / kW...	Coûts énergétiques / EU...	Puissance absorbée P1 / ...	Coûts d'investissement /...	Coûts d'exploitation / EU...	Coûts totaux / EUR
Stratos GIGA 80/1-21/3,5	51	6000	9579	2873,37	1,596	Saisie utilisateur	2873,37	
Stratos GIGA 65/1-38/3,8	51	6000	9095	2728,47	1,516	Saisie utilisateur	2728,47	
Stratos GIGA 80/4-53/22	51	6000	16420	4926,56	2,737	Saisie utilisateur	4926,56	
Stratos GIGA 80/3-40/15	51	6000	15420	4627,15	2,571	Saisie utilisateur	4627,15	

Graphique des coûts Comparaison des coûts Puissance absorbée Besoins en énergie Emissions de CO²

Puissance absorbée conformément au profil de charge

FERMER

Mentions légales Plan juridique Déclaration de protection des données

RETOUR SELECTION DES ACCESSOIRES VERS LAIDE-MEMOIRE

➔ Pompe avec un débit de 86 m³/h – 25 m HMT de pression disponible

Wilo-Select 4 online - Le conseil

https://www.wilo-select.com/SearchResult.aspx

Wilo > Lancer nouvelle sélection Choisir la langue Réglages Aide-mémoire (0)

Sélection de pompe avec définitions personnelles : Domaine d'application et produit

Résultat de la recherche : Données d'exploitation Visualiser les données d'entrée Aperçu des charges d'exploitation

	Nom prod.	Conseil	Type de construction	Art. n°	ΔQ/Q %	Prix total	Coûts én...	MEI	P ₁ kW	P ₂ kW	P _{un} kW	η %	DNs	DNd	Période d...
✓	Stratos GIGA 80/4-53/22		Pompe à moteur ventilé simple et hau	2191923	0	Sur dem.	7409,62	≥ 0,4	8,173	8,101	22,3	70,15	DN 80	DN 80	
✓	Stratos GIGA 80/3-48/18,5		Pompe à moteur ventilé simple et hau	2191922	0	Sur dem.	7286,34	≥ 0,4	8,094	7,892	19,6	69,67	DN 80	DN 80	
✓	Stratos GIGA 80/2-31/11		Pompe à moteur ventilé simple et hau	2191920	0	Sur dem.	6577,49	≥ 0,4	7,887	7,609	11,3	78,49	DN 80	DN 80	
✓	Stratos GIGA 80/3-40/15		Pompe à moteur ventilé simple et hau	2191921	0	Sur dem.	6917,24	≥ 0,4	7,849	7,569	15,5	76,24	DN 80	DN 80	
✓	Stratos GIGA 100/3-33/22		Pompe à moteur ventilé simple et hau	2191927	-1,944	Sur dem.	10857,31	≥ 0,4	9,679	9,56	24,1	55,26	DN 100	DN 100	

29 entrées trouvées - Attention : certaines pompes de la liste ne prennent pas en charge le critère de tri sélectionné. [Prix d'agrégat - Tri ascendant]

Informations **Stratos GIGA 80/4-53/22: Courbe de performance pompe**

Modifier: Sortie diagramme Options diagramme Courbe de fonctionnement Point de fonct. contractuel Alignement du texte

Point de fonctionnement de [A] (Q: 86m³/h / H: 25m)

Sélection hydraulique

Courbe caractéristique Marche individuelle dp-v

Type d'installation avec capteur de pression

Nom

Combinaison de matériaux

Ornementure d'étanchéité d'arbre AQ1EGG

Hauteur de retournement

Points de courbe de performance

Mentions légales Plan juridique Déclaration de protection des données

RETOUR SÉLECTION DES ACCESSOIRES VERS L'AIDE-MÉMOIRE

Wilo-Select 4 online - Le conseil

https://www.wilo-select.com/SearchResult.aspx

Wilo > Lancer nouvelle sélection Choisir la langue Réglages Aide-mémoire (0)

Coûts d'exploitation

Coûts d'exploitation et de maintien Coûts d'exploitation et de maintien (VDI 2067)

Désignation	Zone d'application / m ³ /h	t / h	Besoins en énergie / kW...	Coûts énergétiques / EU...	Puissance absorbée P ₁ / ...	Coûts d'investissement / ...	Coûts d'exploitation / EU...	Coûts totaux / EUR
Stratos GIGA 80/4-53/22	86	6000	24700	7409,62	4,116	Saisie utilisateur	7409,62	
Stratos GIGA 80/3-48/18,5	86	6000	24290	7286,34	4,048	Saisie utilisateur	7286,34	
Stratos GIGA 80/2-31/11	86	6000	21920	6577,49	3,654	Saisie utilisateur	6577,49	
Stratos GIGA 80/3-40/15	86	6000	23060	6917,24	3,843	Saisie utilisateur	6917,24	

Graphique des coûts Comparaison des coûts Puissance absorbée Besoins en énergie Emissions de CO₂

Puissance absorbée conformément au profil de charge

■ Fonct. à pleine charge (Q = 100 %; t = 6 %)
 ■ Fonct. à charge partielle (Q = 75 %; t = 19 %)
 ■ Fonct. à faible charge (Q = 25 %; t = 44 %)
 ■ Réduction de nuit (Q = 50 %; t = 35 %)

8,173 6,98 3,84 4,319

Wilo-Stratos GIGA 80/4-53/22

Mentions légales Plan juridique Déclaration de protection des données

RETOUR SÉLECTION DES ACCESSOIRES VERS L'AIDE-MÉMOIRE

FERMER

Sélection pompes surdimensionnées débit fixe WILLO – Pour Bureaux mal dimensionnés

➔ Pompe avec un débit de 21m³/h – 19 m HMT de pression disponible

Yonos GIGA2.0-I 50/1-25/4,0: Courbe de performance pompe

326 entrées trouvées - Attention : certaines pompes de la liste ne prennent pas en charge le critère de tri sélectionné. [Prix d'agrégat - Tri ascendant]

Nom prod.	Conseil	Type de construction	Art. n°	AQ/Q	Prix t.	Coûts	MEI	P ₁ kW	P ₂ kW	P ₃ kW	η %	DNs	DNd	Pério.	Long.	n 1/...	D _s mm	Q m ³ /h	H m
Yonos GIGA2.0-I 50/1-25/4,0	✓	Pompe à moteur ventilé simple et écono	2204991 0		Sur dem. 1491,22 ± 0,4	1.849	1.662	3,8	62,12	DN 50	DN 50	Depuis 0:340	2498	21	19			21	19
Yonos GIGA2.0-I 40/1-21/2,2	✓	Pompe à moteur ventilé simple et écono	2204983 0		Sur dem. 1167,60 ± 0,4	1.704	1.529	2,1	70,46	DN 40	DN 40	Depuis 0:320	2820	21	19			21	19
Yonos GIGA2.0-I 40/1-26/3,0	✓	Pompe à moteur ventilé simple et écono	2204982 0		Sur dem. 1231,98 ± 0,4	1.691	1.51	3	69,6	DN 40	DN 40	Depuis 0:320	2536	21	19			21	19
Yonos GIGA2.0-I 50/1-20/3,0	✓	Pompe à moteur ventilé simple et écono	2204992 0		Sur dem. 1932,45 ± 0,4	1.854	1.653	2,7	65,09	DN 50	DN 50	Depuis 0:340	2736	21	19			21	19
Yonos GIGA2.0-I 65/1-20/4,0	✓	Pompe à moteur ventilé simple et écono	2205001 0		Sur dem. 2377,24 ± 0,4	2.106	1.901	3,9	56,18	DN 65	DN 65	Depuis 0:340	2821	21	19			21	19

Informations

Courbe de performance pompe

Modifiez: Sortie diagramme Options diagramme Courbe de fonctionnement Point de fonct. contractuel Alignement du texte

Point de fonctionnement de [A1 (Q: 21m³/h / H: 19m)]

Sélection hydraulique

Courbe caractéristique Marche individuelle dp

Débit 21,00 m³/h

Hauteur manométrique 19,00 m

Fluide Eau 100 %

Température du fluide 7 °C

Température du fluide min -20 °C

Température du fluide max 120 °C

Température ambiante max 50 °C

Indice de rendement minimal (MEI) ≥ 0,4

Moteur

Construction du moteur Moteur EC

Moteur niveau de rendement IE5

Alimentation réseau 3~ 400 V/50 Hz

Tolérance de tension admissible +10 %

Puissance nominale 3,8 kW

Vitesse nominale 2910 1/min

326 entrées trouvées - Attention : certaines pompes de la liste ne prennent pas en charge le critère de tri sélectionné. [Prix d'agrégat - Tri ascendant]

Mentions légales Plan juridique Déclaration de protection des données

RETOUR SÉLECTION DES ACCESSOIRES VERS L'AIDE-MÉMOIRE

Coûts d'exploitation

Coûts d'exploitation et de maintien Coûts d'exploitation et de maintien (VDI 2067)

Désignation	Zone d'application / m ³ /h	t / h	Besoins en énergie / kW...	Coûts énergétiques / EU...	Puissance absorbée P ₁ / ...	Coûts d'investissement / ...	Coûts d'exploitation / EU...	Coûts totaux / EUR
Yonos GIGA2.0-I 50/1-25/4, 21	6000	5965	1491,22	1491,22	0,9941	Saisie utilisateur	1491,22	
Yonos GIGA2.0-I 40/1-21/2, 21	6000	4670	1167,60	1167,60	0,7784	Saisie utilisateur	1167,60	
Yonos GIGA2.0-I 40/1-26/3, 21	6000	4928	1231,98	1231,98	0,8213	Saisie utilisateur	1231,98	
Yonos GIGA2.0-I 50/1-20/3, 21	6000	7730	1932,45	1932,45	1,288	Saisie utilisateur	1932,45	

Graphique des coûts Comparaison des coûts Puissance absorbée Besoins en énergie Emissions de CO₂

Puissance absorbée conformément au profil de charge

■ Fonct. à pleine charge (Q = 100 %; t = 6 %)
 ■ Fonct. à charge partielle (Q = 75 %; t = 15 %)
 ■ Fonct. à faible charge (Q = 25 %; t = 44 %)
 ■ Réduction de nuit (Q = 50 %; t = 35 %)

Wilo-Yonos GIGA2.0-I 50/1-25/4,0

1.849 1.491 0.7124 1.027

Declaracion de protection des données

RETOUR SÉLECTION DES ACCESSOIRES VERS L'AIDE-MÉMOIRE

➔ Pompe avec un débit de 64 m³/h – 25 m HMT de pression disponible

Wilo-Select 4

https://www.wilo-select.com/SearchResult.aspx

Rechercher

Lancer nouvelle sélection Choisir la langue Réglages Aide-mémoire (0)

Sélection de pompe avec définitions personnelles : Domaine d'application et produit

Résultat de la recherche : Données d'exploitation Visualiser les données d'entrée Aperçu des charges d'exploitation

Item	Nom prod.	Conseil	Type de construction	Art. n°	ΔQ/Q %	Prix total EUR	P ₁ kW	P ₂ kW	Pan kW	DNs	DNd	Période de pr...
✓	Stratos GIGA 80/4-53/22		Pompe à moteur ventilé simple et haut re2191923	0	Sur dem.	6,535	6,494	22,3		DN 80	DN 80	
✓	Stratos GIGA 80/3-48/18,5		Pompe à moteur ventilé simple et haut re2191922	0	Sur dem.	6,49	6,347	19,6		DN 80	DN 80	
✓	Stratos GIGA 80/2-31/11		Pompe à moteur ventilé simple et haut re2191920	0	Sur dem.	6,267	6,106	11,3		DN 80	DN 80	
✓	Stratos GIGA 65/5-45/22		Pompe à moteur ventilé simple et haut re2191919	0	Sur dem.	6,575	6,508	23,6		DN 65	DN 65	
✓	Stratos GIGA 80/3-40/15		Pompe à moteur ventilé simple et haut re2191921	0	Sur dem.	6,273	6,077	15,5		DN 80	DN 80	

13 entrées trouvées - Attention : certaines pompes de la liste ne prennent pas en charge le critère de tri sélectionné. [Prix d'agrégat - Tri ascendant]

Informations

Stratos GIGA 80/4-53/22: Courbe de performance pompe

Point de fonctionnement de A1 [Q: 64m³/h / H: 25m]

Sélection hydraulique

Courbe caractéristique Marche individuelle dp-v

Débit 64,00 m³/h

Hauteur manométrique 25,00 m

Fluide Eau 100 %

Température du fluide 20 °C

Température du fluide min. -20 °C

Température du fluide max. 140 °C

Température ambiante max. 40 °C

Pression de service maximale 16 bar

Indice de rendement minimal (IEI) ≥ 0,4

Moteur

Construction du moteur Moteur EC

Moteur niveau de rendement IES

Alimentation réseau 3~ 400 V/50 Hz

Tolérance de tension admissible ±10 %

Puissance nominale 22,3 kW

Mentions légales Plan juridique Déclaration de protection des données

RETOUR SÉLECTION DES ACCESSOIRES VERS LAIDE-MÉMOIRE

6°C Nuageux 09:25 09/12/2022

Wilo-Select 4

https://www.wilo-select.com/SearchResult.aspx

Rechercher

Lancer nouvelle sélection Choisir la langue Réglages Aide-mémoire (0)

Coûts d'exploitation

Coûts d'exploitation et de maintien Coûts d'exploitation et de maintien (VDI 2067)

Désignation	Zone d'application / m ³ /h	t / h	Besoins en énergie / kW...	Coûts énergétiques / EU...	Puissance absorbée P ₁ / ...	Coûts d'investissement / ...	Coûts d'exploitation / EU...	Coûts totaux / EUR
✓ Stratos GIGA 80/4-53/22	64	6000	22410	5602,27	3,735	Saisie utilisateur	5602,27	
Stratos GIGA 80/3-48/18,5	64	6000	22030	5508,13	3,672	Saisie utilisateur	5508,13	
Stratos GIGA 80/2-31/11	64	6000	19760	4939,40	3,293	Saisie utilisateur	4939,40	
Stratos GIGA 65/5-45/22	64	6000	18440	4611,14	3,074	Saisie utilisateur	4611,14	

Graphique des coûts Comparaison des coûts Puissance absorbée Besoins en énergie Emissions de CO₂

Puissance absorbée conformément au profil de charge

■ Fonct. à pleine charge (Q = 100 %; t = 6 %)

■ Fonct. à charge partielle (Q = 75 %; t = 13 %)

■ Fonct. à faible charge (Q = 25 %; t = 44 %)

■ Réduction de nuit (Q = 50 %; t = 35 %)

Wilo-Stratos GIGA 80/4-53/22

Mentions légales Plan juridique Déclaration de protection des données

RETOUR SÉLECTION DES ACCESSOIRES VERS LAIDE-MÉMOIRE

6°C Nuageux 09:25 09/12/2022

➔ Pompe avec un débit de 107 m³/h – 30 m HMT de pression disponible

Wilo-Select 4

https://www.wilo-select.com/SearchResult.aspx

Rechercher

> Lancer nouvelle sélection Choisir la langue Réglages Aide-mémoire (0)

Sélection de pompe avec définitions personnelles : Domaine d'application et produit

Résultat de la recherche : Données d'exploitation Visualiser les données d'entrée Aperçu des charges d'exploitation

✓	Nom prod.	Conseil	Type de construction	Art. n°	ΔQ/Q %	Prix total EUR	P ₁ kW	P ₂ kW	P _{an} kW	DNs	DNd	Période de pr...
✓	Stratos GIGA 80/4-53/22		Pompe à moteur ventilé simple et haut re2191923	0	Sur dem.	11,98	11,82	22,3	22,3	DN 80	DN 80	
✓	Stratos GIGA 80/3-48/18,5		Pompe à moteur ventilé simple et haut re2191922	0	Sur dem.	11,91	11,52	19,6	19,6	DN 80	DN 80	
✓	Stratos GIGA 80/3-40/13		Pompe à moteur ventilé simple et haut re2191921	0	Sur dem.	11,33	11,01	15,3	15,3	DN 80	DN 80	
✓	Stratos GIGA 100/2-29/18,5		Pompe à moteur ventilé simple et haut re2191926	-1,689	Sur dem.	13,89	13,39	18,2	18,2	DN 100	DN 100	
✓	Stratos GIGA 100/3-33/22		Pompe à moteur ventilé simple et haut re2191927	0	Sur dem.	14,25	14	24,1	24,1	DN 100	DN 100	

5 entrées trouvées - Attention : certaines pompes de la liste ne prennent pas en charge le critère de tri sélectionné. [Prix d'agrégat - Tri ascendant]

Informations

Stratos GIGA 80/4-53/22: Courbe de performance pompe

Modifier: Sortie diagramme Options diagramme Courbe de fonctionnement Point de fonct. contractuel Alignement du texte

Point de fonctionnement de A1 (Q: 107 m³/h / H: 30m)

Sélection hydraulique

Courbe caractéristique Marche individuelle dp-v

Débit 107,00 m³/h

Hauteur manométrique 30,00 m

Fluide Eau 100 %

Température du fluide 7 °C

Température du fluide min. -20 °C

Température du fluide max. 140 °C

Température ambiante max. 40 °C

Pression de service maximale 16 bar

Indice de rendement minimal (IEI) ≥ 0,4

Moteur

Construction du moteur Moteur EC

Moteur niveau de rendement IES

Alimentation réseau 3~ 400 V/50 Hz

Tolérance de tension admissible ±10 %

Puissance nominale 22,3 kW

Mentions légales Plan juridique Déclaration de protection des données

RETOUR SÉLECTION DES ACCESSOIRES VERS LAIDE-MÉMOIRE

Wilo-Select 4

https://www.wilo-select.com/SearchResult.aspx

Rechercher

> Lancer nouvelle sélection Choisir la langue Réglages Aide-mémoire (0)

Coûts d'exploitation

Coûts d'exploitation et de maintien Coûts d'exploitation et de maintien (VDI 2067)

☐	Désignation	Zone d'application / m ³ /h	t / h	Besoins en énergie / kW...	Coûts énergétiques / EU...	Puissance absorbée P ₁ / ...	Coûts d'investissement / ...	Coûts d'exploitation / EU...	Coûts totaux / EUR
✓	Stratos GIGA 80/4-53/22	107	6000	32980	8244,54	5,496	Saisie utilisateur	8244,54	
☐	Stratos GIGA 80/3-48/18,5	107	6000	32360	8090,13	5,393	Saisie utilisateur	8090,13	
☐	Stratos GIGA 80/3-40/13	107	6000	30580	7669,30	5,113	Saisie utilisateur	7669,30	
☐	Stratos GIGA 100/2-29/18,5	107	6000	39320	9880,04	6,587	Saisie utilisateur	9880,04	

Graphique des coûts Comparaison des coûts Puissance absorbée Besoins en énergie Emissions de CO₂

Puissance absorbée conformément au profil de charge

■ Fonct. à pleine charge (Q = 100 %; t = 6 %)

■ Fonct. à charge partielle (Q = 75 %; t = 19 %)

■ Fonct. à faible charge (Q = 25 %; t = 44 %)

■ Réduction de nuit (Q = 50 %; t = 35 %)

Wilo-Stratos GIGA 80/4-53/22

Mentions légales Plan juridique Déclaration de protection des données

RETOUR SÉLECTION DES ACCESSOIRES VERS LAIDE-MÉMOIRE

1.3.4 Conclusion des projections théoriques

Nos approches théoriques ont envisagé différents scénarii. Nous avons intégré au-delà des points purement techniques des installations la notion de dimensionnement initial des installations qui ne correspondent pas toujours au besoin et à l'utilisation des locaux par les utilisateurs mais aussi la notion de conduite d'installation qui impacte, selon qu'elle soit bien menée ou pas menée du tout, des différences de consommation « criantes ».

Les divers scénarii étudiés nous amènent à envisager **des gains annuels possibles entre 43 et 78 % sur le poste de consommation électrique de la pompe de distribution** d'une installation tertiaire à eau glacée.

Nous allons essayer de conforter ces premiers résultats théoriques avec des mesures sur l'installation existante du site pilote.

1.4 Phase 3 - Mesure de l'état initial

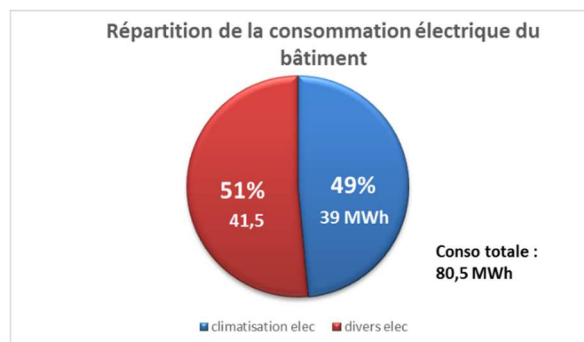
Afin de confirmer les résultats obtenus dans la partie théorique de cette étude, nous avons réalisé des mesures sur l'installation à eau glacée du bâtiment Siège de CBO Territoria à La Mare Sainte Marie.

Nous avons une première série de mesures (avant novembre 2020) qui sont extraites du fonctionnement de l'installation d'origine **avec pompe à débit fixe et vannes trois voies** sur les terminaux, **fonctionnement en permanence**, c'est-à-dire que le groupe de production ainsi que la pompe fonctionnait tout le temps. Ce mode de fonctionnement s'apparente au Scénario 2 de la partie théorique. Ce scénario est totalement inadapté à notre objet d'étude, car le bâtiment étudié est inoccupé les week-end et jours fériés.

Nous avons une deuxième série de mesures (à partir de novembre 2020 jusqu'à fin 2021) qui sont extraites du fonctionnement de l'installation d'origine **avec pompe à débit fixe et vannes trois voies** sur les terminaux, fonctionnement avec conduite de l'installation modifiée : le groupe de production ainsi que la pompe **fonctionnent en semaine du lundi au vendredi de 6h à 18h et sont arrêtés le week end**.

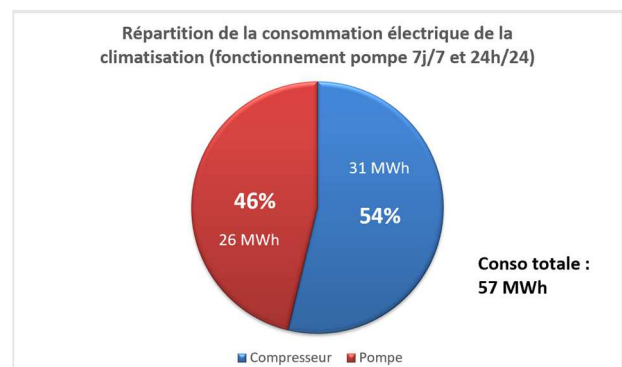
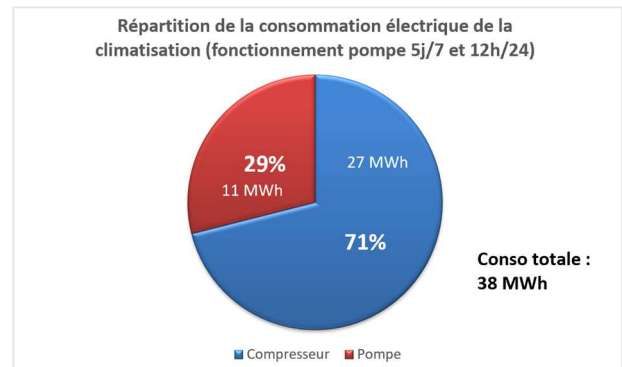
Nos essais et mesures nous permettent d'extraire les résultats suivants :

Mesures sur l'année 2021 :



Le premier constat est l'impact de la climatisation sur la consommation totale électrique du bâtiment. La climatisation

représente autant que tous les autres usages électriques du bâtiment sur une année complète.



Ces deux graphiques représentent la répartition de consommation du groupe froid d'une part et de la pompe de distribution d'eau d'autre part pour deux scénarii :

- Scénario 1 : l'installation de production d'eau glacée (groupe + pompe) fonctionne en permanence.
- Scénario 2 : l'installation de production d'eau glacée (groupe + pompe) fonctionne en semaine pendant les heures de bureaux (14h/j). L'installation est coupée la nuit et les week end.

Nous avons voulu mettre en avant, avec les deux graphiques ci-dessus, l'impact de la conduite d'installation sur la consommation énergétique.

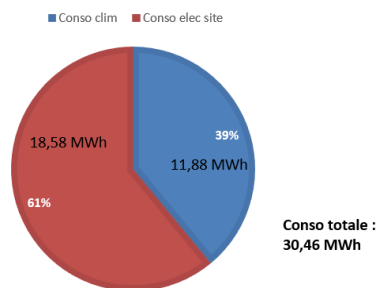
Pour le site de CBO, il faut savoir que laisser fonctionner le groupe de production d'eau glacée la nuit et le week-end n'a pas d'intérêt car les locaux sont inoccupés et qu'il n'y a pas non plus de locaux sensibles à climatiser en permanence, type local serveur.

L'impact de la gestion d'un calendrier et d'une horloge de fonctionnement sur la régulation du groupe et de la pompe a engendré une baisse de consommation électrique de quasiment 19 MWh. La consommation de la pompe a quant à elle diminué de plus de moitié (26 MWh => 11 MWh).

Nous avons également extrait les résultats en les répartissant sur les deux saisons : la saison froide (de mai à octobre) et la saison chaude (de novembre à avril).

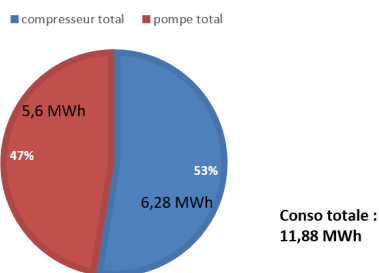
Mesures sur la saison froide :

Consommation électrique totale du bâtiment

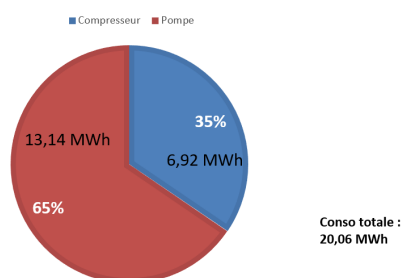


On constate que sur la saison froide l'impact de la climatisation sur la consommation totale du bâtiment est bien moins important (31%), car les besoins de froids sont moins importants.

Répartition de la consommation électrique liée à la climatisation (fonctionnement pompe 5j/7, 12h/24)



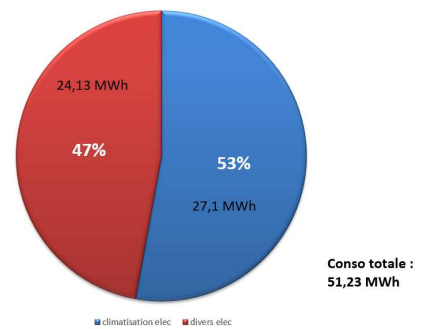
Répartition de la consommation électrique liée à la climatisation (fonctionnement de la pompe 7j/7 24h/24)



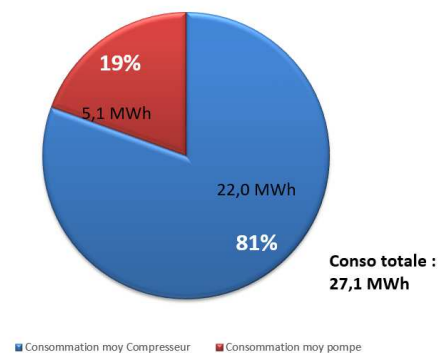
Cependant en période froide, nous pouvons remarquer que la part de consommation de la pompe augmente par rapport à la production de froid. Ce phénomène s'explique par le fait que la pompe soit à débit fixe donc avec une consommation non variable. La part de consommation liée à la pompe reste la même alors que le besoin en production de froid baisse en saison froide.

Mesures sur la saison chaude :

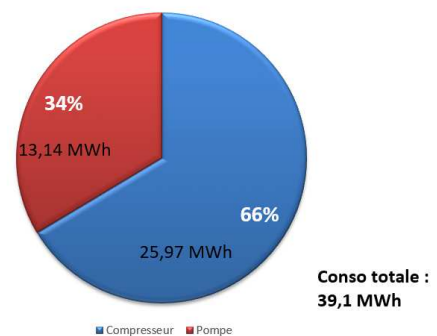
Consommation Totale Bâtiment



Répartition de la consommation électrique liée à la climatisation (fonctionnement pompe 5j/7 et 12h/24)



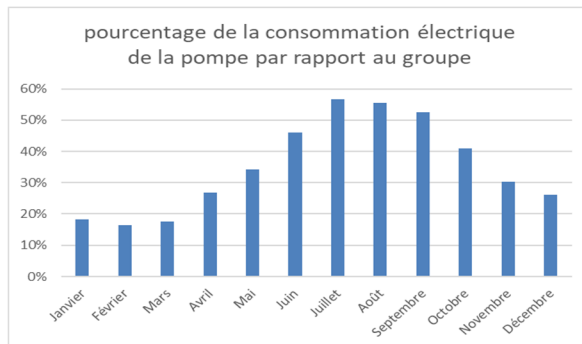
Répartition de la consommation électrique liée à la climatisation (fonctionnement de la pompe 7j/7 24h/24)



Sur les graphiques de la saison chaude nous constatons que la part de la consommation de la pompe est moins importante en été. Il s'agit pourtant de la même consommation qu'en saison froide. Le besoin de production de froid est plus important et représente plus de 80% de la consommation lorsque la production est arrêtée la nuit et les week end.

Synthèse part de la pompe sur la consommation du poste climatisation à l'année :

Nous avons également extrait de nos mesures le pourcentage de consommation de la pompe de circulation d'eau à débit fixe par rapport à la consommation électrique de la climatisation globale mois par mois.



Synthèse impact de la conduite d'installation sur la consommation du poste climatisation à l'année :

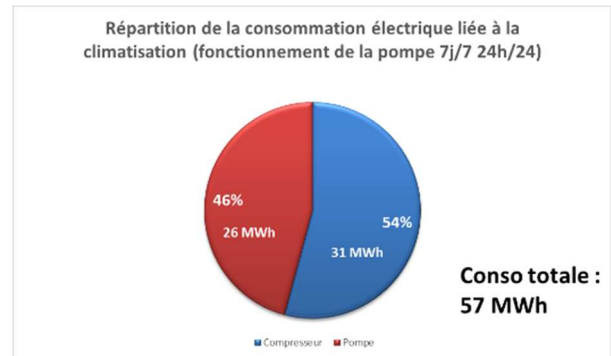
Ces mesures de l'année 2021 avec le groupe initial et la pompe à débit fixe nous permettent non seulement de poser des mesures qui nous servent de référence pour faire une comparaison avec le fonctionnement après les travaux mais ils nous indiquent l'impact premier de la conduite d'installation sur les consommations dans un bâtiment tertiaire.

Dans les graphiques suivants, voici l'évolution de la consommation annuelle avec une conduite d'installation évolutive :

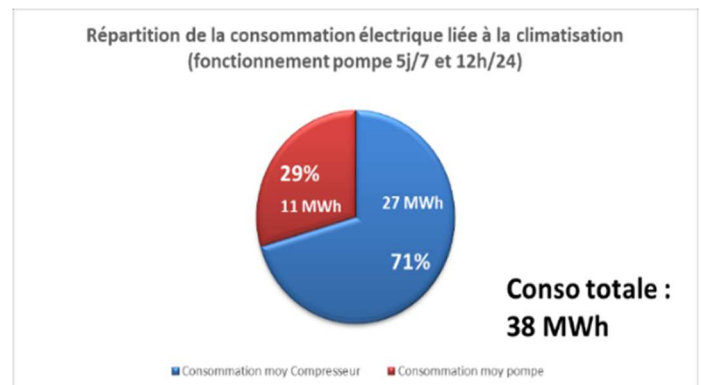
- Conduite 1 : les bureaux sont climatisés en permanence.
- Conduite 2 : les bureaux sont climatisés les jours de semaine (hors nuits et week-end).

- Conduite 3 : conduite 2 et arrêt de la climatisation en saison froide, on privilégie la ventilation naturelle et/ou les brasseurs d'air.

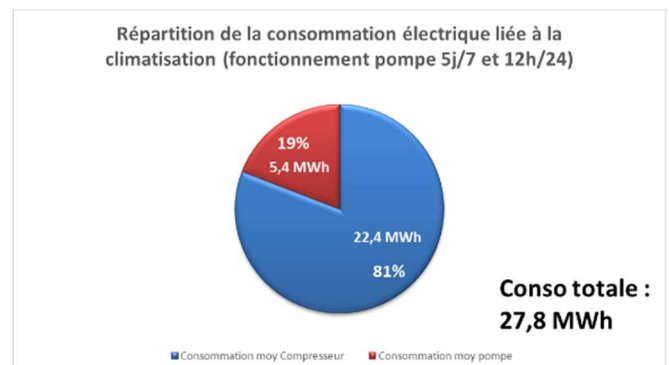
Conduite 1 :



Conduite 2 (-19 MWh soit -33% de consommation) :



Conduite 3 (-29 MWh soit -50% de consommation) :



Les graphiques ci-dessus permettent d'identifier une économie de plus de 50% entre

une installation non optimisée et une installation conduite dans le cas d'un bâtiment tertiaire de type bureau.

1.5 Phase 4 - Organisation et suivi des travaux modificatifs des installations

1.5.1 Présentation

La phase d'incubation a conduit à retenir le site pilote du siège de CBO (à La Mare Sainte Marie) pour la réalisation des travaux de migration des vannes 3 voies en vannes 2 voies.

Nous avons monté un dossier de consultation d'entreprise afin de réaliser les travaux de migration.

Nous avons consulté 3 entreprises pour la réalisation de ces travaux, c'est finalement l'offre de l'entreprise CLIMEO qui a été retenue. Il s'agit du prestataire de CBO qui s'occupe des installations de climatisation du bâtiment.

Pour information, les travaux concernent :

- Le remplacement de **54 vannes** terminales 3 voies par 54 vannes 2 voies de **petits diamètres** (DN15), pour des **ventilo convecteur d'environ 3kWf** unitaires et un débit maximal d'environ 450 L/h.
- Le remplacement d'**une vanne** terminale 3 voies par 1 vanne 2 voie de **gros diamètre** (DN40) pour la CTA en toiture qui assure le prétraitement de l'air neuf.

Le montant des travaux s'élève à **14 600€HT** pour ces travaux.

Il faut ajouter à ce montant 4 275€HT pour l'ajout de vannes de décharge / bipasse sur l'installation afin de garantir le bon fonctionnement.

L'investissement réalisé pour les travaux de migration (qui sera à mettre en corrélation

avec les gains énergétiques de fonctionnement afin d'avoir une idée du temps de retour sur investissement) s'élève au final à 18 875€HT.

A noter, ce montant reste faible dans notre cas car il n'a au final pas été nécessaire de mettre en place un variateur sur la pompe de distribution d'eau glacée.

Le groupe de production d'eau glacée a été remplacé par le maître d'ouvrage directement.

En effet, suite à plusieurs aléas depuis mi 2021, CBO a décidé de procéder au remplacement de son groupe de production d'eau glacée (plusieurs problèmes conséquents sont apparus durant cette période : casse d'un compresseur, fuite sur un condenseur...).

Cette configuration pose problème pour notre étude comparative car les résultats et les gains présentés dans la suite du document ne sont pas uniquement liés aux travaux de migration des vannes terminales, mais également au remplacement du groupe de production d'eau glacée qui présente désormais un rendement amélioré.

1.5.2 Equipements installés

Le groupe de production d'eau glacée a été remplacé en début Mars 2022.

Le nouveau groupe est équipé d'un module hydraulique intégré à débit variable. Il s'agit d'un groupe de production d'eau glacée de marque CIAT équipé de 2 circuits et de 4 compresseurs scroll.

La fiche de sélection de ce dernier est disponible ci-après :

Rendement saisonnier (3)		
Applications approuvées pour le marquage CE :		
Refroidissement de confort : T ≥ 2 °C*	SEER 12/7 °C η _p froid	4.53 178
Refroidissement de confort : T ≥ 13 °C*	SEER 23/18 °C η _p froid	5.64 222
Processus de refroidissement à haute température: T2 2 °C	SEPR 12/7 °C	5.32

Conforme ECODSIGN selon (EU) N° 2016/2281

R-32

(3) Toutes les données associées à l'efficacité saisonnière sont données pour les unités standard et les options principales (eau glycolée, pompe, efficacité énergétique...).

Conditions de fonctionnement			
Élément du système		Froid	
Fluide	Type de fluide	Eau douce	
	Taux d'encrassement (sqm-K)/kW	0	
	Température de sortie °C	7.0	
	Température à l'entrée °C	12.0	
Module hydraulique	Débit de fluide l/s	6.69	
	Pression statique externe kPa	110	
	Puissance absorbée par la pompe kW	1.80	
AZ	Température de l'air à l'entrée °C	35.0	
	Altitude m	0	

Informations sur l'unité		
Type de fluide frigorigène		R32
Masse de réfrigérant	kg	10
Tonnes équivalent CO2	Tonnes	6.75
Nombre de circuits frigorifiques		2
Nombre de compresseurs		4
Nombre de ventilateurs		2
Puissance absorbée de ventilateur	kW	3.65
Vitesse de ventilateur	RPM	950
Débit d'air de ventilateur	l/s	10579
Masse en fonctionnement/expédition	kg	974/961
Dimensions de l'unité (L×P×H)	mm	2258x2050x1330

Option de l'unité	
Module hydraulique à pompe double BP à variateur de vitesse	
Moteur EC	
Grilles de protection	
Isolation de la tuyauterie frigorigère E/S évaporateur	
Protection anti-corrosion MCHE Protect4	
Vase d'expansion	
Plots anti-vibratiles	
Manchons flexibles échangeurs (kit)	
Filtre à eau échangeurs	
Bâche en plastique	

Les vannes terminales 3 voies qui étaient présentes sur les ventilo-convecteurs ont été remplacées par des vannes 2 voies entre le mois d'avril et le mois de Juin 2022 afin de permettre le bon fonctionnement en débit variable et d'ajuster le débit d'eau glacée circulant dans le bâtiment aux besoins réels.

Les nouvelles vannes 2 voies qui ont été installées sont des vannes Danfoss AB-QM, indépendante de la pression.

Les vannes de régulation indépendantes de la pression sont des vannes de régulation avec une fonction d'équilibrage automatique ce qui



Performance		
Mode		Froid
Puissance frigorifique (1)	kW	141
Rendement énergétique de refroidissement (EER) (1)	kW/kW	2.87
Puissance absorbée de l'unité (1)	kW	48.9
Niveau de puissance acoustique (LWA) (1)	dBA	92
Niveau de pression acoustique à 10.0 m (LpA) (1)	dBA	60
Puissance minimale (2)	kW	36.8
Puissance maximale	kW	141

(1) Niveau de puissance acoustique selon ISO9614 - 1.

Caractéristiques électriques		
Tension	V-Ph-Hz	400-3-50
Puissance abs. régulation	kW	0.328
Facteur de puissance		0.850
Circuit électrique		Alimentation 1
Intensité maximale	A	108
Intensité de démarrage	A	230

Documentations	
	Descriptif technique

permet de garantir le rééquilibrage du réseau après travaux.

Le fonctionnement d'une telle vanne est le suivant : Un régulateur de pression intégré maintient une pression différentielle constante sur la vanne de régulation, assurant l'autorité totale de la vanne et une limitation automatique de débit.

La limitation précise du débit passant dans la vanne permet une réduction de l'énergie consommée par le pompage.

l'installation mais s'avère donc au final très importants.

1.5.3 Ajustements réalisés et points d'attention

Lors des premiers relevés de fonctionnement, nous avons constatés certains ajustements nécessaires sur l'installation.

En effet, il n'a pas été préconisé par le fournisseur du groupe de production d'eau glacée de mettre en place un ballon tampon sur le circuit hydraulique au moment du remplacement.

En revanche, nous avons constaté après la mise en service de l'installation, un fonctionnement très ponctuel des compresseurs (demande très faibles car débit d'eau circulant dans le groupe très faible en saison hivernal) avec des risques de court-cycle pour le groupe.

Les bipasse avec les « vannes de décharge » n'ont pas été installé tout de suite sur

1.5.4 Zoom sur les vannes de décharges

Les « vannes de décharges » sont plus que nécessaire afin de garantir le bon fonctionnement de l'installation.

Elles sont utilisées pour maintenir la pression amont à une valeur de consigne constante et assurent et maintiennent un débit minimal pour le fonctionnement optimal de l'installation.

1.5.5 Synthèse / chiffres clés pour les travaux d'investissement

Travaux	Budget moyens (€HT)*
Remplacement d'une V3V par une V2V – terminal standard – 2 à 5 kWf	250€ à 300€ selon les particularités du site
Remplacement d'une V3V par une V2V – gros terminal type CTA (DN 40 et supérieur)	1200€ à 1 500€ selon les particularités du site
Mise en place d'une vanne de décharge sur le réseau principal pour garantir un débit minimum de circulation dans l'installation	2 000€ à 3 000€ selon la taille de la production
Coût pour l'ajout d'un ballon tampon de 1000L	4 000€ à 5 000€ selon les particularités du site
Mise en place d'un variateur sur une pompe à débit fixe	2 000€ à 5 000€ selon la taille de la production
Remplacement d'une pompe à débit fixe par une pompe à débit variable	5 000€ à 8 000€ selon la taille de la production

Tableau 2 : Budget estimatifs des travaux à engager

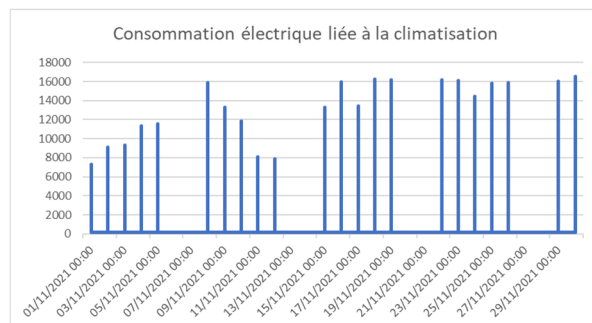
*Valeur 2022 estimative, dépend des spécificités des installations

1.6 Phase 5 - Mesure de l'état modifié

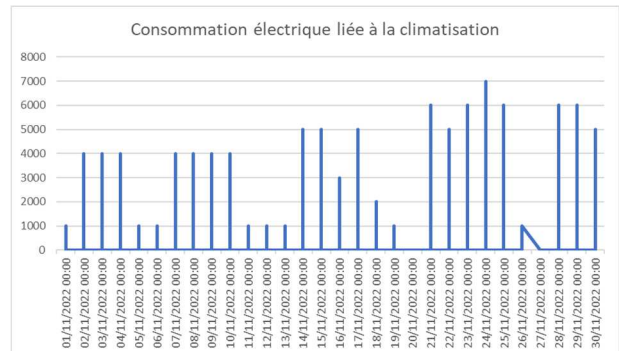
Nous avons une série de mesure (de juillet à septembre 2022) qui sont relevés après travaux, avec une pompe à débit variable et vannes deux voies sur les terminaux. Le groupe de production ainsi que la pompe fonctionnent en semaine du lundi au vendredi de 6h à 18h et sont arrêtés le week end.

Une première analyse du mois de juillet (mois complet après la fin des travaux) et septembre, nous a donnée des résultats incohérents par rapport aux résultats attendus suite à la partie théorique. En inspectant l'installation, nous nous apercevons que la centrale de pré-traitement d'air neuf est restée équipée d'une vanne trois voies. Il faut donc la faire remplacer par une vanne 2 voies pour pouvoir avoir des résultats exploitables. Cette vanne est remplacée et mise en service courant du mois d'octobre. Cet événement concaténé aux différents aléas rencontrés lors des travaux ne nous a permis d'avoir des mesures exploitables que pour le mois de Novembre 2022. De manière à comparer avec 2021, nous relevons aussi des données sur le mois de novembre 2021.

Novembre 2021 – Avec la pompe à débit variable et vannes 2 voies :



Novembre 2022 – Avec la pompe à débit variable et vannes 2 voies :



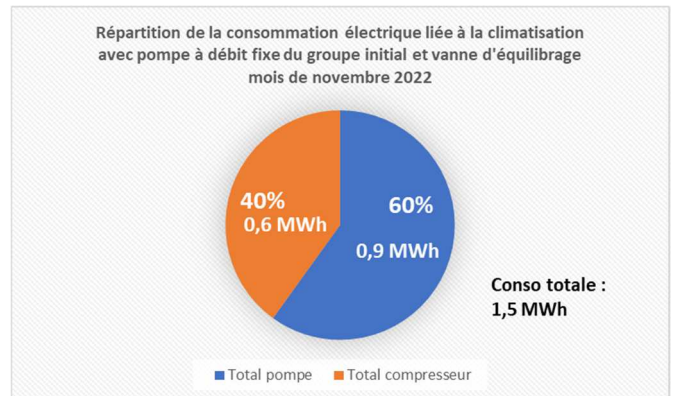
On constate une nette baisse d'appel de puissance entre 2021 et 2022.

Plusieurs facteurs peuvent expliquer cela :

- Le groupe d'eau glacée a été remplacé au printemps 2022. Le nouveau groupe est plus performant que l'ancien. A noter que l'ancien groupe, au-delà du fait qu'il était ancien est donc moins performant, était aussi en mauvais état avec un condenseur percé, un compresseur HS , ...
- La sensibilisation des utilisateurs à l'utilisation de la climatisation entreprise par le service Maitrise de l'Energie de CBO.
- Une météo moins chaude en novembre 2022 par rapport à novembre 2021.
- La mise en place de variation de vitesse sur la pompe de distribution d'eau.
- Le remplacement des vannes 3 voies par des vannes 2 voies.

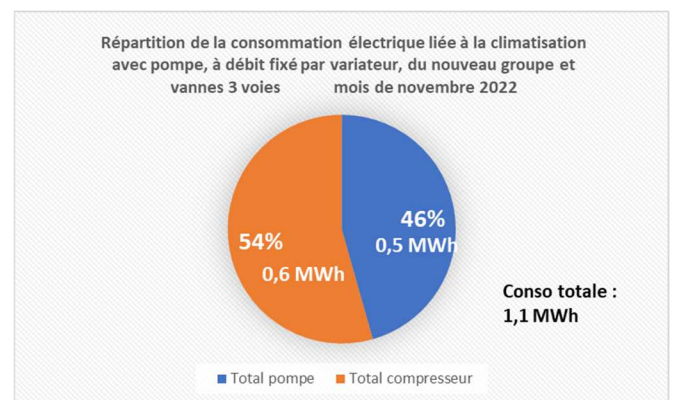
Nous allons extraire des mesures et des corrélations, l'impact de la mise en place de la variation de vitesse et des vannes 2 voies sur cette baisse d'appel de puissance.

Sur le graphique ci-contre, nous avons reporté la consommation de la climatisation de novembre 2022. La part des compresseurs est de 0,6MWh et en utilisant la pompe du groupe initial équipée d'une vanne d'équilibrage pour régler le bon débit, la consommation mensuelle de la pompe est de 0,9 MWh.



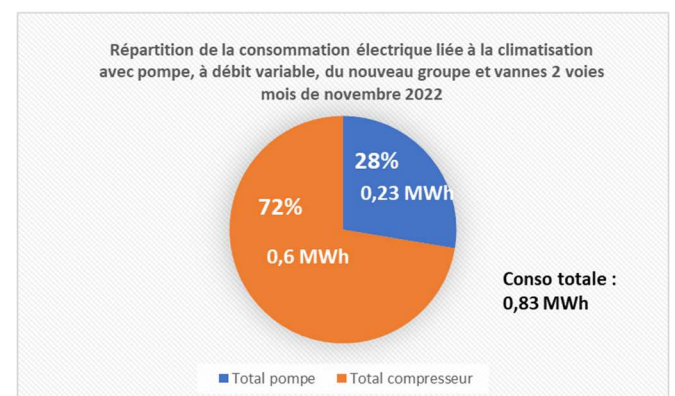
Nous réalisons le même scénario en utilisant la pompe nouvellement installée avec le nouveau groupe en fixant son débit fixe avec le variateur de fréquence et nous obtenons les résultats suivants :

La consommation de la pompe passe alors à 0,5 MWh mensuel soit un gain d'environ 45%.

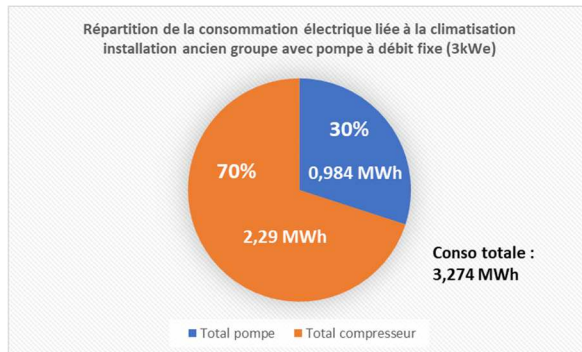


Nous réalisons alors le dernier scénario avec l'utilisation de vannes 2 voies à la place des vannes 3 voies, ce qui permettra d'ajuster le débit circulant dans l'installation en fonction du réel besoin de climatisation des utilisateurs.

La consommation de la pompe passe alors à 0,23 MWh mensuel soit un gain d'environ 75% par rapport à la situation initiale.



Maintenant en comparaison au mois de novembre 2021, on utilise les résultats de 2021 qui sont les suivants :



Nous constatons une consommation liée aux compresseurs du groupe d'eau glacée bien plus importante qu'en novembre 2022. On peut les expliquer par les trois premiers points évoqués précédemment :

- Le groupe d'eau glacée a été remplacé au printemps 2022. Le nouveau groupe est plus performant que l'ancien. A noter que l'ancien groupe, au-delà du fait qu'il était ancien est donc moins performant, était aussi en mauvais état avec un condenseur percé, un compresseur HS, ...
- La sensibilisation des utilisateurs à l'utilisation de la climatisation entreprise par le service Maitrise de l'Energie de CBO.
- Une météo moins chaude en novembre 2022 par rapport à novembre 2021.

Et surtout on constate un gain substantiel de consommation sur la mise en place de variation de vitesse sur la pompe et la mise en place de vannes 2 voies en remplacement des vannes 3 voies.

Sur ces résultats du mois de novembre, on obtient environ 75% de gain (sur le poste consommation de la pompe) répartis comme suit :

- **45% grâce à la variation de vitesse.**
- **30% grâce à la mise en place des vannes 2 voies.**

Nous avons constaté précédemment que le mois de novembre était un mois médian pour part de la consommation électrique de la pompe. Nous pouvons utiliser le profil mensuel établi précédemment pour définir une tendance annuelle.

Sur l'année, la consommation de la pompe représente, comme nous l'avons vu précédemment, environ 29% de la consommation liée à la climatisation.

Ces 75% de gain sur la pompe permettent **d'obtenir un gain d'environ 22% sur la consommation électrique de l'installation de climatisation.**

NOTA : Pour l'installation de CBO, pour reprendre le classement des installations que nous avons définis dans le chapitre des études théoriques, nous sommes clairement dans le cas d'une installation initiale mal dimensionnée car les besoins en froid de climatisation sont très surestimés et la sélection de la pompe initiale est également surdimensionnée.

1.7 Phase 7 - Outil de calcul et d'aide à la décision

En fonction de ces résultats, nous avons développé un outil permettant à un maître d'ouvrage, un installateur ou un bureau d'études d'estimer rapidement :

- Les gains énergétiques potentiels d'une migration d'installation en entrant quelques données de l'installation.
- Le budget travaux à prévoir pour réaliser les travaux de migration de l'installation.

Cet outil est disponible en téléchargement sur le site INSET ou sur le site PERGOLA du programme OMBREE. Il s'agit d'une feuille de calcul Excel.

2 VOLET 2

Installations à eau glacée et détente directe – consommation énergétique et rendement énergétique global des installations

Nous avons réalisé des études de consommation énergétique et de rendement énergétique global pour 3 technologies de climatisation : eau glacée, DRV et splits systèmes inverter.

De manière générale, les constructeurs indiquent sur les fiches techniques des matériels sélectionnés le rendement énergétique de chaque équipement de production (rendement énergétique issu d'essais et de mesures en banc d'essai en usine dans des conditions d'environnement similaires selon les fournisseurs, selon les conditions dictées par Eurovent).

Cependant, seule la production est concernée et il est nécessaire de faire une projection de l'installation dans sa globalité afin d'avoir le rendement énergétique global de l'installation.

Pour les installations d'eau glacée, il est nécessaire de prendre en compte la production mais aussi les auxiliaires consommateurs d'énergie que sont la ou les pompes, les terminaux (Centrales de traitement d'air, ventilo-convecteurs, ...) mais aussi les pertes thermiques en ligne.

Pour les installations de DRV, il est nécessaire de prendre en compte la production mais aussi les auxiliaires consommateurs d'énergie que sont les terminaux (Centrales de traitement d'air, ventilo-convecteurs, ...) mais aussi les pertes thermiques en ligne. Dans ce type d'installations, il n'y a pas de pompe de distribution. On utilise du fluide frigorigène dans la totalité de l'installation.

Pour les installations de Splits systèmes, il est nécessaire de prendre en compte les équipements du split (unités extérieure et intérieure). Pour cet équipement, les

fournisseurs indiquent des rendements énergétiques d'installation puisqu'il n'y a pas d'équipement supplémentaire.

Les fournisseurs transmettent dans les fiches de sélection du matériel les rendements énergétiques suivants : EER et SEER (ou ESEER).

Le EER est le rendement énergétique du matériel à 100% de charge, c'est-à-dire lorsqu'il fonctionne au maximum de sa puissance.

Le SEER est le rendement énergétique saisonnier du matériel, c'est-à-dire que c'est le rendement sur l'année d'utilisation du matériel. Le calcul de ce coefficient est défini et tous les fournisseurs appliquent la même formule de calcul.

Nous baserons nos comparaisons sur le SEER car ce qui nous intéresse est la consommation annuelle globale de l'installation.

2.1 Phase 1 - Etudes théoriques des rendements énergétiques de différentes installations de climatisation et sur différentes tailles d'installation

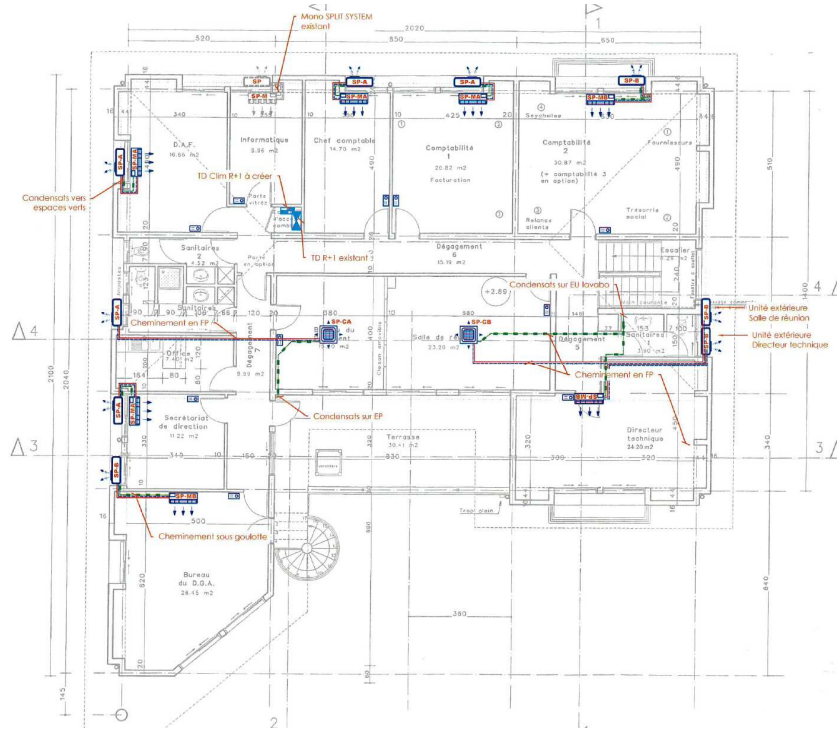
Le tableau ci-dessous permet de faire une comparaison théorique de différentes installations de production de froid :

Installation eau glacée neuve avec pompe à débit variable				Commentaires
Puissance froid en kWf	100	300	500	
EER production	2,45	2,88	3,05	* EER production inclut le rendement énergétique lié au groupe de production ainsi que la pompe de distribution d'eau
SEER production	4,64	5,29	4,80	*** SEER production inclut le rendement énergétique lié au groupe de production ainsi que la pompe de distribution d'eau
Coefficient installation	0,8	0,8	0,80	prenant en compte 15% de perte thermique en ligne des réseaux + 5% des ventilateurs des terminaux
EER installation	1,96	2,30	2,44	** EER installation inclut le rendement énergétique lié au groupe de production, la pompe de distribution, les pertes thermiques en ligne et les auxiliaires type ventilo convecteur
SEER installation	3,71	4,23	3,84	**** SEER installation inclut le rendement énergétique lié au groupe de production, la pompe de distribution, les pertes thermiques en ligne et les auxiliaires type ventilo convecteur
Installation DRV				
Puissance froid en kWf	100	300	500	
EER production	3,91	3,91	3,91	
SEER production	7,83	7,60	7,60	
Coefficient installation	0,85	0,85	0,85	prenant en compte 10% de perte thermique en ligne des réseaux + 5% des ventilateurs des terminaux
EER installation	3,32	3,32	3,32	
SEER installation	6,66	6,46	6,46	
Installation Split système inverter				
Puissance froid en kWf	2,50	5		
EER installation	3,57	3,23		
SEER installation	7,50	7,00		

À partir de la synthèse ci-dessus, nous pouvons réaliser l'analyse suivante :

- La variation des SEER en fonction des puissances froides est faible.
- La production de froid par eau glacée donne les moins bons SEER du fait en partie de l'application d'un coefficient d'installation et du principe de transport du froid via un fluide frigoporteur (perte de rendement intermédiaire).
- La production de froid par Split Inverter donne le meilleur SEER.

La théorie orienterait donc le choix de production de froid vers les installations individuelles de type split système. Le chapitre suivant est consacré à la vérification des résultats obtenus théoriquement et la mise en relief d'éléments complémentaire dans le choix des technologies de production de froid.



Plan du R+1

2.2.1.2 Tableau de surface du bâtiment

Surface utiles du bâtiment	
Surface R-1 climatisée	40 m ²
Surface R-1 non climatisée	0 m ²
TOTAL Surface R-1	40 m²
Surface RdC climatisée	211 m ²
Surface RdC non climatisée	14 m ²
TOTAL Surface RdC	225m²
Surface R+1 climatisée	193 m ²
Surface R+1 non climatisée	48 m ²
TOTAL Surface R+1	241m²
TOTAL Surface climatisée bâtiment	444 m²
TOTAL Surface utile bâtiment	506 m²

Le bâtiment étudié a une surface utile 506m² dont 444 m² climatisé.

L'ensemble des locaux sont climatisés par des installations individuelles de type split système.

L'ensemble des alimentations électriques des équipements viennent des 2 tableaux divisionnaires climatisation installés dans les gaines techniques du RdC et du R+1.

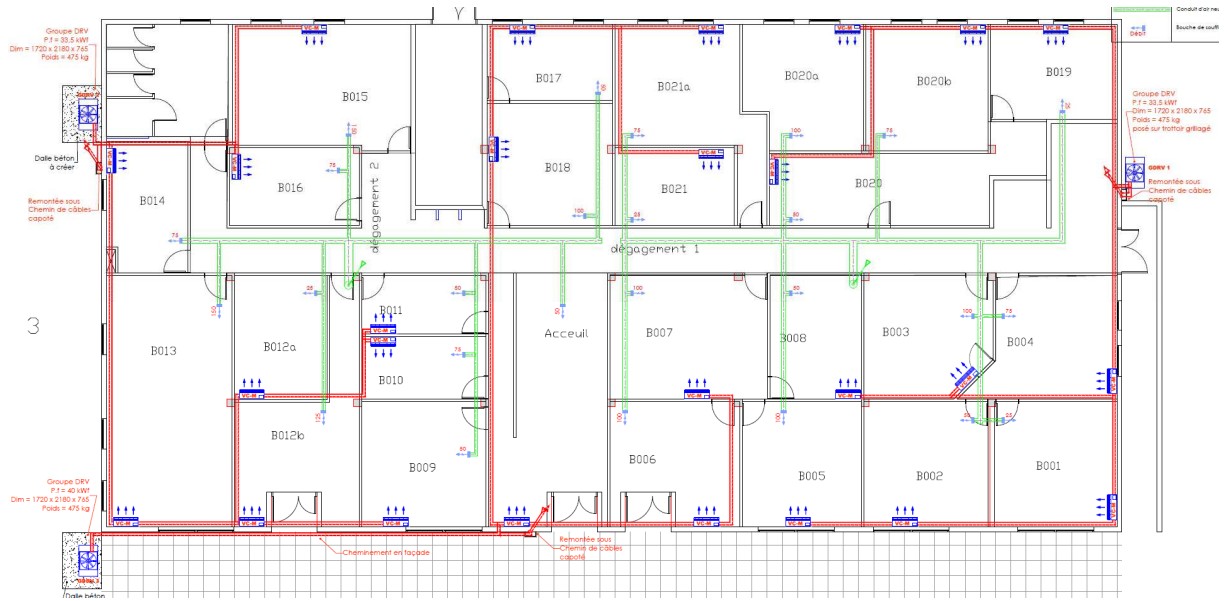
Les 2 départs électriques qui alimentent ces tableaux divisionnaires ont été instrumentés par nos soins de novembre 2021 à Novembre 2022 afin de suivre la consommation d'énergie liée à la climatisation sur ce type de bâtiment.

2.2.1.3 Liste du matériel installé

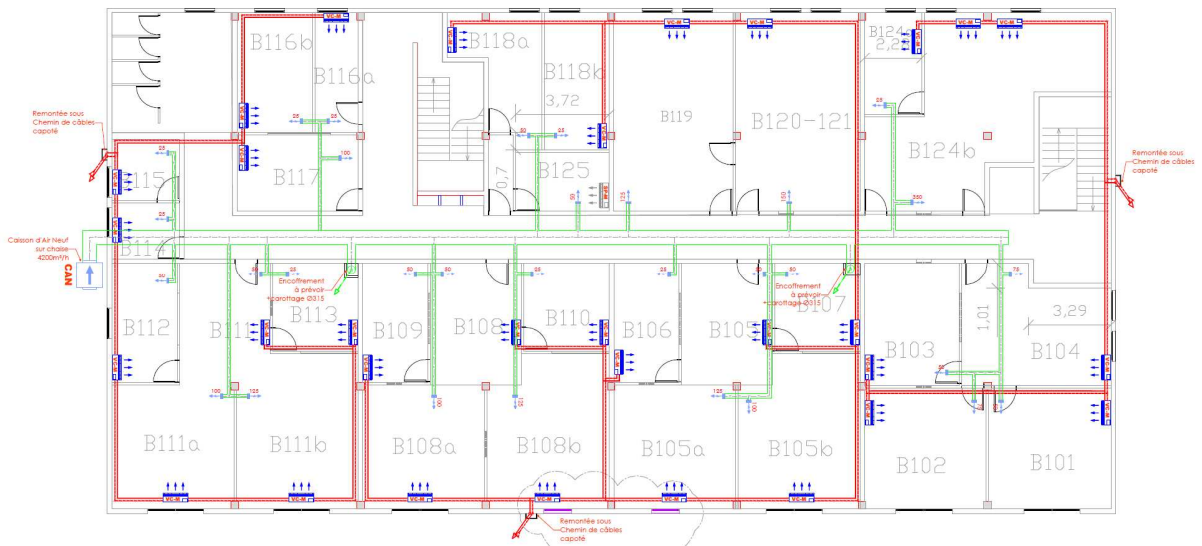
Splits systèmes	
Modèle :	WESTPOINT WIM WIZ09215 (17 muraux 9000BTU) WESTPOINT WIM WIZ12216LHE (7 muraux 12000BTU) WESTPOINT ICA12 (2 cassettes 12000BTU) MITSUBISHI SLZ-KA25VAL3 (1 cassette 9000BTU)
Date d'installation :	Février 2019
Fluide :	R32
Puissance frigorifique :	18 splits de 9 000BTU (2,6kW environ) et 9 splits de 12 000 BTU (3,5 kWf environ), soit une puissance totale installée de 78kWf environ
Caractéristiques électrique :	Puissance absorbée nette : 0,69 kW environ pour les splits de 9000 BTU et 1,29kW pour les splits de 12 000 BTU, soit une puissance totale installée de 24kW électrique environ.
Rendement EER / ESEER :	EER compris entre 4 et 4,5 et SEER compris entre 5,5 et 6,5 selon les modèles
Compresseurs :	Scroll INVERTER

La puissance frigorifique totale installée est de **78 kWf**. Le ratio au m² est d'environ **180Wf/m²**, cette valeur est élevée car les Split système impose que chaque unité soit surdimensionnée par rapport au besoin réel. La **puissance électrique installée** totale pour l'alimentation des split sur ce site est de **24kW**.

2.2.2.2 Plan du bâtiment B



Plan du RdC



Plan du R+1

2.2.2.3 Tableau de surface des bâtiments

Surface utiles du bâtiment A	
Surface bâtiment A climatisée	1029 m ²
Surface bâtiment A non climatisée	98 m ²
TOTAL Surface Bâtiment A	1127 m²

Surface utiles du bâtiment B	
Surface bâtiment B climatisée	1 227 m ²
Surface bâtiment B non climatisée	0 m ²
TOTAL Surface Bâtiment B	1 227 m²

Les deux bâtiments étudiés ont une surface utile 1 127 et de 1 227m². L'ensemble du bâtiment B est climatisé et concernant le bâtiment A seuls quelques locaux du bâtiment restent non climatisés. L'ensemble des locaux sont climatisés par des installations centralisées à détente directe de type DRV. Un groupe DRV alimente un niveau de chaque bâtiment. Il y a par conséquent 2 productions DRV par bâtiment. Les alimentations électriques des groupes DRV sont issues du TGBT de chaque bâtiment. Ce sont les compteurs de ces départs électriques qui ont été suivi dans le cadre de la campagne de mesure que nous avons menée. Nous avons extrait les données de juin 2021 à juin 2022.

2.2.2.4 Liste du matériel installé

Groupe DRV 1 et 2 – bâtiment A	
Modèle groupe extérieur DRV 1 et DRV 2 :	Marque : MITSUBISHI ELECTRIC Modèle : PUCY-EP400YSKA-BS (2 groupes identiques)
Date d'installation :	Mai 2020
Fluide :	R410A
Puissance frigorifique :	44,8 kWf par unité soit 89,6 kWf au total
Caractéristiques électrique :	Puissance absorbée nette : 11,18 kW par unité soit 22,36 kW au total pour le bâtiment
Rendement EER :	4
Compresseurs :	Scroll INVERTER
Unité intérieures	Marque : MITSUBISHI ELECTRIC Modèle : PKFY-P25VBM- E – 2,8kWf → x6 Modèle : PKFY-P15VBM- E – 1,7 kWf → x30 Modèle : PKFY-P20VBM- E – 2,2 kWf → x9 Modèle : PKFY-P40VHM- E – 4,5kWf → x2 Modèle : PKFY-P32VHM- E – 3,6kWf → x4 <i>NOTA : Puissance électrique nominale absorbée par les unités intérieures moyennes : 0,25 à 0,38A, soit 50 à 80W/unité – Non comptabilité dans le suivi énergétique qui ne concerne que les unités extérieures</i>

La puissance frigorifique totale installée de **89,6 kWf**. Le ratio au m² est d'environ **80Wf/m²**, cette valeur est très faible, car le bâtiment a été correctement isolé suite à une rénovation énergétique des locaux et une volonté de rehausser la température de consigne dans les locaux. La **puissance électrique installée** totale pour l'alimentation des DRV sur ce site pour le bâtiment A est de de **22,36kW électrique**.

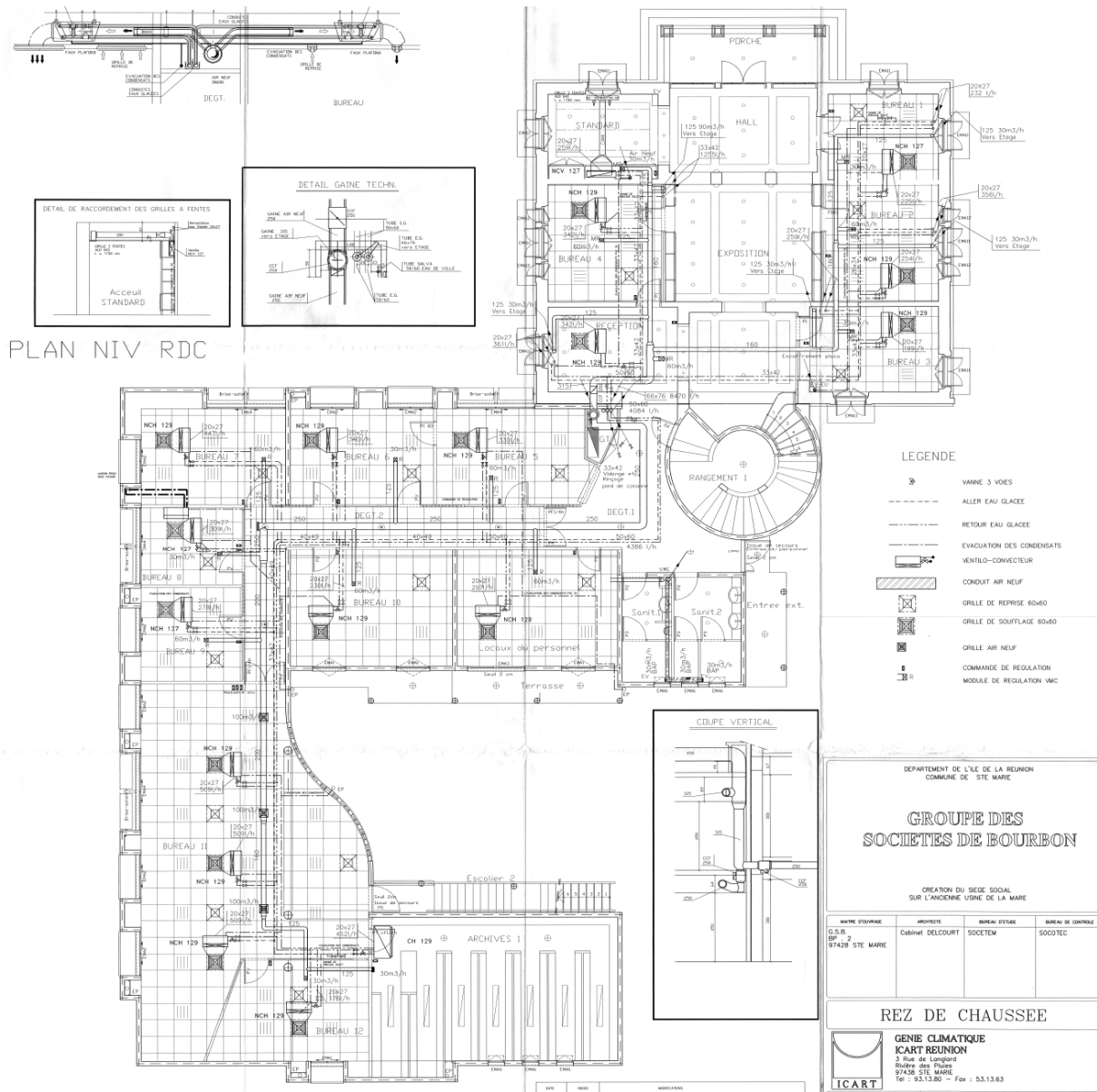
Groupe DRV 1 et 2 – bâtiment B

Modèle groupe extérieur DRV 1 :	Marque : MITSUBISHI ELECTRIC Modèle : PUCY-EP500YSKA-BS
Modèle groupe extérieur DRV 2 :	Marque : MITSUBISHI ELECTRIC Modèle : PUCY-EP600YSKA-BS
Puissance frigorifique DRV 1 :	56 kWf
Puissance frigorifique DRV 2 :	68 kWf
Puissance Electrique DRV 1 :	14,16 kW
Puissance frigorifique DRV 2 :	17,79 kW
Date d'installation :	Mai 2020
Fluide :	R410A
Rendement EER (DRV1 / DRV2) :	3,82 / 3,95
Compresseurs :	Scroll INVERTER
Unité intérieures	<p>Marque : MITSUBISHI ELECTRIC</p> <p>Modèle : PKFY-P25VBM- E – 2,8kWf → x11</p> <p>Modèle : PKFY-P15VBM- E – 1,7 kWf → x34</p> <p>Modèle : PKFY-P20VBM- E – 2,2 kWf → x6</p> <p>Modèle : PKFY-P40VHM- E – 4,5kWf → x4</p> <p>Modèle : PKFY-P32VHM- E – 3,6kWf → x8</p> <p><i>NOTA : Puissance électrique nominale absorbée par les unités intérieures moyennes : 0,25 à 0,38A, soit 50 à 80W/unité – Non comptabilité dans le suivi énergétique qui ne concerne que les unités extérieures</i></p>

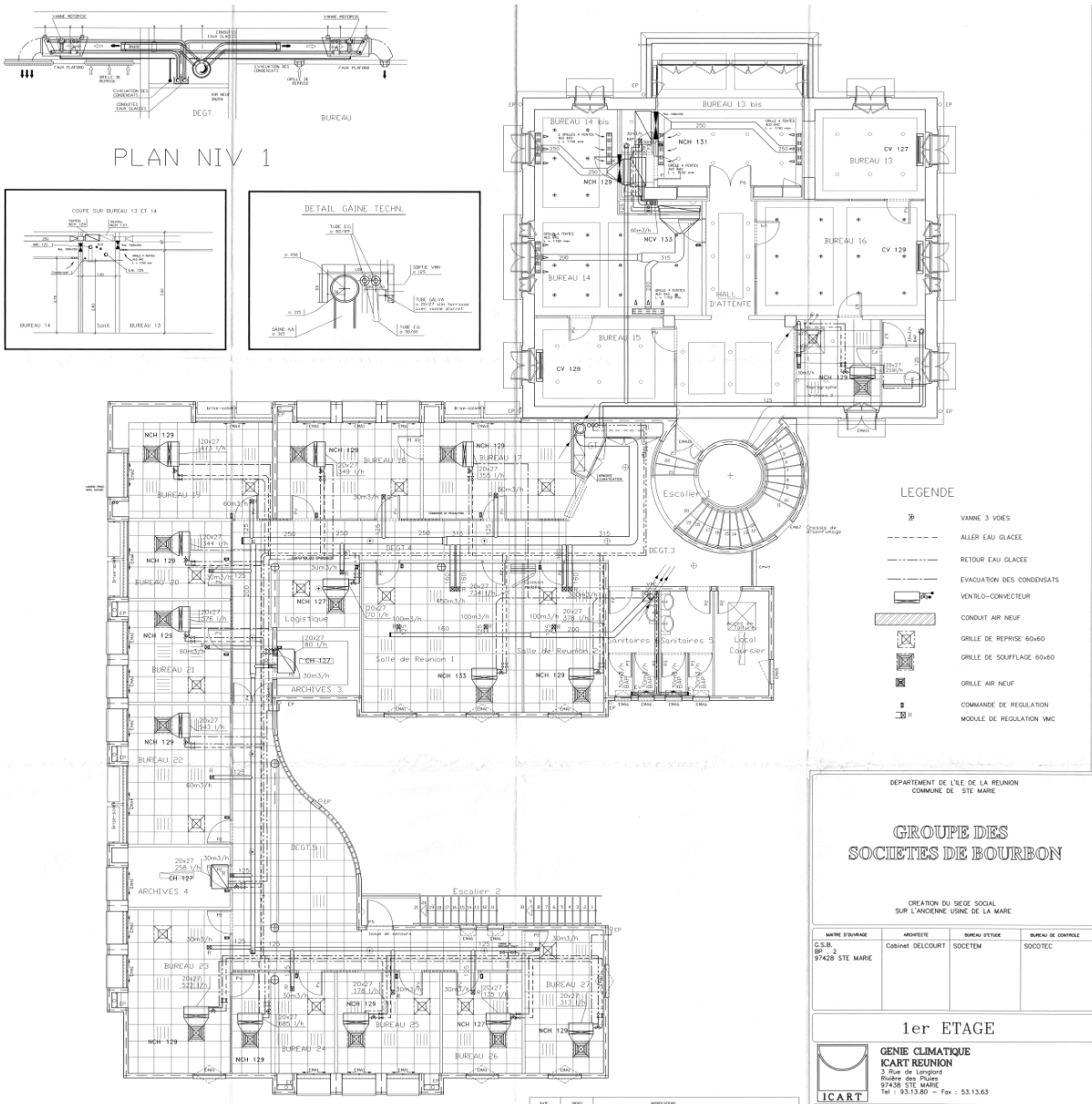
La puissance frigorifique totale installée de **124 kWf**. Le ratio au m² est d'environ **101Wf/m²**, cette valeur est très faible, car le bâtiment a été correctement isolé suite à une rénovation énergétique des locaux et une volonté de rehausser la température de consigne dans les locaux. La **puissance électrique installée** totale pour l'alimentation des DRV sur ce site pour le bâtiment B est de de **31,95kW**.

2.2.3 Bâtiment CBO siège : Production centralisée à eau glacée

2.2.3.1 Plan du bâtiment



Plan du RdC



Plan du R+1

2.2.3.2 Tableau de surface du bâtiment

Surface utiles du bâtiment	
Surface RdC climatisée	548 m ²
Surface RdC non climatisée	60 m ²
TOTAL Surface RdC	608 m²
Surface R+1 climatisée	536 m ²
Surface R+1 non climatisée	55 m ²
TOTAL Surface R+1	591 m²
TOTAL Surface climatisée bâtiment	1 084 m²
TOTAL Surface utile bâtiment	1 199 m²

Le groupe de production d'eau glacée a été remplacé en début Mars 2022, l'ancien groupe présentait des problèmes de fonctionnement et des fuites sur le circuit frigorifique au niveau du condenseur. Le nouveau groupe est équipé d'un module hydraulique à débit variable. Les vannes terminales 3 voies qui étaient présentes sur les ventilo-convecteurs ont été remplacées par des vannes 2 voies entre le mois d'avril et le mois de Juin 2022 afin de permettre le bon fonctionnement en débit variable et d'ajuster le débit d'eau glacée circulant dans le bâtiment au besoins réel. L'ensemble des locaux du bâtiment sont climatisés. L'alimentation électrique du groupe de production d'eau glacée est issue du TGBT. C'est ce compteur électrique qui a été instrumenté et suivi.

NOTA : les ventilo-convecteurs quant à eux sont alimentés depuis les tableaux électriques d'étage et ne font par conséquent pas partie des données remontées.

2.2.3.3 Fiche technique et liste du matériel installé

Groupe de production d'eau glacée	
Modèle :	AQUACIAT LD 0520R 141 kWf
Date d'installation :	Mars 2022
Fluide :	R32
Puissance frigorifique :	141 kWf
Caractéristiques électrique :	Puissance absorbée nominale totale : 48,9kW Puissance absorbée par la pompe : 1,8kW Puissance absorbée par les ventilateurs : 3,65kW
Rendement EER / ESEER :	EER = 2,87 SEER = 4,53
Compresseurs :	Scroll INVERTER

Rendement saisonnier (3)			
Applications approuvées pour le marquage CE :			
Refroidissement de confort : T ≥ 2 °C*	SEER 12/7 °C η _f froid	4.53 178	
Refroidissement de confort : T ≥ 13 °C*	SEER 23/18 °C η _f froid	5.64 222	
Processus de refroidissement à haute température: T2 2 °C*	SEPR 12/7 °C	5.32	

Conforme ECODESIGN selon (EU) N° 2018/2281 **R-32**

(3) Toutes les données associées à l'efficacité saisonnière sont données pour les unités standard et les options principales (eau glycolée, pompe, efficacité énergétique...).

Conditions de fonctionnement			
Élément du système		Froid	
Fluide	Type de fluide	Eau douce	
	Taux d'encrassement (sqm-K)/kW	0	
	Température de sortie °C	7.0	
	Température à l'entrée °C	12.0	
Module hydraulique	Débit de fluide l/s	6.69	
	Pression statique externe kPa	110	
	Puissance absorbée par la pompe kW	1.80	
air	Température de l'air à l'entrée °C	35.0	
Altitude m	0		

Informations sur l'unité		
Type de fluide frigorigène		R32
Masse de réfrigérant kg		10
Tonnes équivalent CO2 Tonnes		6.75
Nombre de circuits frigorifiques		2
Nombre de compresseurs		4
Nombre de ventilateurs		2
Puissance absorbée de ventilateur kW		3.65
Vitesse de ventilateur RPM		950
Débit d'air de ventilateur l/s		10579
Masse en fonctionnement/expédition kg		974/961
Dimensions de l'unité (L×P×H) mm		2258x2050x1330

Option de l'unité	
Module hydraulique à pompe double BP à variateur de vitesse	
Moteur EC	
Grilles de protection	
Isolation de la tuyauterie frigorifique E/S évaporateur	
Protection anti-corrosion MCHÉ Protect4	
Vase d'expansion	
Plots anti-vibratiles	
Manchons flexibles échangeurs (kit)	
Filtre à eau échangeurs	
Bâche en plastique	



Performance		
Mode		Froid
Puissance frigorifique (1) kW		141
Rendement énergétique de refroidissement (EER) (1) kW/kW		2.87
Puissance absorbée de l'unité (1) kW		48.9
Niveau de puissance acoustique (LwA) (1) dBA		92
Niveau de pression acoustique à 10.0 m (LpA) (1) dBA		60
Puissance minimale (2) kW		36.8
Puissance maximale kW		141

(1) Niveau de puissance acoustique selon ISO9614 - 1.

Caractéristiques électriques		
Tension V-Ph-Hz		400-3-50
Puissance abs. régulation kW		0.328
Facteur de puissance		0.850
Circuit électrique		Alimentation 1
Intensité maximale A		108
Intensité de démarrage A		230

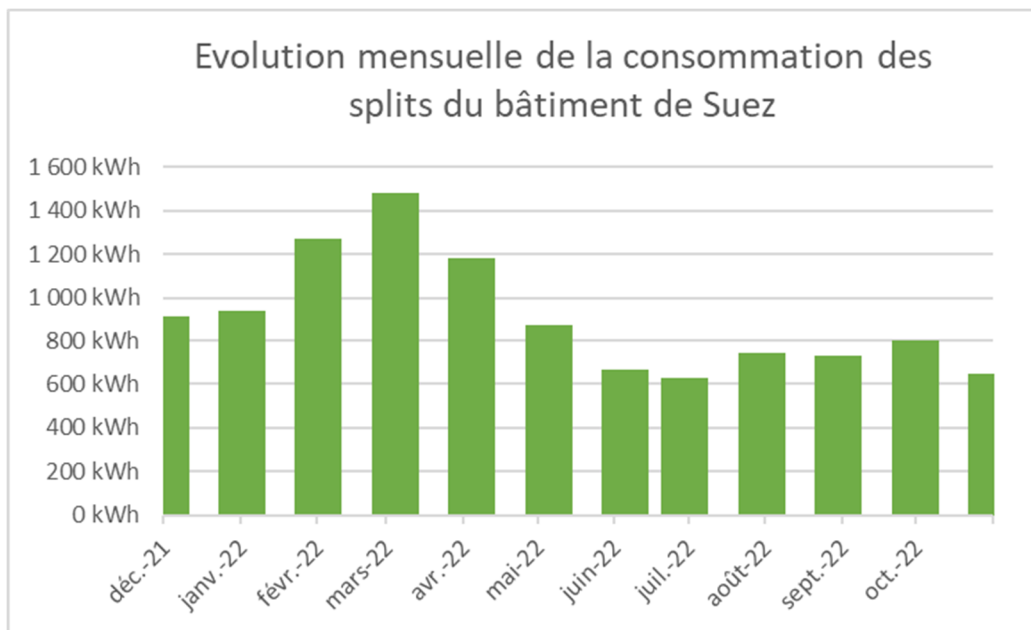
Documentations	
	Descriptif technique

La puissance frigorifique totale installée est de **142 kWf**. Le ratio au m² est d'environ **130Wf/m²**, cette valeur est élevée mais le maître d'ouvrage a choisi lors du remplacement du groupe existant de rester sur une puissance équivalente pour garantir le confort des bureaux. La **puissance électrique installée** totale pour ce site est de de **48,9kW**.

2.3 Phase 3 – Extraction et Compilation des mesures

2.3.1 Bâtiment Suez – Splits systèmes

SUEZ																
Surface climatisée R+1		193												m2		
Surface climatisée RDC		211												m2		
	nov.-21	déc.-21	janv.-22	févr.-22	mars-22	avr.-22	mai-22	juin-22	juil.-22	août-22	sept.-22	oct.-22	nov.-22	déc.-22	Total annuel	Ratio de consommation annuelle
Bat R+1		531 kWh	516 kWh	592 kWh	576 kWh	527 kWh	372 kWh	275 kWh	177 kWh	282 kWh	277 kWh	303 kWh	345 kWh			24.73 kWh/m ²
BAT RDC		683 kWh	664 kWh	761 kWh	801 kWh	553 kWh	390 kWh	367 kWh	344 kWh	356 kWh	348 kWh	389 kWh	199 kWh			27.76 kWh/m ²
BAT SUEZ		1 214 kWh	1 181 kWh	1 353 kWh	1 377 kWh	1 080 kWh	763 kWh	642 kWh	521 kWh	638 kWh	625 kWh	692 kWh	545 kWh			26.31 kWh/m ²



Nous observons une augmentation des consommations des split en saison chaude, environ 35 % d'augmentation de consommation entre le mois le plus énergivore (mars 2022) et le mois le moins énergivore (juillet 2022).

Nous notons une homogénéité de consommation entre les deux étages du bâtiment (ratio de 24,73kWh/m² pour le R+1 et 27,76 kWh/m² pour le RDC).

Cette valeur de ratio de 26,31 kWh/m² servira de base de comparaison pour les autres systèmes de production de froids.

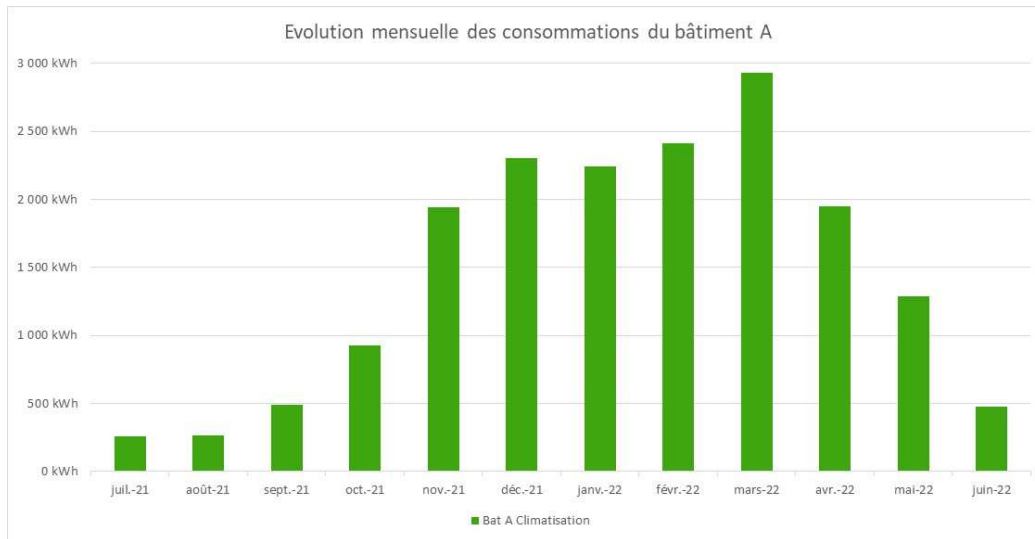
Rappelons que ce ratio représente la consommation totale du système (unités intérieures et unités extérieures) et que les split sont généralement surdimensionnés.

Nota : Il est important de noter que SUEZ assure une gestion fine du fonctionnement de la climatisation du site avec une sensibilisation des utilisateurs (peu de dérive de split qui restent en fonctionnement le soir et le weekend), d'où la performance énergétique de l'installation.

2.3.2 Bâtiment CIVIS - DRV

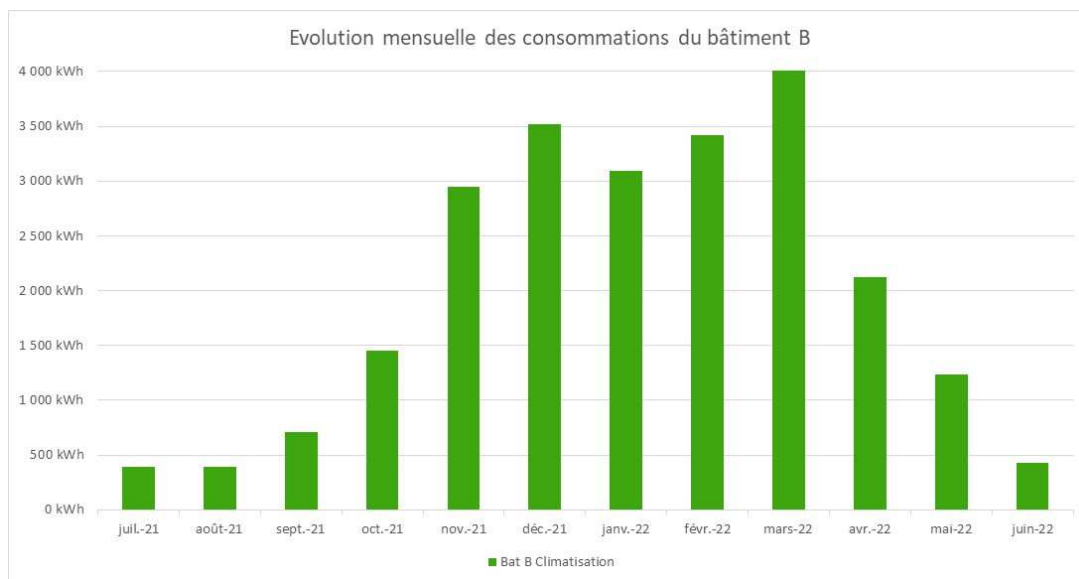
CIVIS Bat A															
Surface climatisée		1127 m2													
		juil.-21	août-21	sept.-21	oct.-21	nov.-21	déc.-21	janv.-22	févr.-22	mars-22	avr.-22	mai-22	juin-22	Total annuel	Ratio de consommation annuelle
Bat A Climatisation		257 kWh	262 kWh	493 kWh	927 kWh	1 939 kWh	2 301 kWh	2 241 kWh	2 413 kWh	2 933 kWh	1 950 kWh	1 287 kWh	474 kWh	17 478 kWh	15,51 kWh/m ²
BAT A R+1 GEN VC				222 kWh	250 kWh	252 kWh	263 kWh	270 kWh	261 kWh	268 kWh	229 kWh	217 kWh	208 kWh	2 439 kWh	1,89 kWh/m ²
BAT A RDC GEN VC1				463 kWh	484 kWh	518 kWh	564 kWh	629 kWh	583 kWh	583 kWh	570 kWh	502 kWh	517 kWh	5 413 kWh	4,20 kWh/m ²
Appel de puissance max appelé sur l'année		9,99 kWe			ce qui représente			45% de la puissance installée			représente 20% de conso du batiment				

GEN VC : Compteur général ventilo convecteurs



CIVIS Bat B															
Surface climatisée		1227 m2													
		juil.-21	août-21	sept.-21	oct.-21	nov.-21	déc.-21	janv.-22	févr.-22	mars-22	avr.-22	mai-22	juin-22	Total annuel	Ratio de consommation annuelle
Bat B Climatisation		392 kWh	391 kWh	706 kWh	1 456 kWh	2 949 kWh	3 516 kWh	3 097 kWh	3 416 kWh	4 018 kWh	2 128 kWh	1 237 kWh	426 kWh	23 732 kWh	19,34 kWh/m ²
BAT B VC RDC				220 kWh	255 kWh	341 kWh	471 kWh	428 kWh	480 kWh	362 kWh	331 kWh	264 kWh	194 kWh	3 345 kWh	2,33 kWh/m ²
Bat B VC R+1				1 120 kWh	1 062 kWh	335 kWh	780 kWh	782 kWh	880 kWh	942 kWh	932 kWh	884 kWh	381 kWh	8 099 kWh	5,64 kWh/m ²
Appel de puissance max appelé sur l'année		15,99 kWe			ce qui représente			50% de la puissance installée			représente 23% de conso du batiment				

GEN VC : Compteur général ventilo convecteurs



Nous observons une augmentation des consommations des DRV en saison chaude, avec un facteur 10 entre les consommations du mois le plus énergivore (mars 2022) et le mois le moins énergivore (juillet 2021).

Cet écart peut s'expliquer par une demande en froid, faible l'hiver, sûrement liée à la rénovation énergétique du bâtiment et au confort thermique apporté par cette rénovation. Nous notons une homogénéité de consommation entre les deux bâtiments, ratio de 21,59kWh/m² pour le bâtiment A et 27,32 kWh/m² pour le bâtiment B.

Nota : il nous semble important de préciser que lors de nos passages dans les locaux, nous avons constaté une occupation partielle des locaux. Cela peut être expliqué par un fonctionnement avec des agents sur le terrain et/ou la période covid avec télétravail. Cela a certainement un impact sur les besoins en climatisation et peut expliquer que seulement 50% de la puissance installée est appelée.

Comparé au 26,31 kWh/m² du split les ratios de consommation du DRV sont sensiblement les mêmes.

Il est cependant difficile de conclure sur la préconisation de l'une ou l'autre des solutions techniques (splits ou DRV) car les bâtiments n'ont pas les mêmes enveloppes thermiques, les mêmes caractéristiques et les usages ne sont également pas les mêmes.

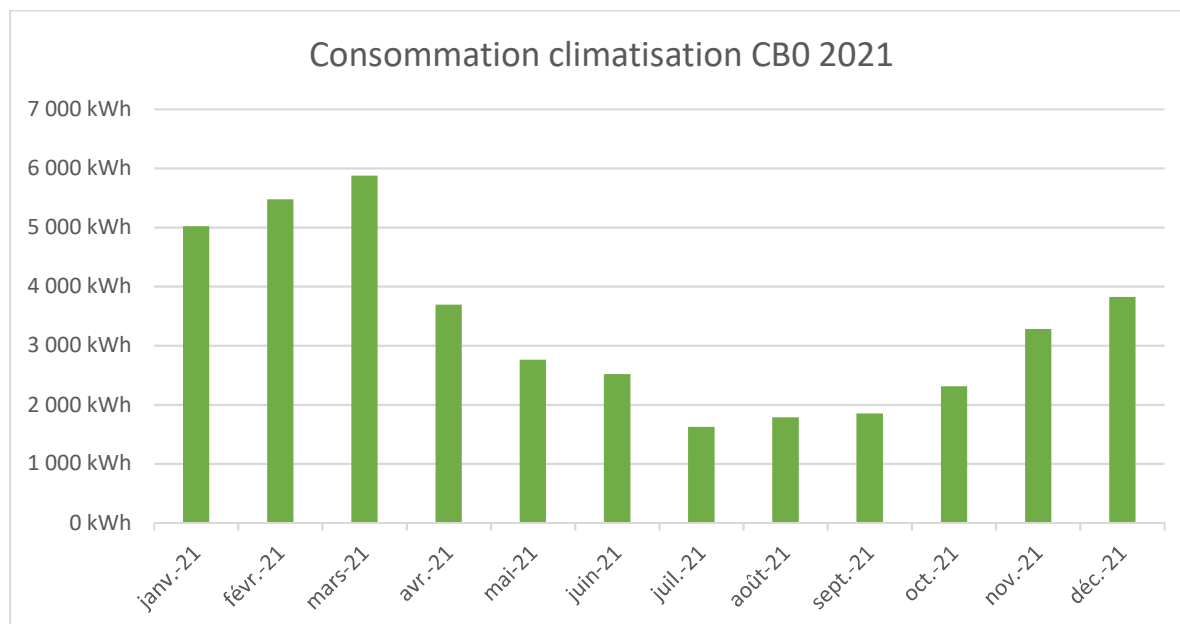
Nota : Il est important de noter que les relevés sur ces bâtiments permettent d'avoir les consommations électriques des unités intérieures de l'installation de DRV.

Cette valeur oscille entre 2 et 5 kWh/m²/an.

Cela permet d'avoir une valeur de consommation énergétique annuelle de ces équipements pour pouvoir comparer le système aux splits qui eux intègrent de base la consommation des unités intérieures.

2.3.3 Bâtiment CBO – Eau Glacée

CBO 2021																
	Surface climatisée													Total annuel	Ratio de consommation annuelle	
	1199	m2	janv.-21	févr.-21	mars-21	avr.-21	mai-21	juin-21	juil.-21	août-21	sept.-21	oct.-21	nov.-21			déc.-21
Bat			5 019 kWh	5 472 kWh	5 877 kWh	3 690 kWh	2 759 kWh	2 518 kWh	1 623 kWh	1 787 kWh	1 853 kWh	2 314 kWh	3 281 kWh	3 825 kWh	40 019 kWh	33.38 kWh/m ²
VC																7.00 kWh/m ²
																40.38 kWh/m ²



CBO 2022																
	Surface climatisée													Total annuel	Ratio de consommation annuelle	
	1199	m2	janv.-22	févr.-22	mars-22	avr.-22	mai-22	juin-22	juil.-22	août-22	sept.-22	oct.-22	nov.-22			déc.-22
Bat			1 289.6 kWh	1 405.9 kWh	1 509.9 kWh	948.0 kWh	708.8 kWh	273.95 kWh	179.00 kWh	225.49 kWh	222.62 kWh	390.00 kWh	843.00 kWh	982.59 kWh	8 978.82 kWh	7.49 kWh/m ²
VC																7.00 kWh/m ²
																14.49 kWh/m ²



Nous observons une augmentation des consommations du groupe d'eau glacée en saison chaude. Il y a quasiment un facteur 4 entre les consommations du mois le plus énergivore (mars 2021) et le mois le moins énergivore (juillet 2021) de l'année 2021.

Il y a plus d'un facteur 8 entre les consommations du mois le plus énergivore (mars 2022) et le mois le moins énergivore (juillet 2022) de l'année 2022. L'écart de facteur de consommation entre les années 2021 et 2022 a été explicité précédemment par le changement de groupe et les travaux de remplacement des vannes.

Nous pouvons remarquer un meilleur comportement du nouveau groupe d'eau glacée entre les mois de saison froide et les mois de saison chaude. Les appels de puissance sont beaucoup mieux adaptés aux besoins sur le nouveau groupe et sur les courbes de 2022. Ce phénomène est sûrement dû à la combinaison d'une pompe variable et la présence de vanne 2 voies.

Nous notons une totale inhomogénéité de consommation entre les deux années, ratio de 40,38 kWh/m² pour 2021 et 14,49 kWh/m² pour 2022. Nous voyons qu'un groupe de production d'eau glacée en fin de vie et non optimisé (année 2021) possède une consommation quasiment deux fois supérieures à celle des autres solutions de production de froid.

A contrario en 2022, le groupe de production d'eau glacée optimisé est 60% plus efficient que les autres solutions de production de froid (A noter que le siège de CBO est un bâtiment historique très ancien quand les bâtiments de la CIVIS et de SUEZ sont de construction plus récente et rénové thermiquement pour la CIVIS).

Ces résultats démontrent la pertinence de la conduite d'opération, de l'entretien, du renouvellement et de l'optimisation des équipements sur leurs consommations d'énergie.

Nota : Pour ce site, nous n'avons pas pu instrumenter les consommations électriques des ventilo convecteurs intérieurs.

Sur la base des valeurs du site de la CIVIS, nous sommes partis sur une valeur moyenne de 7 kWh/m²/an pour ce poste « terminaux » en considérant que les ventilo convecteurs eau glacée étaient moins performants que les unités intérieures du système DRV.

Cela permet d'avoir une valeur de consommation énergétique annuelle de ces équipements pour pouvoir comparer le système aux splits qui eux intègrent de base la consommation des unités intérieures.

2.4 Phase 4 – Tableau d’aide à la décision

OMBREE – Projet CLIMATER			
Comparatif des systèmes de climatisation – Tableau d’aide à la décision – Comparatif technico économique			
	SPLITS SYSTEMS INDIVIDUELS	SYSTEME CENTRALISEE A EAU GLACEE	SYSTEME CENTRALISEE à DETENTE DIRECTE - DRV
Coût d’investissement	€ <i>* A titre indicatif, compter environ 150 à 200€/m² climatisé – valeur Novembre 2022</i>	€ € € <i>* A titre indicatif, compter environ 220 à 280€/m² climatisé – valeur Novembre 2022</i>	€ € <i>* A titre indicatif, compter environ 200 à 240€/m² climatisé – valeur Novembre 2022</i>
Coût d’exploitation / énergétique	€ € <i>* A titre indicatif, compter entre 25 et 30 kWh/m²/an</i>	€ € € <i>* A titre indicatif, compter entre 40 et 50 kWh/m²/an pour une installation classique (V3V)</i> € <i>* 15 à 20 kWh/m²/an pour une installation optimisée (débit variable et V2V)</i>	€ <i>* A titre indicatif, compter entre 20 et 30 kWh/m²/an</i>
Coût d’exploitation / entretien	€ € €	€	€ €
Durée de vie des installations	10 ans	15 à 20 ans	10 à 15 ans
Fluide frigorigène	HFC - R32 <i>* Attention, fluide de transition – GWP ou PRP : 675</i>	HFC - R32 (groupe SCROLL) HFO - R1234ZE (groupes Vis) <i>* Attention, fluide de transition pour le R32 – GWP ou PRP : 675 Pour le R1234ZE – GWP ou PRP : 6</i>	HFC – R410 A (pour la majorité des appareils proposés à ce jour) HFC - R32 (Proposé par quelques fabricants uniquement) <i>* Attention, fluide de transition pour le R32 – GWP ou PRP : 675 Pour le R410A, GWP ou PRP est élevé : 2088 * Attention, le R410A sera vraisemblablement interdit dans quelques années pour les DRV avec l’évolution de la FGAZ (pour l’instant il n’est interdit que dans les installation de moins de 3kg à partir de Janvier 2025)</i>

Tableau 3 : Tableau d’aide à la décision dans le choix d’un système de climatisation

OMBREE – Projet CLIMATER

Comparatif des systèmes de climatisation – Tableau d’aide à la décision – Avantages et inconvénients des différentes solutions

	SPLITS SYSTEMS INDIVIDUELS	SYSTEME CENTRALISEE A EAU GLACEE	SYSTEME CENTRALISEE à DETENTE DIRECTE - DRV
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> - Climatisation individuelle pour chaque local - Peu de problème d’encombrement intérieur (peu de réseau) - Mise en œuvre simple (petit matériel) sans technicité particulière - Très bonne performance énergétique du système - Remplacement aisé en cas de dysfonctionnement 	<ul style="list-style-type: none"> - Encombrement extérieur limité au groupe de production d’eau glacée - Longue durée de vie des installations - Souplesse d’exploitation (régime de température, gestion horaire du fonctionnement, ...) - Facilité d’extension ou de modification - Les technologies de compresseurs permettent l’utilisation des fluides frigorigènes « propre » - Le fluide frigorigène est cantonné à l’extérieur, au niveau du groupe. - Maintenance facilitée : limitée au groupe de production d’eau glacée à l’extérieur 	<ul style="list-style-type: none"> - Groupe de production compact - Réseaux de faibles diamètres - Bonne performance énergétique du système - Régulation de la consommation énergétique au plus près de la charge. - Télécommande centralisée possible et intéressante dans l’exploitation
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - Unités disposées en extérieur. Possible impact architectural sur les façades - Faible durée de vie des installations - Distances limitées sur les liaisons frigorifiques - Possibilité de réseaux de condensas gravitaire → goulotte apparente dans les locaux - Coût d’entretien élevé si grand nombre d’équipements et suivant implantation des unités extérieures - Pas de gestion centralisée de base - Coût d’exploitation énergétique élevé du fait de la non gestion des installations commandées individuellement par les différents utilisateurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessite une zone technique en toiture terrasse ou au sol en extérieur - Niveau acoustique à surveiller suivant implantation - Performance énergétique variable - Panne généralisée si problème 	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre d’unités intérieures par groupe de production limité – Peu de flexibilité - Grande quantité de fluide frigorigène dans l’installation et dans le bâtiment - Panne généralisée en cas de problème sur la production - Problématique du fluide utilisé – actuellement c’est encore le R410, fluide qui sera vraisemblablement interdit par la nouvelle F-GAS dans quelques années. Le R32 qui est proposé en remplacement par quelques fournisseuses n’est qu’un fluide de transition - Maintenance parfois onéreuse - nécessite le passage de fournisseurs / distributeurs pour certaines interventions
Conseil MOE	<p>Adapté et peut être étudié sur des « petits projets » jusqu’à 300 m² maximum (une vingtaine d’unité). Possible sur des projets plus importants en simple RdC ou R+1. Il est important d’intégrer les unités extérieures comme il faut (architecturalement mais également pour l’accès lors de la maintenance)</p>	<p>Adapté à tous projets à partir d’une certaine taille (500m² minimum) pour avoir un besoin frigorifique suffisant (environ 50kWf).</p>	<p>Limité à des projets de 1000m² environ (soit 100kWf) Peut être adapté à des projets plus importants si plusieurs utilisateurs et volonté de prévoir des productions spécifiques pour chaque utilisateur.</p>

Tableau 4 : Avantages et inconvénients des différents systèmes de climatisation