



# Mastère CréaCity

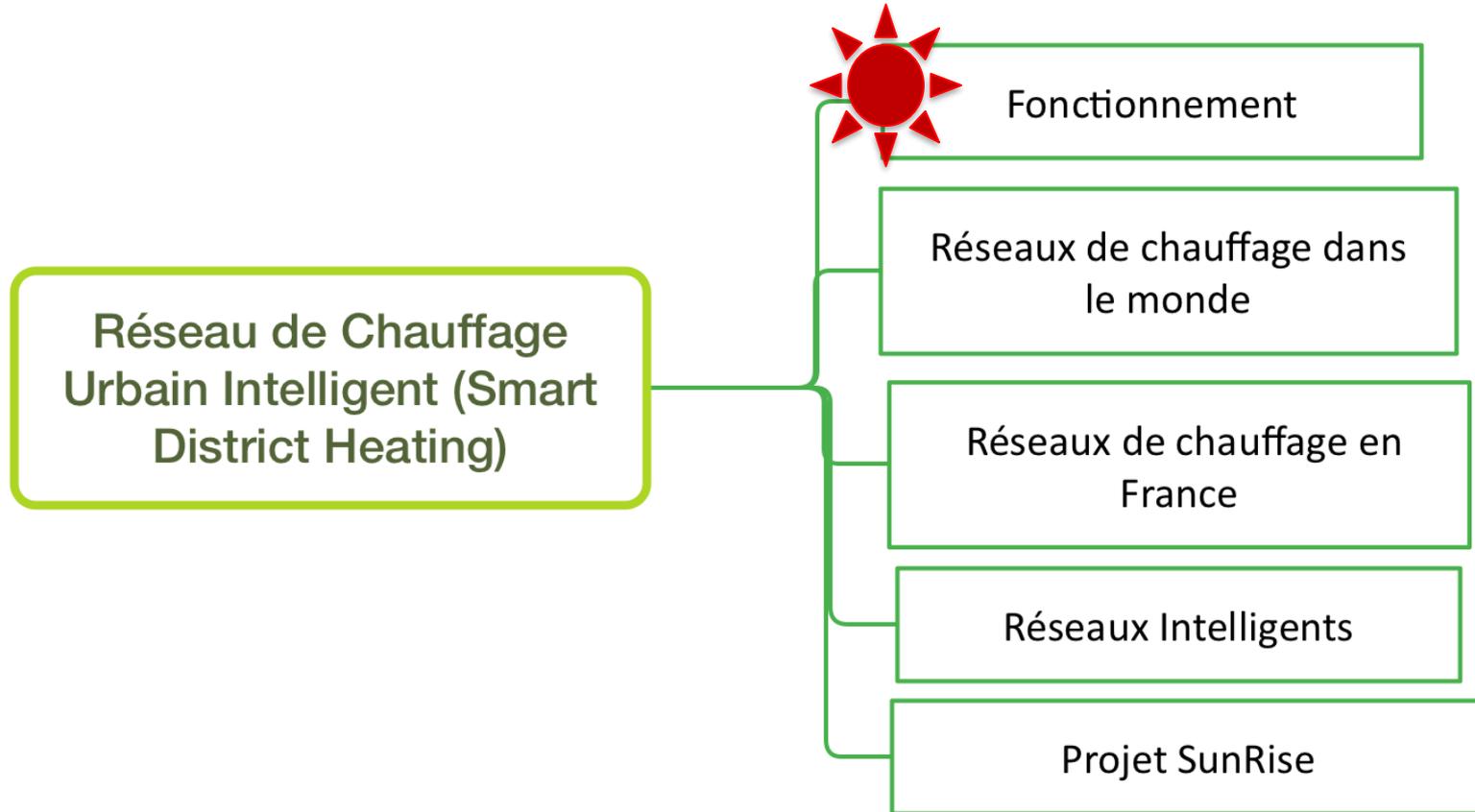
## Cours « Smart City »

# Chapitre 5: Système de chauffage Urbain Intelligent

Professeur Isam Shahrour



# Plan du cours



Logements



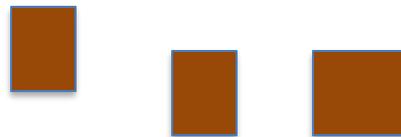
Quartier/ville



**Fournir de l'énergie pour chauffer ou refroidir ?**

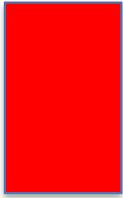


Bâtiments Industriels



Bureaux, service

Logements



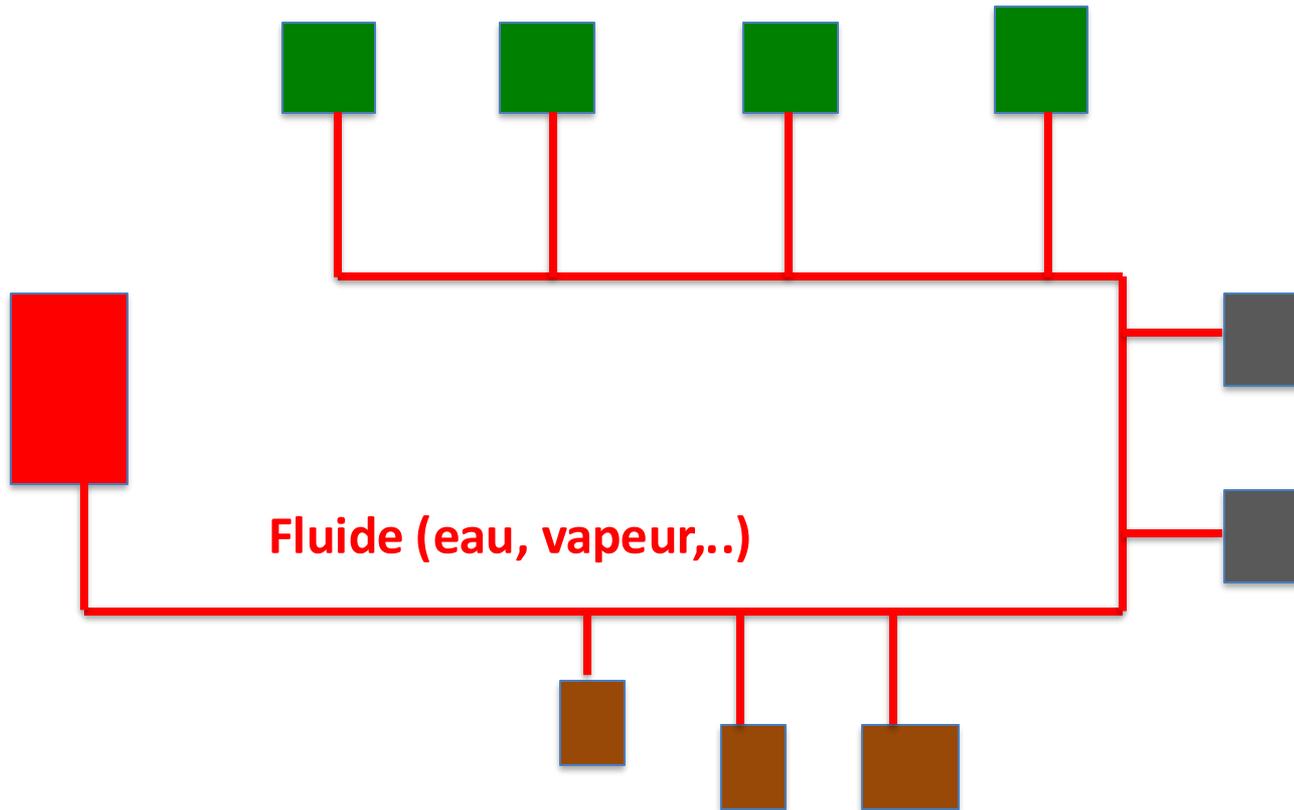
**Centre de production  
de l'énergie**

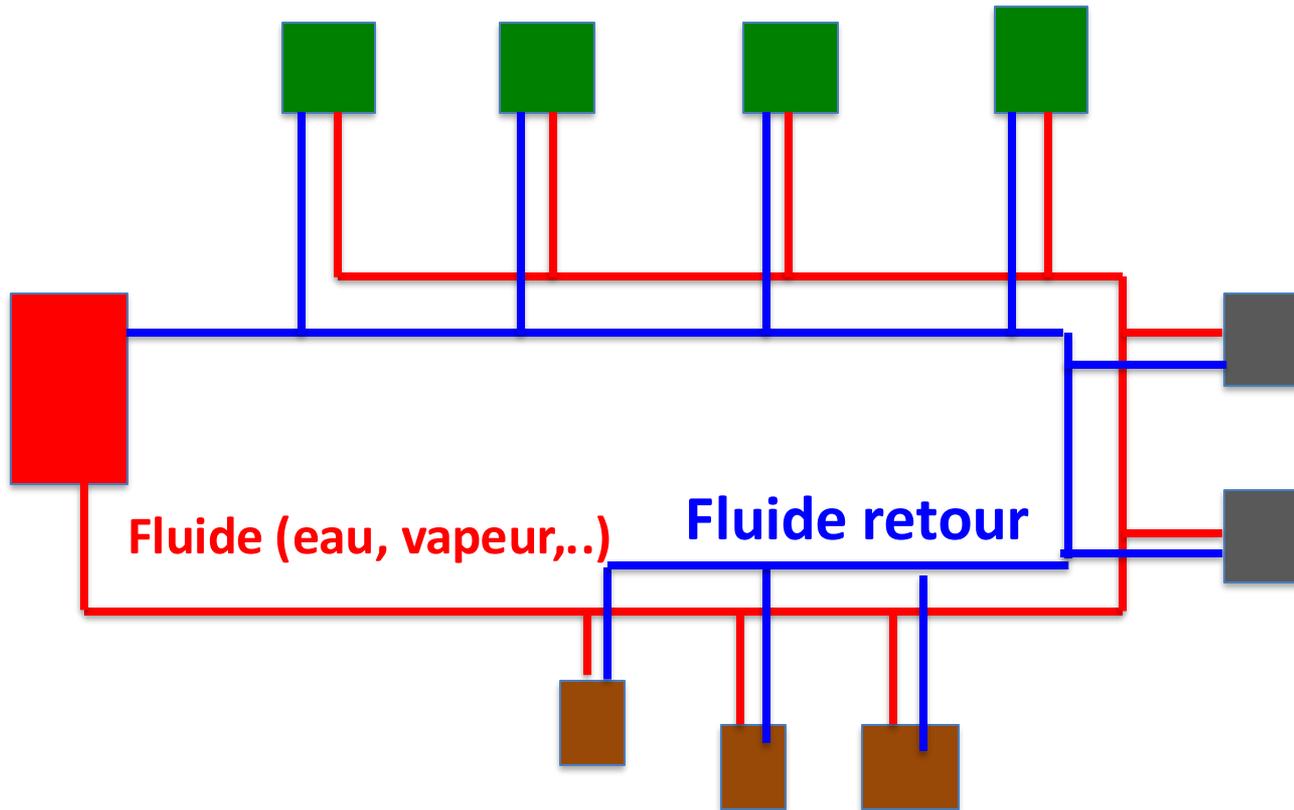


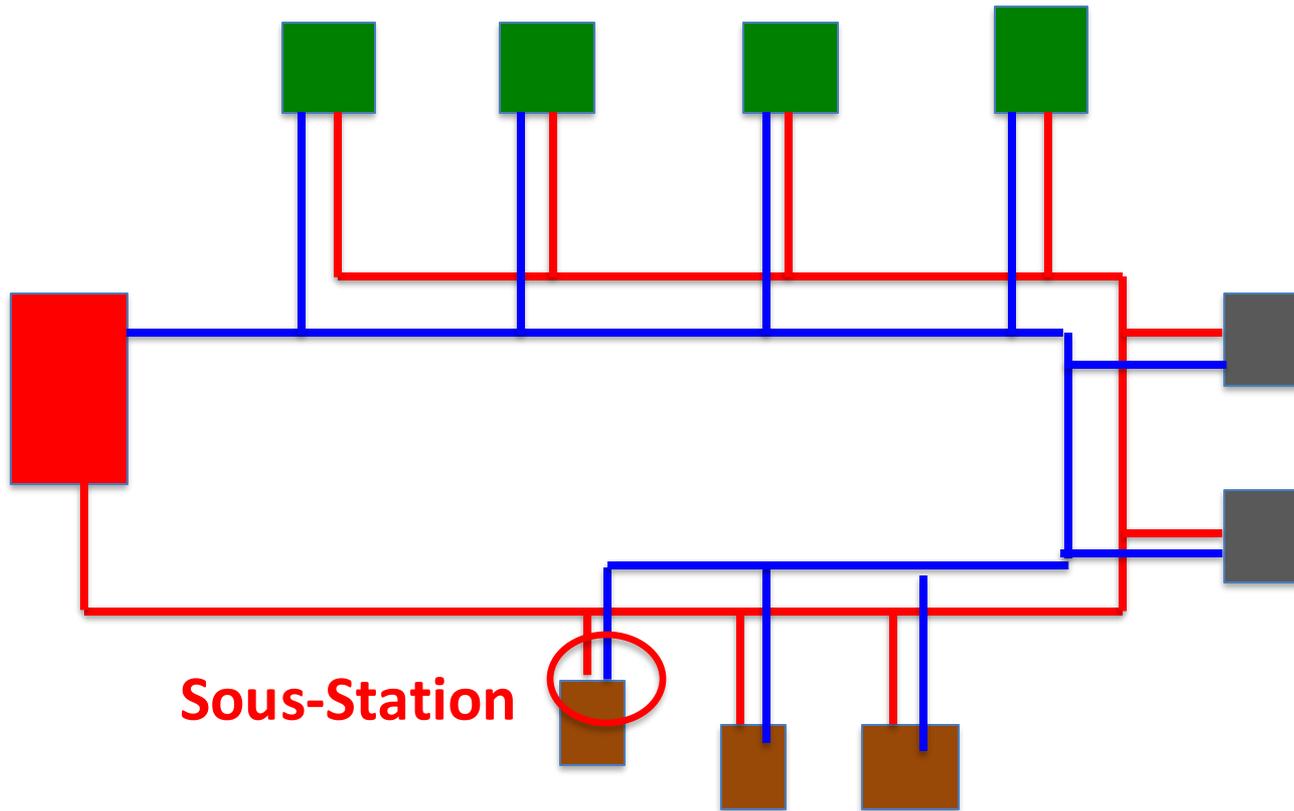
Bâtiments Industriels

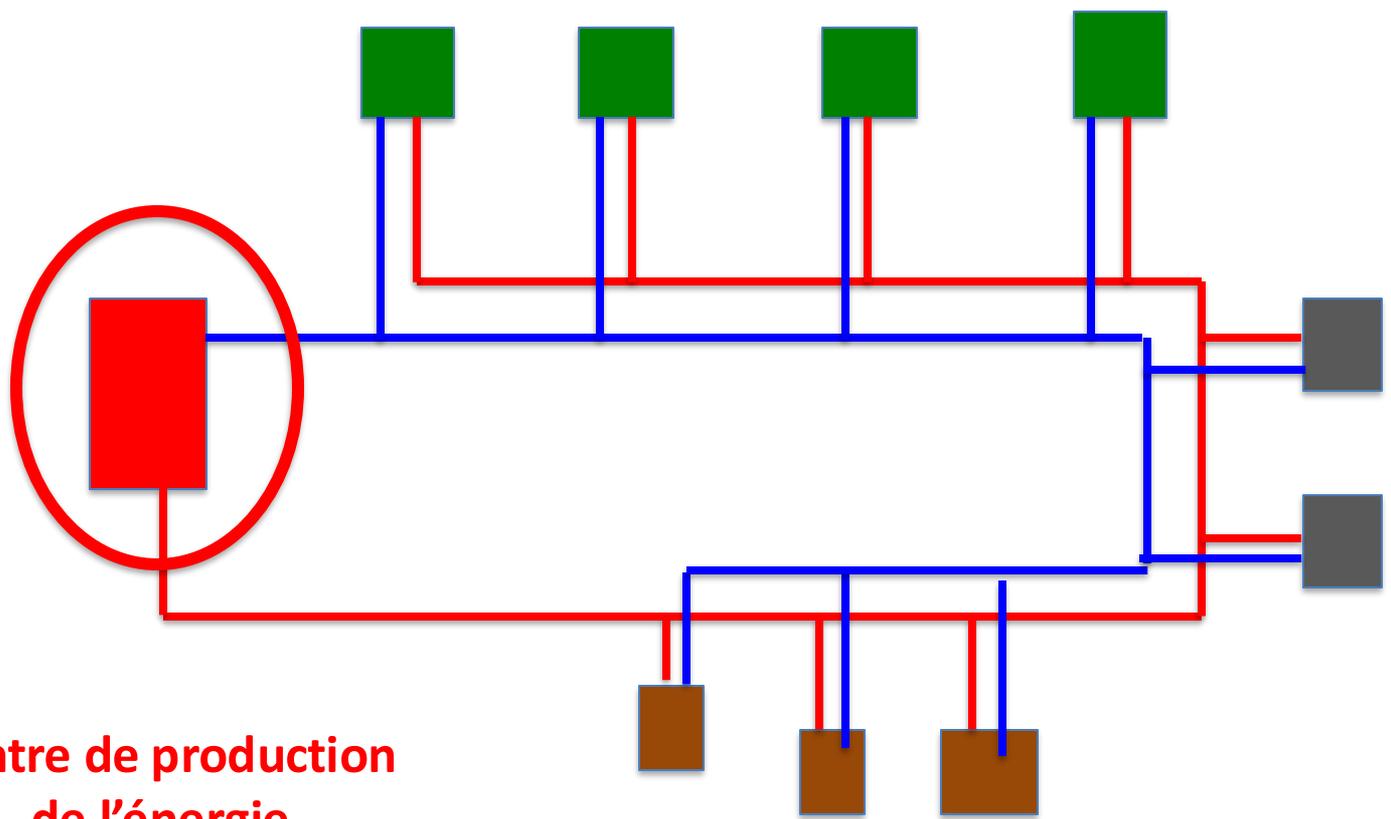


Bureaux, service

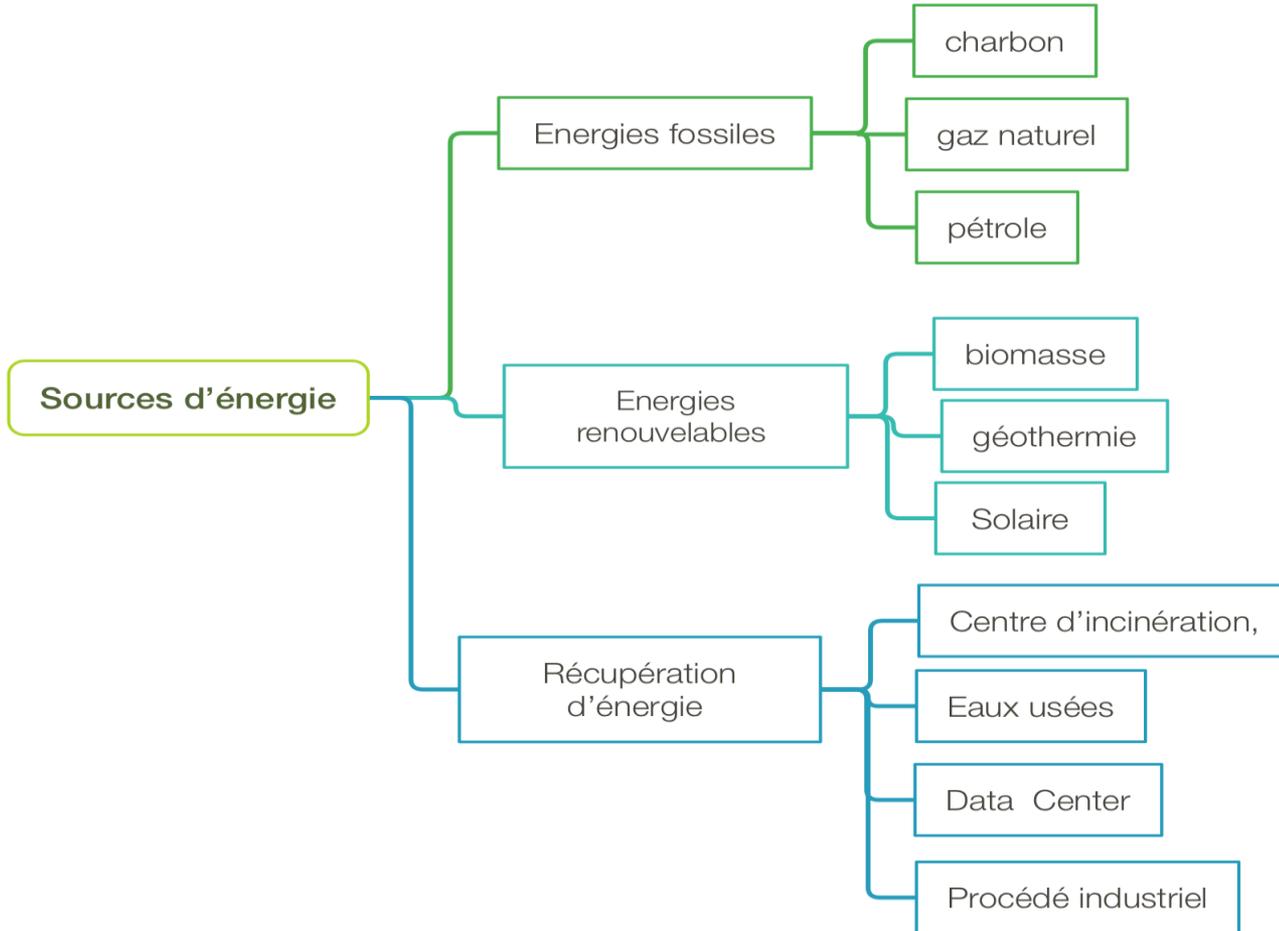








**Centre de production  
de l'énergie**



# Sweden faces a lack of garbage for energy generation. It has to import garbage.

## 99 Per Cent Of Sweden's Garbage Is Now Recycled (VIDEO)

The Huffington Post Canada | By Zi-Ann Lum

Posted: 09/02/2014 5:55 pm EDT | Updated: 09/10/2014 3:59 pm EDT



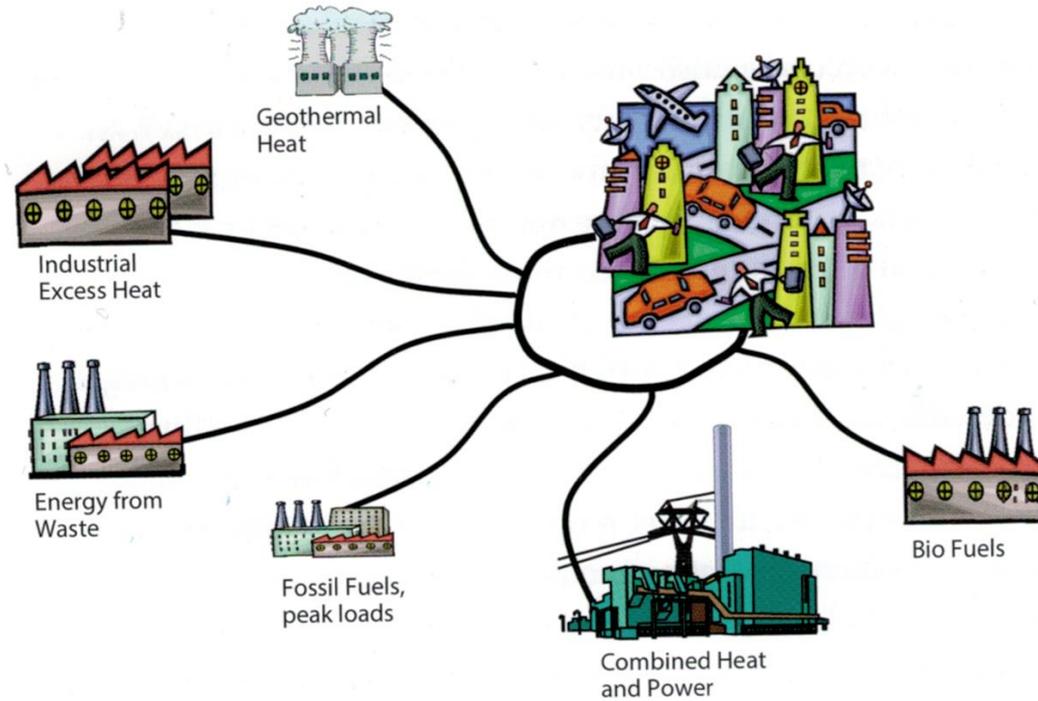
## SWEDEN FACES UNIQUE LACK OF GARBAGE DILEMMA

Robert Leichter | October 4, 2014

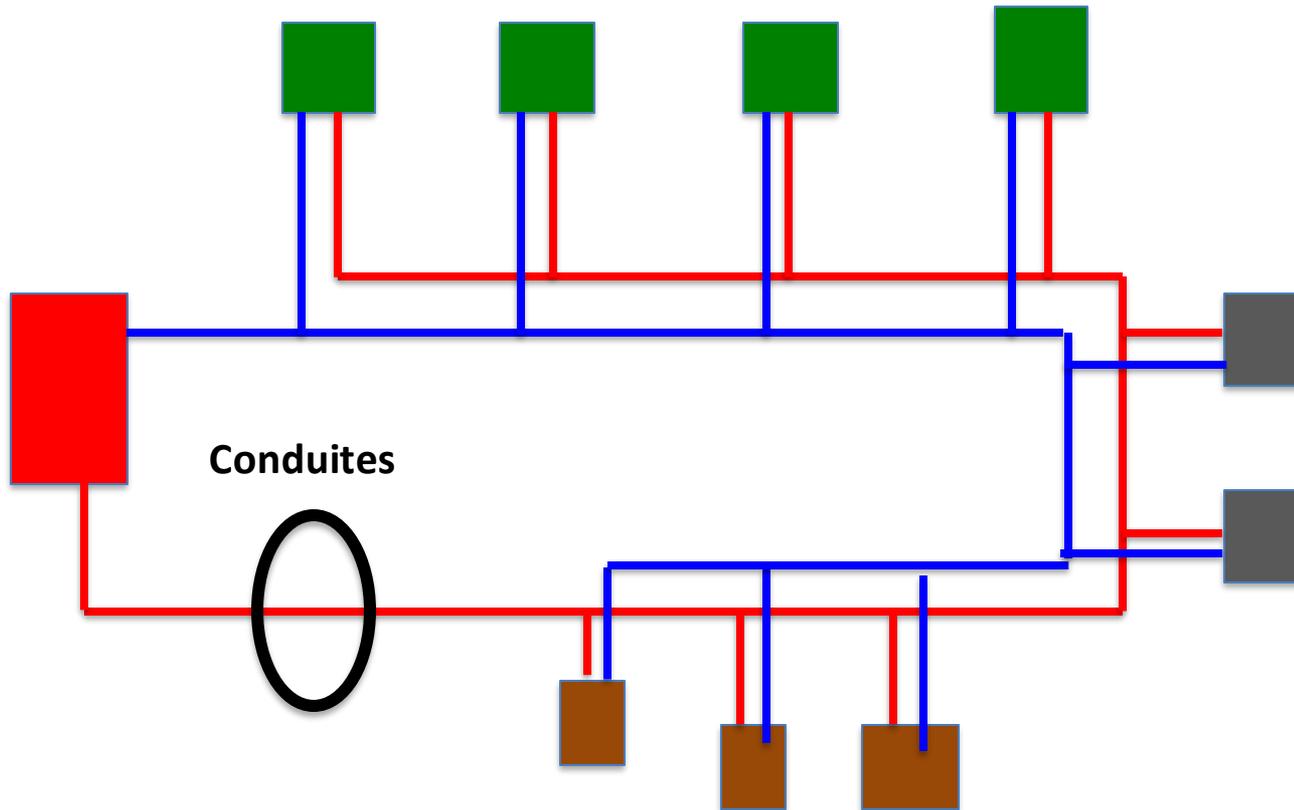
In a recycling-happy land where more than a quarter of a million houses are powered by the incineration of waste, Sweden faces a most unusual problem: they're running out of fuel.

Video : A2 Importing garbage for energy is good business for Sweden

# Les sources d'énergie



**FIGURE 2.2** Example of illustration of the fundamental idea of district heating with respect to diversity in heat supply. Illustration source: Svensk Fjärrvärme. Another, more elaborate, example can be found in (NCG on DHC/CES 1985)



# Les conduites



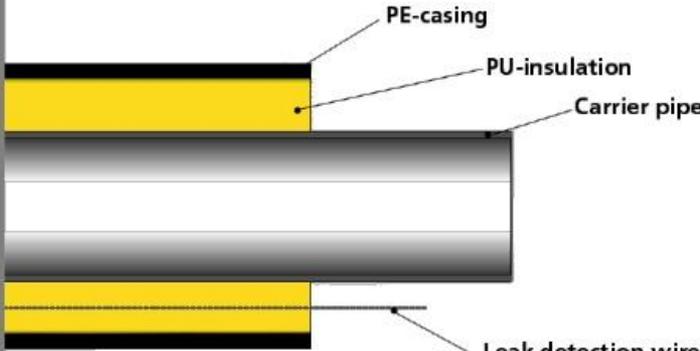
# Les conduites

## DH-Pipe production lines



### Wehotherm® Standard

- *KWH Pipe has produced district heating pipes since 1970's*

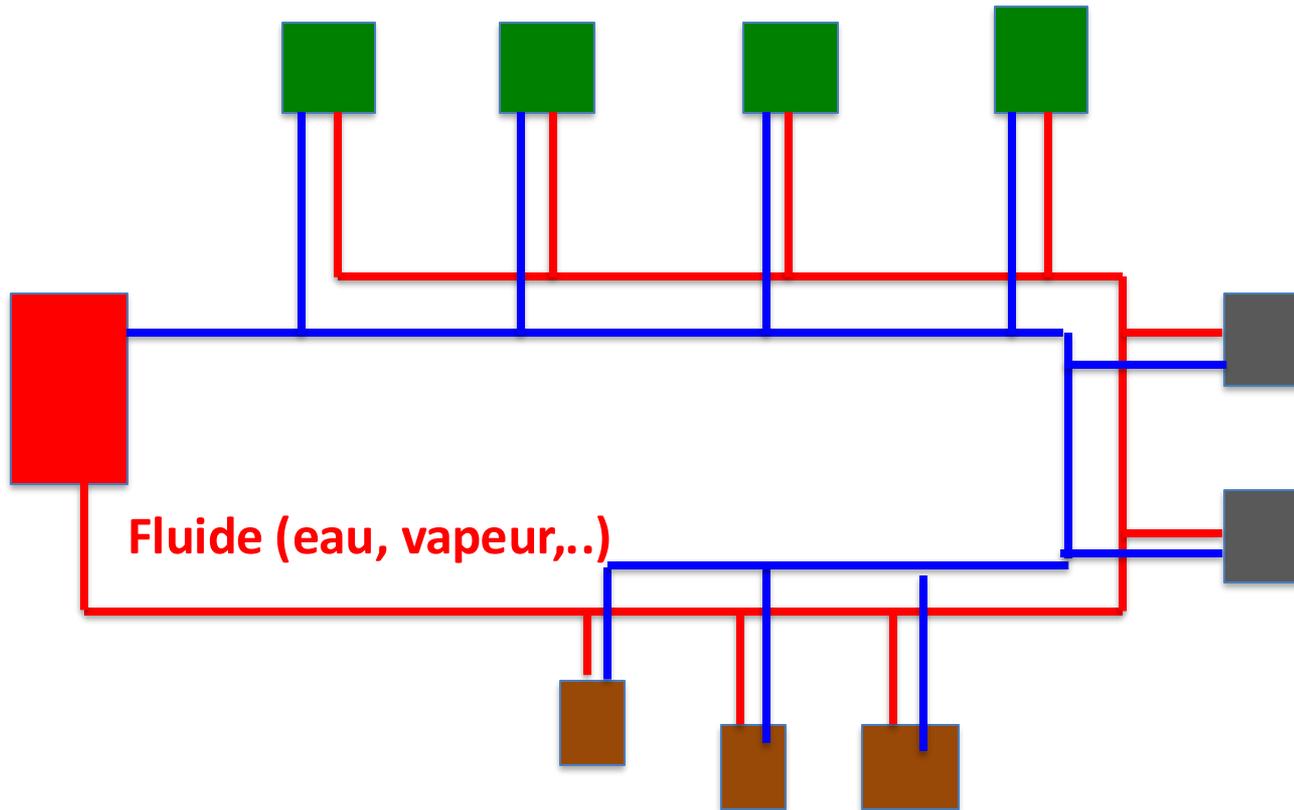


- PE-casing
- PU-insulation
- Carrier pipe
- Leak detection wire (optional)

#### Standard parameters

- Operation temperature 140°, 30 years
- Operation pressure 16 bar
- PU thermal conductivity max. 0,028 W/m°C

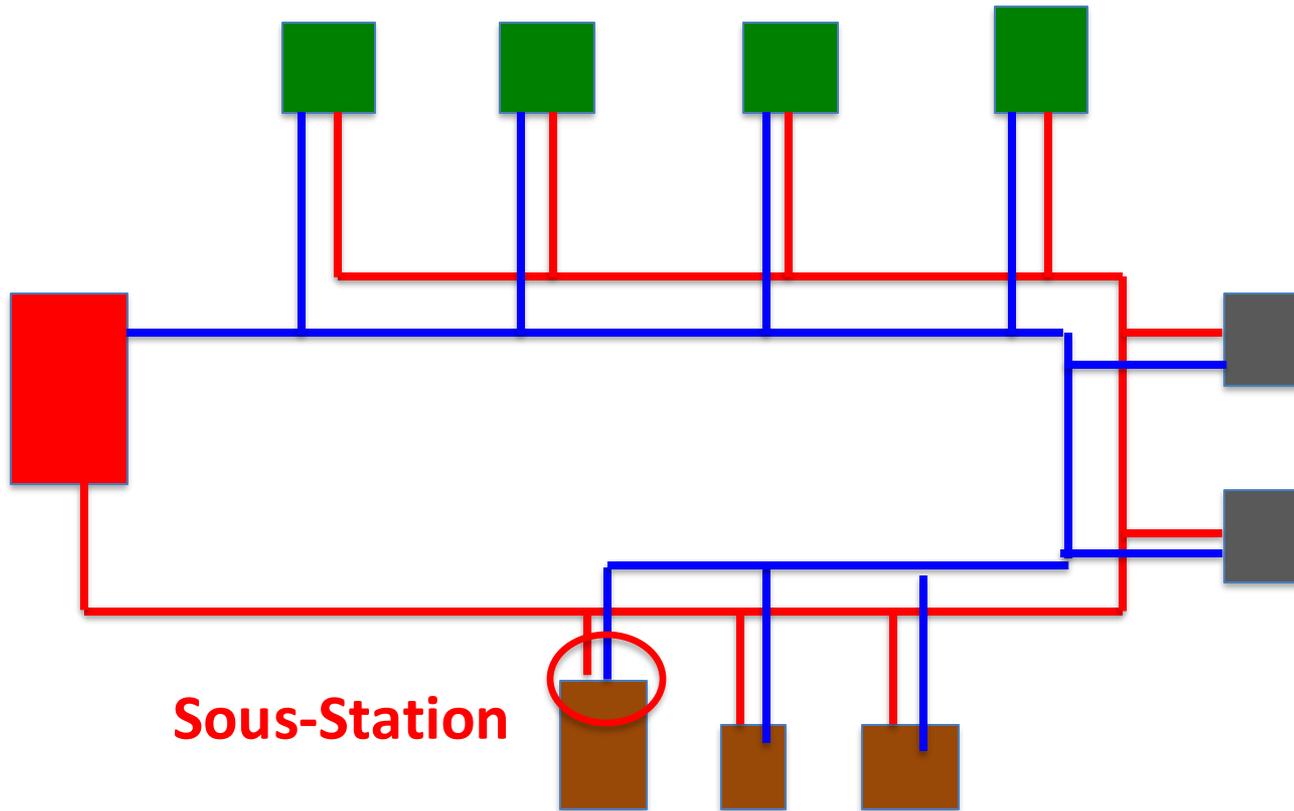
05/26/09 File ID: Author Member of the KWH Group



## Fluides caloporteurs :

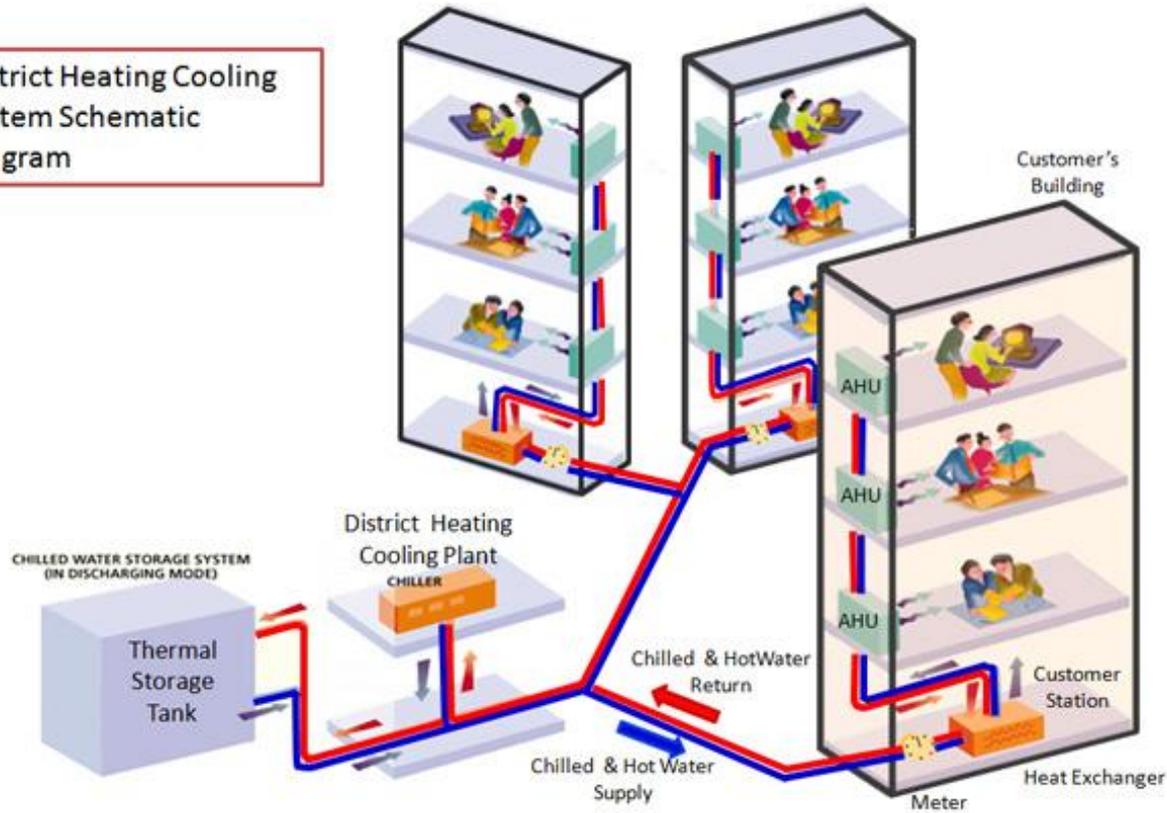
- L'eau chaude (entre 60 °C et 110 °C) pour les immeubles d'habitation ou de bureaux
- L'eau surchauffée (entre 110 °C et 180 °C) pour les réseaux de grande envergure desservant des bâtiments nécessitant des températures élevées (laveries, abattoirs, industries)
- La vapeur (entre 200 °C à 300 °C) : Elle est essentiellement utilisée pour l'industrie (*utilisée à Paris*)

**Les réseaux de chaleur : limités à quelques km (pertes en lignes très fortes)**



# Keppel DHCS District Cooling System

District Heating Cooling System Schematic Diagram





## Sous-station

- Comporte un échangeur thermique qui permet le transfert de la chaleur entre le réseau primaire et le réseau secondaire de l'immeuble.
- dotée d'un compteur de chaleur qui permet de connaître et de facturer la consommation d'énergie

# Fonctionnement d'une sous-station



Fonctionne  
ment du  
réseau de  
chaleur



## Intérêt des réseaux de chauffage :

- Effet d'échelle
- Intègrent facilement des énergies renouvelables (géothermie, biomasse) ou les énergies de récupération
- Intègrent des technologies de cogénération
- Peuvent servir de systèmes de stockage de l'énergie (la chaleur se stocke plus facilement que l'électricité).

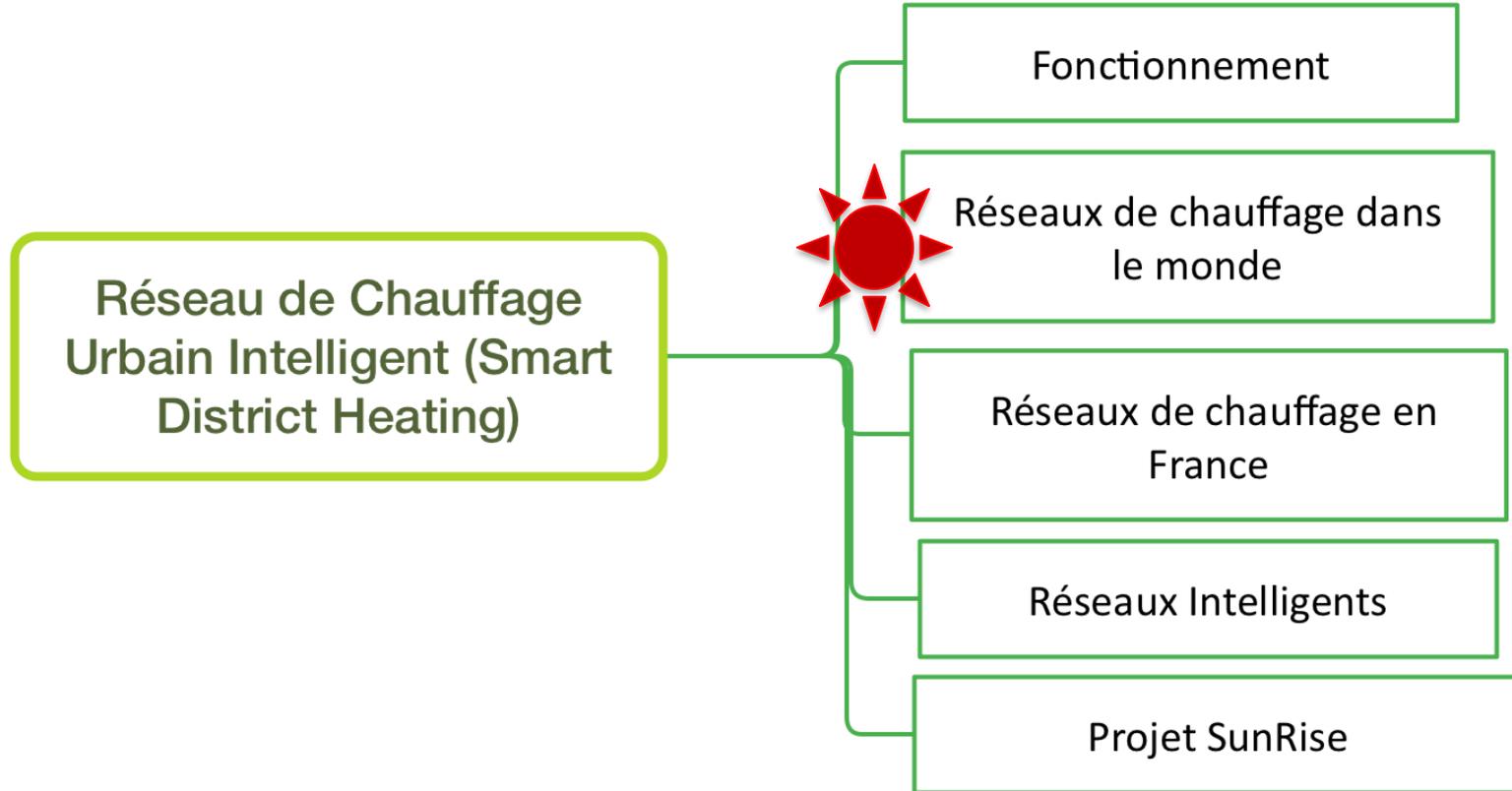
District  
Heating -  
Copenhagen



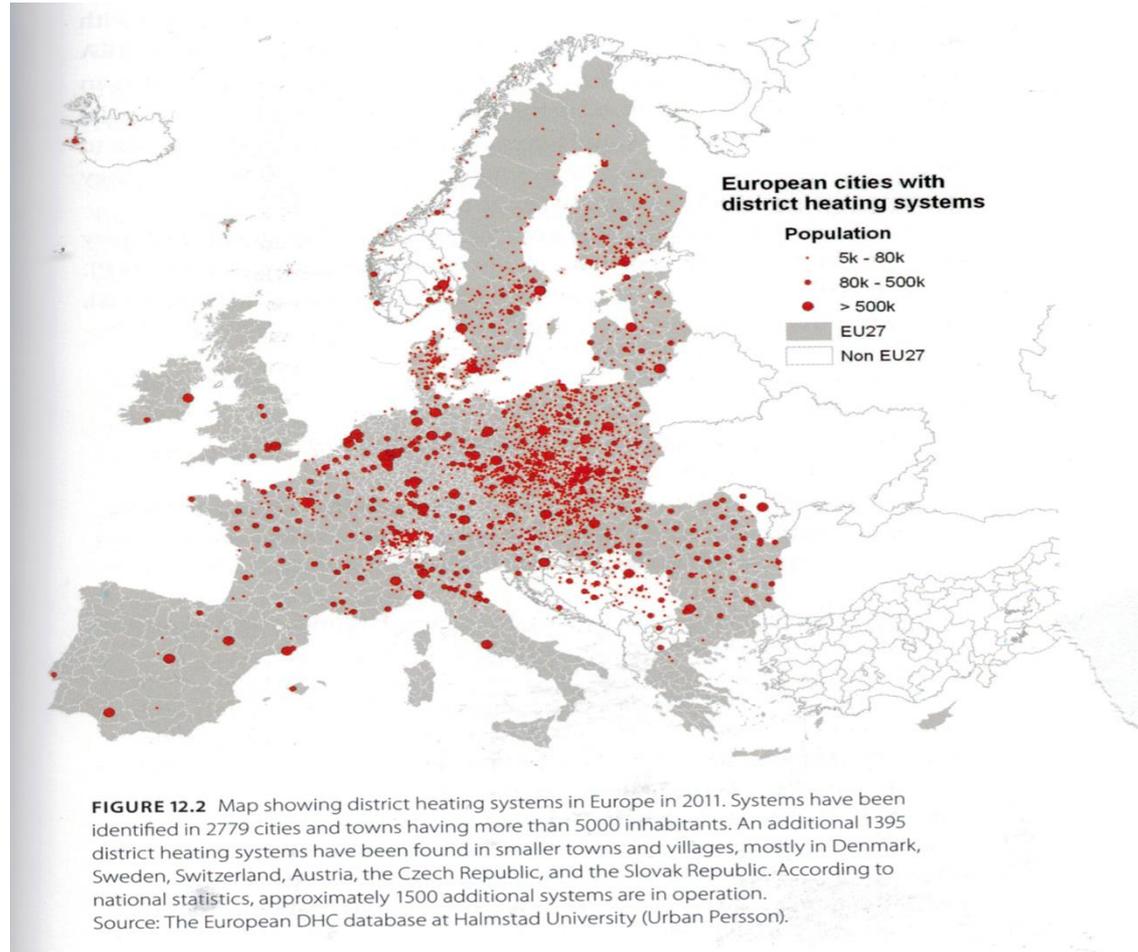
# Chicago District Cooling System



# Plan du cours



# Réseaux de chauffage en Europe



## Europe :

- Environ 5 000 réseaux de chaleur
- 11 % de l'électricité est produite en cogénération
- 10 % du marché du chauffage.
  - Finlande, Lituanie, Danemark, Suède : près de 50 %
  - Royaume-Uni et Pays-Bas : 4%

# Russie

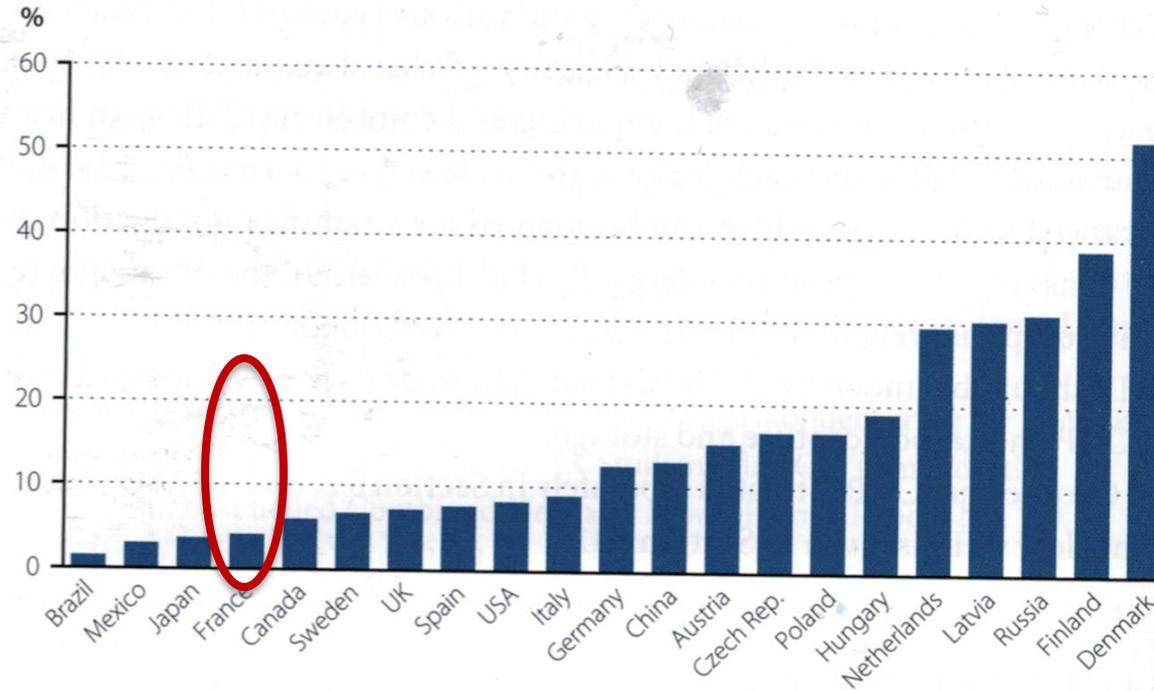
- 55 % du chauffage urbain dans le monde
- Plus de 17 000 systèmes de chauffage urbain
- 44 millions de clients.
- 98 % d'origine fossile (75 % gaz naturel)

## Etats-Unis :

- 4 % des besoins de chauffage
- le réseau de New-York (1882) est le plus important du monde

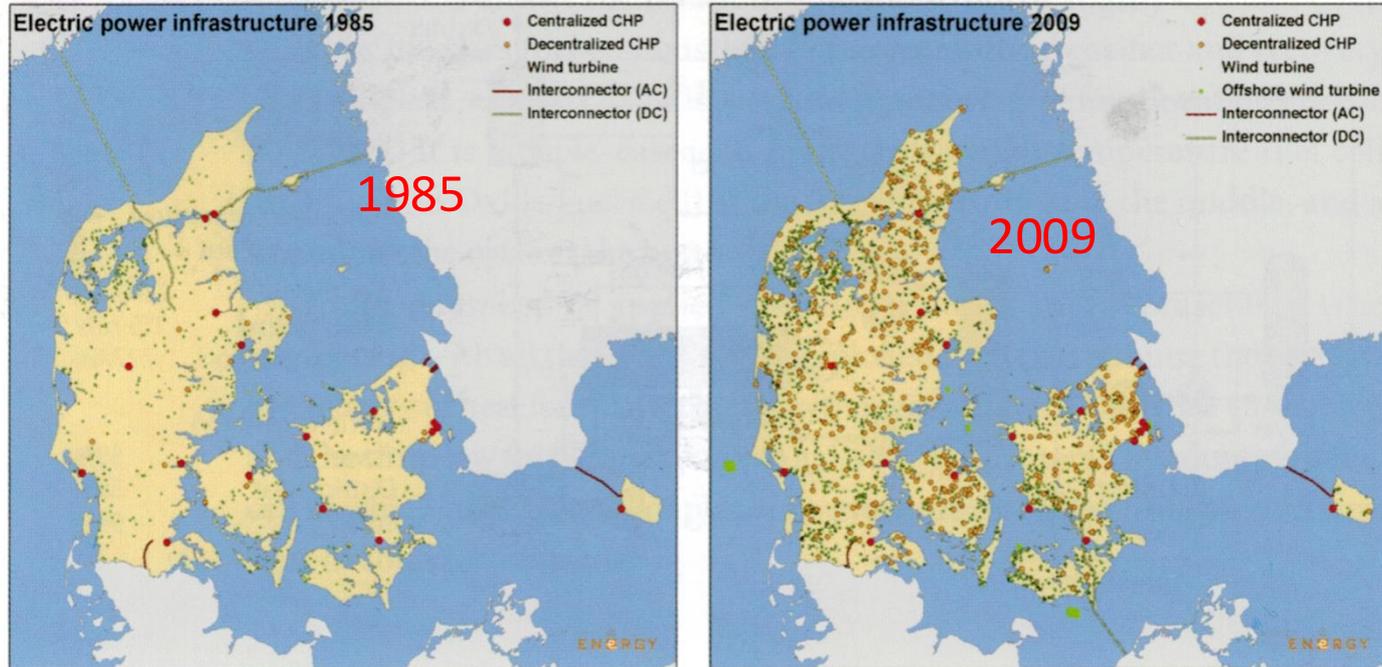
# Cogénération d'énergie

## 6 HEAT AND COLD SUPPLY



**FIGURE 6.26** CHP percentage of total electrical power production in various countries. Data combined from years 2001, 2005, and 2006. Adapted from: IEA.

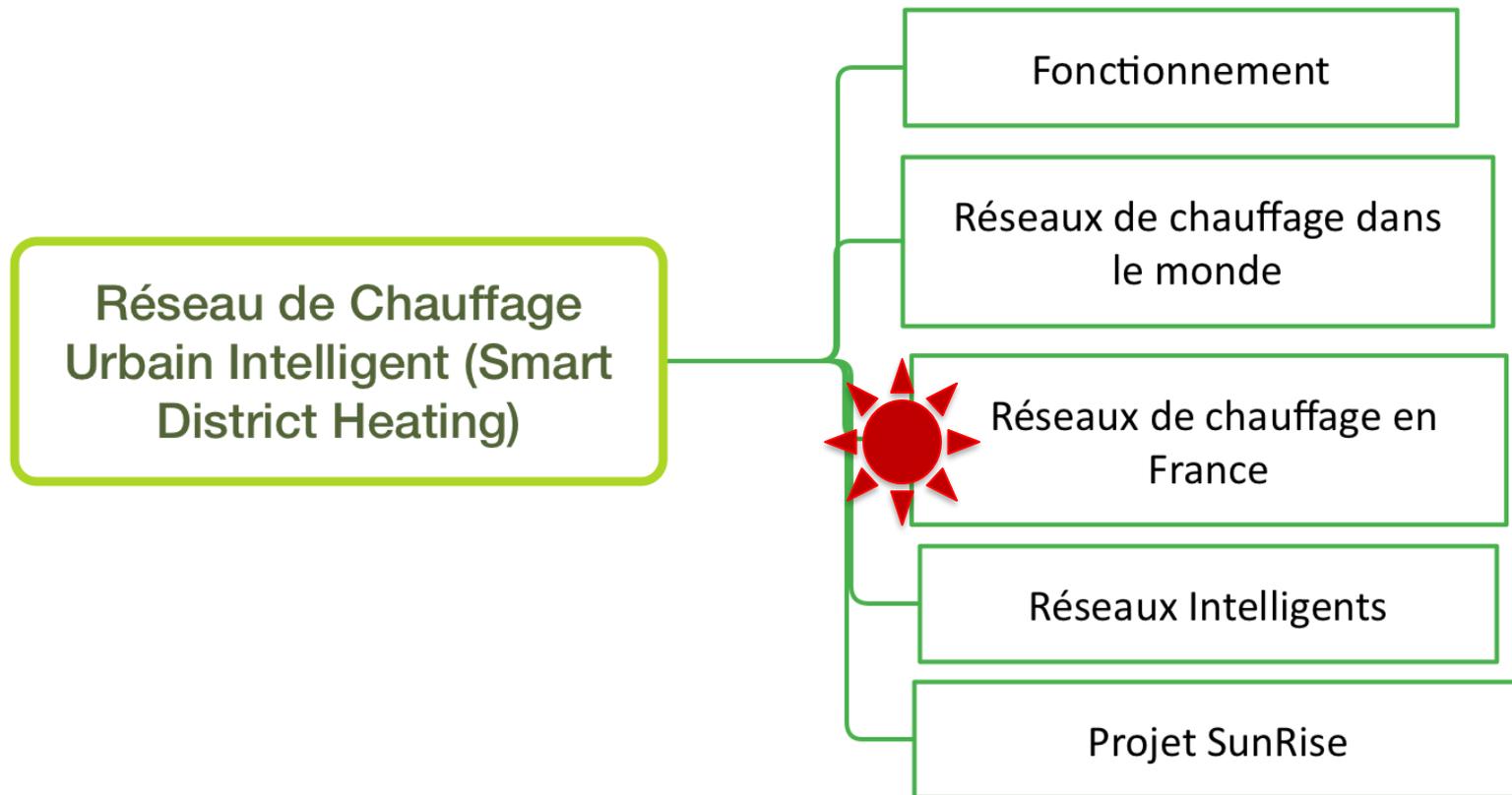
# Cogénération au Danemark



**FIGURE 6.44** The Danish network of electrical power plants as it has developed from 1985 until today, when it is characterised by a combination of centralised and widespread decentralised generation.

Source: Danish Energy Authority. Reproduced with permission. Compare with Figure 6.2.

# Plan du cours



# Réseaux de chauffage en France

- 450 réseaux de chaleur (*17 000 en Russie*)
- Deux millions d'équivalents-logement desservis
- 6% du chauffage

Chauffage individuel :

- Gaz : 44%
- Electricité : 35 %

**Ce taux est assez faible par rapport aux autres pays européens**

## ❁ RÉSEAUX DE CHALEUR en France



Source : Via Seva

### Nombre de réseaux

❁ de 1 à 5

❁ de 5 à 10

❁ de 10 à 20

❁ de 20 à 50

❁ plus de 50

# Historique des réseaux de chaleur en France

**Les années 1930** : premiers réseaux de chaleur dans des grandes villes: Paris (en 1928), Chambéry, Villeurbanne, Grenoble et Strasbourg.

**1950 et 1970** : fort développement lié à une période de forte urbanisation (en général au fuel lourd ou au charbon)

**Les années 1980** : nouvelle accélération pour diversifier le mix énergétique lors des chocs pétroliers, notamment par la géothermie profonde.

« **loi Chaleur** » du **15 juillet 1980** affirme les notions de « réseau de chaleur » et de « réseau de froid »

# Historique des réseaux de chaleur en France

## Programme des investissements de chaleur (2009 – 2020) :

- Les réseaux de chaleur ont un rôle essentiel pour atteindre les objectifs de développement de la chaleur renouvelable
- Volonté des collectivités de se saisir des enjeux liés à l'énergie (usage, distribution et production)
- Utilisation des énergies «difficiles» et renouvelables (biomasse, géothermie, incinération des déchets,...)

## **Grenelle I (2009) : Fonds Chaleur (pilote par l'ADEME) :**

- 1) Pour financer des projets ayant plus de la moitié de l'énergie renouvelables ou de récupération
- 2) Les collectivités peuvent obliger le raccordement pour tout bâtiment dans la zone de desserte.

## **Débat national sur la transition énergétique (2013)**

Place importante pour les réseaux de chaleur :

- Valoriser les réseaux de chaleur dans la transition énergétique ;
- Plan national de récupération de la chaleur fatale et issue de la valorisation des déchets.

## Aspects juridiques

- Un réseau de chauffage urbain peut être créé par une collectivité afin d'assurer un service public de distribution de chaleur ou de froid.
- Ce service est souvent délégué à un tiers, chargé :
  - d'exploiter un réseau construit par la collectivité , ou
  - de construire lui-même le réseau et de l'exploiter

**Contrairement aux réseaux électriques et de gaz, les réseaux de chaleur ne bénéficient pas de monopole ; il existe des réseaux publics (65 %) et privés (35 %).**

Le service peut être :

- exercé par la collectivité (19 % en régie)
- délégué à un opérateur dans le cadre d'une délégation de service public.

La DSP est règlementée (appel d'offre)

Elle peut s'opérer sous la forme:

- d'un affermage (27 %) (*Frais d'exploitation supportés par l'opérateur, l'investissement par les collectivités et les usagers*).
- d'une concession (54 %) (la totalité des frais est supportée par l'opérateur).

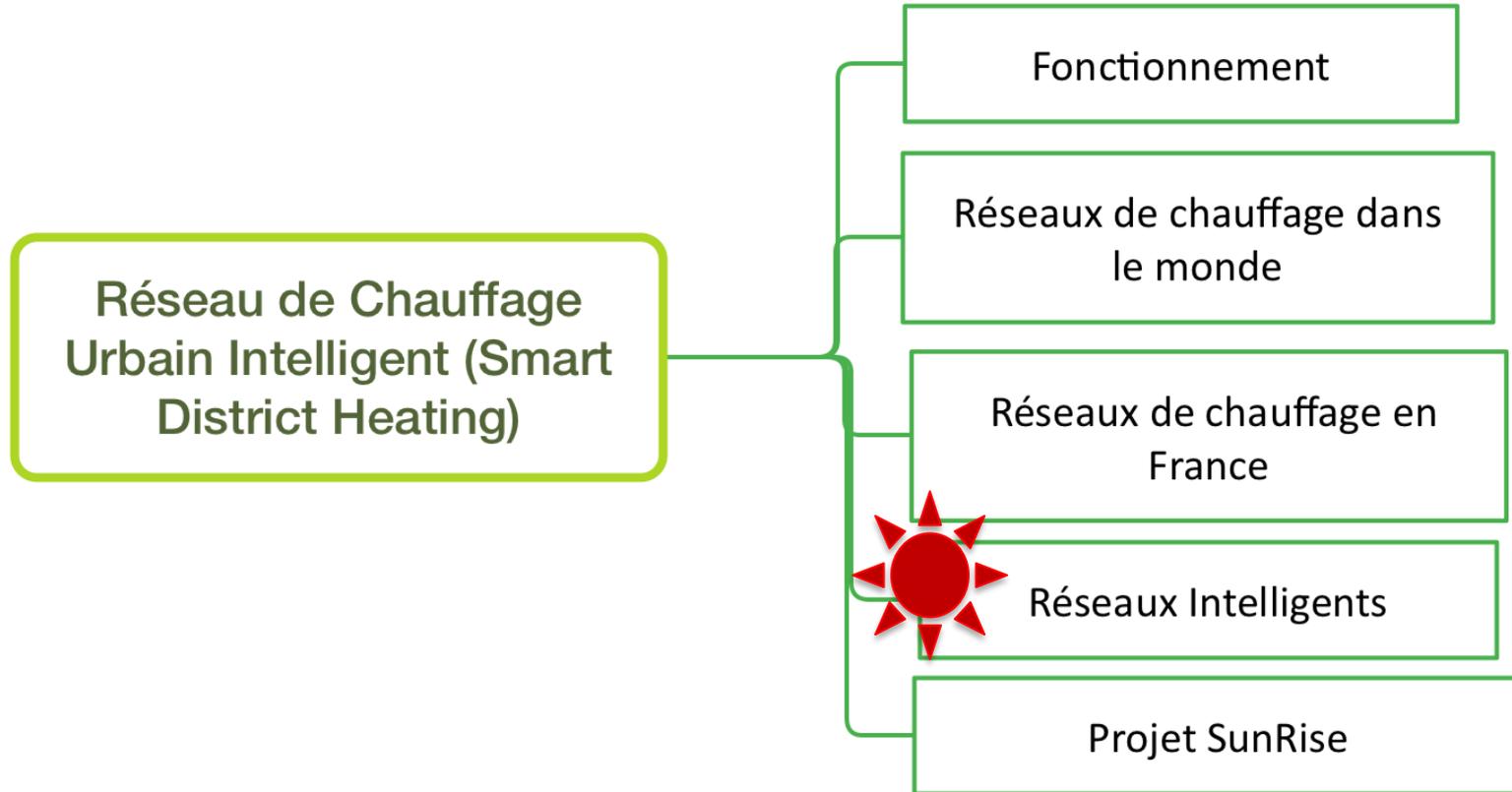
## **Classement d'un réseau de chaleur ou de froid**

**Procédure** permettant de définir des zones à l'intérieur desquelles toute installation d'un bâtiment neuf ou faisant l'objet de travaux de rénovation importants est **obligatoirement raccordé au** réseau dès lors que la puissance pour le chauffage, la climatisation ou la production d'eau chaude **dépasse 30 kW**.

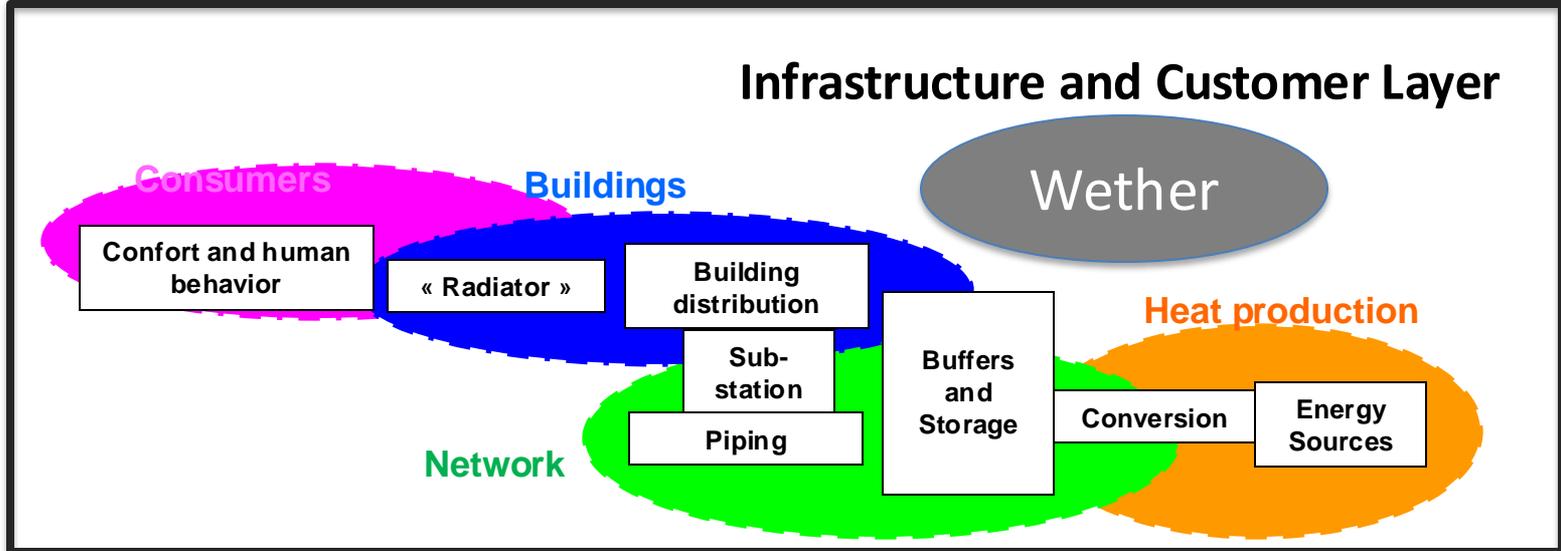
## **Grenelle II a imposé 3 conditions pour le classement:**

- Au moins 50 % par des énergies renouvelables ou de récupération ;
- Un comptage des quantités d'énergie livrées par point de livraison;
- Equilibre financier pendant la période d'amortissement des installations

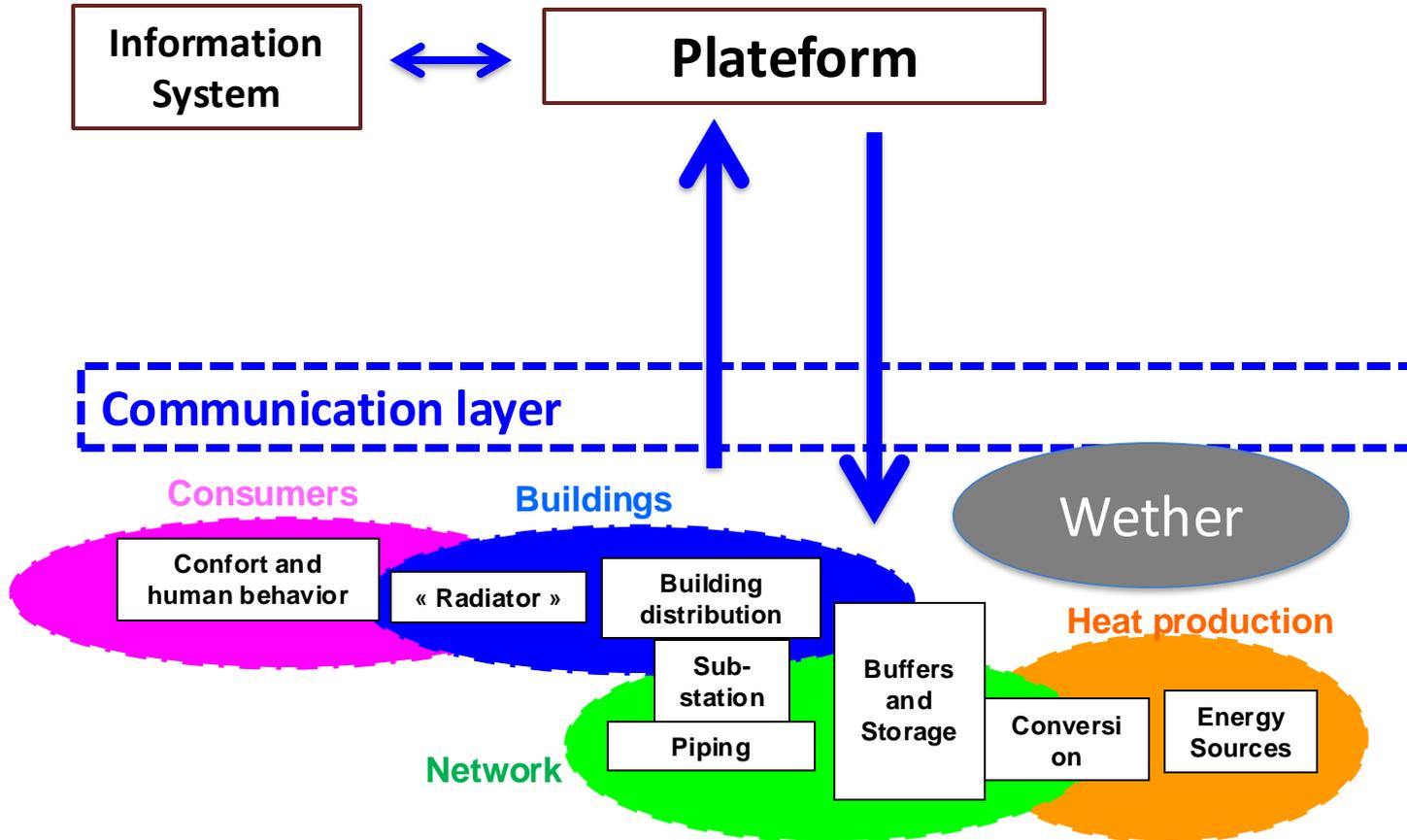
# Plan du cours



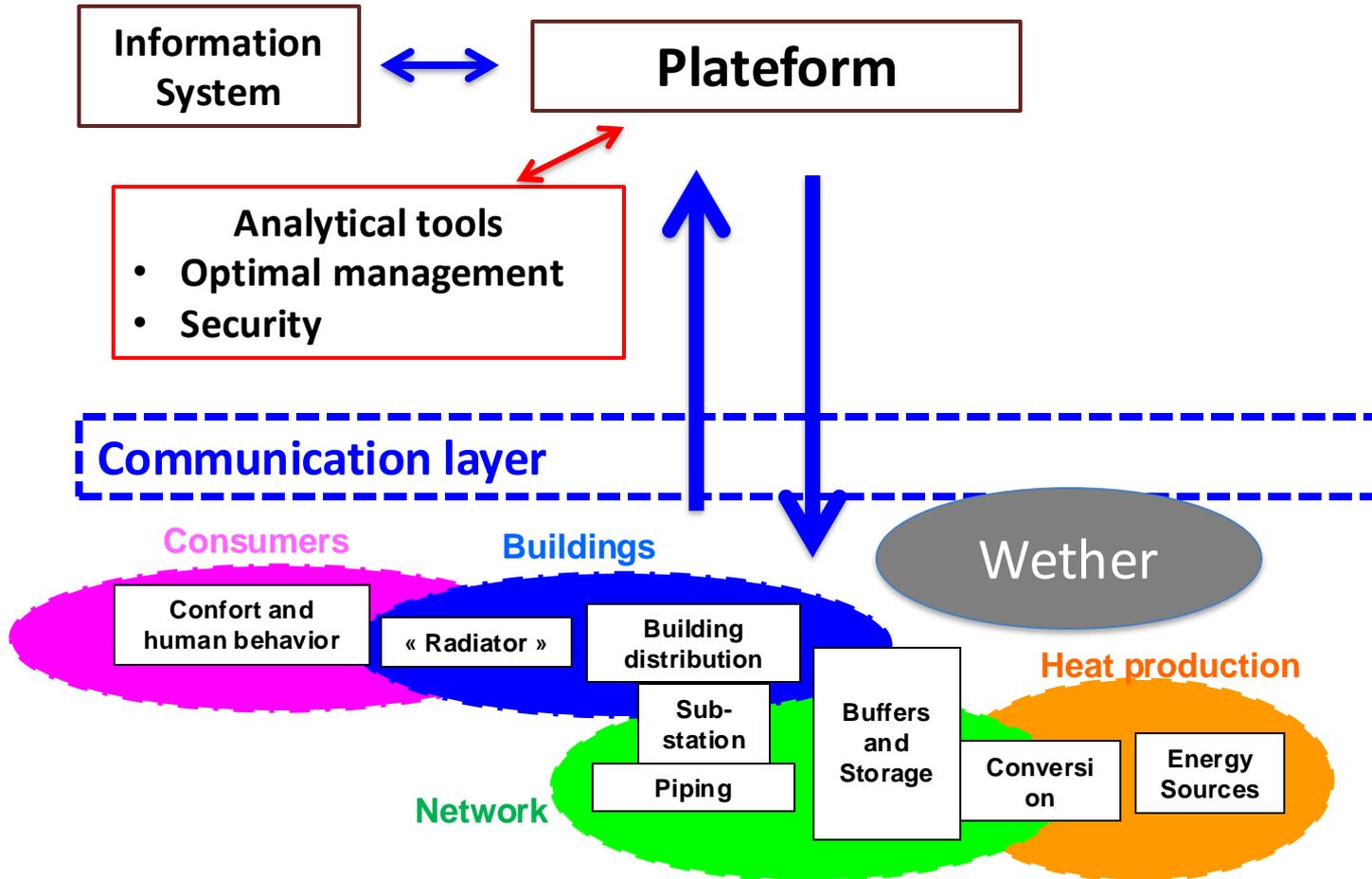
# Smart District heating System



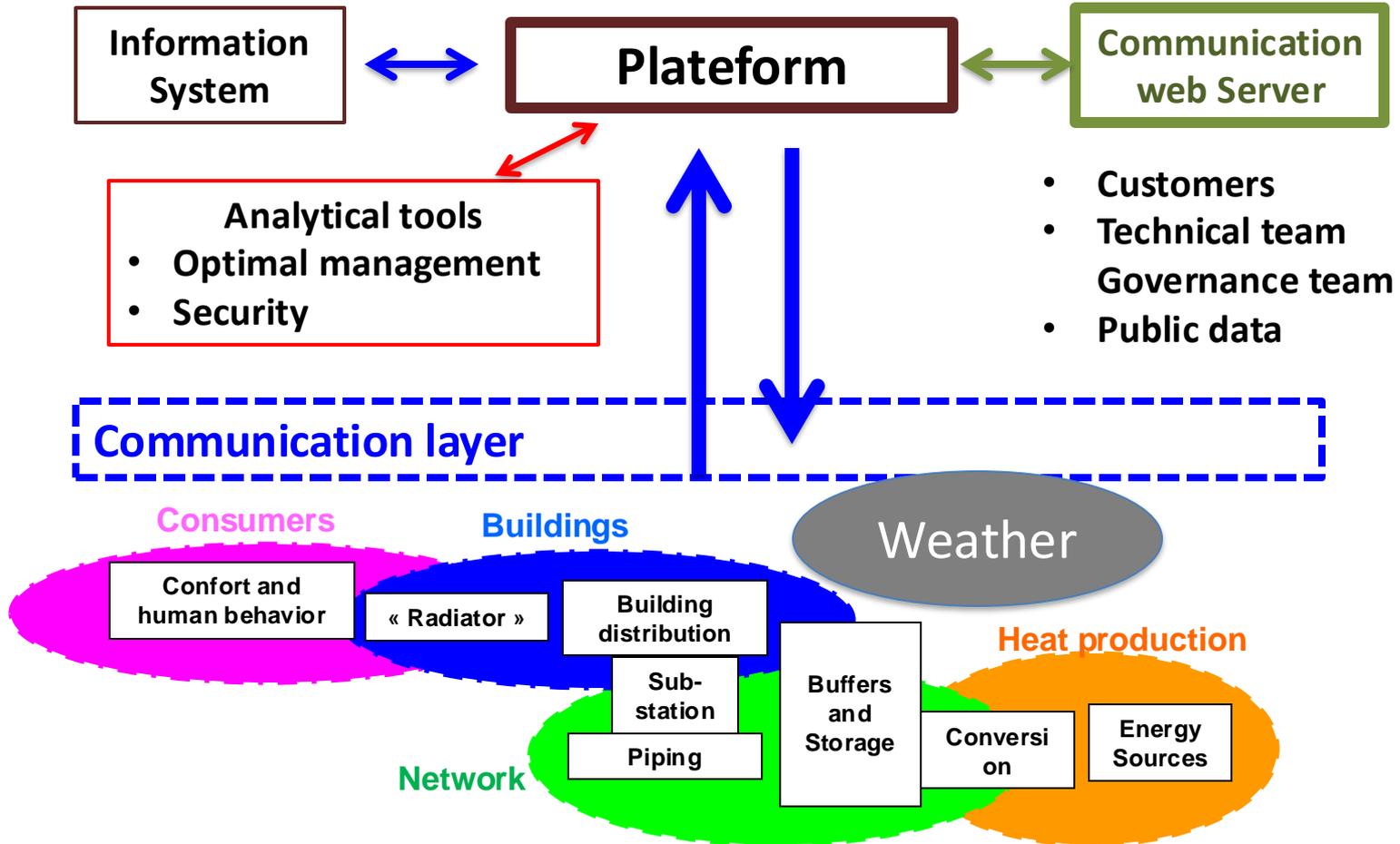
# Smart District heating System



# Smart District heating System



# Smart District heating System



# Apport des réseaux intelligents

## Pour les opérateurs (gestion dynamique):

- Réduction des pertes de chaleur (canalisations et sous-stations)
- Mieux ajuster la production à la demande,
- Anticiper les périodes de pointe de chauffage
- Améliorer la fiabilité du réseau,
- Réduire les coûts de pompage
- Détection rapide des fuites
- Gestion du stockage

# Apport des réseaux intelligents

## Pour les villes

- Cartographie des consommations de chaleur dans la ville (plan d'investissement)
- Cartographie des pertes de chaleur dans le réseau (priorités de rénovation)
- Gestion de patrimoine

# Apport des réseaux intelligents

## **Pour les propriétaires, usagers**

- Rapports individuels et suivi des consommations
- Comparaison
- Gestion basée sur la demande : tarifs incitatifs pour les économies d'énergie, réduction de la consommation de pointe,..

# Régulation de la température de départ

Les réseaux intelligents permettent de moduler la température de départ en fonction des conditions météorologiques réelles:

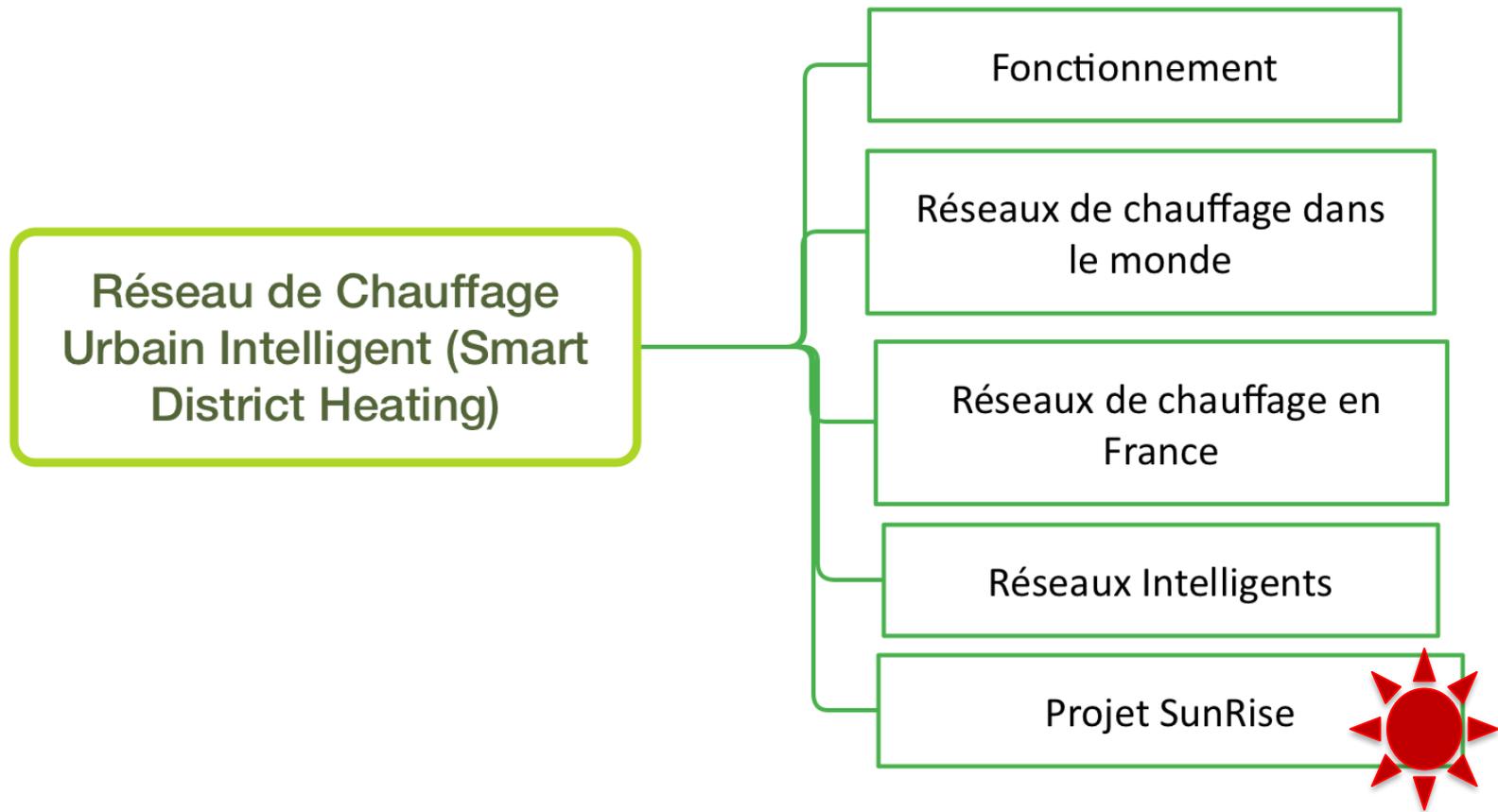
Une diminution de 15 °C de la température de départ réduit de 16 % les pertes.

D'autres paramètres, comme les appels de puissance mesurés en temps réel peuvent être intégrés pour moduler la température, et donc réduire les pertes.

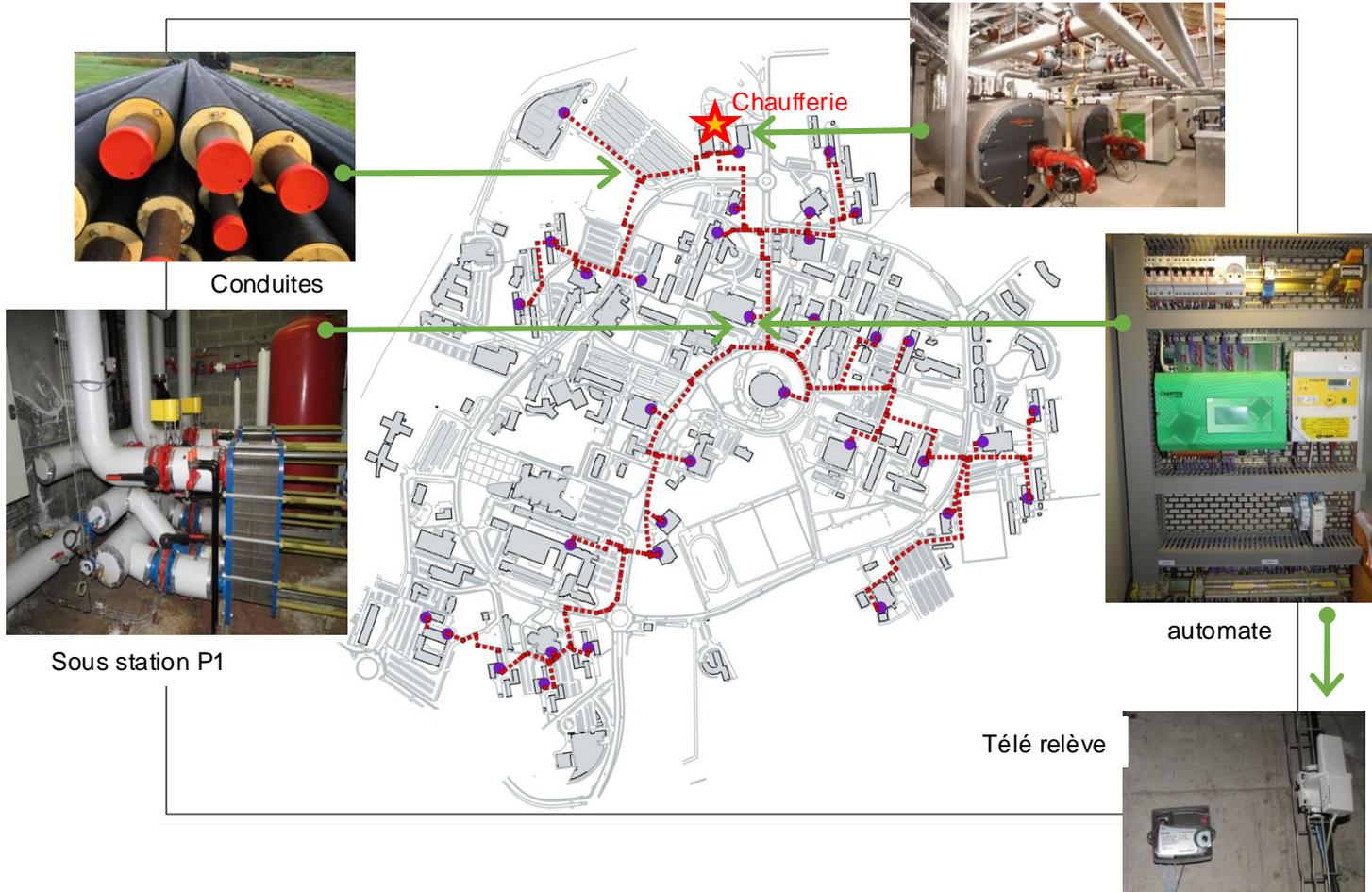
# Variation des vitesses des pompes

- Les réseaux fonctionnent la majorité du temps à débit variable alors que les pompes sont la plupart du temps entraînées par des moteurs à vitesse constante.
- Il est possible de diminuer de près de 50 % les consommations électriques en couplant aux moteurs un variateur électronique.

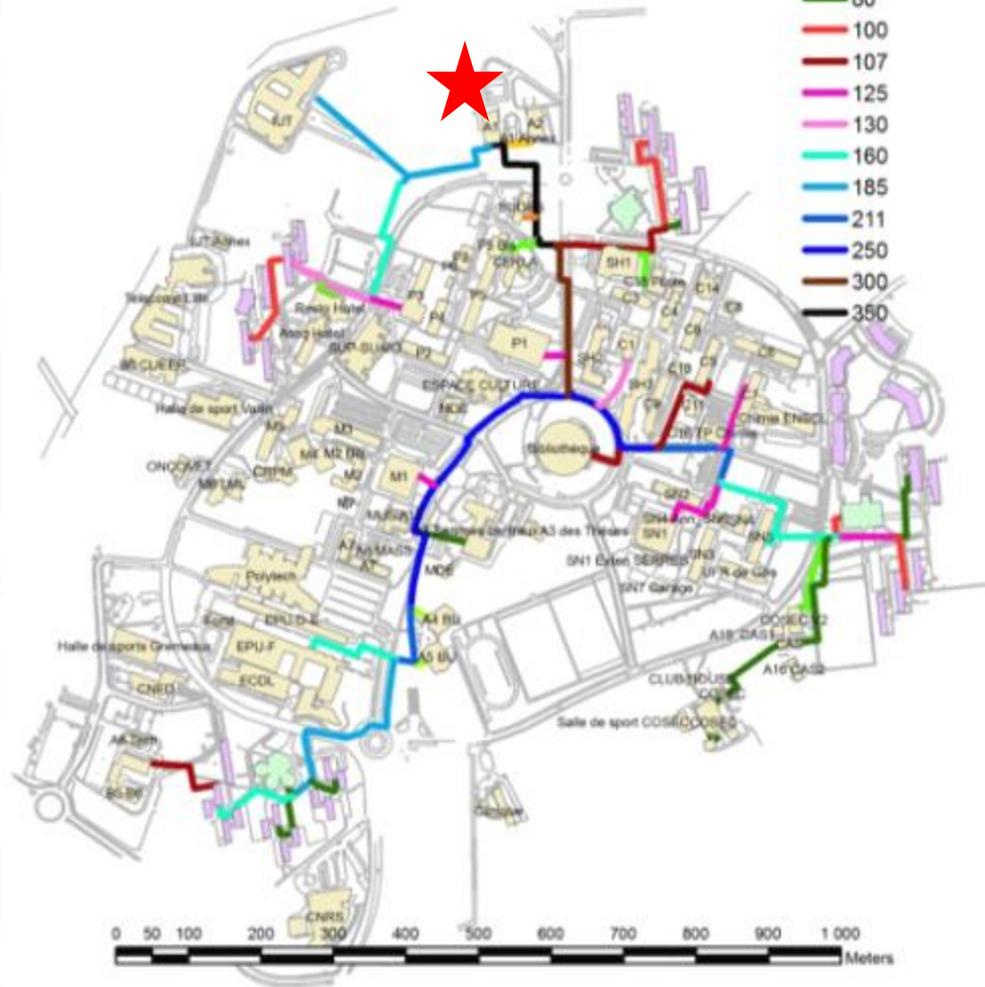
# Plan du cours

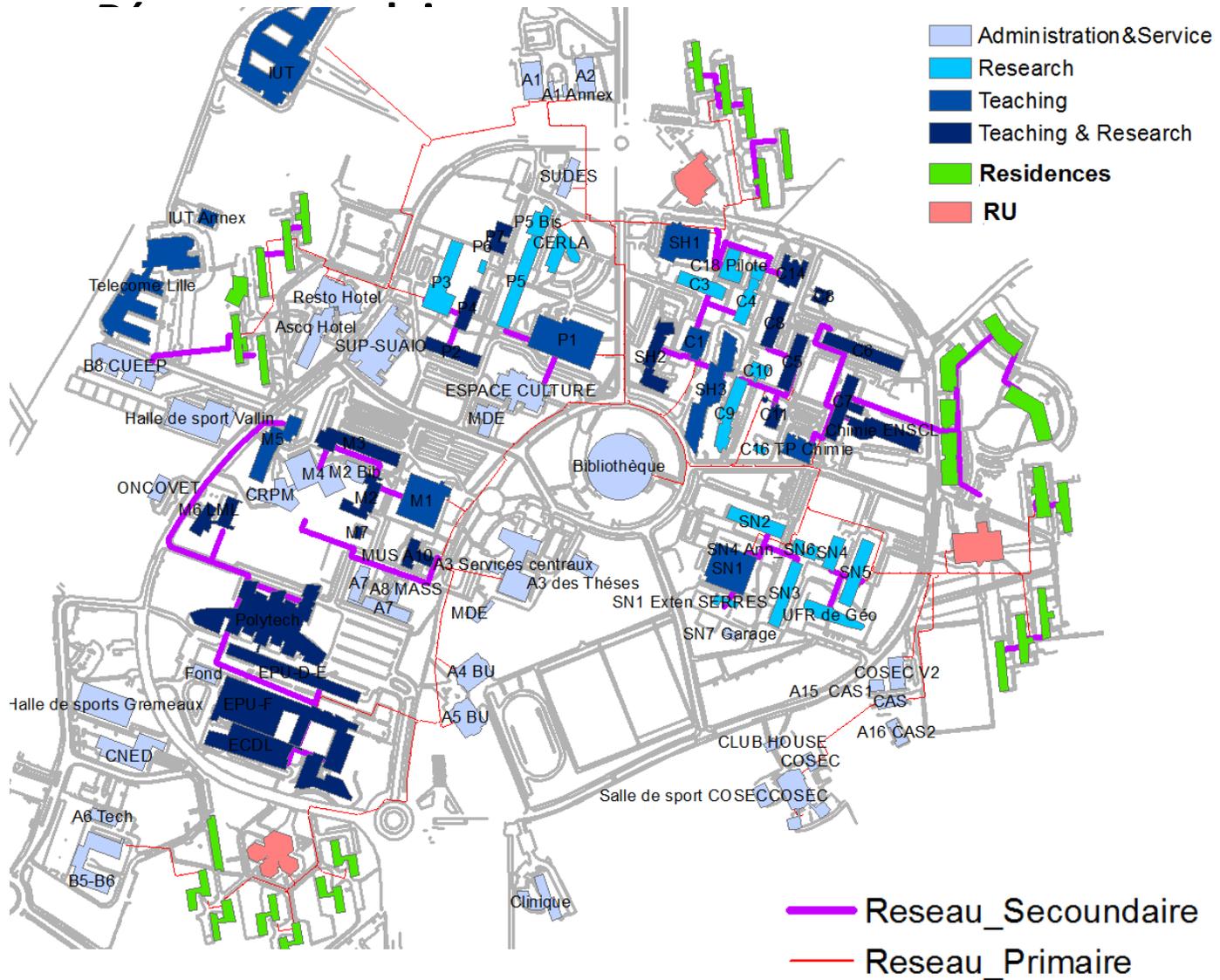


# Réseau de Chauffage du campus

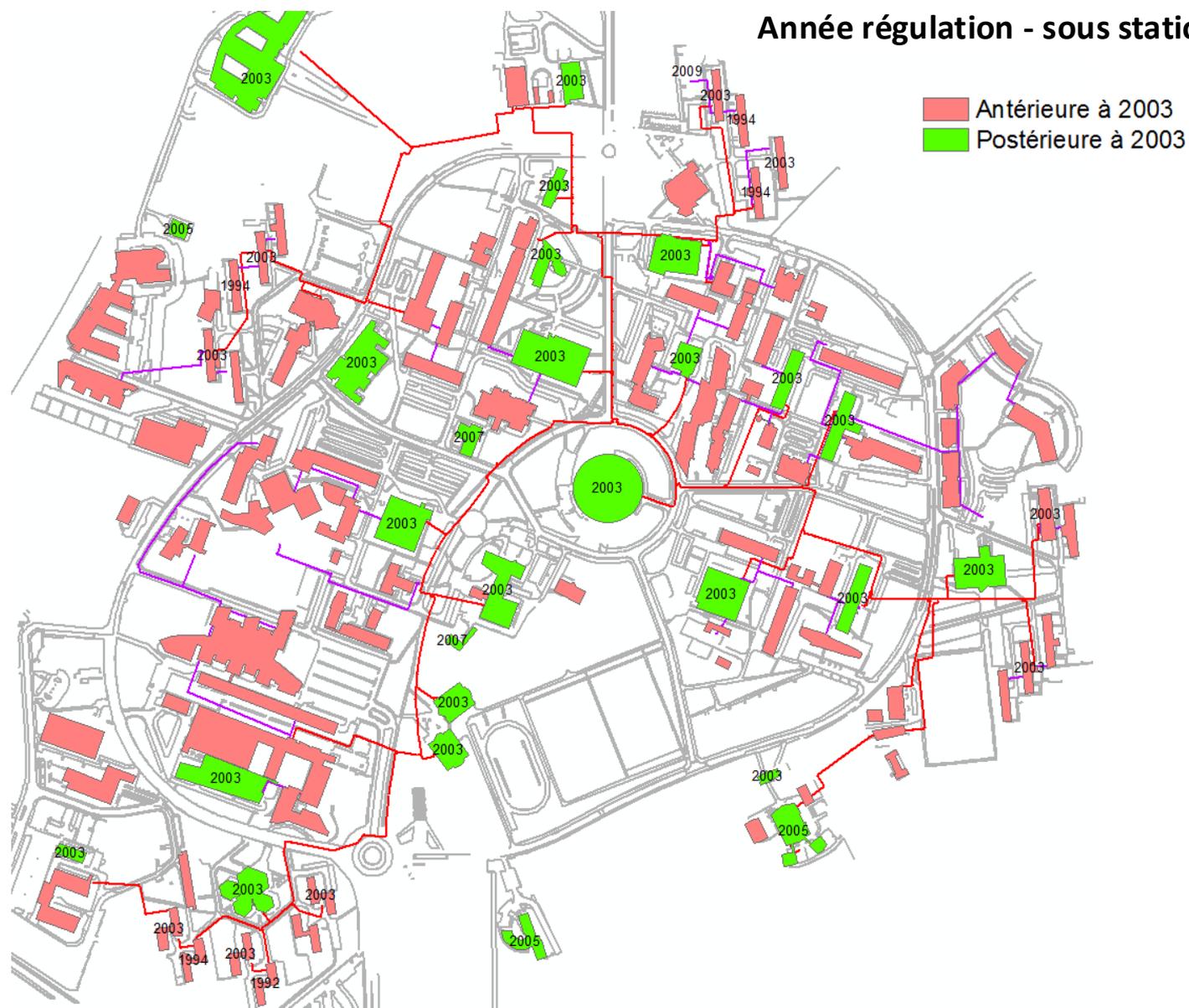


# Carte Cité Scientifique



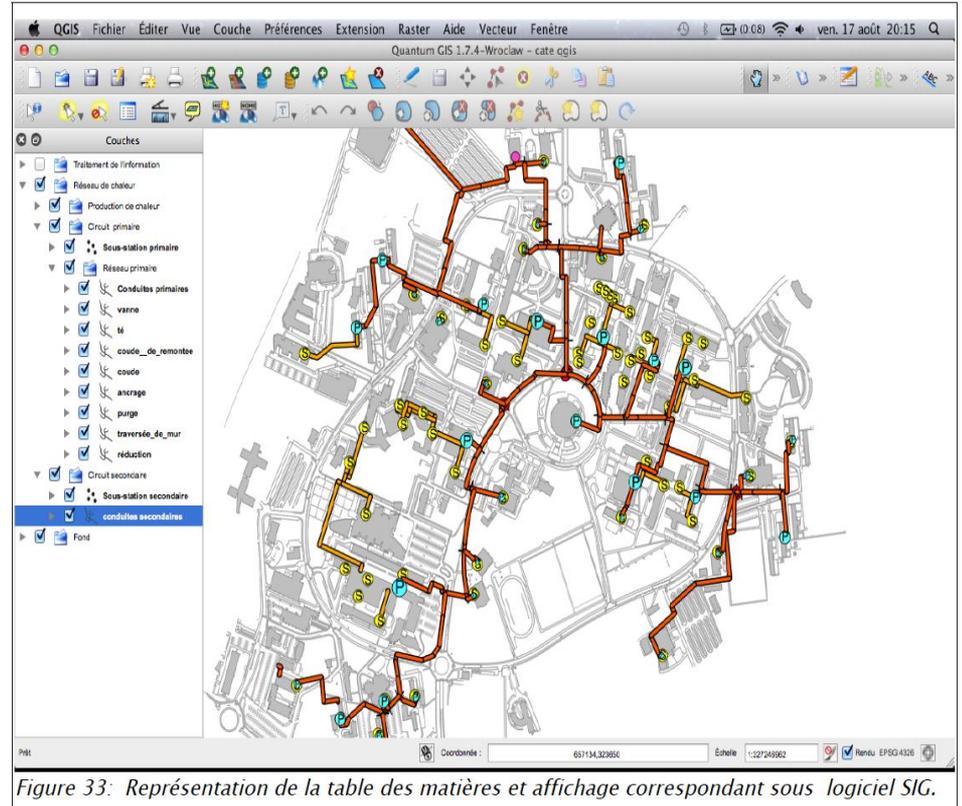


# Année régulation - sous stations



# Réseau de Chauffage du campus

- Réseau primaire :  $4,5 \times 2$  km
- Réseau secondaire :  $4 \times 2$  km
- (galerie technique)
- 37 sous-stations primaires

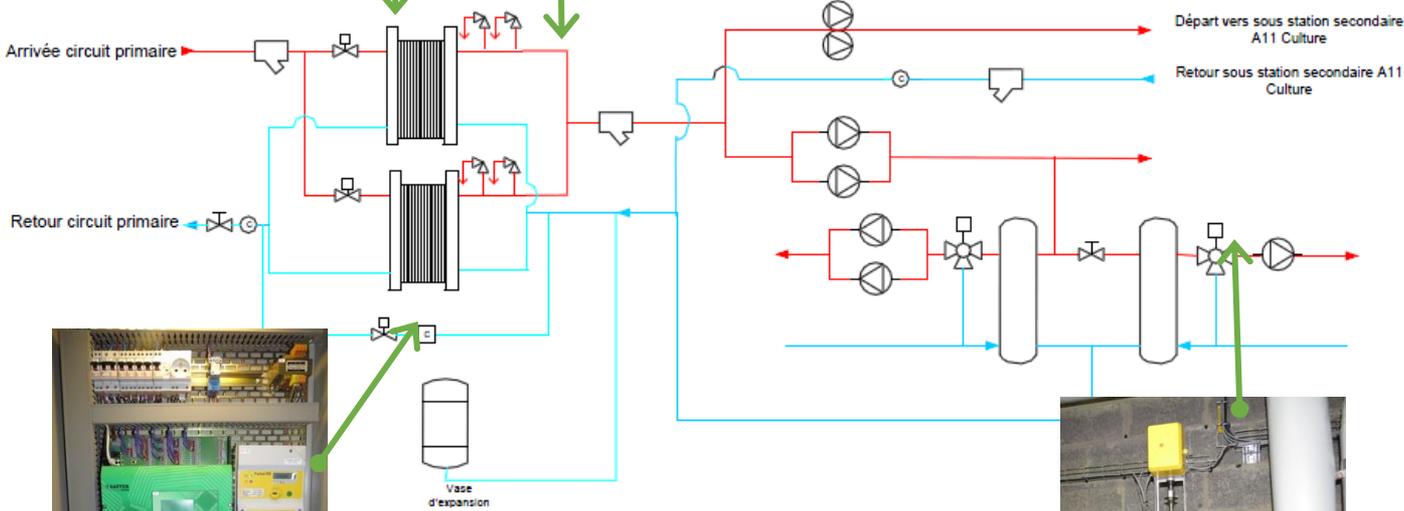


# 37 sous stations primaires

Echangeur



Capteurs  
Température  
Pression

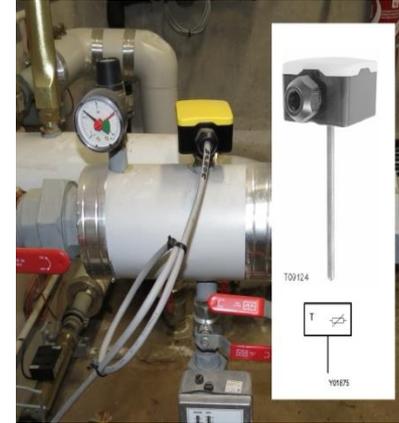
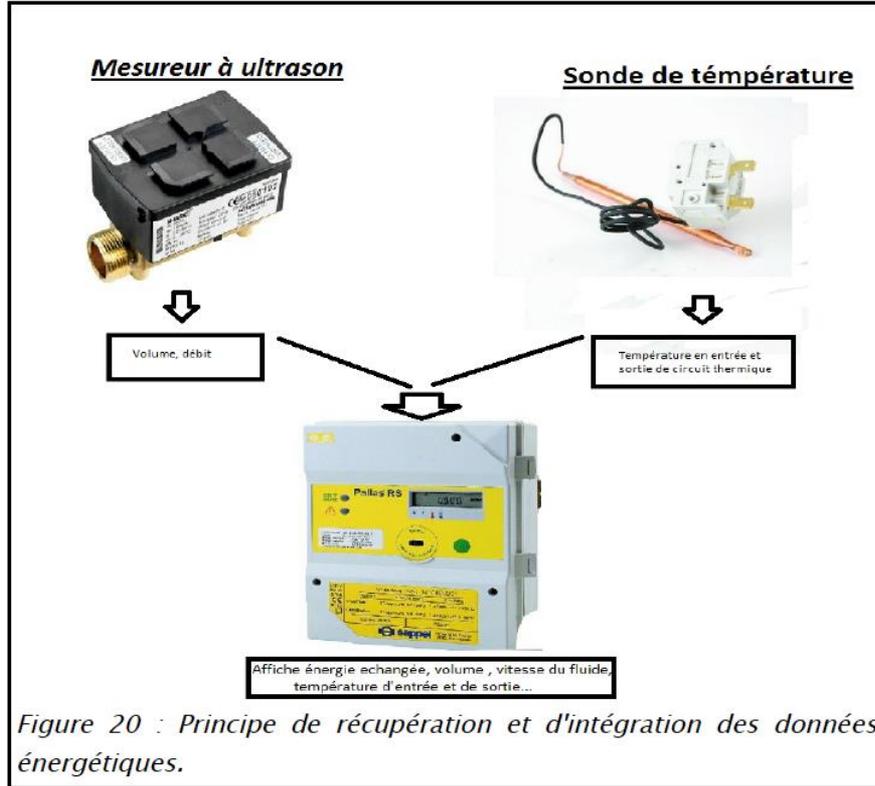


Automate - Compteur

## bâtiment P1



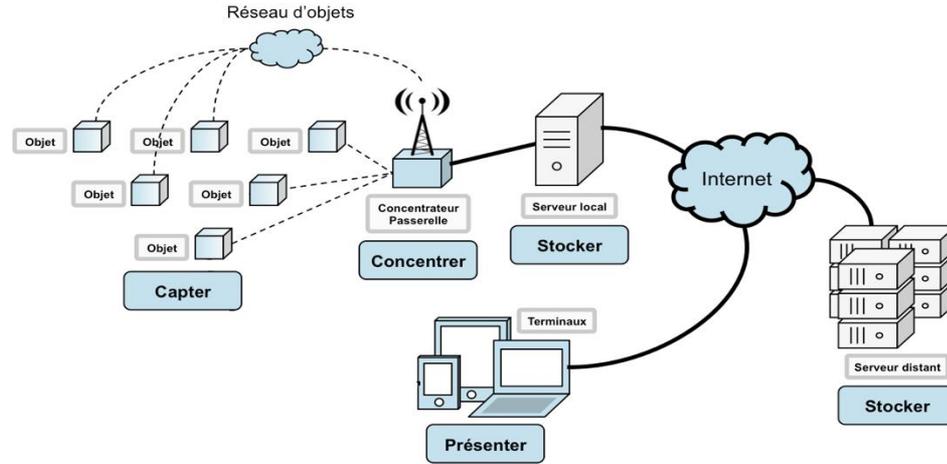
Electro- vanne



## **Chaque sous station :**

- Possède une unité de gestion locale
- Communique d'une manière bidirectionnelle via connexion filaire
- Fait remonter des informations (débit, puissance, état des vannes, ....)
- Peut être contrôlée à distance

# Télérelève

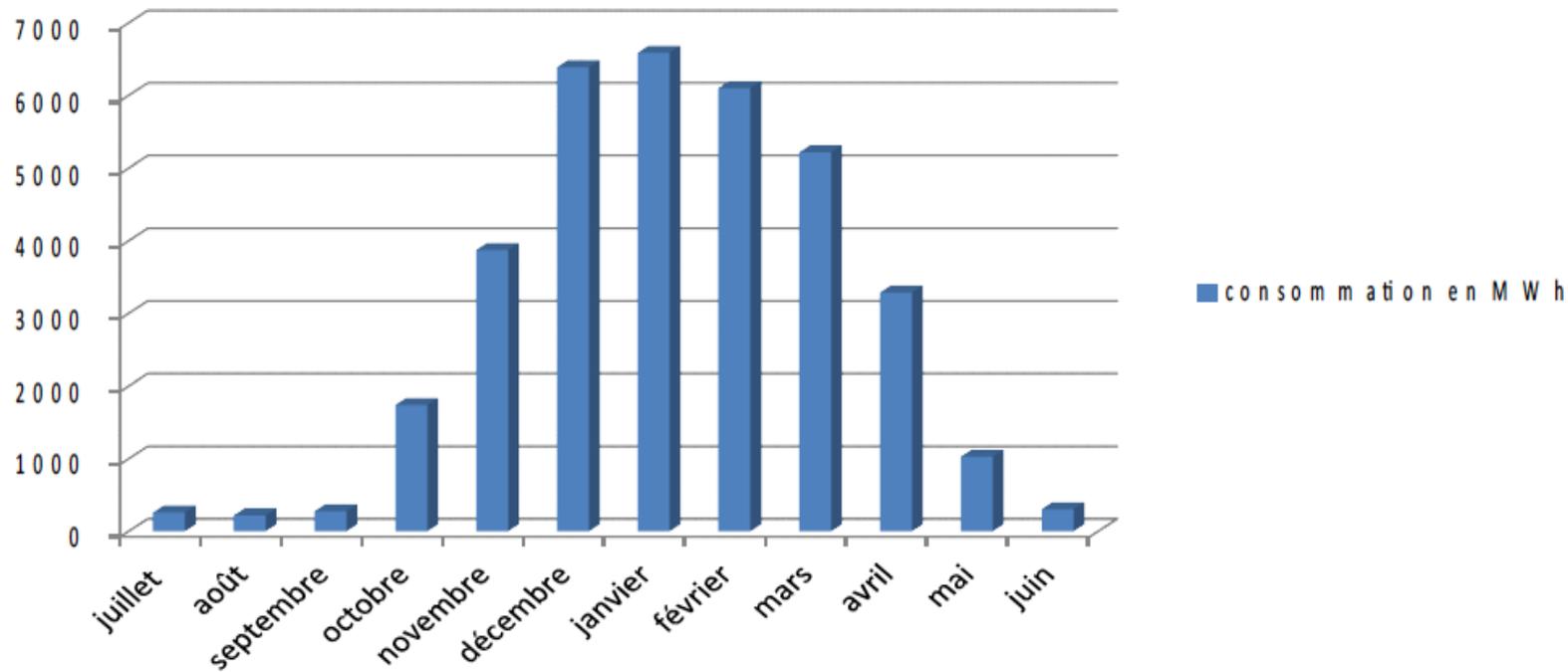


Comptage de chaleur & Répéteurs

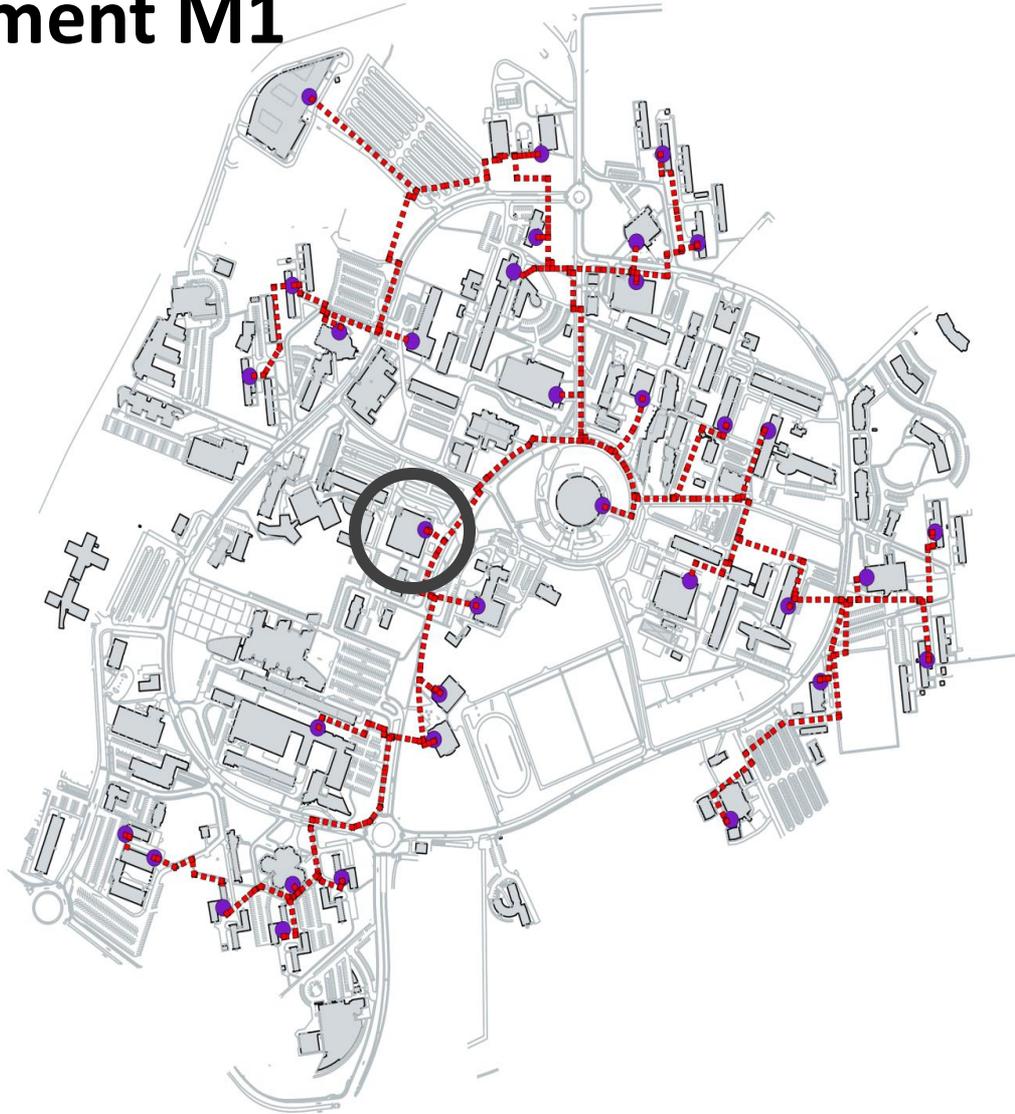


Concentrateur, Bibliothèque Universitaire (B.U)

### Consommation moyenne de chaleur au DUSVA



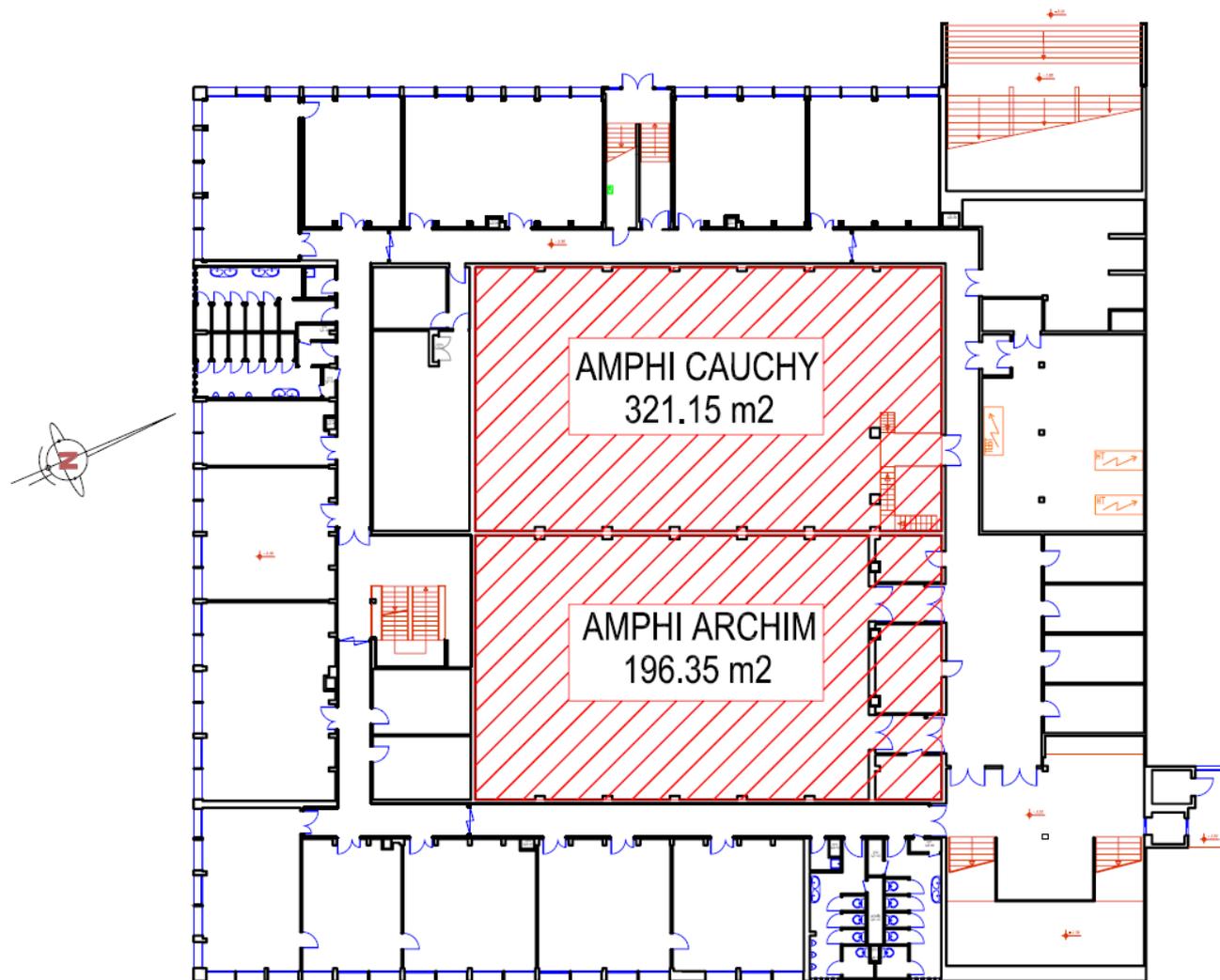
# Bâtiment M1



# Bâtiment M1



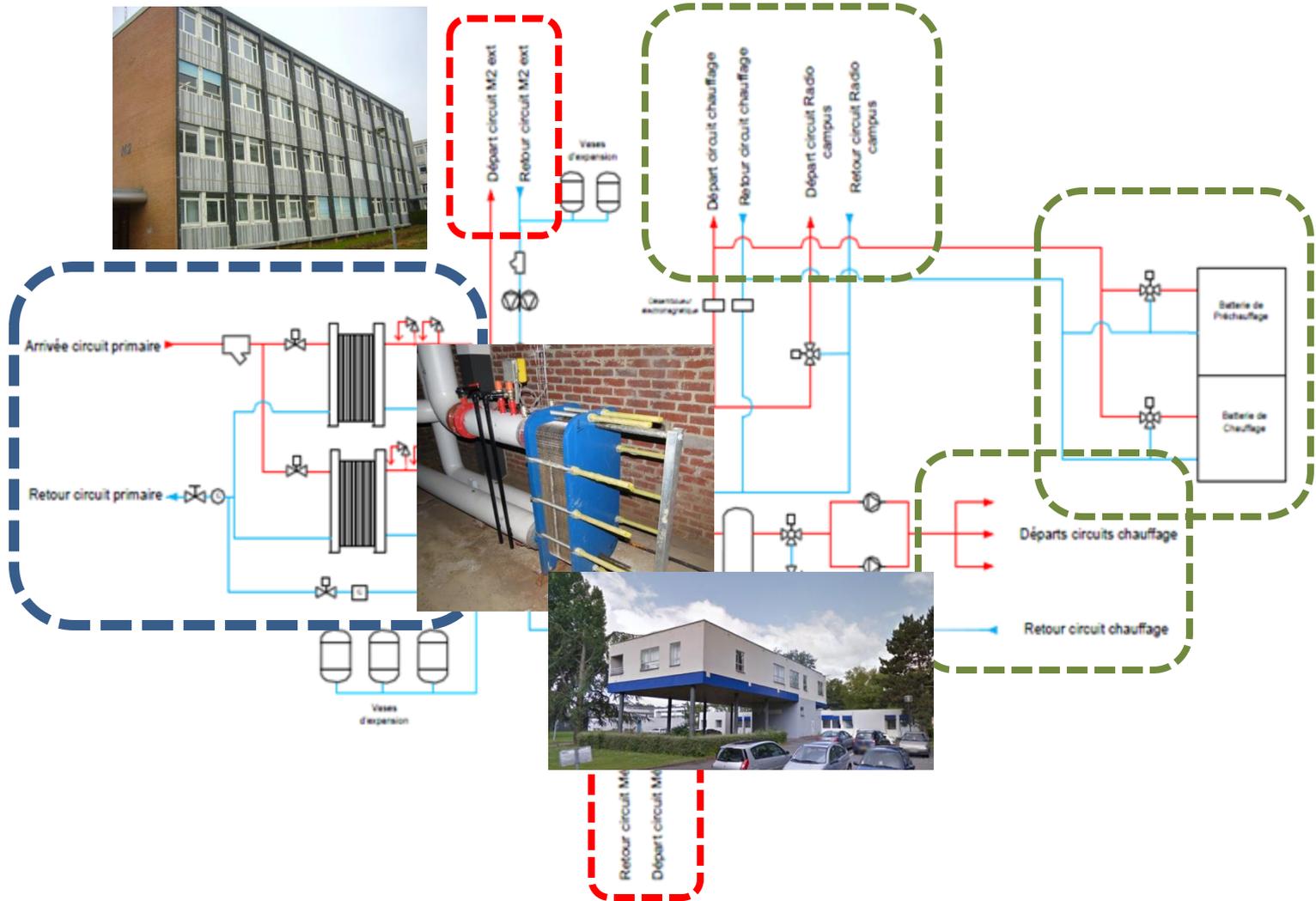
# Architecture du bâtiment M41



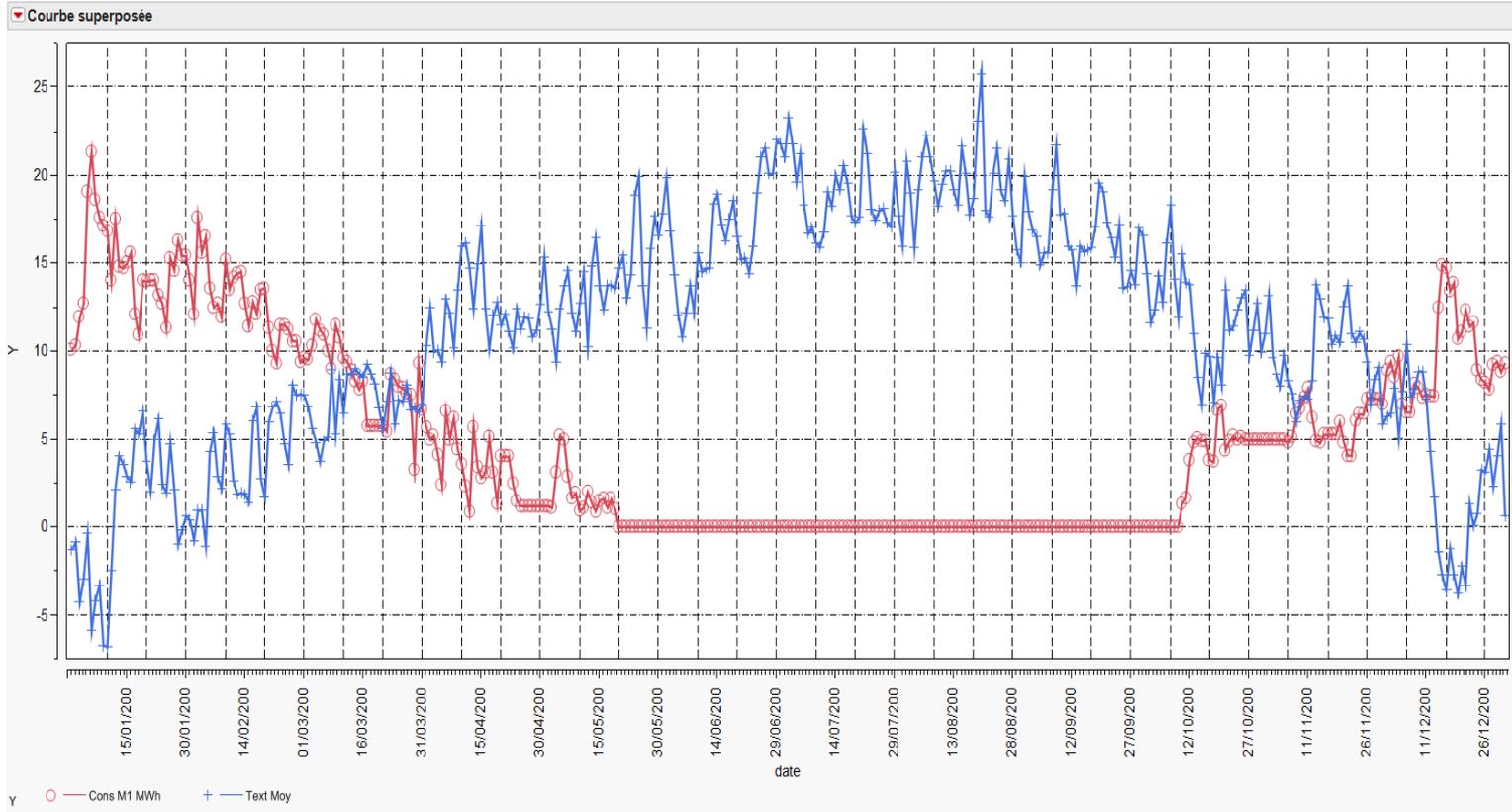
# Caractéristiques « M1 »

<b>Nom du bâtiment</b>	<b>M1</b>
Surface chauffée	6997 m <sup>2</sup>
Année de construction / DPE	1966 / B
Usage	Enseignement
Occupation	Du lundi au vendredi : 7h30 à 20h Samedi : le matin
Température de consigne	19 °C
Dépense thermique	442 337 W

# Sous station M1



# Consommations & températures journalières

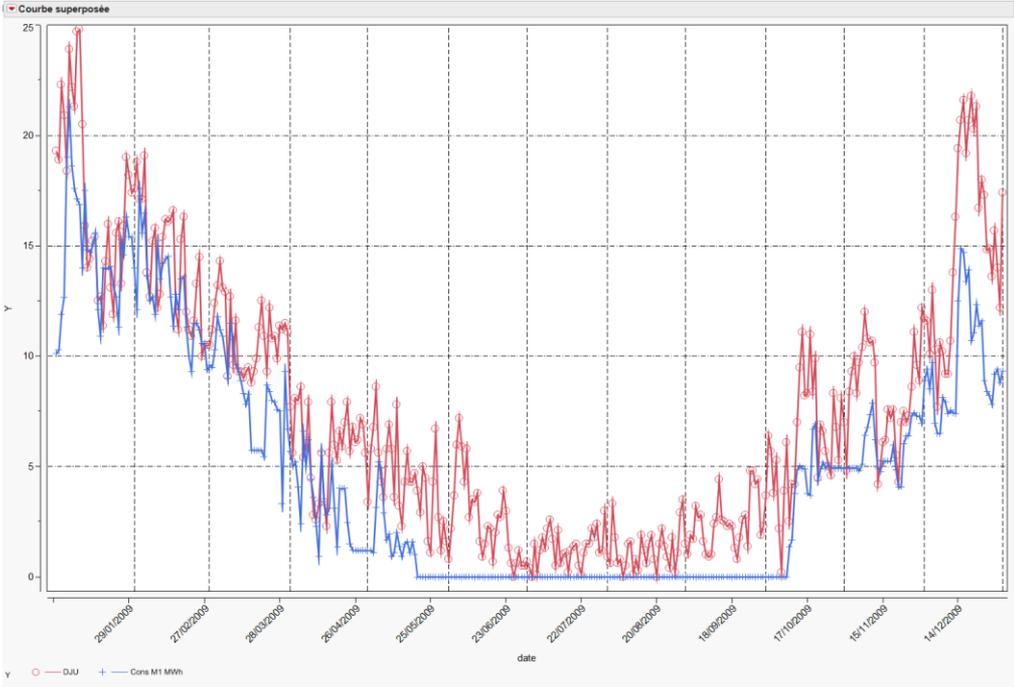


# Consommations & DJU journaliers du (2009)

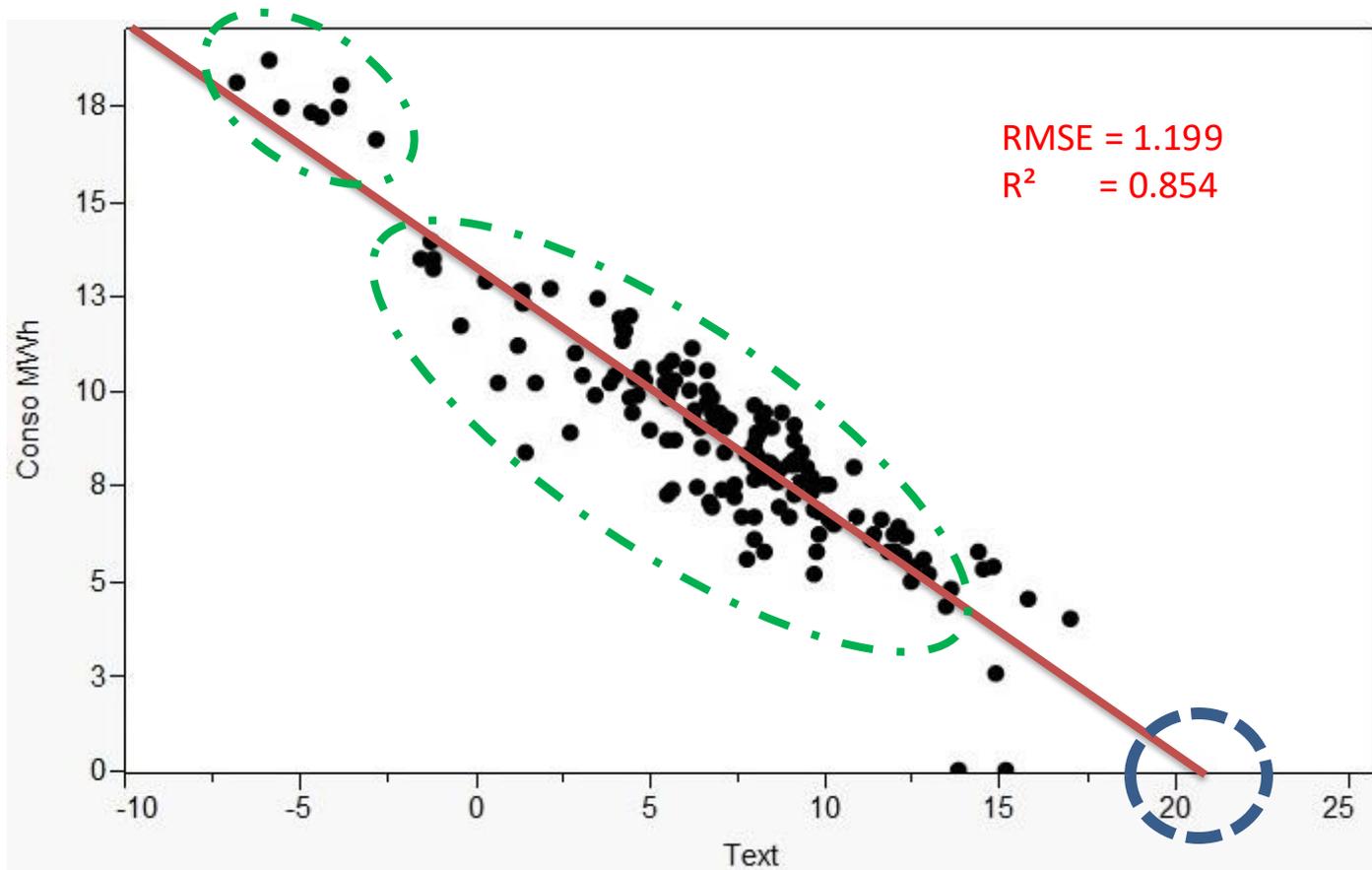
DJU : degrés jour unifiés

$$DJU = (S - T_n) * \left( 0.08 + 0.42 * \frac{S - T_n}{T_x - T_n} \right)$$

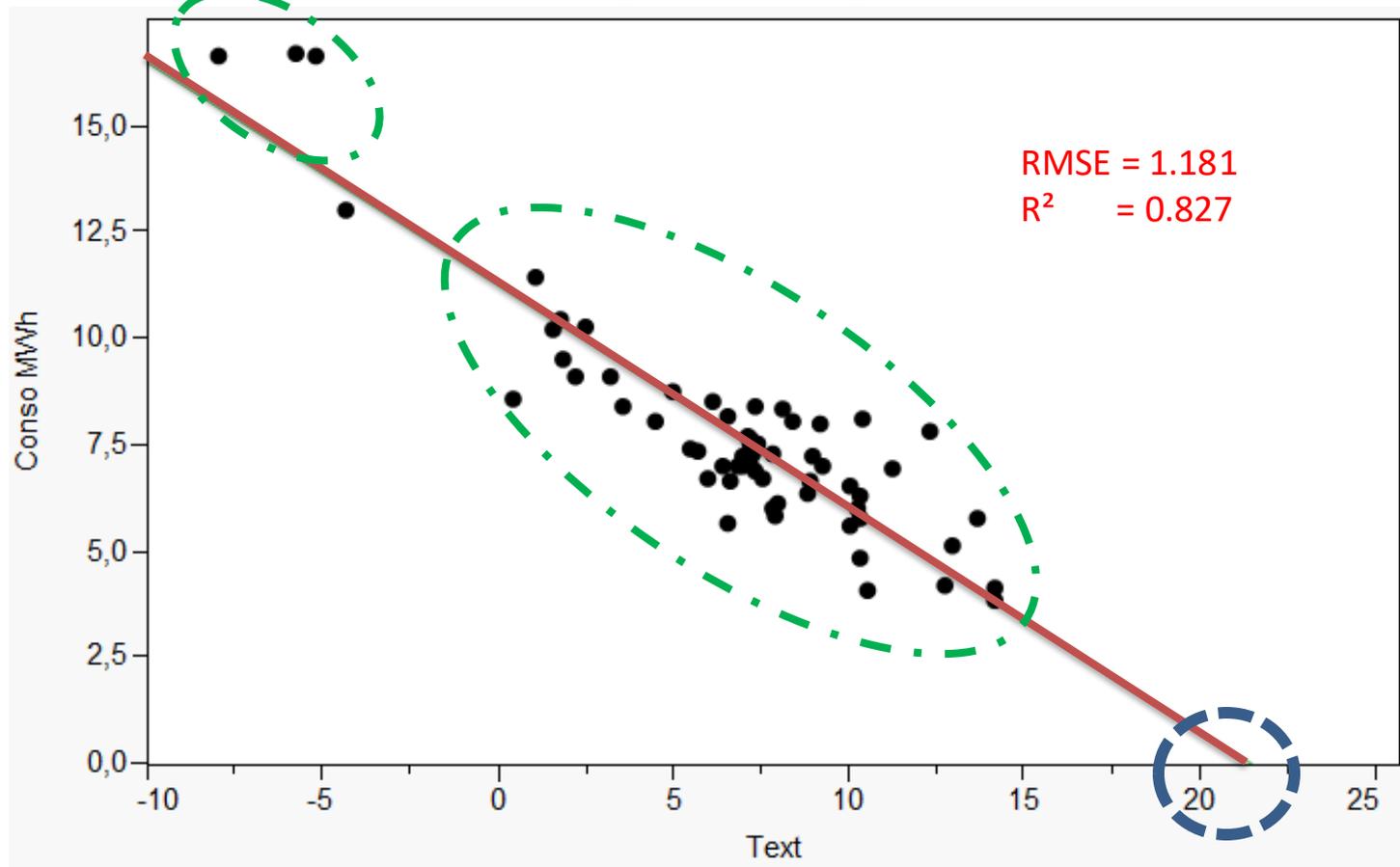
S= référence  
Tn = Température minimale  
Tx= Température maximale.



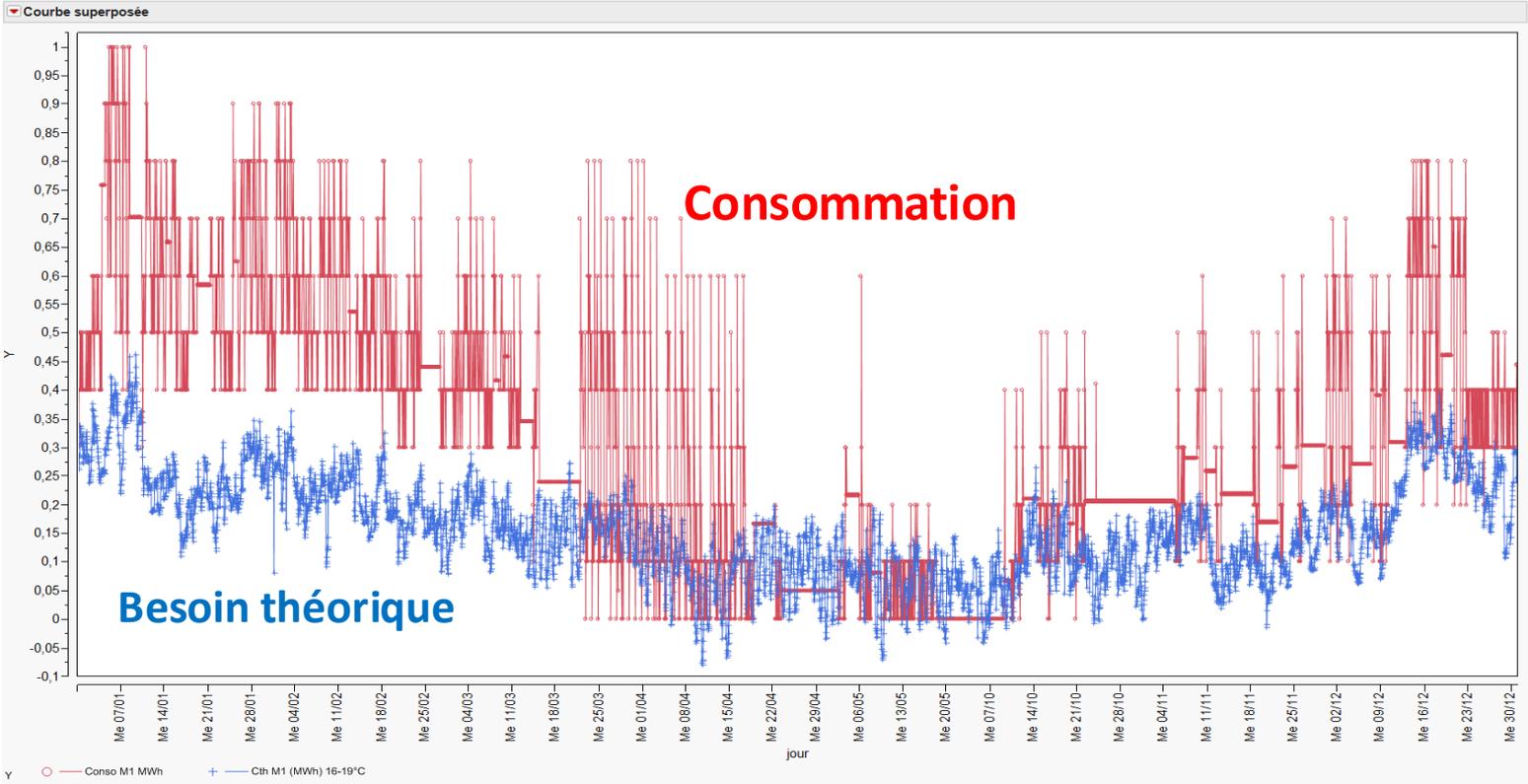
# Corrélation Consommation Journalières (Jours de travail)



# Corrélation Conso. Journalières M1 (Week-end)



# Consommations – besoin théorique



## **Resumé et conclusion**

# Réseau de chaleur :

Concept intéressant avec de nombreux avantages:

- Effet d'échelle
- Intègrent facilement des énergies renouvelables et des énergies de récupération
- Cogénération
- Stockage de l'énergie (la chaleur se stocke plus facilement que l'électricité).

## Réseau de chaleur intelligents:

- Une gestion optimisée (adaptation production – demande, température de distribution, stockage, stockage, pompage,..)
- Gestion de patrimoine
- Amélioration de la sécurité
- Information/interactions usagers et collectivités

Merci