

# 4. Vecteurs énergétiques

## 4.2 – *La chaleur*

Daniel R. Rousse, ing., Ph.D.

*Département de génie mécanique*

Mathieu Patin, M.ing.

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Un peu d'histoire
- Principe de fonctionnement
- Technologies
- Développement
- Conclusion

# Plan de la présentation

- ***Introduction et objectifs de la capsule***
- Un peu d'histoire
- Principe de fonctionnement
- Technologies
- Développement
- Conclusion

# Introduction et objectifs

- Un réseau de chaleur est un vecteur d'énergie couramment utilisé, notamment en milieu urbain
- Son but est d'alimenter en chaleur/froid l'ensemble des bâtiments d'une zone à l'aide d'une source commune
- Ce qui permet de centraliser la production et de limiter les risques qui lui sont liés

# Introduction et objectifs

- Objectifs de cette présentation
  - Développer le fonctionnement d'un réseau de chaleur ainsi que les éléments le composant
  - Présenter les différentes technologies de réseaux de chaleur

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- ***Un peu d'histoire (à venir)***
- Principe de fonctionnement
- Technologies
- Développement
- Conclusion

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Un peu d'histoire
- ***Principe de fonctionnement***
- Technologies
- Développement
- Conclusion

# Question

- Un réseau de chaleur est constitué de trois éléments, lesquels ?
  - A. Les unités de production
  - B. Le réseau de distribution primaire
  - C. Les sous-stations d'échanges
  - D. Les unités de transmission
  - E. Le réseau d'électricité secondaire

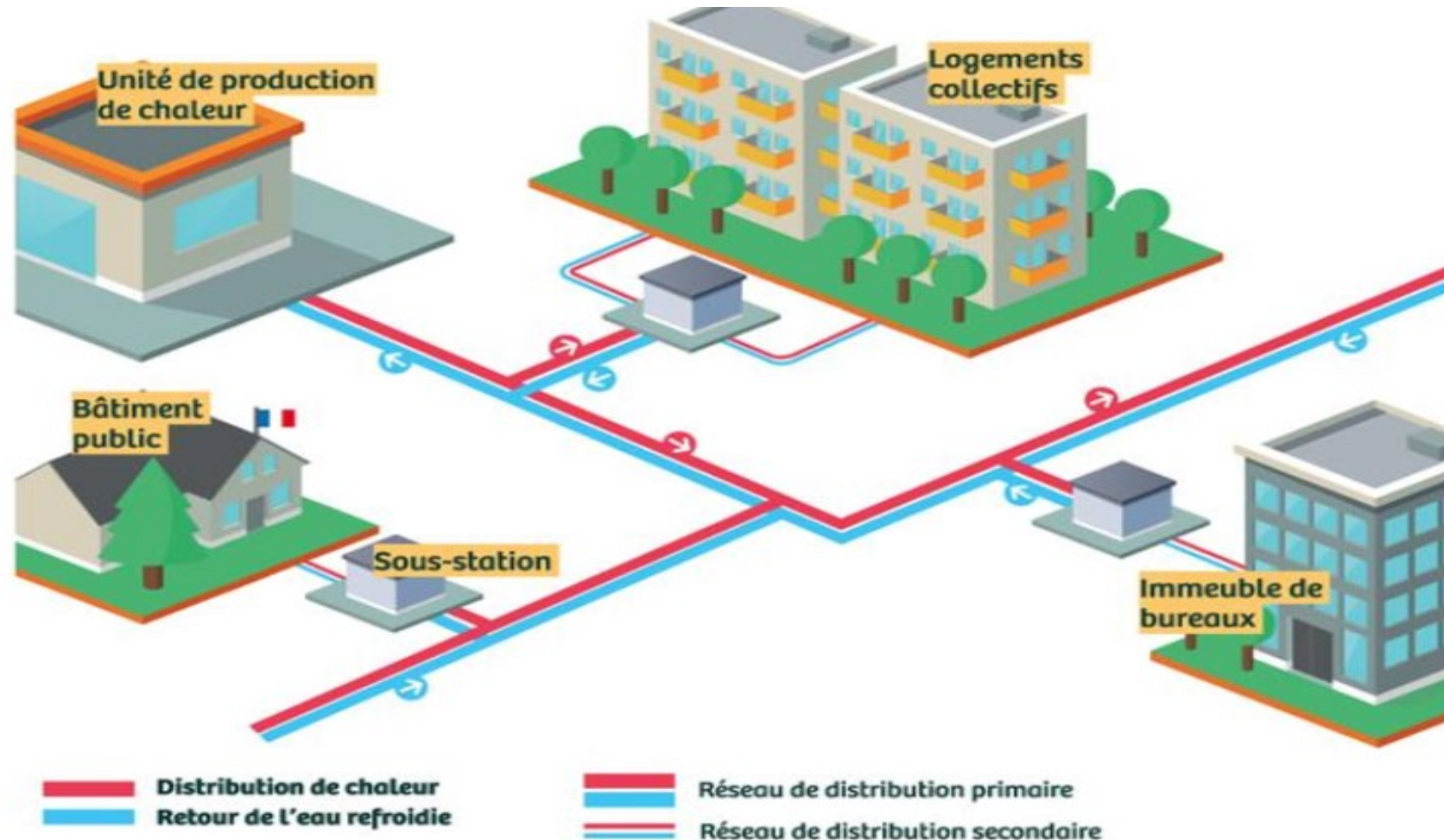


ENR2020



# Principe de fonctionnement

- Un réseau de chaleur est constitué de trois éléments :



(1)

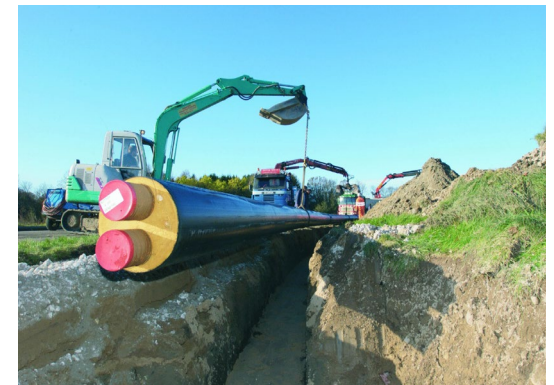
# Principe de fonctionnement

- **La ou les unités de production :**
  - Source de chaleur
    - Par énergies fossiles (gaz, fioul...)
    - Par énergies renouvelables (biomasse, géothermie...)
    - Par récupération (chaleur fatale, cogénération...)
  - Source de froid
    - Compresseur électrique, “chaleur” fatale, extraction de sources naturelles...
  - Ou encore des centres de stockage

(1)

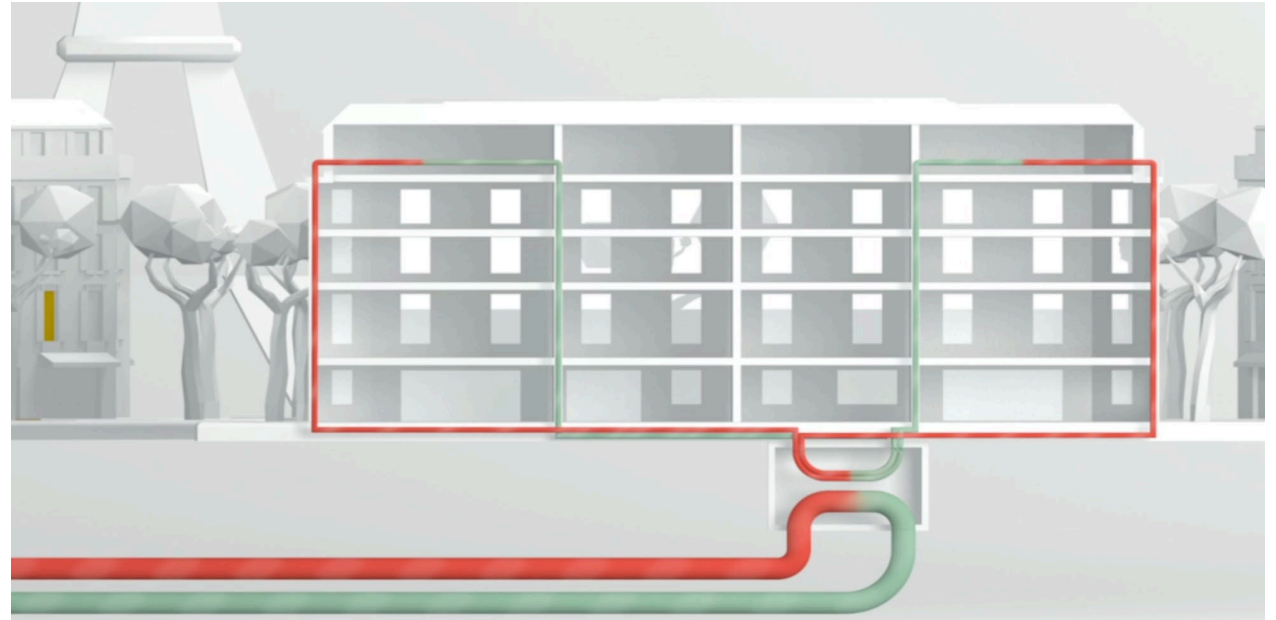
# Principe de fonctionnement

- **Le réseau de distribution primaire** qui distribue la chaleur
  - La chaleur est contenue dans un fluide qui circule généralement dans des canalisations souterraines isolées
  - Le fluide caloporteur utilisé peut être
    - De l'eau chaude entre 60° et 80°C ;
    - De l'eau surchauffée entre 110° et 180°C ;
    - De la vapeur entre 200°C et 300°C.



# Principe de fonctionnement

- **Les sous-stations d'échanges** qui échangent la chaleur avec le circuit secondaire
  - Le circuit secondaire distribue ensuite la chaleur dans le bâtiment alimenté

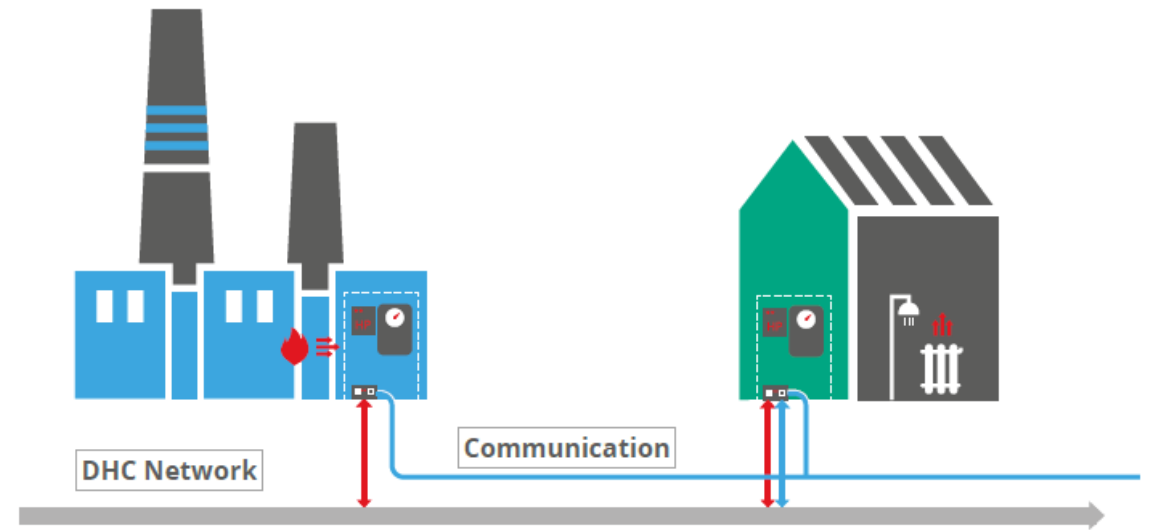
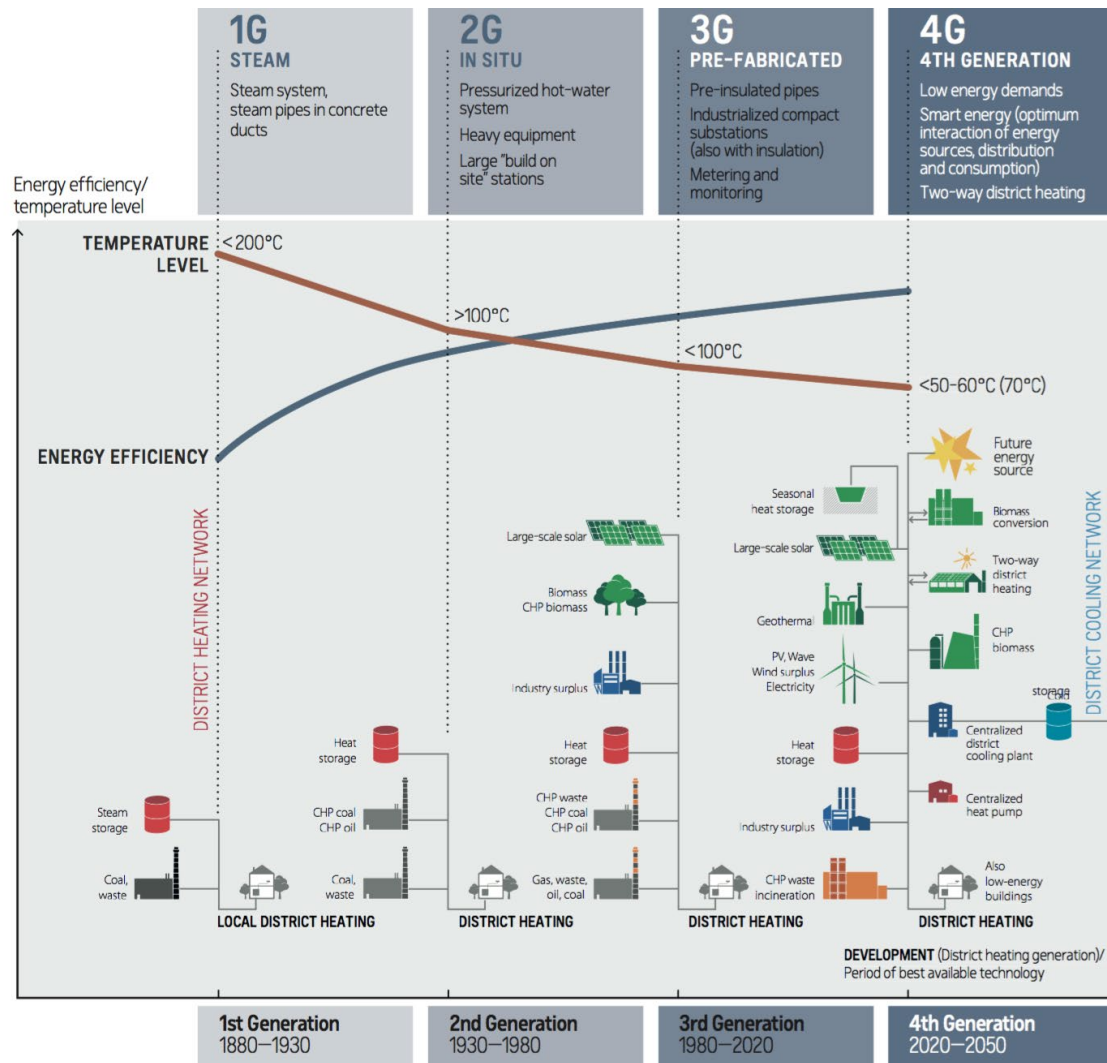


(1) Source : <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/constitution-dun-reseau-de-chaleur>

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Un peu d'histoire
- Principe de fonctionnement
- ***Technologies***
- Développement
- Conclusion

# Technologies



DHC : district heating and cooling



# Technologies

- Première génération : systèmes à base de vapeur alimentés par des énergies fossiles (1880-1930)
  - Très populaires avant les années 30 ;
  - Seuls les réseaux de Paris et New York sont encore en activité ;
  - Ils restent viables notamment en raison de la forte densité de population dans ces villes ;
  - Originellement au charbon.



# Technologies

- Seconde génération : systèmes à base d'eau surchauffée et pressurisée ( $T > 100^{\circ}\text{C}$ ) alimentés par des énergies fossiles (1930-1980)
  - Équipements très lourds ;
  - Stations de génération de grande taille ;
  - Combinaison de génération électrique et de chaleur ;
  - Mazout ou charbon ;
  - Technologies toujours présentes dans de nombreuses villes.



# Technologies

- Troisième génération : systèmes à base d'eau chaude ( $T < 100^{\circ}\text{C}$ , moyenne température), alimentés par des énergies fossiles ou renouvelables (1980-2020)
  - Technologie utilisée depuis la fin des années 70 ;
  - Constitue la majorité des réseaux en service ;
  - Intégration possible de renouvelables et de récupération de chaleur fatale industrielle ;
  - Génération possible au gaz naturel.

# Technologies

- Quatrième génération : systèmes à base d'eau chaude ( $T < 60^{\circ}\text{C}$ , basse température jusqu'à  $70^{\circ}\text{C}$ ) alimentés par des énergies renouvelables (2020-2050)
  - Technologies en cours de déploiement depuis 2015 environ ;
  - Réseaux intelligents pouvant utiliser des sources intermittentes ainsi que des sources et des demandes de chaleur plus faibles ;
  - Gestion souple des fluctuations dans la demande en chaleur ;
  - Stockage saisonnier ;
  - Permet aux clients raccordés de consommer et de produire.
- Dans la plupart des réseaux de chaleur de seconde génération ou plus un système de stockage est également présent

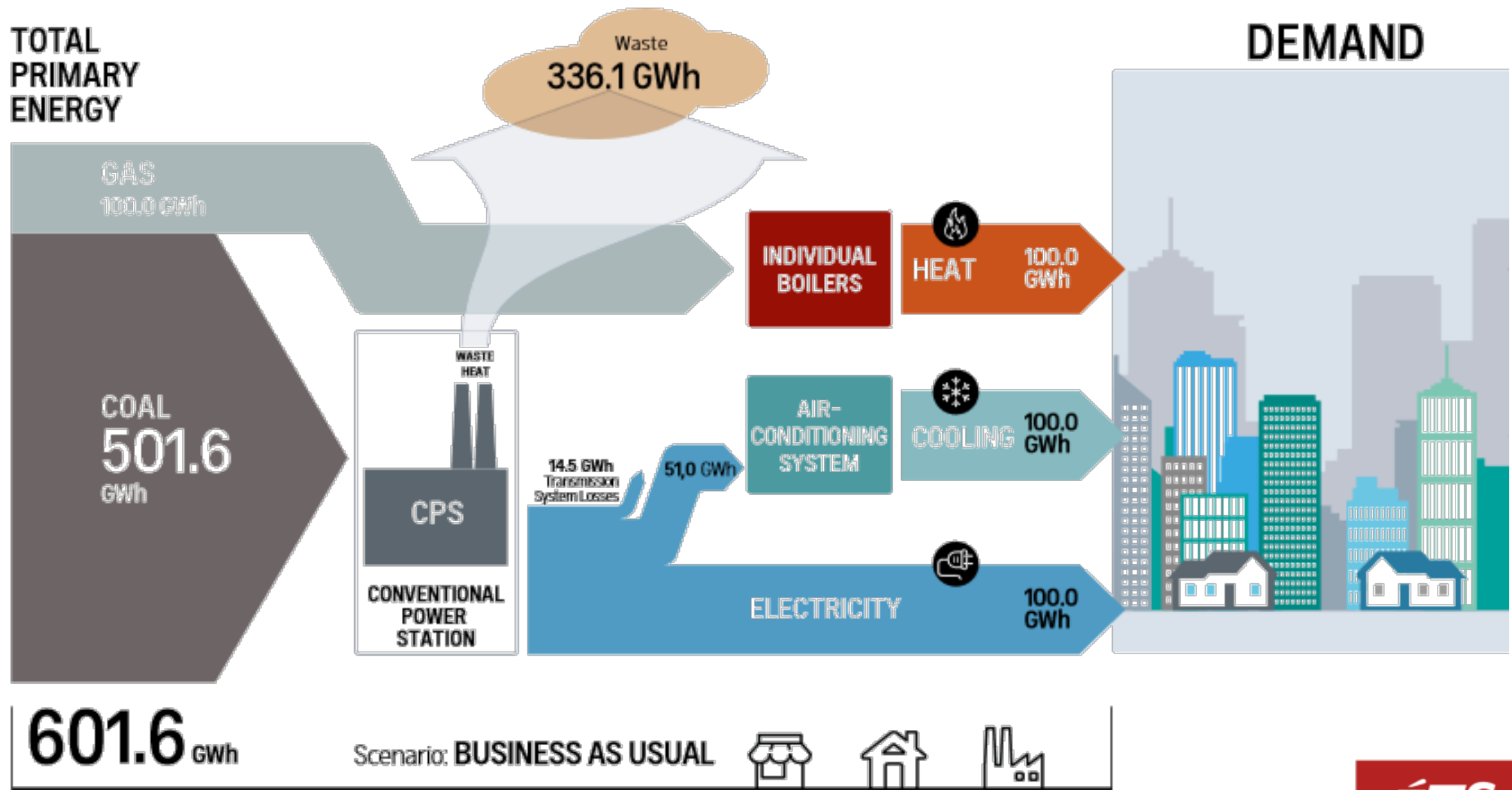
# Technologies

- Cinquième génération : systèmes à base d'eau chaude ( $T < 30^{\circ}\text{C}$ , basse température), alimentés par des énergies renouvelables (2020-2050)
  - Technologie complémentaire à celle de la quatrième génération, développée dès les années 1990 mais baptisée en 2015 ;
  - Plutôt une variante de la 4G que sa succession à proprement parler ;
  - Possibilité de distribuer chaud et froid simultanément ;
  - Température proche de celle du sol pour limiter les pertes thermiques ;
  - Couplage avec des thermopompes au niveau des points de distribution.

# Technologies

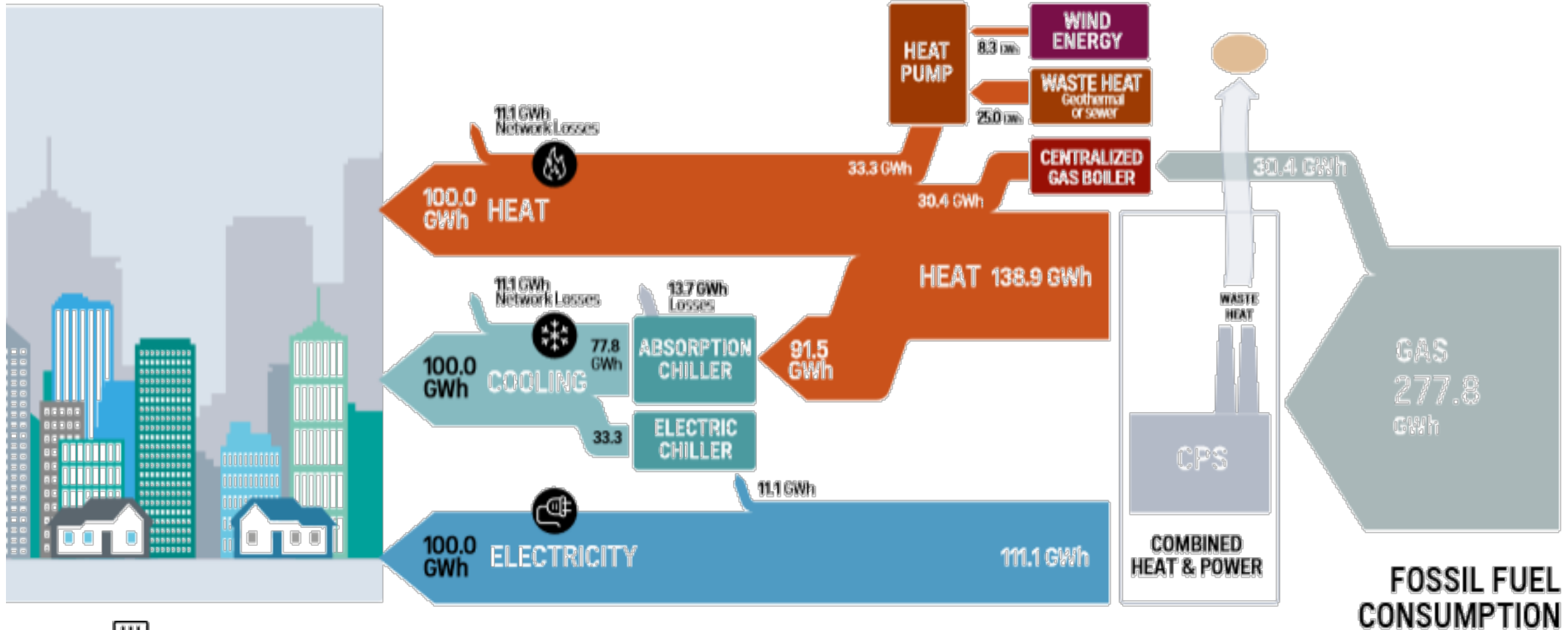
- Séparation similaire pour les technologies des réseaux de froid
  - Première génération à base de fluides calorifiques refroidis par des condensateurs et des évaporateurs ;
  - Seconde génération à base d'eau froide et utilisant des refroidisseurs mécaniques ;
  - Troisième génération similaire à la seconde, mais avec une plus grande variété de sources de froid ;
  - Quatrième génération, réseaux intelligents basés sur les énergies renouvelables.

# Technologies



# Technologies

## DEMAND



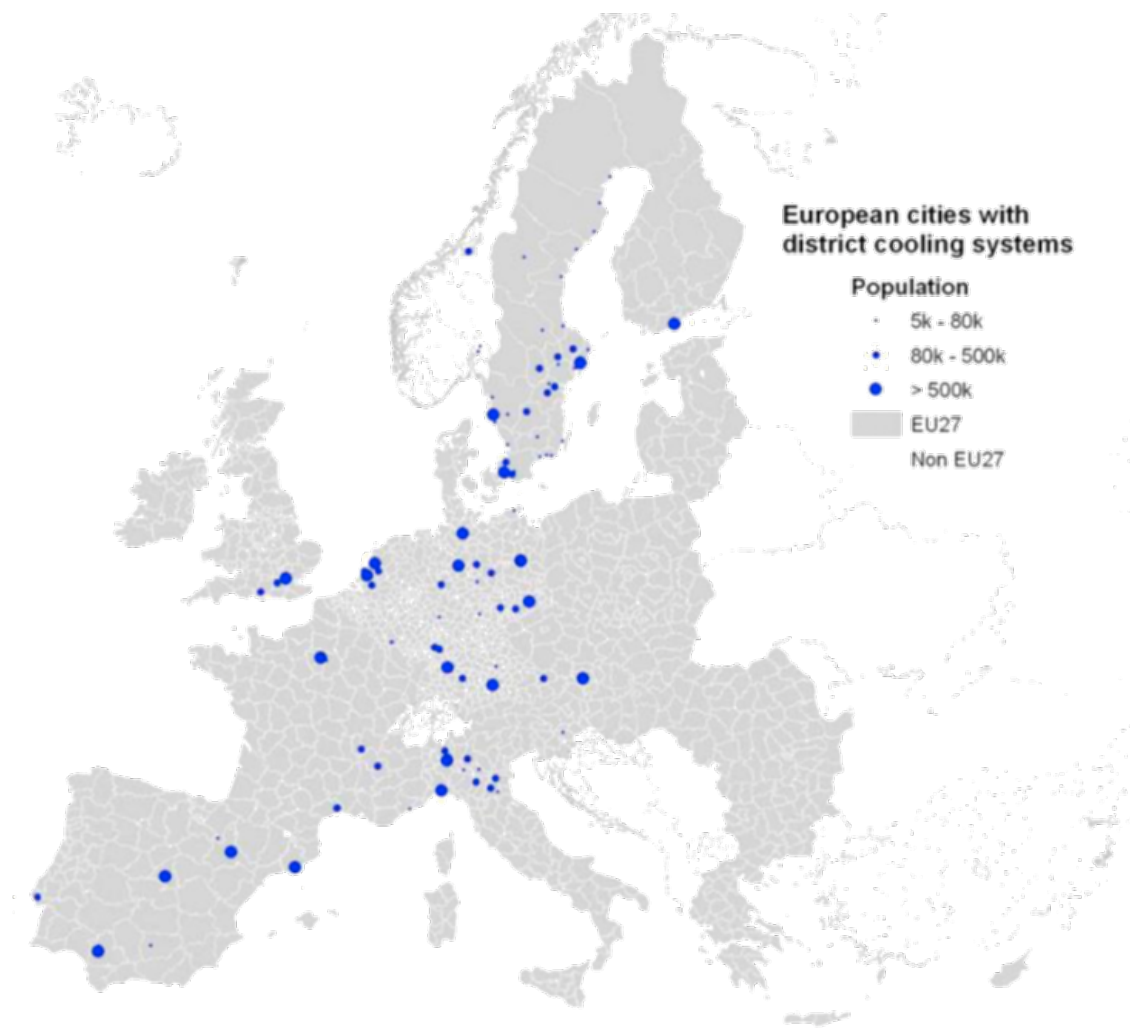
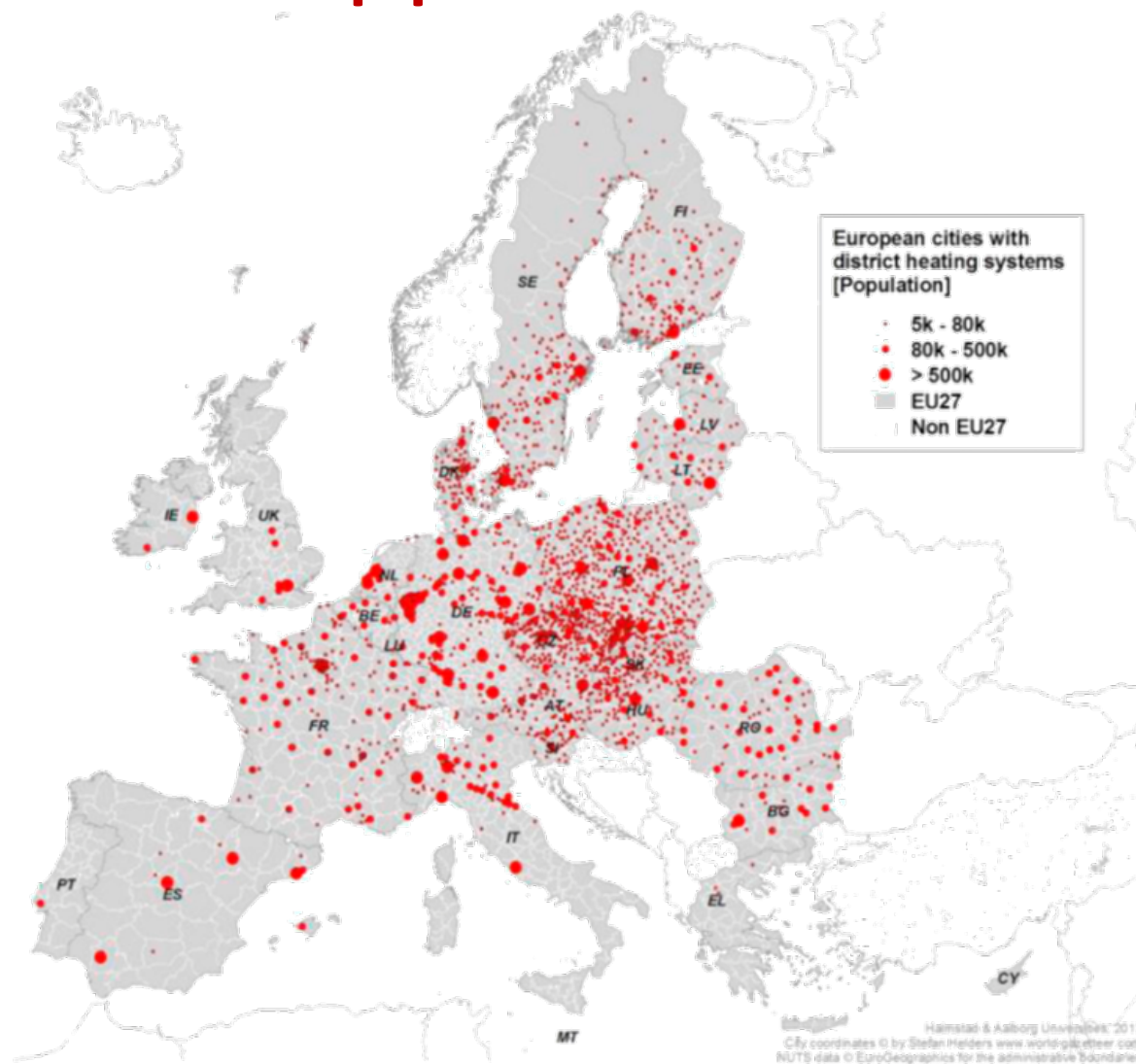
Scenario: **MODERN DISTRICT ENERGY SYSTEM**

**308.2 GWh**

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Un peu d'histoire
- Principe de fonctionnement
- Technologies
- ***Développement***
- Conclusion

# Développement





# Développement

- Au Canada les réseaux de chaleur sont principalement limités aux grandes zones urbaines, notamment :
  - Montréal
  - Ottawa
  - Toronto
  - Vancouver
  - Sudbury
  - Hamilton

# Développement

- Exemple de réseaux de chaleur alimenté par géothermie, Val-de-Marne (France)
  - La géothermie représente 68% de sa production de chaleur grâce à une **trentaine** de réseaux.
  - Le département compte deux centrales historiques à L'Haÿ-les-Roses et Chevilly-Larue, ainsi qu'une plus récente à Villejuif, fournissant 12MW thermiques chacune.
  - Le réseau dispose aussi de deux centrales de co-génération.
  - A elles cinq, elles alimentent le plus grand réseau de chaleur européen.

**En 2020, la centrale géothermique de Melun (mise en service il y a 53 ans) assurait 49% des besoins énergétiques de 8180 logements. Une part supplémentaire de 36% est assurée par de la valorisation énergétique de déchets et de la cogénération.**

# Développement



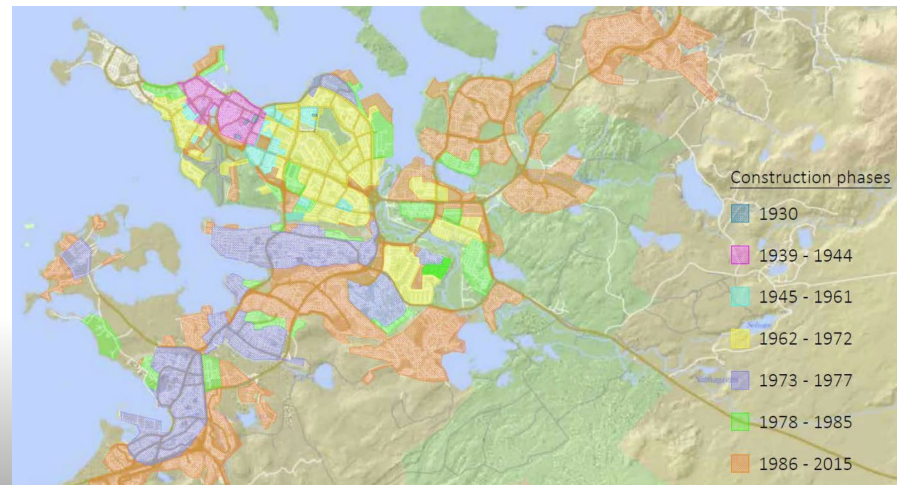
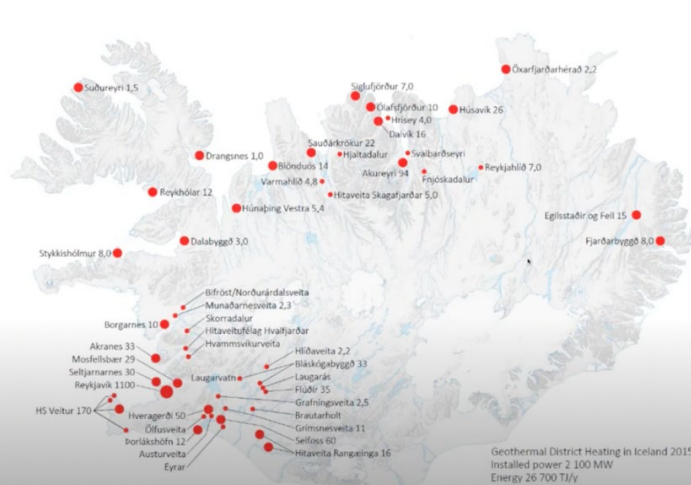
**Nombre de logements  
connectés au réseau : 35 320**

**Longueur des canalisations  
du réseau : 100 km**

**Carte détaillée et interactive : [cliquez ici](#)**

# Développement

- Autre exemple de réseau de chaleur alimenté par géothermie, Reykjavík (Islande)
  - 90% des habitants du pays connectés à un réseau de chaleur urbain utilisant la géothermie ; réseau de Reykjavík est le plus grand au monde à reposer uniquement sur de la production géothermique



# Question

- Quelle est la source du réseau de chaleur de Drake Landing?
  - A. Géothermie
  - B. Solaire photovoltaïque
  - C. Gaz
  - D. Charbon
  - E. Solaire thermique



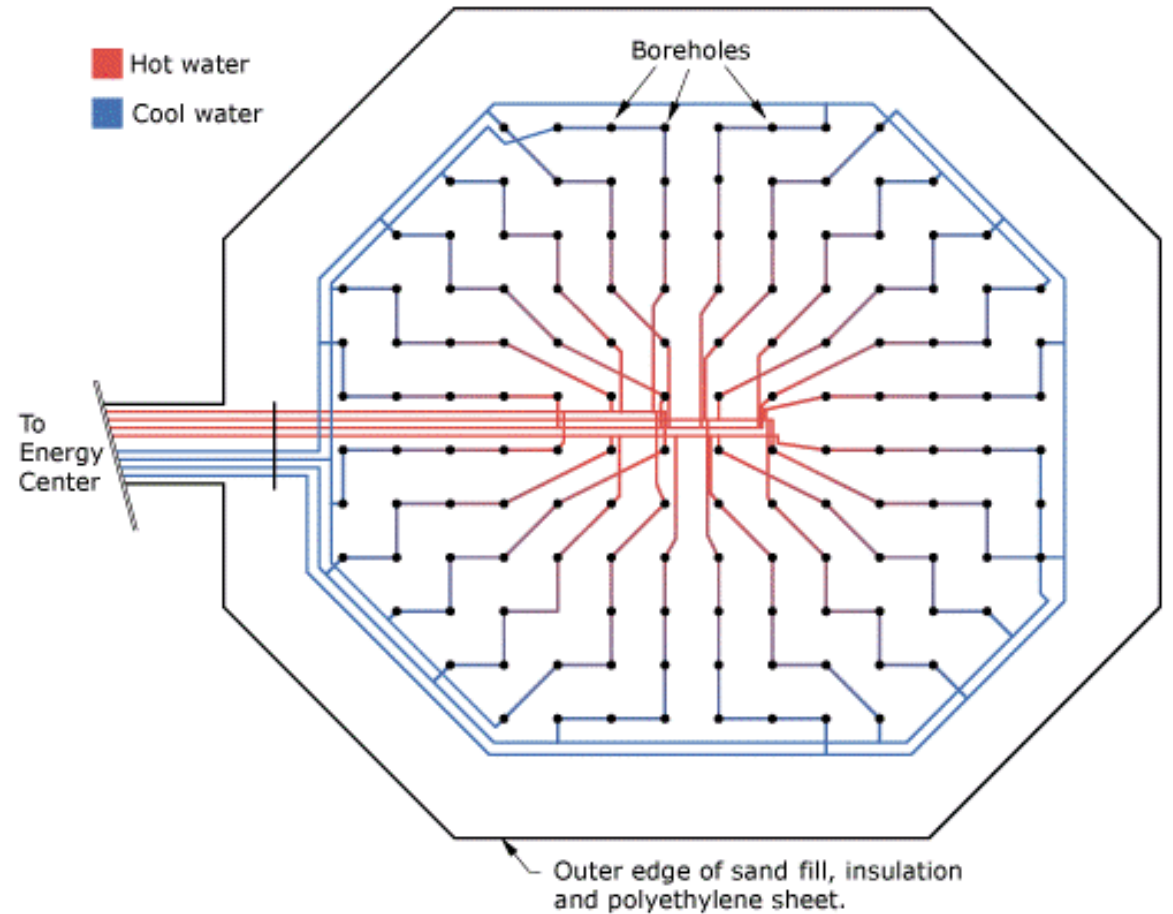
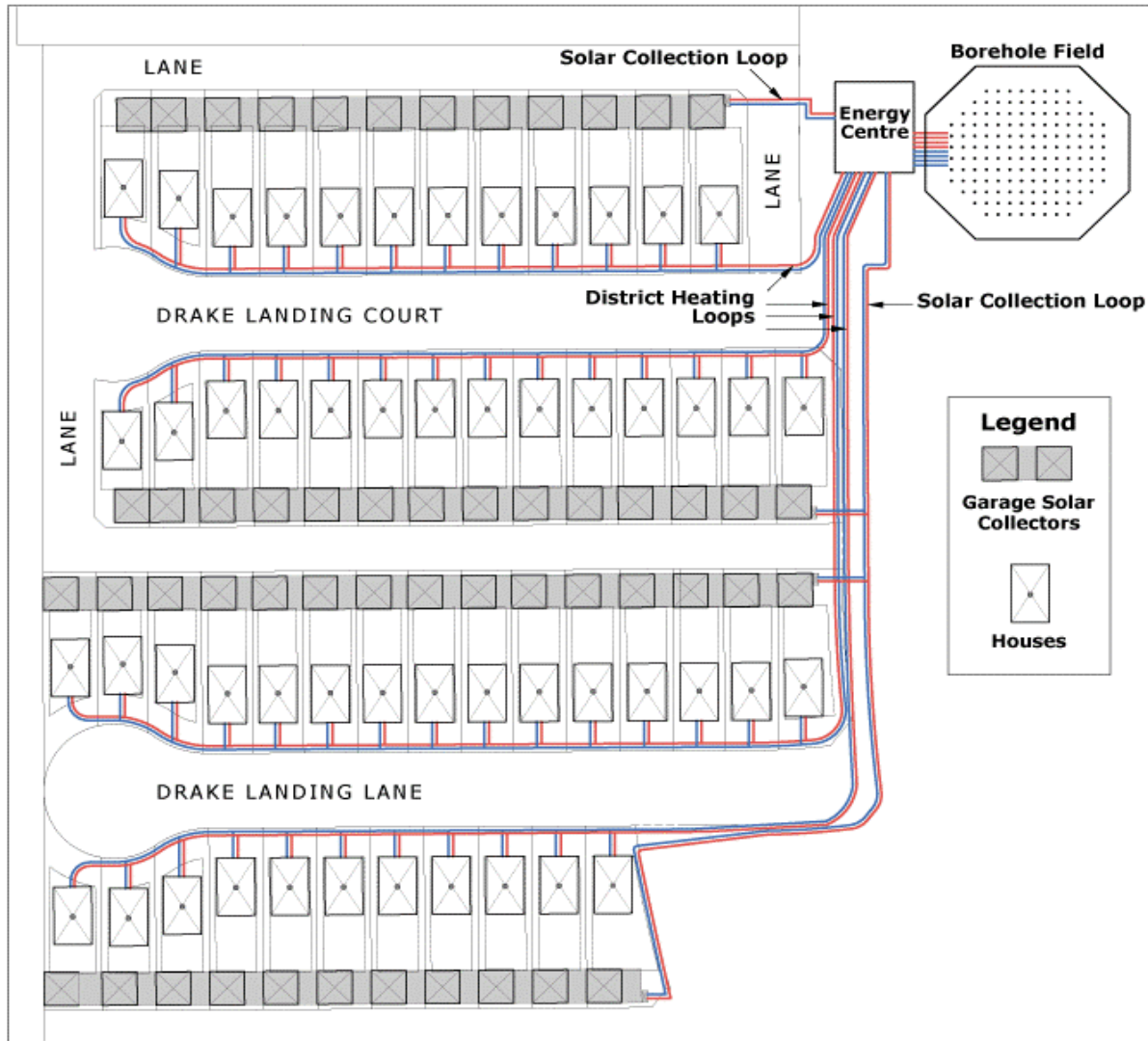
ENR2020

# Développement

- Exemple de réseaux de chaleur alimenté par du solaire thermique, Drake Landing (Okotoks, Canada)
  - **Source** : solaire thermique ;
  - 90% de fraction solaire de chauffage ;
  - **Client** : 52 maisons détachées (~1500 pi<sup>2</sup>) ;
  - **Stockage** : géothermie ;
  - 144 puits ;
  - Séries de 6 puits ;
  - 35 m ;
  - 80°C en été.



# Développement



[www.dlcs.ca](http://www.dlcs.ca)

# Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Un peu d'histoire
- Principe de fonctionnement
- Technologies
- Développement
- ***Conclusion***



# Conclusions

- Un réseau de chaleur est un vecteur d'énergie historiquement alimenté par des énergies fossiles (charbon, gaz)
- Les évolutions techniques ont permis d'en faire un outil pour décarboner notre société en permettant l'introduction d'énergies renouvelables
- Cependant cette technologie est toujours limitée à des zones à forte densité urbaine

# Références

- Lund, H., Werner, S., Wiltshire, R., Svendsen, S., Thorsen, J. E., Hvelplund, F., & Mathiesen, B. V. (2014). 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy*, 68, 1-11. Repéré à <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544214002369>
- Lund, H., Østergaard, P. A., Chang, M., Werner, S., Svendsen, S., Sorknæs, P., . . . Möller, B. (2018). The status of 4th generation district heating: Research and results. *Energy*, 164, 147-159. Repéré à <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544218317420>
- Mazhar, A. R., Liu, S., & Shukla, A. (2018). A state of art review on the district heating systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 96, 420-439. doi: Repéré à <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032118305720>
- Werner, S. (2017). International review of district heating and cooling. *Energy*, 137, 617-631. Repéré à <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036054421730614X>
- Connaissance des énergies. (2015). Réseaux de chaleur . Repéré à <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/reseaux-de-chaleur>

# Références

- Cerema. (2011). Fiche découverte : Réseau de froid. Repéré à <http://reseaux-chaaleur.cerema.fr/reseaux-de-froid>
- Cerema. (2011). Fiche découverte Constitution d'un réseau de chaleur. Repéré à <http://reseaux-chaaleur.cerema.fr/constitution-dun-reseau-de-chaaleur>
- ADEME. (2019). LES RÉSEAUX DE CHALEUR ET DE FROID ÉTAT DES LIEUX DE LA FILIÈRE MARCHÉS, EMPLOIS, COÛTS. Repéré à [https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/reseau-de-chaaleur-etat-des-lieux-filiere\\_2019.pdf](https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/reseau-de-chaaleur-etat-des-lieux-filiere_2019.pdf)
- UNEP. (2015). DISTRICT ENERGY IN CITIES. Repéré à [https://www.enwave.com/pdf/UNEP\\_DES\\_District\\_Energy\\_Report\\_V%C3%98JNC122.pdf](https://www.enwave.com/pdf/UNEP_DES_District_Energy_Report_V%C3%98JNC122.pdf)
- Oddgeir Gudmundsson. (2016). Distribution of district heating: 2nd Generation. Repéré à <https://www.linkedin.com/pulse/distribution-district-heating-2nd-generation-oddgeir-gudmundsson>
- Oddgeir Gudmundsson. (2016). Distribution of district heating: 3rd Generation. Repéré à <https://www.linkedin.com/pulse/distribution-district-heating-3rd-generation-oddgeir-gudmundsson>
- Oddgeir Gudmundsson. (2017). Distribution of district heating: 4th Generation. Repéré à <https://www.linkedin.com/pulse/distribution-district-heating-4th-generation-oddgeir-gudmundsson>

# Références

- Marco Pellegrini and Augusto Bianchini. (2017). The Innovative Concept of Cold District Heating Networks: A Literature Review.
- IEA. (1999). District Heating and Cooling Connection Handbook.
- Behzad Rismanchi. (2017). District energy network (DEN), current global status and future development. Repéré à : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116307791#!>
- SEMHACH. (2005). Réseau de Chevilly-Larue, l'Haÿ-les-Roses et Villejuif



**Merci de votre attention !**

Lorsque cette capsule de formation est présentée en asynchrone (PDF récupérable sur le site du cours), si vous avez des questions à formuler, veuillez les poser par écrit et spécifier le nom et le numéro de la présentation. Nous vous répondrons le plus rapidement possible.

# Période de questions

