

Perspectives sur les solutions innovantes (SWAC)

Webinaire 3 – Passer à l'investissement et aux solutions performantes

Cycle de webinaires sur les systèmes performants de production de froid

Dr Kanhan SANJIVY
19 juin 2025

Kanhan SANJIVY

Docteur en Sciences pour l'ingénieur, Génie civil et Énergétique

Ingénieur de Recherche au laboratoire PIMENT, IUT de Saint-Pierre, Université de La Réunion

Chercheur associé au laboratoire GEPASUD, Université de la Polynésie française

Parcours/Sujet d'expertise

Thèse soutenue en 2024 à l'Université de la Polynésie française (UPF), Contrat ADEME

1^{ère} thèse sur la technologie SWAC intitulée : « Évaluation du potentiel de la climatisation par eau de mer profonde pour la réduction de la consommation d'électricité à l'échelle des territoires »

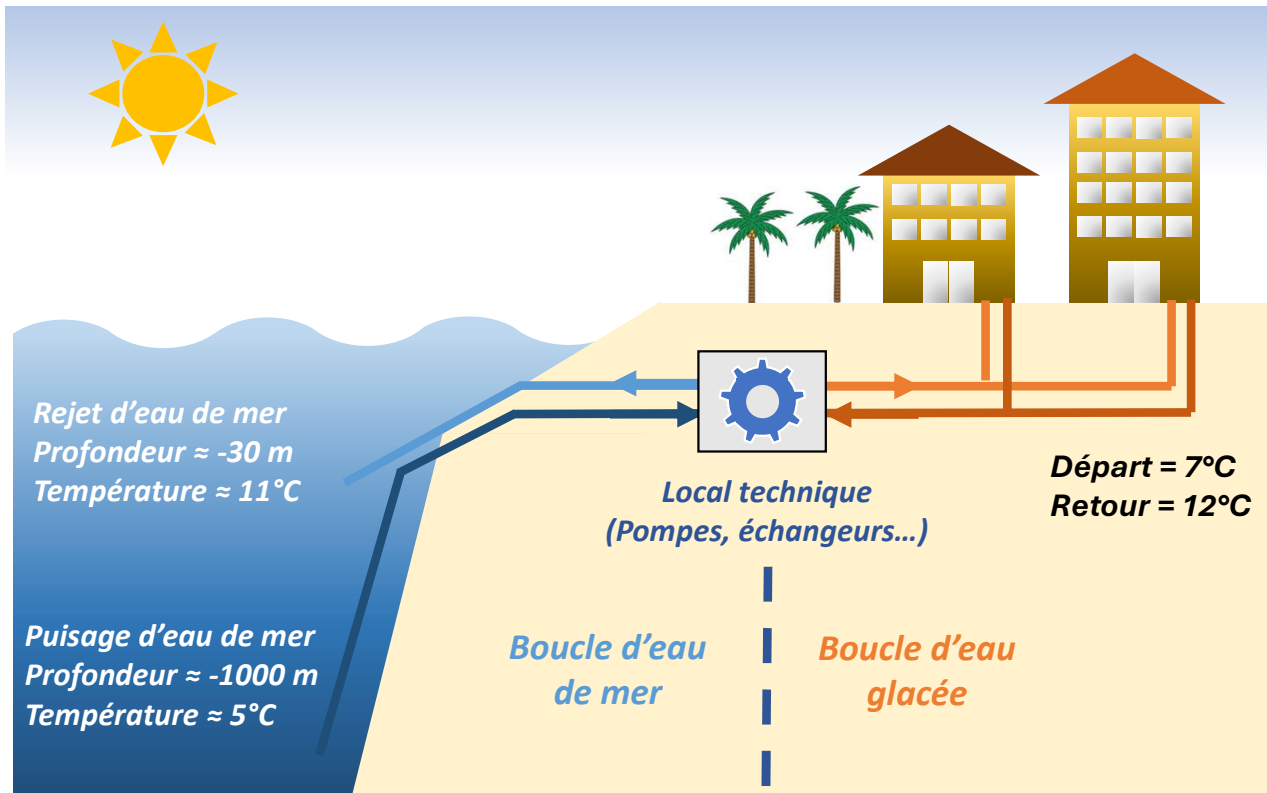
Implication/Rayonnement

Projet de recherche : OPTISWAC (ADEME), MAEVA (ANR)

Participation à l'Annexe 97 de l'Agence Internationale de l'Énergie (IEA) : « Sustainable Cooling in Cities »

Introduction

Principe



Principe de fonctionnement du SWAC :

Boucle primaire (Eau de mer)

Puisage à 1000 m d'eau à 5°C via une conduite

Rejet à 30 m d'eau de mer à environ 11°C

Local technique

Pompes pour chacune des boucles

Échangeurs assurant le transfert de froid

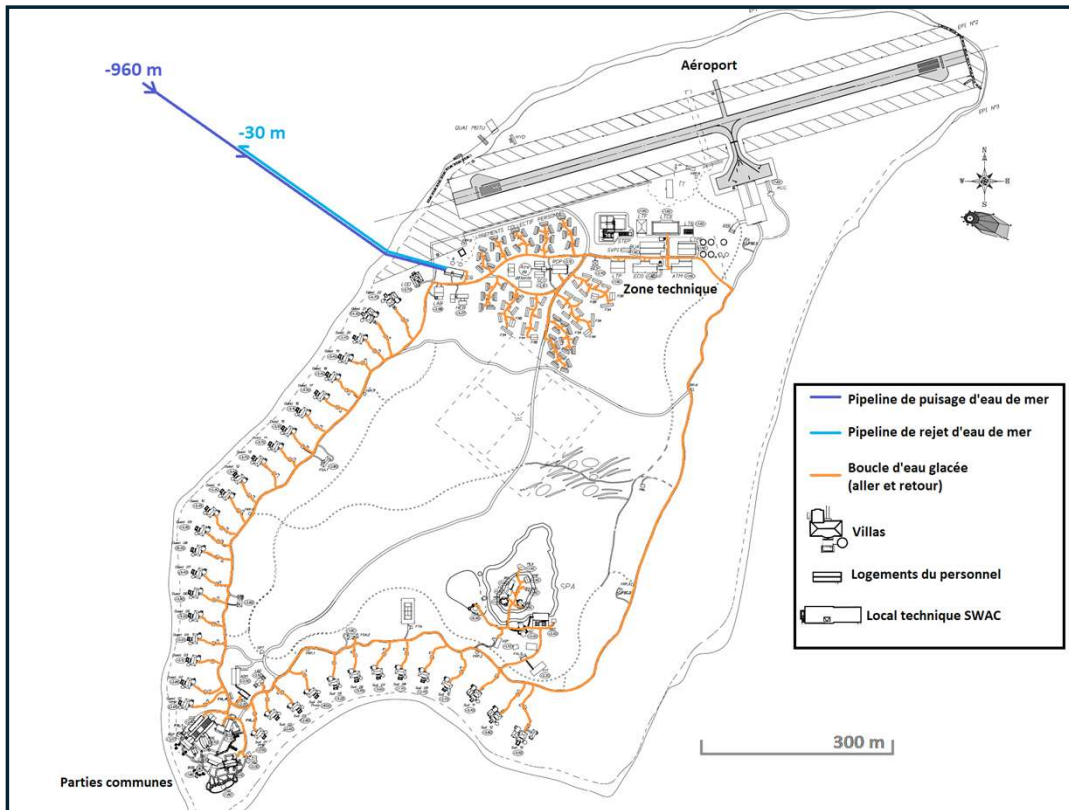
Boucle secondaire (Eau glacée)

Réseau de distribution du froid

Régime de température 7/12°C

Étude expérimentale

Installation de Tetiaroa



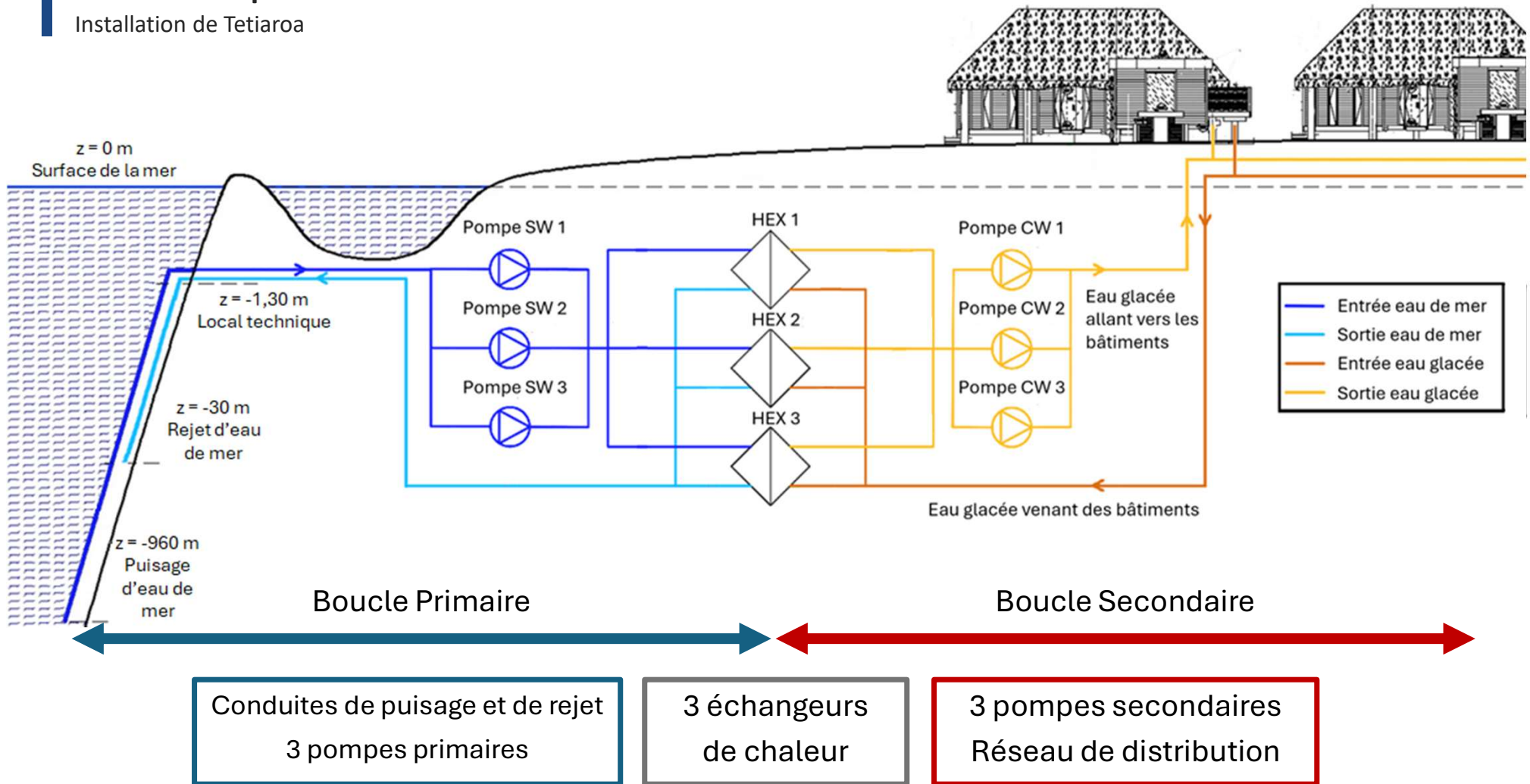
- Boucle d'eau glacée d'environ 3 km de long (2,4 MWf)
- 7000 m² de surface climatisée
- 2 départs : « Villas » et « Technique »



- « Villas » : 35 au total et parties communes
- « Technique » : Aéroport, Logements du personnel, ...
- Extension prévue le long du réseau sur la côte est

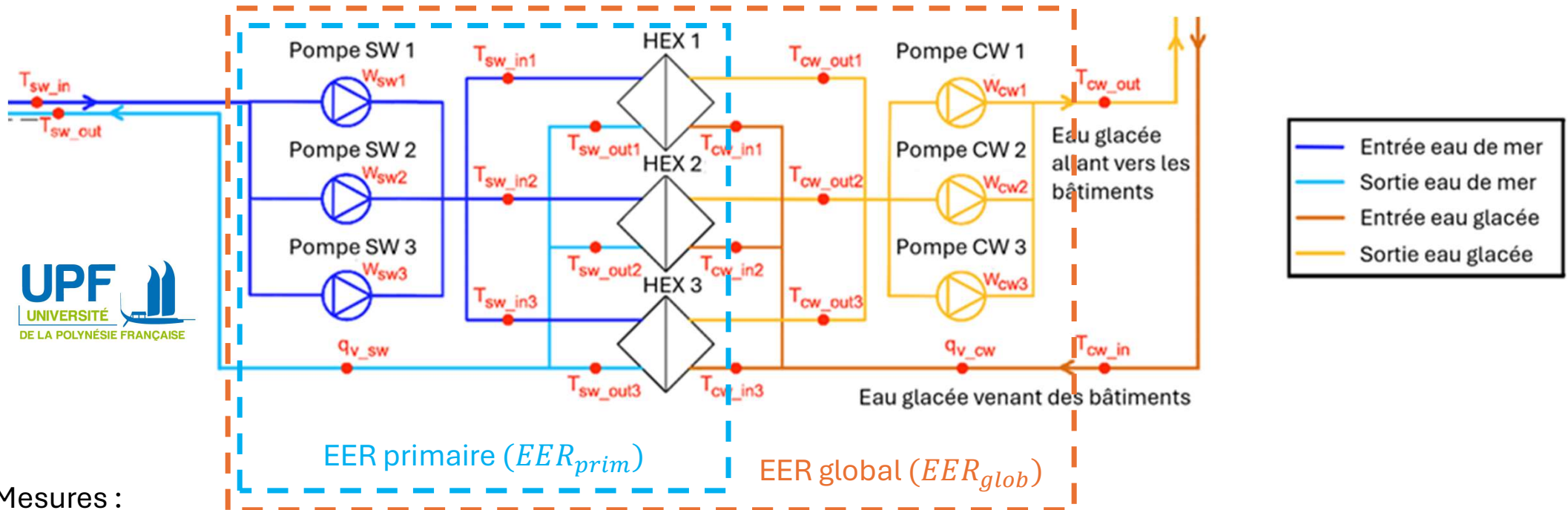
Étude expérimentale

Installation de Tetiaroa



Étude expérimentale

Installation de Tetiaroa



Mesures :

- Températures en entrée et sortie de chaque boucle et chaque échangeur
- Débits d'eau de chaque boucle
- Puissances électriques des pompes primaires et secondaires

Énergie frigorifique produite

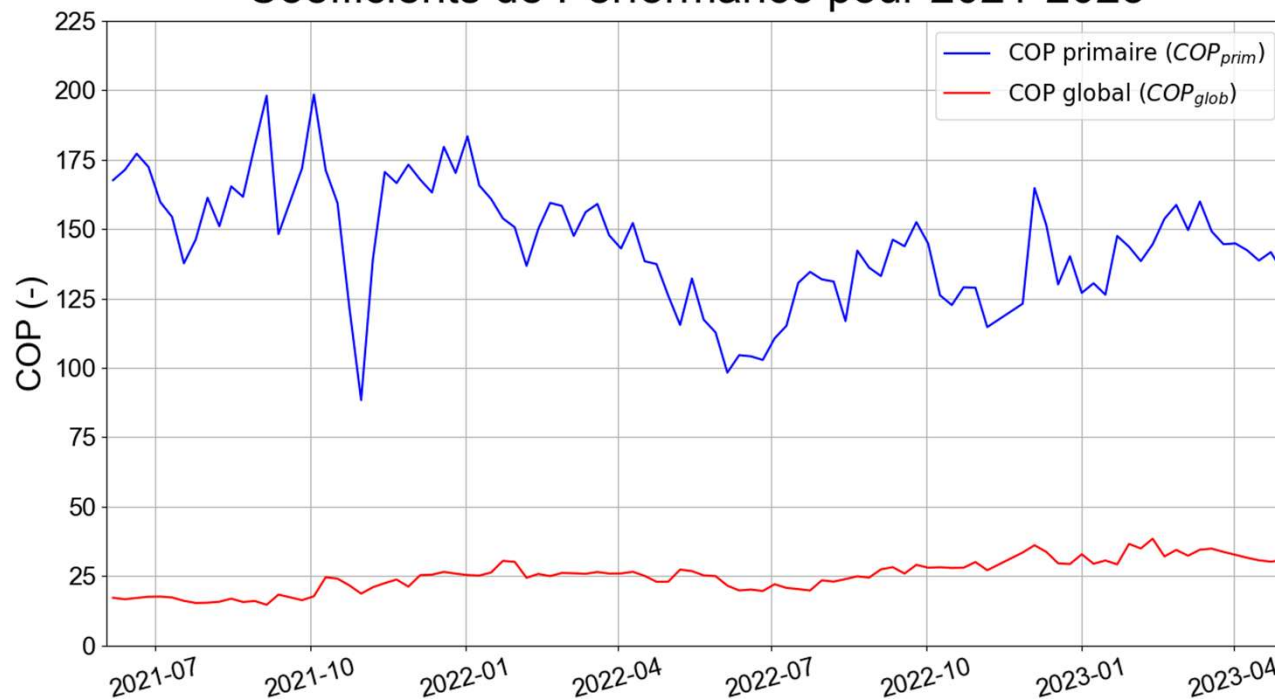
Énergie électrique consommée

Coefficient de Performance (COP)
Ratio d'efficacité énergétique (EER)

Étude expérimentale

Bilan des performances

Coefficients de Performance pour 2021-2023



Indicateurs de performance :

- $EER_{prim} = \frac{\dot{Q}_{cw}}{\dot{W}_{sw}}$ (sans le secondaire)

Moyenne de 141 sur la période de 2 ans

Comparaison avec les systèmes centralisés

- $EER_{glob} = \frac{\dot{Q}_{cw}}{\dot{W}_{sw} + \dot{W}_{cw}}$ (avec le secondaire)

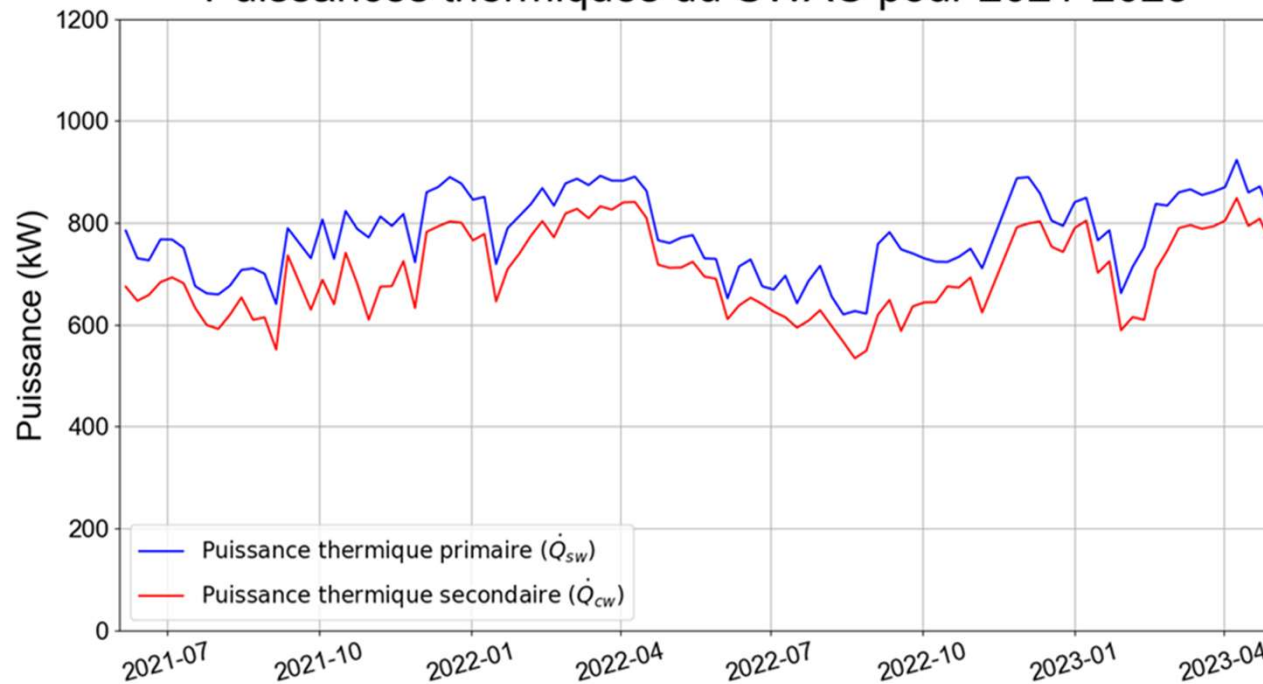
Moyenne de 24,2 sur la période de 2 ans

Comparaison avec des systèmes unitaires

Étude expérimentale

Bilan des performances

Puissances thermiques du SWAC pour 2021-2023



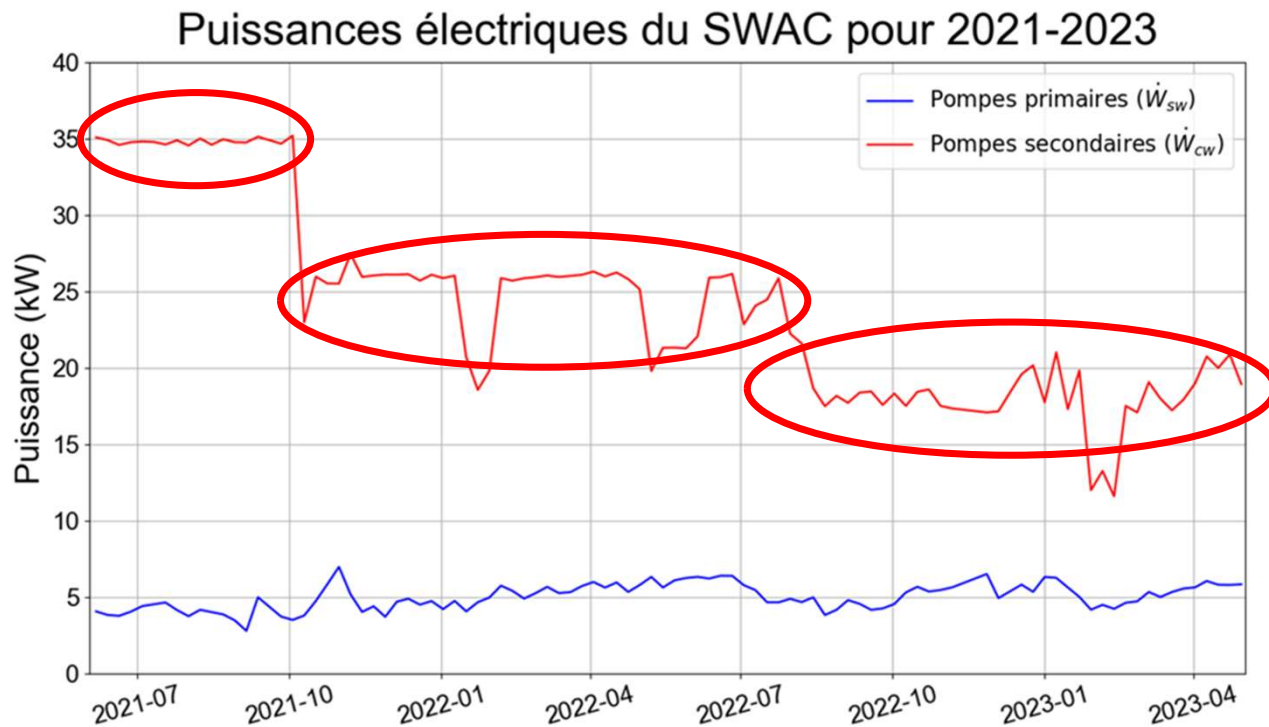
Puissance thermique primaire :
Froid délivré à l'échangeur par l'eau de mer

Puissance thermique secondaire :
Besoin frigorifique entre 550 et 850 kWf

Contre 2,4 MWf pour la puissance nominale
de l'installation (fonctionnement à 2 pompes)
Et 1,2 MWf pour le fonctionnement à 1 pompe

Étude expérimentale

Bilan des performances



Pompes primaires :

Variation avec le débit pour maintenir une température sur le départ eau glacée (7,5°C)
Environ 5 kW

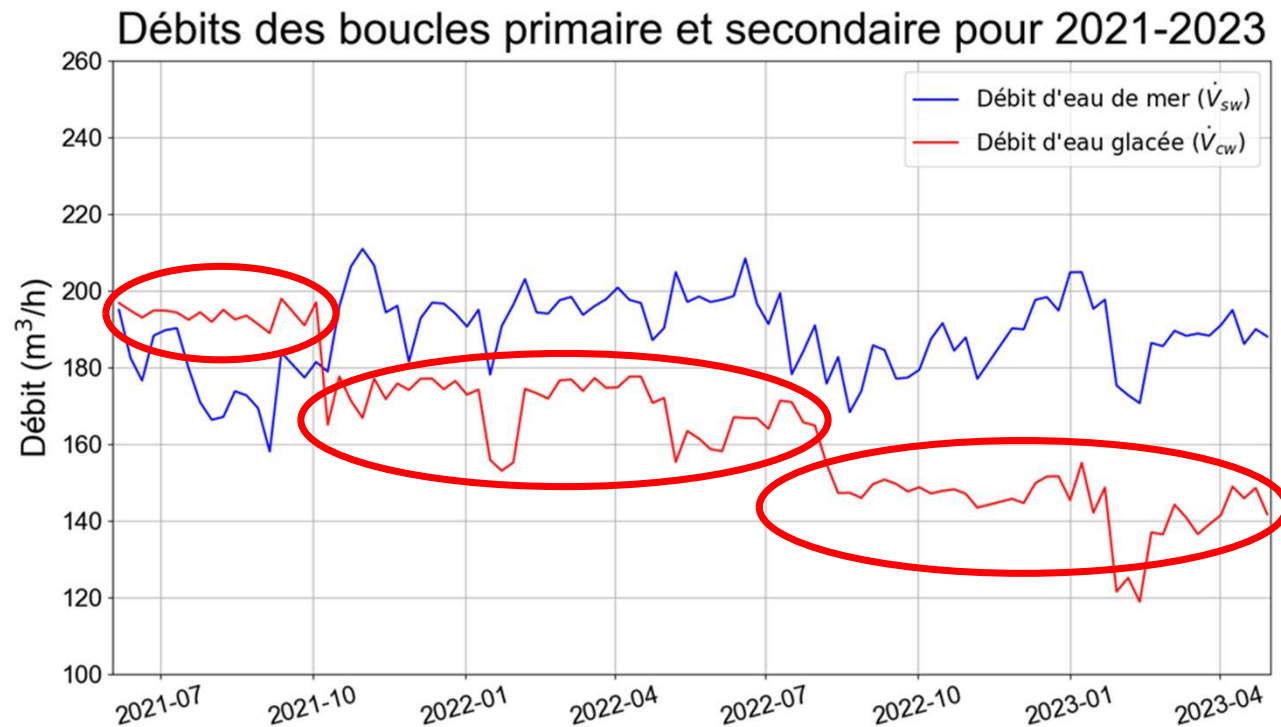
Pompes secondaires :

En fonction des interventions manuelles de l'opérateur
35 kW puis 27 kW puis 18 kW

**Réduction de la puissance électrique
secondaire à puissance thermique
équivalente**

Étude expérimentale

Bilan des performances



Débit primaire :

Régulation sur la température d'entrée eau glacée

Entre 160 et 210 m³/h en fonction du besoin frigorifique

Débit secondaire :

Régulation par variation de fréquence manuelle de l'opérateur

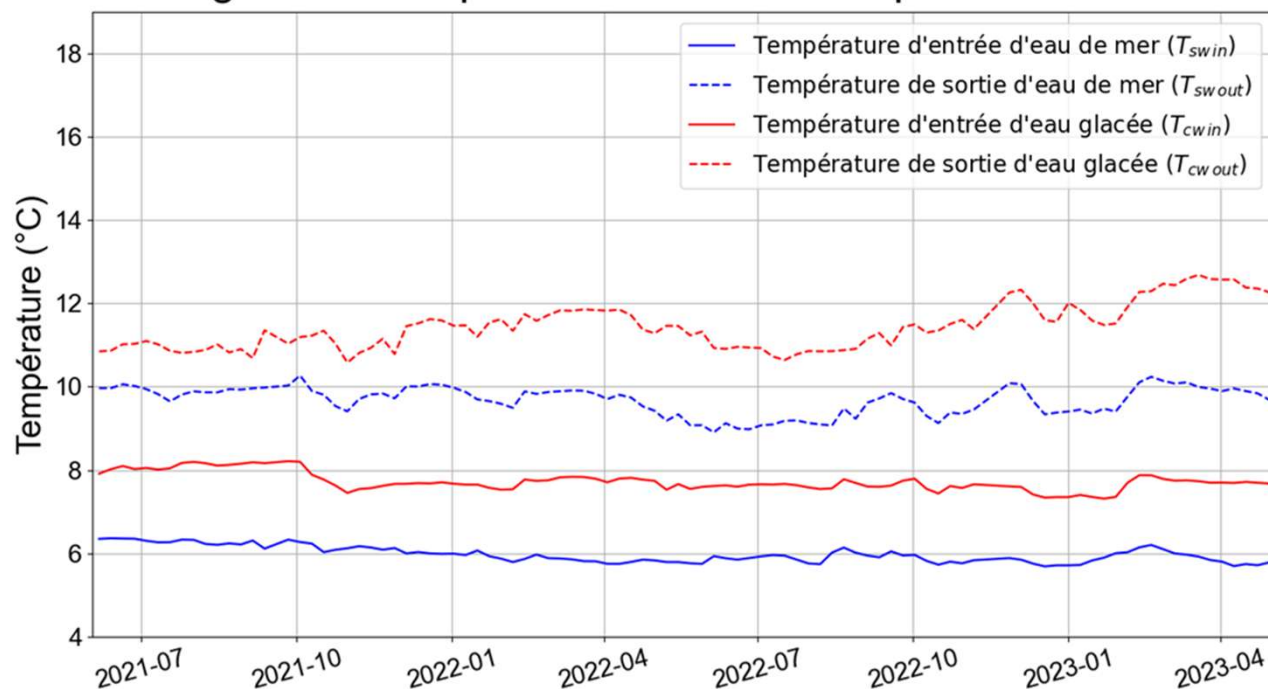
Environ 195, puis 175, et enfin 150 m³/h

L'instrumentation mise en place et l'étude des mesures a permis de guider l'opérateur

Étude expérimentale

Bilan des performances

Régime de température des boucles pour 2021-2023



Deux années de mesures récoltées
Moyenne journalière des grandeurs
mesurées

Régime de température primaire :
6/10°C soit 4°C d'écart au lieu de 5°C

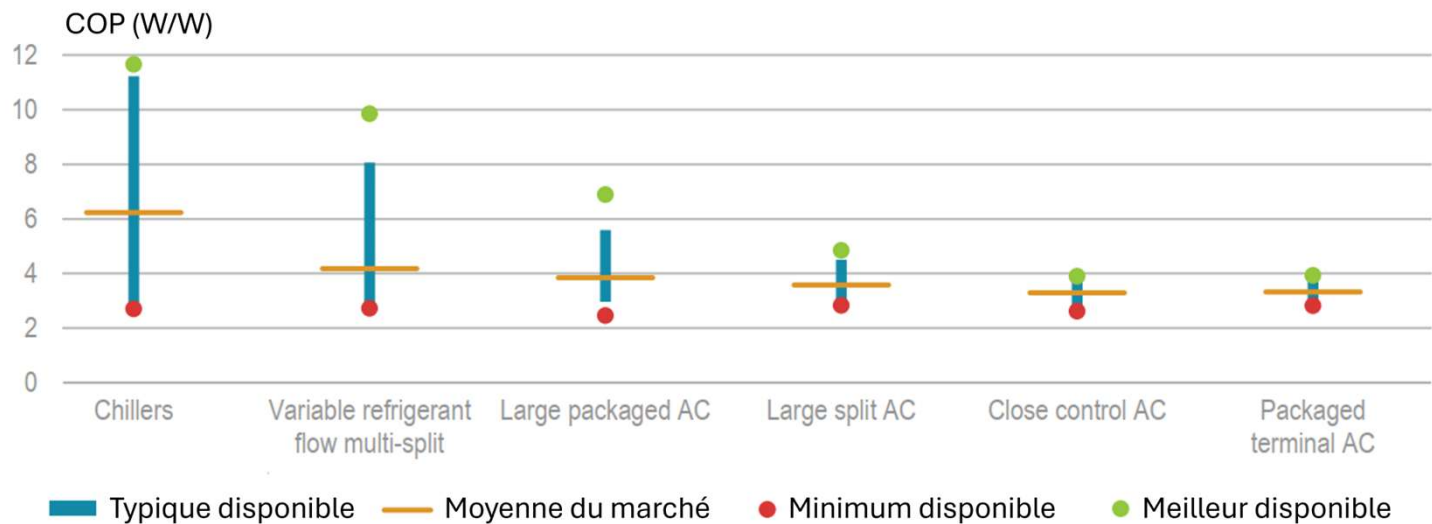
Régime de température secondaire :
8°C en départ vers les bâtiments et 11°C
en retour vers l'échangeur
Soit 3°C d'écart seulement

Puis 7,5/12,5°C à partir de février 2023

**L'écart habituel de 5°C pour la
conception des boucles de distribution
d'eau glacée**

Étude expérimentale

Comparaison

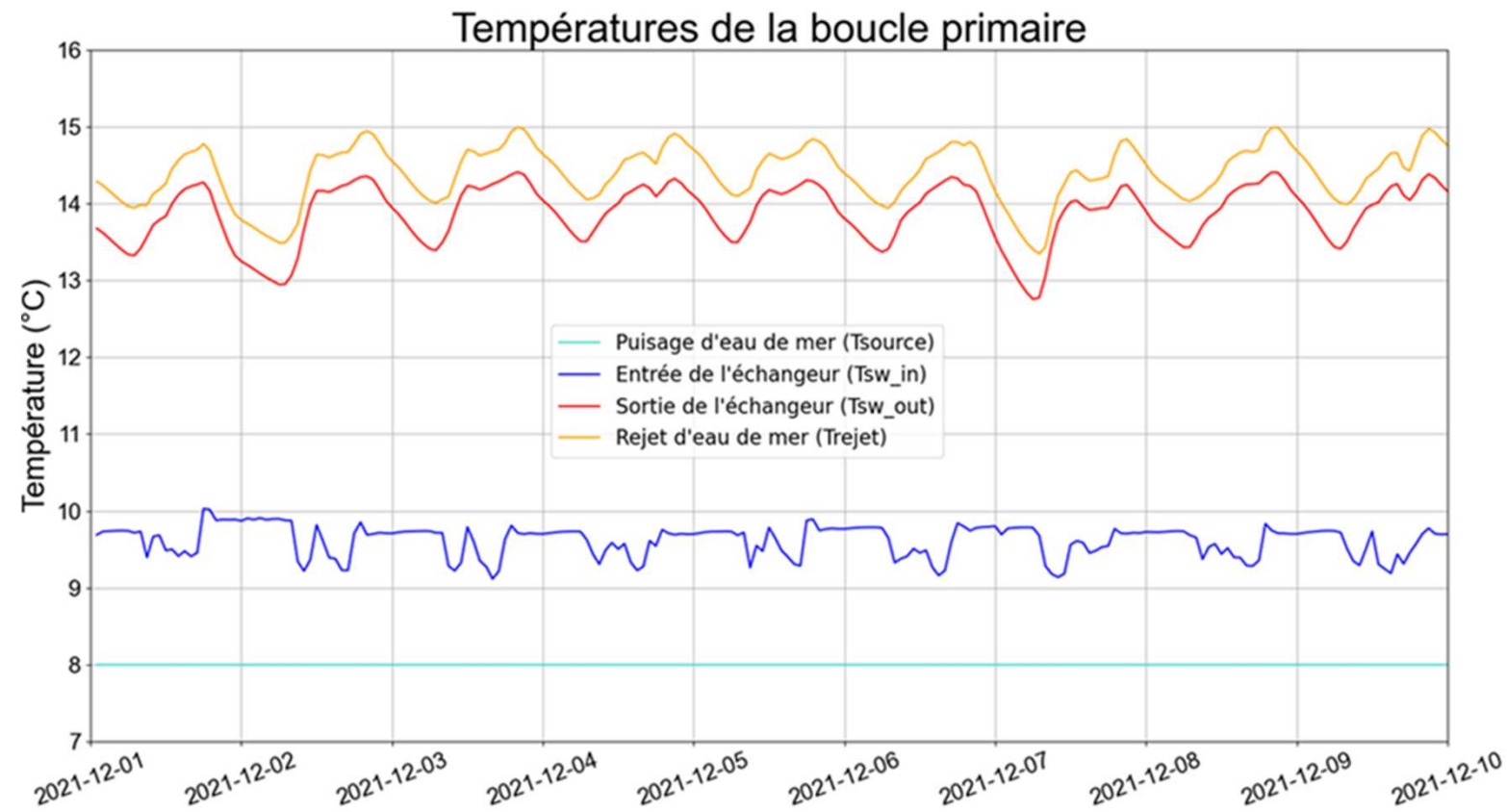


- Comparaison avec les valeurs de COP données pour des systèmes conventionnels par l'IEA
- **SWAC est 7 fois plus performant que le « split » moyen du marché**
- **SWAC presque 24 fois plus performant qu'un « Chiller » moyen**

Systèmes disponibles	COP global	COP primaire
Système conventionnel	3,5 (Large split AC)	6 (Chillers)
SWAC	24,2	141

Optimisation énergétique

Solution optimisée



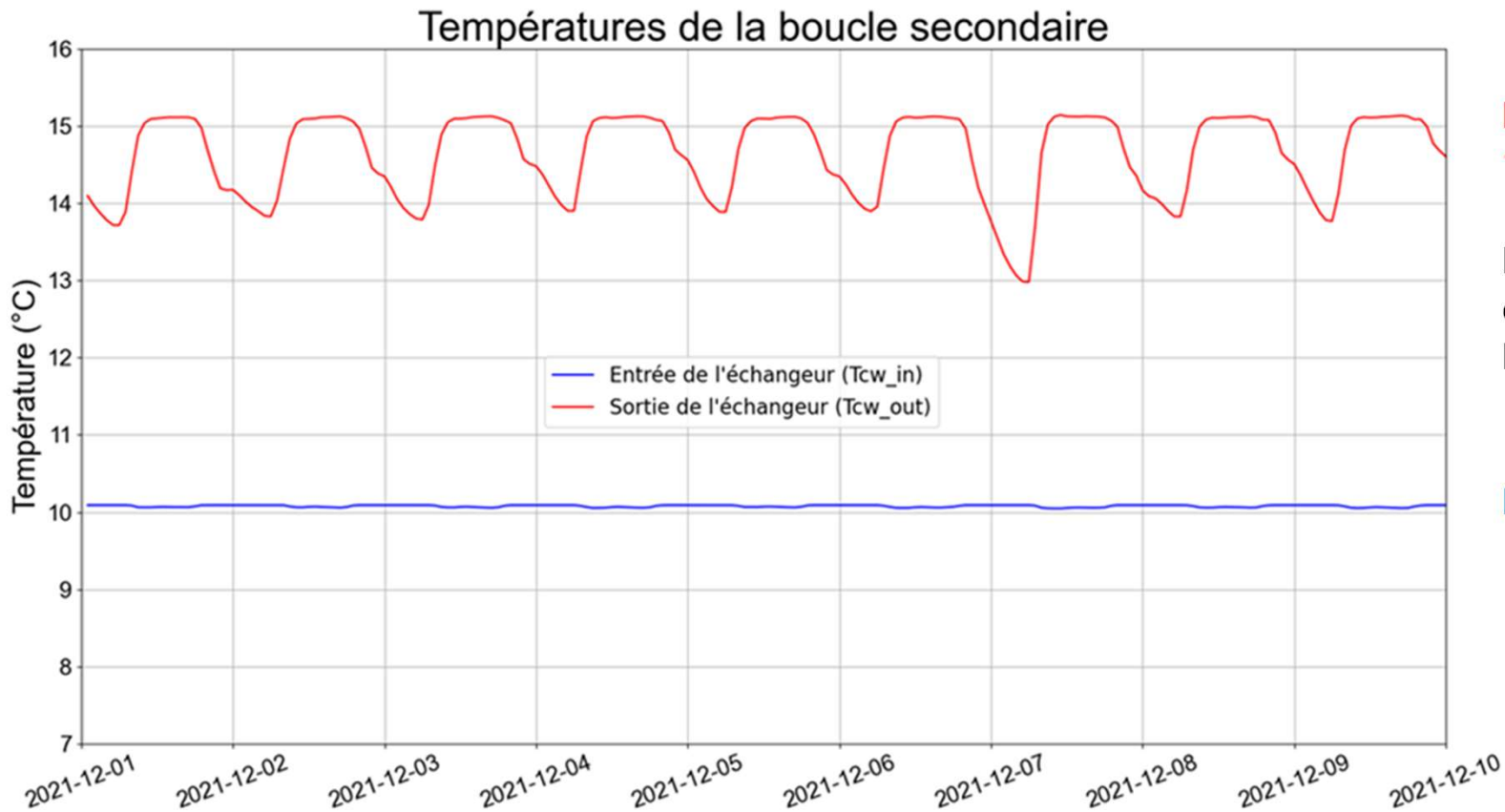
Rejet d'eau de mer entre 14 et 15°C

Régime de température primaire :
9,5°C / 13,5°C

Température de puisage à 8°C
Environ 700 m de réduction sur la
conduite de puisage par rapport
au puisage à 5°C

Optimisation énergétique

Solution optimisée



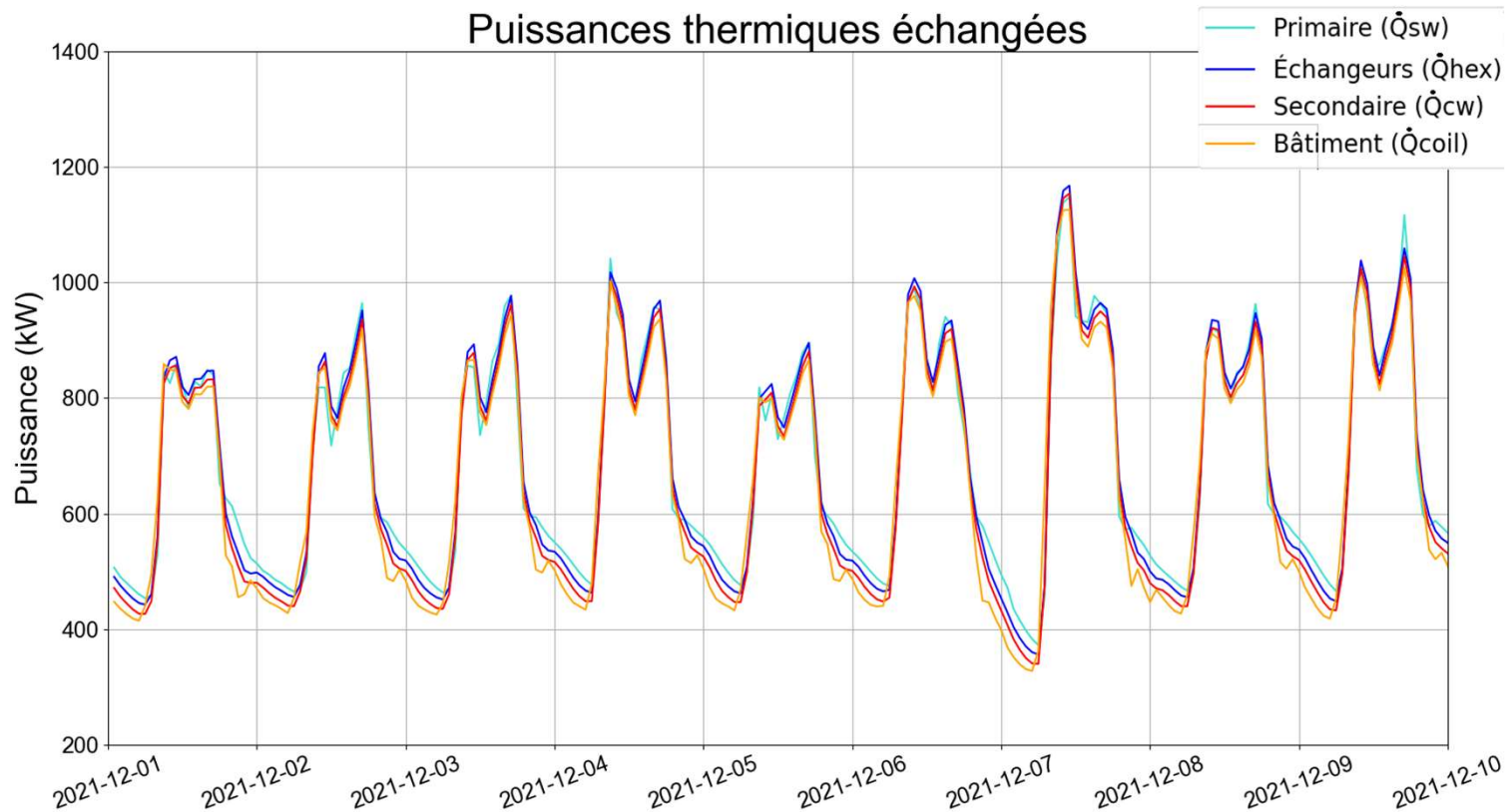
Retour eau glacée entre 13 et 15°C

Écart de température de 3 à 5°C en fonction des variations des besoins frigorifiques

Départ eau glacée à 10°C

Optimisation énergétique

Solution optimisée



Puissances thermiques :

Aux bornes de l'échangeur côté
primaire

À travers l'échangeur

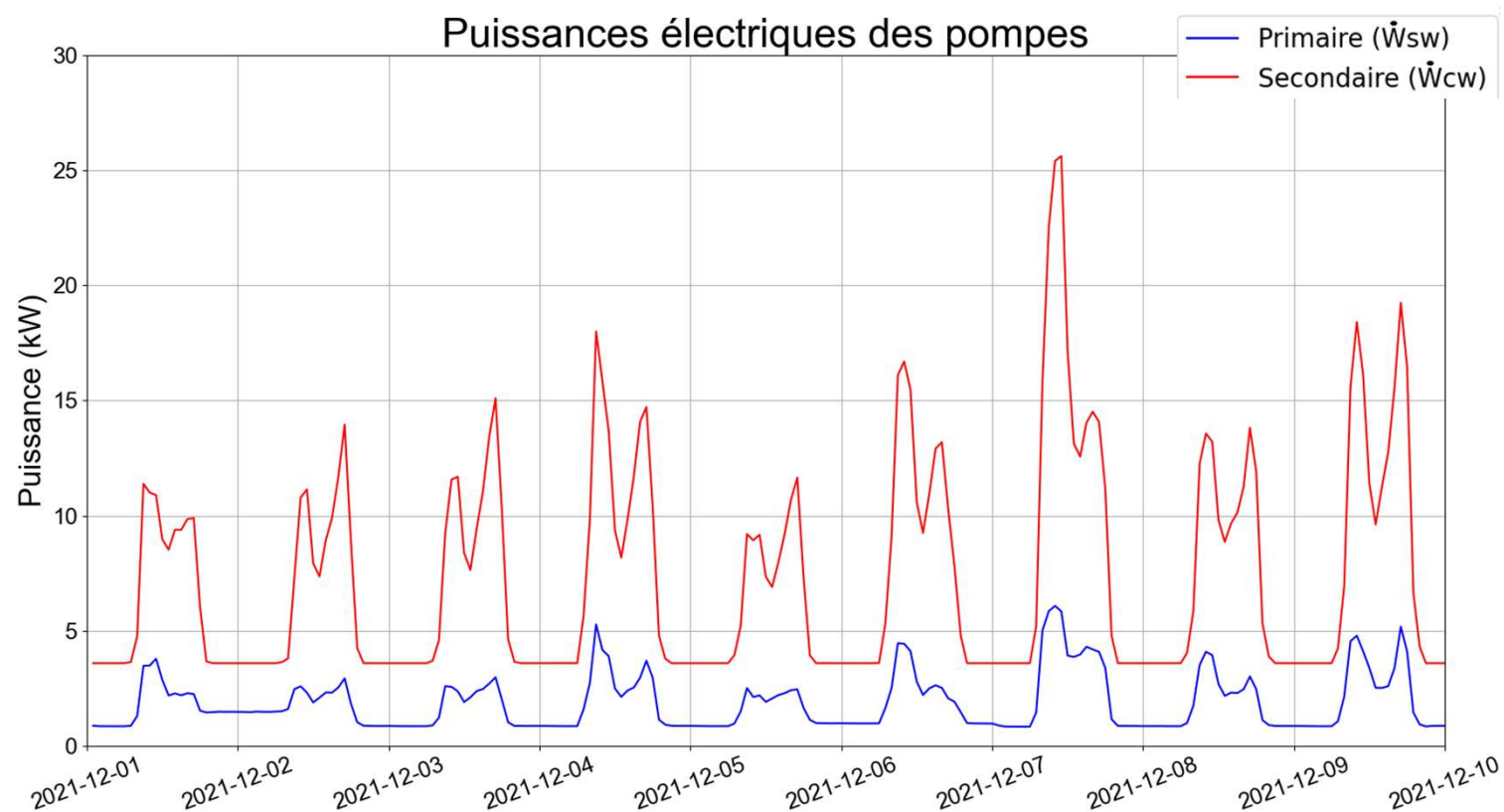
Aux bornes de l'échangeur côté
secondaire

Diffusée dans le bâtiment

Besoin frigorifique oscille de
manière journalière entre 400 et
1200 kWf

Optimisation énergétique

Solution optimisée

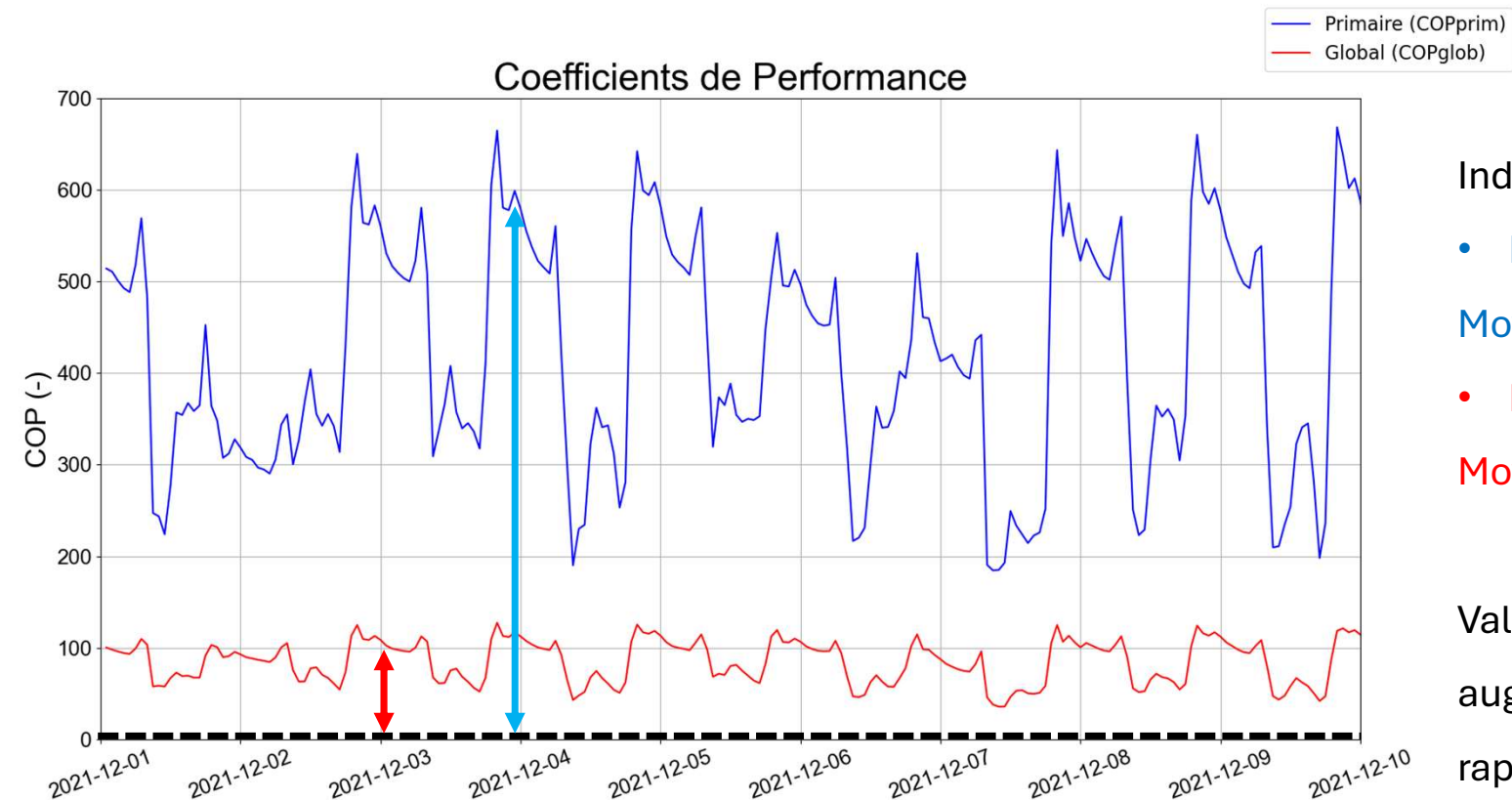


Pompes secondaires :
Entre 4 et 25 kW
Régulation idéale sur le besoin
frigorifique du bâtiment

Pompes primaires :
Entre 1 et 5 kW
Variation sur la température du
départ eau glacée

Optimisation énergétique

Solution optimisée



Indicateurs de performances :

- EER primaire varie entre 200 et 670

Moyenne de 422 sur la période simulée

- EER global varie entre 36 et 127

Moyenne de 85,6 sur la période simulée

Valeurs de performances grandement augmentées pour les deux critères par rapport à l'étude expérimentale

Optimisation énergétique

Solution optimisée

Comparaison	Système unitaire (Large split AC)	Système centralisé (Chiller)	Régime de température
Système conventionnel	3,5	6	7/12°C
Installation de Tetiaroa	24,2	141	7/12°C
Solution optimisée	85,6	422	10/15°C

La performance globale du SWAC est multipliée par 3,5 par rapport au cas réel de Tetiaroa grâce à :

- Optimisation du régime de température
- Régulation idéale sur le secondaire

La performance du SWAC optimisée par rapport aux systèmes conventionnels est :

- 24 fois plus élevée qu'un système unitaire (COP global)
- 70 fois plus élevée qu'un système centralisée (COP primaire)



Merci de votre attention

<https://agirpourlatransition.ademe.fr/entreprises/aides-financieres/catalogue/aap/systemes-performants-de-production-de-froid-en-outre-mer-et-corse>

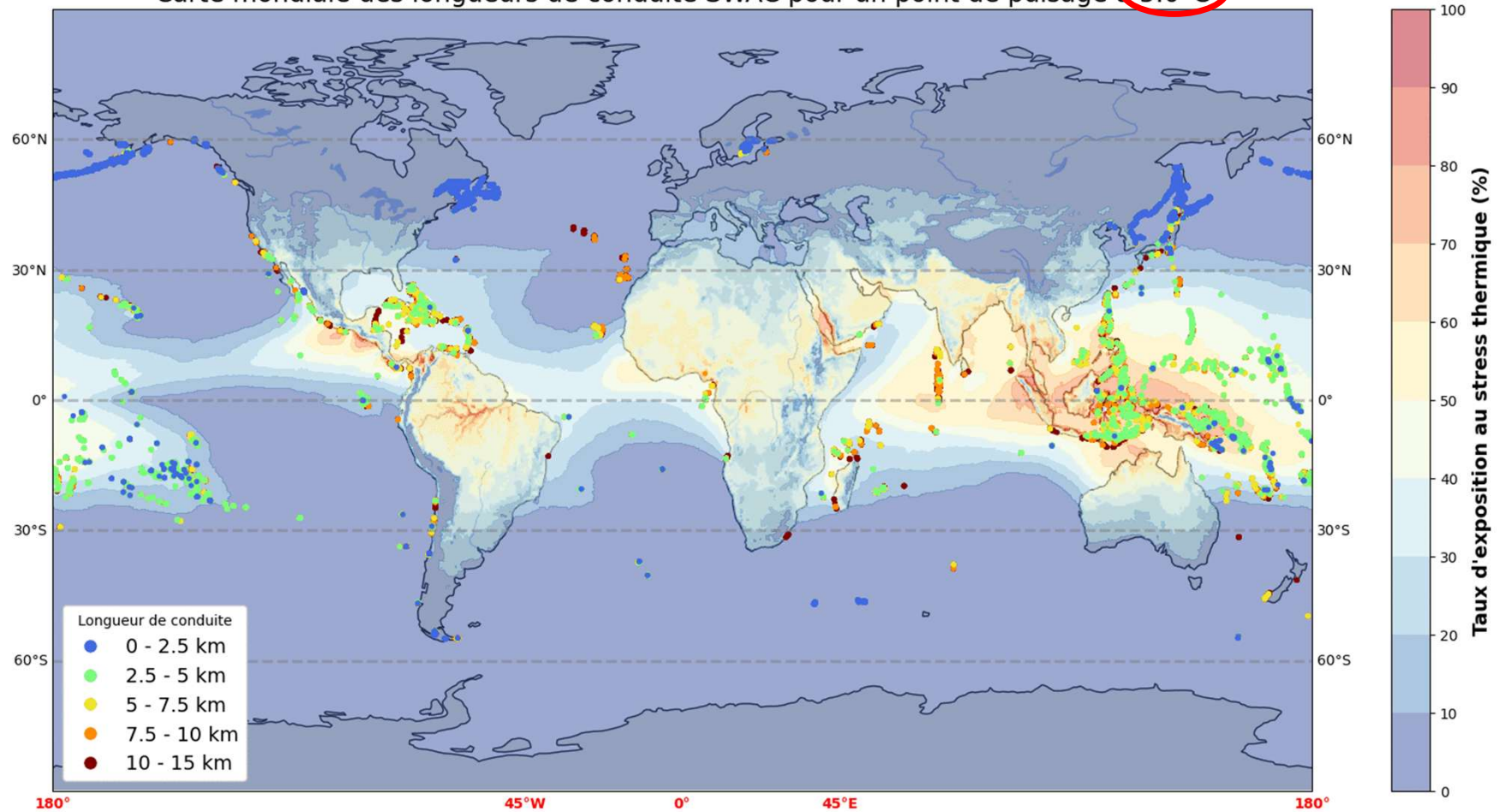


Annexe

Évaluation du potentiel

Cartographie mondiale

Carte mondiale des longueurs de conduite SWAC pour un point de puisage à 5.0°C



Évaluation du potentiel

Cartographie de La Réunion

