

# LE RESEAU DE FROID URBAIN PARISIEN face aux problématiques environnementales



Présenté le 29 octobre 2009 par :  
**B. SENEJEAN**

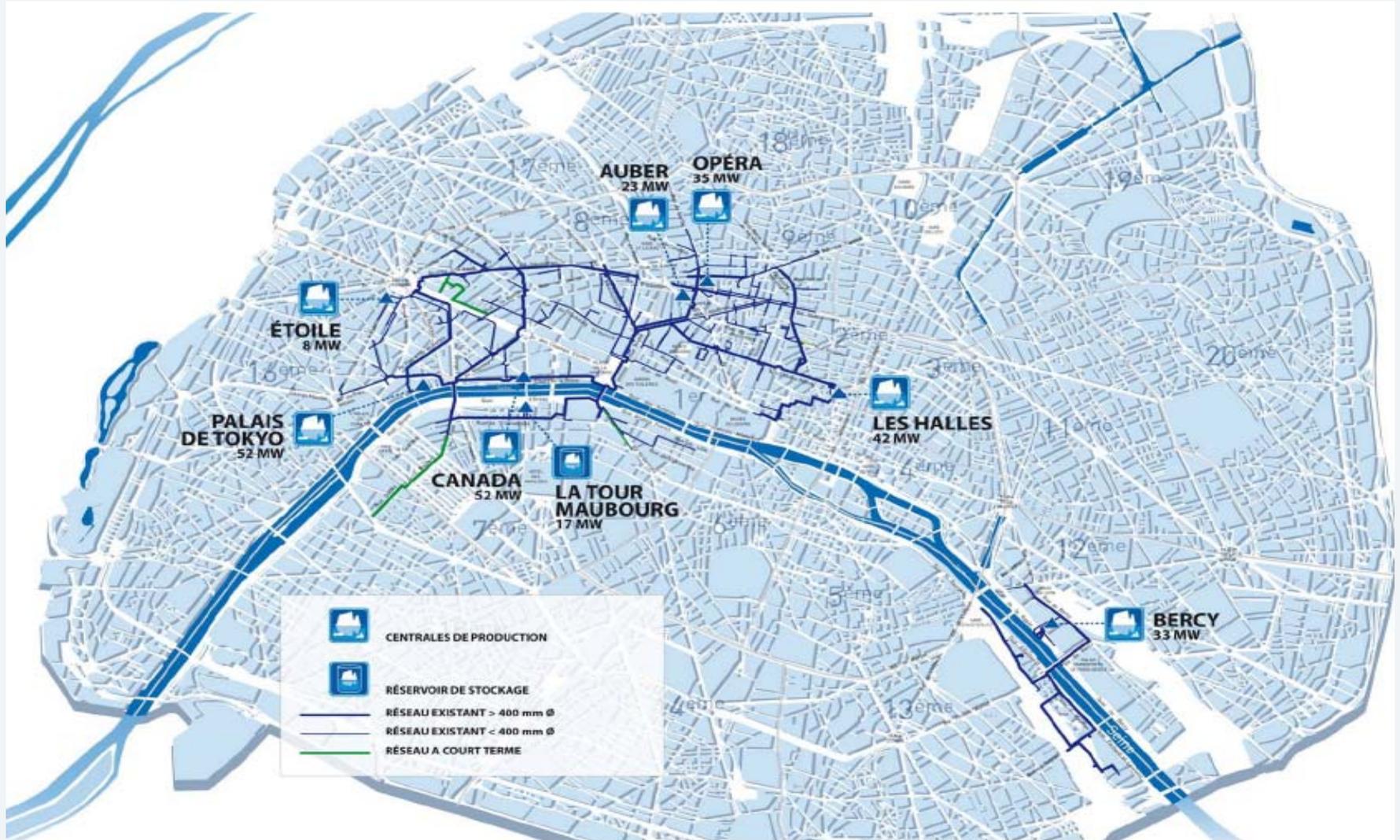
# SOMMAIRE

- **Présentation des réseaux de froid urbains**
  - Le dispositif Climespace
  - Principe de conception d'un RFU
  - Exemples de réalisation
- **Amélioration des performances énergétiques et environnementales**
  - Diminution des fuites en fluides frigorigènes
  - Mise en service progressive des sites refroidis par eau de Seine
  - Le froid renouvelable par eau de Seine
- **Comparaison avec des installations autonomes**

# Présentation des réseaux de froid urbain (RFU)



# Le dispositif exploité par Climespace

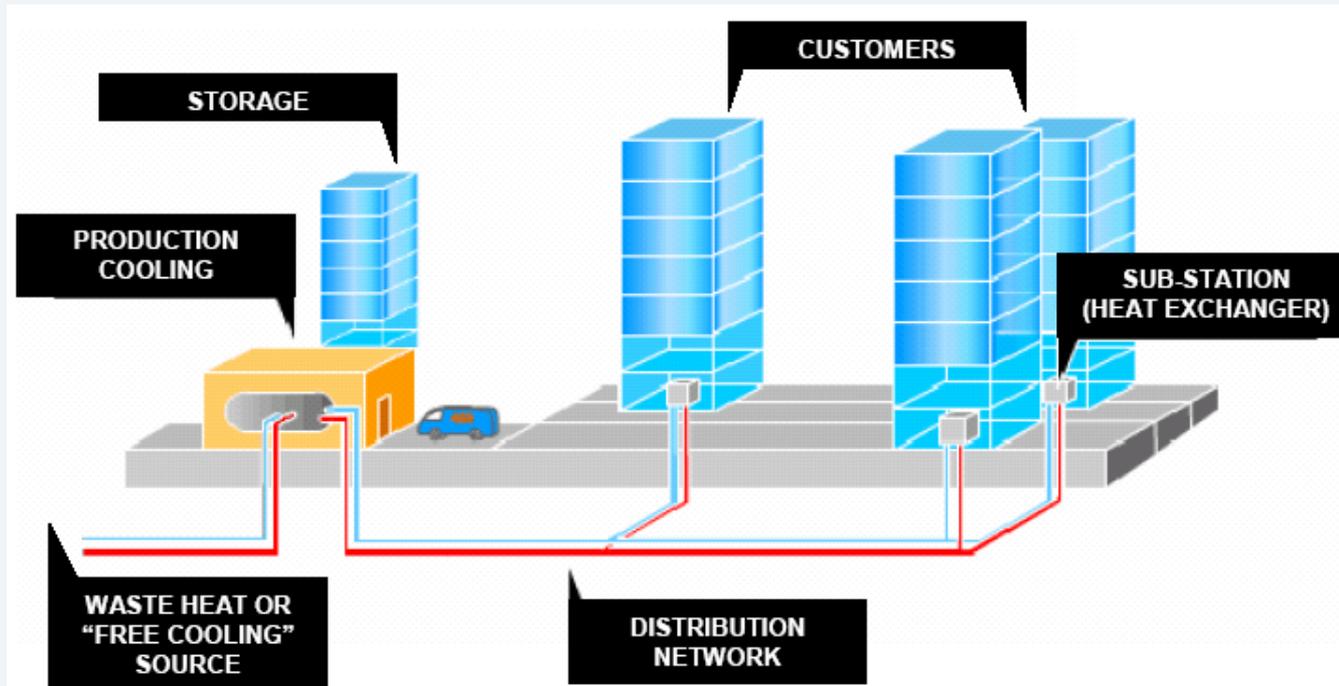


## Le dispositif exploité par Climespace

### QUELQUES CHIFFRES :

- Concessionnaire de la ville de Paris depuis 1991
- Plus de 70 km de réseau urbain
- 290 MW de puissance disponible à fin 2009
- Environ 20 MW raccordés chaque année au réseau
- 457 clients
- Plus de 400 GWh froid produits chaque année

## Principe de conception d'un RFU – Sites de production



- Sites de production
- Réseau de distribution
- Postes de livraison
- Stockages d'énergie

# Principe de conception d'un RFU – Sites de production

## ➤ Machines frigorifiques

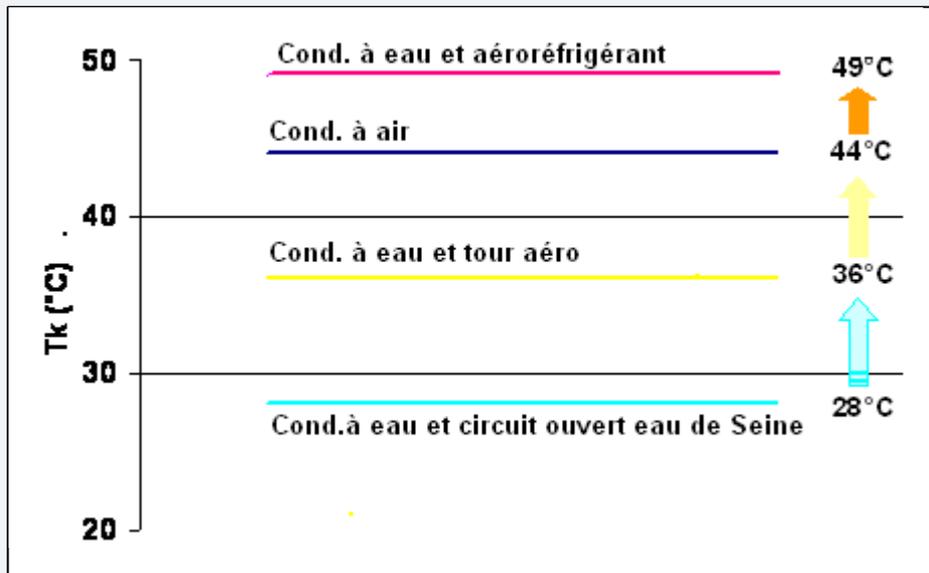
Technologie	refroidisseur à compression			Refroidisseur à absorption	
	Piston	vis	centrifuge	simple effet	double effet
Energie primaire	Energie mécanique	Energie mécanique	Energie mécanique	Eau chaude ( de 65°C à 80°C)	Vapeur ou gaz (170°C ou plus)
COP	4 à 6	4 à 6	<5,5	0,6 à 0,75	1,2
Gamme de puissance (MW)	0,1 à 0,5	0,3 à 7	0,5 à 25	0,1 à 5,8	0,1 à 5,3
Surface au sol (m <sup>2</sup> /MW)	0,6 à 16	0,6 à 16	0,6 à 16	10 à 30	10 à 30

- **Manque de compacité des machines à absorption**
- **Périmètre de la concession de service public**
- **Limites de fonctionnement pour les températures de condensation en hiver**

**Les machines centrifuges sont représentées majoritairement**

## Principe de conception d'un RFU – Sites de production

### ➤ Refroidissement



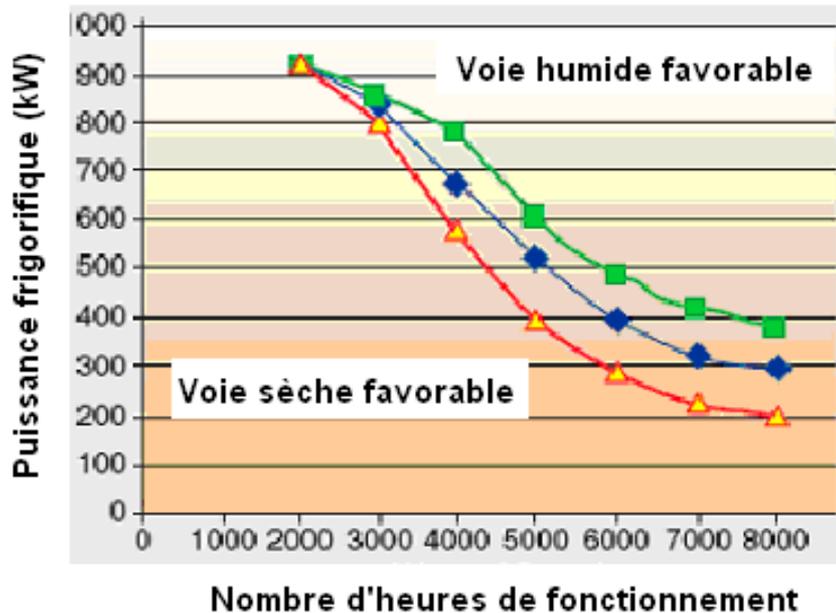
- Risque sanitaire
- Performances
- Consommations d'eau
- Réglementation
- Surface disponible

- Le choix technologique influence fortement la température de condensation et les performances globales du système

Impact sur les performances des GRL: environ 3,5 % par degré

## Principe de conception d'un RFU – Sites de production

### ➤ Refroidissement (2) - Méthode globale



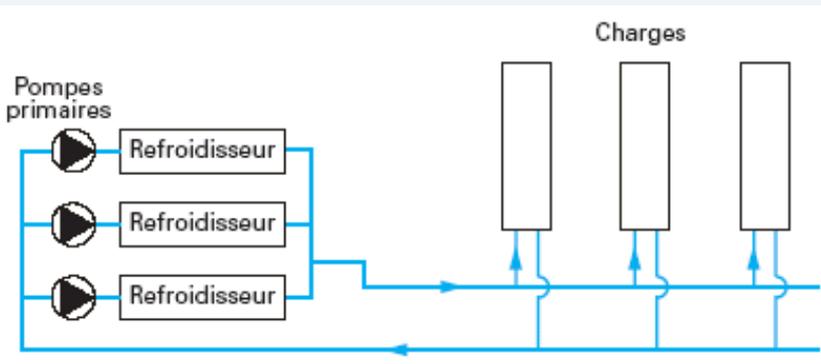
- Définition d'un seuil de rentabilité
- période de 15 ans
- Deux paramètres
  - Nbre d'heures de fonctionnement
  - Puissance frigorifique

**Au delà de 900kW, la voie humide est la plus économique**

## Principe de conception d'un RFU – Sites de production

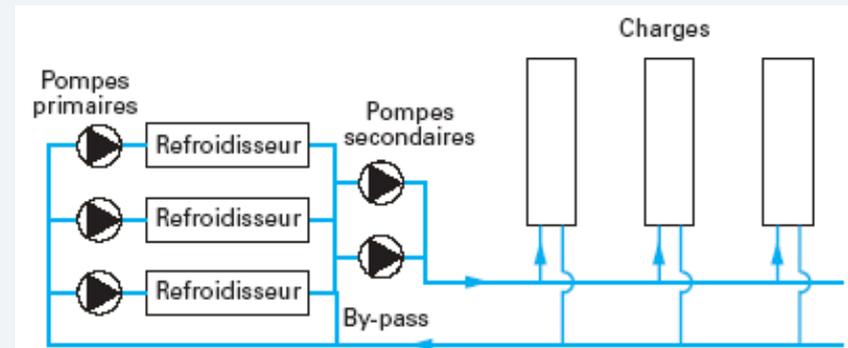
### ➤ Distribution de l'eau Glacée

#### • Pompage centralisé



- Coût
- Débit étagé sur le réseau distribution

#### • Pompage primaire et secondaire



- Fonctionnement souple
- Nécessité d'un découplage hydraulique
- Maîtrise des températures de retour

**Le pompage primaire et secondaire est le système le plus adapté**

## Principe de conception d'un RFU – postes de livraison

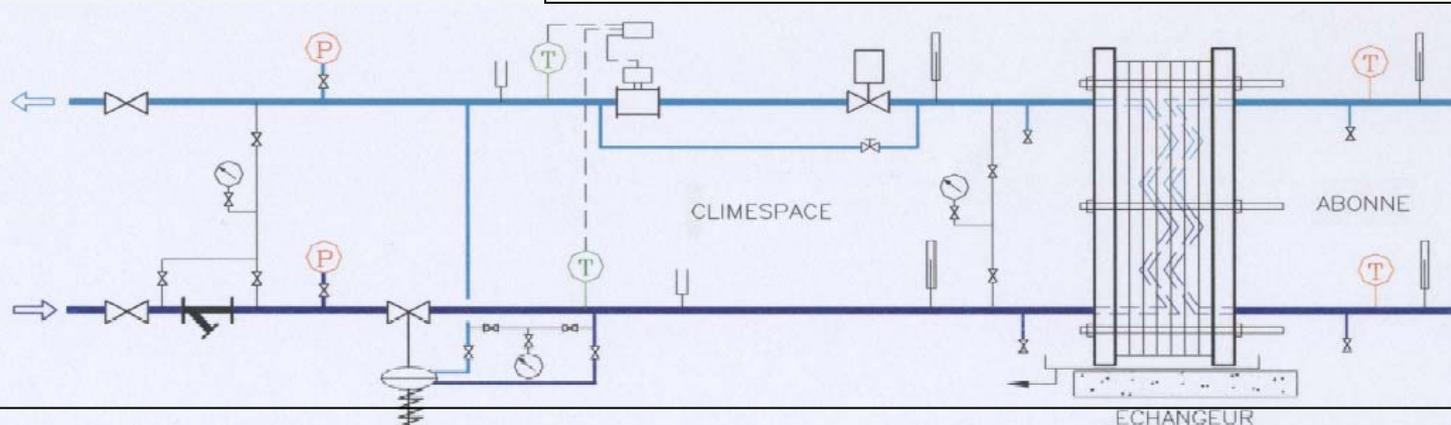
### ➤ Livraison

- Raccordement direct

- Faible Coût
- Adapté aux réseaux de puissance <20MW
- Limite de propriété
- Pression de service

- Raccordement indirect

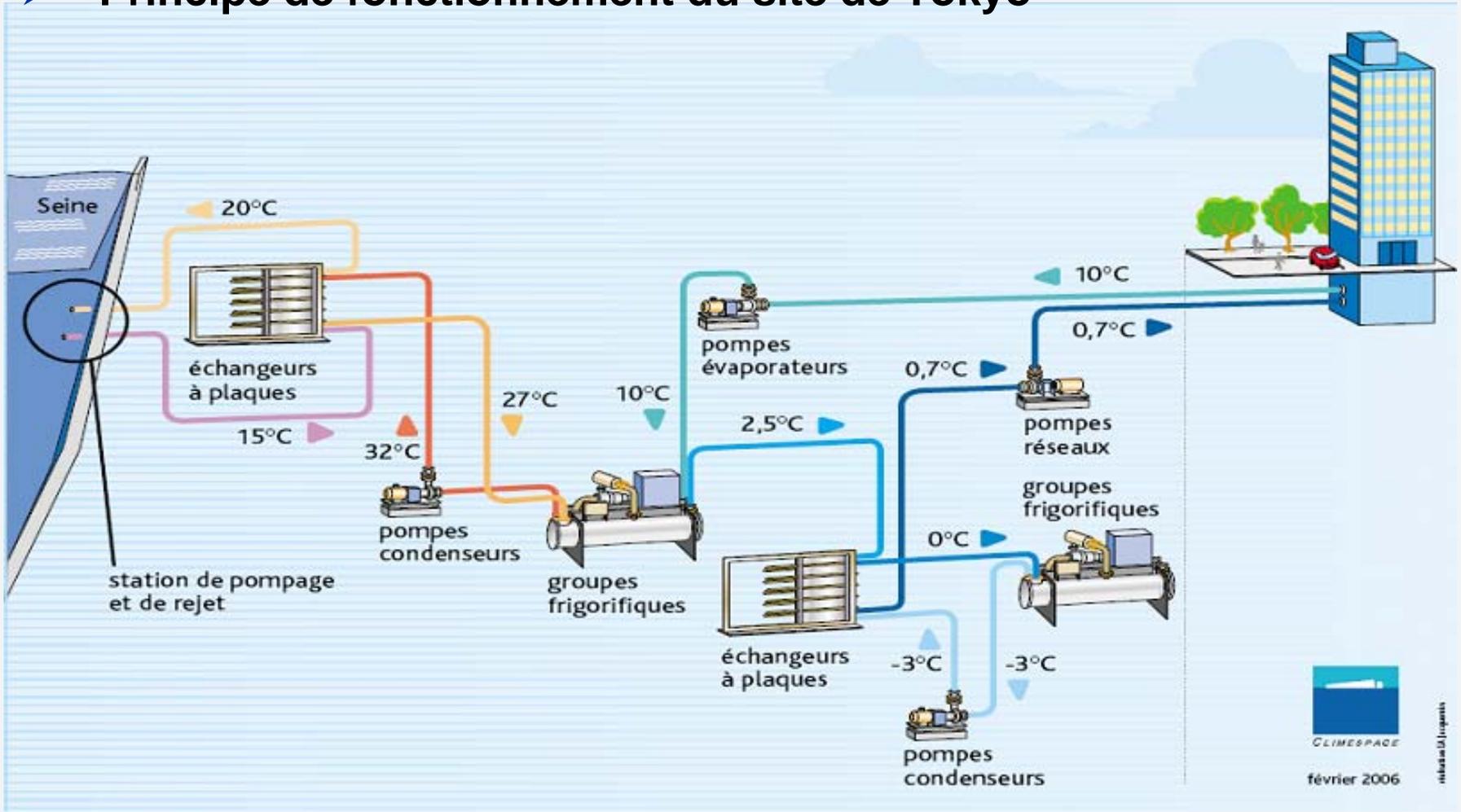
- Pertes énergétiques du fait du pincement
- Fiabilisation de la distribution
- Stratégie de régulation du réseau



**Le raccordement indirect est à privilégier dans la plupart des cas**

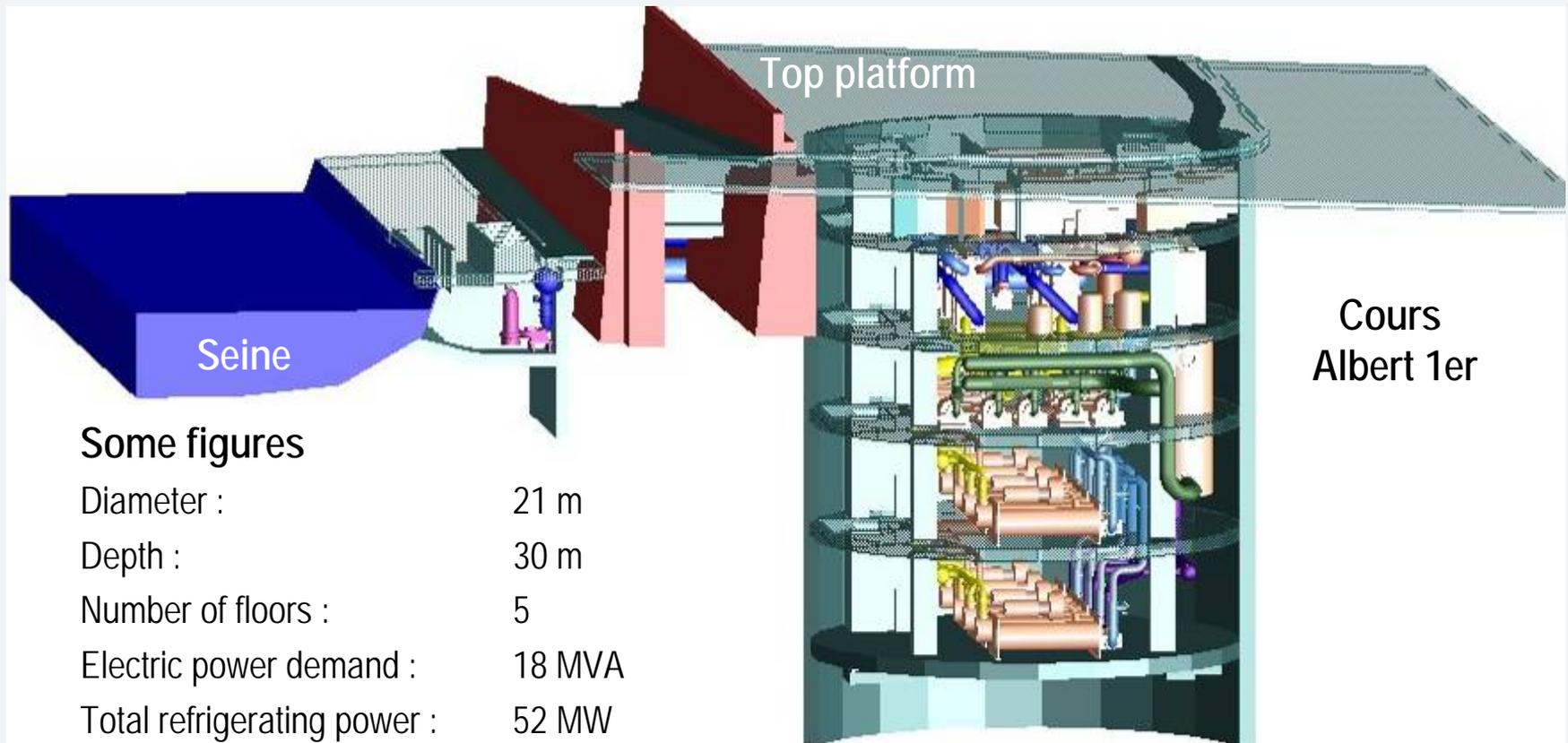
# Exemple de réalisation

## ➤ Principe de fonctionnement du site de Tokyo



## Exemple de réalisation

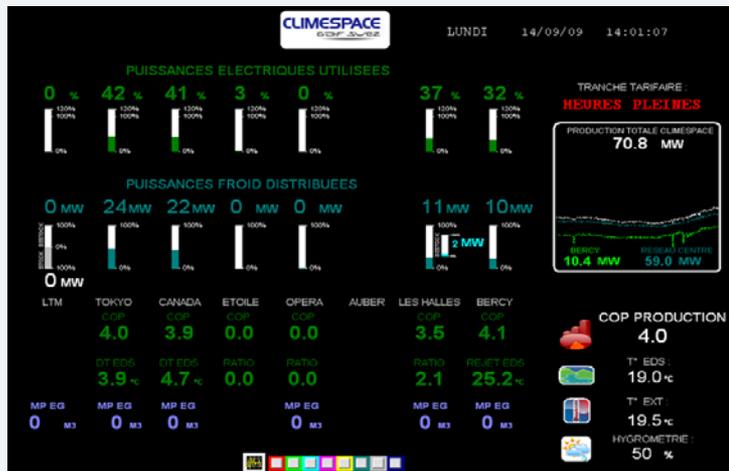
### ➤ Site de production des invalides – Centrale Canada – 52MWf



# Exemple de réalisation

## Conduite centralisée :

- Surveillance en temps réel des paramètres
- Toute l'année et 24h/24



COP =

Puissance frigorifique

Puissance électrique

# Amélioration des performances environnementales et énergétiques

- **Trois exemples**

- Diminution des fuites en fluides frigorigènes
- Mise en service progressive des sites refroidis par eau de Seine
- Le froid renouvelable par eau de Seine



# Amélioration des performances environnementales et énergétiques

## Bilan CO<sub>2</sub> d'une installation de production d'eau glacée

### ➤ TEWI

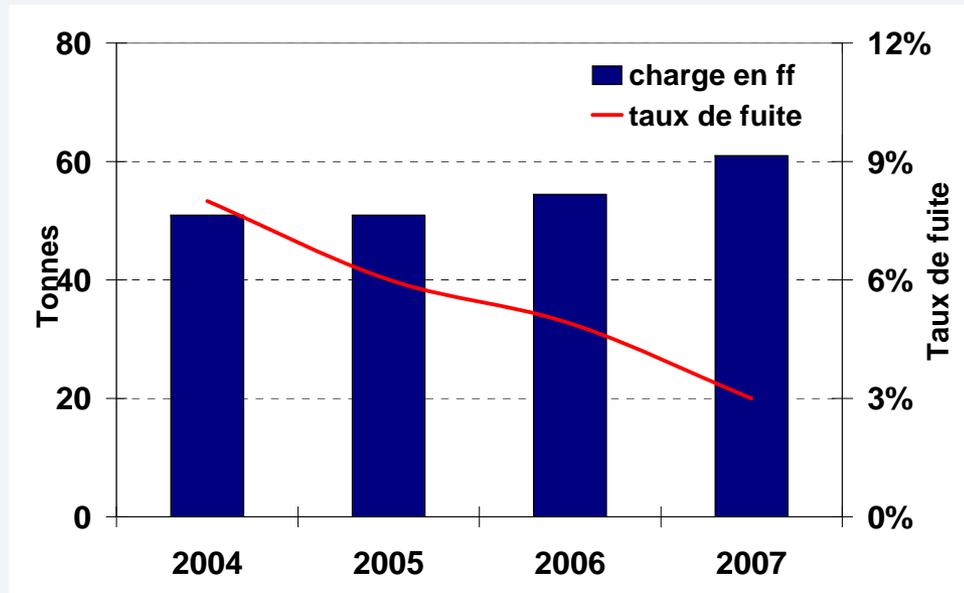
$$Em = Em_{directes} + Em_{indirectes}$$

### ➤ Effet direct

Réfrigérant	Type	GWP	ODP	Quantité	Répartition
R12	CFC	8500	0.9	0 kg	0%
R22	HCFC	1700	0.05	234 kg	0.36%
R123	HCFC	93	0.02	2 200 kg	3.5%
R134a	HFC	1300	0	60 989 kg	96.14%

## Amélioration des performances – diminution du Taux de fuite

### ➤ Effet direct (suite)



- Forte diminution du taux de fuite depuis quatre ans
- Maintenance renforcée + conception
- Effet de l'augmentation de la charge

**Le taux de fuite moyen sur quatre années: 5,25%**

## Amélioration des performances – TAR vers EDS

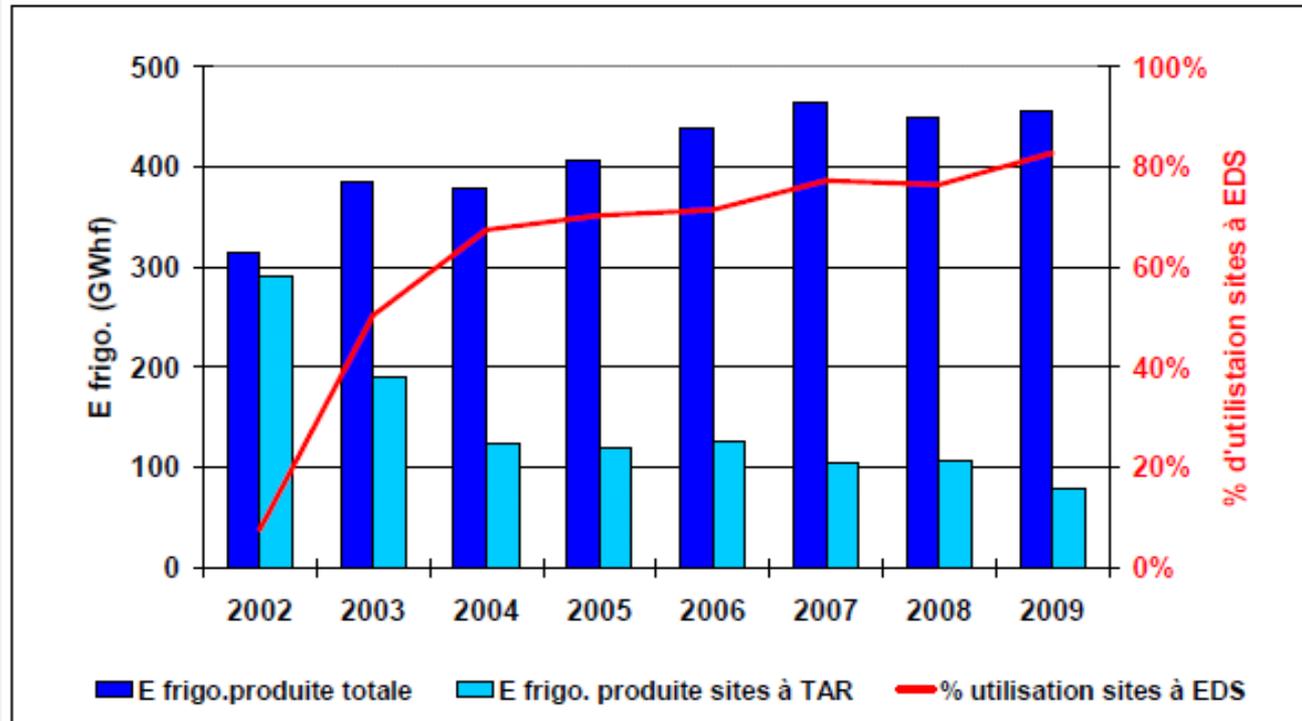
### Synthèse des actifs de production - janvier 2009

Centrales de production	Puissance installée	T° distribution	Refroidissement
	MW	°C	
Canada	52	2	EDS
Tokyo	52	0,5	EDS
Bercy	44	3	EDS
Les Halles	42	2	TAR
Opéra	35	4	TAR
Etoile	8	3	TAR
LTM	17		STK
<b>Total/T° moy/ratio</b>	<b>250</b>	<b>2,2</b>	<b>59%EDS</b>

**Développement axé sur l'utilisation de sites refroidis à EDS en base de production**

## Amélioration des performances – TAR vers EDS

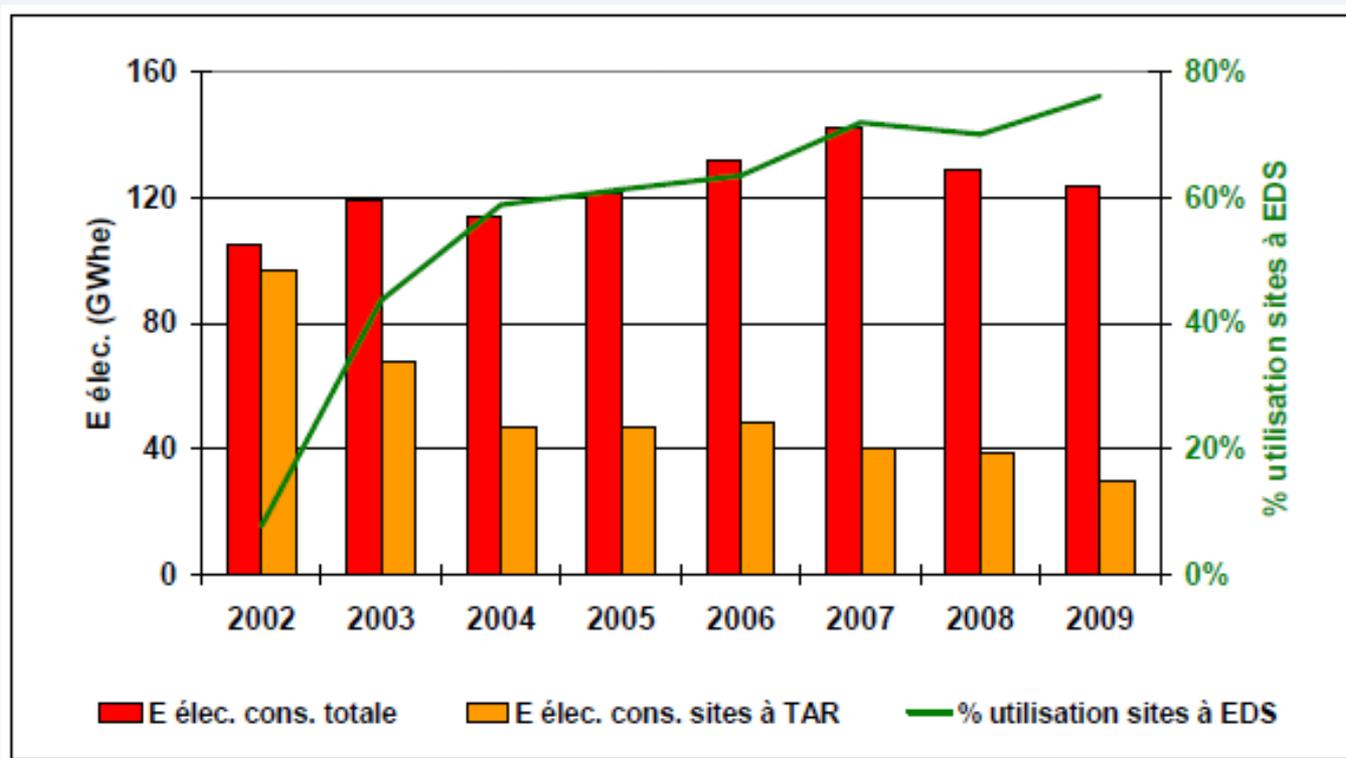
### Impact sur la production d'énergie frigorifique



De **5% EDS** en 2002 à **83% EDS** en 2009

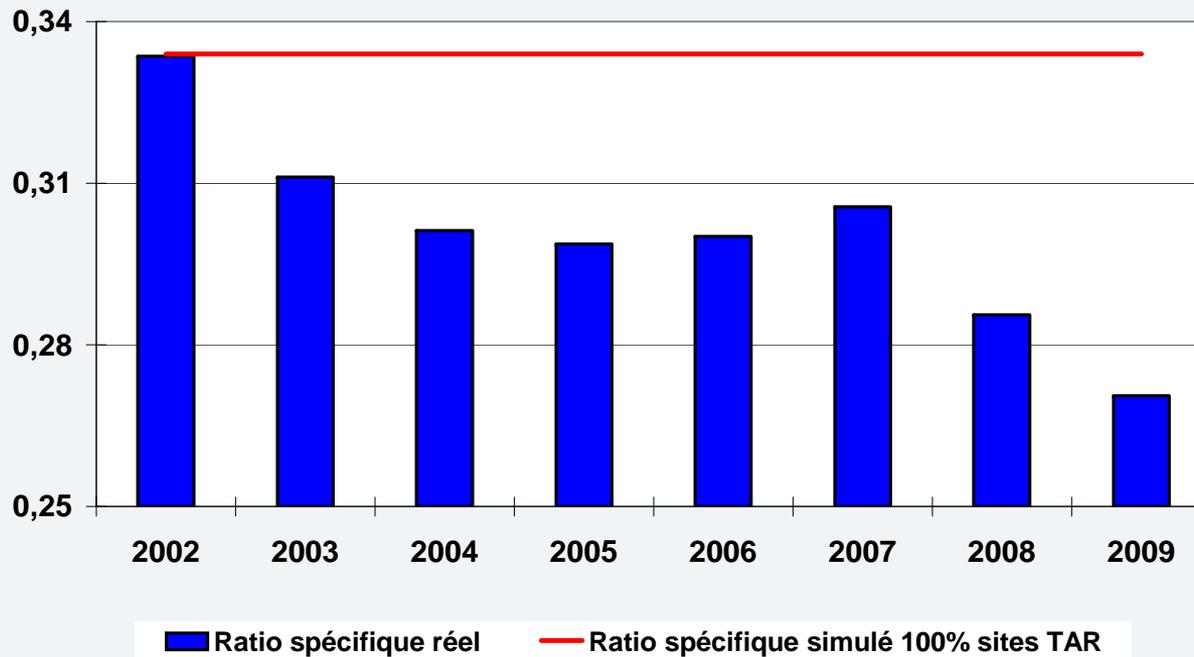
## Amélioration des performances – TAR vers EDS

### Impact sur la consommation d'électricité



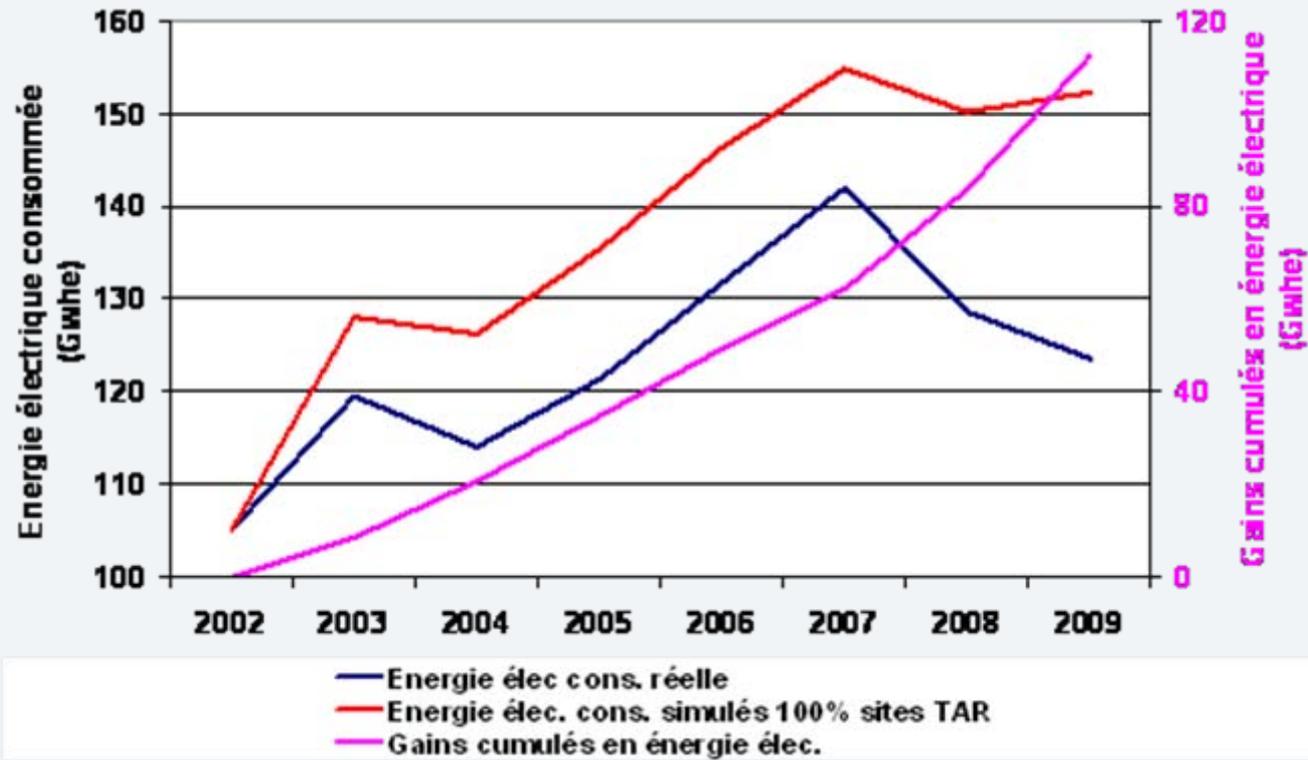
## Amélioration des performances – TAR vers EDS

### Évolution des performances énergétique



## Amélioration des performances – TAR vers EDS

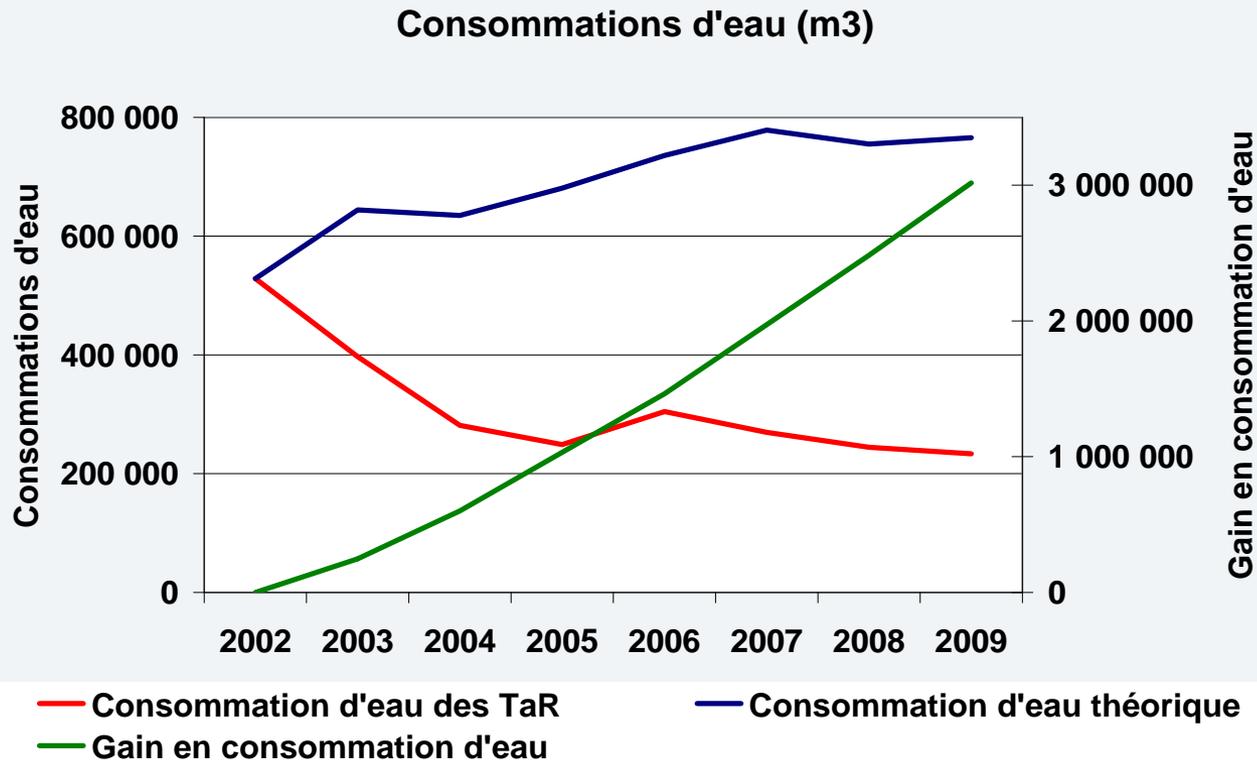
### Réduction des consommations d'électricité



120GWh de consommation d'électricité évitée

# Amélioration des performances – TAR vers EDS

## Diminution des consommations d'eau



**3 millions de m3 d'eau potable**

## Amélioration des performances – TAR vers EDS

### Autres avantages

#### Pour les clients :

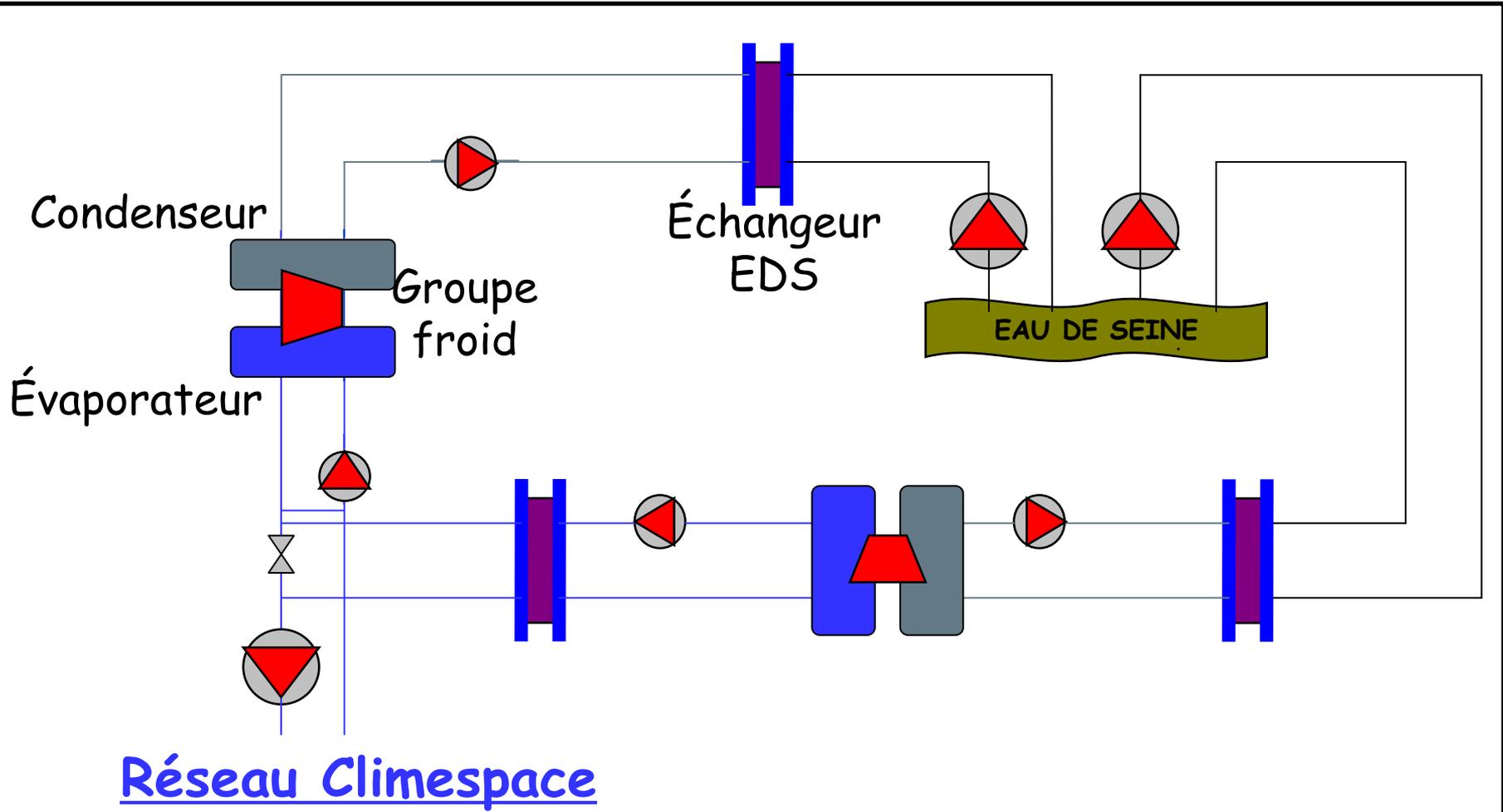
- Suppression des risques sanitaires
- Gain de place
- Fiabilité
- Simplicité d'exploitation
- Suppression du bruit

#### Pour la collectivité :

- Efficacité énergétique optimisée
- Limitation des panaches
- Préservation de l'esthétique et de l'architecture

## Amélioration des performances – Froid renouvelable

### ➤ PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU FREE-COOLING A TOKYO



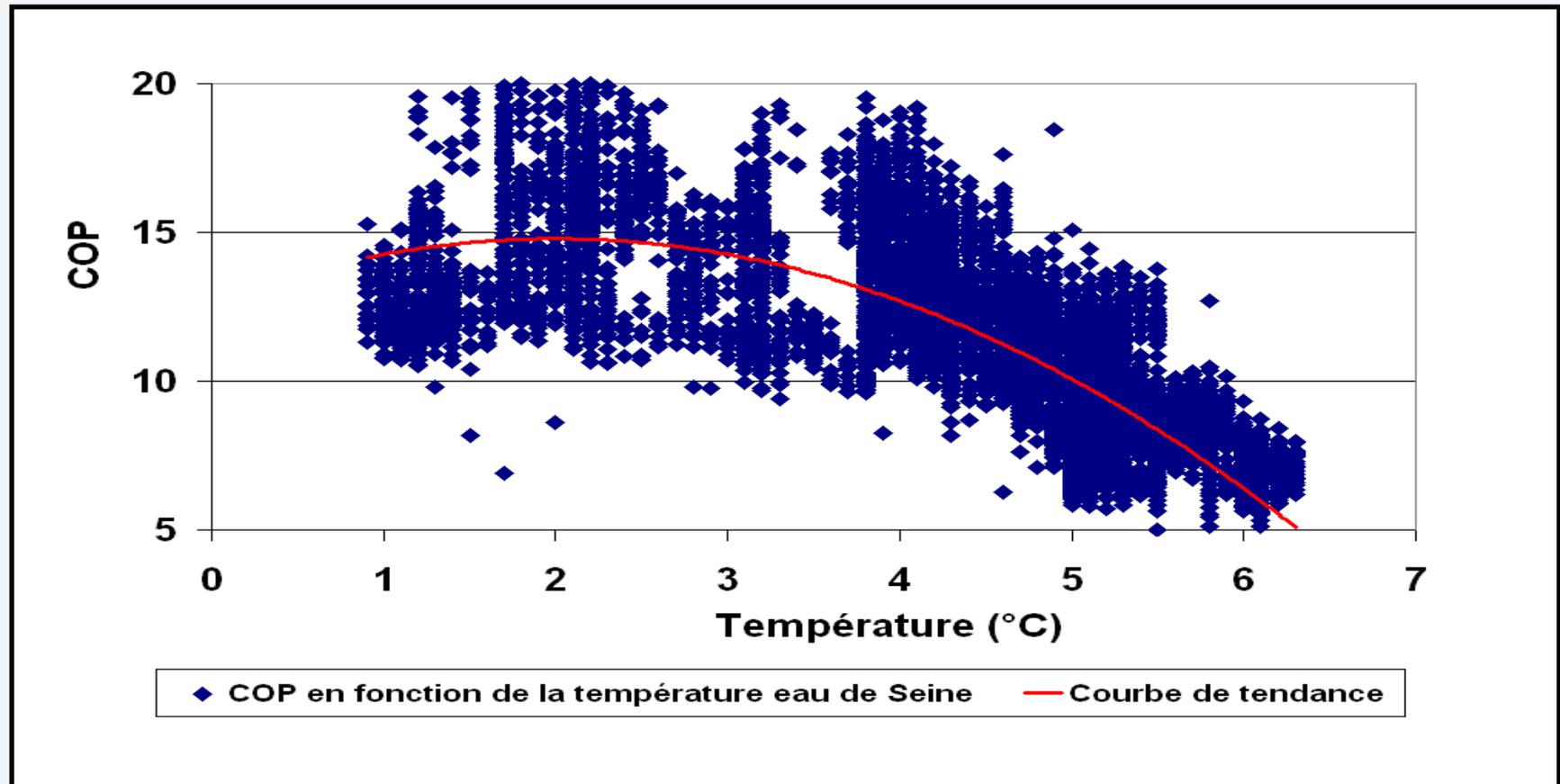
## Amélioration des performances – Froid renouvelable

### Dimensionnement

	FREE COOLING PUR	FREE COOLING AVEC ABAISSEMENT
TOKYO	28 MW	36,7 MW
BERCY	5,1 MW	7,7 MW

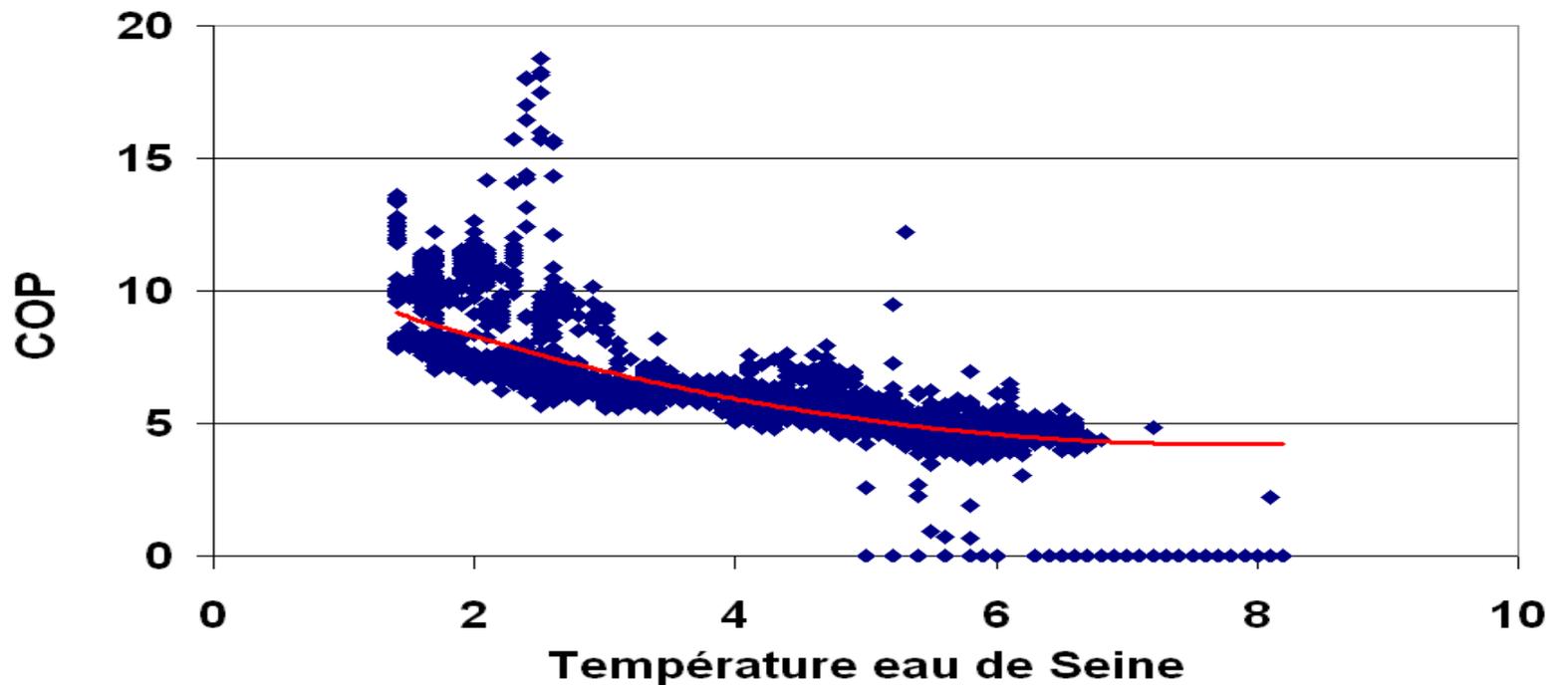
## Amélioration des performances – Froid renouvelable

### ➤ SITE DE BERCY – PERFORMANCES EN FREE-COOLING PUR



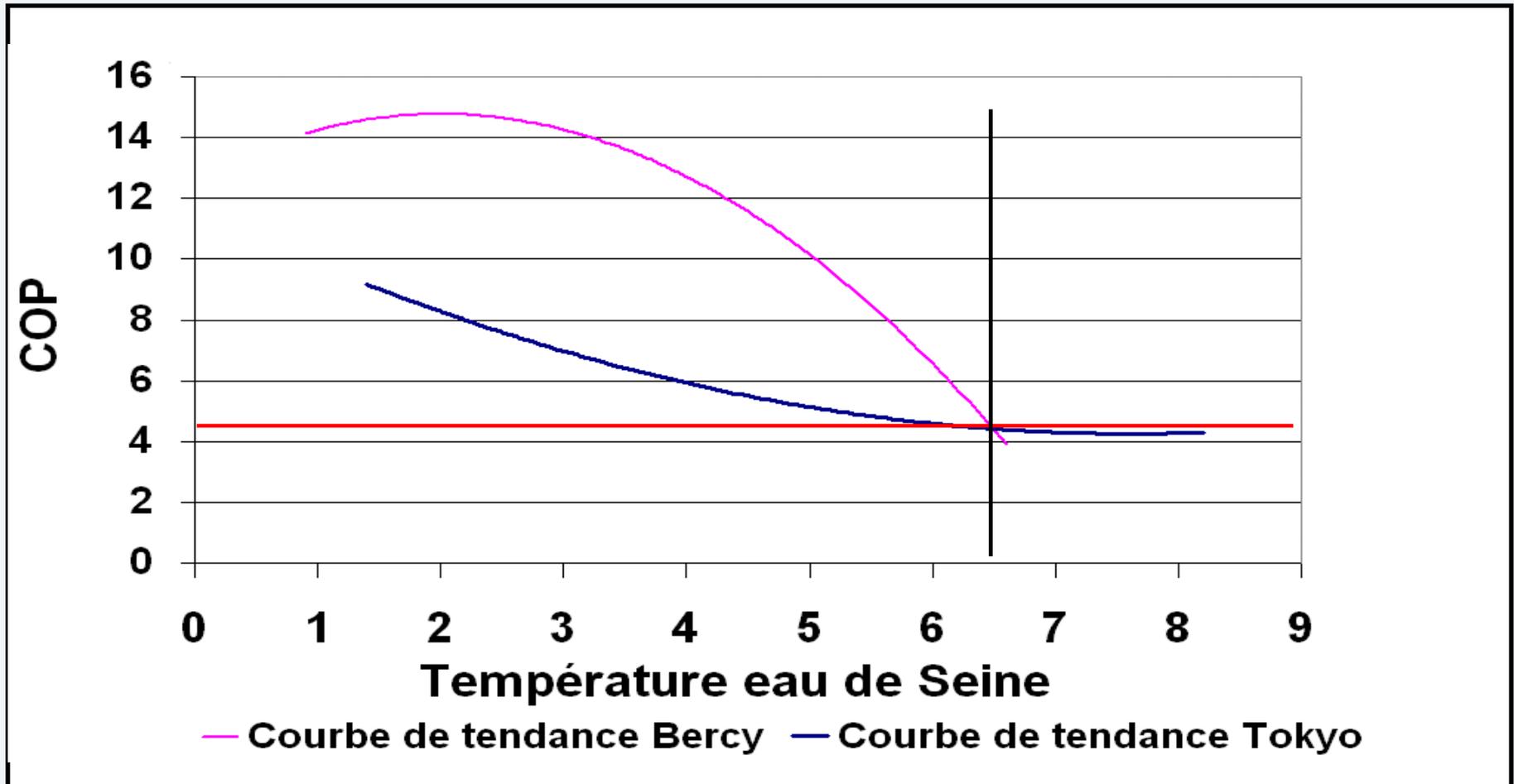
## Amélioration des performances – Froid renouvelable

### ➤ SITE DE TOKYO – PERFORMANCES EN FREE-COOLING PUR

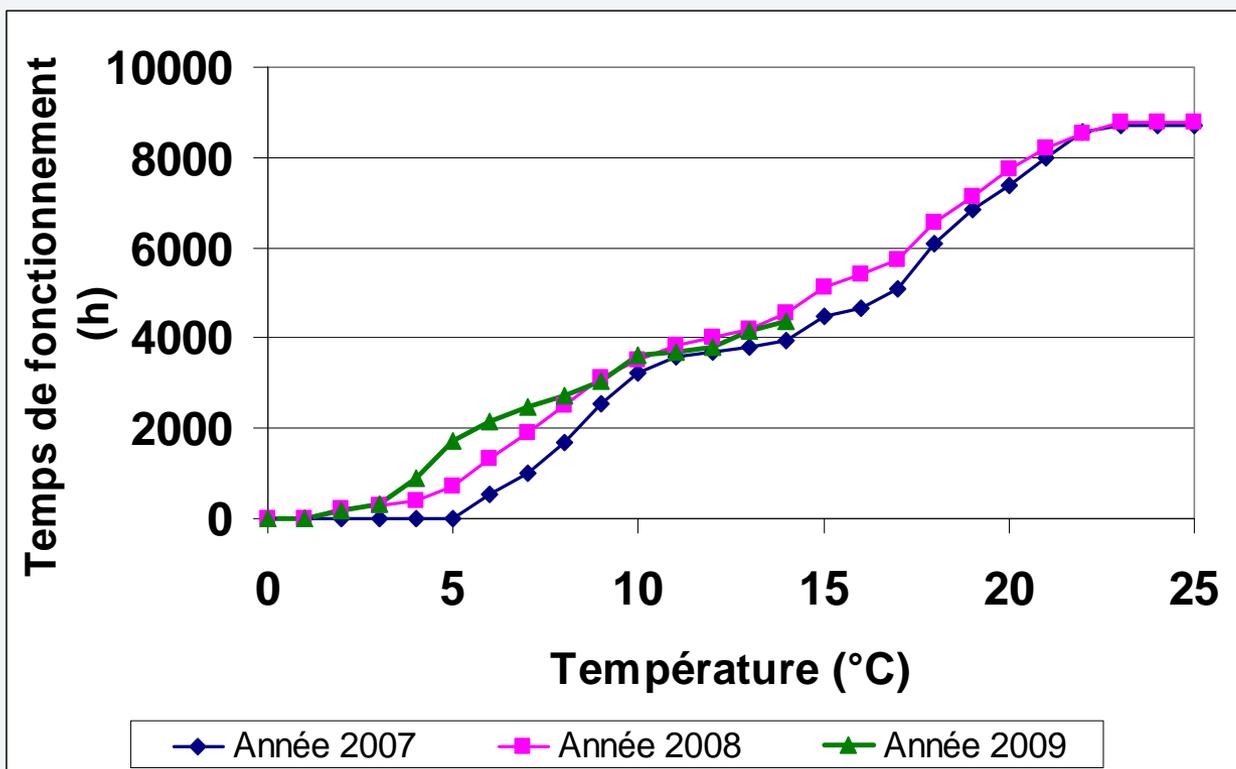


◆ COP en fonction de la température eau de Seine — Courbe de tendance

## Amélioration des performances – Froid renouvelable



## Amélioration des performances – Froid renouvelable



En 2007, 337h <6°C

0h <5°C

En 2008, 730h <6°C

577h <5°C

En 2009, 1729h <6°C

1068h <5°C

## Évaluation d'un RFU – Performances énergétiques

- **Voies d'amélioration – Free-cooling « eau de Seine »**
  
- **Retour d'expérience sur le site de Bercy pour l'hiver 08/09**
  - 500MWh économisés
  - 50.000 Euros d'électricité
  - Temps de retour sur investissement de 6 ans
  
- **Retour d'expérience sur le site de Tokyo pour l'hiver 08/09**
  - 1GWhe économisés
  - 60.000 Euros d'électricité

**Diminution de 1,2% des consommations annuelles en électricité**

## Amélioration des performances

### **AUTRES voies d'améliorations :**

- **Augmentation des températures de livraison**
- **Nouvelle centrale refroidie par la Seine au musée du Louvre**
- **Stockage souterrain de froid renouvelable**
- **Production combinée chaud / froid**
- **Utilisation de vapeur issue d'UIOM**