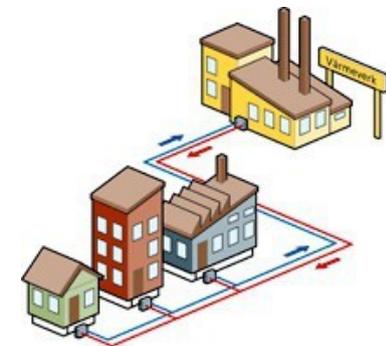


Innovation dans les réseaux de chaleur

Stéfan Le Dû

**Pôle Réseaux de Chaleur –
CETE de l'Ouest**

3 octobre 2013



*Au 1^{er} janvier 2014,
les 8 CETE, le Certu, le Cetmef et le Sétra fusionnent pour donner naissance au Cerema*

Centre d'Études Techniques de l'Équipement de l'Ouest

www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr

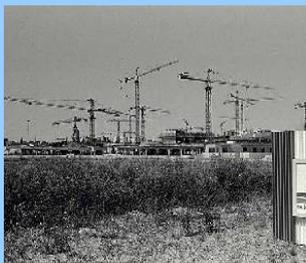
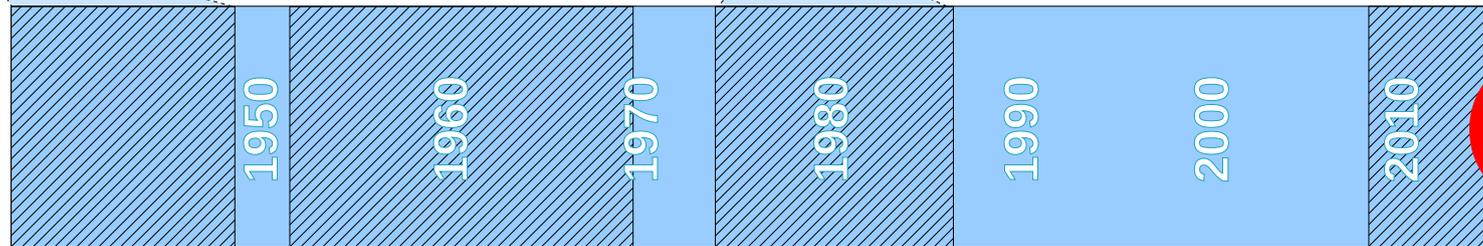
Réseaux de chaleur en France

4 grandes périodes



grandes villes aux besoins de chaleur importants (Paris, Grenoble, Strasbourg)

création de nombreux réseaux géothermiques en Île-de-France suite aux chocs pétroliers



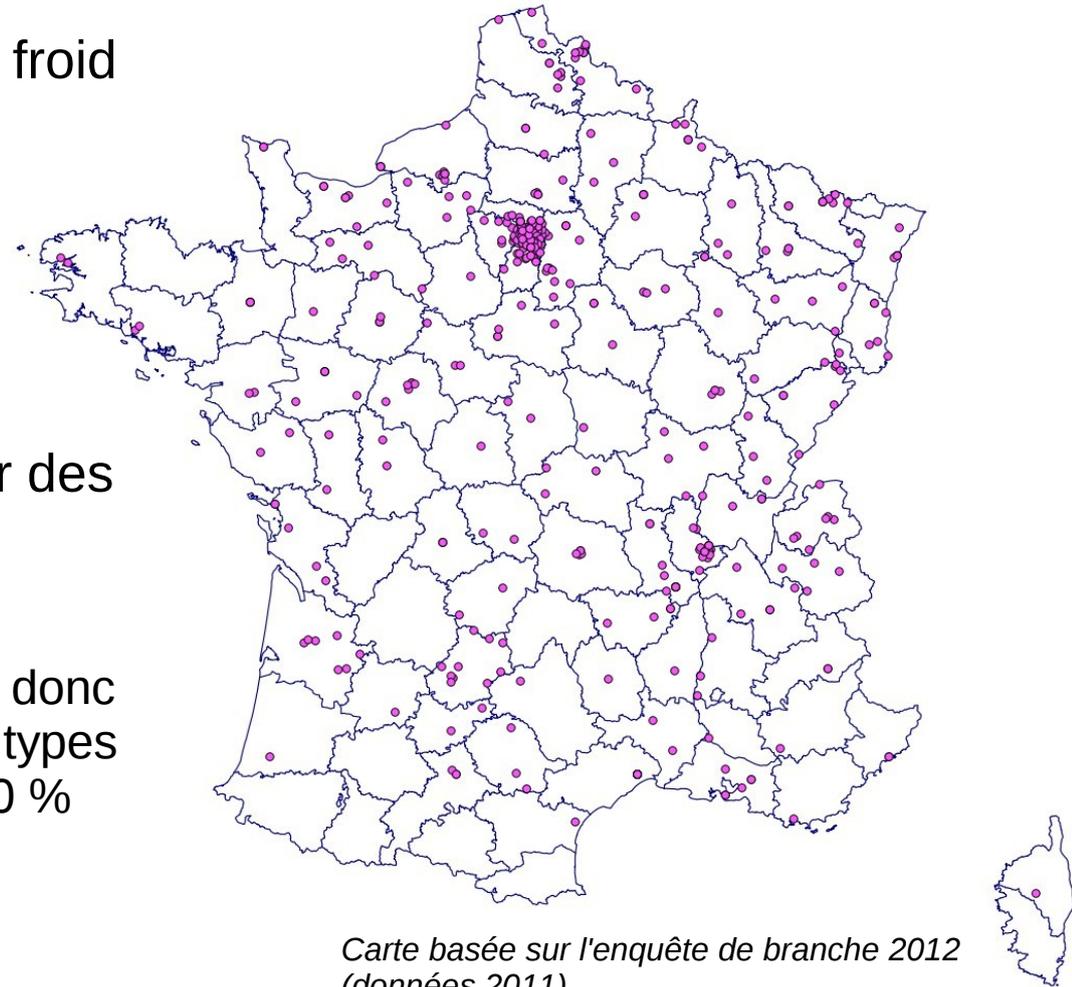
création de réseaux en lien avec les grandes politiques d'urbanisation

développement des réseaux de chaleur renouvelable



Réseaux de chaleur en France Aujourd'hui

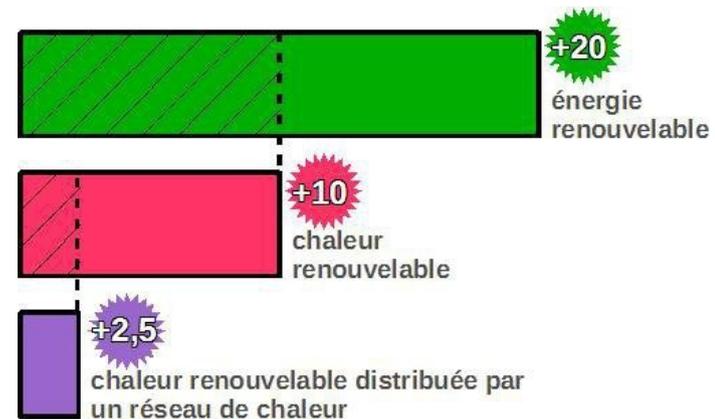
- 450 réseaux de chaleur et de froid recensés
- 2,1 millions d'équivalents logements desservis
- 6 % du chauffage
- réseaux alimentés à 36 % par des énergies renouvelables et de récupération
 - Les réseaux de chaleur sont donc le meilleur élève parmi les 3 types de réseaux d'énergie (gaz : 0 % EnR&R ; électricité : 11,5% EnR&R)



Réseaux de chaleur en France

Demain ?

- **Urgence climatique 2020** : des objectifs internationaux, européens et nationaux à 2020 → l'objectif 3x20
 - **Chaleur** : 50% de la consommation d'énergie (France et Europe), et pourtant pas 50% de l'attention des acteurs
 - Les réseaux de chaleur portent **1/8 de l'effort national** sur le développement des énergies renouvelables
- **Cap 2050** : le facteur 4 → le mouvement ne s'arrête pas en 2020
 - Mais le potentiel « facile » sera déjà exploité par les réalisations 2010-2020



Les réseaux de chaleur portant 1/8 de l'effort national (allégorie)

© Columbia Tristar Pictures

La ville de 2020, 2030, 2050

- 2010 :
 - 100% du bâti date d'avant la RT 2012
- 2020 :
 - 45% du bâti date d'avant 1975 ;
 - 90% date d'avant la RT 2012 ;
 - 75% des Européens vivent en ville
- 2030 :
 - 80-85% du bâti était déjà là en 2010
 - 80% des Européens vivent en ville
- 2050 :
 - 70% de la ville française a été construite avant 2010 (30-40% avant 1975)



Photo hdxwallpapers.com

- la population urbaine augmente
- le taux de renouvellement urbain est très lent au regard de l'urgence climatique

Donc...

- Besoin de solutions énergétiques :
 - Qui permettent de mobiliser **massivement** des énergies renouvelables
 - Qui soient **compatibles avec les contraintes des villes**
 - Qui soient **disponibles dès maintenant** pour les objectifs 2020
 - Qui disposent d'un **potentiel au-delà de 2020**, pour les objectifs 2050

Les réseaux de chaleur et de froid correspondent à ces 4 critères



**WE HAVE A
WINNER**

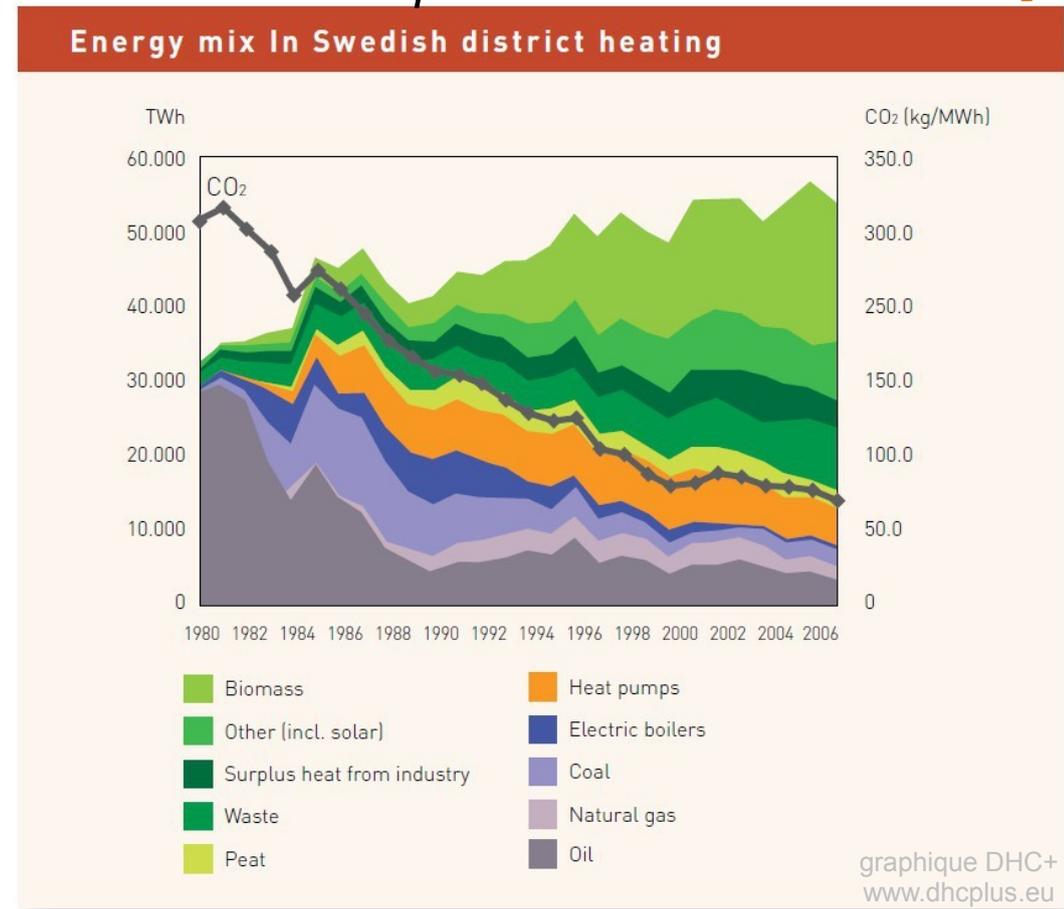


**RESEAUX <
DE CHALEUR
> DE 2015 À 2050**

Priorité aux EnR&R

- Evolution du bouquet énergétique des réseaux de chaleur : objectif national **75% EnR&R en 2020** (29 % en 2009, 36 % en 2012)
- D'abord avec les gisements massifs et facilement mobilisables :
 - Bois-énergie
 - Récupération de chaleur (principalement incinération de déchets)
 - Géothermie profonde
- Pour l'après 2020 : à suivre dans la saison 2 !

Exemple de la Suède :

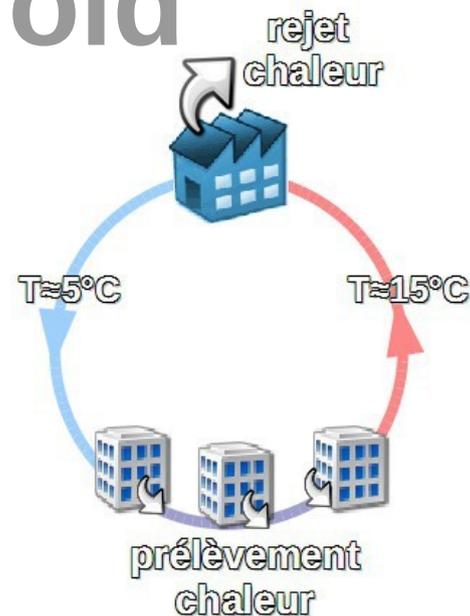


Réseaux basse température

- Température habituelle des réseaux de chaleur : 100-110°C
- Réseau basse température : 70-80°C
- Intérêt :
 - Réduction des pertes thermiques → meilleure efficacité énergétique
 - Adaptation aux émetteurs basse température (planchers chauffants...)
- Inconvénients :
 - Inadapté au bâti ancien
 - Nécessite des interventions sur le réseau de distribution → plutôt pour des réseaux neufs
- Tous les réseaux mis en place dans des quartiers neufs post-2010 sont en basse température
 - Possibilité d'étendre en basse température un réseau haute température
- Également : sur-isolation, variabilité instantanée des températures ou des débits, optimisation des sous-stations, etc.

Réseaux de froid

- Le besoin de froid va augmenter :
 - Bâtiments mieux isolés
 - Étés plus chauds
 - On veut toujours plus de confort !
- Réseau de froid = réseau de chaleur inversé
- 13 réseaux de froid en France en 2012 (dont le plus grand d'Europe, à Paris)
- Au Japon, les réseaux de froid livrent plus d'énergie que les réseaux de chaleur
- Développement en cours aux États-Unis



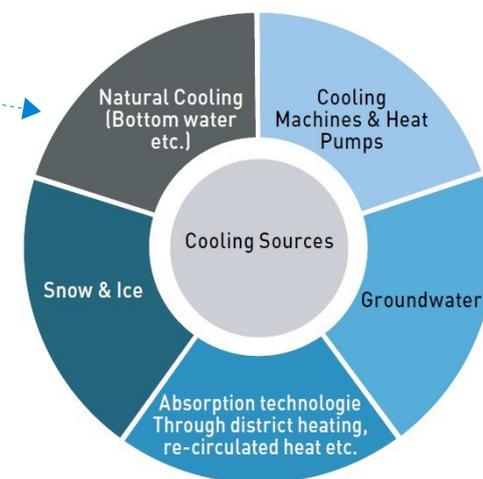
Le Louvre est climatisé par le réseau de froid Climespace de Paris

Réseaux de froid

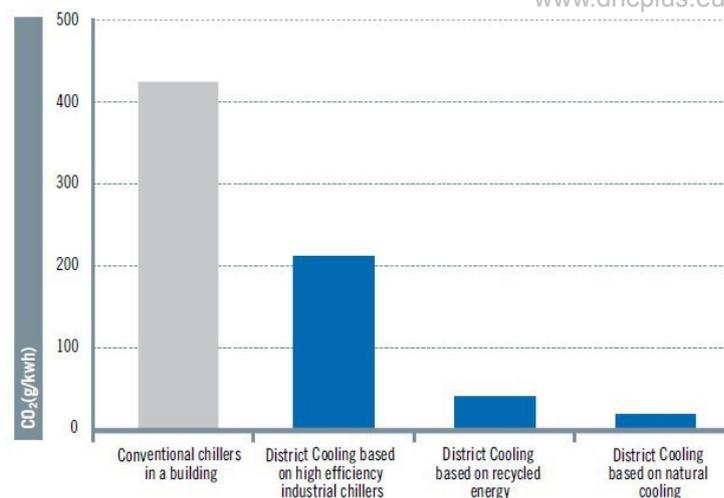
- Accès à des sources de froid renouvelables et gratuites
- Meilleur contrôle des fluides frigorigènes
- 5 à 10 fois plus efficace (énergie et carbone) que la climatisation électrique classique
- Évite ceci



Sources for district cooling

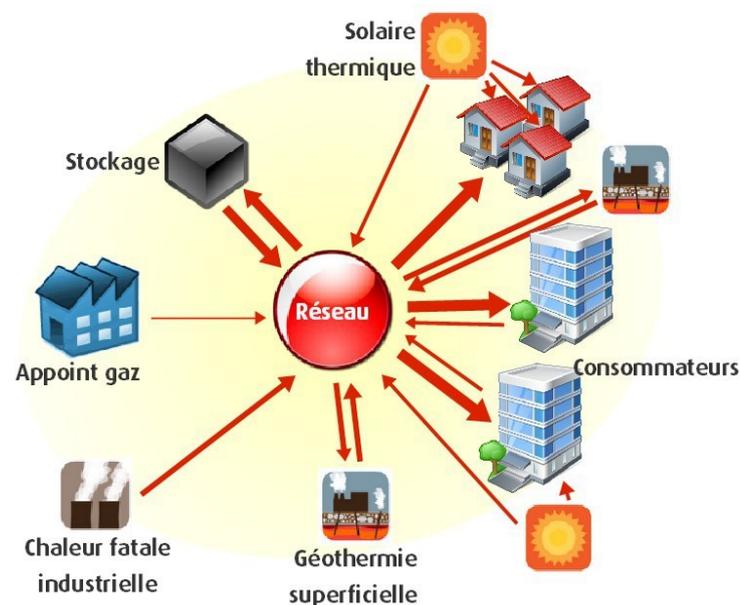


Comparison of typical CO₂ emissions of different cooling solutions



Priorité aux EnR&R, saison 2

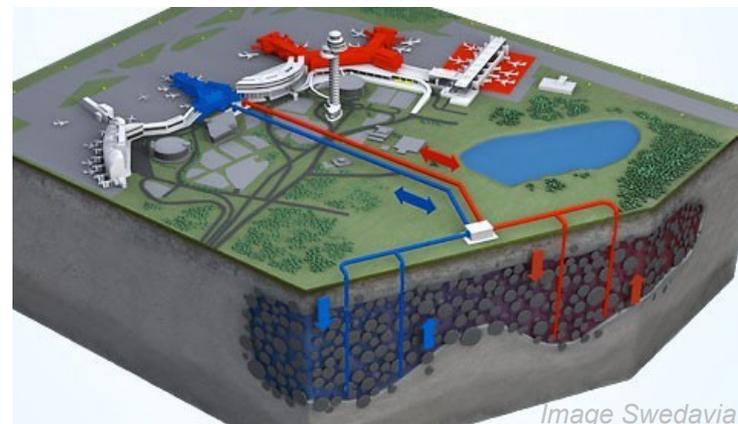
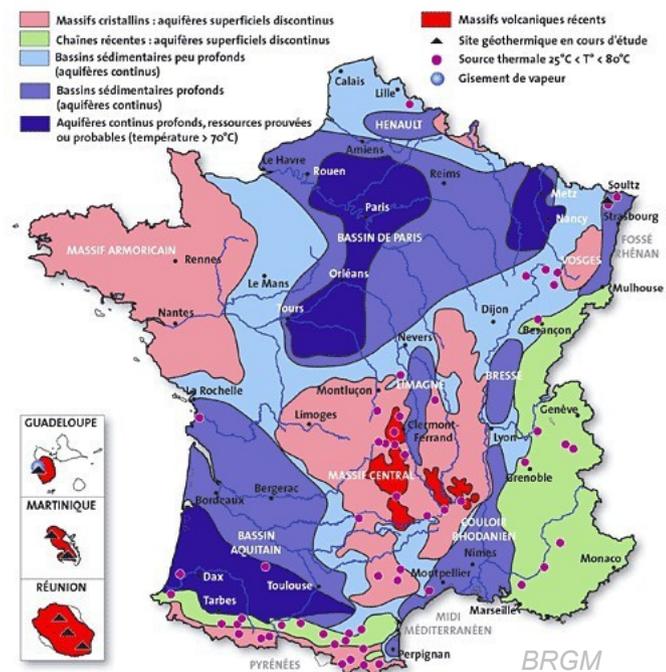
- *Résumé de la saison 1 : mobilisation des gisements massivement exploitables avec les technologies matures en 2010-2020*
- Pour l'après 2020, progressivement, autres sources renouvelables et de récupération :
 - Solaire thermique
 - Géothermie superficielle (avec PAC)
 - Récupération sur eaux usées, data-centers, bâtiments, etc.
 - Éolien (stockage thermique)



Priorité aux EnR&R, saison 2

Géothermie faible profondeur

- De qqs mètres à qqs dizaines de mètres
- Avec PAC
- Avantages :
 - // géothermie profonde : plus grande disponibilité territoriale
 - // géothermie individuelle : mutualisation de l'investissement
 - // autres sources EnR&R : réversible chaud/froid suivant la saison (stockage dans le sous-sol)
- Exemples en France :
 - Écoquartiers Sainte-Geneviève (Nanterre), Dock de Ris (Ris-Orangis), Le Fort (Issy-les-Moulineaux)



Priorité aux EnR&R, saison 2

Solaire thermique

- Installation centralisé (« ferme solaire ») ou panneaux diffus dans la ville
- Avantages
 - Solaire thermique > solaire photovoltaïque (3 à 4 fois plus d'énergie au m² de capteur)
 - Solaire thermique sur réseau de chaleur :
 - Coût d'installation inférieur (facteur d'échelle)
 - Meilleur suivi et entretien des installations → meilleure productivité
 - Mutualisation de la production
- Exemples :
 - Danemark : énergie déjà exploitée depuis les années 80 par les réseaux de chaleur
 - France : Balma-Gramont (1^{er} réseau de chaleur solaire, 2012), Juvignac (ZAC des Constellations)



2010

2020

2030

2040

2050

Priorité aux EnR&R, saison 2

Récupération de sources « faibles »

- Faibles lorsqu'on les compare aux UIOM
- Potentiel non négligeable en cumul à l'échelle de quartiers et villes : chaleur produite par les bâtiments, les infrastructures de services (transports, assainissement...), etc.
- Généralement source complémentaire (et minoritaire) ajoutée à une chaufferie classique
- Exemples :
 - Eaux usées : réseau de chaleur de Nanterre, 2011
 - Data-center : réseau de chaleur de Marne-la-Vallée, 2012
 - Crématorium : réseau de chaleur de Stockholm
 - Transfert de chaleur de bâtiments à climatiser vers bâtiments à chauffer
 - Bâtiments à énergie positive ?

Stockage de chaleur

- Techniquement au point depuis l'invention de l'eau chaude
- Développement dans les réseaux de chaleur pour lisser les pics de demande d'énergie
 - Stockage journalier
 - Stockage inter-saisonnier
- Amélioration de l'efficacité et du bouquet énergétique (pas d'appoint fossile pour les pointes)
- Innovations :
 - Réduction de l'encombrement : stockage dans des aquifères souterrains (lien avec géothermie), stockage latent (changement d'état d'un fluide), stockage chimique...
 - Stockage, par le réseau de chaleur, du surplus de production électrique (éolienne, solaire PV, cogénération...)

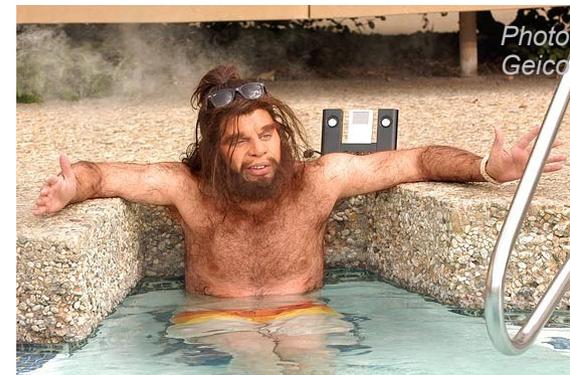


Photo Geico
 Homme des cavernes dans sa piscine d'eau chaude – 250000 av. JC

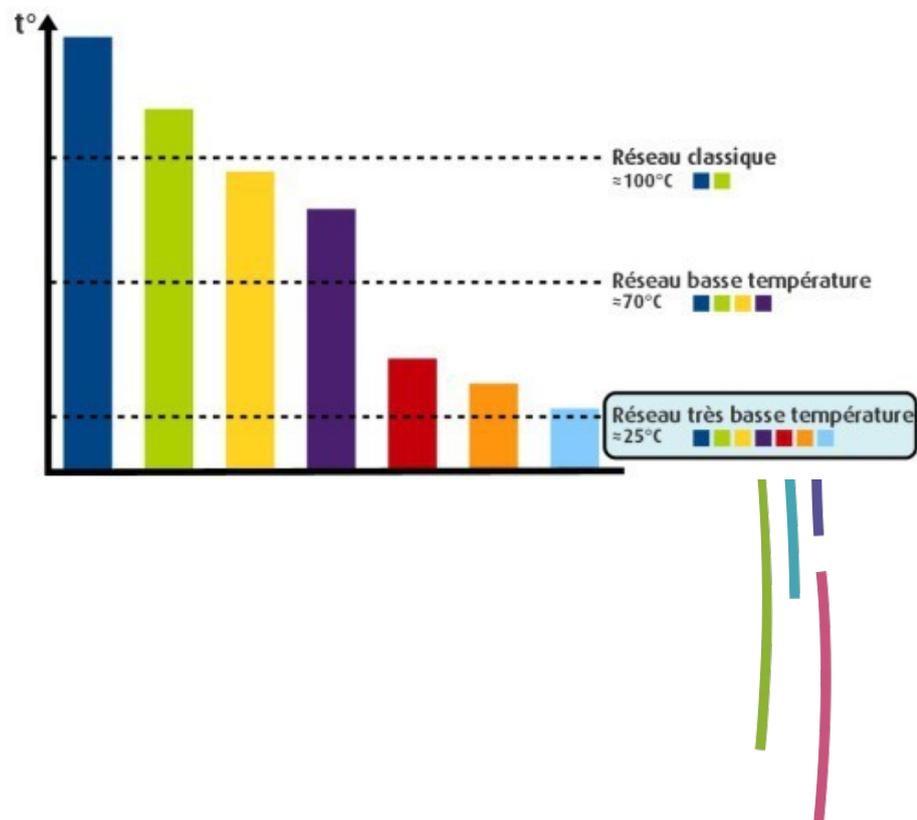


Stockage inter-saisonnier de 12000m³ (Friedrichshaffen, Allemagne)

Photo Eurosun via INES

Réseaux très basse température

- Autour de 20-30°C
- Intérêt :
 - Élargissement du panel de sources énergétiques mobilisables
 - Réseau pouvant servir à la fois de source froide et de source chaude pour des PAC (donc réseau de chaleur **et** de froid) :
 - En été, une eau à 20°C peut servir de source froide à une PAC, pour climatiser
 - En hiver, une eau à 20°C peut servir de source chaude à une PAC, pour chauffer



- Inconvénients :
 - Solution à trouver pour l'eau chaude sanitaire
- Projet à Grenoble (EcoCités), réflexion sur ZAC Plateau de Saclay...

Smart Grid thermique

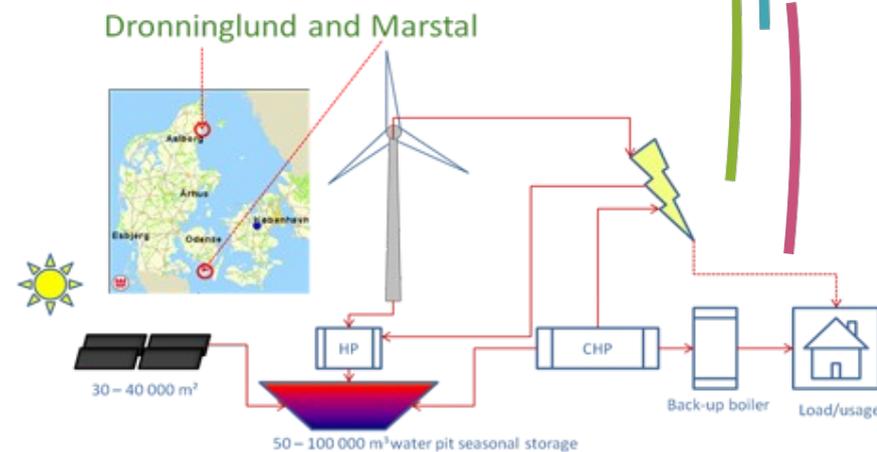


Les réseaux de chaleur s'adressant aux réseaux électriques (allégorie)

- Intégration des TIC dans les réseaux de chaleur et de froid :
 - Capteurs communicants
 - Sous-stations intelligentes
 - Régulateurs intelligents
 - Interconnexion de ces éléments par réseaux informatiques
 - Lien avec autres éléments : bâtiments intelligents, capteurs météo, smart grid électrique...

Smart Grid thermique

- Réseau de transfert entre les bâtiments :
 - Ville = cohabitation de bâtiments consommateurs d'énergie, de bâtiments passifs et de bâtiments producteurs d'énergie
 - Le réseau de chaleur permet l'échange d'énergie entre bâtiments
 - Le réseau de chaleur permet de décorrélérer l'instant de production et l'instant de consommation (stockage + mutualisation)
- Réseau capable de gérer plusieurs sources d'énergie suivant plusieurs paramètres variables dans le temps (ensoleillement, vent, appel de puissance, prix de l'électricité, température extérieure...)
 - Ci-contre : exemple de smart grid combinant électricité et chaleur – Le réseau de chaleur peut stocker le surplus d'énergie produit par les éoliennes (Danemark)



Nouveaux usages domestiques de la chaleur

- Hypothèses :
 - La quantité d'électricité spécifique requise par un foyer va continuer d'augmenter
 - Le coût de production de l'électricité va continuer d'augmenter
- Donc : réservons l'électricité aux usages qui ne peuvent pas s'en passer.

- Appareils actuellement alimentés par l'électricité alors qu'ils ont en réalité besoin de chaleur/froid : lave-linge, sèche-linge, lave-vaisselle, ventilation, cuisson...
 - Consommations non négligeables dans un contexte de bâtiments basse consommation ou passifs (5 et 10 kWh/m² par an pour chauffer l'eau des lave-linge et lave-vaisselle)



2010

2020

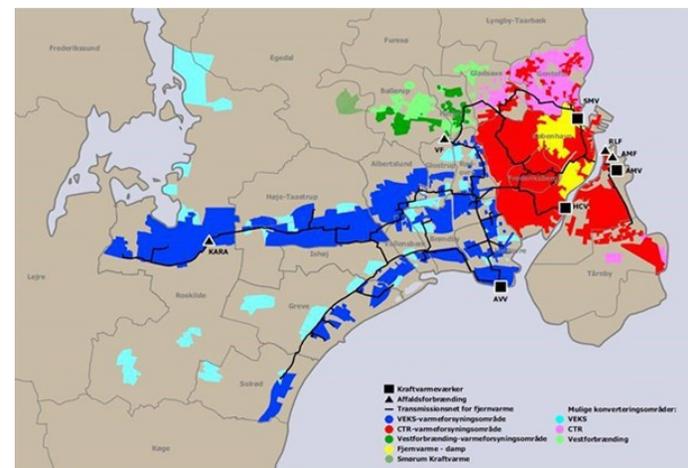
2030

2040

2050

Des réseaux couvrant plusieurs villes

- Résultat de l'interconnexion de plusieurs réseaux municipaux
 - Des orientations en ce sens déjà dans le SRCAE d'Ile-de-France
 - Plusieurs projets au Danemark (interconnexion de réseaux parfois sur plus de 100 km)
- Intérêt :
 - Plus efficace, plus sûr (continuité de service)
 - Plus apte à se passer complètement des énergies fossiles
 - Plus économique (effet d'échelle)
 - Reste proche des territoires (échelle infra-régionale)
 - Permet de relier des sources de chaleur très éloignées des villes (centrales électriques par exemple)



Région de Copenhague : interconnexion de 20 réseaux de chaleur

2010

2020

2030

2040

2050

Des réseaux entièrement décarbonés

- Tout le spectre des sources renouvelables et de récupération est mobilisé par les réseaux de chaleur
 - Toutes les sources renouvelables : bois, géothermie, solaire, éolien, thalassothermie...
 - Toutes les sources récupérables : ponctuelles (industries, centrales électriques...) et diffuses (bâtiments, réseaux...)
- La gestion intelligente des températures et le stockage de chaleur sont massivement répandus dans les réseaux
 - plus besoin des énergies fossiles pour répondre aux pointes

Énergies
renouvelables
& de récupération



Énergies
fossiles



Conclusion

- Les réseaux de chaleur et de froid ont leur place dans la ville de demain
- Jusqu'en 2020 : fort potentiel de développement avec technologies matures (chaufferies bois, géothermie...)
- Après 2020 : nombreuses évolutions techniques possibles sur les gisements énergétiques mobilisables, le réseau de distribution (stockage, réseau intelligent, réseau très basse température...)
- Le déploiement de ces innovations technologiques sur les territoires nécessite aussi des évolutions *non* technologiques :
 - Ré-équilibrage du débat énergétique afin que la question thermique ne soit pas négligée
 - Changement d'échelle : la question du chauffage des bâtiments ne doit plus être vue uniquement à l'échelle bâtiment (approche RT), mais aussi à l'échelle quartier/ville
 - Prise en compte des réseaux de chaleur dans les différentes réglementations nationales → *principe général dans la Loi Grenelle 1*
 - Décentralisation de la politique énergétique → *DNTE enjeu n°12*

Contact : **pôle réseaux de chaleur – CETE de l'Ouest**
reseaux-chaleur@developpement-durable.gouv.fr
www.reseaux-chaleur.fr
www.twitter.com/reseaux_chaleur

Bibliographie (non exhaustive) : SDHtake-off – Solar district heating in Europe (SDH+ Platform)
District Heating & Cooling – A vision towards 2020, 2030, 2050 (DHC+ Platform)
Fiches « Innovations pour les réseaux de chaleur » (CETE de l'Ouest, 2012)
Réseaux de chaleur et BBC : l'équation impossible ? (AMORCE, 2011)



Centre d'Études Techniques de l'Équipement de l'Ouest