



Pompes à chaleur grande puissance-haute température: Quel potentiel?

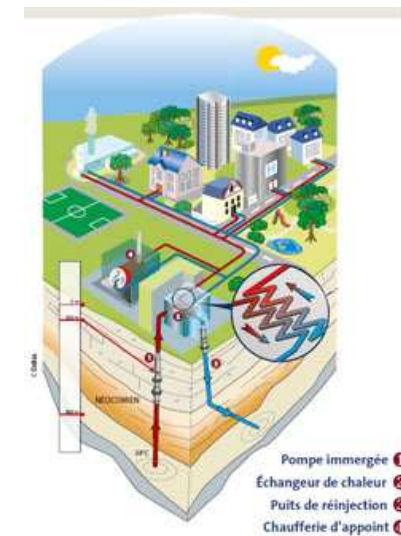


Leszek Wojtan
leszek.wojtan@friotherm.com



Sommaire

- Friotherm en général
- Compresseurs centrifuges et leurs plages de puissance
- Schémas de principe à 2 étages
- Exemples de PAC et TFG avec différentes sources chaudes





Friotherm AG - en général

- * **Siège principal**
 - * Design / Engineering
 - * R & D
 - * Fabrication des compresseurs

Winterthur, Suisse
- * **Sociétés Friotherm à l'étranger**
 - * Design / Engineering pour Centrales Nucléaires
 - * Assemblage / Montage des groupes

Weissensberg, Allemagne
- * **Assemblage / Montage des groupes**

São Bernardo, Brésil
- * **Succursales Friotherm**

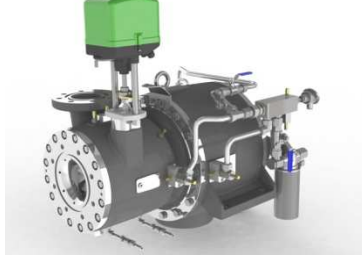
France, Suède
- * **Agents /Partenaires**

Dans diff. pays



Compresseurs Uniturbo®

UNITURBO 22S



Q_0 up to 1.5MW

UNITURBO 22



Q_0 up to 2.8MW

UNITURBO 23



Q_0 up to 3.8MW

UNITURBO 28
UNITURBO 33



Q_0 up to 5.0MW/6.8MW

Refrig. capacity range 0.5MW to 10.5 MW per unit

Temperature range -50 °C to +120 °C

UNITURBO 43



Q_0 up to 10.5MW

UNITURBO 34



Q_H up to 9.5MW

UNITURBO 50



Q_H up to 20MW



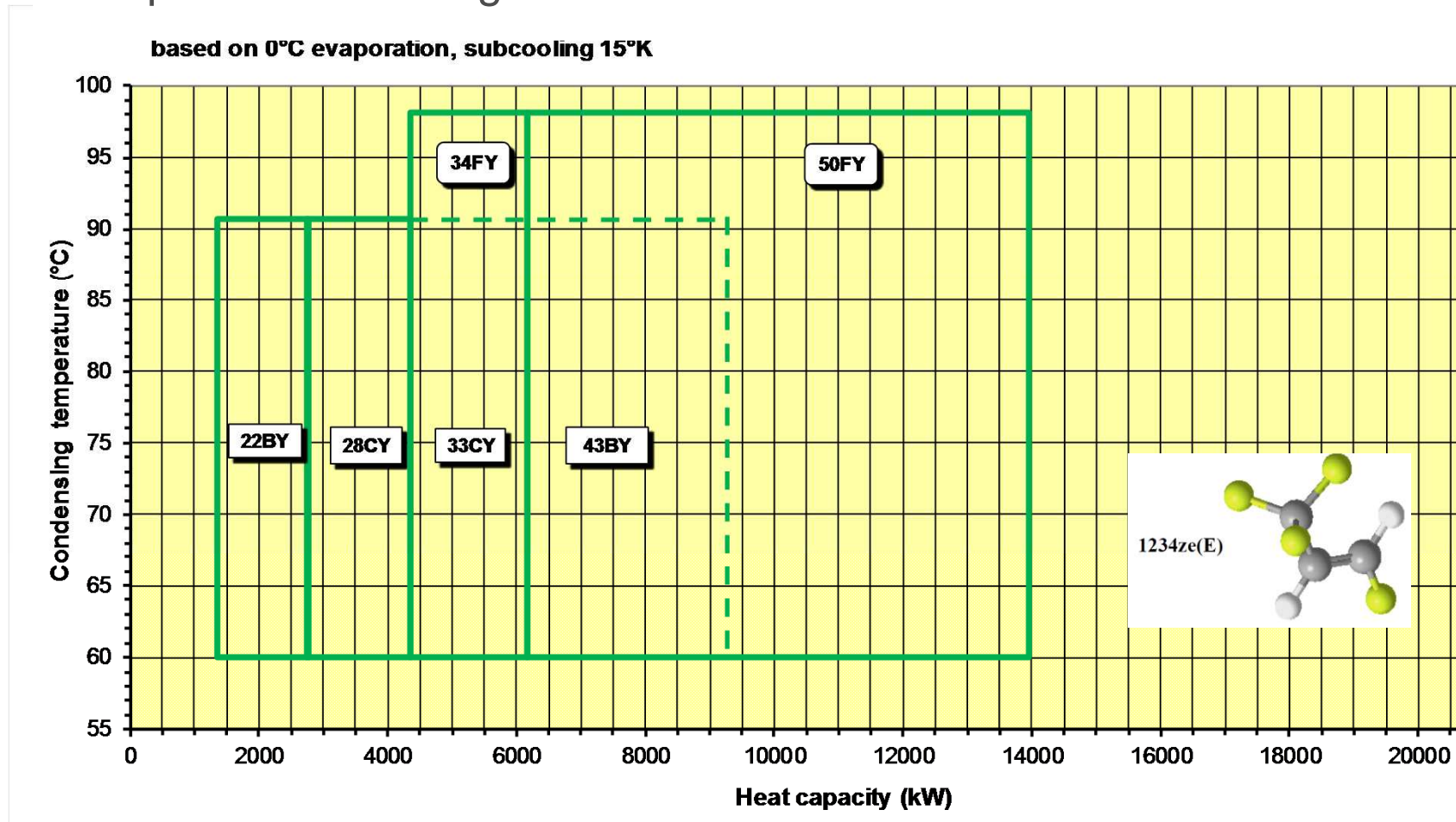
Friotherm / Sulzer - Développement des PAC

- 1984** La première PAC pour produire de l'eau surchauffée à 120°C
(production de vapeur à basse pression, source de chaleur eau de procédé industriel, usine pétrochimique)
- 1987** La PAC pour produire de l'eau à 110°C
(source de chaleur eau de procédé industriel)
- 2005** La première PAC avec R134a pour produire de l'eau à 90°C
utilisant les eaux usées comme source de chaleur
- 2012** La première PAC (TFP) avec R1234ze pour produire
de l'eau chaude à 80°C et de l'eau glacée à 2.5°C



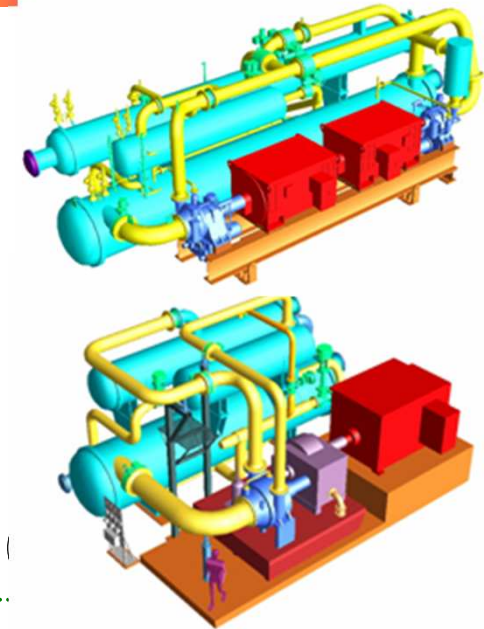
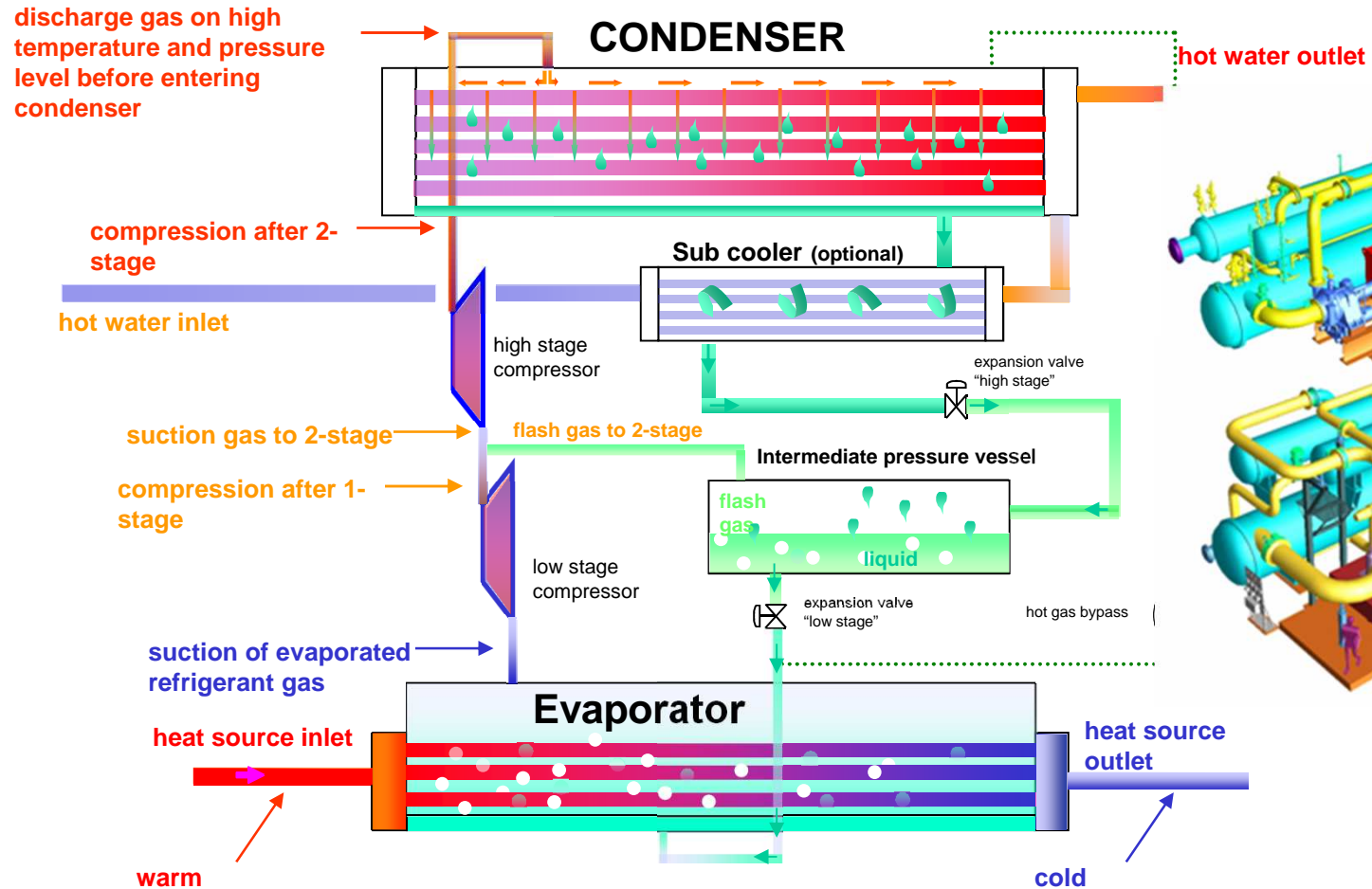
Plages de puissances Uniturbo®

Compresseurs bi-étagés Uniturbo®





PAC bi-étagées



DH à Zürich “Installation pompe à chaleur Walche”

Source chaude: eau de rivière

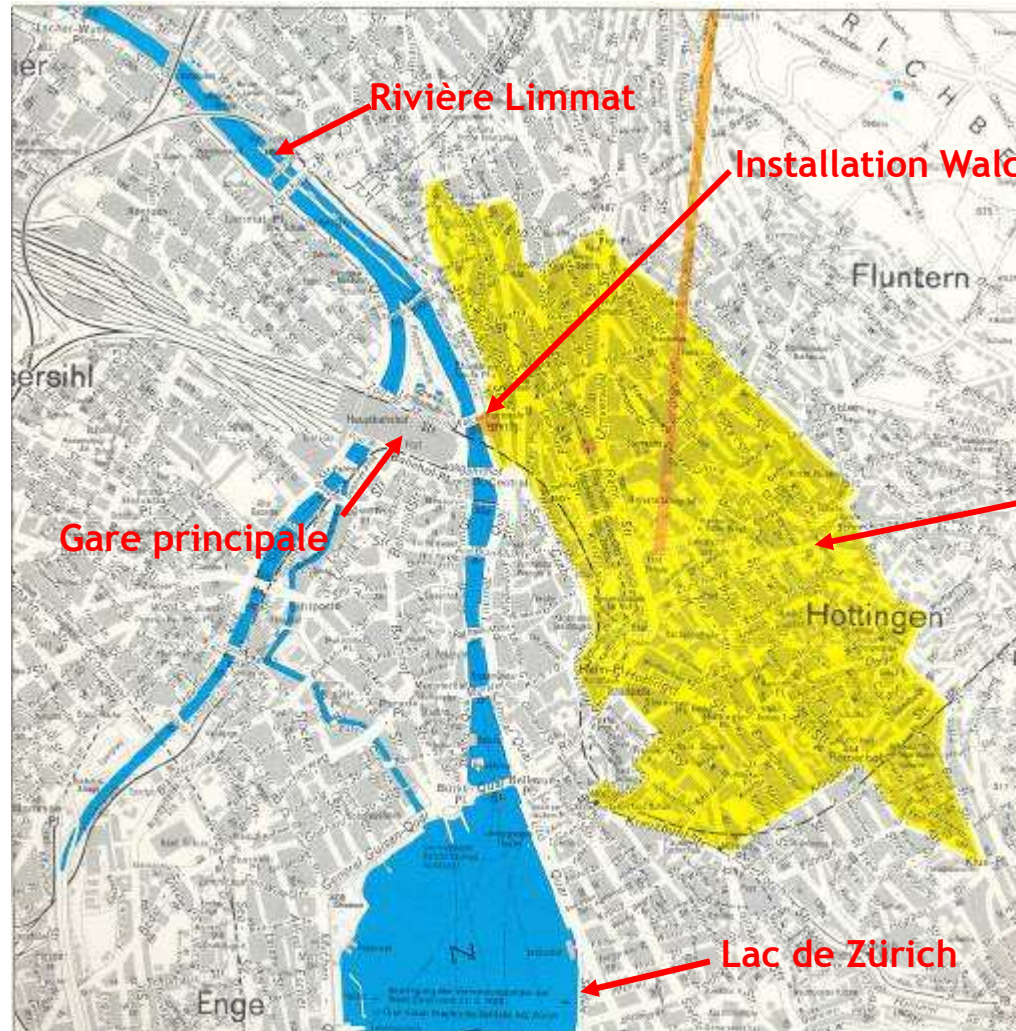


Chaleur alternative depuis la rivière Limmat



DH à Zürich “Installation pompe à chaleur Walche”

Source chaude: eau de rivière



Réseau de distribution de chaleur de l'Institut Fédéral des Sciences Techniques de Zürich
(Université de Zürich)

DH à Zürich “Installation pompe à chaleur Walche”

Source chaude: eau de rivière



Nombre de groupes	2
Type	UNITOP® 34 FY
Réfrigérant	R134a
Source de chaleur	Eau de rivière de la Limmat

Puissance totale des deux pompes à chaleur:

Saisons:	Hiver	Printemps/Automne
----------	-------	-------------------

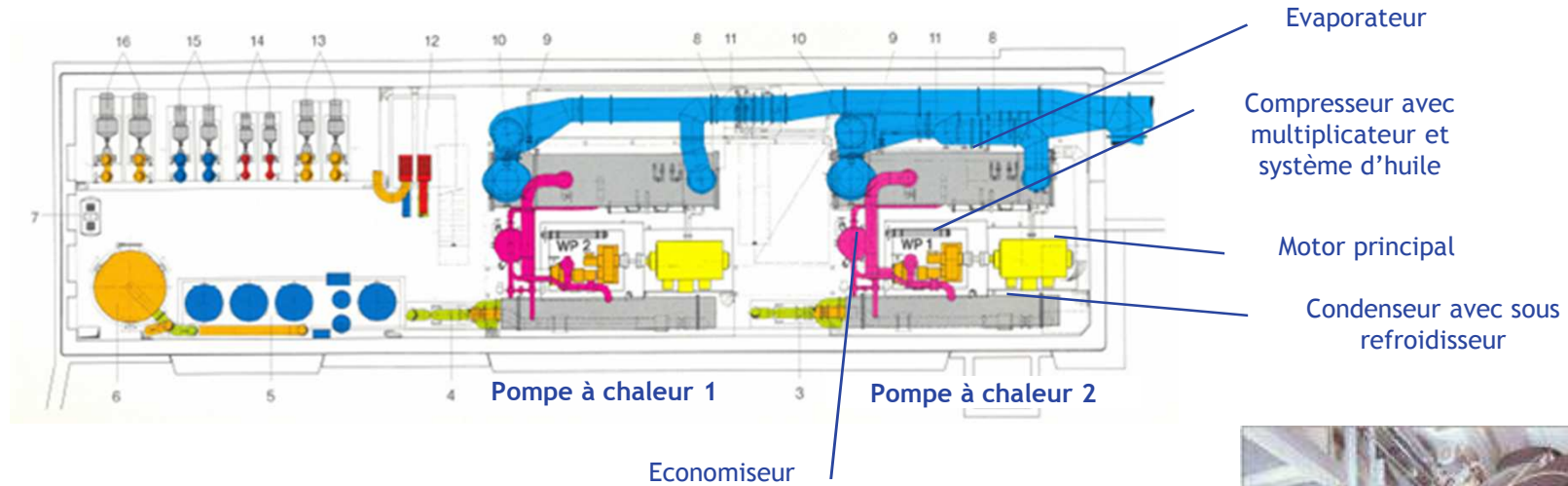
Puissance récupérée à la rivière	7'040 kW	9'430
Temp. eau de rivière E/S	3.5 / 2.8 °C	15.0 / 14.0
Débit eau de rivière	8'640 m ³ /h	8'640 m ³ /h
Temp. eau chaude E/S	50.0 / 70.0 °C	50.0 / 70.0 °C
Débit eau chaude	215 m ³ /h	288 m ³ /h
Consommation électrique	3'240 kW (=2*1'620kW)	3'950
Puissance calorifique	10'000 kW	13'400
Coeff. de performance	3.08	3.39

Special:

Moteur à bague collectrices avec une puissance de 2'000kW/chacun, courant nominal 124A/chacun, courant de démarrage max. 150A (1.2 x courant nominal)

DH à Zürich “Installation pompe à chaleur Walche”

Source chaude: eau de rivière



Pompe à Chaleur vue des passerelles



Compresseur avec multiplicateur et système d'huile

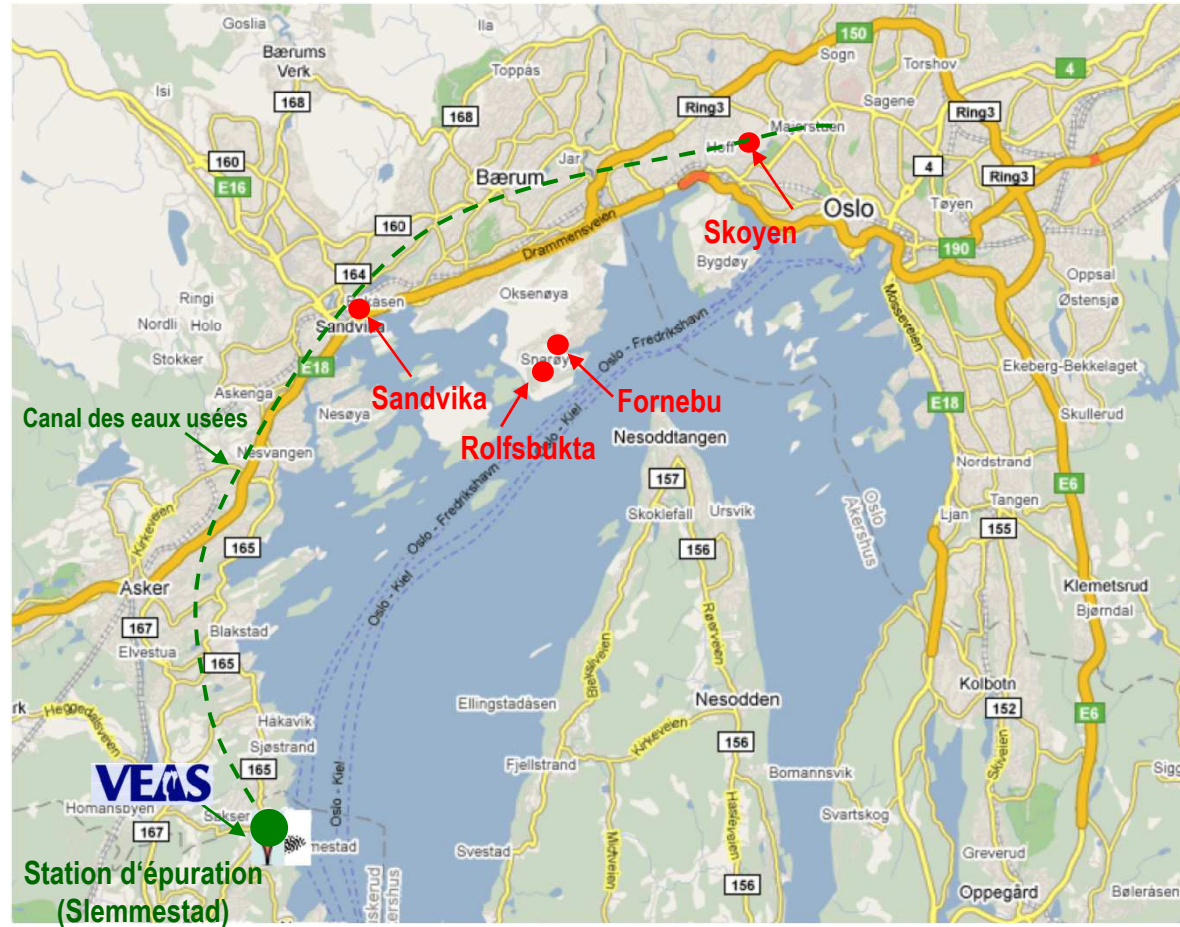


Evaporateur avec système de nettoyage des tubes à balles au dessus de la boîte à eau évaporateur





Exemples d'installation - PACs à Oslo



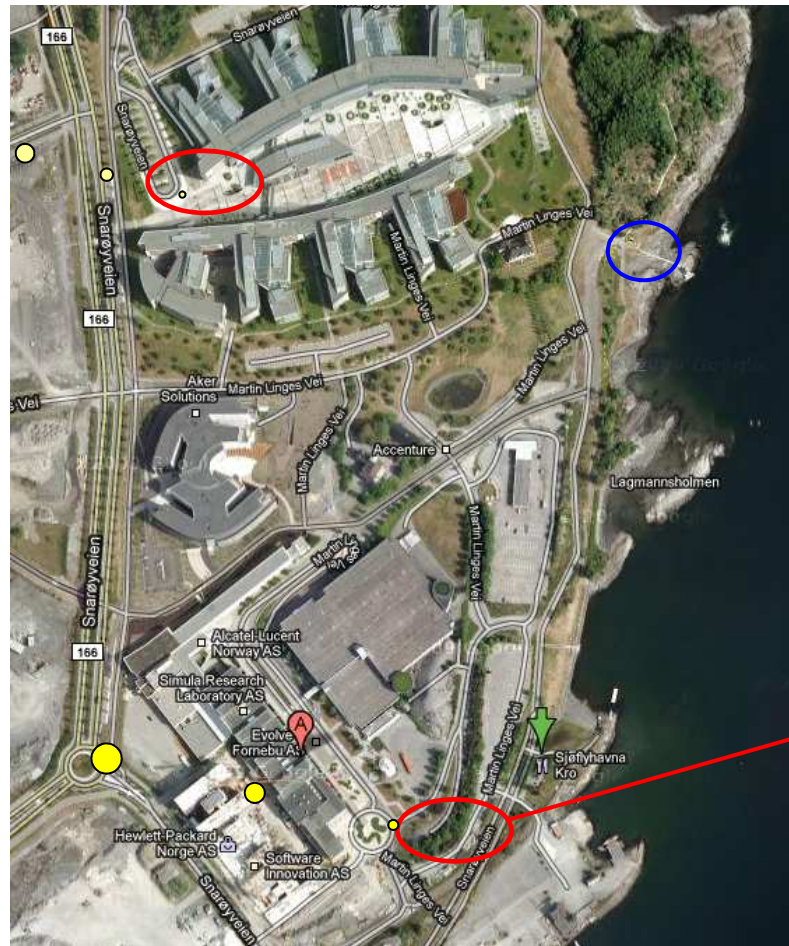


Rolfsbukta TFPs (R1234ze) - Source de chaleur eau de mer

Production de froid et de chaleur combinée “Rolfsbukta”, Oslo, Norvège

Station de TFPs Fornebu

Station de TFPs Rolfsbukta



Mars 2012



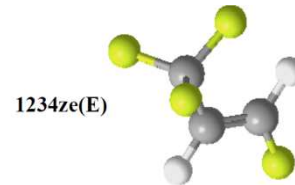


Rolfsbukta TFPs (R1234ze) - Source de chaleur eau de mer

Nombre de groupes	2
Type	UNITOP® 43/28
Réfrigérant	R1234ze
Source chaude	eau de mer indirecte
Puissance frigorifique	10'350 kW
Eau glacée temp. in/out	4.9 / 2.5 °C
Débit	1'900 m³/h
Eau chaude temp. in/out	65 / 80 °C
Débit	935 m³/h
Consomation électr.	6'000 kW
Puissance calorifique	16'250 kW
COP chauffage	2.7
COP froid + chaud	4.4



UNITOP 43/28 installed in the basement of SCANDIC hotel in Rolfsbukta



	GWP
R134a	1410
1234ze	< 1
1234yf	< 1
Isobutane	<5
CO ₂	1
Ammonia	~1

selon Ø. Hodnebog¹ et al.
 "Global Warming Potentials and Radiative Efficiencies of Halocarbons and Related Compounds: A Comprehensive Review"

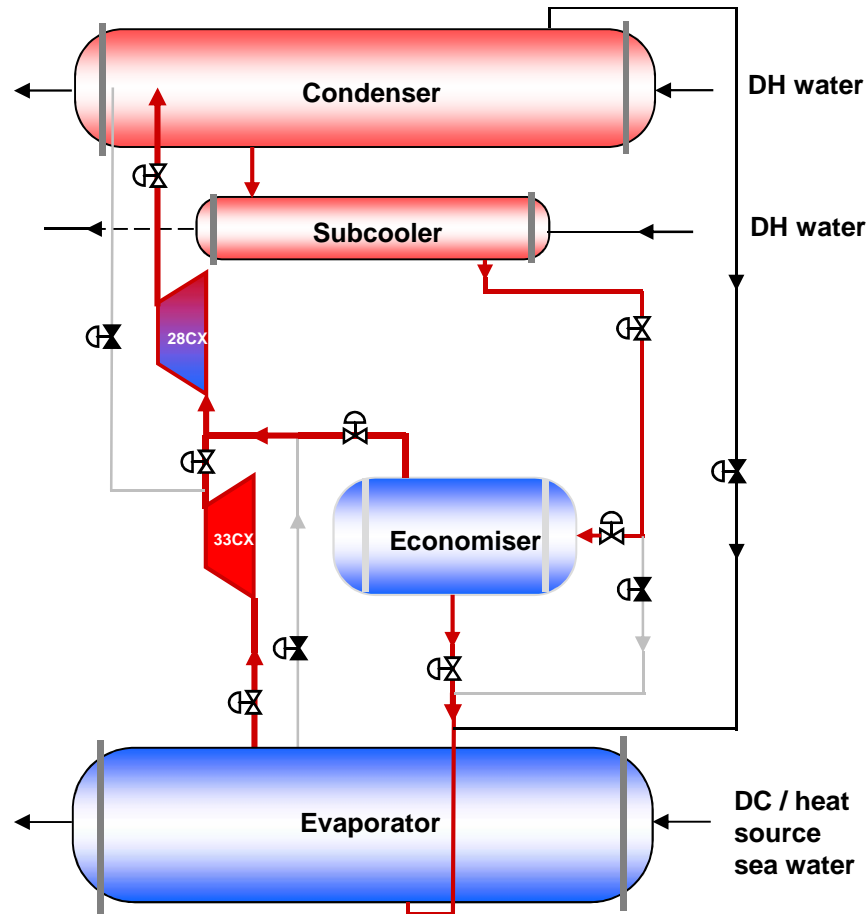
Reviews of Geophysics,
 June 2013, vol.51 issue 22
 Pages 300-378

¹ Center for International Climate and Environmental Research-Oslo (CICERO), Oslo, Norway

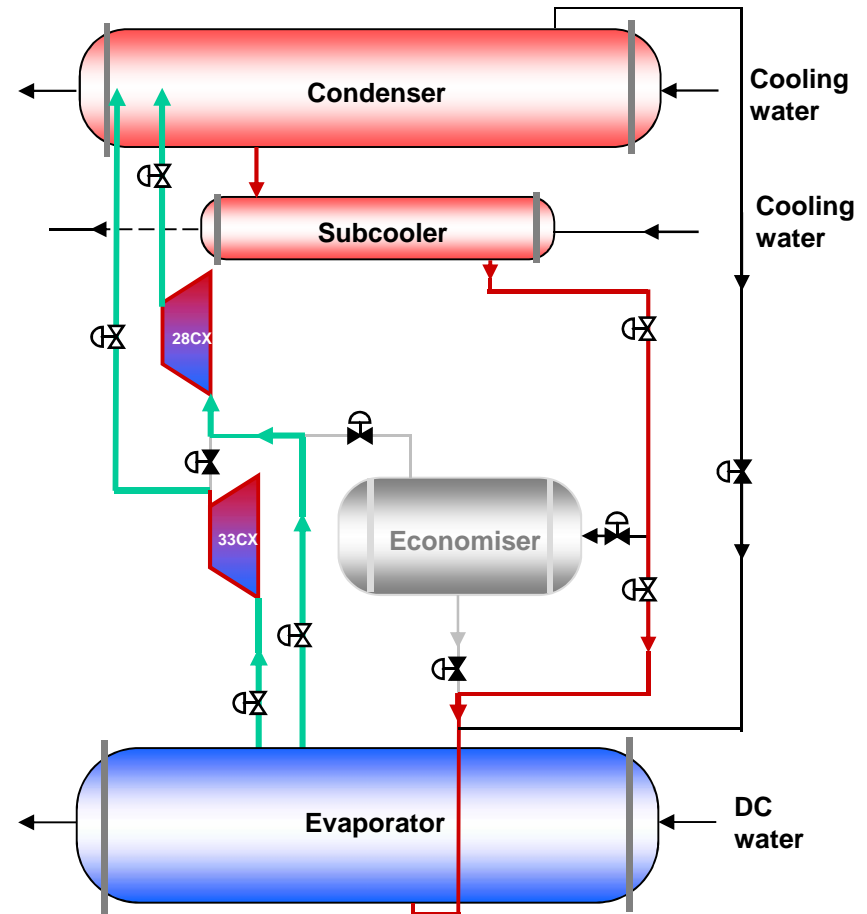




Rolfsbukta TFPs (R1234ze) - Source de chaleur eau de mer



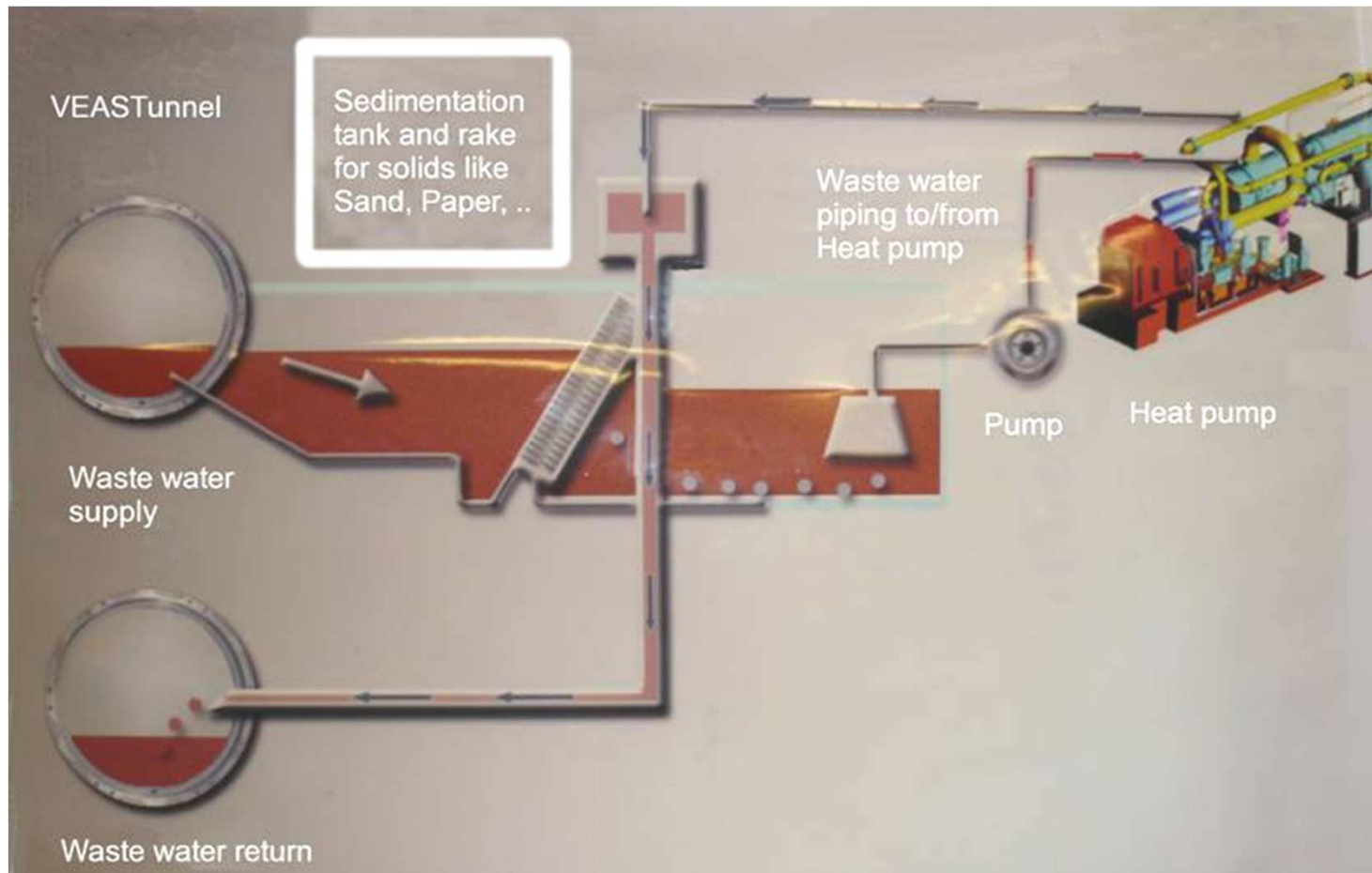
Froid et chaud simultanément



Froid uniquement



Sandvika - Centrale de production d'eau chaude et d'eau glacée



Préparation des eaux usées avant circulation dans les évaporateurs des PAC



Sandvika - Centrale de production d'eau chaude et d'eau glacée



Salle des machines, 2 Unitop® 28/28
Avec les conduites de distribution

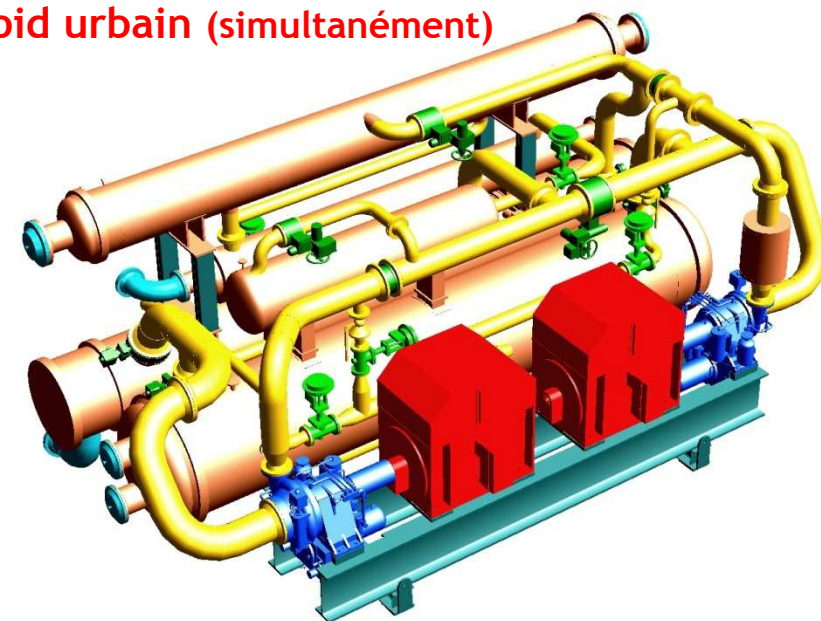


Salle des machines, à gauche Unitop® 28/28,
À droite: Pompes de distribution froid / chaud



Sandvika - Centrale de production d'eau chaude et d'eau glacée

Nombre de groupes	2
Type	UNITOP® 28/28 CY Refrigerant R134a
Source de chaleur	eaux usées / froid urbain (simultanément)
Puissance frigorifique	9'500 kW
Temp. d'eau glacée	8.0 / 4.0 °C
Débit d'eau glacée	2045 m ³ /h
Puissance calorifique	14'000 kW
Temp. d'eau chaude	57.0 / 78 °C
Débit d'eau chaude	573 m ³ /h
Consommation électrique	4'500 kW
COP (chaud)	3.1
COP (chaud et froid)	5.22



2 unités en fonction depuis 1989 (plus de 180'000 heures de fonctionnement)

1 unité supplémentaire en fonction depuis juin 2008



Sandvika - Centrale de production d'eau chaude et d'eau glacée

Le 3ème Unitop pour "Sandvika", dans l'atelier Friotherm

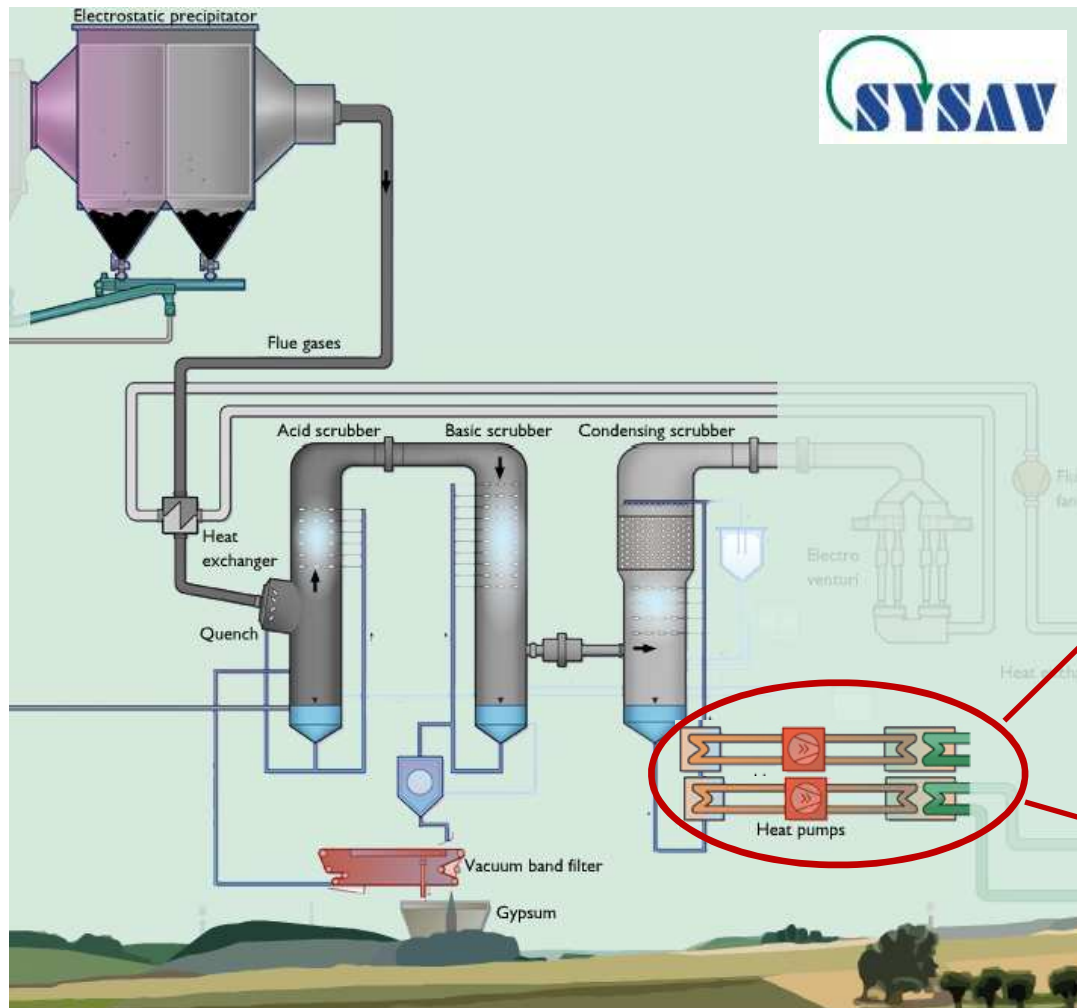


Photos des unités avant livraison sur site le 11 Avril 2008



SYSAV Malmö - Valorisation d'énergie de la fumée

Chauffage urbain Malmö, Suède



Nombre d'unité 2
Typ UNITOP 28CX-71210U
Fluide frigorigène R134a





SYSAV Malmö - Valorisation d'énergie de la fumée

Chauffage urbain Malmö, Suède

Nombre d'unité	2
Type	UNITOP® 28C
Fluide frigorigène	R134a
Puissance frigorifique	15'500 kW
Temp. eau froide E/S	34.2 / 24.3 °C
Débit eau froide	1'350 m ³ /h
Temp. chaude E/S	50 / 59.2-70 °C
Débit eau chaude	1'800 m ³ /h
Puissance aux bornes	3'500 kW
Puissance de chauffe	19'000 kW

Coefficient de performance
5.43

2 unités en fonction depuis 2002

3 nouvelles unités depuis 2007





Groupes frigorifiques avec récupération de chaleur

Production de froid et de chaleur urbain “Katri Vala”, Helsinki



5 x UNITOP® 50 FY





Groupes frigorifiques avec récupération de chaleur

Production de froid et de chaleur urbain “Katri Vala”, Helsinki



5 x UNITOP® 50 FY



Groupes frigorifiques avec récupération de chaleur

Production de froid et de chaleur urbain “Katri Vala”, Helsinki

	Eté	Hiver
Nombre d'unités	5	5
Type	UNITOP® 50 FY	UNITOP® 50 FY
Fluide frigorigène	R134a	R134a
Source de chaleur	Eau glacée	Eaux usées, indirect
Puissance frigorifique	60'000 kW	60'000 kW
Temp. eau glacée	20.0 / 4.0 °C	10.0 / 4.0 °C
Débit eau glacée	3'225 m ³ /h	8'600 m ³ /h
Temp. eau de chauffage	45.0 / 88.0 °C	50.0 / 62-88.0 °C
Débit eau de chauffage	1850 m ³ /h	6'105 m ³ /h
Consommation électrique	30'565 kW	23'850 kW
Puissance de chauffage	90'565 kW	83'850 kW
COP (chauffage)	3.0	3.51
<i>Energie totale produite,</i> <i>COP général</i>	150'000 kW 4.91	

5 unités en fonctionnement depuis 2006

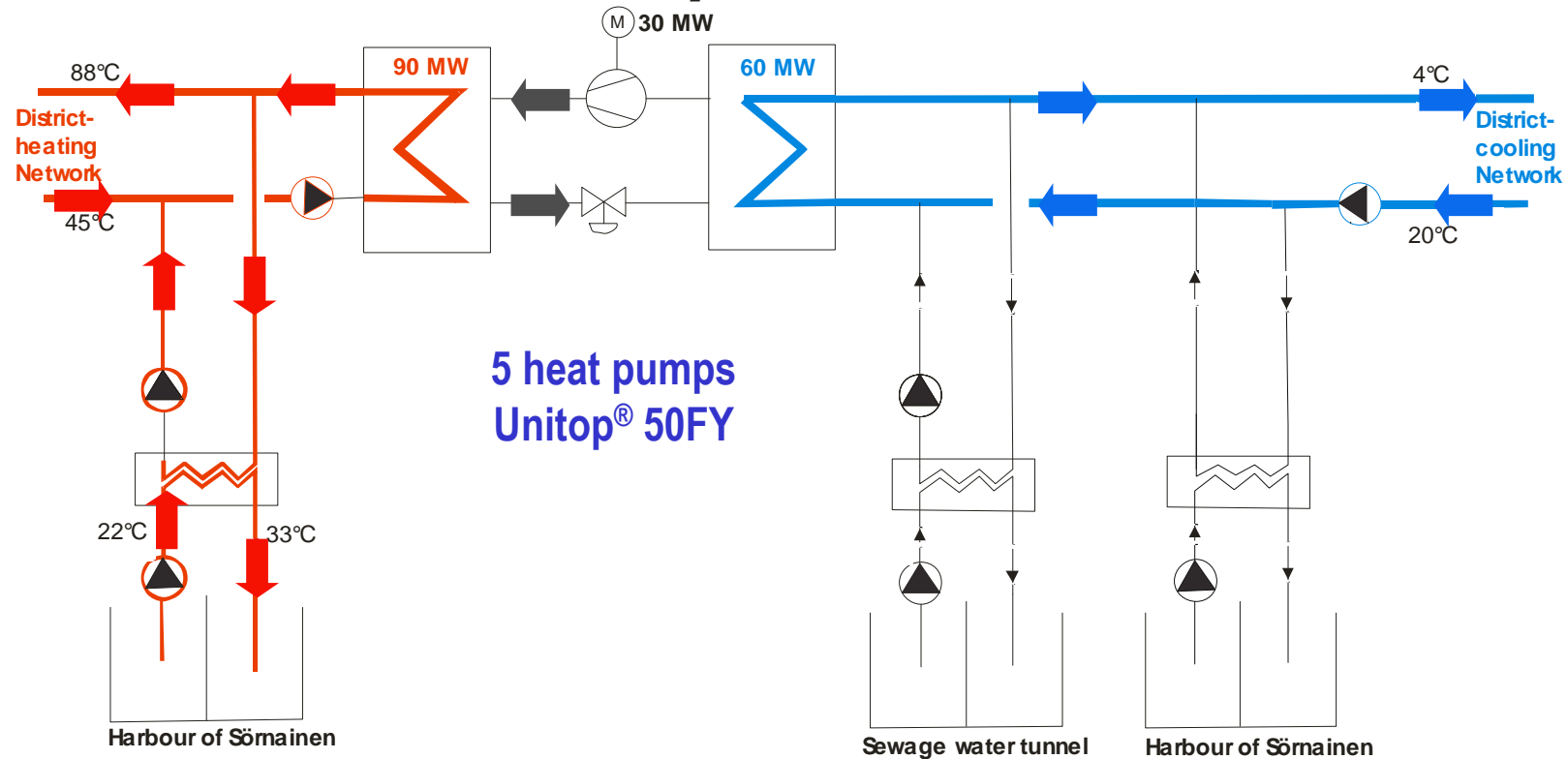




Groupes frigorifiques avec récupération de chaleur

Production de froid et de chaleur urbain “Katri Vala”, Helsinki

Summer Operation



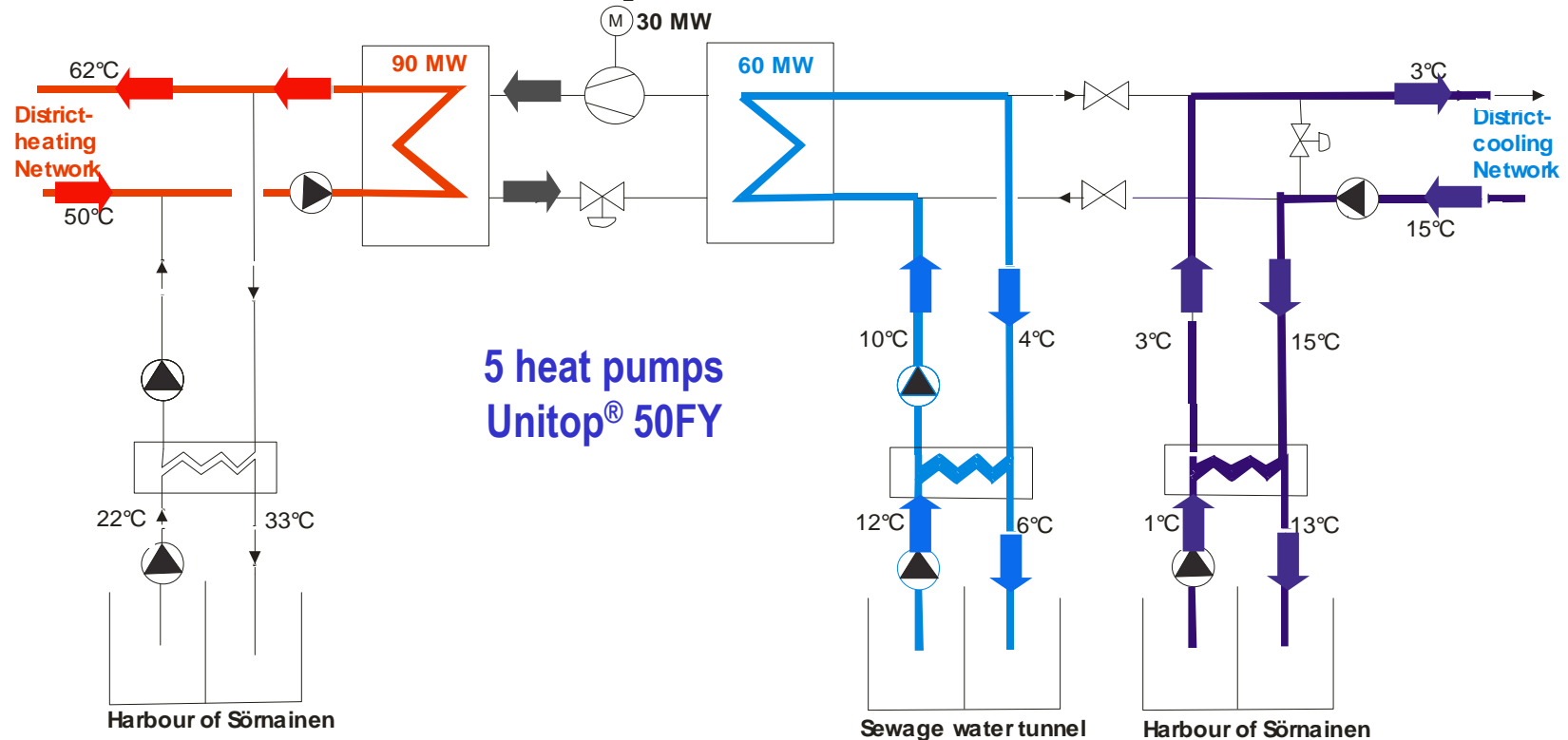
Typical flow sheet



Groupes frigorifiques avec récupération de chaleur

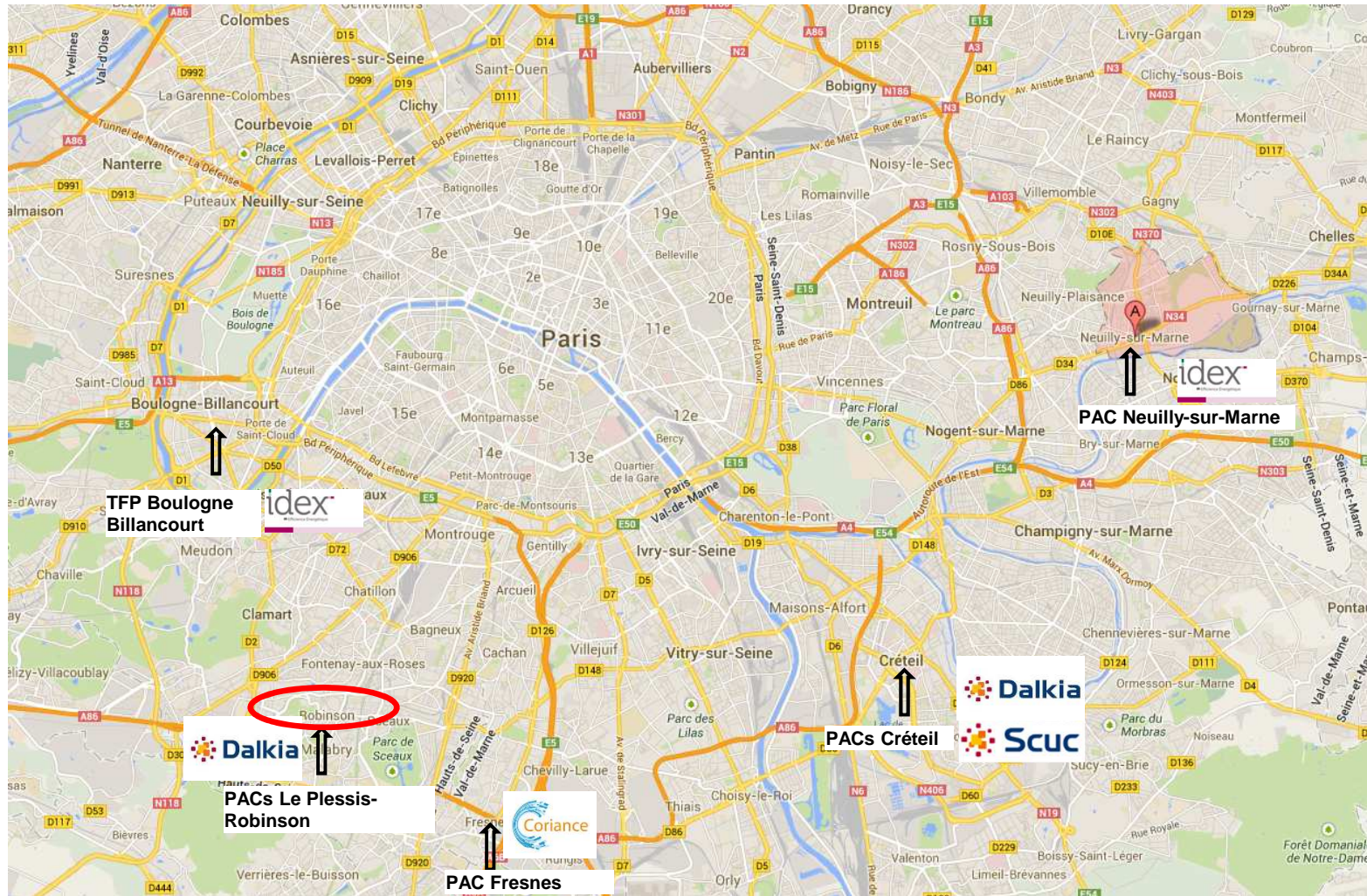
Production de froid et de chaleur urbain “Katri Vala”, Helsinki

Winter Operation



Typical flow sheet

Île de France - géothermie

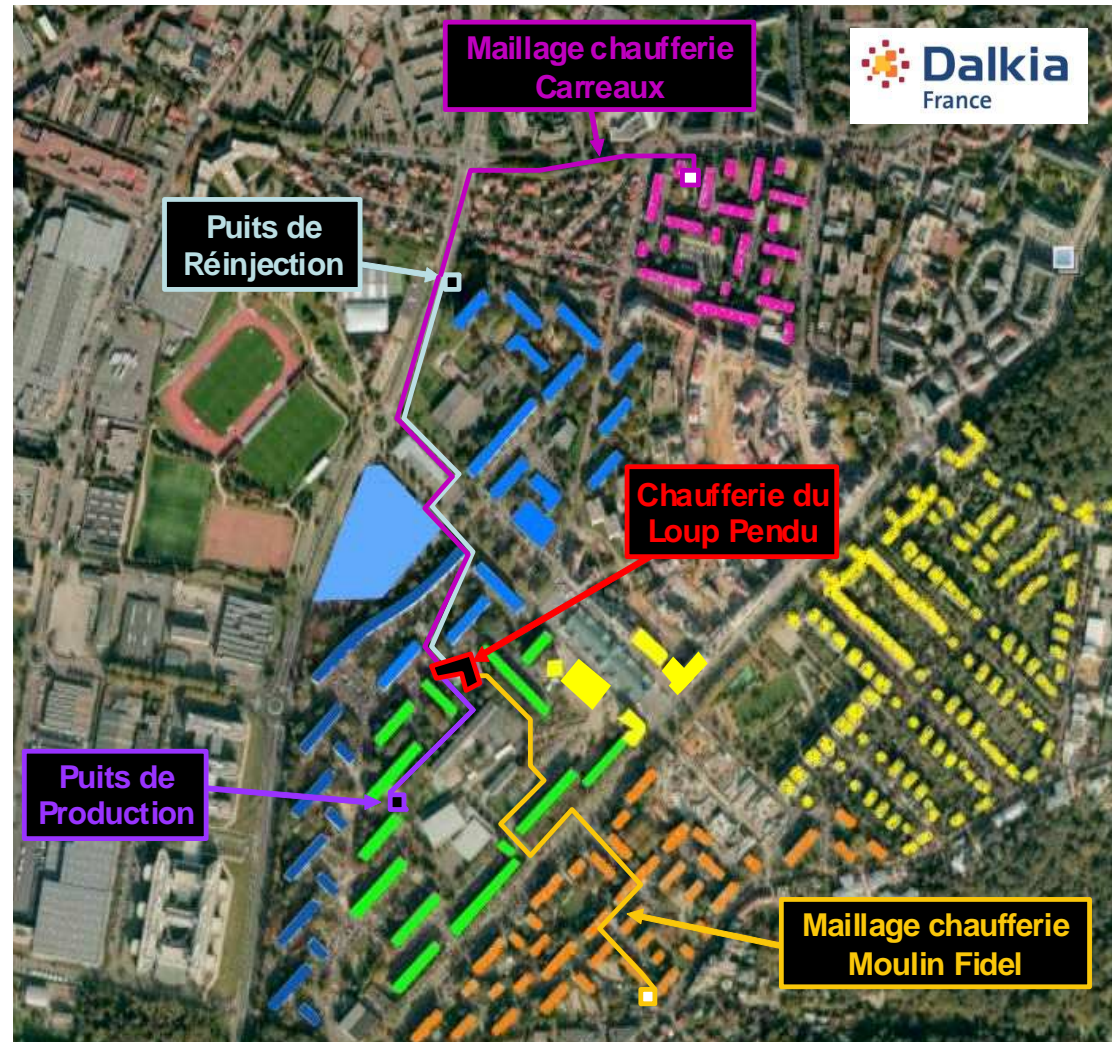


Le Plessis-Robinson (Paris)

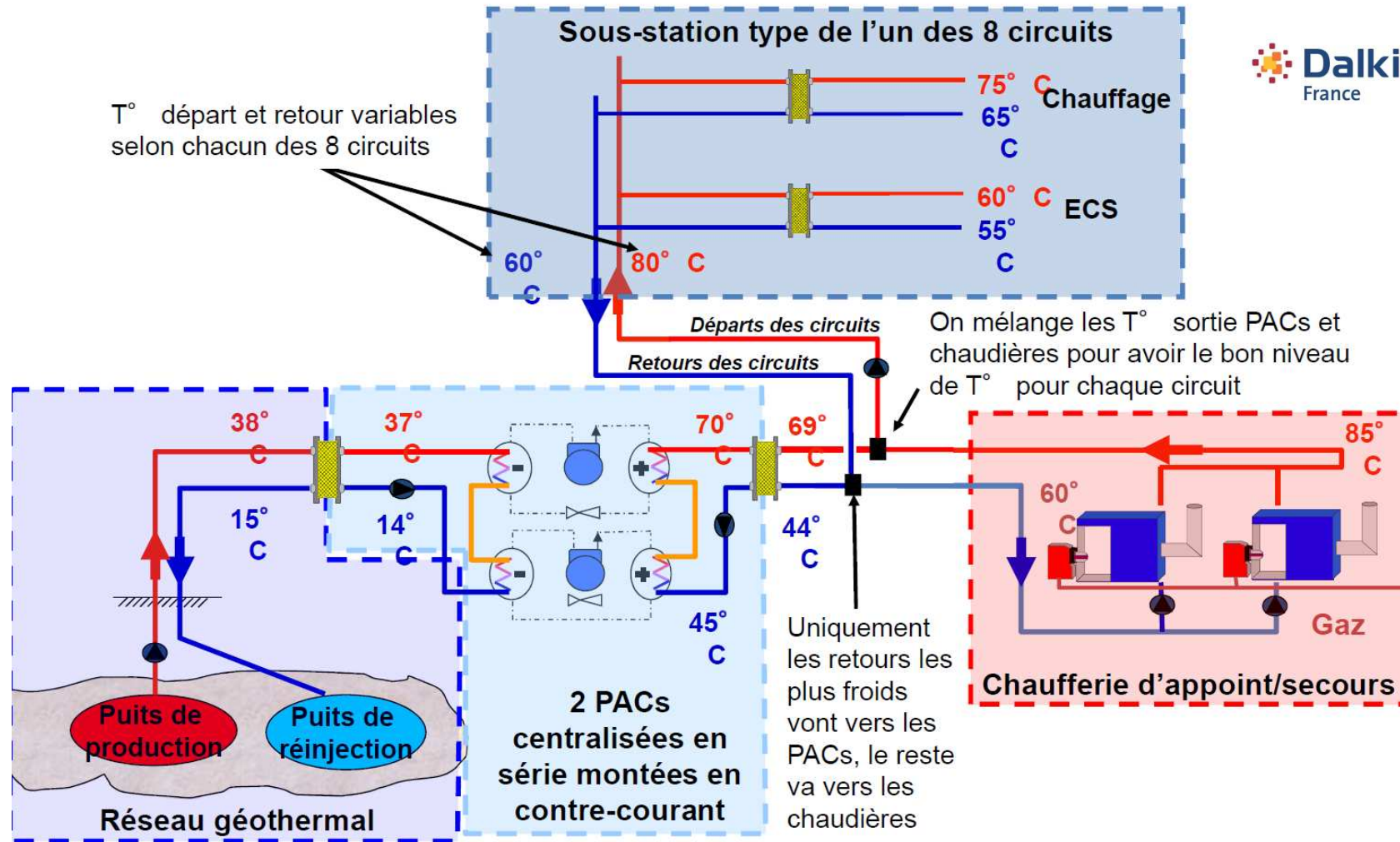


Quelques chiffres :

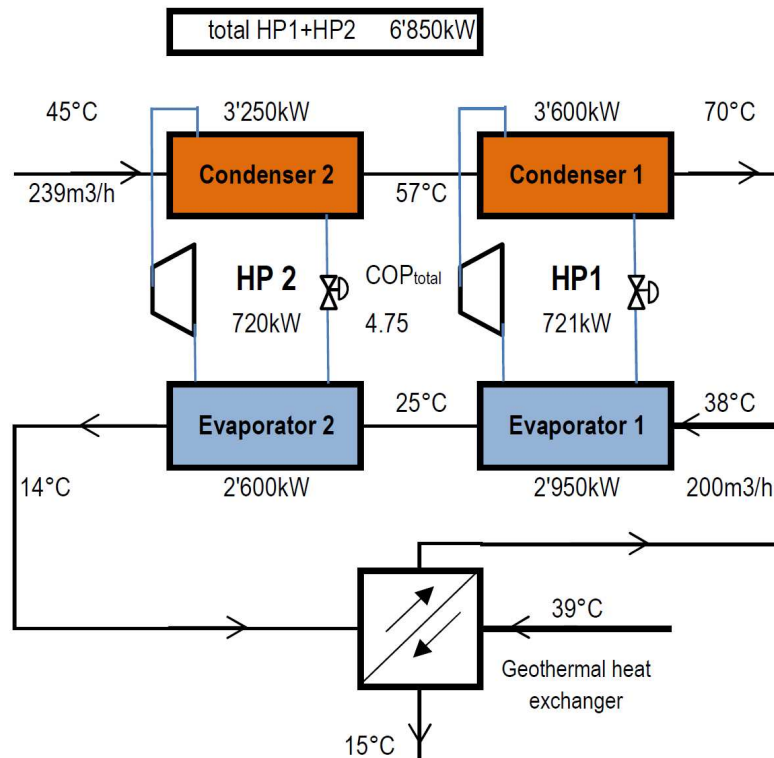
- Nb de logements : ~3500
- Surface : 217 000m²
- Nb de sous-stations : 34
- Doublet géothermique au Néocomien (prof 880-980 m)
 - Débit : 200m³/h
 - T° prod : 38°C,
 - T° réinjection : 15°C
- Process choisi : boucle géothermale avec pompes à chaleur centralisées
- 2 PACS de 3,4 MW chacune soit 6,8 MW avec un COP de 4,5
- COP global moyen annuel > 4,2
- 55% d'ENR
- 6000 t CO₂ évitées / an



Le Plessis-Robinson (Paris)



Le Plessis-Robinson (Paris)



	HP2	HP1
Cooling capacity	2'600kW	2'950kW
Evaporateur régime	25/14°C	38/25°C
Puissance calorifique	3'250kW	3'600kW
Condenseur régime	45/57°C	57/70°C
COP chaud	4.50	5.00
COP global	4.75	

Arrangement des PACs (Le Plessis Robinson).

Le Plessis-Robinson (Paris)

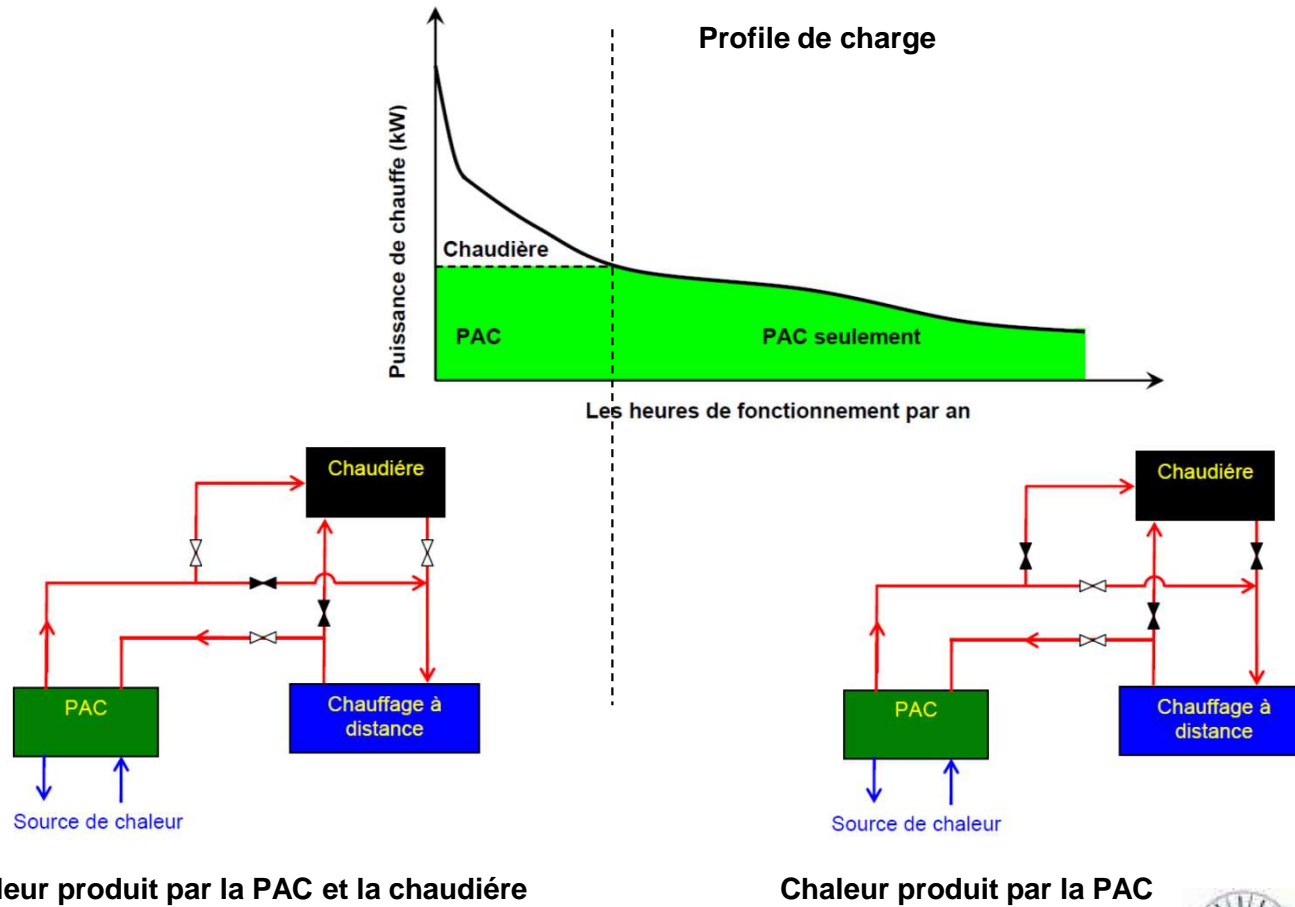


Installation des PACs sur site.

Conclusions



- Une PAC ne doit pas être surdimensionnée



Conclusions



- **Une PAC doit être parfaitement intégrée dans le système et le système doit tenir compte des limites de la PAC**
- **Tout rejet d'énergie peut être une source chaude pour une PAC**
- **Flexibilité dans les modes d'opération**
- **Les PACs à compression ont un fonctionnement sûr et fiable**
- **Haute disponibilité > 98%**
- **Une solution "tailor-made" garantit le meilleur rendement**



Je vous remercie de votre attention!

Leszek Wojtan (PhD)
Key Account Manager – Sales Department

FRIOTHERM AG
Zürcherstrasse 12
8401 Winterthur / Switzerland
Tel. +41-52-2623814
Fax +41-52-2623803
email: leszek.wojtan@friotherm.com

