



## ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY - ABIDJAN

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE DE  
MASTER  
SPÉCIALITÉ GENIE ELECTRIQUE ET ENERGETIQUE

-----  
Présenté et soutenu publiquement le 21/07/2025 par

**Valera Lewis YAPO (20200414)**

Encadrant 2iE : **Dr. Sayon dit Sadio SIDIBE**, enseignant-chercheur au département Génie Énergétique et Industriel de 2iE

Maître de stage : **Fredy Bouabré DOGOH**, Responsable bureau d'étude – CVC

Structure d'accueil du stage : **FOX COOLING**

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : **Dr. Daniel YAMEGUEU**

Membres et correcteurs : **Dr. Gaëlle Kafira KO**  
**M. Sédi AGBOKOU**

**Promotion [2024/2025]**

## DEDICACES

À mon Dieu Tout-Puissant, source de toute sagesse, qui m'a accordé la grâce de connaître, de comprendre, et qui ne cesse de me combler de ses bienfaits.

À :

Mon père, **YAPO Aye Simplice**, et ma mère, **AKANDA Cho Clarisse**, pour leur amour, leur soutien inestimable et leurs innombrables sacrifices ;

Mes frères, **YAPO Chrys**, **YAPO Roxan**, **AKE Justice**, pour leur présence, leurs encouragements constants et leur affection fraternelle.

À :

**NW Carelle**,

pour ses encouragements, son soutien constant, sa patience et sa présence bienveillante ;

Mes amis : **SA André-Fidèle**, **KG Franck**, **N Karelle**, **LA Orlane**, **AJ Justus**, **GS Andria et A Kate** ;  
Et à toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont soutenu, encouragé ou aidé à franchir les étapes de ce parcours académique.

## REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous tenons à adresser nos remerciements les plus sincères à **Monsieur El Hadji BAMBA DIAW**, Directeur Général de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), ainsi qu'à l'ensemble du personnel de l'Institut. Leur encadrement rigoureux, la qualité de l'enseignement dispensé, ainsi que leur accompagnement tout au long de notre parcours académique ont grandement contribué au développement de nos compétences et à la réussite de ce travail.

Nos remerciements s'adressent également à **Monsieur Sayon SIDIBÉ** pour ses conseils avisés et ses orientations pertinentes, qui ont fortement contribué à la structuration et à la rédaction de ce mémoire.

Nous exprimons également notre profonde gratitude à **Monsieur Nicolas FARES**, Directeur Général de FOX COOLING, et à **Monsieur Mrad CHEHADE**, Directeur des Opérations, pour nous avoir offert l'opportunité d'effectuer notre stage au sein de leur entreprise, reconnue pour son excellence et son dynamisme dans le domaine du génie climatique.

Nos remerciements les plus chaleureux vont tout particulièrement à **Monsieur Fredy DOGOH**, Responsable du Bureau d'Études et maître de stage, pour son encadrement attentif, sa disponibilité, et son expertise, qui ont fortement enrichi notre expérience et facilité la réalisation de ce travail.

Enfin, nous souhaitons remercier l'ensemble du personnel de FOX COOLING pour leur accueil chaleureux et leur soutien, direct ou indirect, qui a grandement contribué à la rédaction du présent document

## RESUME

Le présent mémoire porte sur une étude comparative de deux systèmes de climatisation dans le cadre de la construction du bâtiment R+12 du projet MICASA, situé à Marcory (Abidjan). Le bâtiment, d'une superficie climatisée d'environ 6 500 m<sup>2</sup>, accueillera des fonctions mixtes : commerces, bureaux, appartements résidentiels et chambres d'hôtel.

Deux systèmes ont été étudiés :

- Le système à débit de réfrigérant variable (VRV)
- Le système de climatisation centralisée à eau glacée

L'analyse a été conduite selon une approche multicritères tenant compte des performances énergétiques, des coûts d'investissement et d'exploitation sur 20 ans, ainsi que de l'impact environnemental.

Sur le plan énergétique, le système VRV présente le meilleur rendement avec un EER de 6,89, contre 4 pour le système à eau glacée. Il consomme également moins d'électricité (512 883 kWh/an contre 597 496 kWh/an), et engendre des émissions de CO<sub>2</sub> moindres (4 411 tCO<sub>2</sub>/an contre 5 139 tCO<sub>2</sub>/an).

D'un point de vue économique, le coût total actualisé du système VRV est estimé à 418 000 000 FCFA, contre 573 000 000 FCFA pour le système à eau glacée. Toutefois, ce dernier se distingue par une plus grande robustesse et une meilleure capacité de mutualisation, particulièrement adaptée aux bâtiments à forte charge thermique.

Ainsi, le système VRV a été retenu comme solution optimale pour le projet MICASA, alliant performance énergétique, coûts maîtrisés et impact environnemental réduit.

### Mots Clés :

- 
- 1 - Climatisation**
  - 2 - Eau glacée**
  - 3 - Étude comparative**
  - 4 - MICASA**
  - 5 - VRV**

## ABSTRACT

This brief concerns a comparative study of two air-conditioning systems for the construction of the R+12 building of the MICASA project, located in Marcory (Abidjan). The building, with an air-conditioned surface area of around 6,500 m<sup>2</sup>, will house mixed functions: shops, offices, residential flats and hotel rooms.

Two systems were studied:

- The variable refrigerant flow (VRV) system
- A centralised chilled water air conditioning system

The analysis was based on a multi-criteria approach that took into account energy performance, investment and operating costs over 20 years, and environmental impact.

In energy terms, the VRV system was the most efficient, with an EER of 6.89, compared with 4 for the chilled water system. It also consumes less electricity (512,883 kWh/year compared with 597,496 kWh/year), and generates lower CO<sub>2</sub> emissions (4,411 tCO<sub>2</sub>/year compared with 5,139 tCO<sub>2</sub>/year).

From an economic point of view, the total discounted cost of the VRV system is estimated at 418,000,000 FCFA, compared with 573,000,000 FCFA for the chilled water system. However, the water-cooled system stands out for its greater robustness and better pooling capacity, which is particularly well suited to buildings with a high thermal load.

The VRV system was therefore selected as the optimum solution for the MICASA project, combining energy performance, controlled costs and reduced environmental impact.

**Key words:**

---

**1 - Air conditioning**

**2 - Chilled water**

**3 - Comparative study**

**4 - MICASA**

**5 - VRV**

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>2iE</b>	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
<b>ASHRAE</b>	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
<b>CAPEX</b>	Capital Expenditure (Coût d'investissement)
<b>CO<sub>2</sub>e</b>	Équivalent dioxyde de carbone
<b>COP</b>	Coefficient de Performance
<b>CTA</b>	Centrale de Traitement d'Air
<b>DRV</b>	Débit de Réfrigérant Variable
<b>EDGE</b>	Excellence in Design for Greater Efficiencies
<b>EER</b>	Energy Efficiency Ratio
<b>FCFA</b>	Franc de la Communauté Financière Africaine
<b>GES</b>	Gaz à Effet de Serre
<b>HFC</b>	Hydrofluorocarbure
<b>HQE</b>	Haute Qualité Environnementale
<b>HMT</b>	Hauteur Manométrique Totale
<b>IPLV</b>	Integrated Part Load Value
<b>OPEX</b>	Operational Expenditure (Coût d'exploitation)
<b>OHASA</b>	Organisation Humanitaire d'Aide à la Santé en Afrique
<b>PACO</b>	Potentiel d'Appauvrissement de la Couche d'Ozone
<b>PRG</b>	Potentiel de Réchauffement Global
<b>LCOE</b>	Levelized Cost Of Energy
<b>TRI</b>	Taux de Rentabilité interne
<b>VAN</b>	Valeur Actuelle Nette
<b>VRF</b>	Variable Refrigerant Flow
<b>VRV</b>	Variable Refrigerant Volume

## LISTE DES SYMBOLES

<b>A</b>	Ampère	Courant électrique
<b>°C</b>	Degré Celsius	Température
<b>Cp</b>	kJ/kg·°C	Capacité calorifique spécifique
<b>d</b>	mètre (m)	Diamètre
<b>f</b>	Hertz (Hz)	Fréquence
<b>kg</b>	Kilogramme	Masse
<b>n</b>	-	Nombre d'années
<b>P</b>	kW	Puissance
<b>ph</b>	-	Phase électrique
<b>Q</b>	m <sup>3</sup> /h	Débit volumique
<b>r</b>	-	Taux d'actualisation
<b>ρ</b>	kg/L	Masse volumique
<b>S</b>	m <sup>2</sup>	Surface
<b>v</b>	m/s	Vitesse du fluide
<b>V</b>	m <sup>3</sup>	Volume

## SOMMAIRE

<b>DEDICACES .....</b>	<b>ii</b>
<b>REMERCIEMENTS.....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUME.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS .....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTE DES SYMBOLES .....</b>	<b>vii</b>
<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>8</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>10</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>11</b>
<b>I. INTRODUCTION .....</b>	<b>12</b>
<b>II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL.....</b>	<b>14</b>
1. Structure d'accueil : FOX COOLING .....	14
<b>III. PRESENTATION DU PROJET .....</b>	<b>14</b>
1. Contexte et justification de l'étude .....	14
2. Objectif de l'étude.....	15
<b>IV. GENREALITE .....</b>	<b>16</b>
1. Présentation du système VRV.....	16
2. Présentation du système à Eau glacée.....	18
<b>V. METHODOLOGIE DE CONCEPTION.....</b>	<b>20</b>
1. Réalisation du bilan thermique.....	21
2. Méthodologie de dimensionnement des différents systèmes .....	22
3. Évaluation des coûts .....	30
4. Évaluation des impacts environnementaux .....	32
<b>VI. RESULTATS .....</b>	<b>33</b>
1. Résultats du bilan thermique du bâtiment.....	33
2. Résultat de l'étude du système VRV .....	38
3. Résultat de l'étude du système à eau glacée .....	43
4. Étude comparative des systèmes VRV et à eau glacée .....	48
5. Limites de l'étude .....	52

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA  
CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

---

<b>VII. CONCLUSION.....</b>	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>55</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>57</b>
<b>ANNEXE I : BILAN THERMIQUE .....</b>	<b>58</b>
<b>ANNEXE II : SELECTION DES UNITES INTERIEURES ET EXTERIEURES VRV .....</b>	<b>59</b>
Annexe II-1 : Index des unités intérieures VRV.....	59
Annexe II-2 : Récapitulatif des unités VRV .....	59
Annexe II-3 : Plan VRV du rez-de-chaussée.....	63
<b>ANNEXE III : FICHES TECHNIQUES VRV.....</b>	<b>64</b>
Annexe III-1 : Fiches techniques gainables VRV .....	64
Annexe III-2 : Fiches techniques muraux VRV .....	66
Annexe III-3 : Fiches techniques unités extérieures VRV.....	66
<b>ANNEXE IV : SELECTION DES EQUIPEMENTS DU SYSTEME A EAU GLACEE.....</b>	<b>69</b>
Annexe IV-1 : Récapitulatif des ventilo-convecteurs.....	69
Annexe IV-2 : Plan du système à eau glacée du rez-de-chaussée .....	72
<b>ANNEXE V : CALCUL DES PERTES DE CHARGE .....</b>	<b>73</b>
<b>ANNEXES VI : FICHES TECHNIQUES DU SYSTEME A EAU GLACEE .....</b>	<b>82</b>
Annexe VI-1 : Fiches techniques ventilo-convecteurs gainables .....	82
Annexe VI-2 : Fiches techniques ventilo-convecteurs muraux .....	86
Annexe VI-3 : Fiches techniques Groupes d'eau glacée .....	87
Annexe VI-4 : Fiches techniques pompes .....	88
<b>ANNEXE VII : COÛTS DES SYSTÈME VRV ET À EAU GLACÉE.....</b>	<b>90</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Correspondance entre l'index total des unités intérieures et les raccords refnet ..	24
Tableau 2 : Correspondance entre l'index total des unités intérieures et le diamètre des tuyauteries en cuivre selon leur position .....	24
Tableau 3 : Récapitulatif des diamètres nominaux des tuyauteries en acier en fonction des plages de débit et de vitesse de circulation d'eau .....	28
Tableau 4 : Récapitulatif du bilan thermique .....	38
Tableau 5 : Récapitulatif des unités intérieures VRV .....	39
Tableau 6 : Ratio de climatisation du système VRV .....	40
Tableau 7 : Récapitulatif des coûts d'investissement et d'exploitation du système VRV .....	41
Tableau 8: Caractéristiques environnementales du système VRV du projet MICASA.....	42
Tableau 9 : Récapitulatif des ventilo-convecteurs .....	43
Tableau 10 : Ratio de climatisation du système à eau glacée .....	44
Tableau 11 : Caractéristiques des chillers choisis .....	45
Tableau 12 : Métré des conduits du système a eau glacée .....	45
Tableau 13 : Caractéristiques des pompes .....	46
Tableau 14 : Récapitulatif des coûts d'investissement et d'exploitation du système à eau glacée .....	46
Tableau 15 : Caractéristiques environnementales du système à eau glacée du projet MICASA .....	47
Tableau 16 : Synthèse des résultats de l'étude comparative des système VRV et à eau glacée du projet MICASA .....	48
Tableau 17 : Récapitulatif du bilan thermique du bâtiment MICASA .....	58
Tableau 18 : Puissances correspondants aux index des unités intérieures VRV utilisés .....	59
Tableau 19 : Récapitulatif des unités intérieures VRV .....	59
Tableau 20 : Récapitulatif des unités extérieures VRV .....	62
Tableau 21 : Récapitulatif des ventilo-convecteurs .....	69
Tableau 22 : Équivalence entre tailles en pouces (NPS) et diamètres nominaux (DN).....	73
Tableau 23 : Détail du calcul des pertes de charge .....	74
Tableau 24 : Devis estimatif du système VRV .....	90
Tableau 25 : Devis estimatif du système à eau glacée .....	92

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma de principe d'un système VRV [2] .....	18
Figure 2 : Schéma de principe d'un système à eau glacée [3] .....	20
Figure 3 : Raccords Refnet et schéma de dérivation du fluide frigorigène [4,5] .....	23
Figure 4 : Plan AutoCAD de la salle commerciale au RDC .....	34
Figure 5 : Feuille de calcul du bilan thermique de la salle commerciale au RDC .....	37
Figure 6 : Comparaison économique entre les systèmes VRV et eau glacée .....	50
Figure 7 : Comparaison des émissions indirectes de CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> /an) .....	51
Figure 8 : Plan VRV du Rez-de-chaussée .....	63
Figure 9 : Plan du système à eau glacée du Rez-de-chaussée .....	72
Figure 10 : Distribution de l'eau glacée dans le bâtiment .....	73
Figure 11 : Longueur équivalente de tuyauterie droite pour vannes et raccords en mètres .....	74

## I. INTRODUCTION

La Côte d'Ivoire connaît depuis plusieurs décennies une urbanisation soutenue, marquée par une concentration croissante des populations dans les centres urbains. Le taux d'urbanisation est ainsi passé de 39,3 % en 1990 à 53,1 % en 2023[1], traduisant une transition progressive vers une économie centrée sur les villes. Cette dynamique s'est fortement accélérée à partir des années 2000, portée par la stabilisation politique, l'industrialisation et les investissements dans les infrastructures. Des agglomérations comme Abidjan et Yamoussoukro concentrent une grande partie de cette croissance, générant une pression croissante sur les services urbains, les logements et les équipements techniques, notamment en matière de confort thermique.

Dans ce contexte de croissance urbaine rapide et de défis climatiques mondiaux, l'efficacité énergétique des bâtiments et le bien-être thermique des occupants deviennent des priorités majeures pour l'ingénierie du bâtiment. La demande en systèmes de climatisation performants, économiques en énergie et respectueux de l'environnement s'intensifie, en particulier dans les régions à climat chaud et humide, comme la région des Lagunes, où se situe le district d'Abidjan. La capitale économique du pays est soumise à des températures maximales dépassant régulièrement 32 °C et à une hygrométrie extérieure pouvant atteindre 75%, ce qui rend la climatisation indispensable toute l'année.

Face à ces conditions, le confort hygrothermique intérieur visé dans les espaces de vie, de travail ou commerciaux est généralement défini par une température de 24 °C et une humidité relative de 50%. Atteindre et maintenir ces conditions de confort dans un environnement aussi contraignant impose une maîtrise fine des charges thermiques et un choix rigoureux du système de climatisation.

C'est dans ce contexte que s'inscrit le projet MICASA, une construction neuve à usage mixte (bureaux et commerces) située à Abidjan. Son dimensionnement en matière de climatisation doit répondre à la fois aux exigences de performance énergétique, de rentabilité économique et de durabilité environnementale, tout en étant adapté aux réalités climatiques locales.

Le présent mémoire s'inscrit dans cette démarche en proposant une analyse comparative approfondie de deux technologies de climatisation couramment utilisées dans les bâtiments tertiaires : le système VRV (Volume de Réfrigérant Variable) et le système à eau glacée. L'objectif principal est de déterminer la solution la plus pertinente pour le projet MICASA, en évaluant les deux alternatives selon une approche multicritère portant sur les performances techniques, les coûts économiques (CAPEX et OPEX) et les impacts environnementaux

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA  
CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

---

(consommation d'énergie et émissions de CO<sub>2</sub>).

Pour ce faire, une méthodologie rigoureuse a été mise en œuvre, incluant :

- La réalisation de bilans thermiques détaillés pour estimer les charges de climatisation,
- Une évaluation économique complète sur un horizon de 20 ans,
- Ainsi qu'une analyse des impacts environnementaux basée sur la consommation annuelle d'énergie et le potentiel de réchauffement global des fluides frigorigènes utilisés.

Les données techniques et économiques obtenues seront comparées de manière objective afin de justifier le choix du système le plus adapté au projet. Cette étude se veut également un outil d'aide à la décision pour les maîtres d'ouvrage, bureaux d'études et professionnels du génie climatique intervenant sur des projets similaires dans les climats tropicaux.

## II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

### 1. Structure d'accueil : FOX COOLING

Établie en 2009, FOX COOLING s'est rapidement imposée comme un acteur majeur dans le paysage de l'électromécanique en Afrique de l'Ouest. L'entreprise a su établir des collaborations stratégiques avec des leaders mondiaux du secteur, notamment DAIKIN et TECNAIR, ce qui lui confère une position de premier plan dans le domaine de la climatisation, tant en Côte d'Ivoire que dans l'ensemble de la région ouest-africaine. Son expertise s'étend également au domaine de la ventilation et du désenfumage, grâce à un partenariat avec SODECA.

L'engagement de FOX COOLING envers la qualité, la protection de l'environnement et la sécurité au travail est rigoureusement démontré par ses certifications selon les normes ISO 9001 : 2015 (Qualité), ISO 14001 : 2015 (Environnement) et OHSAS 18001 : 2004 (Santé et Sécurité). Afin d'assurer une couverture régionale optimale et une proximité avec sa clientèle, FOX COOLING dispose d'une structure à deux têtes : un siège basé au Ghana, ciblant les pays anglophones d'Afrique de l'Ouest, et une succursale stratégiquement implantée à Marcory, sur le boulevard Félix-Houphouët-Boigny, dans la ville d'Abidjan en Côte d'Ivoire, qui dessert les pays francophones de la région.

La mission première de FOX COOLING est la satisfaction de sa clientèle. Pour atteindre cet objectif, l'entreprise s'engage à fournir un service de qualité supérieure, fiable et hautement professionnel. Ce service s'appuie sur l'intégration des technologies les plus avancées et des processus optimisés pour répondre aux besoins spécifiques de ses clients dans les domaines de la climatisation, de la ventilation, de l'électricité et du désenfumage.

## III. PRESENTATION DU PROJET

### 1. Contexte et justification de l'étude

La Côte d'Ivoire, avec son climat tropical humide caractérisé par des températures élevées et une forte hygrométrie (34 °C et 75%), rend la climatisation non seulement souhaitable, mais nécessaire pour garantir des conditions de vie agréables. Cet impératif climatique a un impact direct sur la conception des bâtiments modernes dans la région.

Dans ce contexte, le projet MICASA, un immeuble de 12 étages situé dans la commune de Marcory à Abidjan, représente un développement immobilier d'envergure. Ce bâtiment multifonctionnel comprend deux sous-sols dédiés aux parkings, un rez-de-chaussée avec des

espaces commerciaux, des bureaux et le concierge, une mezzanine accueillant une salle de sport, des salles de réunion et des bureaux, ainsi que des étages courants (du 1er au 8ème) dédiés aux appartements résidentiels et des étages supérieurs (du 9ème au 12ème) aménagés en chambres d'hôtel. Pour un tel projet à l'usage diversifié, la conception et l'implémentation d'un système de climatisation performant et écoénergétique sont des éléments cruciaux. Ils sont garants du confort des futurs occupants et de la pérennité du bâtiment, tout en tenant compte de l'environnement local.

Cependant, dans un contexte de préoccupations croissantes liées à la consommation énergétique et à l'impact environnemental des systèmes de refroidissement, une analyse approfondie des solutions disponibles s'avère indispensable. Le choix d'un système de climatisation ne peut plus se limiter à la simple performance initiale.

Ainsi, pour un bâtiment de cette envergure et à la complexité fonctionnelle du bâtiment MICASA, le choix entre un système à débit de réfrigérant variable (VRV) et un système à eau glacée présente des avantages et des inconvénients distincts. Une décision éclairée nécessite donc une évaluation comparative rigoureuse, basée sur des critères techniques, économiques et environnementaux spécifiques au contexte du projet MICASA à Marcory.

Cette étude comparative se justifie précisément par la nécessité d'optimiser l'efficacité énergétique, de maîtriser les coûts, d'assurer le confort des occupants et de minimiser l'impact environnemental engendré par la climatisation. Elle répond directement aux enjeux de performance et de durabilité d'un tel complexe immobilier.

En fournissant une analyse comparative détaillée, cette étude permettra in fine aux décideurs du projet MICASA de sélectionner le système de climatisation le plus adapté à leurs objectifs de performance, de coût et de durabilité. Elle servira de guide technique pour une prise de décision stratégique.

## 2. Objectif de l'étude

L'objectif principal de cette étude est d'identifier le système de climatisation le plus pertinent et optimal pour le projet MICASA, en comparant les systèmes VRV et à eau glacée sur une période d'analyse de 20 ans.

Pour atteindre cet objectif général, cette étude se fixe les objectifs spécifiques suivants :

- Évaluer la performance énergétique comparée de chaque système dans le contexte climatique spécifique d'Abidjan (températures élevées et forte hygrométrie), en quantifiant notamment leur efficacité saisonnière.

- Comparer les coûts totaux de possession des deux solutions, incluant l'investissement initial (CAPEX), les coûts d'installation, les frais de maintenance et les dépenses d'exploitation (OPEX) sur cette période de 20 ans.
- Analyser la flexibilité opérationnelle et le confort thermique offerts par chaque système, en considérant la gestion des zones individuelles et la qualité de l'air intérieur.
- Estimer l'impact environnemental de chaque système, en évaluant la consommation d'énergie primaire et le potentiel de réchauffement planétaire des fluides frigorigènes utilisés.
- Formuler des recommandations techniques et économiques détaillées destinées aux décideurs du projet MICASA, afin de les aider à choisir la solution de climatisation la plus alignée avec leurs objectifs de durabilité, de performance et de rentabilité.

## IV. GENREALITE

### 1. Présentation du système VRV

Le système de climatisation à Volume de Réfrigérant Variable (VRV), introduit par la société japonaise Daikin dans les années 1980, est une solution de climatisation multizone à détente directe. Sa caractéristique principale réside dans sa capacité à faire varier précisément le débit du fluide frigorigène circulant dans l'installation, en fonction des besoins de confort thermique spécifiques exprimés par les utilisateurs dans les différentes zones du bâtiment.

Ce système polyvalent est disponible en versions assurant uniquement le rafraîchissement, ou en versions réversibles, capables de fournir à la fois le rafraîchissement en été et le chauffage en hiver. Ces dernières sont communément appelées pompes à chaleur. Outre l'acronyme VRV (marque déposée), ce type de système est également désigné par les termes DRV (Débit de Réfrigérant Variable) et VRF (Variable Refrigerant Flow).

Une composante technologique clé du système VRV est l'intégration de la technologie "Inverter". Ce système permet à l'unité extérieure d'adapter en continu le volume de réfrigérant (et donc sa puissance frigorifique ou calorifique) à la demande réelle de l'installation. La technologie Inverter agit en régulant la vitesse de rotation du compresseur, ce qui a pour effet d'ajuster le débit de fluide frigorigène en circulation dans l'ensemble du système en temps réel, en fonction de la température souhaitée dans chaque zone.

Le système VRV est fondamentalement composé de plusieurs éléments interconnectés :

- Des unités intérieures (de différents types : cassettes, consoles, gainables, etc.) installées

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

---

dans les espaces à climatiser.

- Une ou plusieurs unités extérieures qui contiennent le ou les compresseurs, les échangeurs de chaleur et les organes de régulation.
- Un fluide frigorigène qui transporte la chaleur entre les unités intérieures et extérieures.
- Un réseau de distribution du fluide frigorigène constitué de tuyauteries en cuivre isolées.

Dans un souci constant de respect de l'environnement et en réponse aux exigences réglementaires internationales telles que celles issues du Protocole de Kyoto, l'industrie de la climatisation a progressivement fait évoluer ses fluides frigorigènes. Historiquement, des fabricants comme AIRWELL ont introduit l'utilisation du réfrigérant R410a. Ce fluide a marqué une avancée significative, notamment en termes de réduction de l'impact écologique par rapport aux fluides antérieurs (grâce à l'absence de chlore et un PACO nul), et a également permis une nette amélioration du COP des systèmes, synonyme d'une meilleure efficacité énergétique.

Plus récemment, l'innovation technologique a conduit à l'adoption du réfrigérant R32. Ce fluide, dont Daikin a été un pionnier dans l'intégration pour ses gammes VRV et résidentielles, représente la nouvelle génération de fluides frigorigènes. Le R32 offre des performances environnementales encore supérieures, notamment un Potentiel de Réchauffement Global (PRG) nettement plus faible que le R410a, contribuant ainsi de manière plus significative à la lutte contre le réchauffement climatique. En outre, il maintient, voire améliore, l'efficacité énergétique des systèmes, consolidant les avantages en termes de confort et de durabilité de l'installation.

Le système VRV, mondialement reconnu pour sa flexibilité et son efficacité, est de plus en plus spécifié dans les cahiers des charges pour le chauffage et la climatisation de complexes de bureaux à partir de 100 m<sup>2</sup>, de laboratoires, de locaux commerciaux et de tout environnement où un contrôle précis et indépendant de la température est requis dans différentes zones. Sa capacité à s'adapter aux variations de charge et à offrir un confort personnalisé en fait une solution privilégiée pour de nombreuses applications tertiaires et commerciales.



Figure 1 : Schéma de principe d'un système VRV [2]

## 2. Présentation du système à Eau glacée

Le système de climatisation à eau glacée est une technologie de refroidissement centralisé largement utilisée dans les bâtiments de moyenne et grande taille, ainsi que dans les applications industrielles où des besoins de refroidissement importants et précis sont requis. Contrairement aux systèmes à détente directe comme le VRV qui utilisent un fluide frigorigène circulant directement vers les unités de traitement de l'air, un système à eau glacée utilise l'eau comme fluide caloporteur secondaire pour transporter l'énergie frigorifique.

Le principe de fonctionnement repose sur un refroidisseur (appelé également groupe froid ou chiller) qui abaisse la température d'un circuit d'eau fermé. Ce refroidisseur utilise un cycle frigorifique (compression, condensation, détente, évaporation) pour transférer la chaleur d'un autre circuit d'eau vers un fluide frigorigène, produisant ainsi de l'eau glacée à une température généralement comprise entre 7 et 12 °C.

Cette eau glacée est ensuite distribuée à travers un réseau de tuyauteries hydrauliques vers des unités terminales situées dans les différents locaux à climatiser. Ces unités terminales sont le plus souvent des ventilo-convection, des poutres froides ou des batteries froides intégrées dans des systèmes de traitement d'air (CTA). Au niveau de ces unités terminales, l'air ambiant est refroidi en passant à travers des échangeurs de chaleur où circule l'eau glacée. L'eau, légèrement réchauffée après avoir absorbé la chaleur de l'air, retourne au refroidisseur pour être à nouveau refroidie.

Le système à eau glacée est composé principalement des éléments suivants :

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

---

- Groupe d'eau glacée : Ce sont les unités de production de froid, communément appelées chillers. Il existe principalement deux types de refroidisseurs, différenciés par leur mode de condensation et leur emplacement typique :  
Les chillers à condensation par eau sont généralement situés dans un local technique centralisé à l'intérieur du bâtiment. Ils rejettent la chaleur extraite dans un circuit d'eau de refroidissement externe qui est ensuite refroidie par une tour de refroidissement. Ces chillers sont souvent choisis pour les grandes puissances ou dans les climats chauds en raison de leur efficacité énergétique supérieure.  
Les chillers à condensation par air rejettent la chaleur directement dans l'air ambiant. Ils sont le plus souvent situés à l'extérieur du bâtiment, généralement sur le toit ou au niveau du sol, car ils nécessitent un accès libre à l'air ambiant pour leur fonctionnement. Leur installation est plus simple, car ils ne demandent pas de circuit d'eau de refroidissement externe ni de tour de refroidissement.
- Pompes de circulation : Ces pompes assurent le débit constant de l'eau glacée à travers le réseau de distribution, depuis le refroidisseur vers les unités terminales et l'eau de retour vers le refroidisseur.
- Réseau de tuyauteries hydrauliques : Ce réseau, composé de tuyaux isolés, est conçu pour transporter l'eau glacée du refroidisseur vers les unités terminales et ramener l'eau tiède (eau de retour) au refroidisseur pour qu'elle soit à nouveau refroidie. L'isolation est cruciale pour minimiser les pertes ou gains thermiques.
- Unités terminales : Installées dans les espaces à climatiser, ces unités échangent la chaleur entre l'air ambiant et l'eau glacée. Les types courants incluent les ventilo-convecteurs, les poutres froides ou les batteries froides, choisies en fonction des exigences de confort et d'intégration architecturale.
- Système de traitement de l'eau : Ce système est crucial pour maintenir la qualité de l'eau dans le circuit hydraulique. Il prévient la corrosion, l'entartrage et le développement biologique (algues, bactéries), garantissant ainsi la performance et la longévité du système.
- Tour de refroidissement : Spécifiquement utilisée avec les chillers à condensation par eau, la tour de refroidissement est une installation externe qui dissipe la chaleur extraite du bâtiment vers l'atmosphère par évaporation d'eau.

Bien qu'il n'y ait pas d'équivalent direct au terme "Inverter" pour l'ensemble du système à eau glacée, l'efficacité énergétique des groupes d'eau glacée a considérablement progressé. Les

Chillers modernes intègrent des technologies telles que les compresseurs à vis ou centrifuges à vitesse variable, qui permettent d'adapter la puissance frigorifique produite à la charge thermique réelle du bâtiment, optimisant ainsi la consommation d'énergie.

Le système à eau glacée est particulièrement adapté aux complexes de bureaux de grande taille (souvent au-delà de 100 m<sup>2</sup>), aux hôpitaux, aux centres commerciaux, aux aéroports, aux usines et à tous les locaux nécessitant un contrôle précis de la température et une distribution de refroidissement sur de longues distances. Sa flexibilité permet de gérer des charges thermiques importantes et de s'adapter à des configurations de bâtiments complexes avec des besoins de refroidissement variés.

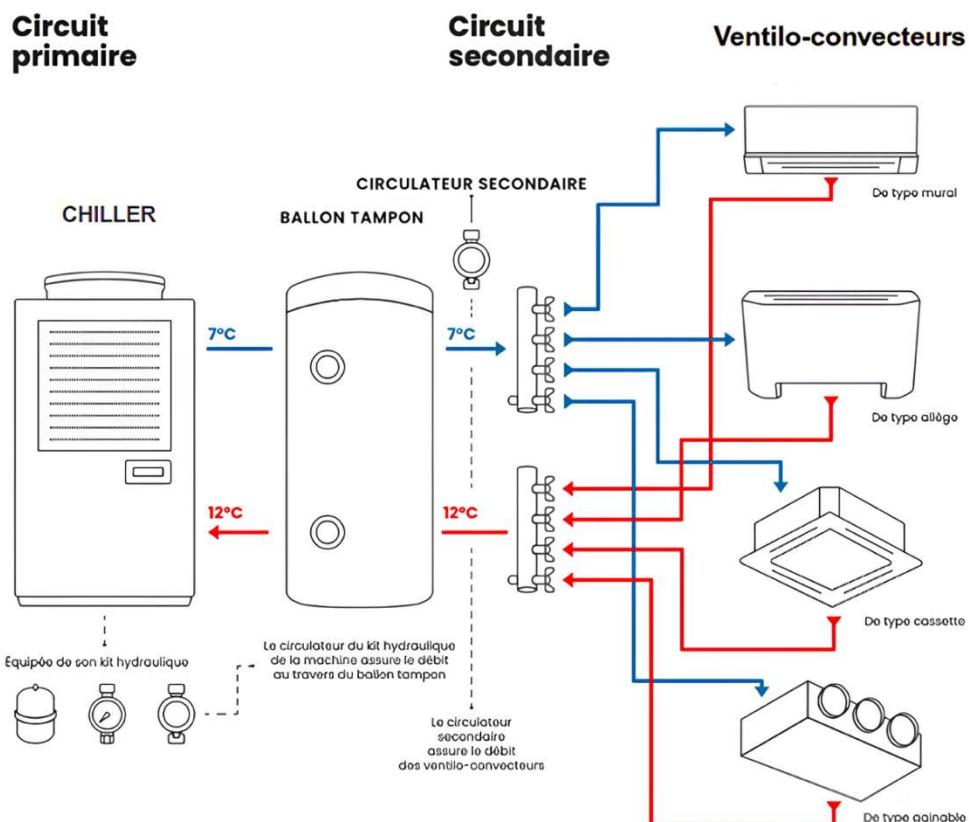


Figure 2 : Schéma de principe d'un système à eau glacée [3]

## V. METHODOLOGIE DE CONCEPTION

La méthodologie de cette étude comparative repose sur une approche structurée en plusieurs étapes. Nous commencerons par une analyse des charges thermiques du bâtiment MICASA, qui servira de base au dimensionnement de chaque système. Ensuite, une étude détaillée sera menée individuellement pour le système VRV et pour le système à eau glacée. Pour chacun, nous évaluerons les aspects techniques, économiques et environnementaux. L'étape finale

consistera en une comparaison directe des résultats obtenus pour les deux systèmes, afin de fournir une base solide pour la décision.

### 1. Réalisation du bilan thermique

La phase initiale de cette étude comparative consiste en l'établissement d'un bilan thermique exhaustif pour le bâtiment MICASA. Il vise à quantifier précisément les gains et pertes de chaleur de chaque zone afin de déterminer les besoins frigorifiques nécessaires au maintien du confort thermique. Pour ce faire, une feuille de calcul Excel a été utilisée. Cette feuille de calcul, employée par l'entreprise Fox Cooling dans ses études, s'appuie sur les normes et méthodologies de l'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers) et intègre les données climatiques locales d'Abidjan. Cette approche garantit une modélisation détaillée, systématique et adaptée au contexte, assurant ainsi la rigueur et la traçabilité des calculs.

La méthodologie de calcul des charges frigorifiques via cette feuille excel repose sur l'analyse des gains de chaleur provenant de diverses sources. Pour chaque local, les principaux postes de gains thermiques pris en compte sont les suivants :

- Gains solaires par les vitrages : Énergie solaire traversant les surfaces vitrées, dépendante de l'orientation, de la surface des vitrages et des facteurs de transmission solaire.
- Gains par transmission à travers les parois : Flux de chaleur traversant les murs, toits et planchers lorsque la température extérieure est supérieure à la température intérieure, influencé par la différence de température et par la composition des matériaux.
- Gains liés à l'occupation : chaleur dégagée par les occupants du local (sensible et latente), en fonction du nombre de personnes et de leur activité.
- Gains liés à l'éclairage : chaleur générée par les luminaires, proportionnelle à leur puissance électrique et à leur temps de fonctionnement.
- Gains liés aux appareils électriques : chaleur dégagée par les ordinateurs, imprimantes et autres équipements électroniques présents dans le local, selon leur puissance et leur durée d'utilisation.
- Gains par renouvellement d'air : chaleur sensible et latente apportée par l'air extérieur introduit ou infiltré, en fonction du débit d'air et de la différence d'enthalpie entre l'air intérieur et extérieur.

Les résultats de ce bilan thermique, qui intégreront l'ensemble de ces paramètres, constitueront la base quantitative indispensable pour le dimensionnement des équipements de climatisation du bâtiment.

## 2. Méthodologie de dimensionnement des différents systèmes

### a) Méthodologie de dimensionnement du système VRV

Le dimensionnement du système VRV a été conduit selon une méthodologie rigoureuse. Cette approche séquentielle s'est appuyée sur les résultats du bilan thermique détaillé pour assurer une adéquation optimale entre les besoins en froid du bâtiment et la capacité du système VRV, tout en respectant les contraintes techniques, architecturales et les exigences de confort acoustique.

- Sélection et implantation des unités intérieures

La première étape a consisté à analyser les charges thermiques calculées pour chaque local ou zone du bâtiment. Le type d'unité intérieure a été directement imposé par le cahier des charges du projet, stipulant l'utilisation d'unités gainables pour les chambres d'hôtel, les espaces commerciaux (y compris la salle de gym), et d'unités murales pour les bureaux et le concierge. Sur la base de ces exigences, les unités intérieures VRV appropriées ont été sélectionnées en fonction de leur puissance frigorifique nominale.

Une fois les caractéristiques de ces unités intérieures connues, leur implantation pièce par pièce a été réalisée sur les plans AutoCAD du bâtiment, permettant un positionnement précis de chaque appareil. C'est à la suite de cette implantation que la division du bâtiment en plusieurs systèmes VRV distincts, organisés par niveau ou par zone fonctionnelle, a été effectuée. Cette sectorisation a permis d'optimiser la distribution du froid, la gestion des systèmes et l'élaboration des plans de principe globaux du réseau frigorifique.

- Sélection et configuration des unités extérieures

Après avoir sélectionné et implanté les unités intérieures pour chaque système VRV défini, la somme des puissances frigorifiques nominales de ces unités intérieures a été calculée. Le résultat obtenu a permis de choisir l'unité extérieure VRV la plus adaptée pour chaque système. La gamme VRV X séries du fabricant Daikin a été retenue, reconnue pour sa capacité à

satisfaire un large éventail de puissances frigorifiques. Dotée d'une technologie avancée, cette gamme assure une haute efficacité énergétique, ce qui est crucial pour améliorer le confort des utilisateurs et contribuer à la création d'un environnement durable [4]. L'unité extérieure choisie pour un système donné est celle ayant une puissance nominale directement supérieure à la somme des puissances des unités intérieures du système, majorée d'un coefficient de 10%.

- Dimensionnement des refnets et de la tuyauterie

Les refnets sont des raccords de distribution spécifiquement conçus pour les systèmes de climatisation VRV. Fabriqués en cuivre, leurs entrées, sorties et dérivations multi-diamètres soudables simplifient grandement les raccordements des réseaux frigorifiques [5].

La Figure 3 nous montre des exemples de raccords Refnet utilisés pour répartir le fluide frigorigène dans les systèmes VRV, avec illustration du principe de dérivation entre ligne principale et ligne secondaire.

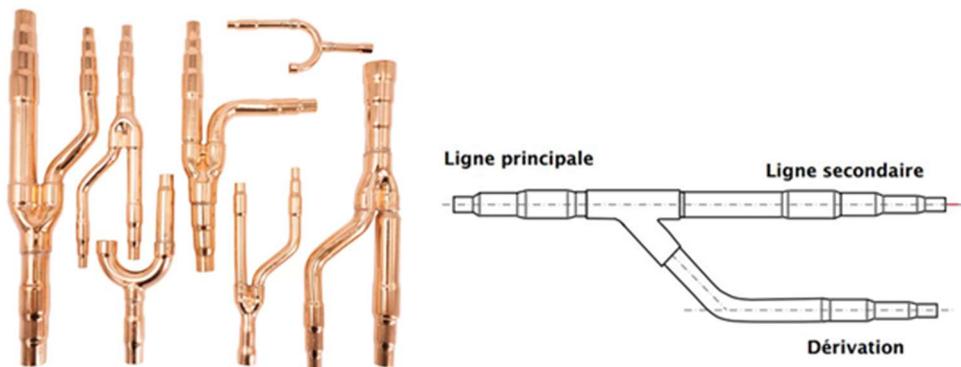


Figure 3 : Raccords Refnet et schéma de dérivation du fluide frigorigène [4,5]

Pour déterminer la référence appropriée d'un refnet, la somme des index des unités intérieures installées en aval de celui-ci a été calculée. Une correspondance a ensuite été effectuée à l'aide du Tableau 1 pour trouver la référence correcte.

L'index d'une unité intérieure correspond à une valeur relative standardisée fixée par le fabricant Daikin, qui exprime sa capacité frigorifique nominale.

Cette valeur sert à faciliter la sélection des composants du réseau frigorifique, notamment les raccords refnet, en évitant les confusions liées aux puissances thermiques exprimées en kW. Plus l'index est élevé, plus l'unité intérieure est puissante.

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

**Tableau 1 : Correspondance entre l'index total des unités intérieures et les raccords refnet**

Total de index des UI en aval	Référence refnet
< 200	KHRQ22M20T ou KHRP26A22T
200 ≤ x ≤ 290	KHRQ22M29T9 ou KHRP26A33T
290 ≤ x ≤ 640	KHRQ22M64T ou KHRP26A72T
≥ 640	KHRQ22M75T ou KHRP26A73T+KHRP26M73TP

- Détermination des diamètres des tuyauteries en cuivre

Les tuyauteries en cuivre assurent le transport du fluide frigorigène entre les unités intérieures et extérieures sous ses deux états (liquide et gazeux). Il a été impératif de déterminer les sections exactes de ces tuyauteries. Le diamètre d'une tuyauterie donnée a été défini en effectuant la somme des index des unités intérieures situées en aval de celle-ci. Le choix du diamètre a ensuite été effectué selon la position de chaque tronçon de tuyauterie dans le réseau frigorifique, conformément aux critères présentés dans le Tableau 2.

**Tableau 2 : Correspondance entre l'index total des unités intérieures et le diamètre des tuyauteries en cuivre selon leur position**

<b>Unité intérieure – Refnet</b>		
Niveau de capacité	Côte gaz (mm)	Côte liquide (mm)
15 ≤ x ≤ 50	12,7	6,4
63 ≤ x ≤ 140	15,9	9,5
200	19,1	
250	22,2	

<b>Refnet – Refnet</b>		
Total de capacité en aval	Côte gaz (mm)	Côte liquide (mm)
< 150	15,9	
150 ≤ x < 200	19,1	9,5
200 ≤ x < 290	22,2	
290 ≤ x < 420	28,6	12,7
420 ≤ x < 640	28,7	15,9
640 ≤ x < 920	34,9	19,1

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

$\geq 920$	41,3	19,2
<b>Unité extérieure – Refnet</b>		
Index unité extérieure	Côte gaz (mm)	Côte liquide (mm)
8	15,9	
10	19,1	9,5
$12 \leq x \leq 16$	22,2	
$18 \leq x \leq 22$	28,6	12,7
24	28,7	15,9
$26 \leq x \leq 34$	34,9	19,1
$36 \leq x \leq 54$	41,3	19,2

- Vérification et Optimisation via le logiciel VRV Xpress

Suite au dimensionnement manuel préliminaire, l'ensemble du système a été modélisé et optimisé à l'aide du logiciel VRV Xpress développé par le fabricant Daikin. Cet outil d'aide à la conception permet de réaliser des dimensionnements détaillés des systèmes VRV à chaque étape du projet, tout en garantissant la conformité aux spécifications techniques du constructeur [7]. Son utilisation nous a permis de vérifier la cohérence des calculs manuels et d'optimiser les diamètres des cuivres ainsi que les références de chaque refnet, garantissant l'efficacité et la conformité du système. Le processus intégré de VRV Xpress comprend les étapes clés suivantes :

- Sélection des unités intérieures et connexion aux unités extérieures ;
- Génération automatique de schémas de tuyauterie avec joints ;
- Génération automatique de schémas de câblage ;
- Sélection des systèmes de contrôle centralisés possibles ;
- Visualisation des résultats dans des formats courants tels que MS Word, MS Excel et AutoCAD.[7]

À l'issue de ces étapes, le logiciel VRV Xpress a généré un rapport détaillé pour chacun de nos systèmes VRV. Ce rapport nous a fourni une liste exhaustive des équipements nécessaires, incluant notamment la quantité précise de réfrigérant additionnel requise. C'est cette liste qui a servi de base à l'établissement du devis estimatif, permettant ainsi une évaluation économique

précise du système.

### **b) Méthodologie de dimensionnement du système à Eau Glacée**

Le dimensionnement du système de climatisation à eau glacée, comme celui du système VRV, s'appuie sur les résultats du bilan thermique.

- Détermination des unités terminales et des débits d'eau

La première étape a consisté en la sélection des unités terminales, spécifiquement des ventilo-convecteurs. Le type de ces unités a été dicté par le cahier des charges du projet. La sélection de chaque ventilo-convecteur s'est effectuée en fonction de la charge thermique calculée pour le local correspondant.

Une fois les ventilo-convecteurs choisis, les débits d'eau nécessaires à leur fonctionnement ont été déterminés. Chaque unité terminale requiert un débit d'eau précis, directement lié à sa puissance frigorifique nominale. Ces débits sont spécifiés dans la documentation technique des gainables à eau glacée du fabricant. La somme des débits d'eau de toutes les unités intérieures a permis de calculer le débit d'eau glacée total requis pour le circuit hydraulique principal.

- Sélection des groupes d'eau glacée

Le choix des unités de production de froid, les groupes d'eau glacée, a été effectué en fonction de la puissance frigorifique totale calculée et du type de condensation. Pour le projet MICASA, la sélection s'est portée sur des groupes d'eau glacée à condensation par air, dont les références ont été identifiées dans le catalogue du fabricant Daikin.

- Dimensionnement du réseau hydraulique et du ballon tampon

Une fois les débits d'eau totaux et par zone établis, l'étape suivante consiste à dimensionner le réseau de tuyauteries d'eau glacée. Cette phase est cruciale pour garantir une circulation optimale de l'eau, minimiser les pertes de charge et assurer l'efficacité énergétique globale du système. Le dimensionnement inclut la détermination des diamètres nominaux des circuits de départ et de retour d'eau glacée, suivie du métré de ces circuits.

Le principe de dimensionnement des diamètres nominaux des collecteurs et des conduits repose sur la relation entre le débit d'eau (Q), la section de passage de la tuyauterie (S), et la vitesse de passage de l'eau (v). La formule fondamentale utilisée est la suivante :

$$Q = S \times v = \frac{\pi \times d^2}{4} \times v \quad (1)$$

Où :

- $Q$  : débit d'eau glacée dans la tuyauterie, en mètre cube par seconde (**m<sup>3</sup>/s**)
- $S$  : section de passage de l'eau glacée dans la tuyauterie, en mètre carré (**m<sup>2</sup>**)
- $d$  : diamètre de la tuyauterie, en mètre (**m**)
- $v$  : vitesse de passage de l'eau glacée dans la tuyauterie, en mètre par seconde (**m/s**)

La vitesse de passage de l'eau est un paramètre déterminant et varie en fonction du débit et de la configuration du circuit. Les vitesses usuelles de l'eau dans les circuits de distribution d'eau glacée sont généralement de l'ordre de 0,5 m/s pour les faibles diamètres et débits, atteignant 1,5 m/s dans les grandes distributions avec colonnes verticales, et jusqu'à 2 m/s pour les grandes distributions posées horizontalement [8]. Compte tenu que le circuit hydraulique d'eau glacée est réalisé en acier noir (un matériau résistant) et pour tenir compte des contraintes et imprévus des travaux d'exécution sur un chantier, certaines installations peuvent tolérer des vitesses allant jusqu'à 2,70 m/s pour les plus grandes distributions d'eau glacée à haut débit.

À partir de l'équation (1), le diamètre de la tuyauterie peut être déterminé par la formule suivante, adaptée aux unités pratiques de l'ingénierie :

$$d = \sqrt{\frac{4 \times Q}{3,6 \times \pi \times v}} \quad (2)$$

Où :

- $d$  : diamètre de la tuyauterie, en millimètre (**mm**)
- $v$  : vitesse de passage de l'eau glacée dans la tuyauterie, en mètre par seconde (**m/s**)
- $Q$  : débit d'eau glacée dans la tuyauterie, en litre par heure (**L/h**)

Le dimensionnement des diamètres nominaux de notre installation a été effectué en se référant au tableau récapitulatif ci-dessous. Ce tableau, issu des calculs théoriques basés sur les équations (1) et (2), est un outil de référence utilisé au sein de l'entreprise Fox Cooling dans le cadre du dimensionnement des circuits de distribution d'eau glacée. Il est spécifiquement tiré du Cahier des Clauses Techniques Générales (CCTG) – Marchés publics de travaux

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

---

d'installation de génie climatique – N°2015. Dans le cadre de notre étude, le dimensionnement a rigoureusement suivi les valeurs présentées dans ce tableau.

**Tableau 3 : Récapitulatif des diamètres nominaux des tuyauteries en acier en fonction des plages de débit et de vitesse de circulation d'eau**

Débit d'eau glacée (L/h)	Vitesse de passage d'eau dans la tuyauterie (m/s)	Diamètre nominal en acier DN (mm)
$135 \leq Q \leq 141$	$0,48 \leq v \leq 0,5$	10
$141 < Q \leq 316$	$0,22 < v \leq 0,5$	15
$316 < Q \leq 684$	$0,28 < v \leq 0,6$	20
$684 < Q \leq 1244$	$0,39 < v \leq 0,7$	25
$1244 < Q \leq 2561$	$0,43 < v \leq 0,88$	32
$2561 < Q \leq 3811$	$0,56 < v \leq 0,84$	40
$3811 < Q \leq 7143$	$0,54 < v \leq 1,01$	50
$7143 < Q \leq 14491$	$0,6 < v \leq 1,21$	65
$14491 < Q \leq 22146$	$0,83 < v \leq 1,22$	80
$22146 < Q \leq 45696$	$0,78 < v \leq 1,61$	100
$45696 < Q \leq 81458$	$1,03 < v \leq 1,84$	125
$81458 < Q \leq 134674$	$1,28 < v \leq 2,11$	150
$134674 < Q \leq 261727$	$1,19 < v \leq 2,31$	200
$261727 < Q \leq 442219$	$1,48 < v \leq 2,5$	250
$442219 < Q \leq 734302$	$1,73 < v \leq 2,88$	300
$734302 < Q \leq 931321$	$2,11 < v \leq 2,68$	350

Après ce dimensionnement, des plans de principe du système à eau glacée ont été élaborés. Ces plans ont servi de base pour effectuer le métré des tuyauteries, une donnée essentielle pour le calcul ultérieur des pertes de charge.

Pour optimiser le fonctionnement des groupes frigorifiques et assurer une distribution efficace de l'eau glacée, un ballon tampon a été intégré au circuit. Ce ballon, ainsi que l'ensemble des

conduits du réseau, seront réalisés en acier noir et isolés au polyuréthane. Ce choix de matériaux assure la robustesse et la durabilité de l'installation, tandis que l'isolation au polyuréthane est essentielle pour minimiser les pertes thermiques et prévenir la condensation.

Le volume du ballon tampon a été déterminé grâce à la formule suivante :

$$V_{min} = \frac{P \times \Delta t_{min}}{Cp \times \rho \times \Delta T_{eau}} \quad (3)$$

Avec :

- $V_{min}$  : Volume minimum du ballon tampon (en  $m^3$ )
- $P$  : puissance frigorifique totale des groupes (en kW)
- $\Delta t_{min}$  : temps de fonctionnement minimum souhaité pour les groupes (5 minutes).
- $\Delta T_{eau}$  : écart de température entre l'eau glacée aller et retour (5 °C).
- $Cp = 4,18 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$  : capacité calorifique spécifique de l'eau. Ce coefficient permet la conversion des unités pour obtenir le volume en litres, sachant que la masse volumique de l'eau est d'environ 1 kg/L.
- Dimensionnement de la Pompe de Circulation

Le dimensionnement de la pompe de circulation principale a été réalisé en calculant la Hauteur Manométrique Totale (HMT) requise. Étant donné que le circuit hydraulique est de type fermé, la HMT de la pompe correspond directement à la somme des pertes de charge à vaincre dans l'ensemble du réseau de tuyauteries et des unités terminales.

- Sélection des Équipements de Protection et de Régulation

Enfin, une fois la pompe dimensionnée, les différents équipements de protection et de régulation nécessaires au bon fonctionnement, à la sécurité et à l'optimisation du système à eau glacée ont été sélectionnés. Cela inclut, sans s'y limiter, les vannes d'équilibrage, les vannes d'isolation, les filtres, les purgeurs d'air, les vases d'expansion, et les systèmes de contrôle associés.

### 3. Évaluation des coûts

L'évaluation économique des systèmes de climatisation VRV et à eau glacée est une composante essentielle de cette étude comparative. Elle vise à quantifier les dépenses associées à chaque solution sur l'ensemble de leur cycle de vie, permettant ainsi une analyse financière robuste. Cette évaluation se divise en deux catégories principales : les coûts d'investissement initiaux et les coûts d'exploitation sur une période définie de 20 ans.

#### a) Évaluation des coûts d'investissement

Les coûts d'investissement représentent l'ensemble des dépenses initiales nécessaires à l'acquisition et à l'installation complète de chaque système de climatisation.

- Pour le système VRV : Le devis de l'installation a été établi sur la base de la liste exhaustive du matériel fournie par le logiciel VRV Xpress, qui inclut les unités intérieures, unités extérieures, refnet, commandes et tous les accessoires nécessaires au circuit frigorifique. À ce coût matériel, ont été ajoutés les coûts d'installation propres à l'entreprise (main d'œuvre, fournitures électriques, transport, etc.) ainsi que les frais liés à l'étude et à la supervision du projet.
- Pour le système à eau glacée : L'estimation des coûts d'investissement a été réalisée à partir de la liste des équipements majeurs (groupes d'eau glacée, pompes, ventilo-convection, ballon tampon) et des réseaux (tuyauteries hydrauliques et leurs accessoires). Ces coûts ont été complétés par les dépenses d'installation, de mise en service et les frais d'étude, suivant une approche similaire à celle du système VRV.

L'estimation de ces coûts a été réalisée en se basant sur des devis fournisseur et des prix unitaires du marché local, afin de garantir une estimation aussi réaliste que possible.

#### b) Évaluation des coûts d'exploitation

Les coûts d'exploitation représentent l'ensemble des dépenses récurrentes générées par le fonctionnement et l'entretien des systèmes sur leur durée de vie opérationnelle. Une période d'analyse de 20 ans a été retenue pour cette évaluation. Le poste de coût le plus significatif étant la consommation électrique, des hypothèses précises de temps de fonctionnement et de charge ont été définies.

- Hypothèses de temps de fonctionnement annuel : Des heures de fonctionnement annuelles spécifiques ont été établies pour chaque type d'usage des locaux, reflétant leur

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

---

période d'occupation typique.

- Coût de la consommation électrique : La consommation électrique annuelle a été déterminée en multipliant la puissance absorbée par les appareils par les heures de fonctionnement annuelles, en tenant compte des profils de charge spécifiques à chaque système.

Pour le système VRV : Il a été émis l'hypothèse que les unités intérieures fonctionnent à 100% de leur puissance nominale durant le temps de fonctionnement annuel défini pour chaque zone. Cependant, les unités extérieures, alimentant ces unités intérieures, ont été considérées comme fonctionnant avec un profil de charge modulé :

- 50% de leur charge nominale pendant 70% du temps total de fonctionnement annuel.
- 110% de leur charge nominale pendant le reste du temps (soit 30% du temps total de fonctionnement annuel).

Cette modulation de charge est caractéristique des performances des systèmes VRV, telles que documentées dans le catalogue VRV X de Daikin [9].

Pour le système à eau glacée : Les mêmes temps de fonctionnement annuels que pour le système VRV ont été appliqués.

- Les ventilo-convecteurs, les pompes et les équipements de régulation ont été considérés comme fonctionnant à 100% de leur charge nominale pendant tout le temps de fonctionnement annuel.
- Pour les groupes frigorifiques (chillers), la consommation annuelle a été déterminée en utilisant la formule intégrant l'IPLV (Integrated Part Load Value), ce qui permet de refléter plus précisément leur performance à charge partielle sur l'année. L'IPLV est un indicateur clé de l'efficacité énergétique des chillers en conditions de charge partielle, courantes en exploitation réelle :

$$\frac{\text{Puissance frigorifique nominale du chiller} \times \text{Temps de fonctionnement annuel}}{\text{IPLV}} \quad (4)$$

La consommation électrique annuelle ainsi calculée pour chaque système sera ensuite multipliée par le coût unitaire de l'électricité en Côte d'Ivoire. Une projection de l'évolution du coût de l'électricité sur 20 ans sera appliquée.

Le coût total de possession, pour chaque système sera actualisé par un taux de 7% par la formule suivante :

$$\text{Valeur actuelle} = \frac{\text{Coût futur}}{(1 + r)^n} \quad (5)$$

Où :

- $r$  = taux d'actualisation annuel,
- $n$  = nombre d'années dans le futur,
- Coût futur = coût prévu à l'année  $n$ .

#### 4. Évaluation des impacts environnementaux

L'évaluation des impacts environnementaux est une composante essentielle de cette étude comparative, visant à quantifier l'empreinte carbone associée au fonctionnement des systèmes de climatisation VRV et à eau glacée sur une période de 20 ans. Cette analyse se concentre sur les émissions de gaz à effet de serre (GES), exprimées en équivalents dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>e), et distingue deux catégories principales : les impacts directs et les impacts indirects.

- Évaluation des impacts directs

Les impacts directs sont intrinsèquement liés au PRG et au Potentiel d'Appauvrissement de la Couche d'Ozone (PACO) des fluides frigorigènes utilisés dans les systèmes. Plutôt que de quantifier les émissions fugitives réelles, cette étude propose une comparaison des caractéristiques environnementales intrinsèques des fluides en présence, afin d'évaluer leur impact potentiel en cas de fuite.

- Critères de Comparaison :
  - Le PRG : Mesure la contribution d'une substance au réchauffement climatique par rapport à une quantité équivalente de CO<sub>2</sub> sur une période donnée (généralement 100 ans). Plus le PRG est élevé, plus le fluide a un impact potentiel important en cas de libération dans l'atmosphère [10].
  - Le PACO : Mesure la capacité d'une substance à détruire la couche d'ozone stratosphérique. Une valeur de 0 indique un impact nul sur la couche d'ozone [11].
- Fluides Frigorigènes des Systèmes Étudiés :
  - Pour le système VRV X de Daikin, le fluide concerné est le R410a [9].

- Pour le système à eau glacée : Le fluide frigorigène principal contenu dans les groupes d'eau glacée est le R134a [12].

La comparaison de ces indicateurs permettra de mettre en évidence l'avantage environnemental de certains fluides sur d'autres en termes de potentiel de réchauffement climatique et d'impact sur la couche d'ozone, en cas de libération accidentelle dans l'atmosphère.

- Évaluation des Impacts Indirects

Les impacts indirects représentent les émissions de CO<sub>2</sub> résultant de la consommation électrique nécessaire au fonctionnement des systèmes de climatisation sur toute leur durée de vie opérationnelle (20 ans). Ces émissions sont calculées en multipliant l'énergie électrique totale consommée par le système, par le facteur d'émission de CO<sub>2</sub> du mix électrique de la Côte d'Ivoire qui est de 0,43 kg CO<sub>2</sub>/kWh [13].

En combinant les impacts directs et indirects, nous obtiendrons une évaluation complète et comparative de l'empreinte carbone de chaque solution de climatisation, permettant ainsi de juger de leur performance environnementale globale.

## VI. RESULTATS

### 1. Résultats du bilan thermique du bâtiment

#### a) Cas de la salle commerciale au RDC

Le plan de la salle commerciale est présenté par la Figure 4 ci-dessous afin de situer les zones climatisées et les éléments influençant les apports thermiques (orientation, vitrages, surfaces). Il est suivi de la fiche de calcul du bilan thermique, qui détaille les charges sensibles et latentes, ainsi que la puissance frigorifique nécessaire pour assurer un confort optimal dans cet espace.

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

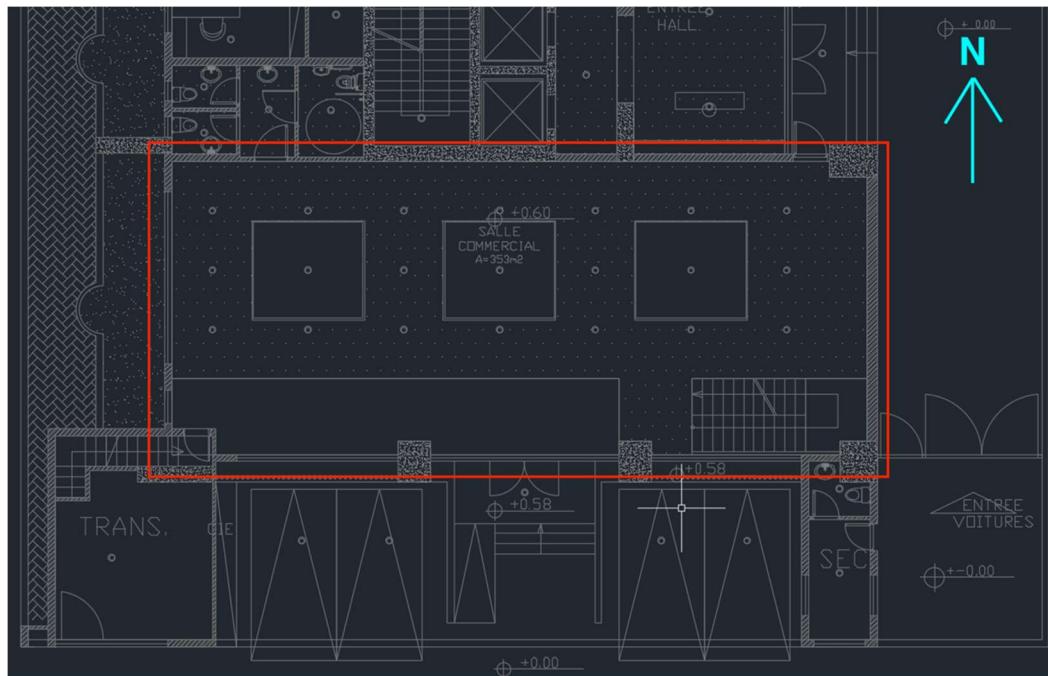


Figure 4 : Plan AutoCAD de la salle commerciale au RDC

**I- Conditions climatiques**

Extérieur

température  °C  
HR  %

Heure de calcul

Intérieur

température  °C  
HR  %

**II- CALCUL DES APPORTS CALORIFIQUES**

**1. Vitrages ensoleillés**

$Q_{s1} =$   W  
0,00 %

**1.1 Vitrage Nord**

surface  m²  
type de vitrage   
protection solaire

**1.2 Vitrage Sud**

surface  m²  
type de vitrage   
protection solaire

**1.3 Vitrage Est**

surface  m²  
type de vitrage   
protection solaire

**1.4 Vitrage Ouest**

surface  m²  
type de vitrage   
protection solaire

**1.5 Vitrage Nord-Est**

surface  m²  
type de vitrage   
protection solaire

**1.6 Vitrage Nord-Ouest**

surface  m²  
type de vitrage   
protection solaire

**1.7 Vitrage Sud-Est**

surface  m²  
type de vitrage   
protection solaire

**1.8 Vitrage Sud-Ouest**

surface  m²  
type de vitrage   
protection solaire

**2. Vitrages non ensoleillés**

surface  m²  
type de vitrage

$Q_{s2} =$   W  
12,45 %

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

**3. Parois opaques extérieures ensoleillées (murs, portes en bois)**

**3.1 parois Nord**

surface mur  m<sup>2</sup>  
couleur mur  foncée  
nature du mur  parpaings de 15 avec end.  
surface porte   
type de porte  Châssis simple, épaisseur

**3.3 parois Est**

surface mur  m<sup>2</sup>  
couleur mur  foncée  
nature du mur  parpaings de 15 avec end.  
surface porte  0  
type de porte  Châssis simple, épaisseur

**3.5 parois Nord-Est**

surface mur  0 m<sup>2</sup>  
couleur mur  foncée  
nature du mur  parpaings de 15 avec end.

**3.7 parois Sud-Est**

surface mur  0 m<sup>2</sup>  
couleur mur  foncée  
nature du mur  parpaings de 15 avec end.  
surface porte   
type de porte  Châssis simple, épaisseur

**4. Parois opaques extérieures non ensoleillées**

surface  21,75 m<sup>2</sup>  
nature du mur  parpaings de 15 avec end.

**5. Parois opaques en contact avec les locaux non climatisés**

surface  60,9 m<sup>2</sup>  
nature du mur  parpaings de 15 avec end.

**6. Parois opaques en contact avec la cuisine**

surface  0 m<sup>2</sup>  
nature du mur  parpaings de 15 avec end.

Qs3=  0 W

**3.2 parois Sud**

surface mur  m<sup>2</sup>  
couleur mur  foncée  
nature du mur  parpaings de 15 avec end.  
surface porte   
type de porte  Châssis simple, épaisseur

**3.4 parois Ouest**

surface mur  m<sup>2</sup>  
couleur mur  foncée  
nature du mur  parpaings de 15 avec end.  
surface porte  0  
type de porte  Châssis simple, épaisseur

**3.6 parois Nord-Ouest**

surface mur  0 m<sup>2</sup>  
couleur mur  foncée  
nature du mur

parpaings de 15 avec end.

surface porte  0  
type de porte  Châssis simple, épaisseur

**3.8 parois Sud-Ouest**

surface mur  0 m<sup>2</sup>  
couleur mur  foncée  
nature du mur  parpaings de 15 avec end.  
surface porte  0  
type de porte  Châssis simple, épaisseur

Qs4=  479 W  
3,08 %

Qs5=  938 W  
6,04 %

Qs6=  0 W  
0,00 %

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

<b>7. toitures ensolierées</b>	surface <input type="text" value="143,5"/> m <sup>2</sup>	caractéristiques <input type="text" value="lourde avec fau"/> <input type="button" value="▼"/>	isolation <input type="text" value="non"/> <input type="button" value="▼"/>	Q <sub>s7</sub> = <input type="text" value="0"/> W 0,00 %
<b>8. plafonds sous local non climatisé</b>	surface <input type="text" value="143,5"/> m <sup>2</sup>	type <input type="text" value="béton coulé de"/> <input type="button" value="▼"/>		Q <sub>s8</sub> = <input type="text" value="1145"/> W 7,38 %
<b>9. plafonds sous comble</b>	surface <input type="text" value="0"/> m <sup>2</sup>	Q <sub>s9</sub> = <input type="text" value="0"/> W 0,00 %		
<b>10. plancher sur local non climatisé</b>	surface <input type="text" value="143,5"/> m <sup>2</sup>	type <input type="text" value="béton coulé de"/> <input type="button" value="▼"/>		Q <sub>s10</sub> = <input type="text" value="1145"/> W 7,38 %
<b>11. portes ou fenêtres en bois non ensoleillée</b>	surface <input type="text" value="5,04"/> m <sup>2</sup>	épaisseur (cm) <input type="text" value="2,5"/> <input checked="" type="radio"/> 3,2 <input type="radio"/> 3,8 <input type="radio"/> 4,4	type de châssis <input checked="" type="radio"/> simple <input type="radio"/> double	Q <sub>s11</sub> = <input type="text" value="199"/> W
<b>12. renouvellement d'air</b>	12.1 ventilation naturelle volume du local <input type="text" value="430,5"/> m <sup>3</sup> /h	Q <sub>s11</sub> = <input type="text" value="1421"/> W 9,15 % Q <sub>l1</sub> = <input type="text" value="5932"/> W		
12.2 ventilation mécanique destination local <input type="text" value="pas de ventilation"/> <input type="button" value="▼"/>				
<b>13. occupants</b>	destination local <input type="text" value="boutiques ou supermarché"/> <input type="button" value="▼"/>	nombre d'hommes <input type="text" value="25"/> <input type="button" value="▼"/>	public mixte: <input type="text" value=""/> <input type="button" value="▼"/>	Q <sub>s12</sub> = <input type="text" value="3591"/> W 23,13 % Q <sub>l2</sub> = <input type="text" value="3876"/> W
nombre de femmes <input type="text" value="30"/> <input type="button" value="▼"/>	nombre de personnes <input type="text" value=""/> <input type="button" value="▼"/>			
nombre d'enfants <input type="text" value="5"/> <input type="button" value="▼"/>				
<b>14. éclairage</b>	nombre de tubes fluorescents <input type="text" value="21"/> <input type="button" value="▼"/>	puissances <input type="text" value="18"/> <input type="button" value="▼"/> W	types de ballast <input type="text" value="faible perte"/> <input type="button" value="▼"/>	nombre de lampes à incandescence <input type="text" value=""/> <input type="button" value="▼"/>
				puissance <input type="text" value=""/> <input type="button" value="▼"/>
				Q <sub>s13</sub> = <input type="text" value="416"/> W 2,68 %

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

15. machines et appareillages

ordinateurs

nombre	5
type	pentium
écran	17" cou
coef d'utilisation	70 %

fax

nombre	20
coef d'utilisation	%

moules à gaufrettes

nombre	0
coef d'utilisation	%

cuisine électrique

nombre	0
coef d'utilisation	%

essoreuse

nombre	0
coef d'utilisation	%

téléviseur

nombre	5
coef d'utilisation	%

plaqué de cuisson

nombre	0
coef d'utilisation	%

cafétière

nombre	2
coef d'utilisation	%

imprimantes

nombre	2
type	laser
coef d'utilisation	50 %

Qs14=	4260,5	W
	27,44	%
Ql13=	480	W

photocopieuses

nombre	2
coef d'utilisation	50 %

chauffe pain

nombre	50
coef d'utilisation	%

chauffe eau

nombre	0
coef d'utilisation	60 %

aspirateur

nombre	0
coef d'utilisation	%

fer à repasser

nombre	0
coef d'utilisation	%

sèche-cheveux

nombre	0
coef d'utilisation	%

stérilisateur

nombre	95
coef d'utilisation	%

CHARGES SENSIBLES TOTALES

15527

CHARGES LATENTES TOTALES

10288

PUISSEANCE FRIGORIFIQUE

25,81 kW  
87770 BTU

PUISSEANCE DU CLIMATISEUR

9,22 Cv

FACTEUR DE CHALEUR SENSIBLE

0,60

PUISSEANCE DE DESHUMIDIFICATION

14,81 l/h

REPARTITION DES APPORTS DE CHALEUR SENSIBLE

1. Fenêtres ensoleillées	0	0,00 %
2. fenêtre non ensoleillées	1934	12,45 %
3. murs extérieurs ensoleillées	0	0,00 %
4. murs extérieurs non ensoleillées	479	3,08 %
5. murs en contact avec les locaux non conditionnés	938	6,04 %
6. murs en contact avec la cuisine	0	0,00 %
7. toitures ensolillées	0	0,00 %
8. plafonds sous local non climatisé	1145,13	7,38 %
9. plafonds sous comble	0	0,00 %
10. plancher sous local non climatisé	1145,13	7,38 %
11. Portes en bois	199	1,28 %
12. renouvellement d'air	1421	9,15 %
13. occupants	3591	23,13 %
14. éclairage	416	2,68 %
15. machines et appareillages	4260,5	27,44 %

Figure 5 : Feuille de calcul du bilan thermique de la salle commerciale au RDC

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

---

Sur ce même principe, la charge thermique des autres pièces du bâtiment a été déterminé. Ainsi, le récapitulatif général du bilan thermique par niveau du bâtiment est présenté dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Récapitulatif du bilan thermique

Niveau	Surface (m <sup>2</sup> )	Charge frigorifique (kW)	Ratio moyen (W/m <sup>2</sup> )
Rez-de-chaussée	242,4	43,5	184
Mezzanine	418,7	84,8	155
R+1	493,8	75,3	155
R+2	493,8	75,3	155
R+3	493,8	75,3	155
R+4	493,8	75,3	155
R+5	493,8	75,3	155
R+6	493,8	75,3	155
R+7	493,8	75,3	155
R+8	493,8	75,3	155
R+9	470,3	72,5	156
R+10	470,3	72,5	156
R+11	470,3	72,5	156
R+12	470,3	72,5	156
<b>Total bâtiment</b>	<b>6492</b>	<b>1021</b>	<b>158</b>

La charge frigorifique totale du bâtiment est de 1 021 kW, pour une surface globale de 6 492 m<sup>2</sup>, soit un ratio moyen de 158 W/m<sup>2</sup>.

Le ratio moyen représente la puissance de climatisation nécessaire par mètre carré. Ainsi, notre ratio de 158 W/m<sup>2</sup> signifie qu'en moyenne, chaque mètre carré du bâtiment nécessite 158 W pour assurer le confort thermique. Ce ratio est utile pour estimer rapidement les besoins en climatisation à partir des surfaces.

## 2. Résultat de l'étude du système VRV

Cette section expose les résultats de l'étude du système VRV. Les données présentées incluent

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

le dimensionnement des équipements, l'évaluation des coûts d'investissement et d'exploitation, ainsi que l'analyse des impacts environnementaux. La synthèse de ces résultats servira de base à l'étude comparative finale.

**a) Dimensionnement et choix des équipements du système VRV**

Le dimensionnement du système VRV a été réalisé selon la méthodologie détaillée plus haut, en s'appuyant sur les charges thermiques calculées pour chaque zone du bâtiment et les spécifications du fabricant Daikin. Cette sous-section présente la configuration finale des unités intérieures, des unités extérieures, et les caractéristiques des réseaux frigorifiques tels que validés par le logiciel VRV Xpress.

- Choix des unités intérieures : cas du bureau 1 au rez-de-chaussée

La charge frigorifique du bureau 1, situé au rez-de-chaussée, étant de 2,44 kW, nous devons sélectionner une unité intérieure dont la puissance frigorifique est égale ou immédiatement supérieure à cette charge.

En se référant au Tableau 18, l'unité correspondant à ce besoin est celle avec l'index 25, offrant une puissance frigorifique de 2,8 kW.

Étant donné que les unités murales ont été imposées pour les bureaux par le cahier des charges, nous avons opté pour le modèle FXAQ25A.

De manière générale, la sélection de toutes les unités intérieures a été réalisée selon la même approche.

Les différentes unités intérieures sélectionnées par niveau sont synthétisées dans le Tableau 5 ci-dessous.

**Tableau 5 : Récapitulatif des unités intérieures VRV**

<b>Niveau</b>	<b>Reference</b>	<b>Puissance frigorifique (kW)</b>	<b>Nombre</b>	<b>Puissance frigorifique totale (kW)</b>
<b>RDC</b>	FXAQ25A	2,8	3	8,4
	FXAQ32A	3,6	1	3,6
	FXAQ50A	5,6	2	11,2
	FXDQ63NDV	7,1	2	14,2
	FXMQ125PBV	14,0	1	14

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

<b>MEZZANINE</b>	FXAQ32A	3,6	1	3,6
	FXAQ50A	5,6	2	11,2
	FXMQ63ARV	7,1	5	35,5
	FXDQ63NDV	7,1	2	14,2
	FXMQ100ARV	11,2	2	22,4
<b>ETAGE 1 à 8</b>	FXDQ32PDV	3,6	5	18
	FXDQ40NDV	4,5	5	22,5
	FXDQ50PDV	5,6	1	5,6
	FXDQ63NDV	7,1	2	14,2
	FXMQ100ARV	11,2	1	11,2
<b>ETAGE 9 à 12</b>	FXDQ32PDV	3,6	4	14,4
	FXDQ40NDV	4,5	6	27
	FXDQ63NDV	7,1	4	28,4
	FXMQ80ARV	9	1	9
	FXMQ100ARV	11,2	1	11,2
<b>Total</b>			<b>213</b>	<b>1270</b>

Un récapitulatif détaillé des unités intérieures et extérieures retenues pour le bâtiment est présenté par le Tableau 19.

L'ensemble de ces unités a été choisi en s'appuyant sur la gamme VRV X de DAIKIN, en fonction des charges thermiques spécifiques à chaque zone du bâtiment.

Ce système nous permet d'avoir des ratios tels que présentés dans le Tableau 6.

**Tableau 6 : Ratio de climatisation du système VRV**

<b>Niveau</b>	<b>Surface (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Charge frigorifique (kW)</b>	<b>Ratio moyen (W/m<sup>2</sup>)</b>
Rez de chaussée	242,4	51,4	220,7
Mézzanine	418,7	107,4	260,6
R+1	493,8	93,9	199,3
R+2	493,8	93,9	199,3
R+3	493,8	93,9	199,3
R+4	493,8	93,9	199,3
R+5	493,8	93,9	199,3
R+6	493,8	93,9	199,3

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

R+7	493,8	93,9	199,3
R+8	493,8	93,9	199,3
R+9	470,3	90,0	188,3
R+10	470,3	90,0	188,3
R+11	470,3	90,0	188,3
R+12	470,3	90,0	188,3
<b>Total bâtiment</b>	<b>6 492</b>	<b>1 270</b>	<b>202</b>

**b) Évaluation des coûts d'investissement et d'exploitation du système VRV**

Les différents coûts du système VRV ont été synthétisés dans le Tableau 7 ci-dessous et détaillés en annexe dans le Tableau 24.

**Tableau 7 : Récapitulatif des coûts d'investissement et d'exploitation du système VRV**

<b>Description</b>	<b>Coût (FCFA)</b>
Unités extérieures VRV	61 536 056
Unités Intérieures VRV	144 555 343
Tuyauterie cuivre, isolation armafex, Tuyauterie PVC d'évacuation condensat, refnet	18 758 062
Câbles de liaison	8 520 000
Accessoires et installation	56 316 267
<b>INVESTISSEMENT TOTAL HT</b>	<b>289 685 728</b>
<b>COUT DE MAINTENANCE SUR 20 ANS</b>	<b>235 680 000</b>
<b>FACTURE SUR 20 ANS</b>	<b>1 093 057 230</b>
<b>TOTAL DES COUTS SUR 20 ANS</b>	<b>1 618 422 958</b>
<b>TOTAL DES COUTS SUR 20 ANS ACTUALISES</b>	<b>418 231 247</b>

Pour le système VRV du projet MICASA, les résultats des coûts révèlent un investissement total hors taxes de 289 700 000 FCFA, avec des coûts de maintenance estimés à 235 700 000 FCFA sur 20 ans et une facture électrique prévisionnelle de 1 100 000 000 FCFA sur la même période.

Le coût total de ce système est estimé à 1 618 423 000 FCFA, mais reviendra à 418 232 000 FCFA dans 20 ans.

### c) Évaluation des impacts environnementaux du système VRV

Les différents impacts environnementaux du système VRV du projet MICASA sont recensés dans le Tableau 8 ci-dessous.

Tableau 8: Caractéristiques environnementales du système VRV du projet MICASA

Caractéristique de l'impact	Niveau / Valeur
PACO - R410a	0
PRG - R410a	2 088 [12]
Niveau de risque de fuite du R410a	Faible mais moyen lors des maintenance
Niveaux sonores max en dB(A)	Unités intérieures : 43 dB(A) Unités extérieure : 61 dB(A)
Impacts liés à la consommation électrique sur 20 ans (tCO <sub>2</sub> )	4 411

L'analyse des caractéristiques environnementales du système de climatisation VRV du projet MICASA met en évidence plusieurs éléments significatifs.

Tout d'abord, le fluide frigorigène utilisé, le R410a, présente un PACO nul[14]. Ce point est crucial, car il signifie que ce fluide ne contribue pas à la destruction de la couche d'ozone stratosphérique, en parfaite conformité avec les réglementations internationales visant à la protéger, telles que le protocole de Montréal.

En revanche, son PRG à est estimé à 2088. Cette valeur indique qu'en cas de fuite, 1 kg de R410a rejeté dans l'atmosphère aurait un impact équivalent à 2088 kg de CO<sub>2</sub>, ce qui constitue un facteur important de contribution au changement climatique. Il est donc impératif de minimiser au maximum les risques d'émissions accidentelles pour limiter cet impact direct. Bien que le risque de fuite soit généralement qualifié de faible en fonctionnement normal pour le système VRV MICASA grâce aux technologies et aux procédures d'installation modernes, il devient moyen lors des opérations de maintenance. Cette augmentation du risque exige une vigilance accrue de la part des techniciens et l'application rigoureuse des protocoles d'étanchéité et de récupération des fluides afin de limiter les émissions accidentelles durant ces phases critiques.

Sur le plan acoustique, les niveaux sonores maximaux mesurés atteignent 43 dB(A) pour les

unités intérieures et 61 dB(A) pour l'unité extérieure du système VRV MICASA. Ces valeurs sont à considérer dans l'intégration du système.

Enfin, l'un des impacts environnementaux majeurs du système VRV de MICASA reste son impact indirect lié à la consommation d'énergie électrique.

Avec une consommation annuelle estimée à 512 883 kWh, le système atteint 10,26 MWh sur 20 ans.

En appliquant le facteur d'émission du mix électrique ivoirien (0,43 kgCO<sub>2</sub>/kWh), cela représente un total de 4 412 tonnes de CO<sub>2</sub> émis sur la période d'étude.

### 3. Résultat de l'étude du système à eau glacée

Cette section expose les résultats de l'étude du système à eau glacée. Les données présentées incluent le dimensionnement des équipements, l'évaluation des coûts d'investissement et d'exploitation, ainsi que l'analyse des impacts environnementaux. La synthèse de ces résultats servira de base à l'étude comparative finale.

#### a) Dimensionnement et choix des équipements du système à eau glacée

- Choix des ventilo-convecteurs :

Les différents ventilo-convecteurs sélectionnés par niveau sont synthétisés dans le Tableau 9 ci-dessous.

Tableau 9 : Récapitulatif des ventilo-convecteurs

Niveau	Reference	Puissance (kW)	Nombre	Puissance totale (kW)
RDC	FWT02GT	2,4	3	7,2
	FWT03GT	2,67	1	2,67
	FWT05GT	4,49	1	4,49
	FWT06GT	5,21	1	5,21
	FWW1600C	14,5	2	29
Mezzanine	FWT04GT	3,27	3	9,81
	FWT06GT	5,21	1	5,21
	FWW1400C	12,5	2	25
	FWW1600C	14,5	2	29
	FWW1200C	10,7	2	21,4
Etage 1 à 8	FWW300C	3,2	7	22,4
	FWW400C	4,39	4	17,56

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

	FWW600C	6,16	2	12,32
	FWW800C	7,81	1	7,81
	FWW1000C	8,83	2	17,66
	FWW1200C	10,7	1	10,7
Etage 9 à 12	FWW400C	4,39	10	43,9
	FWW600C	6,16	4	24,64
	FWW800C	7,81	2	15,62
	<b>Total</b>	<b>210</b>		<b>1158</b>

Un récapitulatif détaillé des ventilo-convecteurs retenus pour le bâtiment est présenté par le Tableau 21

Ce système nous permet d'avoir des ratios tels que présentés dans le Tableau 10.

**Tableau 10 : Ratio de climatisation du système à eau glacée**

Niveau	Surface (m <sup>2</sup> )	Charge frigorifique (kW)	Ratio moyen (W/m <sup>2</sup> )
Rez-de-chaussée	242,4	48,6	200
Mezzanine	418,7	90,4	216
R+1	493,8	85,3	173
R+2	493,8	85,3	173
R+3	493,8	85,3	173
R+4	493,8	85,3	173
R+5	493,8	85,3	173
R+6	493,8	85,3	173
R+7	493,8	85,3	173
R+8	493,8	85,3	173
R+9	470,3	84,2	179
R+10	470,3	84,2	179
R+11	470,3	84,2	179
R+12	470,3	84,2	179
<b>Total bâtiment</b>	<b>6492</b>	<b>1158</b>	<b>180</b>

- Choix des groupes d'eau glacée :

Pour répondre aux besoins frigorifiques totaux du bâtiment, deux groupes d'eau glacée à

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

condensation par air de la marque Daikin ont été sélectionnés. Cette configuration en deux unités permet non seulement une meilleure modularité de la puissance et une optimisation de la consommation énergétique à charge partielle, mais offre également une redondance partielle, augmentant ainsi la fiabilité globale de l'installation.

Ces groupes sont présentés dans le Tableau 11 ci-dessous.

**Tableau 11 : Caractéristiques des chillers choisis**

REFERENCE	DAIKIN EWAD720TZPRB2	DAIKIN EWAD495TZPRB2
Puissance frigorifique (kW)	717	505,5
Débit d'eau nominal (m <sup>3</sup> /h)	123,48	
Type de compresseur	A compression de vapeur	
Fluide frigorigène	R134a	
Alimentation (ph/Hz/V)	3~/50/380	
Niveau sonore dB(A)	95	90
EER	3,9	3,6
IPLV (Valeur intégré sous charge partielle)	6,73	6,47
Masse (kg)	8220	5532

- Circuit hydraulique et ballon tampon :

Le Tableau 12 ci-dessous présente le métré des conduits de notre installation.

**Tableau 12 : Métré des conduits du système a eau glacée**

Tuyauterie en acier noir	Longueur (m)
Tuyauterie DN25	80
Tuyauterie DN32	350
Tuyauterie DN40	100
Tuyauterie DN50	105
Tuyauterie DN65	5
Tuyauterie DN100	15
Tuyauterie DN125	15
Tuyauterie DN150	25
Tuyauterie DN200	65

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

Le calcul du volume du ballon tampon de notre installation d'eau glacée nous a permis d'opter pour un ballon de 2 m<sup>3</sup> de la marque Charot TAMFROID.

- Choix des pompes :

Pour assurer la circulation de l'eau glacée dans le réseau, les calculs ont déterminé un débit total de 199 m<sup>3</sup>/h et une perte de charge totale de 1,5 bar. Pour répondre à ces exigences et garantir la fiabilité, trois pompes Grundfos modèle CR 64-1 A-F-A-E-HQQE ont été sélectionnées et montées en parallèle. Leurs caractéristiques sont détaillées dans le Tableau 13 ci-dessous. Le détail du calcul des pertes de charge est recensé dans le Tableau 23 en annexe.

**Tableau 13 : Caractéristiques des pompes**

CARACTERISTIQUE	
Marque	Grundfos
Modèle	CR 64-1 A-F-A-E-HQQE
Quantité	3 (montées en parallèle)
Type de pompe	Centrifuge, Multicellulaire, Verticale, In-line
Débit unitaire nominal (m <sup>3</sup> /h)	67,05
Hauteur Manométrique Totale (bar)	2,034
Puissance nominale P2 (kW)	5,5
Tension nominale	380 V / 3 phases / 50 Hz
Courant nominal	11 A
Matériau corps de pompe	Fonte
Matériau pièces contact fluide	Acier inoxydable

**b) Évaluation des coûts d'investissement et d'exploitation du système à eau glacée**

L'ensemble des coûts est recensé dans le Tableau 14 ci-dessous et détaillés en annexe dans Tableau 25.

**Tableau 14 : Récapitulatif des coûts d'investissement et d'exploitation du système à eau glacée**

Description	Coût (FCFA)
Groupes d'eau glacée, ballon tampon	138 900 000
Ventilo-convecteurs	196 383 000

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

Conduite en acier noir, isolation,	210 652 000
Tuyauterie PVC d'évacuation condensat, TÉ, câbles électrique	
Travaux et main d'œuvre	50 065 000
<b>INVESTISSEMENT TOTAL HT</b>	<b>362 649 486</b>
<b>COUT DE MAINTENANCE SUR 20 ANS</b>	<b>268 320 000</b>
<b>FACTURE SUR 20 ANS</b>	<b>1 273 383 105</b>
<b>TOTAL DES COUTS SUR 20 ANS</b>	<b>1 904 352 601</b>
<b>TOTAL DES COUTS SUR 20 ANS ACTUALISES</b>	<b>492 120 900</b>

Pour le système à eau glacée du projet MICASA, les résultats des coûts révèlent un investissement total hors taxes de 362 700 000 FCFA, avec des coûts de maintenance estimés à 268 320 000 FCFA sur 20 ans et une facture électrique prévisionnelle de 1 273 384 000 FCFA sur la même période.

Le coût total de ce système est estimé à 1 904 353 000 FCFA, mais reviendra à 492 121 000 FCFA dans 20 ans.

**c) Évaluation des impacts environnementaux du système à eau glacée**

Les différents impacts environnementaux du système à eau glacée du projet MICASA sont recensés dans le Tableau 15 ci-dessous.

**Tableau 15 : Caractéristiques environnementales du système à eau glacée du projet MICASA**

Caractéristique de l'impact	Niveau / Valeur
PACO - R134a	0
PRG - R134a	1 430 [12]
Niveau de risque de fuite du R134a	Très faible
Niveaux sonores max en dB(A)	Ventilo-convecteurs : 53,5 Groupe d'eau glacée : 95
Impacts liés à la consommation électrique sur 20 ans (tCO2)	5 139

L'analyse des caractéristiques environnementales du système de climatisation à eau glacée du projet MICASA met en évidence plusieurs éléments significatifs.

Tout d'abord, le fluide frigorigène utilisé dans le groupe d'eau glacée, le R134a, présente un PACO nul [15]. Ce point est crucial, car il signifie que ce fluide ne contribue pas à la destruction

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

de la couche d'ozone stratosphérique.

En revanche, son PRG est estimé à 1430. Cette valeur indique qu'en cas de fuite, 1 kg de R134a rejeté dans l'atmosphère aurait un impact équivalent à 1430 kg de CO<sub>2</sub>, ce qui constitue un facteur important de contribution au changement climatique. Il est donc impératif de minimiser au maximum les risques d'émissions accidentelles pour limiter cet impact direct. Le niveau de risque de fuite pour ce système est généralement qualifié de très faible. La conception des systèmes à eau glacée, où le fluide frigorigène est confiné au groupe d'eau glacée lui-même (et non distribué dans un long réseau comme pour les VRV), réduit intrinsèquement les points de connexion susceptibles de fuir et donc le risque global d'émissions accidentelles.

Sur le plan acoustique, les niveaux sonores maximaux mesurés atteignent 53,5 dB(A) pour les ventilo-convection et 95 dB(A) pour le groupe d'eau glacée. Ces valeurs sont à considérer dans l'intégration du système.

Enfin, l'un des impacts environnementaux majeurs du système à eau glacée du projet MICASA reste son impact indirect lié à la consommation d'énergie électrique sur la période d'étude de 20 ans. Avec une consommation annuelle estimée à 597 496 kWh, le système atteint 11,95 MWh sur 20 ans.

En appliquant le facteur d'émission du mix électrique ivoirien (0,43 kgCO<sub>2</sub>/kWh), cela représente un total de 5 139 tonnes de CO<sub>2</sub> émis sur la période d'étude.

#### **4. Étude comparative des systèmes VRV et à eau glacée**

##### **a) Synthèses des résultats**

Le récapitulatif des résultats de l'étude est recensé dans le Tableau 16 ci-dessous.

**Tableau 16 : Synthèse des résultats de l'étude comparative des système VRV et à eau glacée du projet MICASA**

Domaine	Critère	VRV	Eau Glacée
Technique	Puissance frigorifique totale installé(kW)	1 312	1 223
	EER	6,89	4
	Consommation énergétique annuelle (kWh/an)	512 883	597 496
	Ratio(W/m <sup>2</sup> )	202	180
Financier	CAPEX (FCFA)	289 686 000	362 650 000
	OPEX (FCFA)	235 680 000	268 320 000
	Coût par kW de froid	183 000	297 000

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

<b>Environnemental</b>	Installé (FCFA/kW)		
	Coût total sur 20 ans (FCFA)	1 618 423 000	1 904 352 601
	Émissions indirectes de CO <sub>2</sub> ( tCO <sub>2</sub> /an)	4 411	5 139
	Fluide caloporteur utilisé	R 410a	Eau ou eau glycolé
	PRG	2 088	1 430 (R134a circulant dans le chiller)
	Niveau sonore dB(A)	61	95

**b) Comparaison des systèmes**

- Performances techniques

Le système VRV présente une puissance frigorifique totale de 1 312 kW, supérieure à celle du système à eau glacée, ce qui indique une capacité accrue à couvrir les charges thermiques du bâtiment R+12 étudié.

Le ratio de puissance frigorifique installée rapporté à la surface à climatiser est un indicateur essentiel pour évaluer l'adéquation des systèmes. Le besoin cible étant de 158 W/m<sup>2</sup>, le système VRV affiche un ratio de 202 W/m<sup>2</sup>, largement supérieur à la valeur de référence, tandis que le système à eau glacée présente un ratio de 180 W/m<sup>2</sup>, également au-dessus du seuil requis. Ces deux systèmes sont donc dimensionnés de manière suffisante, mais le VRV offre une marge de capacité plus confortable.

Sur le plan de l'efficacité énergétique, le coefficient de performance en mode froid (EER) du VRV est nettement supérieur : 6,89 contre 4 pour l'eau glacée. Cette performance se traduit par une consommation annuelle d'énergie plus faible : 512 883 kWh/an pour le VRV, contre 597 496 kWh/an pour le système à eau glacée.

Ainsi, le système VRV se révèle globalement plus performant, à la fois par sa capacité de couverture, son efficacité énergétique et sa consommation réduite. Dans un climat tropical humide comme celui d'Abidjan, où la climatisation est sollicitée toute l'année, cet avantage technique est un atout majeur.

- Rentabilité financière

Sur le plan économique, le coût d'investissement initial (CAPEX) du VRV s'élève à deux cent quatre-vingt-neuf millions six cent quatre-vingt-six mille francs CFA (289 686 000 FCFA), contre trois cent soixante-deux millions six cent cinquante mille francs CFA (362 650 000 FCFA) pour le système à eau glacée. Cette différence s'explique notamment par

## ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

---

l'absence de chillers, de ballon tampon, de pompes de distribution d'eau glacée et de réseau hydraulique centralisé dans le cas du VRV, ce qui réduit considérablement les coûts d'installation.

Les coûts d'exploitation (OPEX) sur le cycle de vie suivent la même tendance : deux cent trente-cinq millions six cent quatre-vingt mille FCFA (235 680 000 FCFA) pour le VRV contre deux cent soixante-huit millions trois cent vingt mille FCFA (268 320 000 FCFA) pour le système à eau glacée. Cette différence résulte principalement de la consommation électrique moindre du VRV, ainsi que d'un entretien plus simple et moins coûteux.

Le coût par kilowatt de froid installé renforce encore l'avantage du VRV : 183 000 FCFA/kW contre 297 000 FCFA/kW pour l'eau glacée, ce qui témoigne d'un meilleur rendement de l'investissement par unité de capacité thermique.

Enfin, en considérant l'ensemble des coûts sur une période d'exploitation de 20 ans, le coût global du système VRV est estimé à un milliard six cent dix-huit millions quatre cent vingt-trois mille FCFA (1 618 423 000 FCFA), contre un milliard neuf cent quatre millions trois cent cinquante-trois mille francs CFA (1 904 353 000 FCFA) pour le système à eau glacée, confirmant la rentabilité supérieure du VRV dans ce projet, qui est illustrée par la Figure 6 ci-dessous.

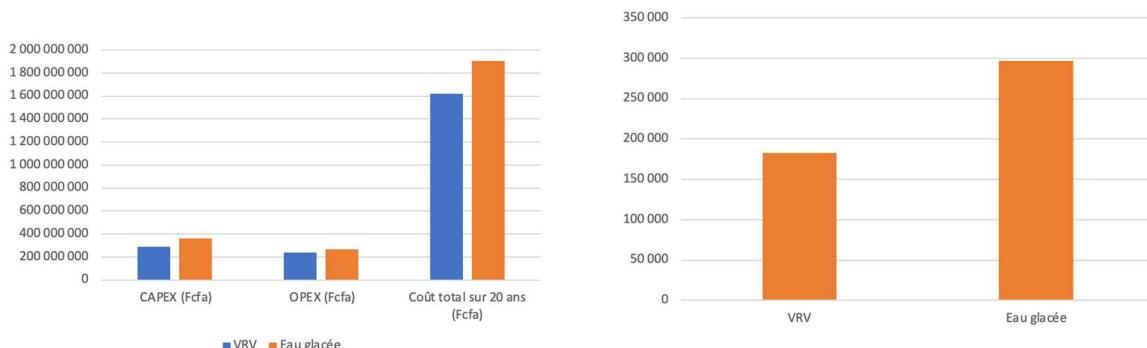


Figure 6 : Comparaison économique entre les systèmes VRV et eau glacée

- Impact environnemental

L'analyse environnementale met en évidence un avantage clair du VRV en termes d'émissions indirectes de CO<sub>2</sub>, avec 4 411 tonnes de CO<sub>2</sub> par an, contre 5 139 tonnes pour l'eau glacée. Cette différence découle principalement de la meilleure efficacité énergétique du VRV, et donc d'une consommation électrique moindre, dans un contexte où la production d'électricité reste majoritairement carbonée en Côte d'Ivoire (facteur d'émission de 0,43 kgCO<sub>2</sub>/kWh), comme illustré sur la Figure 7.

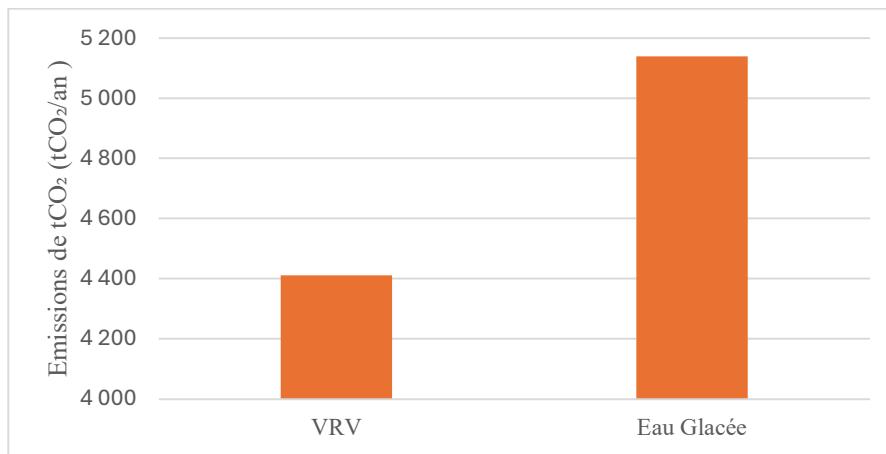


Figure 7 : Comparaison des émissions indirectes de CO<sub>2</sub> (tCO<sub>2</sub>/an)

En ce qui concerne les fluides caloporteurs, le système VRV utilise le R410a, un HFC dont le potentiel de réchauffement global (PRG) est élevé (2 088). En comparaison, le système à eau glacée utilise du R134a (PRG = 1 430) dans les chillers, avec de l'eau ou une solution eau-glycolée dans les circuits terminaux.

Cependant, il convient de nuancer l'impact réel du PRG : dans un système VRV, le fluide frigorigène circule dans tout le réseau, y compris les unités terminales, ce qui augmente le risque de fuites (notamment lors des opérations de maintenance), rendant l'impact potentiel du PRG plus significatif. En revanche, dans un système à eau glacée, le fluide frigorigène reste confiné aux chillers, les circuits secondaires utilisant des fluides non polluants en cas de fuite. Cette structure fermée limite donc les émissions fugitives, conférant au système à eau glacée un avantage écologique sur le long terme, malgré une efficacité énergétique inférieure.

Enfin, le niveau sonore représente un critère de confort important, notamment pour les environnements urbains denses. Le système VRV affiche un niveau sonore de 61 dB(A), nettement inférieur à celui du groupe froid à eau glacée, qui atteint 95 dB(A). Cette caractéristique en fait une solution mieux adaptée aux exigences de confort acoustique, notamment pour les zones de bureaux ou d'habitation situées à proximité immédiate des équipements.

### c) Choix du système le plus approprié et discussion

Au terme de l'analyse multicritère, le système VRV se démarque comme étant la solution la plus adaptée au contexte spécifique du projet MICASA, situé en climat tropical humide. Ce choix s'appuie sur une combinaison de performances énergétiques élevées, de maîtrise des

coûts, d'adéquation réglementaire et de confort d'exploitation.

Sur le plan technique, le système VRV offre un rendement énergétique supérieur, permettant une meilleure efficacité dans la gestion des charges thermiques, constantes tout au long de l'année dans les zones comme Abidjan. Cette efficacité se traduit directement par une réduction de la consommation énergétique, un critère crucial dans un environnement fortement sollicité en froid.

D'un point de vue économique, le système VRV présente une rentabilité plus attractive à long terme. Son coût global sur 20 ans est inférieur, avec des charges d'exploitation maîtrisées. Ce modèle décentralisé limite les besoins en équipements lourds, en infrastructures hydrauliques, et réduit les temps d'installation, ce qui le rend particulièrement adapté aux projets à contraintes de délai ou d'espace technique.

Sur le plan environnemental, bien que le VRV utilise un fluide à plus fort PRG, il permet une réduction significative des émissions indirectes de CO<sub>2</sub> grâce à sa faible consommation énergétique. Toutefois, la nature du fluide utilisé dans les systèmes VRV implique une vigilance accrue en matière de maintenance. Contrairement au système à eau glacée dont le fluide secondaire est de l'eau ou une solution glycolée, non polluante en cas de fuite, le VRV repose sur la circulation directe du fluide frigorigène dans tout le bâtiment, augmentant ainsi le risque d'émissions fugitives lors des interventions techniques. Ce point constitue une faiblesse à prendre en compte, notamment dans le cadre de certifications environnementales.

Concernant le confort acoustique, le système VRV présente un net avantage. Son niveau sonore plus faible est mieux adapté aux environnements mixtes résidentiels et tertiaires.

Enfin, sur le plan réglementaire et opérationnel, le VRV offre une meilleure flexibilité d'exploitation. Il permet une maintenance simplifiée, une modularité appréciable pour les futurs ajustements d'occupation ou d'extension, et une meilleure maîtrise des coûts d'intervention.

## 5. Limites de l'étude

Malgré l'approche méthodologique rigoureuse adoptée, cette étude présente plusieurs limites notables, réparties selon les dimensions technique, financière et environnementale :

- Sur le plan technique

Le dimensionnement des systèmes s'est appuyé sur un bilan thermique statique, réalisé via un tableur Excel, sans recours à une modélisation dynamique du confort thermique. Une simulation

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

---

dynamique à l'aide d'outils comme Pleiades, ANSYS Fluent ou EnergyPlus aurait permis de mieux évaluer les variations de charge en fonction de l'occupation réelle, de l'inertie du bâtiment, et des conditions climatiques horaires spécifiques au climat tropical d'Abidjan.

Le confort global des usagers n'a pas été modélisé. Ces éléments auraient pu enrichir l'analyse, en particulier pour un bâtiment à usage mixte comme MICASA.

Le comportement à charges partielles a été estimé selon des hypothèses simplifiées (notamment l'IPLV pour le chiller et un facteur de modulation pour le VRV), sans test de sensibilité approfondi.

Par ailleurs, sur le plan technique, le système à eau glacée, qui offre la possibilité de stockage de froid et donc de production décalée en période de moindre coût énergétique, n'a pas été étudié sous cet angle. Cette fonctionnalité, pouvant améliorer la rentabilité économique et la gestion énergétique, constitue un volet intéressant à explorer dans de futures analyses.

- Sur le plan financier

L'analyse économique repose sur des coûts moyens actualisés du marché local. Cependant, des analyses financières plus avancées telles que le Taux de Rentabilité Interne (TRI), la Valeur Actuelle Nette (VAN) ou le LCOE (Levelized Cost of Energy) auraient permis une meilleure comparaison de la rentabilité des deux systèmes sur le long terme.

Les variations possibles des prix de l'électricité, des taux d'inflation ou d'actualisation n'ont pas fait l'objet d'une analyse de sensibilité, ce qui limite la robustesse des résultats économiques.

- Sur le plan environnemental

L'analyse environnementale ne couvre que les émissions indirectes de CO<sub>2</sub> issues de la consommation électrique, calculées à partir du facteur d'émission du mix ivoirien (0,43 kgCO<sub>2</sub>/kWh). Elle n'inclut ni les émissions liées à la fabrication, au transport et à la fin de vie des équipements, ni les émissions directes probables de fuites de fluide frigorigène sur 20 ans.

Les risques environnementaux liés à la gestion et la récupération des HFC à la fin de vie des installations n'ont pas été quantifiés, bien qu'ils constituent un enjeu majeur dans un contexte de réglementation internationale renforcée.

## VII. CONCLUSION

La présente étude a eu pour objectif d'analyser et de comparer en détail deux solutions de climatisation afin de déterminer la plus adaptée au projet MICASA. Cette démarche s'est appuyée sur une méthodologie rigoureuse, incluant un bilan thermique précis, une évaluation économique complète sur 20 ans (CAPEX et OPEX), ainsi qu'une analyse des impacts environnementaux.

L'analyse multicritères conduite a mis en évidence une supériorité nette du système VRV sur l'ensemble des critères étudiés. Sur le plan technique, le VRV affiche une efficacité énergétique plus élevée (EER de 6,89 contre 4) et une puissance frigorifique installée plus importante. D'un point de vue économique, il présente un coût total de possession inférieur, aussi bien en investissement initial qu'en exploitation. En matière environnementale, malgré l'utilisation d'un fluide à PRG élevé (R410A), le VRV reste moins émetteur de CO<sub>2</sub> sur 20 ans (4 412 tCO<sub>2</sub> contre 5 139 tCO<sub>2</sub>), grâce à sa sobriété énergétique.

Ainsi, au regard des résultats obtenus, le système VRV s'impose comme la solution la plus adaptée pour le projet MICASA, en raison de sa performance énergétique, sa rentabilité économique, et sa flexibilité d'installation dans un bâtiment à usage mixte. Ce choix est d'autant plus pertinent dans un contexte climatique tropical comme celui d'Abidjan, où les besoins de climatisation sont constants tout au long de l'année.

En définitive, cette étude constitue une base de référence solide pour les décisions techniques de l'entreprise Fox Cooling, et plus largement pour les maîtres d'ouvrage et bureaux d'études intervenant sur des projets similaires.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] « World Bank Open Data », World Bank Open Data. Consulté le: 26 juillet 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://data.worldbank.org>
- [2] Phong N., « Dịch vụ lắp đặt điều hòa trung tâm ở Hà Nội uy tín ». Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://siscom.vn/dieu-hoa-trung-tam-o-ha-noi/>
- [3] « Système de chauffage et climatisation : Les Groupes Eau Glacée | Clim+ ». Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.climplus.com/conseils/nouveau-systeme-de-chauffage-et-climatisation-les-groupes-eau-glacee>
- [4] « VRV X (Froid Seul) », Daikin Internet. Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: [https://www.daikinmea.com/fr\\_fr/product-group/vrv/vrv-x.html](https://www.daikinmea.com/fr_fr/product-group/vrv/vrv-x.html)
- [5] « Raccord de distribution Refnets ». Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.amifrigo.com/raccord-de-distributon-refnets.html>
- [6] « Joints Refnet, articulations Refnet, fabricant de joints Refnet en cuivre et fabricant de Refnut de cuivre VRV - TingerTech ». Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.tingertech.com/fr/Refnet-Joint-pl3162360.html>
- [7] « Software tools and apps », Daikin Internet. Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: [https://www.daikin.co.uk/en\\_gb/installers/support/software.html](https://www.daikin.co.uk/en_gb/installers/support/software.html)
- [8] « Climatisation, chauffage : calcul diamètre tuyauterie ! », ABC CLIM. Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.abcclim.net/estimation-diametre-tuyauterie.html>
- [9] Daikin, « RXQ-ARY1 - VRV X Catalogue - FR ».
- [10] « Potentiel de réchauffement global (PRG / GWP), c'est quoi ? Définition, utilité et limites », Youmatter. Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://youmatter.world/fr/definition/potentiel-rechauffement-global-prg-gwp-definition-utilite-et-limites/>
- [11] « ODP,GWP,TEWI », ABC CLIM. Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.abcclim.net/odp-gwp-tewi.html>
- [12] « Catalogue Eau glacee 2022.pdf ». Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.daikin.fr/content/dam/DAF/document-library/Catalogues%20produits/Eau%20glac%C3%A9e/2022/Catalogue%20Eau%20gla%20ce%202022.pdf>
- [13] « Cote d'Ivoire », United for Efficiency. Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://united4efficiency.org/country-assessments/cote-divoire/>

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA  
CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

---

- [14] « Fluide frigorifique R410A , tout ce que vous devez savoir ! », ABC CLIM. Consulté le: 20 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.abclim.net/caracteristiques-r410a.html>
- [15] « Caractéristiques et utilisations du R134a », ABC CLIM. Consulté le: 23 juin 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.abclim.net/caracteristiques-et-utilisations-du-r134a.html>

## ANNEXES

<b>ANNEXE I : BILAN THERMIQUE .....</b>	<b>58</b>
<b>ANNEXE II : SELECTION DES UNITES INTERIEURES ET EXTERIEURES VRV .....</b>	<b>59</b>
Annexe II-1 : Index des unités intérieures VRV.....	59
Annexe II-2 : Récapitulatif des unités VRV .....	59
Annexe II-3 : Plan VRV du rez-de-chaussée .....	63
<b>ANNEXE III : FICHES TECHNIQUES VRV.....</b>	<b>64</b>
Annexe III-1 : Fiches techniques gainables VRV .....	64
Annexe III-2 : Fiches techniques muraux VRV .....	66
Annexe III-3 : Fiches techniques unités extérieures VRV.....	66
<b>ANNEXE IV : SELECTION DES EQUIPEMENTS DU SYSTEME A EAU GLACEE.....</b>	<b>69</b>
Annexe IV-1 : Récapitulatif des ventilo-convecteurs.....	69
Annexe IV-2 : Plan du système à eau glacée du rez-de-chaussée .....	72
<b>ANNEXE V : CALCUL DES PERTES DE CHARGE .....</b>	<b>73</b>
<b>ANNEXES VI : FICHES TECHNIQUES DU SYSTEME A EAU GLACEE .....</b>	<b>82</b>
Annexe VI-1 : Fiches techniques ventilo-convecteurs gainables .....	82
Annexe VI-2 : Fiches techniques ventilo-convecteurs muraux .....	86
Annexe VI-3 : Fiches techniques Groupes d'eau glacée .....	87
Annexe VI-4 : Fiches techniques pompes .....	88
<b>ANNEXE VII : COÛTS DES SYSTÈME VRV ET À EAU GLACÉE.....</b>	<b>90</b>

## ANNEXE I : BILAN THERMIQUE

Tableau 17 : Récapitulatif du bilan thermique du bâtiment MICASA

Niveau	Pièce	Surface (m <sup>2</sup> )	Puissance calculée (kW)	Ratio théorique (W/m <sup>2</sup> )
RDC	Bureau 1	14,8	2,4	164
	Bureau 2	15,2	2,6	169
	Bureau 3	9,9	2,0	201
	Serveur	7,1	2,0	280
	Bureau Directeur	26,6	4,5	168
	Concierge	23,3	4,3	184
	Salle commerciale	143,5	25,8	180
MEZZANINE	Bureau 1	21,7	6,0	275
	Bureau 2	11,8	3,2	274
	Gym	106,3	21,6	203
	Salle commerciale	144	28,8	200
	Salle d'attente	19,7	4,7	240
	Salle de réunion	115,2	20,4	178
ETAGE 1 A ETAGE 8	Chambre 1 appart A	22	3,4	153
	Chambre 1 appart B	31,5	4,0	127
	Chambre 1 appart E	21,5	3,1	143
	Chambre 2 appart A	18	2,8	156
	Chambre 2 appart B	20,3	2,8	140
	Chambre 2 appart E	21,5	3,0	138
	Chambre 3 appart A	22	3,4	153
	Chambre appart C	43	5,3	124
	Chambre appart D	16	2,7	172
	Cuisine appart A	16	3,4	215
	Cuisine appart B	18	2,8	153
	Salon appart A	70	9,3	133
	Salon appart B	54	8,6	158
	Salon appart C	43	6,6	154
ETAGE 9 A ETAGE 12	Salon appart D	34	6,1	179
	Salon appart E	43	8,1	189
	Chambre 01	50,5	7,2	143
	Chambre 02	19,8	3,3	167
	Chambre 03	21,2	3,4	161
	Chambre 04	21,2	3,4	160
	Chambre 05	23,9	3,8	161

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

Chambre 06	26	4,0	155
Chambre 07	22	3,6	164
Chambre 08	21,7	3,7	171
Chambre 09	22	3,4	155
Chambre 10	24,1	4,0	166
Chambre 11	37	6,1	165
Chambre 12	37	5,7	154
Chambre 13	34,3	5,1	149
Chambre 14	26,6	3,7	139
Chambre 15	44	6,6	151
Chambre 16	39	5,3	137

**ANNEXE II : SELECTION DES UNITES INTERIEURES ET EXTERIEURES  
VRV**

**Annexe II-1 : Index des unités intérieures VRV**

**Tableau 18 : Puissances correspondants aux index des unités intérieures VRV utilisés**

NUMERO DE L'INDEX	PUISSSANCE (kW)
Index 15	1,7
Index 20	2,2
Index 25	2,8
Index 32	3,6
Index 40	4,5
Index 50	5,4
Index 61	7,1
Index 80	9
Index 100	11,2
Index 125	14

**Annexe II-2 : Récapitulatif des unités VRV**

**Tableau 19 : Récapitulatif des unités intérieures VRV**

NIVEAU	PIECE	APPAREIL CHOISI	PUISSAN CE (kW)	N b	PUISSAN CE TOTALE (kW)	RATI O (W/m <sup>2</sup> )

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

<b>RDC</b>	Bureau 1	FXAQ25A	2,8	1	2,8	189
	Bureau 2	FXAQ32A	3,6	1	3,6	237
	Bureau 3	FXAQ25A	2,8	1	2,8	283
	Bureau Directeur	FXAQ50A	5,6	1	5,6	210
	Serveur	FXAQ25A	2,8	1	2,8	311
	Concierge	FXAQ50A	5,6	1	5,6	240
	Salle commerciale	FXDQ63ND V	7,1	2	14,2	99
		FXMQ125P BV	14	1	14	197
<b>MEZZANI NE</b>	Bureau 1	FXAQ50A	5,6	1	5,6	258
	Bureau 2	FXAQ32A	3,6	1	3,6	304
	Gym	FXDQ63ND V	7,1	2	14,2	134
	Salle commerciale	FXMQ63AR V	11,2	5	56	389
	Salle d'attente	FXAQ50A	5,6	1	5,6	284
	Salle de réunion	FXMQ100A RV	11,2	2	22,4	194
<b>ETAGE 1 A ETAGE 8</b>	Chambre 1 appart A	FXDQ40ND V	4,5	1	4,5	205
	Chambre 1 appart B	FXDQ50PD V	5,6	1	5,6	178
	Chambre 1 appart E	FXDQ40ND V	4,5	1	4,5	209
	Chambre 2 appart A	FXDQ32PD V	3,6	1	3,6	200
	Chambre 2 appart B	FXDQ32PD V	3,6	1	3,6	178
	Chambre 2 appart E	FXDQ32PD V	3,6	1	3,6	167
	Chambre 3	FXDQ40ND	4,5	1	4,5	205

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

	appart A	V				
	Chambre appart C	FXDQ32PD V	3,6	1	3,6	84
	Chambre appart D	FXDQ40ND V	4,5	1	4,5	281
	Cuisine appart A	FXDQ40PD V	4,5	1	4,5	281
	Cuisine appart B	FXDQ32PD V	3,6	1	3,6	200
	Salon appart A	FXMQ100A RV	11,2	1	11,2	160
	Salon appart B	FXMQ100A RV	11,2	1	11,2	207
	Salon appart C	FXDQ63ND V	7,1	1	7,1	165
	Salon appart D	FXDQ63ND V	7,1	1	7,1	209
	Salon appart E	FXMQ100A RV	11,2	1	11,2	260
ETAGE 9 A ETAGE 12	Chambre 01	FXMQ100A RV	11,2	1	11,2	222
	Chambre 02	FXDQ32PD V	3,6	1	3,6	182
	Chambre 03	FXDQ32PD V	3,6	1	3,6	170
	Chambre 04	FXDQ32PD V	3,6	1	3,6	170
	Chambre 05	FXDQ40ND V	4,5	1	4,5	188
	Chambre 06	FXDQ40ND V	4,5	1	4,5	173
	Chambre 07	FXDQ32PD	3,6	1	3,6	164

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

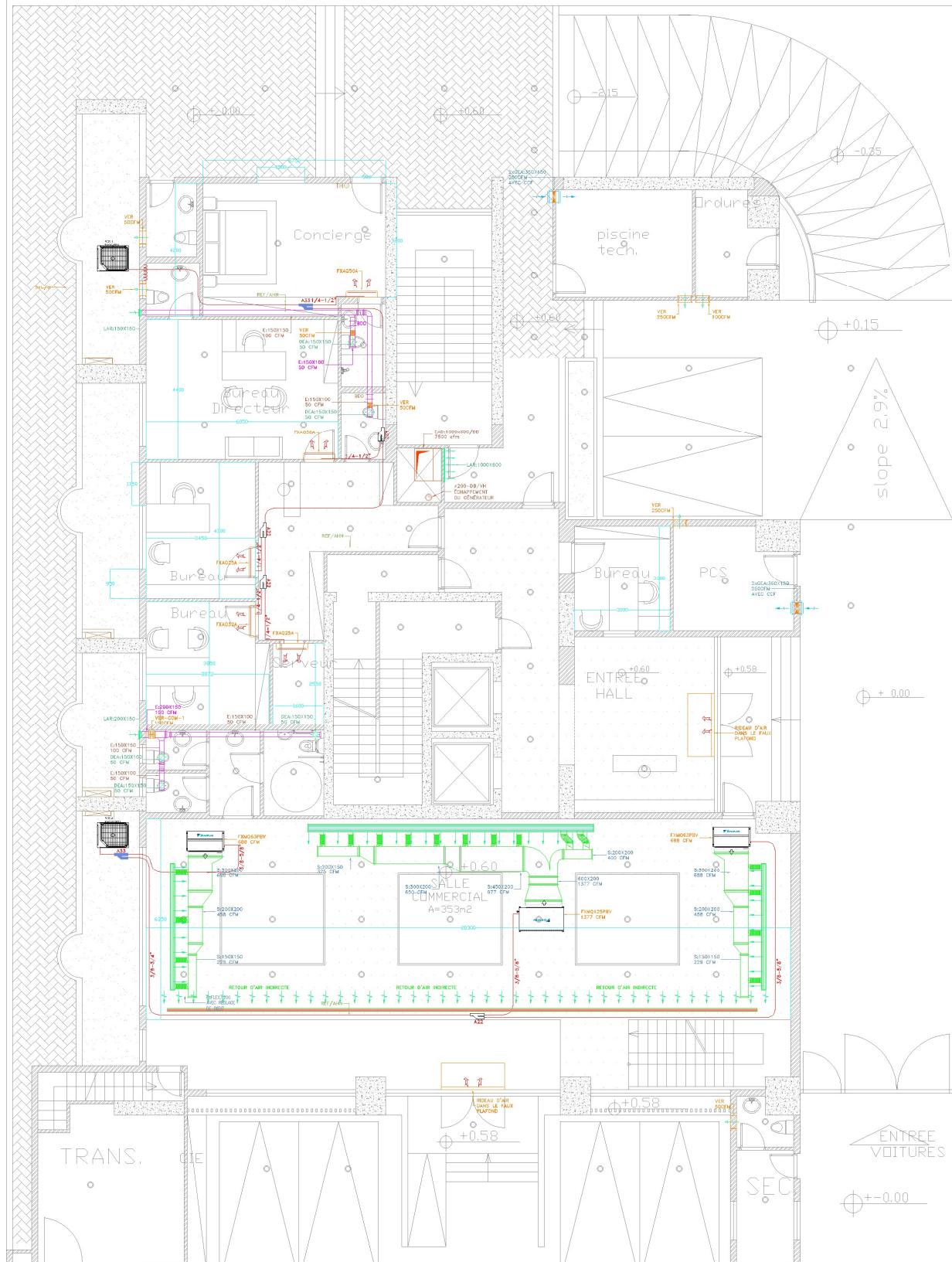
	V					
	Chambre 08	FXDQ40ND V	4,5	1	4,5	207
	Chambre 09	FXDQ40ND V	4,5	1	4,5	205
	Chambre 10	FXDQ40ND V	4,5	1	4,5	187
	Chambre 11	FXDQ63ND V	7,1	1	7,1	192
	Chambre 12	FXDQ63ND V	7,1	1	7,1	192
	Chambre 13	FXDQ63ND V	7,1	1	7,1	207
	Chambre 14	FXDQ40ND V	4,5	1	4,5	169
	Chambre 15	FXMQ80AR V	9	1	9	205
	Chambre 16	FXDQ63ND V	7,1	1	7,1	182

**Tableau 20 : Récapitulatif des unités extérieures VRV**

UNITÉS EXTÉRIEURES	PUISSSANCE FRIGORIFIQUE (kW)	NOMBRE	PUISSSANCE TOTALE (kW)
RXQ6	16	1	16
RXQ8	22,4	8	179,2
RXQ10	28	19	532
RXQ14	40	4	160
RXQ16	45	1	45
RXQ18	50	4	200
RXMQ4	11,2	16	179,2

## ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

## Annexe II-3 : Plan VRV du rez-de-chaussée



**Figure 8 : Plan VRV du Rez-de-chaussée**

### ANNEXE III : FICHES TECHNIQUES VRV

#### Annexe III-1 : Fiches techniques gainables VRV

##### Type de Cassette Fine Encastrée (type 700 mm de large)



MODEL	with drain pump	FXDQ20PDV36	FXDQ25PDV36	FXDQ32PDV36	
Power supply		1-phase, 220-240 V/220 V, 50 Hz			
Cooling capacity	Btu/h	7,500	9,600	12,300	
	kW	2.2	2.8	3.6	
Casing		Galvanised steel plate			
Airflow rate (H/H/L)	m <sup>3</sup> /min	8.0/7.2/6.4	8.0/7.2/6.4	8.0/7.2/6.4	
	cfm	282/254/226	282/254/226	282/254/226	
External static pressure	Pa	30·10 <sup>-2</sup> <sup>2</sup>			
Sound level (H/H/L) <sup>★1★2</sup>	dB(A)	33/31/29	33/31/29	33/31/29	
Dimensions (HxWxD)	mm	200x700x620	200x700x620	200x700x620	
Machine weight	kg	23.0	23.0	23.0	
Piping connections	Liquid (Flare)	Ø 6.4	Ø 6.4	Ø 6.4	
	Gas (Flare)	Ø 12.7	Ø 12.7	Ø 12.7	
	Drain	VP20 (External Dia, 26/Internal Dia, 20)			

##### Type de Cassette Fine Encastrée (type 900/1100 mm de large)



MODEL	with drain pump	FXDQ40NDV36	FXDQ50NDV36	FXDQ63NDV36	
Power supply		1-phase, 220-240 V/220 V, 50 Hz			
Cooling capacity	Btu/h	15,400	19,100	24,200	
	kW	4.5	5.6	7.1	
Casing		Galvanised steel plate			
Airflow rate (H/H/L)	m <sup>3</sup> /min	10.5/9.5/8.5	12.5/11.0/10.0	16.5/14.5/13.0	
	cfm	371/335/300	441/388/353	583/512/459	
External static pressure	Pa	44·15 <sup>2</sup>			
Sound level (H/H/L) <sup>★1★2</sup>	dB(A)	34/32/30	35/33/31	36/34/32	
Dimensions (HxWxD)	mm	200x900x620	200x900x620	200x1,100x620	
Machine weight	kg	27.0	28.0	31.0	
Piping connections	Liquid (Flare)	Ø 6.4	Ø 6.4	Ø 6.4	
	Gas (Flare)	Ø 12.7	Ø 12.7	Ø 12.7	
	Drain	VP20 (External Dia, 26/Internal Dia, 20)			

Note: Les spécifications sont basées sur les conditions suivantes :

- Rafraîchissement : Temp. intérieure : 27°CDB, 19°CWB, Temp. extérieure : 35°CDB, Longueur de la tuyauterie : 7.5 m, Différence de niveau : 0 m.
- La capacité de l'unité intérieure n'est donnée qu'à titre indicatif. La capacité réelle de l'unité intérieure est basée sur l'indice de capacité totale.
- Niveau sonore : Valeur de conversion en chambre anéchoïque, mesurée sur un point situé à 1,5 m vers le bas depuis le centre de l'appareil. En fonctionnement réel, ces valeurs sont normalement un peu plus élevées en raison des conditions ambiantes.
- 1: Les valeurs sont basées sur les conditions suivantes : FXDQ-PD : pression statique externe de 10 Pa, FXDQ-ND : pression statique externe de 15 Pa.
- 2: La pression statique externe peut être modifiée et réglée par la télécommande. Cette pression signifie « Standard de Haute pression statique ».
- 3: Les valeurs du niveau sonore de fonctionnement représentent celles du fonctionnement par aspiration arrière. Les valeurs du niveau sonore pour l'aspiration par le bas peuvent être obtenues en ajoutant 5 dB(A).

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

**Type de Cassette Encastrée**



MODEL		FXMQ40PBY1	FXMQ50ARV1	FXMQ63ARV1	FXMQ80ARV1	FXMQ100ARV1	FXMQ125ARV1	FXMQ140ARV1
Power supply		1 phase, 230 V, 50Hz						
Cooling capacity	Btu/h kW	15,400 4.5	19,100 5.6	24,200 7.1	30,700 9.0	38,200 11.2	47,800 14.0	54,600 16.0
Casing		Galvanised Steel Plate						
Airflow rate (H/H/L)	m <sup>3</sup> /min cfm	16/13/11 565/459/388	18/16.5/15 635/582/510	19.5/17.5/16 688/618/565	25/22.5/20 883/794/706	32/27/23 1130/953/812	39/33/28 1377/1165/988	46/39/32 1624/1377/1130
External static pressure	Pa	100/160/30 <sup>1</sup>	100/200/50 <sup>1</sup>	100/200/50 <sup>1</sup>	100/200/50 <sup>1</sup>	100/200/50 <sup>1</sup>	100/200/50 <sup>1</sup>	100/140/50 <sup>1</sup>
Sound level (H/H/L)	dB(A)	39/37/35	41/39/37	42/40/38	43/41/39	44/42/39	43/41/39	46/45/43
Dimensions (HxWxD)	mm	300x700x700	300x1000x700	300x1000x700	300x1000x700	300x1400x700	300x1400x700	300x1400x700
Machine weight	kg	27.0	35.00	35.0	35.0	45.0	45.0	46.0
Piping connections	Liquid (Flare) Gas (Flare) Drain	6.4 12.7	6.4 12.7	9.5 15.9	9.5 15.9	9.5 15.9	9.5 15.9	9.5 15.9
		VP25 (External dia.32 Internal dia.25)						

Note: Les spécifications sont basées sur les conditions suivantes :

- Rafraîchissement : Temp. intérieure : 27°CDB, 19°CWB, Temp. extérieure : 35°CDB, Longueur de la tuyauterie : 7,5 m, Différence de niveau : 0 m.
- La capacité de l'unité intérieure n'est donnée qu'à titre indicatif. La capacité réelle de l'unité intérieure est basée sur l'indice de capacité totale.
- Niveau sonore : Valeur de conversion en charge équivalente, mesurée en un point situé à 1,5 m vers le bas depuis le centre de l'appareil.
- En fonctionnement réel, ces valeurs sont normalement un peu plus élevées en raison des conditions ambientales.

<sup>1</sup> La pression statique externe est modifiable sur 13 niveaux (FXMQ40PBY1), 14 niveaux (FXMQ50/63/80/100/125PBY1), 10 niveaux (FXMQ140PBY1) par télécommande.

**Type de Cassette Encastrée**



MODEL		FXMQ170NVE6	FXMQ200NVE6	FXMQ250NVE6	
Power supply		1-phase, 220, 240 V/220 V, 50 Hz			
Cooling capacity	Btu/h kW	65,800 19.3	76,400 22.4	95,500 28	
Casing		Galvanised steel plate			
Airflow rate (H/L)	m <sup>3</sup> /min cfm	58/50 2,047/1,765	65/58 2,295/2,047	80/73 2,825/2,578	
External static pressure	Pa	100-140 <sup>2</sup>	100-200 <sup>2</sup>	190-270 <sup>2</sup>	
Sound level (H/L) 220V	dB(A)	45/42	47/45	49/47	
Dimensions (HxWxD)	mm	440x1,190x1,090	440x1,190x1,090	440x1,490x1,090	
Machine weight	kg	110	110	130	
Piping connections	Liquid (Flare) Gas (Flare) Drain	ø 9.5 ø 19.1	ø 9.5 ø 19.1	ø 9.5 ø 22.2	
		External Dia 32			



MODEL		FXMQ40ARV1	FXMQ50ARV1	FXMQ63ARV1	FXMQ80ARV1	FXMQ100ARV1
Power supply		1 phase, 230 V, 50Hz				
Cooling capacity	Btu/h kW	15,400 4.5	19,100 5.6	24,200 7.1	30,700 9.0	38,200 11.2
Casing		Galvanised Steel Plate				
Airflow rate (H/L)	m <sup>3</sup> /min cfm	15/12 530/424	19/16 671/565	24/20 847/706	30/25 1059/883	34/29 1200/1024
External static pressure	Pa	30(50) <sup>1</sup>	30(50) <sup>1</sup>	30(50) <sup>1</sup>	30(50) <sup>1</sup>	30(60) <sup>1</sup>
Sound level (H/L)	dB(A)	39/37	41/39	42/40	43/41	44/42
Dimensions (HxWxD)	mm	300x700x700	300x700x700	300x1000x700	300x1000x700	300x1000x700
Machine weight	kg	27.0	28.0	35.0	35.0	36.0
Piping connections	Liquid (Flare) Gas (Flare) Drain	6.4 12.7	6.4 12.7	9.5 15.9	9.5 15.9	9.5 15.9
		VP25 (External Dia. 32/ Internal Dia. 25)				

<sup>1</sup> 1 Pression statique maximale

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

**Annexe III-2 : Fiches techniques muraux VRV**

**Type de Cassette Murale**



MODEL		FXAQ20ARY1	FXAQ25ARY1	FXAQ32ARY1	FXAQ40ARY1	FXAQ50ARY1	FXAQ63ARY1
Power supply		1-phase, 220-240 V/220 V, 50 Hz					
Cooling capacity	Btu/h	7,500	9,600	12,300	15,400	19,100	24,200
	kW	2.2	2.8	3.6	4.5	5.6	7.1
Heating capacity	Btu/h	8,500	10,900	13,600	17,100	21,500	27,300
	kW	2.5	3.2	4.0	5.0	6.3	8.0
Casing		White (N9.5)					
Airflow rate (H/L)	m <sup>3</sup> /min	7.5/4.5	9/5	11/5.5	13/9	15/12	19/14
	cfm	265/159	318/177	388/194	459/318	530/424	671/494
Sound level (H/L)		35/31	36/31	38/31	39/34	42/37	47/41
Dimensions (HxWxD)		298x929x258	298x929x258	298x929x258	298x929x258	298x929x258	298x929x258
Machine weight		13	13	13	13	13	13
Piping connections	Liquid (Flare)	ø6.4	ø6.4	ø6.4	ø6.4	ø6.4	ø9.5
	Gas (Flare)	ø12.7	ø12.7	ø12.7	ø12.7	ø12.7	ø15.9
	Drain	VP13 (External Dia, 18/; Internal Dia, 13)					

**Annexe III-3 : Fiches techniques unités extérieures VRV**



MODEL		RXQ6ARY1	RXQ8ARY1	RXQ10ARY1	RXQ12ARY1	RXQ14ARY1	RXQ16ARY1
Combination units		—	—	—	—	—	—
Power supply		3-phase, 380-415 V, 50 Hz					
Cooling capacity	Btu/h	54,600	76,400	95,500	114,000	136,000	154,000
	kW	16.0	22.4	28.0	33.5	40.0	45.0
Capacity control		%	25~100	20~100	13~100	12~100	11~100
Casing colour		Ivory white (5Y7.5/1)					
Compressor	Type	Hermetically Sealed Scroll Type					
	No. of compressor	1	1	1	1	1	2
Airflow rate		m <sup>3</sup> /min	119	178	191	257	
Dimensions (HxWxD)		mm	1,657x930x765			1,657x1,240x765	
Machine weight		kg	165	175	220	260	
Sound level		dB(A)	56	56	57	59	60
Operation range	Cooling	°CDB	10 ~ 49				
Refrigerant	Type	R410A					
	Charge	kg	5.9	6.7	6.8	7.4	8.2
Piping connections	Liquid	mm	ø 9.5		ø 12.7		
	Gas	mm	ø 19.1		ø 22.2		ø 28.6

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

							
MODEL		RXQ18ARY1	RXQ20ARY1	RXQ22ARY1	RXQ24ARY1		
Combination units		—	—	RXQ10ARY1	RXQ12ARY1		
		—	—	RXQ12ARY1	RXQ12ARY1		
		—	—	—	—		
Power supply		3-phase, 380-415 V, 50 Hz					
Cooling capacity	Btu/h	1,71,000	1,91,000	2,10,000	2,29,000		
	kW	50.0	56.0	61.5	67.0		
Capacity control		10-100	7-100	6-100			
Casing colour		Ivory white (5Y7.5/1)					
Compressor	Type	Hermetically Sealed Scroll Type					
	No. of compressor	2	2	1+1	1+1		
Airflow rate		m³/min	257	297	178+191	191+191	
Dimensions (HxWxD)		mm	1,657X1,240X765		(1,657X930X765)+(1,657X930X765)		
Machine weight		kg	260	285	175+175		
Sound level		dB(A)	61	65	61	62	
Operation range	Cooling	°CDB	10 ~ 49				
Refrigerant	Type	R410A					
	Charge	kg	8.4	11.8	6.7+6.8	6.8+6.8	
Piping connections	Liquid	mm	Ø 15.9				
	Gas	mm	Ø 28.6		Ø 34.9		

								
MODEL		RXQ26ARY1	RXQ28ARY1	RXQ30ARY1	RXQ32ARY1	RXQ34ARY1	RXQ36ARY1	
Combination units	RXQ12ARY1	RXQ12ARY1	RXQ12ARY1	RXQ14ARY1	RXQ16ARY1	RXQ16ARY1	RXQ18ARY1	
	RXQ14ARY1	RXQ16ARY1	RXQ18ARY1	RXQ18ARY1	RXQ18ARY1	RXQ18ARY1	RXQ18ARY1	
	—	—	—	—	—	—	—	
Power supply		3-phase, 380-415 V, 50 Hz						
Cooling capacity	Btu/h	2,47,000	2,68,000	2,85,000	3,05,000	3,24,000	3,41,000	
	kW	73.5	78.5	83.5	90	95.0	100	
Capacity control		%	6-100	5-100	5-100	4-100	5-100	
Casing colour		Ivory white (5Y7.5/1)						
Compressor	Type	Hermetically Sealed Scroll Type						
	No. of compressor	1+1	1+2	1+2	1+2	2+2	2+2	
Airflow rate		m³/min	191+257	191+257	191+257	257+257	257+257	
Dimensions (HxWxD)		mm	(1,657X930X765)+(1,657X1,240X765)		(1,657X1,240X765)+(1,657X1,240X765)			
Machine weight		kg	175+220	175+260	220+260	260+260		
Sound level		dB(A)	63		64			
Operation range	Cooling	°CDB	10 ~ 49					
Refrigerant	Type	R410A						
	Charge	kg	6.8+7.4	6.8+8.2	6.8+8.4	7.4+8.4	8.2+8.4	8.4+8.4
Piping connections	Liquid	mm	Ø 19.1	Ø 19.1	Ø 19.1	Ø 19.1	Ø 19.1	Ø 19.1
	Gas	mm	Ø 34.9	Ø 34.9	Ø 34.9	Ø 34.9	Ø 34.9	Ø 41.3

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

						
<b>RXQ38ARY1</b>	<b>RXQ40ARY1</b>	<b>RXQ42ARY1</b>	<b>RXQ44ARY1</b>	<b>RXQ46ARY1</b>	<b>RXQ48ARY1</b>	<b>RXQ50ARY1</b>
<b>RXQ18ARY1</b>	<b>RXQ20ARY1</b>	<b>RXQ12ARY1</b>	<b>RXQ12ARY1</b>	<b>RXQ14ARY1</b>	<b>RXQ14ARY1</b>	<b>RXQ14ARY1</b>
<b>RXQ20ARY1</b>	<b>RXQ20ARY1</b>	<b>RXQ12ARY1</b>	<b>RXQ12ARY1</b>	<b>RXQ14ARY1</b>	<b>RXQ16ARY1</b>	<b>RXQ18ARY1</b>
—	—	<b>RXQ18ARY1</b>	<b>RXQ20ARY1</b>	<b>RXQ18ARY1</b>	<b>RXQ18ARY1</b>	<b>RXQ18ARY1</b>
3-phase, 380-415 V, 50 Hz						
3,62,000	3,82,000	3,99,000	4,20,000	4,40,000	4,57,000	4,78,000
106	112	117	123	129	134	140
4-100	4-100	4-100	3-100	4-100	3-100	3-100
Ivory white (SY7.5/1)						
Hermetically Sealed Scroll Type						
2+2	2+2	1+1+2	1+1+2	1+1+2	1+1+2	1+2+2
257+297	297+297	191+191+257	191+191+297	257+257+257	257+257+257	
<small>(1,657X1,240X765)+ (1,657X1,240X765)</small>		<small>(1,657X930X765)+ (1,657X930X765)+ (1,657X1,240X765)</small>		<small>(1,657X1,240X765)+ (1,657X1,240X765)+ (1,657X1,240X765)</small>		
260+285	285+285	175+175+260	175+175+285	220+220+260	220+260+260	220+260+260
66	68	65	67	65	65	65
10 - 49						
R410A						
8.4+11.8	11.8+11.8	6.8+6.8+8.4	6.8+6.8+11.8	7.4+7.4+11.8	7.4+8.2+8.4	7.4+8.4+8.4
Ø 19.1	Ø 19.1	Ø 19.1	Ø 19.1	Ø 19.1	Ø 19.1	Ø 19.1
Ø 41.3	Ø 41.3	Ø 41.3	Ø 41.3	Ø 41.3	Ø 41.3	Ø 41.3

															
<b>MODEL</b>	<b>RXQ52ARY1</b> <b>RXQ54ARY1</b> <b>RXQ56ARY1</b> <b>RXQ58ARY1</b> <b>RXQ60ARY1</b>														
<b>Combination units</b>	<b>RXQ16ARY1</b> <b>RXQ18ARY1</b> <b>RXQ18ARY1</b> <b>RXQ18ARY1</b> <b>RXQ20ARY1</b>														
	<b>RXQ18ARY1</b> <b>RXQ18ARY1</b> <b>RXQ18ARY1</b> <b>RXQ20ARY1</b> <b>RXQ20ARY1</b>														
<b>Power supply</b>	3-phase, 380-415 V, 50 Hz														
<b>Cooling capacity</b>	<table border="1"> <tr> <td>Btu/h</td><td>4,95,000</td><td>5,12,000</td><td>5,32,000</td><td>5,53,000</td><td>5,73,000</td></tr> <tr> <td>kW</td><td>145</td><td>150</td><td>156</td><td>162</td><td>168</td></tr> </table>	Btu/h	4,95,000	5,12,000	5,32,000	5,53,000	5,73,000	kW	145	150	156	162	168		
Btu/h	4,95,000	5,12,000	5,32,000	5,53,000	5,73,000										
kW	145	150	156	162	168										
<b>Capacity control</b>	%   3-100   3-100   3-100   3-100   2-100														
<b>Casing colour</b>	Ivory white (SY7.5/1)														
<b>Compressor</b>	<table border="1"> <tr> <th>Type</th><th colspan="5">Hermetically Sealed Scroll Type</th></tr> <tr> <td>No. of compressor</td><td>2+2+2</td><td>2+2+2</td><td>2+2+2</td><td>2+2+2</td><td>2+2+2</td></tr> </table>	Type	Hermetically Sealed Scroll Type					No. of compressor	2+2+2	2+2+2	2+2+2	2+2+2	2+2+2		
Type	Hermetically Sealed Scroll Type														
No. of compressor	2+2+2	2+2+2	2+2+2	2+2+2	2+2+2										
<b>Airflow rate</b>	$m^3/min$ 257+257+257   257+297+297														
<b>Dimensions (HxWxD)</b>	mm $(1,657X1,240X765 + 1,657X1,240X765 + 1,657X1,240X765)$														
<b>Machine weight</b>	kg   260+260+260   260+260+285   260+285+285   285+285+285														
<b>Sound level</b>	dB(A)   65   66   68   69   70														
<b>Operation range</b>	<b>Cooling</b> °CDB   10 - 49														
<b>Refrigerant</b>	Type   R410A														
	Charge   kg   8.2+8.4+8.4   8.4+8.4+8.4   8.4+8.4+11.8   8.4+11.8+11.8   11.8+11.8+11.8														
<b>Piping connections</b>	<table border="1"> <tr> <td>Liquid</td><td>mm</td><td>Ø 19.1</td><td>Ø 19.1</td><td>Ø 19.1</td><td>Ø 19.1</td><td>Ø 19.1</td></tr> <tr> <td>Gas</td><td>mm</td><td>Ø 41.3</td><td>Ø 41.3</td><td>Ø 41.3</td><td>Ø 41.3</td><td>Ø 41.3</td></tr> </table>	Liquid	mm	Ø 19.1	Gas	mm	Ø 41.3								
Liquid	mm	Ø 19.1	Ø 19.1	Ø 19.1	Ø 19.1	Ø 19.1									
Gas	mm	Ø 41.3	Ø 41.3	Ø 41.3	Ø 41.3	Ø 41.3									

**Note: Les spécifications sont basées sur les conditions suivantes :**

- Refroidissement: Temp. intérieure : 27°CDB, 19°CWB, Temp. extérieure : 35°CDB, Longueur de la tuyauterie : 7,5 m, Différence de niveau : 0 m.
- Niveau sonore : Valeur de conversion en chambre anéchoïque, mesurée en un point situé à 1 m devant l'appareil et à une hauteur de 1,5 m.
- En fonctionnement réel, ces valeurs sont normalement un peu plus élevées en raison des conditions ambiantes.

**ANNEXE IV : SELECTION DES EQUIPEMENTS DU SYSTEME A EAU GLACEE**

**Annexe IV-1 : Récapitulatif des ventilo-convecteurs**

Tableau 21 : Récapitulatif des ventilo-convecteurs

NIVEAU	PIECE	APPAREIL CHOISI	PUISSEANCE (kW)	N b	PUISSEANCE TOTALE (kW)	DEBIT D'EAU UNITAIRE (m <sup>3</sup> /h)
RDC	Bureau 1	FWT02GT	2,4	1	2,4	0,42
	Bureau 2	FWT03GT	2,67	1	2,67	0,46
	Bureau 3	FWT02GT	2,4	1	2,4	0,42
	Bureau Directeur	FWT06GT	5,21	1	5,21	0,91
	Concierge	FWT05GT	4,49	1	4,49	0,78
	Salle serveur	FWT02GT	2,4	1	2,4	0,42
	Salle commerciale	FWW1600 C	14,5	1	14,5	2,49
		FWW1600 C	14,5	1	14,5	2,49
MEZZANINE	Bureau 1	FWT04GT	3,27	2	6,54	0,57
	Bureau 2	FWT04GT	3,27	1	3,27	0,57
	Gym	FWW1400 C	12,5	2	25	2,14
	Salle commerciale	FWW1600 C	14,5	2	29	2,49
	Salle d'attente	FWT06GT	5,21	1	5,21	0,91
	Salle de réunion	FWW1200 C	10,7	2	21,4	1,83
ETAGE 1 A ETAGE 8	Chambre appart A <sup>1</sup>	FWW400C	4,39	1	4,39	0,75
	Chambre appart B <sup>1</sup>	FWW400C	4,39	1	4,39	0,75
	Chambre appart E <sup>1</sup>	FWW300C	3,2	1	3,2	0,55

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

ETAGE 9 A ETAGE 12	Chambre appart A	2	FWW300C	3,2	1	3,2	0,55
	Chambre appart B	2	FWW300C	3,2	1	3,2	0,55
	Chambre appart E	2	FWW300C	3,2	1	3,2	0,55
	Chambre appart A	3	FWW400C	4,39	1	4,39	0,75
	Chambre appart C		FWW600C	6,16	1	6,16	1,06
	Chambre appart D		FWW300C	3,2	1	3,2	0,55
	Cuisine appart A		FWW400C	4,39	1	4,39	0,75
	Cuisine appart B		FWW300C	3,2	1	3,2	0,55
	Salon appart A		FWW1200 C	10,7	1	10,7	1,83
	Salon appart B		FWW1000 C	8,83	1	8,83	1,51
	Salon appart C		FWW800C	7,81	1	7,81	1,34
	Salon appart D		FWW600C	6,16	1	6,16	1,06
	Salon appart E		FWW1000 C	8,83	1	8,83	1,51
	Chambre 01		FWW800C	7,81	1	7,81	1,34
	Chambre 02		FWW400C	4,39	1	4,39	0,75
	Chambre 03		FWW400C	4,39	1	4,39	0,75
	Chambre 04		FWW400C	4,39	1	4,39	0,75
	Chambre 05		FWW400C	4,39	1	4,39	0,75
	Chambre 06		FWW400C	4,39	1	4,39	0,75
	Chambre 07		FWW400C	4,39	1	4,39	0,75
	Chambre 08		FWW400C	4,39	1	4,39	0,75
	Chambre 09		FWW400C	4,39	1	4,39	0,75
	Chambre 10		FWW400C	4,39	1	4,39	0,75
	Chambre 11		FWW600C	6,16	1	6,16	1,06
	Chambre 12		FWW600C	6,16	1	6,16	1,06
	Chambre 13		FWW600C	6,16	1	6,16	1,06

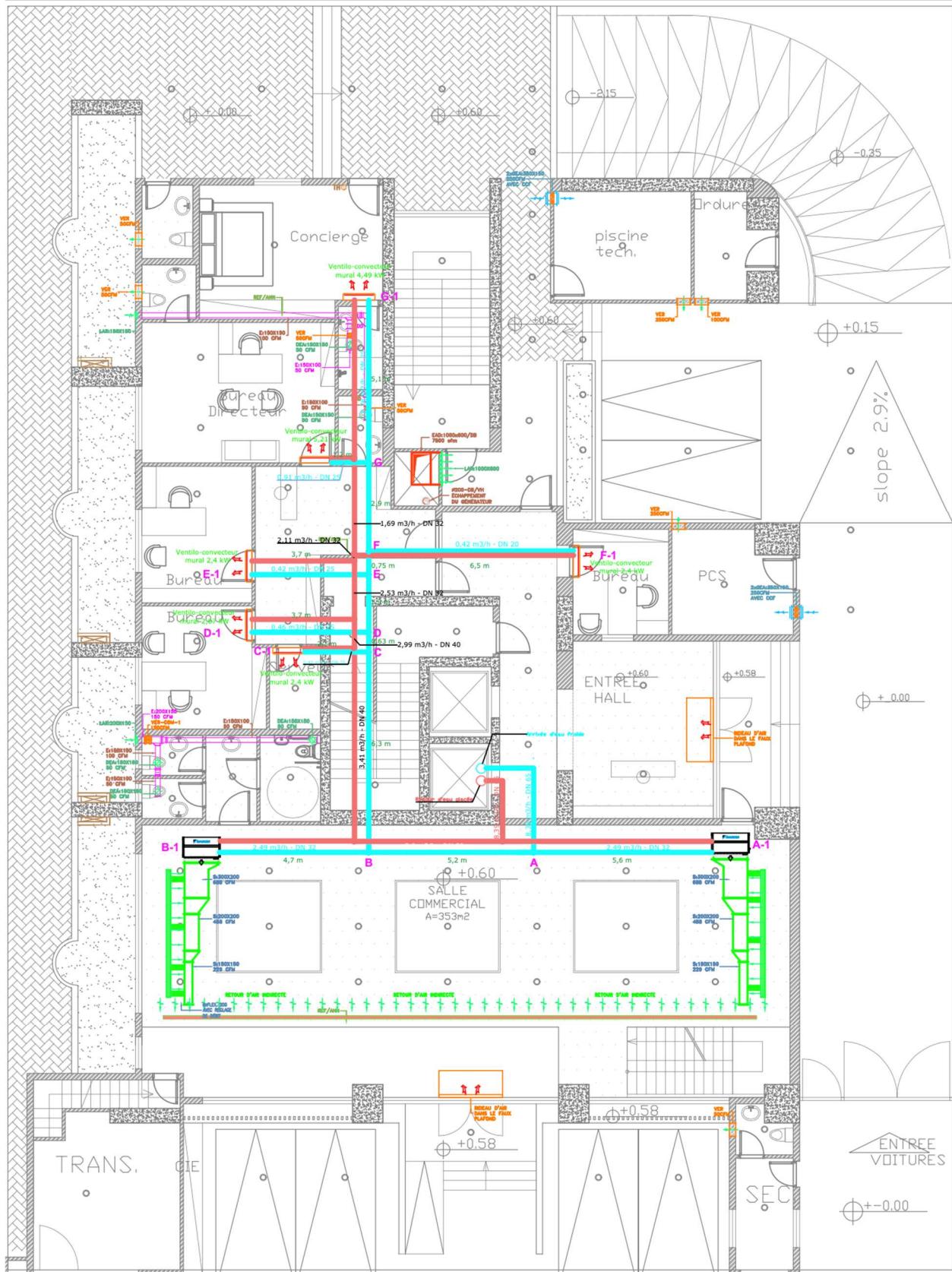
ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA  
CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

---

Chambre 14	FWW400C	4,39	1	4,39	0,75
Chambre 15	FWW800C	7,81	1	7,81	1,34
Chambre 16	FWW600C	6,16	1	6,16	1,06

## ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

## Annexe IV-2 : Plan du système à eau glacée du rez-de-chaussée



**Figure 9 : Plan du système à eau glacée du Rez-de-chaussée**

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

ANNEXE V : CALCUL DES PERTES DE CHARGE



Figure 10 : Distribution de l'eau glacée dans le bâtiment

Tableau 22 : Équivalence entre tailles en pouces (NPS) et diamètres nominaux (DN)

Taille en pouces (NPS)	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"
Diamètre nominal (DN)	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65
Taille en pouces (NPS)	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

Diamètre nominal (DN)	DN80	DN100	DN125	DN150	DN200	DN250	DN300
Taille en pouces (NPS)	14"	16"	18"	20"	22"	24"	26"
Diamètre nominal (DN)	DN350	DN400	DN450	DN500	DN550	DN600	DN650
Taille en pouces (NPS)	28"	30"	32"	36"	40"	44"	48"
Diamètre nominal (DN)	DN700	DN750	DN800	DN900	DN1000	DN1100	DN1200

Equivalent Length of Straight Pipe for Valves and Fittings (meter)														
Flanged Fittings		Pipe Size												
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10
Elbows	Regular 90 deg	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.8	2.2	2.7	3.7	4.3
	Long radius 90 deg	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.3	1.5	1.7	2.1	2.4
	Regular 45 deg	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.1	1.4	1.7	2.3	2.7
Tees	Line flow	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6
	Branch flow	0.6	0.8	1.0	1.3	1.6	2.0	2.3	2.9	3.7	4.6	5.5	7.3	9.2
Return Bends	Regular 180 deg	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.8	2.2	2.7	3.7	4.3
	Long radius 180 deg	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.3	1.5	1.7	2.1	2.4
Valves	Globe	11.6	12.2	13.7	16.5	18.0	21.4	23.5	28.7	36.6	45.8	58.0	79.3	94.6
	Gate	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0
	Angle	4.6	4.6	5.2	5.5	5.5	6.4	6.7	8.5	11.6	15.3	19.2	27.5	36.6

**The Engineering ToolBox**

Figure 11 : Longueur équivalente de tuyauterie droite pour vannes et raccords en mètres

Tableau 23 : Détail du calcul des pertes de charge

Tronçon	Description	Longueur tuyauterie (m)	Diamètre	Débit (US gpm)	Perte de charge (ft/100ft)	Longueur équivalente (ft)	Nombre de raccord	Longueur totale (ft)	Perte de charge (ft)

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

<b>A-B</b>	Tuyauterie	8"	873,927 8984	1,224			1	1,224
	Dilatoflex	8"	873,927 8984	0,127		1		0
	Vanne papillon motorisé	8"	873,927 8984	0,127	260,18 33	1	260,18 33	33,0 433
	Tuyauterie	8"	873,927 8984	1,224	0	1	1	1,224
	Vanne d'équilibrage	8"	873,927 8984	0,127	260,18 33	1	260,18 33	33,0 433
	Vanne papillon	8"	873,927 8984	0,127	260,18 33	1	260,18 33	33,0 433
<b>B-C</b>	Vanne d'arrêt	8"	873,927 8984		260,18 33	1		10,3 167
	Tuyauterie	8"	873,927 8984	1,224	0	1	7,642	9,35 381
	Filtre à tamis	8"	873,927 8984		0	1		0
	Tuyauterie	8"	873,927 8984	1,224	0	1	3,281	4,01 594
	Dilatoflex	8"	873,927 8984		0	1		0
	Tuyauterie	8"	873,927 8984	1,224	0	1	3,821	4,67 69
	Coude	8"	873,927 8984	0,127	12,139 7	1	12,139 7	1,54 174
	Tuyauterie	8"	873,927 8984	1,224	0	1	3,821	4,67 69
	Reduction	8"	873,927 8984		0	1		0,22

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

	Tuyauterie		8"	873,927 8984	1,224	0	1	3,821	4,67 69
	Dilatoflex		8"	873,927 8984		0	1		0
	Clapet anti-retour		8"	873,927 8984	1,224	260,18 33	1	260,18 33	0,44
	Tuyauterie		8"	873,927 8984	1,224	0	1	3,821	4,67 69
	Vanne d'arrêt		8"	873,927 8984	1,224	260,18 33	1		10,3 167
<b>C-D</b>	Tuyauterie	20	8"	873,927 8984	1,224	0	1	76,42	93,5 381
	Coude		8"	873,927 8984	1,224	12,139 7	1	12,139 7	14,8 59
	Tuyauterie		8"	873,927 8984	1,224	0	1	76,42	93,5 381
	Vanne d'équilibrage		8"	873,927 8984	1,224	260,18 33	1	260,18 33	318, 464
	Té		8"	873,927 8984	1,224	4,5934	1	4,5934	5,62 232
<b>D-E</b>	Tuyauterie		8"	810,438 3509	1,064	0	1	12,991 4	13,8 228
	Vanne d'équilibrage		8"	810,438 3509	1,064	260,18 33	1	260,18 33	276, 835
	Té		8"	810,438 3509	1,064	4,5934	1	4,5934	4,88 738
<b>E-F</b>	Tuyauterie		8"	746,948 8033	0,911	0	1	12,991 4	11,8 352
	Vanne		8"	746,948	0,911	260,18	1	260,18	237,

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

	d'équilibrage			8033		33		33	027
	Té		8"	746,948 8033	0,911	4,5934	1	4,5934	4,18 459
<b>F-G</b>	Tuyauterie		8"	683,459 2557	0,773	0	1	12,991 4	10,0 424
	Vanne d'équilibrage		8"	683,459 2557	0,773	260,18 33	1	260,18 33	201, 122
	Té		8"	683,459 2557	0,773	4,5934	1	4,5934	3,55 07
<b>G-H</b>	Tuyauterie		8"	619,969 7082	0,643	0	1	12,991 4	8,35 347
	Vanne d'équilibrage		8"	619,969 7082	0,643	260,18 33	1	260,18 33	167, 298
	Té		8"	619,969 7082	0,643	4,5934	1	4,5934	2,95 356
<b>H-I</b>	Reduction		6"	555,643 6132		0	1		0
	Tuyauterie		6"	555,643 6132	2,051	0	1	12,991 4	26,6 454
	Vanne d'équilibrage		6"	555,643 6132	2,051	190,29 8	1	390,30 1198	800, 508
	Té		6"	555,643 6132	2,051	3,9372	1	3,9372	8,07 52
<b>I-J</b>	Tuyauterie		6"	491,317 5182	1,629	0	1	12,991 4	21,1 63
	Vanne d'équilibrage		6"	491,317 5182	1,629	190,29 8	1	190,29 8	309, 995

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

	Té	6"	491,317 5182	1,629	3,9372	1	3,9372	6,41 37
<b>J-K</b>	Tuyauterie	6"	426,991 4232	1,248	0	1	12,991 4	16,2 133
	Vanne d'équilibrage	6"	426,991 4232	1,248	190,29 8	1	190,29 8	237, 492
	Té	6"	426,991 4232	1,248	3,9372	1	3,9372	4,91 363
<b>K-L</b>	Tuyauterie	6"	362,665 3282	0,922	0	1	12,991 4	11,9 781
	Vanne d'équilibrage	6"	362,665 3282	0,922	190,29 8	1	190,29 8	175, 455
	Té	6"	362,665 3282	0,922	3,9372	1	3,9372	3,63 01
<b>L-M</b>	Reduction	5"	298,339 2332	1,595	0	1		
	Tuyauterie	5"	298,339 2332	1,595	0	1	12,991 4	20,7 213
	Vanne d'équilibrage	5"	298,339 2332	1,595	150,26 98	1	150,26 98	239, 68
	Té	5"	298,339 2332	1,595	3,281	1	3,281	5,23 32
<b>M-N</b>	Tuyauterie	5"	234,013 1382	1,018	0	1	12,991 4	13,2 252
	Vanne d'équilibrage	5"	234,013 1382	1,018	150,26 98	1	150,26 98	152, 975
	Té	5"	234,013 1382	1,018	3,281	1	3,281	3,34 006

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

<b>N-O</b>	Reductio n		4"	169,687 0432	1,705	0	1		0,14 974
	Tuyauteri e		4"	169,687 0432	1,705	0	1	12,991 4	22,1 503
	Vanne d'équilibr age		4"	169,687 0432	1,705	120,08 46	1	120,08 46	204, 744
	Té		4"	169,687 0432	1,705	2,9529	1	2,9529	5,03 469
<b>O-P</b>	Tuyauteri e		4"	105,360 9482	0,711	0	1	12,991 4	9,23 689
	Vanne d'équilibr age		4"	105,360 9482	0,711	120,08 46	1	120,08 46	85,3 802
	Té		4"	105,360 9482	0,711	2,9529	1	2,9529	2,09 951
<b>P-Q</b>	Reductio n	2 - 1/2"	36,9401 7365		0	1			0
	Tuyauteri e	2 - 1/2"	36,9401 7365	1,138	0	1	12,991 4	0	
	Vanne d'équilibr age	2 - 1/2"	36,9401 7365	1,138	77,103 5	1	77,103 5		87,7 438
	Coude	2 - 1/2"	36,9401 7365	1,138	1,9686	1	1,9686		2,24 027
<b>Q-a</b>	Tuyauteri e	2 - 1/2"	36,9401 7365	1,138	0	1	19,105		21,7 415
	Coude	2 - 1/2"	36,9401 7365	1,138	3,6091	1	3,6091		4,10 716
	Tuyauteri e	2 - 1/2"	36,9401 7365	1,138	0	1	9,5525		10,8 707
	Reductio	2 -	36,9401	1,138	0	1			38,6

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

	n		1/2"	7365					685
	Coude		2 - 1/2"	36,9401 7365	1,138	3,6091	1	3,6091	4,10 716
	Té		2 - 1/2"	36,9401 7365	1,138	7,5463	1	7,5463	8,58 769
<b>a-b</b>	Tuyauterie		2"	25,9769 9935	1,428	0	1	19,869 2	28,3 732
	Coude		2"	25,9769 9935	1,428	2,9529	1	2,9529	4,21 674
	Vanne d'équilibrage		2"	25,9769 9935	1,428	70,213 4	1	70,213 4	100, 265
	Té		2"	25,9769 9935	1,428	6,562	1	6,562	9,37 054
<b>b-c</b>	Reduction		1 - 1/2"	15,0138 2505	1,806	0	1		45,0 114
	Tuyauterie		1 - 1/2"	15,0138 2505	1,806	0	1	24,072 3	43,4 746
	Vanne d'équilibrage		1 - 1/2"	15,0138 2505	1,806	59,058	1	59,058	106, 659
	Té		1 - 1/2"	15,0138 2505	1,806	5,2496	1	5,2496	9,48 078
<b>c-d</b>	Tuyauterie		1 - 1/2"	13,1646 1492	1,415	0	1	0,63	0,89 145
	Vanne d'équilibrage		1 - 1/2"	13,1646 1492	1,415	59,058	1	59,058	83,5 671
	Té		1 - 1/2"	13,1646 1492	1,415	5,2496	1	5,2496	7,42 818
<b>d-e</b>	Reduction		1 - 1/4"	11,1392 8955	2,233	0	1		46,3 487

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

	Tuyauterie		1 - 1/4"	11,1392 8955	2,233	0	1	7,2599	16,2 114
	Vanne d'équilibrage		1 - 1/4"	11,1392 8955	2,233	54,136 5	1	54,136 5	120, 887
	Té		1 - 1/4"	11,1392 8955	2,233	4,2653	1	4,2653	9,52 441
e-f	Tuyauterie		1 - 1/4"	9,29007 9428	1,594	0	1	0,75	1,19 55
	Vanne d'équilibrage		1 - 1/4"	9,29007 9428	1,594	54,136 5	1	54,136 5	86,2 936
	Té		1 - 1/4"	9,29007 9428	1,594	4,2653	1	4,2653	6,79 889
f-g	Tuyauterie		1 - 1/4"	7,44086 9305	1,07	0	1	11,080 9	11,8 566
	Vanne d'équilibrage		1 - 1/4"	7,44086 9305	1,07	54,136 5	1	54,136 5	57,9 261
	Té		1 - 1/4"	7,44086 9305	1,07	4,2653	1	4,2653	4,56 387
g - g_1	Reduction		1"	3,43424 7371			1		13,3 353
	Tuyauterie		1"	3,43424 7371	1,051		1	19,487 1	20,4 809
	Ventilo-convector						1		
								<b>Total (ft/100ft)</b>	<b>5 023</b>

**ANNEXES VI : FICHES TECHNIQUES DU SYSTEME A EAU GLACEE**

**Annexe VI-1 : Fiches techniques ventilo-convecteurs gainables**



CA-FCU H-202002

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

GENERAL

FWW-VC

FWW-C/F/H

FWW-DA

FWW-AA

FWW-A

WIRING

INSTALLATION

## Technical Specifications

### Ceiling Concealed Unit FWW-H

#### Standard Unit/4-pipe/3+1 Rows

		MODEL	FWW200H	FWW300H	FWW400H	FWW600H	FWW800H	FWW1000H	FWW1200H	
Performance										
Air flow	High	m³/h	360	510	750	1010	1380	1570	2000	
		CFM	212	300	441	594	812	924	1176	
	Medium	m³/h	250	350	470	770	1070	1100	1470	
		CFM	147	206	276	453	629	653	865	
	Low	m³/h	180	230	330	490	720	820	1010	
		CFM	106	135	194	288	424	482	594	
	External static pressure	Pa				60/80				
		in.wg				0.24/0.32				
Total cooling capacity		W	2130	3100	4260	5980	7580	8570	10380	
Sensible cooling capacity		BTu/h	7268	10578	14536	20405	25864	29242	35418	
Cooling water flow rate		W	1638	2285	3146	4272	5862	6220	7531	
		BTu/h	5589	7798	10735	14578	20002	21224	25696	
Cooling water pressure drop		m³/h	0.36	0.53	0.73	1.03	1.3	1.47	1.78	
		USGPM	1.6	2.33	3.21	4.54	5.72	6.47	7.84	
Cooling water pressure drop		kPa	13	11	21	36	17	20	31	
		in.wg	52	44	84	144	68	80	124	
Heating capacity		W	1350	2280	3210	4290	5120	6940	8490	
Heating water flow rate		BTu/h	4806	7780	10953	14638	17470	23680	28969	
Sound pressure level (dB(A))		m³/h	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5	
60Pa	High	42	44	45	47	49	50	51		
	Medium	38	39	41	43	46	47	48		
	Low	36	36	38	40	43	44	41		
	High	43.9	45	47.4	49.4	49.7	51.6	52.6		
80Pa	Medium	42.3	42.2	43	47.4	48	49	50		
	Low	39	39.8	41	42	46	46	47		
Electrical Data										
220-240V~/50Hz	Rated power Input-60Pa (W)	High	47	69	83	149	205	219	271	
	Medium	39	58	63	123	185	183	235		
	Low	35	47	53	105	163	159	209		
	Rated running current-60Pa (A)	High	0.21	0.31	0.38	0.68	0.93	1	1.23	
	Medium	0.19	0.29	0.3	0.57	0.84	0.86	1.07		
	Low	0.17	0.26	0.26	0.49	0.74	0.74	0.95		
	Rated power Input-80Pa (W)	High	51	73	97	157	215	237	281	
	Medium	45	60	71	125	193	189	237		
	Rated running current-80Pa (A)	High	0.23	0.33	0.44	0.71	0.98	1.08	1.28	
	Medium	0.21	0.3	0.33	0.57	0.88	0.87	1.09		
	Low	0.18	0.27	0.28	0.52	0.8	0.8	1.01		
208-230V~/60Hz	Rated power Input-60Pa (W)	High	75	97	125	175	248	270	335	
	Medium	70	89	108	156	218	242	304		
	Low	60	75	97	129	182	201	242		
	Rated running current-60Pa (A)	High	0.36	0.47	0.6	0.84	1.19	1.3	1.61	
	Medium	0.33	0.44	0.55	0.75	1.05	1.16	1.46		
	Low	0.29	0.39	0.49	0.63	0.88	0.98	1.2		
	Rated power Input-80Pa (W)	High	72	107	125	187	253	283	353	
	Medium	53	69	93	135	209	211	265		
	Low	45	57	81	123	193	187	247		
	Rated running current-80Pa (A)	High	0.63	0.93	1.09	1.63	2.2	2.46	3.07	
	Medium	0.49	0.67	0.86	1.2	1.84	1.85	2.33		
	Low	0.43	0.57	0.76	1.1	1.69	1.7	2.2		
Coil										
Tube material		Copper								
Fin material		Hydrophilic aluminum 0.11mm								
Filter withdraw										
Back return plenum		8mm nylon filter	Front withdraw							
Bottom return plenum		8 mm nylon filter	Side withdraw							
Max. working pressure			1.6MPa							
Cooling water pipe size			Rc 3/4 Female thread							
Condensation water pipe size			R3/4 Male thread							
Fan										
Type		Galvanized steel double stage impeller forward centrifugal								
Quantity		1	2							
Motor			3 speed permanent split capacitor motor							
Type			1							
Quantity		1	2							
Insulation class			IP20/B							

NOTES:

- ALL SPECIFICATIONS ARE SUBJECT TO CHANGE BY THE MANUFACTURER WITHOUT PRIOR NOTICE.
- THE AIR FLOW IS DRY AIR FLOW TESTED ON STANDARD AIR CONDITION WITHOUT WATER IN COIL.
- THE COOLING CAPACITY ARE BEING TESTED UNDER FOLLOWING CONDITION:  
H SPEED, ENTERING AIR DB/WB: 27°C/19.5°C, WATER INLET 7°C, WATER OUTLET 12°C  
HEATING: H SPEED, ENTERING AIR DB: 21°C, WATER INLET 60°C, WATER OUTLET 50°C
- \_SOUND PRESSURE MEASURED AT 1M IN FRONT OF THE UNIT AND 1M BELOW THE VERTICAL CENTER LINE OF THE UNIT, AND TESTED IN SEMI-ANECHOIC ROOM, WITH BACKGROUND SOUND PRESSURE LEVEL: 11.5dB (A).
- ALL PERFORMANCE ARE TESTED UNDER 220V~/50Hz AND WITHOUT PLENUM AND FILTER.
- WHEN THE WATER CONNECT DIRECTION IS CHANGED IN FIELD,THE CAPACITY SHOULD BE REDUCED BY 15%.
- PERFORMANCE OF SPECIFIED CONDITION CAN BE CALCULATED BY OUR SOFTWARE.

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY



## Technical Specifications

### Ceiling Concealed Unit FWW-F

#### Standard Unit/2-pipe/4 Rows

		MODEL	FWW200F	FWW300F	FWW400F	FWW500F	FWW800F	FWW1000F	FWW1200F	FWW1400F	FWW1600F	FWW1800F	
Performance	High	m <sup>3</sup> /h	360	510	750	1010	1380	1570	2000	2270	2650	2960	
		CFM	212	300	441	594	812	924	1176	1335	1559	1741	
	Medium	m <sup>3</sup> /h	250	350	470	770	1070	1100	1470	1980	2340	2700	
		CFM	147	206	276	453	629	653	865	1165	1376	1588	
	Low	m <sup>3</sup> /h	180	230	330	490	720	820	1010	1500	1800	2150	
		CFM	106	135	194	288	424	482	594	882	1059	1265	
External static pressure		Pa	60/80										
in.wg		in.wg	0.24/0.32										
Total cooling capacity		W	2622	3418	5277	7185	8691	10261	12791	13800	16200	18000	
Btu/h		Btu/h	8948	11661	18007	24517	29653	35013	43644	47086	55274	61416	
Sensible cooling capacity		W	1783	2406	3536	5047	6365	7297	9382	9600	11460	12700	
Btu/h		Btu/h	6085	8210	12066	17222	21719	24899	32011	32756	39103	43334	
Water flow rate		m <sup>3</sup> /h	0.45	0.59	0.9	1.23	1.49	1.76	2.19	2.37	2.78	3.08	
USGPM		1.98	2.6	3.96	5.42	6.56	7.75	9.64	10.44	12.24	13.56		
Water pressure drop		kPa	2	6	13	27	9	12	20	35	40	38	
Water pressure drop		in.wg	8	24	52	108	36	48	80	140	160	152	
Sound pressure level (dB(A))	60Pa	High	42	44	45	47	49	50	51	53	53.5	53.5	
		Medium	38	39	41	43	46	47	48	51	51.5	52	
	80Pa	Low	36	36	38	40	43	44	41	48	49	49.5	
		High	43.9	45	47.4	49.4	49.7	51.6	52.6	53	54	54	
	80Pa	Medium	42.3	42.2	43	47.4	48	49	50	51.5	52.5	53	
		Low	39	39.8	41	42	46	46	47	49	49.5	50	
Electrical Data													
220-240V~50Hz	Rated power Input-60Pa (W)	High	47	69	83	149	205	219	271	384	498	553	
		Medium	39	58	63	123	185	183	235	348	403	501	
	Rated running current-60Pa (A)	High	0.21	0.31	0.38	0.68	0.93	1	1.23	1.74	2.42	2.52	
		Medium	0.19	0.29	0.3	0.57	0.84	0.86	1.07	1.58	1.94	2.28	
	Rated power Input-80Pa (W)	High	51	73	97	157	215	237	281	398	510	574	
		Medium	45	60	71	125	193	189	237	362	411	508	
	Rated running current-80Pa (A)	High	0.23	0.33	0.44	0.71	0.98	1.08	1.28	1.83	2.55	2.62	
		Medium	0.21	0.3	0.33	0.57	0.88	0.87	1.09	1.66	2.08	2.32	
	Rated power Input-80Pa (W)	Low	0.18	0.27	0.28	0.52	0.8	0.8	1.01	1.16	1.47	1.8	
		High	75	97	125	175	248	270	335	321	653	812	
	Rated running current-80Pa (A)	High	0.36	0.47	0.6	0.84	1.19	1.3	1.61	1.54	3.4	3.74	
		Medium	0.33	0.44	0.55	0.75	1.05	1.16	1.46	1.3	2.67	3.26	
208-230V~60Hz	Rated power Input-80Pa (W)	High	72	107	125	187	253	283	353	-	-	-	
		Medium	53	69	93	135	209	211	265	-	-	-	
	Rated running current-80Pa (A)	High	0.63	0.93	1.09	1.63	2.2	2.46	3.07	-	-	-	
		Medium	0.49	0.67	0.86	1.2	1.84	1.85	2.33	-	-	-	
	Rated power Input-80Pa (W)	Low	0.43	0.57	0.76	1.1	1.69	1.7	2.2	-	-	-	
		High	72	107	125	187	253	283	353	-	-	-	
115V~60Hz	Rated power Input-80Pa (W)	Low	45	57	81	123	193	187	247	-	-	-	
		High	63	93	109	163	22	2.46	3.07	-	-	-	
	Rated running current-80Pa (A)	Low	0.43	0.57	0.76	1.1	1.69	1.7	2.2	-	-	-	
		High	63	93	109	163	22	2.46	3.07	-	-	-	
	Rated power Input-80Pa (W)	Low	43	57	81	123	193	187	247	-	-	-	
		High	63	93	109	163	22	2.46	3.07	-	-	-	
Coil													
Tube material		Copper											
Fin material		Hydrophilic aluminum 0.11mm											
Filter withdraw													
Back return plenum		8mm nylon filter	Front withdraw										
Bottom return plenum		8 mm nylon filter	Side withdraw										
Max. working pressure		1.6MPa											
Cooling water pipe Size		Rc 3/4 Female thread										Rc 1 Female thread	
Condensation water pipe size		R3/4 Male thread											
Fan		Galvanized steel double stage impeller centrifugal (blade: forward)											
Type													
Quantity		1										2	
Motor		3 speed permanent split capacitor motor											
Type													
Quantity		1										1	
Insulation class		IP20/B										IP20/F	

**NOTES:**

- 1) ALL SPECIFICATIONS ARE SUBJECT TO CHANGE BY THE MANUFACTURER WITHOUT PRIOR NOTICE.
- 2) THE AIR FLOW IS DRY AIR FLOW TESTED ON STANDARD AIR CONDITION WITHOUT WATER IN COIL.
- 3) THE COOLING CAPACITY ARE BEING TESTED UNDER FOLLOWING CONDITION:  
H SPEED, ENTERING AIR DB/WB: 27°C/19.5°C, WATER INLET 7°C, WATER OUTLET 12°C
- 4) SOUND PRESSURE MEASURED AT 1M IN FRONT OF THE UNIT AND 1M BELOW THE VERTICAL CENTER LINE OF THE UNIT, AND TESTED IN SEMI-ANECHOIC ROOM, WITH BACKGROUND SOUND PRESSURE LEVEL: 11.5dB (A).
- 5) ALL PERFORMANCE ARE TESTED UNDER 220V~50Hz AND WITHOUT PLENUM AND FILTER.
- 6) WHEN THE WATER CONNECT DIRECTION IS CHANGED IN FIELD,THE CAPACITY SHOULD BE REDUCED BY 15%.
- 7) PERFORMANCE OF SPECIFIED CONDITION CAN BE CALCULATED BY OUR SOFTWARE.

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

GENERAL

FWW-VC

FWW-C/F/H

FWW-DA

FWW-AA

FUM-A

WIRING

INSTALLATION

## Technical Specifications

### Ceiling Concealed Unit FWW-C

#### Standard Unit/2-pipe/3 Rows

		MODEL	FWW200C	FWW300C	FWW400C	FWW600C	FWW800C	FWW1000C	FWW1200C	FWW1400C	FWW1600C	FWW1800C	
Performance		m³/h	390	530	760	1040	1420	1620	2040	2350	2700	3020	
Air flow		CFM	229	312	447	612	835	953	1200	1382	1588	1776	
Medium		m³/h	260	370	490	780	1090	1140	1500	2050	2430	2780	
Low		CFM	153	218	288	459	641	671	882	1206	1429	1635	
External static pressure		Pa	60/80										
in.wg			0.24/0.32										
Total cooling capacity		W	2200	3200	4390	6160	7810	8830	10700	12500	14500	16200	
Bltu/h		17507	10919	14979	21019	26649	30129	36510	42651	49476	55277		
Sensible cooling capacity		W	1738	2359	3242	4401	6040	6409	7763	9100	10700	11850	
Water flow rate		Bltu/h	5930	8049	11062	15017	20609	21868	26488	31050	36509	40433	
m³/h		0.38	0.55	0.75	1.06	1.34	1.51	1.83	2.14	2.49	2.78		
Water pressure drop		USGPM	1.67	2.42	3.3	4.67	5.9	6.65	8.06	9.42	10.96	12.24	
Water pressure drop		kPa	15	12	22	38	18	21	33	35	37	34	
in.wg			58	48	86	153	74	84	131	140	148	136	
Sound pressure level (dB(A))		High	42	44	45	47	49	50	51	51.5	53	53.5	
60Pa		Medium	38	39	41	43	46	47	48	50	51.5	52	
Low		High	36	36	38	40	43	44	41	46.5	47.5	49.5	
80Pa		Medium	42.3	42.2	43	47.4	48	49	50	50.5	52	52.5	
Low		High	39	39.8	41	42	46	46	47	48	50		
Electrical Data													
220-240V~/50Hz		Rated power input-60Pa (W)	High	47	69	83	149	205	219	271	390	510	564
(A)		Medium	39	58	63	123	185	183	235	354	408	511	
Low		Low	35	47	53	105	163	159	209	249	288	387	
Rated running current-60Pa (A)		High	0.21	0.31	0.38	0.68	0.93	1	1.23	1.78	2.43	2.57	
Medium		Medium	0.19	0.29	0.3	0.57	0.84	0.86	1.07	1.61	1.96	2.33	
Low		Low	0.17	0.26	0.26	0.49	0.74	0.74	0.95	1.13	1.38	1.77	
208-230V~/60Hz		Rated power input-80Pa (W)	High	51	73	97	157	215	237	281	406	519	590
(A)		Medium	45	60	71	125	193	189	237	368	417	522	
Low		Low	37	51	57	113	175	173	221	257	297	402	
Rated running current-80Pa (A)		High	0.23	0.33	0.44	0.71	0.98	1.08	1.28	1.86	2.57	2.7	
Medium		Medium	0.21	0.3	0.33	0.57	0.88	0.87	1.09	1.69	2.09	2.38	
Low		Low	0.18	0.27	0.28	0.52	0.8	0.8	1.01	1.17	1.47	1.84	
115V~/60Hz		Rated power input-80Pa (W)	High	75	97	125	175	248	270	335	334	656	835
(A)		Medium	70	89	108	156	218	242	304	288	522	729	
Low		Low	60	75	97	129	182	201	242	214	352	530	
Rated running current-80Pa (A)		High	0.36	0.47	0.6	0.84	1.19	1.3	1.61	1.59	3.43	3.85	
Medium		Medium	0.33	0.44	0.55	0.75	1.05	1.16	1.46	1.34	2.68	3.34	
Low		Low	0.29	0.39	0.49	0.63	0.88	0.98	1.2	0.97	1.77	2.41	
Coil		High	72	107	125	187	253	283	353	-	-	-	
Tube material		Medium	53	69	93	135	209	211	265	-	-	-	
Fin material		Low	45	57	81	123	193	187	247	-	-	-	
Filter withdraw		Max. working pressure	1.6MPa										
Cooling water pipe Size		Rc 3/4 Female thread	Rc 1 Female thread										
Condensation water pipe size		R3/4 Male thread											
Fan		Type	Galvanized steel double stage impeller centrifugal (blade: forward)										
Quantity		1	2	3	4							2	
Motor		Type	3 speed permanent split capacitor motor										
Quantity		1	1	2	2	2	2					1	
Insulation class		IP20/B											

NOTES:

- ALL SPECIFICATIONS ARE SUBJECT TO CHANGE BY THE MANUFACTURER WITHOUT PRIOR NOTICE.
- THE AIR FLOW IS DRY AIR FLOW TESTED ON STANDARD AIR CONDITION WITHOUT WATER IN COIL.
- THE COOLING CAPACITY ARE BEING TESTED UNDER FOLLOWING CONDITION:  
H SPEED, ENTERING AIR DB/WB: 27°C/19.5°C, WATER INLET 7°C, WATER OUTLET 12°C
- SOUND PRESSURE MEASURED AT 1M IN FRONT OF THE UNIT AND 1M BELOW THE VERTICAL CENTER LINE OF THE UNIT, AND TESTED IN SEMI-ANECHOIC ROOM, WITH BACKGROUND SOUND PRESSURE LEVEL: 11.5dB (A).
- ALL PERFORMANCE ARE TESTED UNDER 220V~/50Hz AND WITHOUT PLenum AND FILTER.
- WHEN THE WATER CONNECT DIRECTION IS CHANGED IN FIELD,THE CAPACITY SHOULD BE REDUCED BY 15%.
- PERFORMANCE OF SPECIFIED CONDITION CAN BE CALCULATED BY OUR SOFTWARE.

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

Annexe VI-2 : Fiches techniques ventilo-convecteurs muraux



Wall mounted unit • FWT-GT

**1 Features**

1 - 1 FWT-GT

AC fan motor unit for wall mounting

- High aesthetic cabinet design
- Optimum air distribution
- Easy to install
- Wireless remote control up to 9 m distance
- 3-speed fan motor
- Wide operating range
- Low operating sound level thanks to tangential fan
- Insulated with self-extinguishing class 1 heat insulation
- Removable washable air filter (self-extinguishing class 1)



Wall mounted unit • FWT-GT

**2 Specifications**

1 - 1 FWT-GT

Technical specifications		FWT02GT	FWT03GT	FWT04GT	FWT05GT	FWT06GT
Cooling capacity (standard conditions)	Latent capacity	High 2-pipe	kW 0.58 (1)	0.68 (1)	0.67 (1)	1.11 (1)
	Sensible capacity	Low Medium 2-pipe High	kW 1.50 (1) 1.73 (1) 1.82 (1)	1.49 (1) 1.69 (1) 1.99 (1)	1.91 (1) 2.21 (1) 2.60 (1)	2.77 (1) 3.00 (1) 3.38 (1)
	Total capacity	Low Medium 2-pipe High	kW 1.94 (1) 2.20 (1)	2.02 (1) 2.23 (1)	2.52 (1) 2.79 (1)	3.76 (1) 4.02 (1) 4.32 (1)
Heating capacity (standard conditions)	Capacity	Low 2-pipe Medium High	kW 2.06 (2) 2.41 (2) 2.71 (2)	2.25 (2) 2.62 (2) 2.96 (2)	2.75 (2) 3.29 (2) 3.71 (2)	4.03 (2) 4.51 (2) 5.07 (2) 5.38 (2) 6.23 (2)
Power input	Low	kW		0.03	0.04	0.04
	Med.	kW			0.05	0.05
	High	kW	0.031	0.032	0.042	0.053
FCEER CLASS			D		C	D
FCCOP CLASS				C		
Dimensions	Unit	Height Width Depth	mm 800 206	288	310	1,070
	Packed unit	Height Width Depth	mm 344 874 274	344	386	1,136
Weight	Unit	kg	9.00	9.00	14.0	
	Operation weight	kg	10	10	15	
	Packed unit	kg	13	13	16	
Casing	Colour		White			
	Material		High impact polystyrene			
Heat exchanger	Type		Seamless copper tubing, mechanically bonded to rippled and louvred aluminum fins.			
	Height	mm	294	294	336	
	Length	mm	610	610	858	
	Circuits	Quantity	3	4	6	
	Rows	Quantity		2		
	Fin Type		Aluminium (hydrophilic fin)			
	Tube material		Copper			
	Tube type		Plain			
	Tube internal diameter	mm	6	6		
	Tube thickness	mm	0.28	0.28		
	Water volume	l	1	1		
Air direction control			Automatic louver (up & down)			
Air filter	Type		Washable Saranet			
	Grade		Do not use			
	Quantity	pc	2	2		
Fan	Type		Cross flow fan			
	Quantity		1	1		
	Air flow rate	Low Medium High	m³/h 340 (3) 391 (3) 442 (3)	374 (3) 425 (3) 476 (3)	442 (3) 544 (3) 629 (3)	663 (3) 765 (3) 866 (3)
					782 (3) 883 (3) 1,053 (3)	
Fan motor	Model		1-Phase SCR			
	Index of Protection		20		44	
	Insulation grade		Class "E"			
	Poles		4			
	Motor efficiency	Low Medium High	% 13 19 27	15 21 29	23 36 44	24 29 37
					29	29
Insulation material			PE			
Total sound power level	Low Medium High	dBA 36 (4) 41 (4) 45 (4)	39 (4) 44 (4) 48 (4)	45 (4) 50 (4)	47 (4) 51 (4)	51 (4) 54 (4) 59 (4)
Sound pressure level	Low Medium High	dBA 25 (5) 29 (5) 34 (5)		32 (5) 39 (5)	34 (5) 38 (5)	39 (5) 42 (5) 46 (5)

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

**Annexe VI-3 : Fiches techniques Groupes d'eau glacée**

EWAD-TZPRB

**Groupe d'eau glacée monovis avec régulation Inverter extra haute efficacité, très bas niveau sonore**

- › Efficacité énergétique supérieure aussi bien à pleine charge que sous charge partielle
- › Compresseur monovis modulation de puissance par régulation Inverter et à moteur électrique CC
- › Technologie avancée de compresseur intégrant une commande Inverter et le rapport volumétrique variable (VVR)
- › Modulation continue de vitesse de ventilation avec les ventilateurs EC, pour une efficacité accrue sous charge partielle
- › Design compact pour un encombrement réduit et une minimisation de la place nécessaire pour l'installation
- › Faibles niveaux sonores de fonctionnement grâce au design du ventilateur et au compresseur à la pointe de la technologie
- › Un ou deux circuit(s) de réfrigérant réellement indépendant(s), pour une fiabilité exceptionnelle

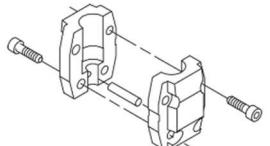
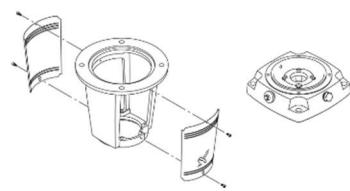


<b>Froid seul</b>		EWAD-TZPRB												
		190	220	240	290	300	350	420	495	550	620	720	820	950
Modulation de puissance	Condition A 35°C	kW	187,3	218,24	246,75	279,23	317,21	382,29	436,87	505,48	543,03	620,04	717	832,86 949,86
	ηs,c	%	208,6	212,2	210,6	207	212,2	208,2	210,2	221	218,2	219,8	248,6	249,4 251
SEER			5,29	5,38	5,34	5,25	5,38	5,28	5,33	5,6	5,53	5,57	6,29	6,31 6,35
Puissance frigorifique	Nom.	kW	187,3	218,2	246,8	279,2	317,2	382,3	436,9	505,5	543	620	717	833 950
Puissance absorbée	Refrédition Nom.	kW	50,48	60,72	68,74	83,42	95,88	105,1	125,3	139,7	151,3	178,5	182,2	220,2 252,4
Variation de puissance	Puissance minimum	%	34	29	34	29	27	19	20	17			10	
EER			3,71	3,594	3,59	3,347	3,308	3,637	3,486	3,618	3,59	3,473	3,935	3,783 3,764
ESEER			5,55	5,52	5,27	5,16	5,2	5,32	5,21	5,38	5,5	5,42	5,59	5,54 5,55
IPLV (valeur intégrée sous charge partielle)			6,49	6,35	6,23	6,07	6,04	6,3	6,27	6,47	6,53	6,47	6,73	6,6 6,64
Dimensions	Unité	Hauteur	mm	2483										
		Largeur	mm	2258										
		Profondeur	mm	4 083										
Poids	Unité	kg	2858	2869	2870	3120	4935	5269	5277	8820	9 991	10 461	11 233	
	Poids en fonctionnement	kg	2908	2919	2920	3170	5 190	5 524	5 532	6 677	6 705	7 970	8 263	8 560
Échangeur de chaleur eau	Type	Échangeur de chaleur à plaques												
	Volume d'eau	l	255											
	Débit d'eau Refroidissement Nom.	l/s	9	10,4	11,8	13,3	15,2	18,3	20,9	24,2	26	29,6	34,3	39,8 45,4
	Perte de charge Refroidissement Nom. côté eau	kPa	10,6	11	13,4	17,1	21,5	20,4	26,4	33,2	19,8	24,9	24,2	31,7 28,9
Échangeur de chaleur air	Type	À microcanaux												
Compresseur	Type	À compression de vapeur												
	Quantité	1												
Ventilateur	Type	Hélice à entraînement direct												
	Quantité	8												
	Débit d'air Nom.	l/s	10											
	Vitesse	tr/min	12											
Niveau de puissance sonore	Refrédition Nom.	dBA	87	88	87	88	89	90		94			95	
Niveau de pression sonore	Refrédition Nom.	dBA	67	68	67	68	68	69			73			
Plage de fonctionnement	Côté air Refroidissement Mini.-Maxi.	°CBS	-18~52											
	Côté eau Refroidissement Mini.-Maxi.	°CBS	-8~18											
Réfrigérant	Type/PRP	R-134a/1430												
	Charge	kg	49	50	51	58	77	86	94	105	114	130	143	156
	Circuits Quantité		2											
Charge de réfrigérant	Par circuit	Téq. CO <sub>2</sub>	70,1	71,5	72,9	82,9	55,1	61,5	67,2	75,1	81,5	93,0	102,2	111,5
	Raccords de tuyauterie Entrée/Sortie d'eau de l'évaporateur (D.E.)		3"	168,3 mm										
Unité	Courant de Refroidissement Nom.	A	101	104	172	177	209	212	347	259	300	317	377	426
	fonctionnement Maxi.	A	126	144	162	188	218	246	285	324	352	436	437	512 577
Alimentation électrique	Phase/Fréquence/Tension	Hz/V	3~/50/400											

performances selon le logiciel CSS 10.27

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

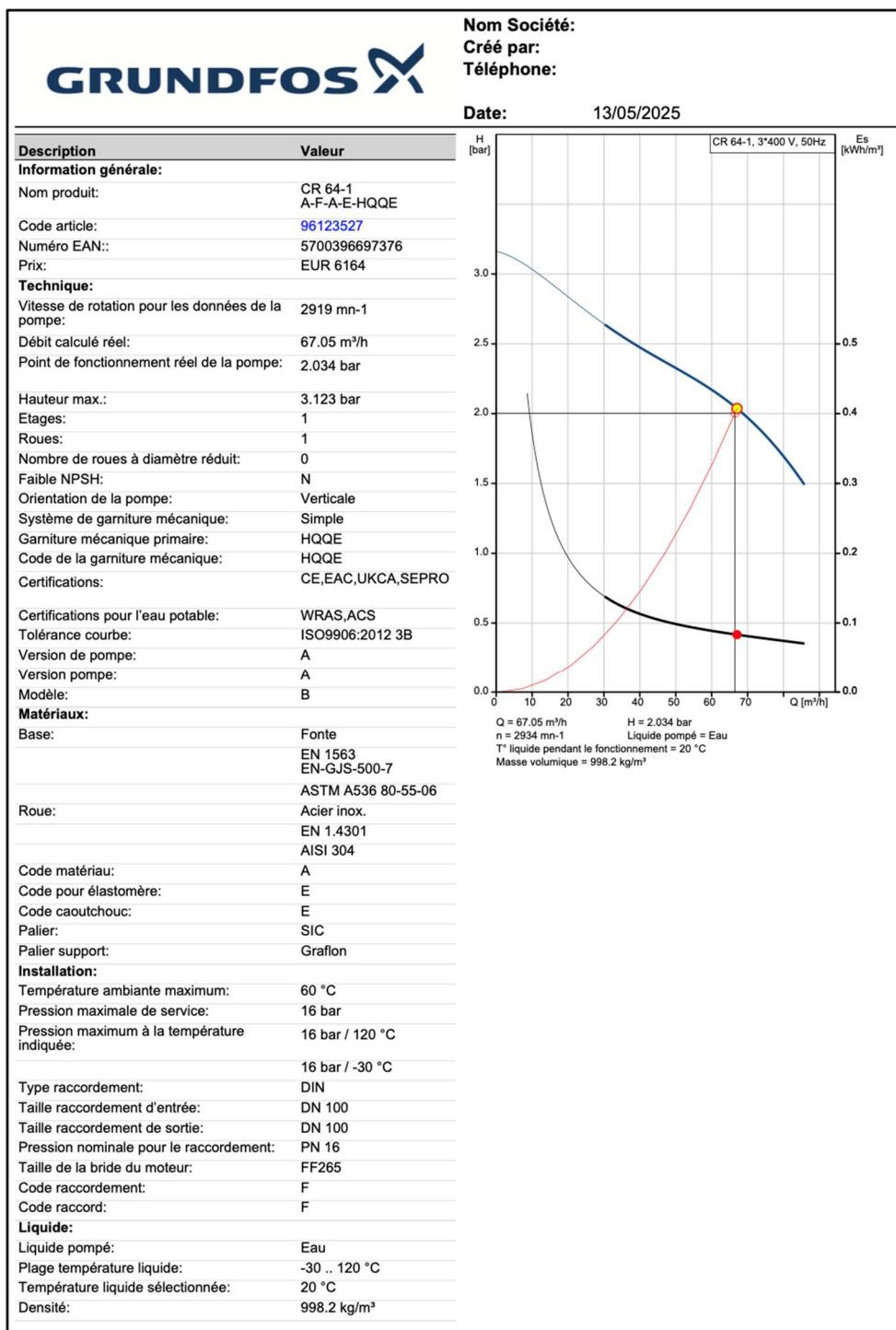
Annexe VI-4 : Fiches techniques pompes

		<b>Nom Société:</b> Créé par: Téléphone: <b>Date:</b> 13/05/2025
<b>Quantité</b> 1 <b>Description</b> <b>CR 64-1 A-F-A-E-HQQE</b>		
		<p><b>Note ! La photo produit peut différer du produit réel</b></p> <p>Référence: <a href="#">96123527</a></p> <p>Pompe centrifuge, multicellulaire, verticale avec orifices d'aspiration et de refoulement au même niveau (inline). La tête de pompe et le chassis sont en fonte - toutes les autres pièces en contact avec le fluide sont en acier inoxydable. La garniture mécanique à cartouche assure une grande fiabilité, une manipulation sécurisée ainsi qu'une maintenance et un accès faciles. La transmission de puissance est effectuée par un accouplement. Le raccordement à la tuyauterie est effectué par des brides DIN.</p> <p>La pompe est équipée d'un moteur ventilé asynchrone monté sur pied, 3-phasé.</p> <p><b>Autres détails du produit</b>            Les composants en acier, en fonte et en aluminium ont un revêtement à base d'époxy réalisé par un procédé d'électro-déposition cathodique (CED).            CED est un procédé de revêtement de haute qualité dans lequel un champ électrique autour du produit permet le dépôt de particules peintes d'une manière lisse et homogène sur la surface.            Ce procédé est un pré-traitement.            Le procédé entier intègre plusieurs éléments :            1) Nettoyage à base d'une solution alcaline.            2) Phosphatation au zinc.            3) Électro-déposition cathodique.            4) Séchage par film sec d'épaisseur de 18-22 my m.            La référence couleur du produit fini est NCS 9000/RAL 9005.</p> <p><b>Pompe</b>            Un accouplement standard fendu raccorde la pompe à l'arbre du moteur. Il est enfermé dans la tête de pompe/la lanterne par deux protège-accouplements.</p>  <p>La lanterne relie la tête de pompe et le moteur. La tête de pompe comporte un bouchon d'amorçage combiné de 1/2" et une vis de purge.</p> 

Logiciel Grundfos WinCAPS [2025.19.000]

-1-

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY



ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

---

		<b>Nom Société:</b> Créé par: Téléphone: <b>Date:</b> 13/05/2025
<b>Description</b> <b>Valeur</b>		
Donnée électrique:		
Norme moteur:	IEC	
Type moteur:	132SC	
Puissance nominale - P2:	5.5 kW	
Puissance (P2) requise par pompe:	5.5 kW	
Fréquence d'alimentation:	50 Hz	
Tension nominale:	3 x 380-415D V	
Courant nominal:	11 A	
Intensité démarrage:	1080-1180 %	
Cos phi - facteur de puissance:	0.87-0.82	
Vitesse nominale:	2920-2940 mn-1	
Classe de rendement IE:	IE3	
Rendement moteur à pleine charge:	89.2 %	
Rendement moteur à 3/4 charge:	90.0-89.8 %	
Rendement moteur à 1/2 charge:	89.6-88.4 %	
Nombre de pôles:	2	
Indice de protection (IEC 34-5):	55 Dust/Jetting	
Classe d'isolement (IEC 85):	F	
Protection moteur intégrée:	PTC	
No moteur:	85U17417	
Commandes:		
Convertisseur de fréquence:	Aucun	
Autres:		
Position de la boîte à bornes:	6	
Indice d'efficacité minimale, MEI $\geq$ :	0.70	
Poids net:	103 kg	
Poids brut:	126 kg	
Volume d'expédition:	0.309 m <sup>3</sup>	
N° VVS danois:	385908010	
N° LVI finlandais:	4925511	
Pays d'origine:	DK	
Code douanier:	84137075	

**ANNEXE VII : COÛTS DES SYSTÈME VRV ET À EAU GLACÉE**

Tableau 24 : Devis estimatif du système VRV

Article	Description	Qté	Unité s	Prix Unitaire (HT)	Prix Total (HT)
1	<u>CLIMATISATION DAIKIN</u>				
1.1	<u>Unité Extérieure VRV</u>				
	RXQ6	1	U	4 254 541	4 254 541
	RXQ8	1	U	4 356 998	4 356 998
	RXQ10	5	U	4 618 669	23 093 343
	RXQ14	1	U	6 054 539	6 054 539
	RXQ16	1	U	7 369 526	7 369 526
	RXQ18	1	U	8 842 989	8 842 989
	RXMQ4	2	U	3 782 060	7 564 120

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

1.2	<b><u>Unité Intérieure VRV</u></b>				
	FXAQ25	3	U	808 503	2 425 509
	FXAQ32	2	U	822 658	1 645 316
	FXAQ50	4	U	881 776	3 527 105
	FXDQ32	56	U	591 891	33 145 913
	FXDQ40	64	U	621 375	39 768 019
	FXDQ50	8	U	637 592	5 100 732
	FXDQ63	41	U	703 193	28 830 929
	FXMQ80	4	U	834 397	3 337 589
	FXMQ100	30	U	853 562	25 606 854
	FXMQ125	1	U	1 167 375	1 167 375
1.3	<b><u>Refnets</u></b>				
	KHRP26A22T6	15	U	53 508	802 620
	KHRP26A33T6	10	U	53 508	535 080
	KHRP26A72T6	6	U	100 328	601 965
1.4	<b><u>Télécommande</u></b>				
	Télécommande filaire BRC1H52W Madoka bluetooth	213	U	112 749	24 015 537
	Cable				
1.5	<b><u>Réfrigérant</u></b>				
	R410A	43, 3	kg	8 100	350 730
1.6	<b><u>Tuyauterie cuivre isolé</u></b>				
	Tuyauterie ø ¼"	138	ml	2 708	374 787
	Tuyauterie ø ⅜"	453	ml	3 704	1 677 912
	Tuyauterie ø ½"	181	ml	4 833	874 290
	Tuyauterie ø ⅝"	311	ml	6 013	1 867 638
	Tuyauterie ø ¾"	93, 3	ml	7 300	681 090
	Tuyauterie ø ⅞"	81, 1	ml	8 500	689 350
	Tuyauterie ø 1⅛"	74, 5	ml	14 340	1 068 330

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

---

2	<u>TRAVAUX ET MAIN D'ŒUVRE</u>			
2.1	<u>Évacuation des condensats</u>			
		1	Ens	9 585 000
				9 585 000
2.2	<u>Travaux électriques</u>			
		1	Ens	8 520 000
				8 520 000
2.3	<u>Installation</u>			
		1	Ens	31 950 000
				31 950 000
	<b>TOTAL HT</b>			<b>289 685 728</b>

Tableau 25 : Devis estimatif du système à eau glacée

Article	Description	Qté	Unités	Prix Unitaire (HT)	Prix Total (HT)
	<u>LOT CLIMATISATION</u>				
1	<u>CLIMATISATION DAIKIN</u>				
1.1	<u>Groupe d'eau glacée</u>				
	DAIKIN EWAD720TZPRB2 ; Pf = 717 kW	1	U	40 250 000	40 250 000
	DAIKIN EWAD495TZPRB2 ; Pf = 505,5 kW	1	U	26 550 000	26 550 000
	Vanne d'isolation	2	U	5 000	10 000
	Purgeur d'air	2	U	18 772	37 544
	Filtre	2	U	110 000	220 000
	Vase d'expansion	2	U	450 000	900 000

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA  
CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

	Pompe	1	U	506 000	506 000
	Contrôleur de débit	2	U	95 000	190 000
	Manomètre différentiel	4	U	17 600	70 400
	Thermomètre	2	U	22 650	45 300
	Régulateur de pression d'eau	2	U	55 000	110 000
	Vanne 3 voies	212	U	80 000	16 960 000
	Dilatoflex	4	U	55 000	220 000
1.2	<b><u>Ventilo-convecteurs</u></b>				
	FWW400C	72	U	785 100	56 527 200
	FWW300C	48	U	719 000	34 512 000
	FWW600C	32	U	850 000	27 200 000
	FWW1000C	16	U	1 100 000	17 600 000
	FWW800C	16	U	955 000	15 280 000
	FWW1200C	10	U	1 200 000	12 000 000
	FWW1600C	4	U	1 420 000	5 680 000
	FWT02GT	3	U	338 900	1 016 700
	FWT04GT	3	U	361 600	1 084 800
	FWT06GT	2	U	554 100	1 108 200
	FWW1400C	2	U	1 300 000	2 600 000
	FWT03GT	1	U	342 350	342 350
	FWT05GT	1	U	431 450	431 450
1.3	<b><u>Pompes</u></b>				
	Pompe GRUNDFOS model <b>CR 64-1 A-F-A-E-HQQE</b>	3	U	5 484 514	16 453 542

**ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA  
CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY**

---

	Filtre à tamis	3	U	110 000	330 000
	Dilatoflex	6	U	55 000	330 000
	Régulateur de pression d'eau	21	U	55 000	1 155 000
	Robinet de vidange	3	U	6 700	20 100
	Clapet anti-retour	3	U	5 000	15 000
1.4	<b><u>Ballon tampon</u></b>				
	Réservoir tampon eau glacée Charot TAMFROID 2000 litres - 4 bars	1	U	3 780 000	780 000 3
1.5	<b><u>Télécommande</u></b>				
	Télécommande filaire	210	U	90 000	900 000 18
1.6	<b><u>Tuyauterie acier noir</u></b>				
	Tuyauterie DN25	80	ml	21 900	752 000 1
	Tuyauterie DN32	350	ml	27 150	502 500 9
	Tuyauterie DN40	100	ml	44 060	406 000 4
	Tuyauterie DN50	105	ml	51 200	376 000 5
	Tuyauterie DN65	5	ml	60 000	300 000
	Tuyauterie DN100	15	ml	111 800	677 000 1
	Tuyauterie DN125	15	ml	131 100	966 500 1
	Tuyauterie DN150	25	ml	166 900	172 500 4
	Tuyauterie DN200	65	ml	190 000	350 000 12
1.7	<b><u>Régulation</u></b>				
	Sonde de température	6	U	6 400	38 400
	Pressostat	4	U	27 000	108 000

ÉTUDE COMPARATIVE ENTRE UN SYSTEME VRV ET UN SYSTEME A EAU GLACEE POUR LA  
CLIMATISATION D'UN BATIMENT R+12 : CAS DU PROJET MICASA A MARCORY

---

2	<u>TRAVAUX ET MAIN D'ŒUVRE</u>				
2.1	<u>Équilibrage des réseaux</u>	1	Ens	715 000	715 000
	-				
2.2	<u>Installation</u>				
	Installation y/c Accessoires de pose y compris manutention	1	Ens	17 850 000	17 850 000
	<b>TOTAL HT</b>				<b>362 649 486</b>