



Cerema

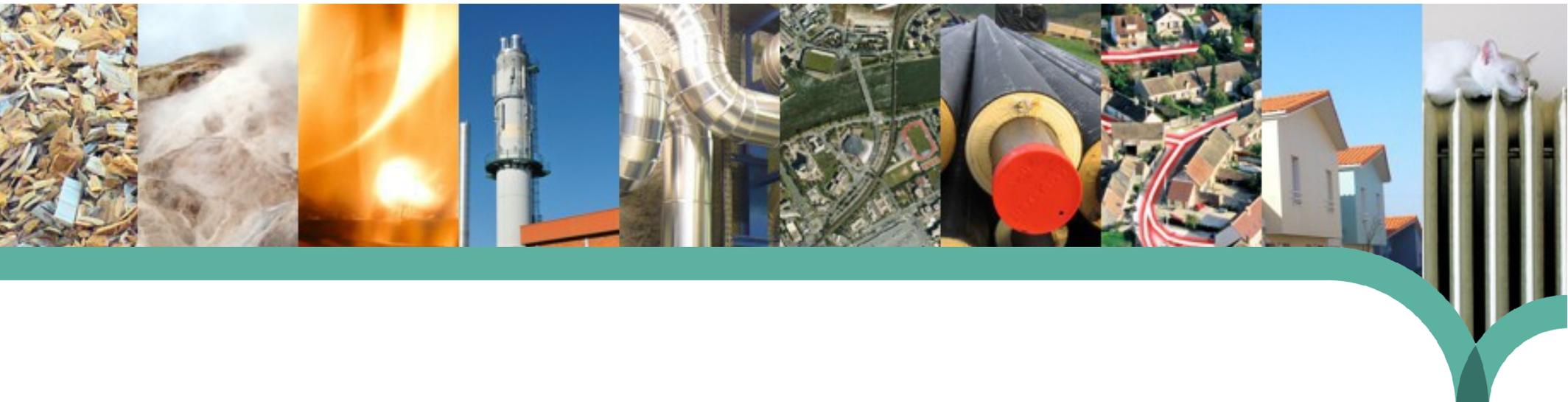
Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Direction territoriale Ouest

Réseaux de chaleur et bâti ancien

État des lieux et perspectives

Stéfan Le Dû – Pôle Réseaux de Chaleur | 6 mai 2014 | Formation ANVPAH & VSSP





Cerema

Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Direction territoriale Ouest

- I. Chaleur renouvelable et bâtiments existants : enjeux
- II. Impact des systèmes sur le bâti
- III. Réseaux de chaleur : impact sur le paysage urbain
- IV. Des réseaux de chaleur partout ?
- V. Planifier, faciliter, soutenir le développement

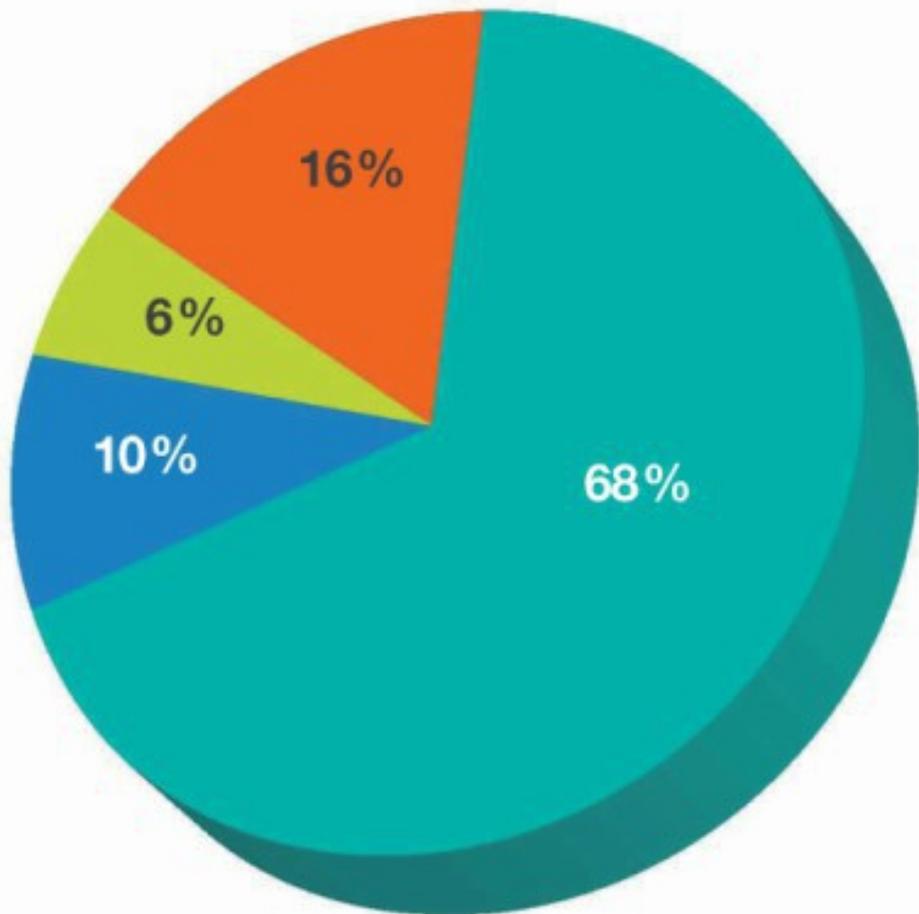
I. Chaleur renouvelable et bâtiments existants : enjeux



50%

de l'énergie
consommée en
Europe et en
France l'est sous
forme de
chaleur





84%
de l'énergie
consommée dans
le **logement** en
France l'est sous
forme de
chaleur

Graphique : CEREN, 2010

*« Grâce aux bâtiments
basse consommation et
bientôt passifs,
nous n'avons plus
besoin de nous
préoccuper du
chauffage des
bâtiments. »*



© 20th Century Fox

La ville de 2010, 2020, 2050

- 2010 :
 - 100% du bâti existait avant la RT 2012
- 2020 :
 - 90% date d'avant la RT 2012
 - 45% du bâti date d'avant 1975
- 2050 :
 - 70% de la ville française a été construite avant la RT2012
 - 30-40% avant 1975

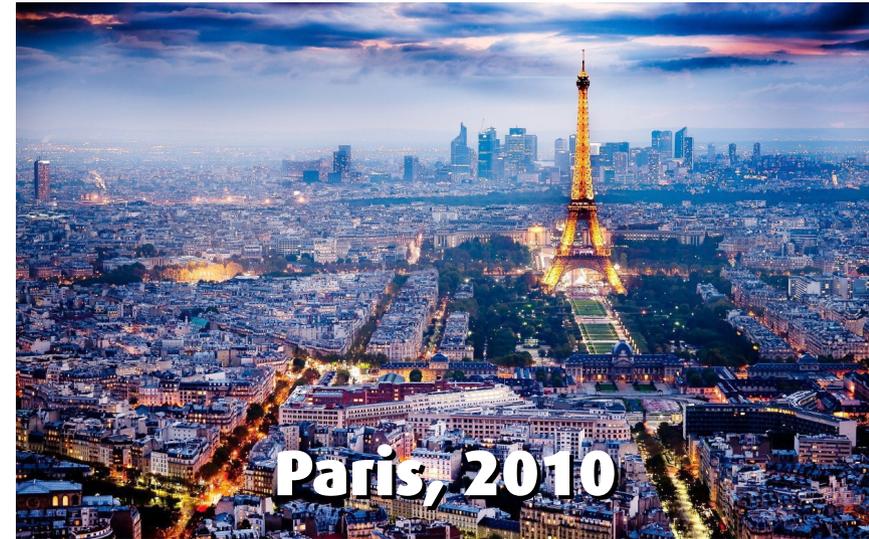


Photo hdxwallpapers.com

→ Ni la RT2005, ni la RT2012, ni le bâtiment à énergie positive ne sauvent le monde en 2020 ou 2050 (peut-être plus tard...)

L'action sur le chauffage des bâtiments existants est indispensable

- Réduire les consommations (lorsque c'est possible)
- Remplacer les énergies non renouvelables et/ou émettrices de GES par des énergies renouvelables et décarbonées

II. Impacts des systèmes sur le bâti

Systemes décentralisés / Réseau de chaleur



Les sources de chaleur renouvelables et de récupération

Source		Système individuel		Réseau de chaleur	
		Chauffage	ECS	Chauffage	ECS
Et part 2011 dans la chaleur renouvelable					
Bois	79%	X		X	X
Géothermie	14%	X		X	X
Aérothermie		X		X	X
Solaire	0,5%		X	X	X
Biogaz	1%			X	X
Chaleur fatale*	5%			X	X

*chaleur de récupération des UIOM, industries, datacenters, centrales électriques...

Les questions à régler pour l'occupant du bâtiment – et son voisinage

- Impact visuel
- Consommation d'espace
- Nuisances (bruit, pollution locale, ...)
- Maintenance
- Coût d'investissement, coût de fonctionnement

Bois-énergie décentralisé

La chaudière bois individuelle

- **Impact visuel** : cheminée en toiture, stockage de bois
- **Consommation d'espace** : foyer ou poêle dans une pièce
- **Nuisances** : fumées/poussières/particules
- **Maintenance** : rangement du bois, alimentation du foyer, évacuation des cendres, nettoyage du conduit



Photos MEDDE

Géothermie

La géothermie superficielle avec PAC

- *Pré-requis : surface pour installer les capteurs*
- **Impact visuel : -**
- **Consommation d'espace :**
nulle en service, mais
emprise souterraine
importante (surfactive ou
en profondeur)
- **Nuisances : -**
- **Maintenance : -**



Photo geothermie-perspectives.fr

Aérothermie

Les PAC air-air

- **Impact visuel** : PAC à installer en extérieur
- **Consommation d'espace** : faible à moyenne
- **Nuisances** : bruit (certains modèles de PAC)
- **Maintenance** : -



Photo MEDDE

Solaire thermique

Chauffe-eau solaire

- *Pré-requis : orientation de la toiture*
- Impact visuel : panneaux solaire en toiture
- Consommation d'espace : aucune dans le bâtiment (mais nécessite des m² de toiture)
- Nuisances : -
- Maintenance : panneaux à entretenir

ILLUSTRATION D'UN DEVELOPPEMENT DES EQUIPEMENTS SOLAIRES NON MAITRISE

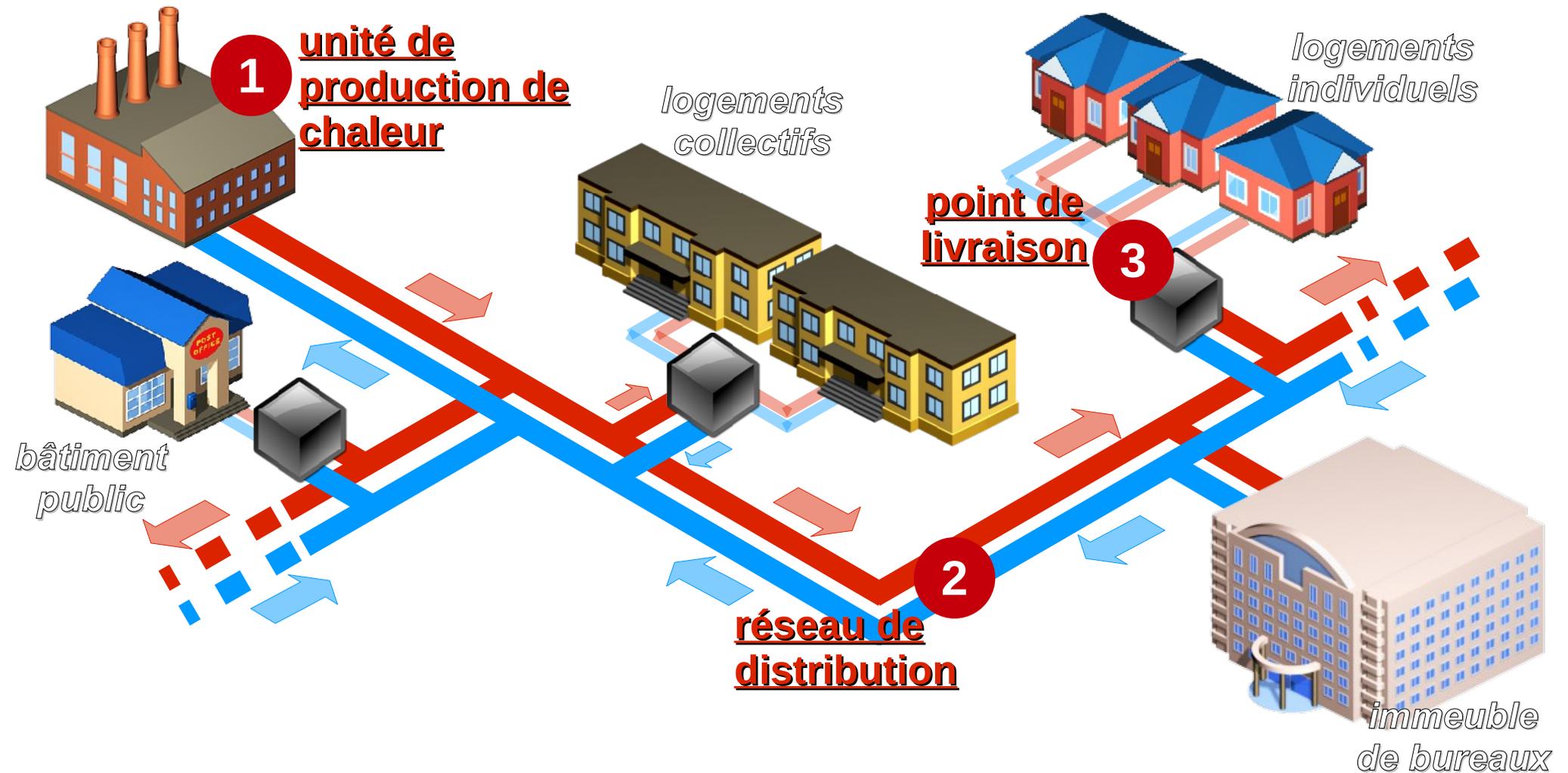


ILLUSTRATION D'UNE IMPLANTATION D'EQUIPEMENTS SOLAIRES EN BANDEAU HAUT ETROIT



Images SDAP 04 / Cotita Centre-Est

Schéma de principe d'un réseau de chaleur



Réseau de chaleur

Sous-station d'immeuble(s)

- Impact visuel : échangeur thermique dans un local ou enterré
- Consommation d'espace :
 - quelques m² pour un ensemble de logements
 - nulle pour un logement
- Nuisances : -
- Maintenance : -

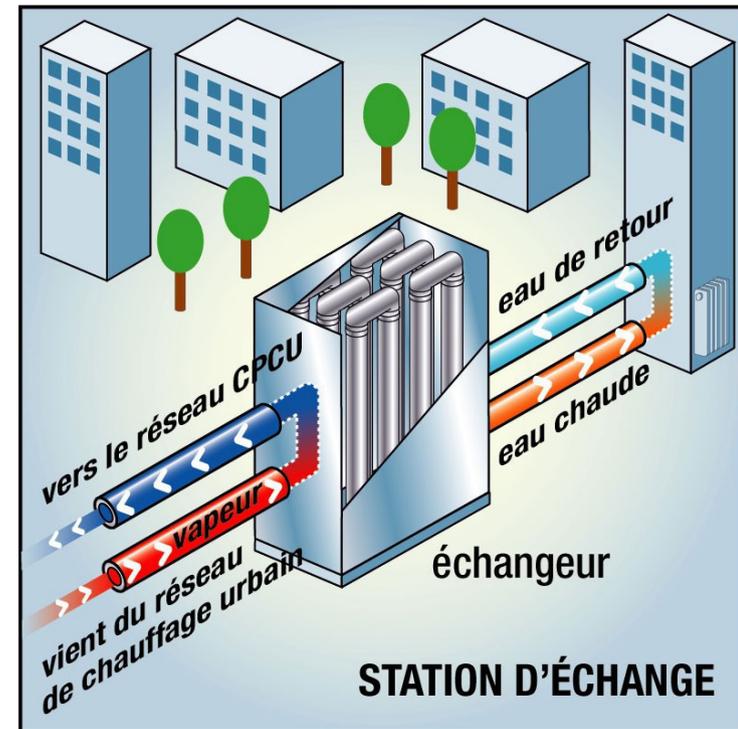


Schéma : Syndicat Intercommunal de Chauffage Urbain Choisy/Vitry

Réseau de chaleur

Sous-station d'immeuble(s)



Sous-station individuelle
Installée dans le garage, à côté du chauffe-eau



Photo CC Ulrichulrich / Wikimedia Commons

Sous-station 300kW
Pour env. 30 lgts anciens ou 70 lgts RT2005



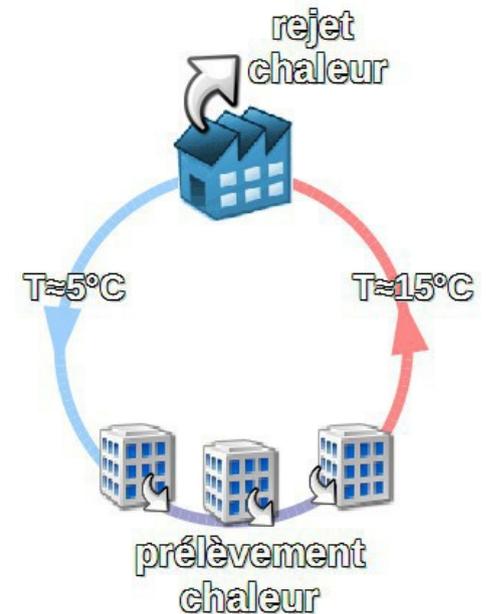
Photo CC Ulrichulrich / Wikimedia Commons

Sous-station 700kW
Pour env. 60 lgts anciens ou 140 lgts RT2005

Et la climatisation ?

Les réseaux de froid

- 15 réseaux de froid en France, en développement
- Principe : réseau de chaleur inversé
- Intérêt :
 - Meilleure efficacité énergétique, accès à des sources renouvelables
 - Centralisation des nuisances liées à la production de froid, et donc meilleur traitement de ces nuisances



Climatisation décentralisée...

Des équipements pour produire le froid / évacuer la chaleur,
à l'extérieur des bâtiments...



En toiture...



... ou en façade

Climatisation par réseau de froid

Aucun équipement à l'extérieur des bâtiments...

... ni sur les toitures...

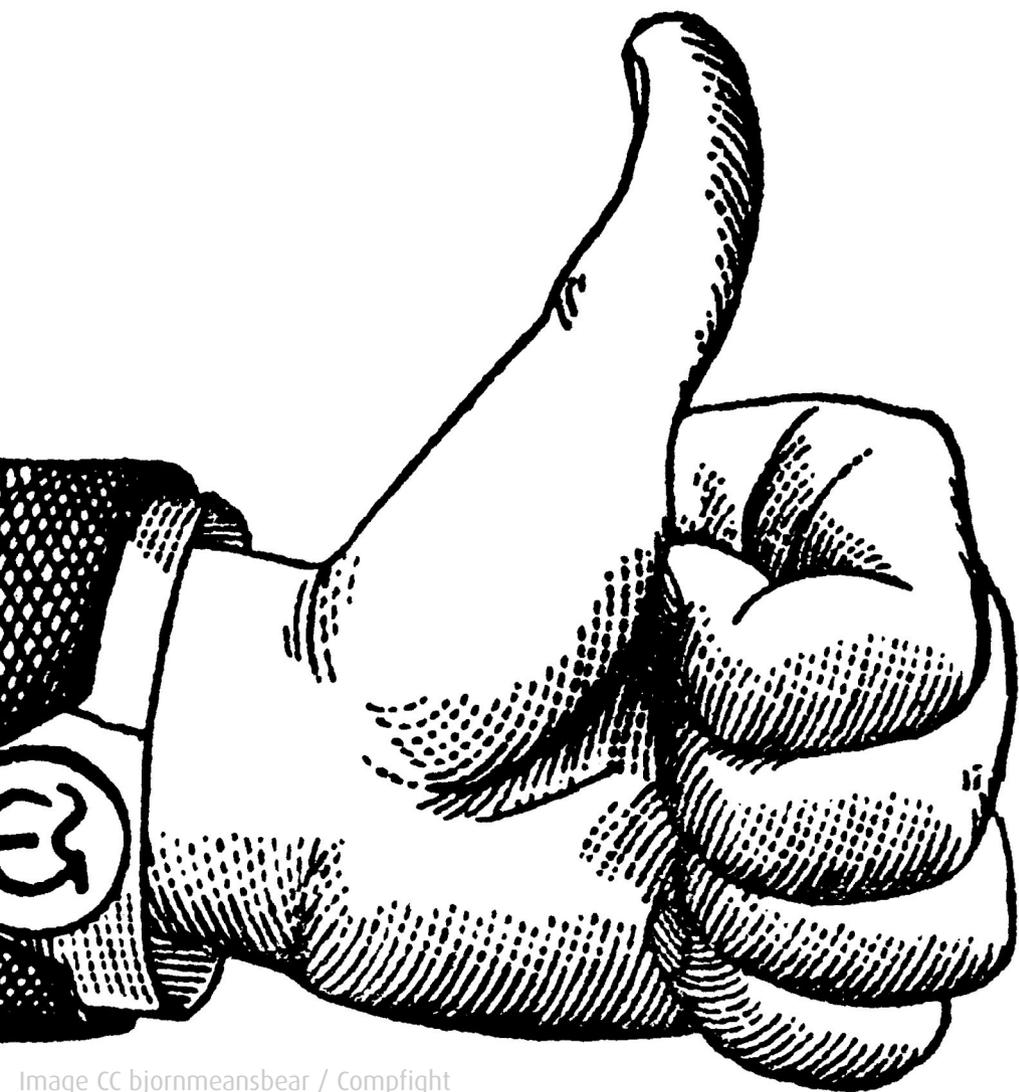


Mairie de Chicago

... ni sur les façades



Le Louvre



Le raccordement à un
réseau de chaleur
permet une très forte
mobilisation des
EnR&R pour
le chauffage et l'ECS,
avec un
impact quasi nul sur
le bâtiment et pour
les occupants.

Un exemple...

Réseau de chaleur de Cergy-Pontoise :

- Avant 2009 : **UIOM** **charbon** **fioul**
- 2009 : installation d'une chaufferie bois
- Après 2009 : **UIOM** **bois** **gaz**



Photo bioenergie-promotion.fr

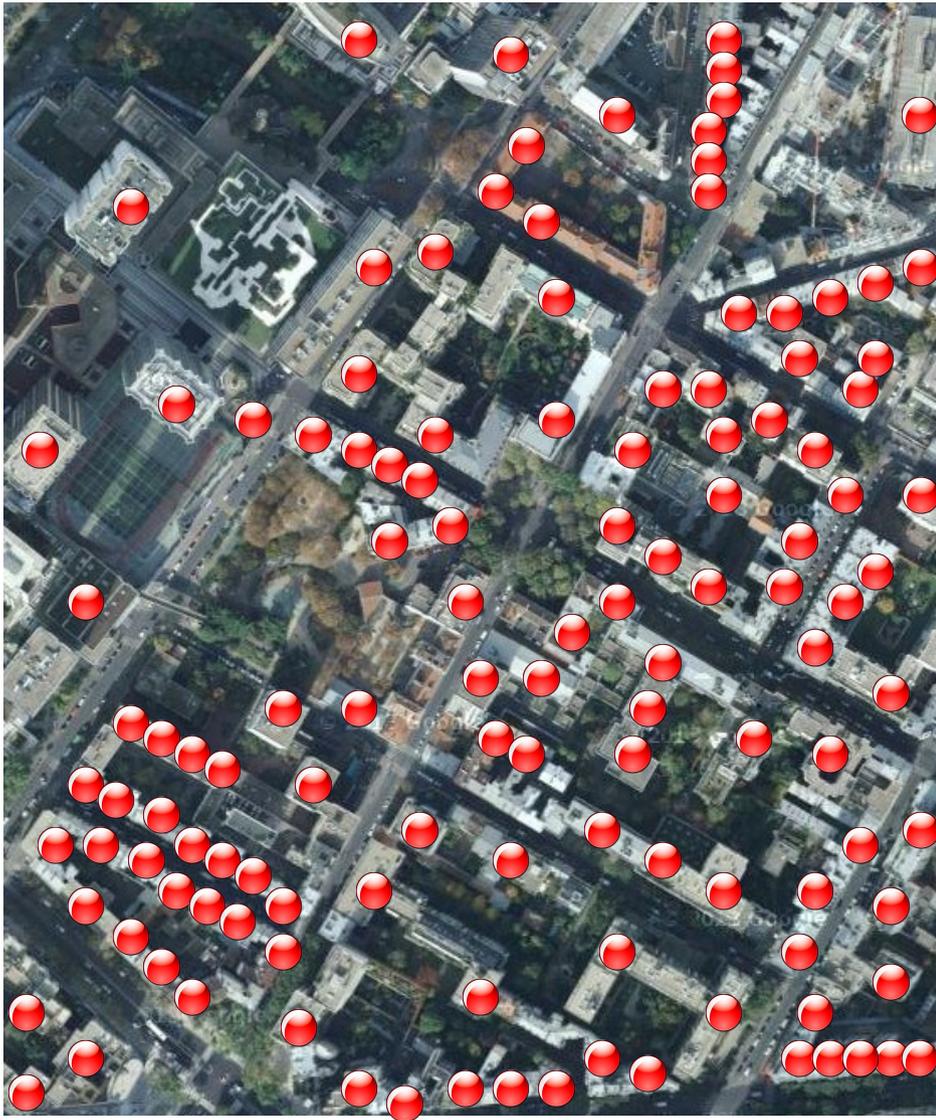
25000 logements et 600000m² de bureaux
passent de 45 % à 70 % de chaleur renouvelable,
sans travaux sur les bâtiments ou dans les rues

III. Réseaux de chaleur : impacts sur le paysage urbain

Canalisations et chaufferies



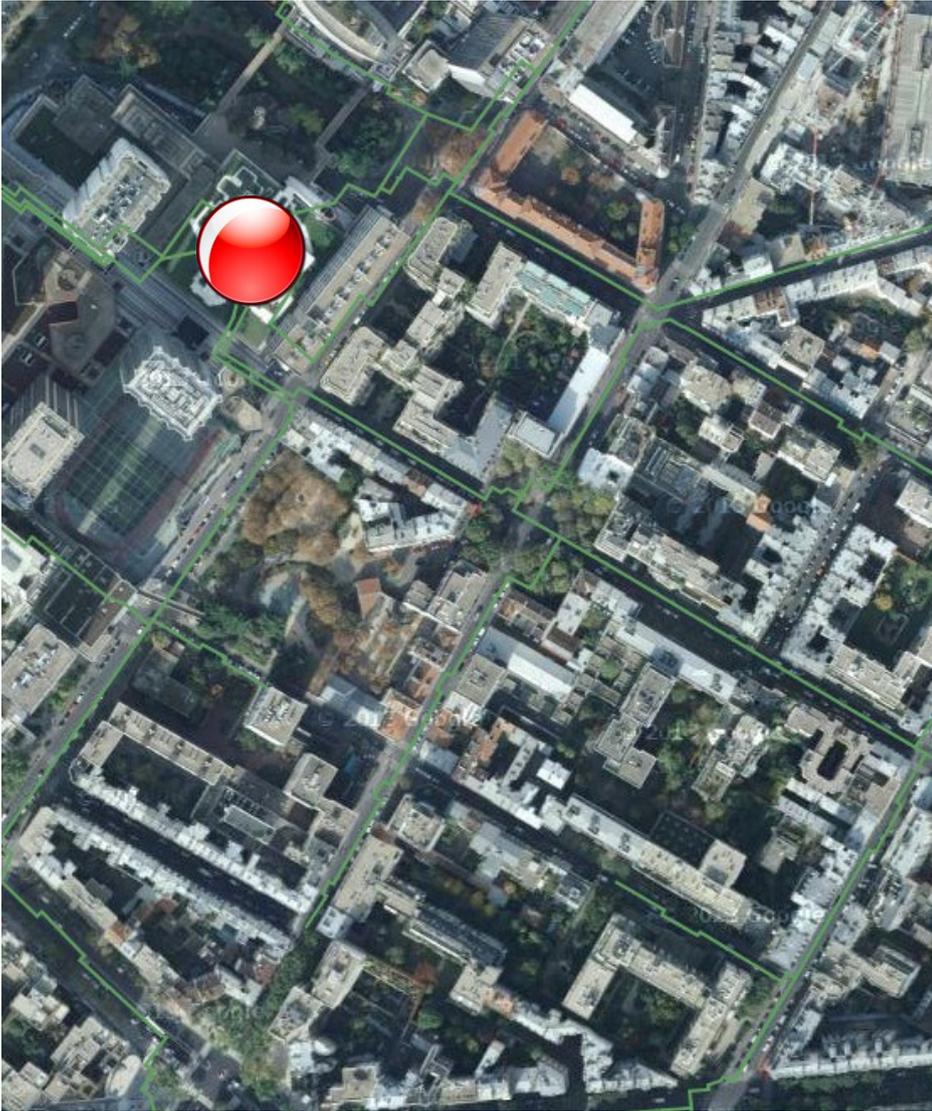
Chauffage décentralisé



 Lieu de production de chaleur

- Les bâtiments sont alimentés en électricité ou combustible (gaz, fioul, bois...)
- Ils assurent eux-mêmes la transformation de cette énergie en chaleur

Réseau de chaleur



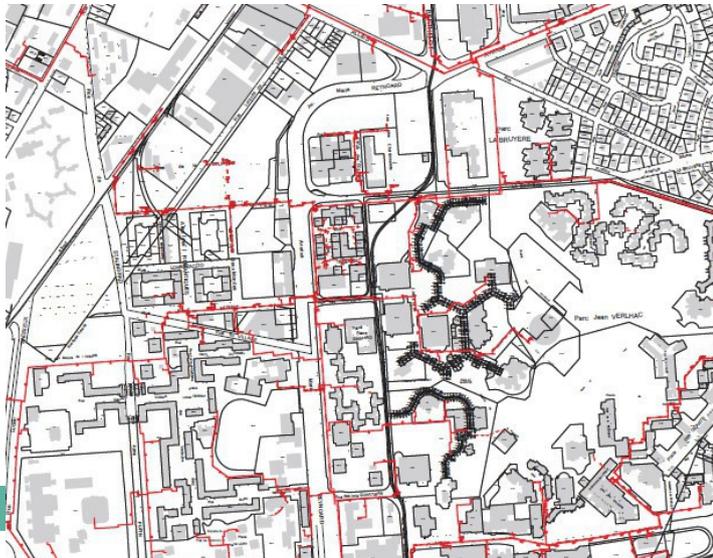
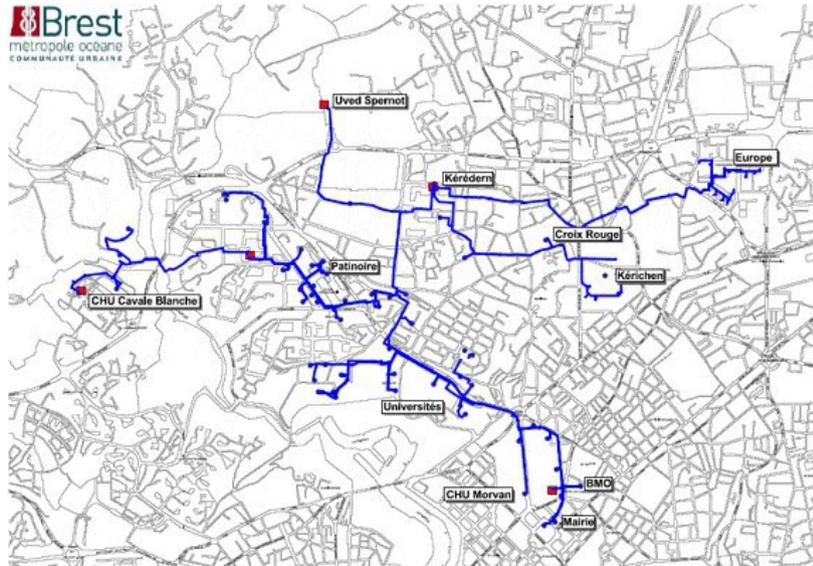
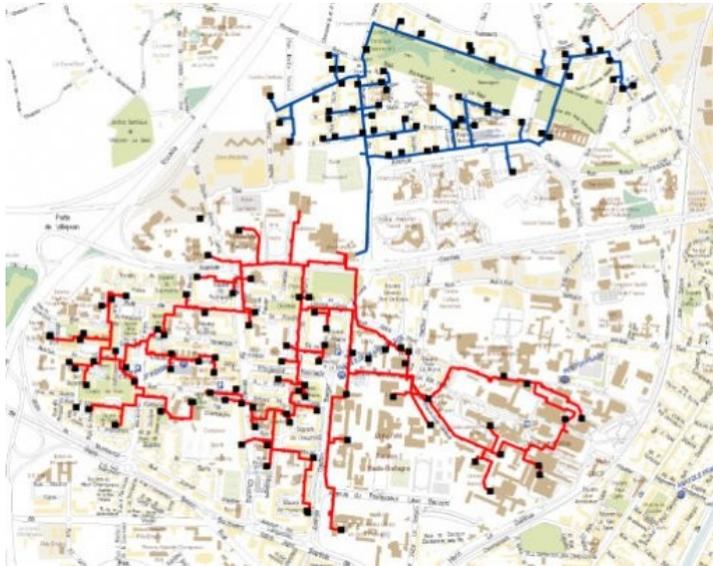
 Lieu de production de chaleur

- La chaufferie est alimentée en énergie source (gaz, charbon, bois, récupération...), pour produire la chaleur
- Les bâtiments sont alimentés en chaleur

Infrastructures à insérer dans le tissu urbain :

- Le réseau de distribution :
canalisations d'eau chaude
- La ou les **chaufferie(s)**
- (Les sous-stations lorsqu'elles ne peuvent pas être intégrées aux bâtiments)

Entre les sous-stations et la chaufferie : les canalisations



Généralement, le tracé suit la voirie

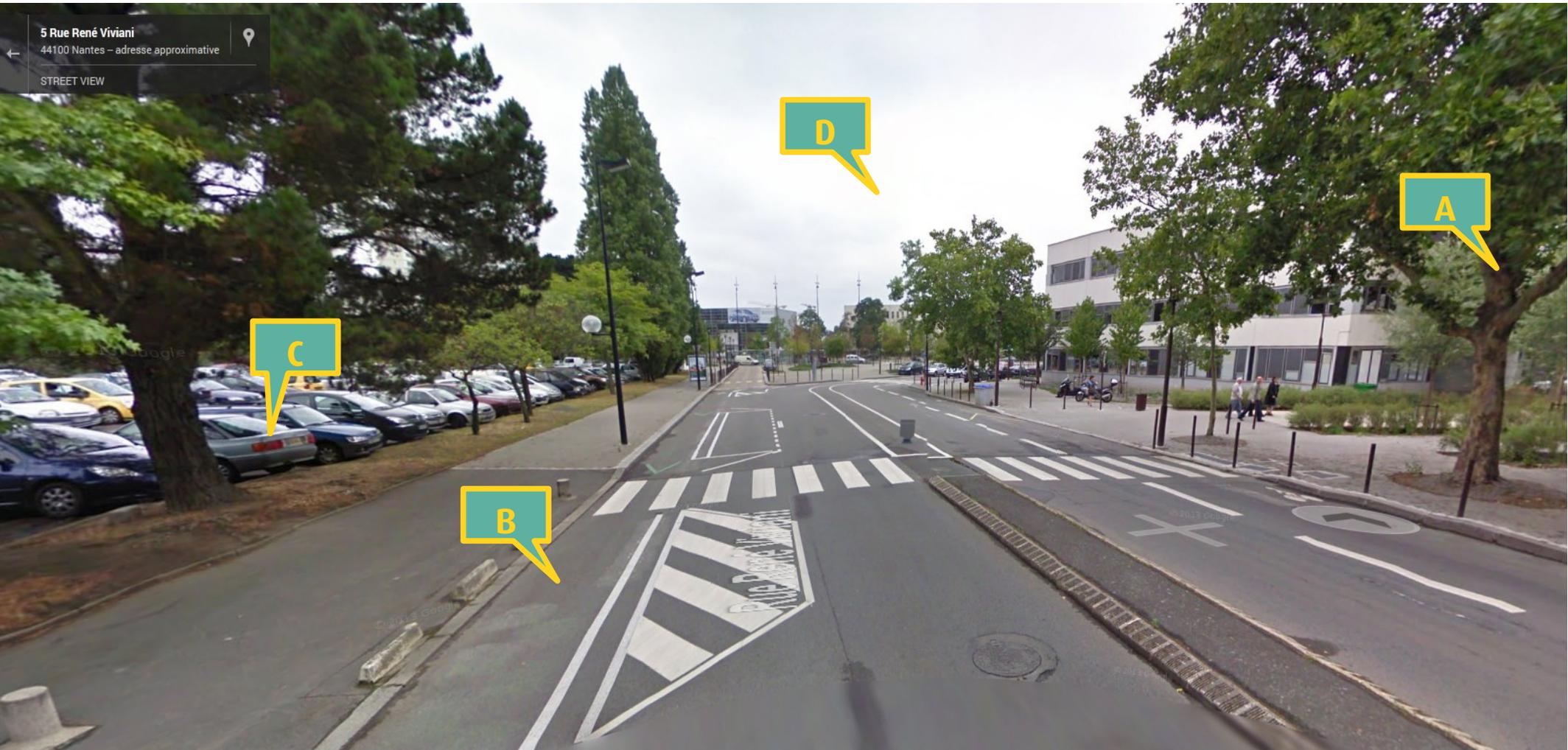
Entre les sous-stations et la chaufferie : les canalisations

- Tuyaux acier isolé ou plastique contenant de l'eau qui transporte la chaleur
- Impact visuel important lors des travaux



Entre les sous-stations et la chaufferie : les canalisations

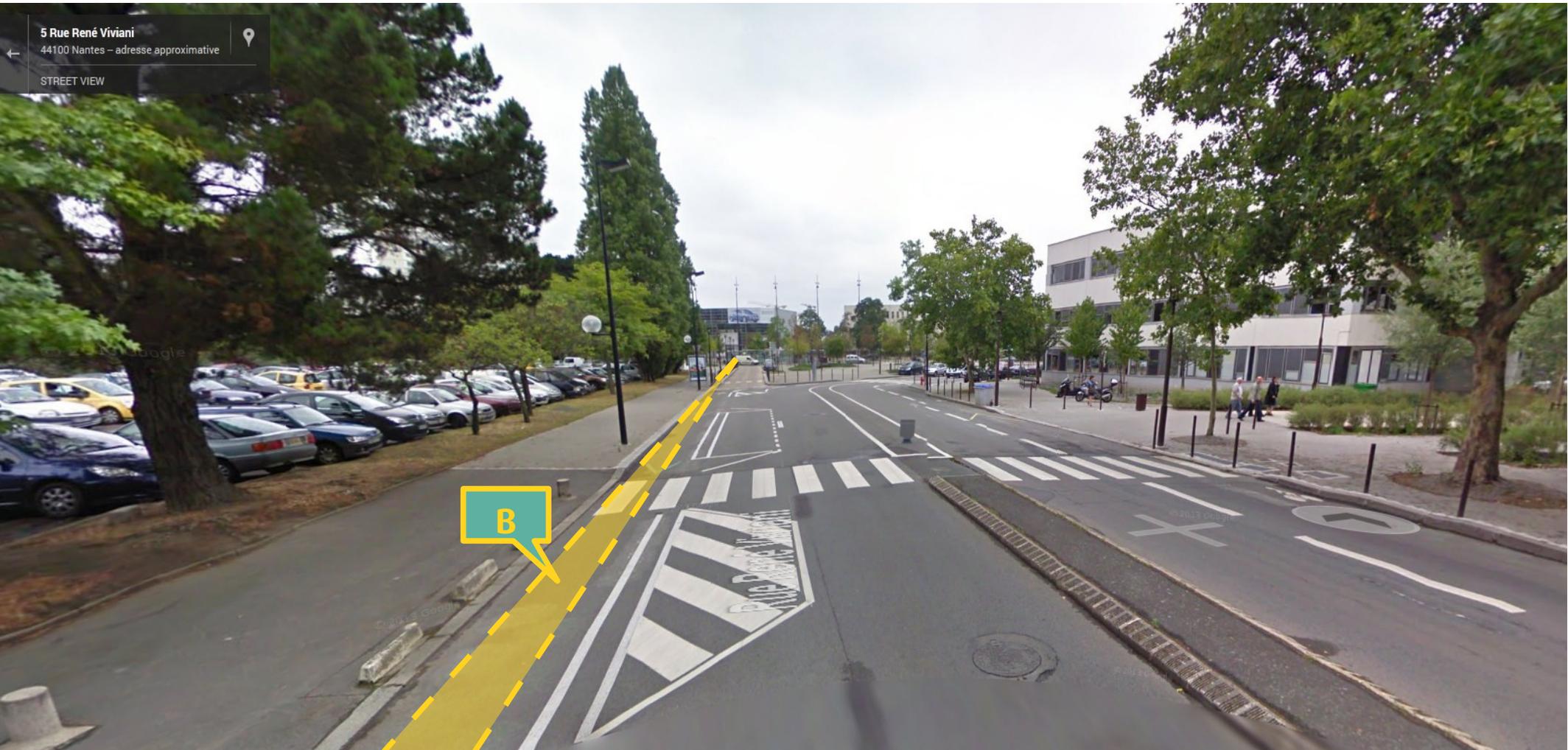
Jeu : où sont-elles ?



- A. Dans l'arbre
- B. Sous la piste cyclable
- C. Dans le coffre de cette voiture
- D. Dans le ciel

Entre les sous-stations et la chaufferie : les canalisations

Jeu : où sont-elles ?



- B. Sous la piste cyclable

L'unité de production de chaleur

- Chaufferie : bâtiment accueillant une ou plusieurs chaudières à combustibles
- Unité de valorisation énergétique des déchets, unité de récupération de chaleur industrielle
- Centrale géothermique
- Centrale solaire (peu développé en France)
- ...



Via Sèva

L'unité de production de chaleur

Selon les énergies utilisées :

- Avec ou sans cheminée
- Avec ou sans stockage de combustible
- Emprise plus ou moins étendue
 - Contraintes d'intégration urbaine différentes

Par rapport à des systèmes individuels mobilisant les mêmes énergies : nuisances **centralisées**, **contrôlées**, **réduites** et **délocalisables** à l'échelle de la ville



L'unité de production de chaleur

Récupération de chaleur

- Impact visuel nul : par définition, la source est un bâtiment déjà existant (UIOM, industrie...)

Fig. A : UIOM rejetant sa chaleur dans la nature



Fig. B : UIOM dont la chaleur est valorisée



L'unité de production de chaleur

Chaufferies Bois

- Cheminée
 - Principal élément visible, de qqs mètres à qqs dizaines de mètres
 - Les filtres préservent la qualité de l'air
- Stockage de bois
 - 2 MW → env. 1000 m² de stockage
 - 4,5 MW → env. 2000 m² de stockage
 - Silo, hangar, fosse



Quelques exemples de chaufferies bois



Rixheim

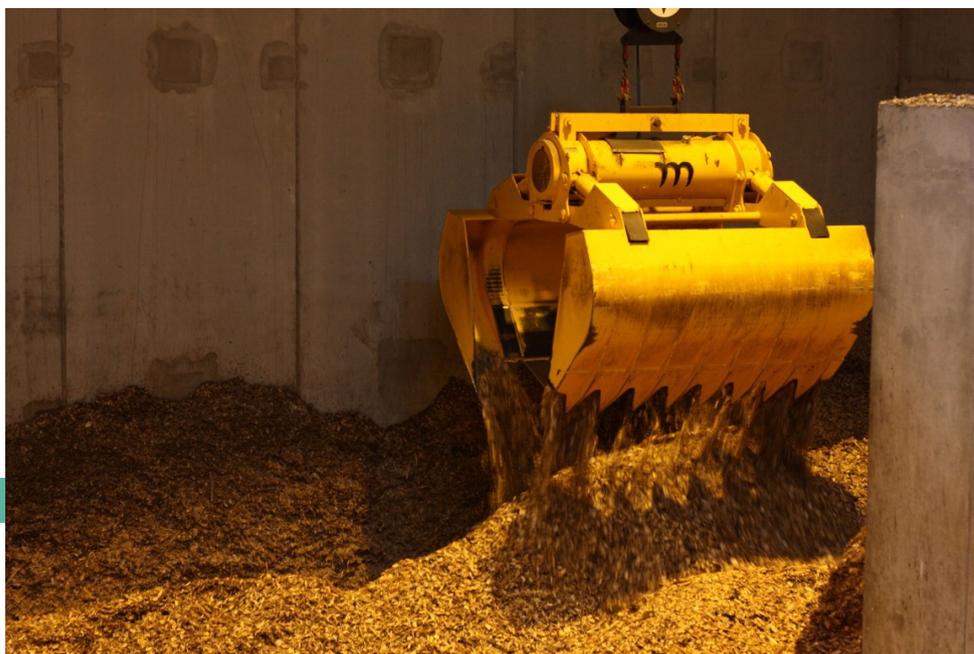
3 MW bois + 5 MW gaz

2009



Images : MEDDE

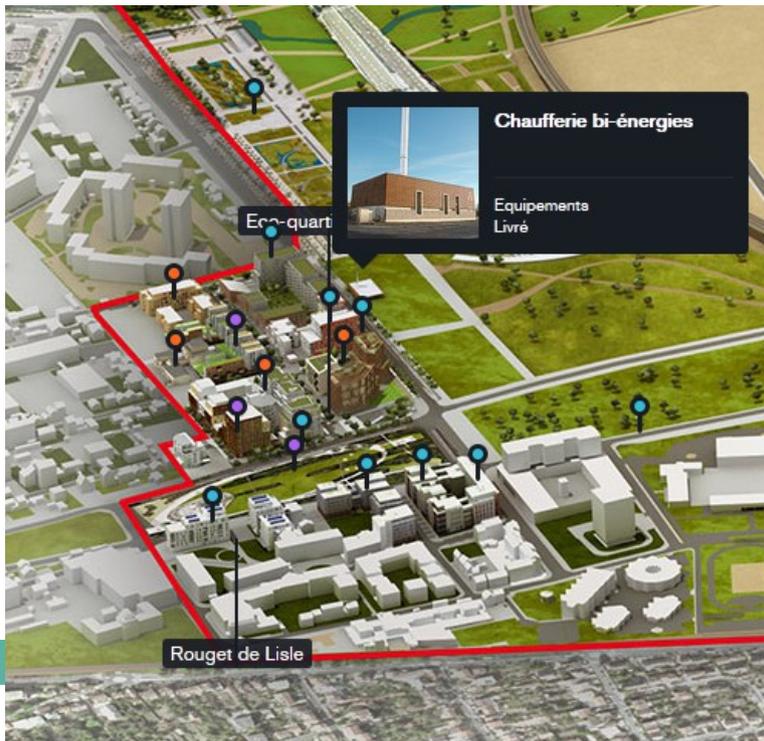
Quelques exemples de chaufferies bois



Nantes
Réseau Bellevue
2x6 MW



Quelques exemples de chaufferies bois



Écoquartier Hoche
Nanterre

1,6 MW bois
800 logements

Images : EPADESA

Quelques exemples de chaufferies bois



Les Herbiers (85) - 1 MW



Rouen (76) - 5 MW



Cergy-Pontoise - 25 MW



Breteuil (Oise) - 2 MW



Soissons - 5 MW



Cannes - 2 MW

L'unité de production de chaleur **Solaire thermique**

- **Centralisé : ferme solaire**
 - Aucun impact visuel sur les bâtiments
 - Impact plus important sur le paysage
 - Libère de la contrainte d'orientation du bâti
- **Décentralisé : en toitures, raccordé au réseau**
 - Impact visuel identique au solaire autoconsommé



A part la **chaufferie**,
dont la **localisation** peut
être **choisie**,
le réseau de chaleur est
totalement **invisible à**
l'échelle de la ville
une fois que les tranchées
ont été refermées.



Image CC bjornmeansbear / Compfight

IV. Alors... des réseaux de chaleur partout ?



Historique des réseaux de chaleur en France



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

création de nombreux réseaux sur UIOM et géothermie suite aux chocs pétroliers



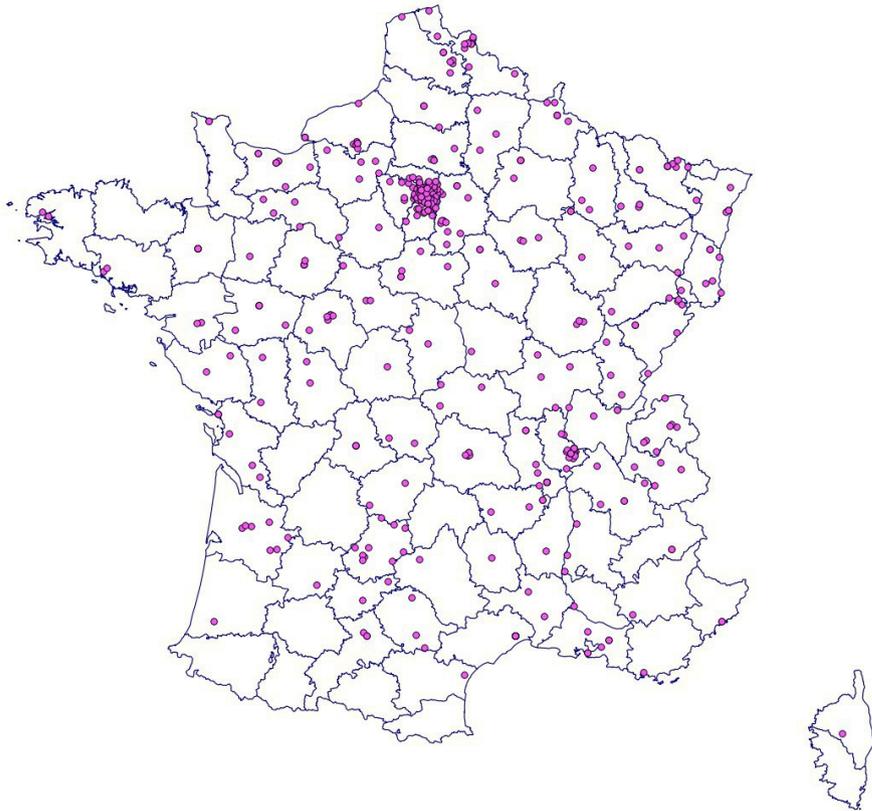
création de réseaux en lien avec les grandes politiques d'urbanisation

développement des réseaux de chaleur renouvelable



Réseaux de chaleur et de froid en France - Situation actuelle

473 réseaux recensés



≈ 2 millions d'équivalents logements

- 6% du chauffage consommé
- usagers : 2/3 résidentiel, 1/3 tertiaire

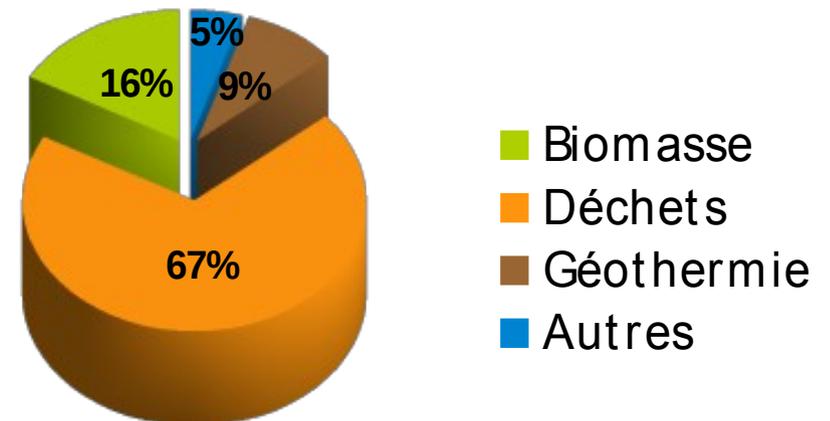
Réseaux de chaleur et de froid en France - Situation actuelle

36% d'énergie renouvelable et de récupération

En hausse depuis 2009

- 24% chaleur fatale des déchets
- 6% biomasse
- 3% géothermie

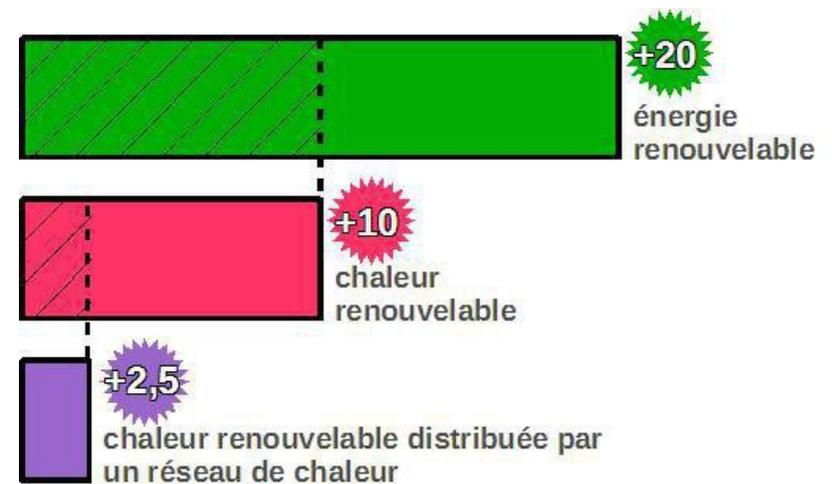
Répartition de la part des EnR&R



Réseaux de chaleur en France Demain ?

Objectif national 2020 : x3 équivalents-logements et 75% EnR&R (principalement bois, récupération, géothermie)

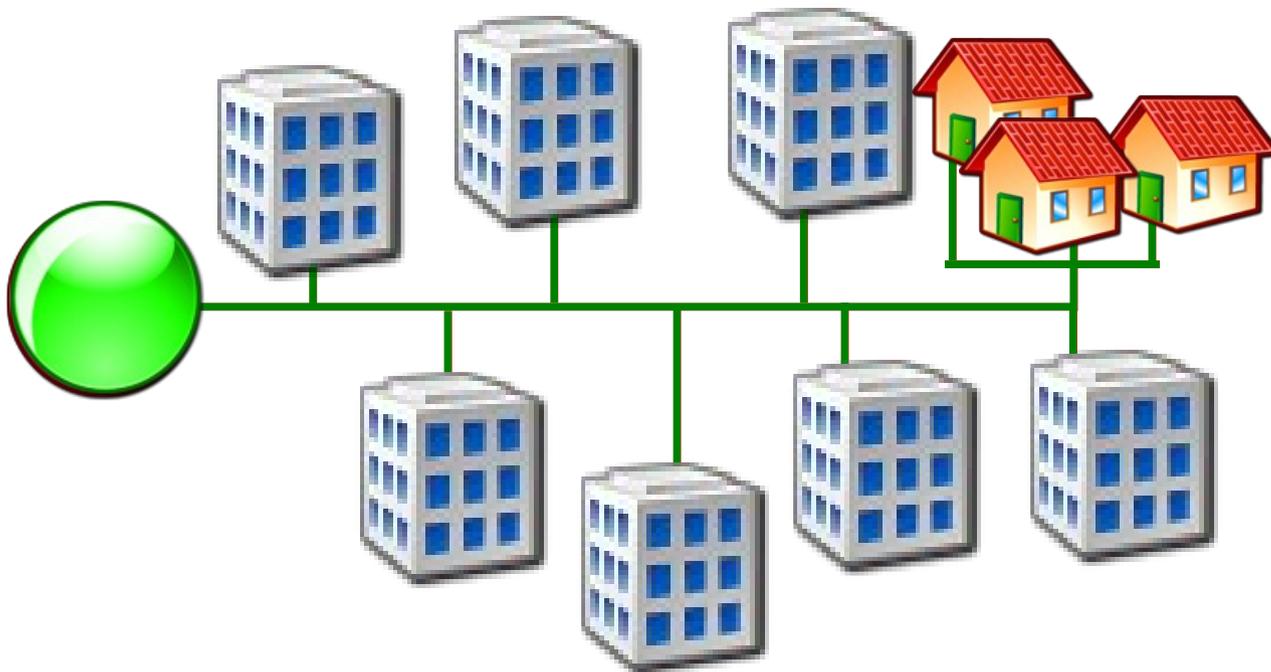
- Les réseaux de chaleur portent 1/8 de l'effort national sur le développement des énergies renouvelables d'ici 2020



1. Conversion

Substitution d'une énergie fossile par une énergie renouvelable dans un réseau existant

- Solution la plus simple du point de vue aménagement/urbanisme

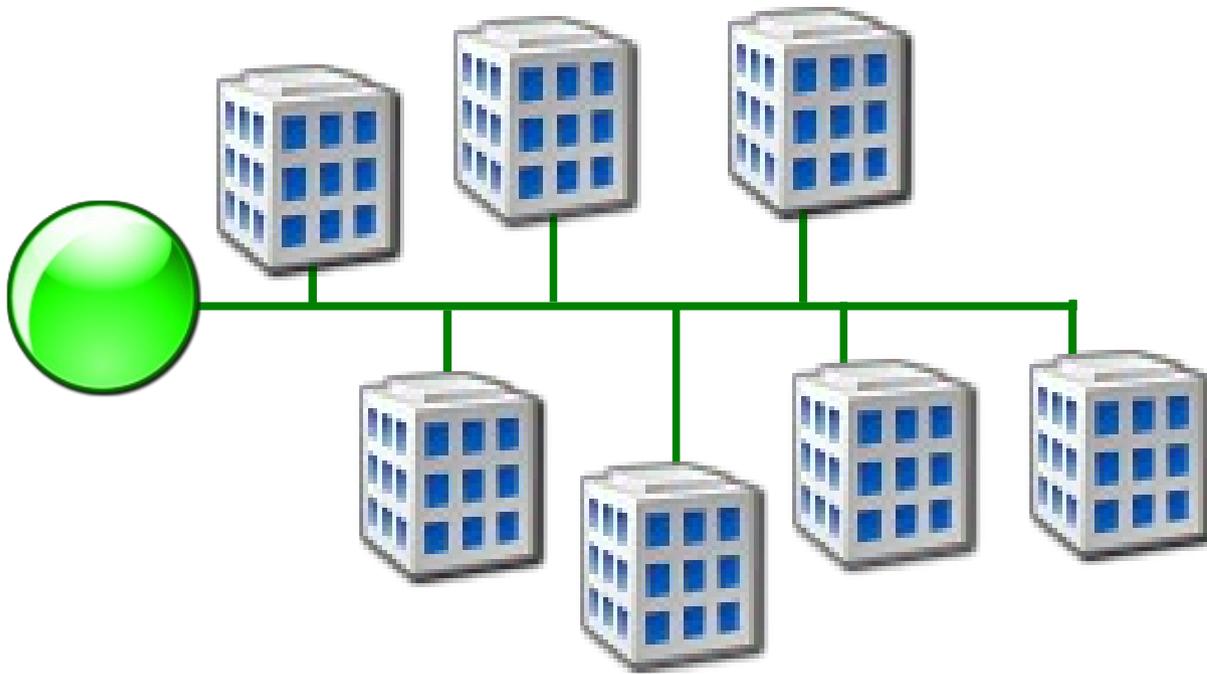


Territoires concernés :
zones urbaines
(implantation
majoritaire des
réseaux existants)

2. Densification

Raccordement de bâtiments proches du tracé d'un réseau existant

- Travaux de voirie : quelques mètres de canalisation par bâtiment
- Bâtiments : doivent être compatibles (pas de chauffage électrique) + nécessite l'accord du propriétaire

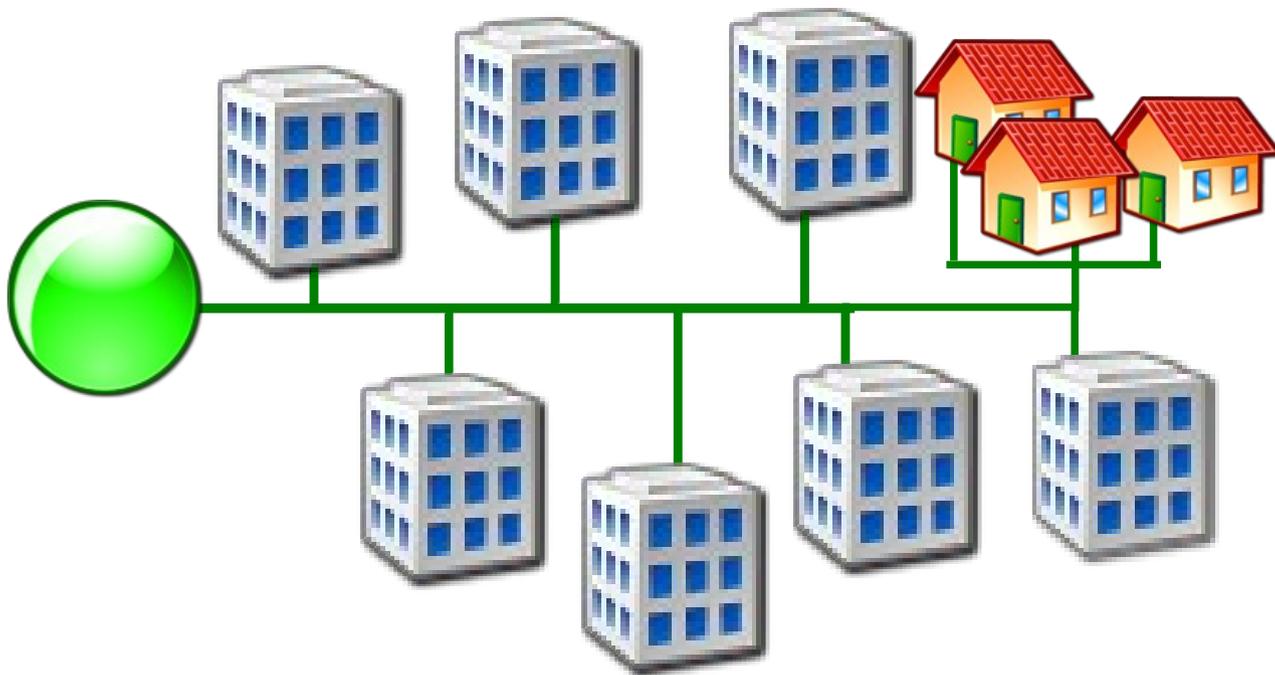


Territoires concernés :
zones urbaines
(implantation
majoritaire des
réseaux existants)

3. Extension

Création de nouvelles branches sur un réseau existant

- Deux cas : vers quartier existant ou vers quartier neuf/réhabilité
- Existant : travaux de voirie + accès aux bâtiments
- Neuf : plus simple mais le coût doit être compatible avec les besoins

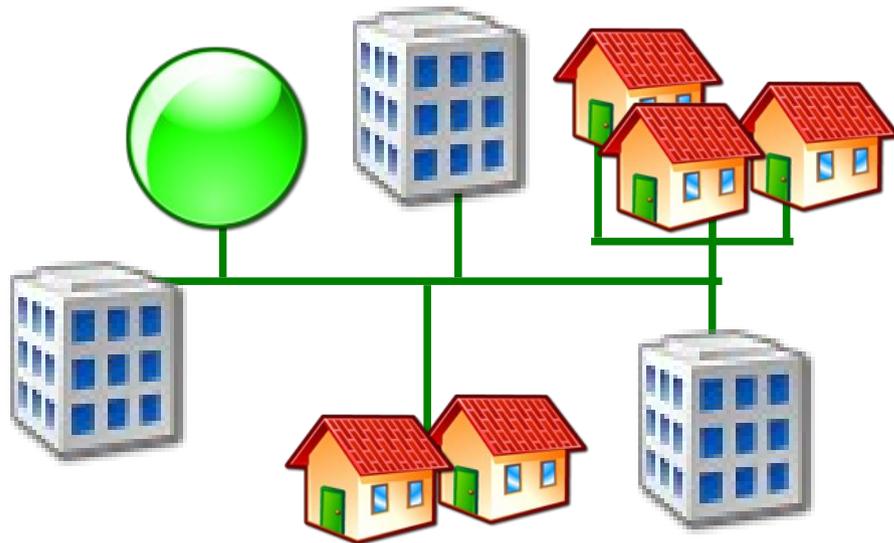


Territoires concernés :
zones urbaines et
péri-urbaines

4. Création

Création d'un réseau neuf (chaufferie et réseau de distribution)

- Solution la plus lourde à insérer sur un territoire : travaux chaufferie + canalisations + bâtiments ; travail politique
- Plus facile lorsque lié à un événement urbain (rénovation urbaine, nouveau quartier...)



Territoires concernés :
urbain, péri-urbain,
petites villes,
communes rurales

Investissement : quelques chiffres

À manipuler avec précaution

Etude ADEME/Perdurance 2009 – Réseau de chaleur bois + appoint gaz
Coûts d'investissement HT et hors aides publiques

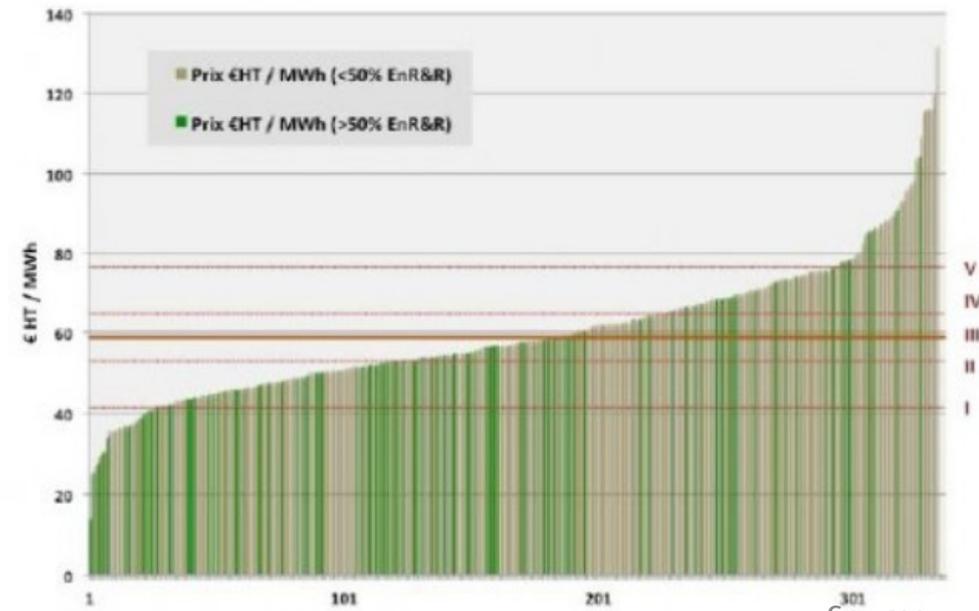


petit	qqs éq- lgts – dizaines éq-lgts	puissance bois 250 kW à 1000€/kW + 125m de réseau à 300€/m + études/frais	330 k€
moyen	dizaines – centaines éq-lgts	puissance bois 1 MW à 650€/kW + 500m de réseau à 315€/m + études/frais	880 k€
gros	centaines – milliers éq-lgts	puissance bois 4 MW à 500€/kW + 2km de réseau à 480€/m + études/frais	3300 k€

Prix pour l'utilisateur

- Moyenne nationale : 68€/MWh HT ; 2ème solution de chauffage la plus compétitive
- Pas de régulation ni de péréquation nationale : les prix dépendent de chaque réseau, de chaque territoire

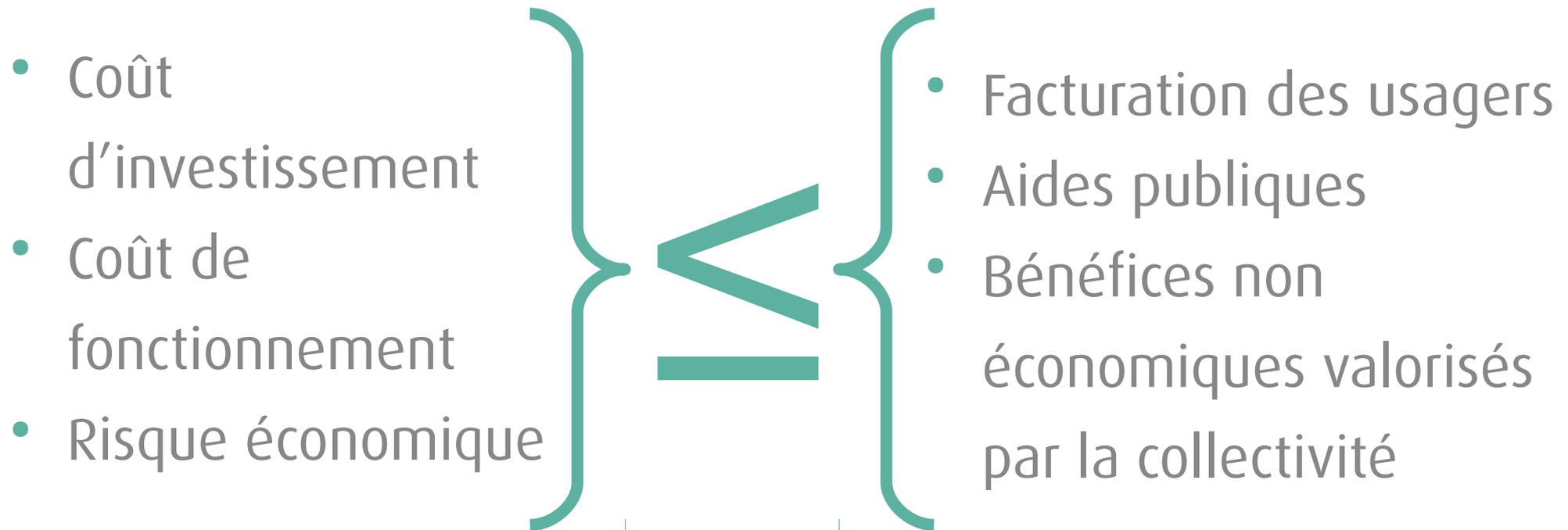
Prix moyen de vente de la chaleur en 2009 par les réseaux de chaleur français (HT)



Source :
AMORCE

Équation économique à résoudre

Approximativement :



Un facteur favorable : *La densité énergétique (ou thermique)*

$$d = \frac{\text{Quantité de chaleur livrée sur une année [MWh]}}{\text{Longueur de tranchée du réseau [m]}}$$

$d \approx 8$: moyenne réseaux existants

d entre 3 et 6 pour les réseaux récents

$d < 1,5$: viabilité économique du réseau difficile à atteindre

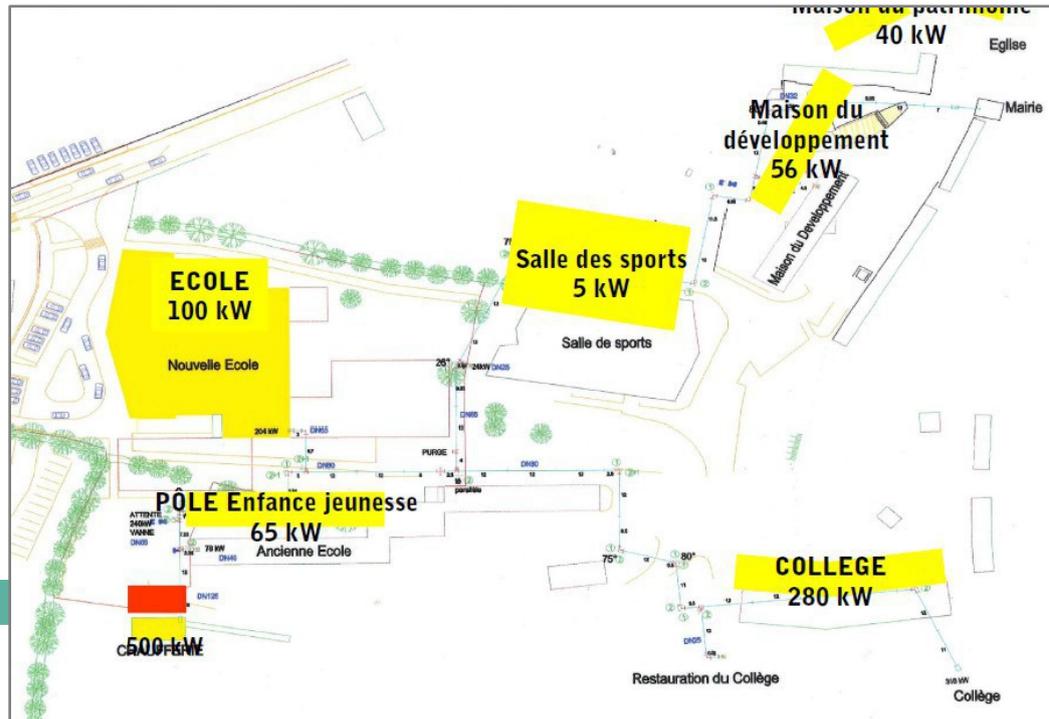
Un facteur favorable : *La densité énergétique*



- A consommation au m² équivalente, plus l'urbanisation est dense, plus le réseau est efficace technico-économiquement
- Mais densité urbaine \neq densité thermique
 - 2000m² de logements RT2012 sur une rue de 100m \rightarrow 1 MWh/ml
 - 2000m² de logements RT2005 sur une rue de 100m \rightarrow 3 MWh/ml

La création d'un réseau peut être viable même en zone peu dense

- Exemple : réseau de chaleur de Plouaret (Côte d'Armor)
- Réseau bois créé en 2004 pour alimenter des bâtiments publics
- Investissement amorti en seulement 11 ans

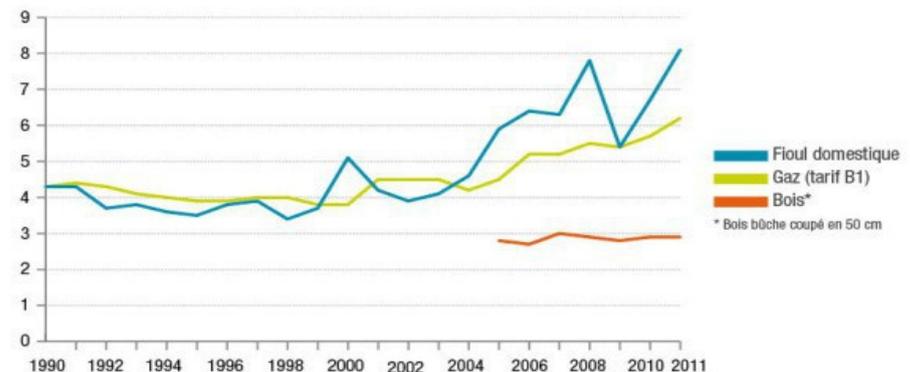


Évolution du prix du bois

ADEME - CHIFFRES CLÉS 2012 / ÉNERGIE ET CLIMAT

B) Comparaison avec le gaz et le fuel domestique

€c 2005 / kWh PCI



SOURCE: ADEME (Enquêtes sur les prix des combustibles bois en 2010-2011 - Septembre 2011)

Autres facteurs favorables

- Mixité des usages des bâtiments raccordés
- Raccordement de bâtiments aux besoins importants
- Déploiement progressif du réseau au fil des raccordements
- Vision de long terme
- Valeur accordée aux gains sociaux et environnementaux

Dans certains cas, la somme de ces facteurs rend le réseau de chaleur renouvelable viable.

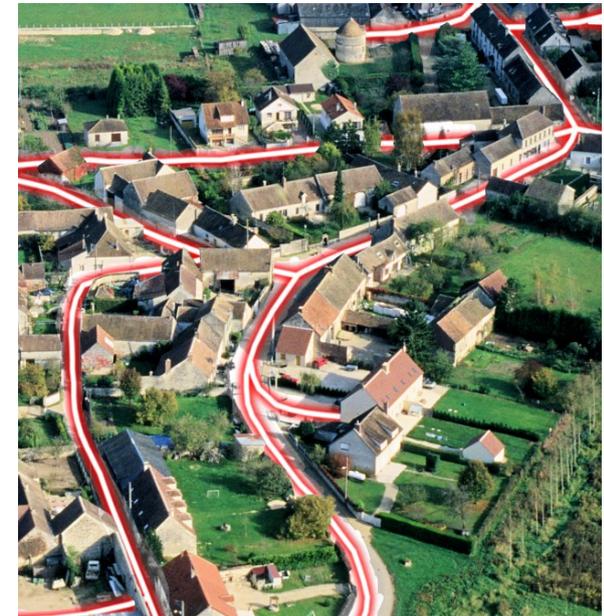
**Dans d'autres cas, l'équation reste insoluble.
Créer un réseau pénaliserait les usagers.**

Étendre un réseau de chaleur dans un tissu urbain ancien

La chaufferie existe déjà.

Obstacles restants :

- Travaux pour la mise en place des canalisations
- Faire changer les bâtiments de mode de chauffage
 - Occupant/propriétaire à convaincre
 - Le raccordement doit être économiquement viable pour le réseau
 - Les émetteurs doivent être adaptés : pas de chauffage électrique



V. Planifier, faciliter, soutenir le développement des réseaux de chaleur

En zone déjà urbanisée



Planifier...

Le schéma directeur de réseau de chaleur

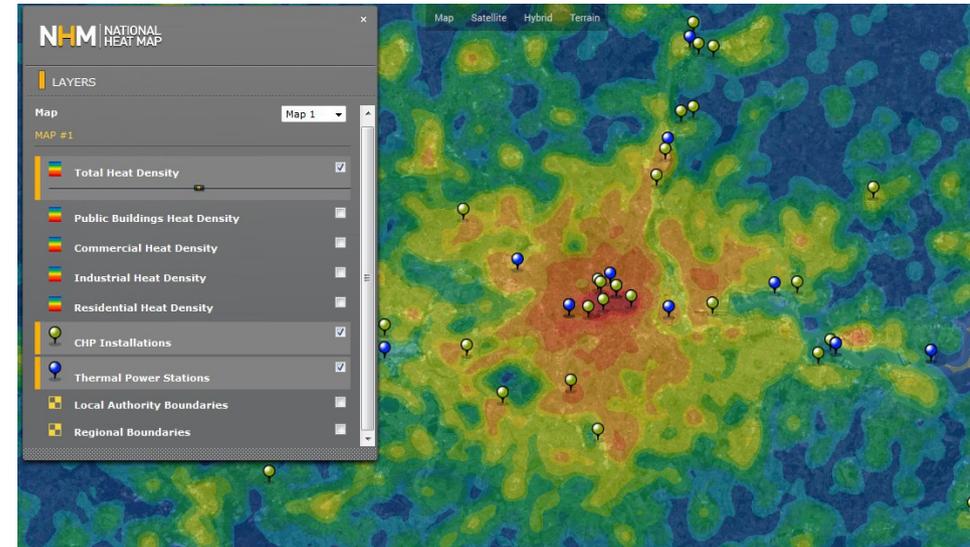


- Exercice de projection sur le devenir d'un réseau (à 10 ans)
- Outil sans existence juridique – Guide national créé par un GT
- Scénarios basés sur l'évolution des zones urbanisées, les opérations de rénovation des bâtiments prévisibles, les projets d'évolution du bouquet énergétique du réseau, etc.
- Vision partagée entre les acteurs, pouvant ainsi être prise en compte dans leurs démarches respectives
- Env. 50 à 60 schémas réalisés ou en cours (automne 2013)

Planifier...

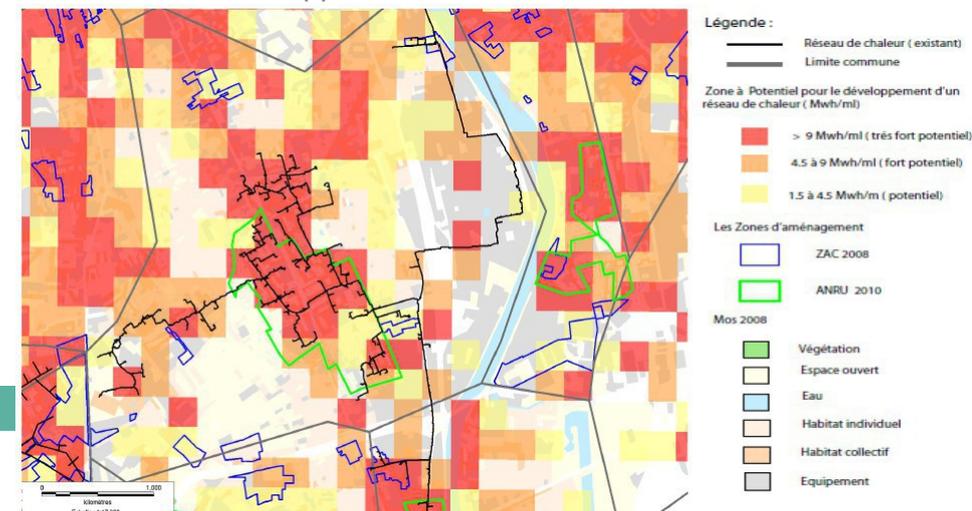
Géolocaliser les besoins et l'offre

- Carte nationale représentant :
 - Besoins de chaleur des bâtiments → localisation des zones à forts potentiels
 - Sources de chaleur récupérable
- Travail en cours (2014/2015)
- Peut être croisé avec carte des réseaux d'énergie existants, carte de gisement bois-énergie, carte de potentiel géothermique, ...



National Heat Map Angleterre(zoom sur Londres)

Extrait étude développement des réseaux de chaleur en Ile-de-France



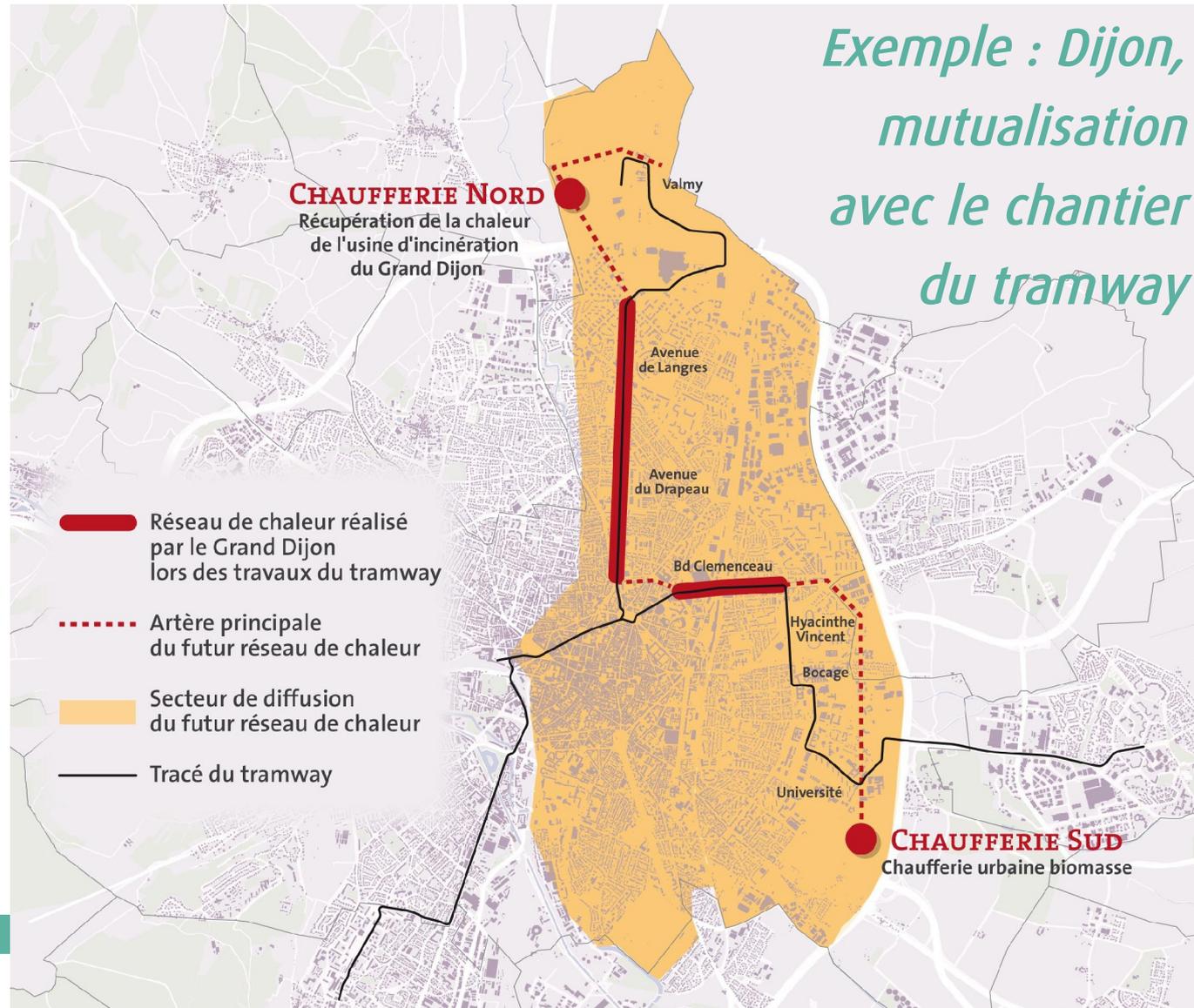
Faciliter...

Réduire l'impact des travaux de voirie



Mutualisation et coordination des différents réseaux urbains

- Nécessite une planification du réseau de chaleur et une bonne communication inter-services



Exemple : Dijon, mutualisation avec le chantier du tramway

Faciliter...

Réduire l'impact des travaux de voirie



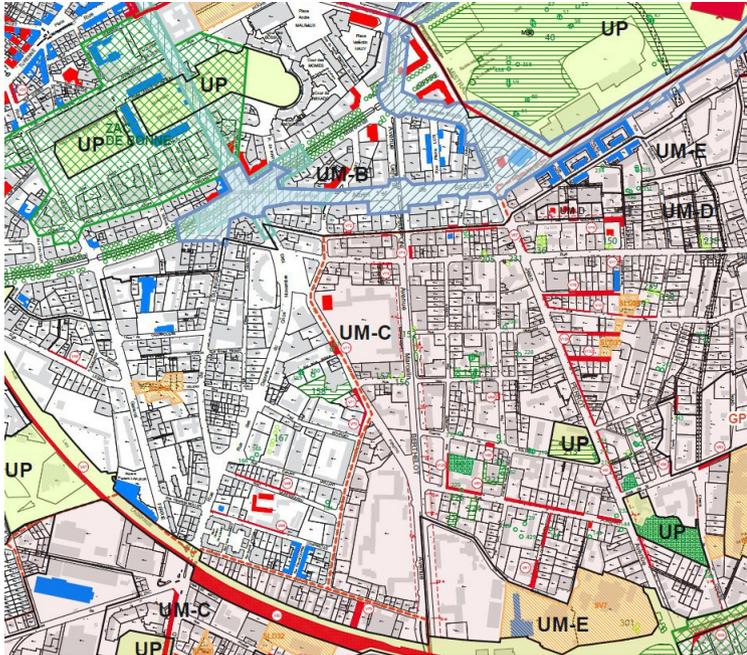
Des travaux plus rapides et plus légers

- Canalisations souples (plastique), à dérouler dans une tranchée

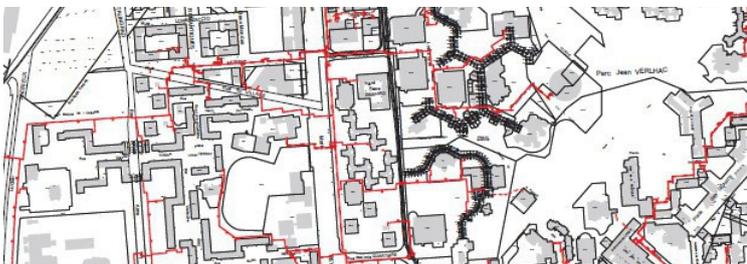


Faciliter...

Effets directs et indirects du PLU



- Effet indirect : le PLU peut amener à densifier la ville, donc renforcer la densité énergétique
- Effet direct : le PLU peut fixer des « critères de performance énergétique renforcés » sur certains secteurs
- Effet direct négatif possible : le PLU peut restreindre le développement de réseaux de chaleur (ex. : interdiction d'équipements techniques dans certains secteurs, limite de hauteur des constructions...)

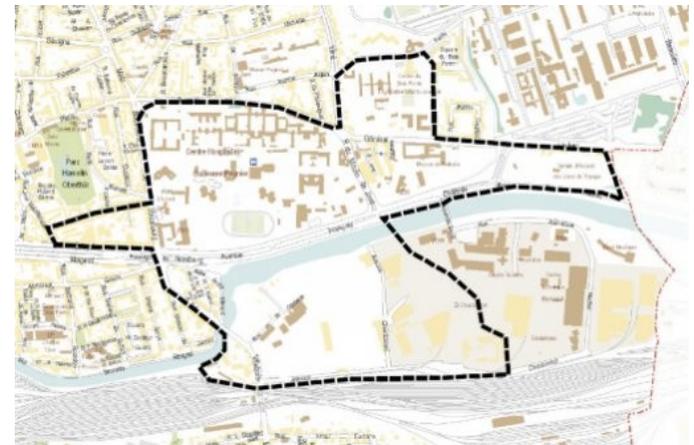


Images : extraits PLU Grenoble

Soutenir *Mutualiser entre quartiers*

ZAC Baud Chardonnet (Rennes) : projet de nouveau quartier sur une friche urbaine

- Réseau de chaleur bois : économiquement non viable sur le quartier seul (faibles consommations, réalisation par tranches)
- Le raccordement d'un centre hospitalier voisin (bâtiment ancien) permet de valider économiquement le projet



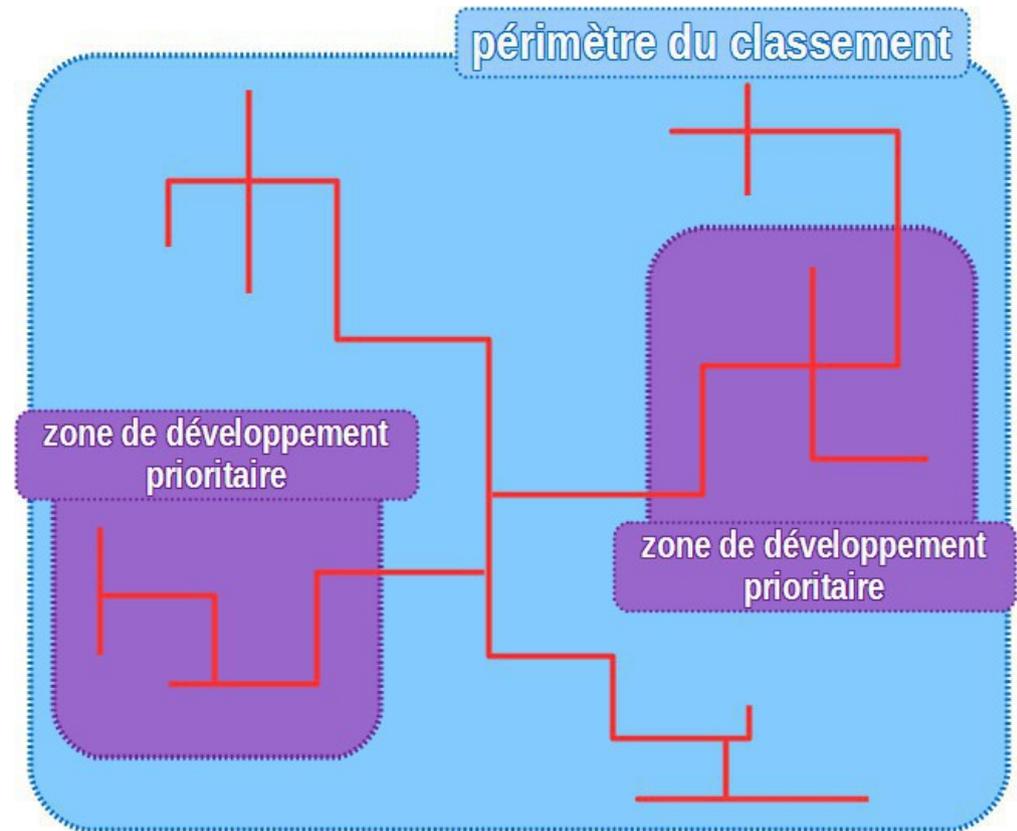
→ **Le raccordement de bâti ancien peut permettre aux bâtiments neufs de se chauffer aux énergies renouvelables**

Soutenir *Le classement du réseau de chaleur*



- Procédure permettant de rendre obligatoire le raccordement à un réseau sur certaines zones
- Soumis à conditions, notamment réseau alimenté à 50% au moins par des EnR&R

→ *le développement territorial et économique du réseau est maîtrisé.*



Soutenir

Le classement du réseau de chaleur



Applicabilité assez restreinte pour le bâti existant :

- Seul les bâtiments faisant l'objet d'une rénovation, extension importante ou changement de chaudière sont concernés par l'obligation de raccordement



En conclusion...

- Les réseaux de chaleur et de froid permettent de mobiliser massivement les énergies renouvelables avec un impact architectural et paysager nul au niveau des bâtiments.
 - La chaufferie doit toutefois trouver sa place dans le paysage urbain ou à proximité.
- Ces réseaux ne peuvent pas être développés partout, les caractéristiques de chaque territoire sont déterminantes.
- Des actions permettent de planifier, faciliter et soutenir leur développement, pour couvrir davantage de territoires.



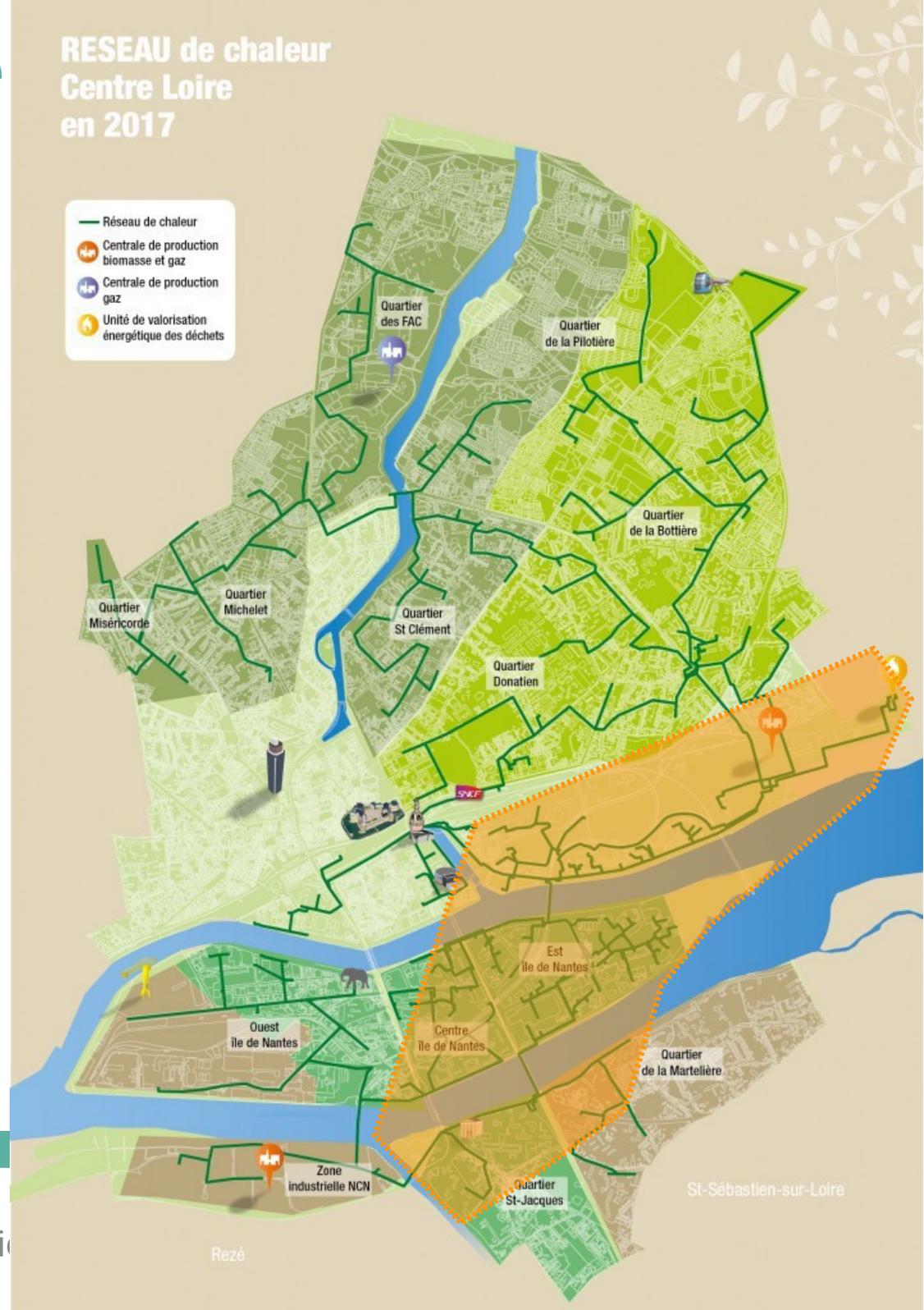
Nantes Centre-Loire

Un important projet d'extension en zone urbanisée

- Réseau créé en 1987
- 2013-2017 :
- Ajout chaufferie bois
- De 22 km à 85 km
- De 16000 à 41000 équivalents-logements

Réalisation à suivre !

6 mai 2014 – Réseaux de chaleur et bâti ancien





Cerema

Centre d'études et d'expertise sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Direction territoriale Ouest



Stéfan Le Dû
Chargé d'études / Animateur du pôle
stefan.le-du@cerema.fr

Pôle Réseaux de Chaleur
reseaux-chaueur@cerema.fr

Retrouvez toutes nos publications sur
www.reseaux-chaueur.fr →

Réseaux de chaleur et territoires DÉCOUVRIR APPROFONDIR AGIR ENRÉGIONS ACTUALITÉS

Chaleur renouvelable et aménagement énergétique des territoires

ACCÈS PAR THÈME
ACCÈS PAR TYPE DE SUPPLÉMENT

PLANIFICATION ET STRATÉGIE TERRITORIALES
AMÉNAGEMENT - URBANISME
BÂTIMENT - CONSTRUCTION

MOTEUR DE RECHERCHE
Recherche: _____

POPULAIRE ACTUELLEMENT

- Innovation dans les réseaux de chaleur (site portail)
- Enquête nationale 2015 sur les réseaux de chaleur et de froid
- Réaliser un état des lieux des réseaux de chaleur à l'échelle régionale
- Planification et aménagement territoriaux

Le site **Réseaux de Chaleur et Territoires** met à votre disposition les ressources documentaires nécessaires à l'intégration des réseaux de chaleur et de froid dans l'aménagement énergétique des territoires : réseaux et planification territoriale, réseaux et urbanisme, réseaux et bâtiment. Pour une introduction au sujet, rendez-vous dans la rubrique **Découvrir**.

Accès thématique

- Planification et stratégie territoriales
- Aménagement et urbanisme
- Bâtiment et construction

Accès par type de ressource

Fiches : action - découverte - innovation - exemple | Guides |

RESEAUCHALEURTERRES-PORTRES.COM/ACCES-PAR-THEME-ZU