CADARACHE

Projet de chaufferie nucléaire
pour le chauffage urbain

# Du réacteur à l'exploitation des réseaux de chaleur urbain
# Quel modèle économique ?

Webinaire I 10 novembre 2026

CALOGENA

# LES INTERVENANTS

**Issam Taleb**
Partner – Energies et ressources

**Mathieu Babinet**
Analyste – Project Finance

**Mateo Sochala**
Directeur du développement commercial et de la stratégie

**César Dulac**
Responsable des relations extérieures

**Eloi Piel**
Directeur Market Intelligence

**Romain Drouart**
Responsable marché réseaux de chaleur et froid

# PROGRAMME DU WEBINAIRE

| | |
|---|---|
| **PROPOS INTRODUCTIFS ET MOT D'ACCUEIL** | **5 MN** |
| **LES ENJEUX ÉCONOMIQUES DES PETITS RÉACTEURS MODULAIRES** | **25 MN** |
| *TEMPS D'ÉCHANGES* | *25 MN* |
| **LA COMPÉTITIVITÉ DES DIFFÉRENTES SOLUTIONS DE PRODUCTION DE CHALEUR** | **25 MN** |
| *TEMPS D'ÉCHANGES* | *25 MN* |
| **CONCLUSION** | **5 MN** |

# AVANT DE DÉBUTER…



Le webinaire est enregistré et sera mis en ligne



Si vous ne souhaitez pas apparaître dans l'enregistrement, veuillez coupez vos caméras



Vos micros seront coupés pendant toute la durée du webinaire, sauf quand la parole vous sera donnée

# PENDANT LES TEMPS D'ÉCHANGES

## À L'ORAL

Levez la main (numériquement)

Attendez que l'animateur vous donne la parole et active votre micro

## À L'ÉCRIT, EN UTILISANT SLI.DO

**Accessible sans téléchargement préalable depuis votre smartphone**

Écrivez votre question

Nous la relaierons à l'oral

slido

1739073

# Jacques Finetti

## Garant de la concertation préalable

commission nationale du débat public

MA PAROLE A DU POUVOIR

# Une concertation volontaire placée sous l'égide de deux garants neutres et indépendants nommés par la CNDP

LA CNDP
commission nationale du débat public
MA PAROLE A DU POUVOIR



**Jacques FINETTI**



**Jean-Michel FOURNIAU**

- Indépendance
- Neutralité
- Transparence
- Egalité
- Argumentation
- Inclusion

Pour nous contacter : garants.concertation.calogena@garant-cndp.fr

# Le rôle des deux garants nommés par la CNDP

**AUPRÈS DU MAÎTRE D'OUVRAGE**

**prescrire, conseiller sur les enjeux et les modalités de concertation**

**AUPRÈS DU PUBLIC**

**garantir, servir de recours, rendre compte de la concertation**

## en s'appuyant sur la lettre de mission de la CNDP pour débattre de :

- L'introduction d'une nouvelle technologie dans le parc nucléaire français, avec les enjeux de la modularité et de la dissémination du nucléaire
- Les enjeux de décarbonation des réseaux de chaleur urbains
- La spécificité du territoire du projet et ses impacts sur l'environnement
- L'accessibilité de l'information et la méthodologie de concertation

# 1

# Les enjeux économiques des petits réacteurs modulaires (SMR)

## Issam Taleb

Partner – Energies et ressources

## Mathieu Babinet

Analyste – Project Finance

# Les premières unités SMR restent confrontées aux principaux risques des grands projets nucléaires, ce qui limite fortement leur bancabilité en l'absence de soutien public

## Des risques similaires aux large scale

### Ampleur des investissements

Les premières unités SMR nécessitent des investissements importants, auxquels s'ajoutent les coûts de développement, de qualification et d'industrialisation de la technologie.

### Délais de construction

Les délais de conception, d'autorisation et de construction peuvent s'étendre sur plusieurs années, retardant la génération des premiers revenus et augmentant les coûts de financement.

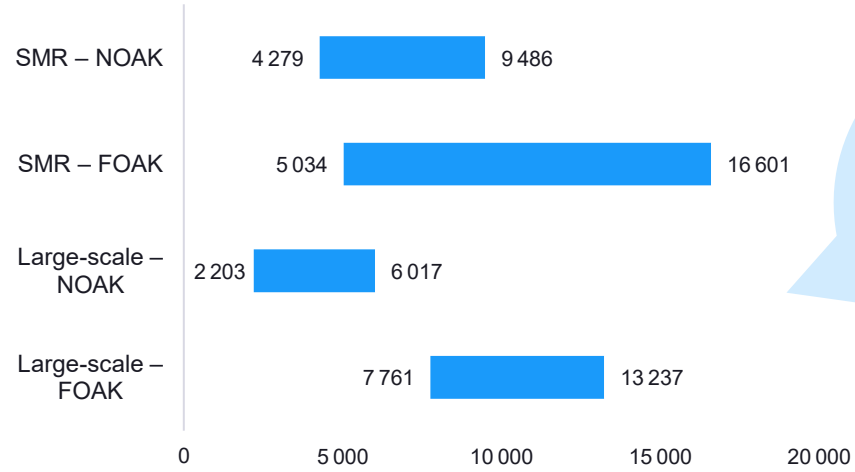
### Partage des risques de construction

Les incertitudes sur les coûts et les délais des premières unités rendent difficile le transfert des risques aux contreparties privées.

### Visibilité sur les revenus

La capacité à sécuriser des revenus prévisibles sur le long terme constitue une condition essentielle au financement des projets, notamment à travers des contrats d'achat d'énergie ou des mécanismes de soutien.

## Qui se traduisent par une forte variabilité des couts de construction




Les coûts de construction overnight (EUR/kW) des premières unités SMR **varient fortement selon les technologies** et sont **supérieurs à ceux des grands réacteurs.**

## Et la nécessité d'un soutien public pour les premières unités

- **Subventions et participations au capital** pour accompagner le développement et la construction des premières unités
- **Garanties publiques** pour faciliter l'accès au financement et réduire le coût du capital
- **Mécanismes de sécurisation des revenus** pour améliorer la visibilité économique des projets et leur capacité à mobiliser des financements

Source: OECD/NEA

# La compétitivité économique des SMR repose sur leur capacité à passer d'une logique de grands projets uniques à une production standardisée et industrialisée

## L'industrialisation est clé pour compenser la perte d'économies d'échelle

- Les fournisseurs de technologie ont historiquement augmenté la taille des réacteurs pour bénéficier d'économies d'échelle.
- Pour compenser la perte de ces économies et améliorer leur compétitivité, **le modèle économique des SMR repose sur les économies de série.**

### Modularisation et fabrication en usine

- **Modules fabriqués en série en usine** puis assemblés sur site afin de **réduire les coûts et les délais de construction**

### Simplification de la conception

- **Réduire la complexité des installations** ainsi que le nombre de composants et de systèmes auxiliaires

### Standardisation

- **Une conception et un design standardisés** permettant de livrer des produits intégrés (quasi) identiques

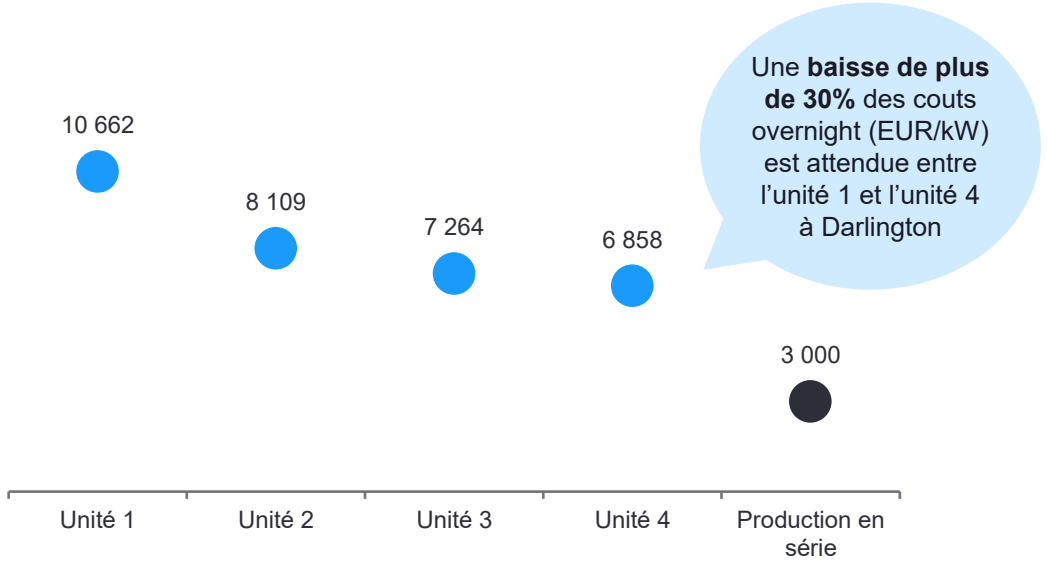
### Harmonisation

- **Convergence des normes industrielles** et des approches réglementaires entre les différents marchés

## Des économies conditionnées à des volumes suffisants

- La compétitivité à terme dépendra de la capacité des développeurs à constituer un **portefeuille de commandes suffisant** et à **maintenir un haut degré de standardisation** entre les projets.
- La fabrication en série suppose un **marché suffisamment large pour un même design** : seul un nombre restreint des nombreux designs en développement pourrait parvenir à constituer un tel marché.

## Objectifs de GE Hitachi à Darlington et pour le déploiement en série




Source: Ontario Power Generation, World Nuclear News, Johan Christian Sollid

# Face aux incertitudes des premières unités, les projets SMR favorisent l'émergence de modèles contractuels plus collaboratifs

## Modèle de delivery – De l'EPC turnkey au modèle collaboratif

1

### Les limites des modèles traditionnels de construction nucléaire

- Les grands projets nucléaires ont historiquement eu recours à des contrats EPC à prix forfaitaire, visant à transférer une part importante des risques de construction aux entreprises.
- Pour les premières unités de nouvelles technologies, les incertitudes sur la conception, les coûts et les délais rendent impossible la fixation d'un prix ferme et le transfert intégral des risques aux constructeurs.

2

### L'émergence de modèles collaboratifs pour les premières unités

- Plusieurs projets SMR commencent à adopter des modèles de réalisation plus intégrés, associant dès les premières phases le maître d'ouvrage, le concepteur du réacteur, les ingénieries et les entreprises de construction.
- Ces modèles visent à améliorer la coordination, à partager les informations et à aligner les intérêts des parties autour d'objectifs communs de coûts, de délais et de performance.

3

### Une évolution possible vers des contrats plus forfaitaires avec la maturité industrielle

- À mesure que les technologies seront éprouvées et que les coûts de construction deviendront plus prévisibles, les entreprises pourraient accepter une part croissante des risques de réalisation.
- Cette maturité pourrait permettre le retour progressif à des contrats plus forfaitaires.

## Exemple de répartition des risques – Darlington SMR

Le maître d'ouvrage (OPG) et ses partenaires (GE Hitachi pour la technologie, AtkinsRéalis pour l'ingénierie et Aecon-Kiewit pour la construction) s'associent au sein d'une structure collaborative et définissent un coût cible (7,7 milliards CAD pour l'unité 1), assorti de mécanismes de partage des dépassements de coûts

**Coût du projet (Md CAD)**

**7,5**
Coût inférieur à la cible

**Jusqu'au coût cible**
Remboursement aux partenaires pour les coûts admissibles

**7,7**
Coût cible (target cost)

**Entre 7,7 et 8,247 Md CAD – Reward pool**
Les premiers dépassements sont couverts par un reward pool de 547 M CAD. Cette enveloppe est financée par OPG.

**8,247**
Reward pool épuisée

**Entre 8,247 et 8,679 Md CAD – Risk pool**
Une fois le reward pool épuisé, les dépassements sont couverts par un risk pool. Cette enveloppe est financée à 70% par les partenaires via une retenue sur leurs honoraires.

**8,679**
Risk pool épuisée

**Au-delà de 8,679 Md CAD – Deux pools épuisées**
Si les deux enveloppes sont épuisées, les coûts restants sont supportés par OPG.

Source: Ontario Power Generation

# La diversité des usages des SMR ouvre la voie à de nouveaux modèles économiques dont la bancabilité dépendra du partage des risques entre acteurs publics et privés

## Une diversité de cas d'usage

**10–470 MW**
Capacité

**Chaleur, électricité ou cogénération**

**100–900°C**
Chaleur

Les SMR peuvent répondre à des besoins variés, donnant lieu à différents modèles de commercialisation de l'énergie:

- **Chaleur pour les réseaux urbains :** Fourniture de chaleur à un exploitant de réseau de chauffage urbain.
- **Chaleur industrielle :** Fourniture directe de vapeur ou de chaleur à un ou plusieurs industriels.
- **Électricité hors réseau pour des consommateurs industriels :** Alimentation directe de sites fortement consommateurs d'électricité
- **Électricité injectée sur le réseau :** Vente sur les marchés de gros ou dans le cadre de contrats de long terme.
- **Cogénération :** Production combinée d'électricité et de chaleur, à destination de réseaux urbains ou de consommateurs industriels.

## Une diversité des modèles économiques

### 1. Construction

Rémunération pour la conception et la construction de la centrale.

### 2. Opération

Rémunération pour l'exploitation et la maintenance de la centrale dans le cadre d'un contrat O&M de long terme.

### 3. Vente d'énergie

Revenus issus de la vente d'électricité ou de chaleur, lorsque le fournisseur détient tout ou partie de la centrale.

## Qui ouvre la voie à davantage de participation des acteurs privés

- Les caractéristiques des SMR peuvent favoriser **l'émergence de projets adossés à des acteurs privés** : consommateurs industriels ou opérateurs de réseaux de chaleur.
- Ces acteurs peuvent intervenir à différents niveaux : achat de l'énergie produite (HPA, PPA), participation au capital du projet ou développement conjoint au sein d'un consortium.

# Le modèle économique de Calogena



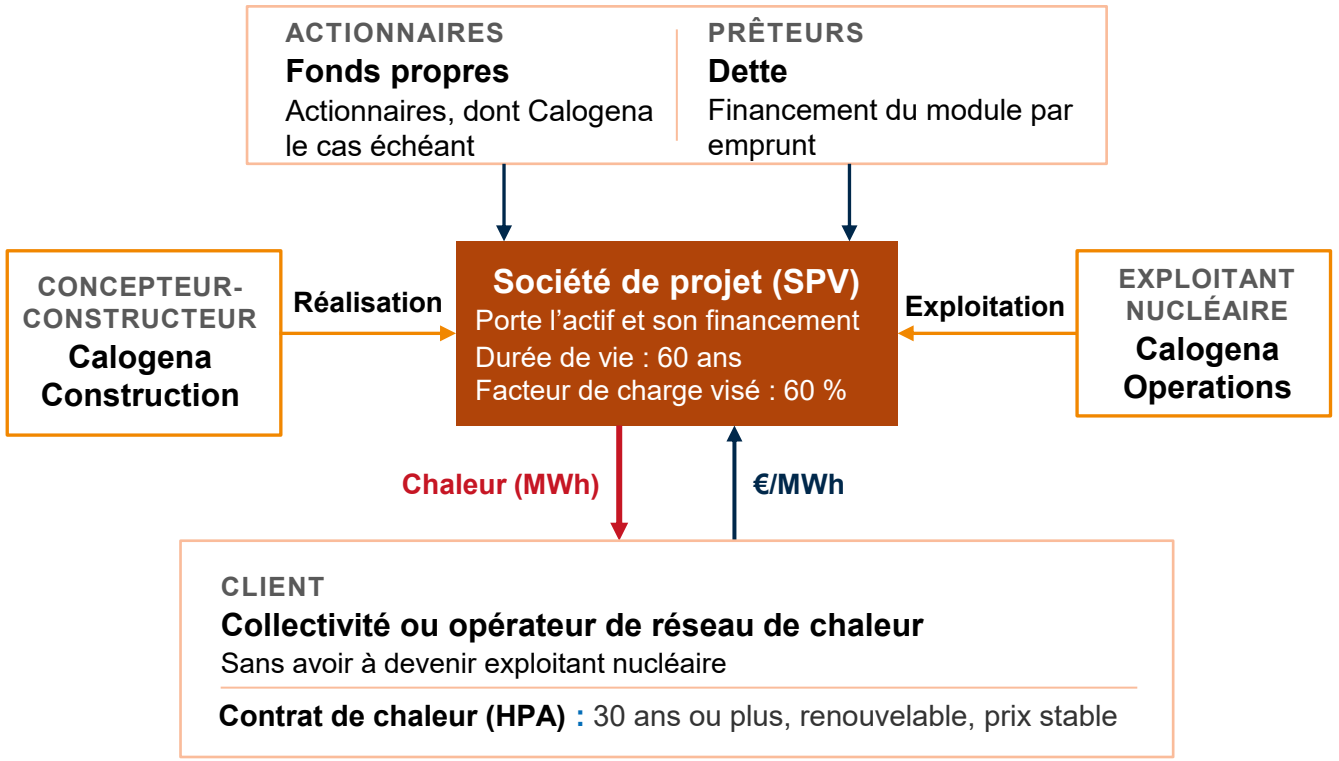
## Mateo Sochala

Directeur du développement commercial et de la stratégie

CALOGENA

# UN BUSINESS MODEL RÉPLICABLE

## LE BUSINESS MODEL CLASSIQUE




## DANS LE CAS DE CADARACHE

**Un site hôte nucléaire**
Le CEA est « hébergeur » du projet en mettant une parcelle du centre à disposition de Calogena.

**Pas d'investissement lourd à porter**
La charge financière est assurée par la SPV et Calogena.

**La chaleur est achetée par le CEA**
Contrats de chaleur de long terme, pour une installation conçue pour durer au moins 60 ans.

**Un facteur de charge réduit, mais adapté pour un démonstrateur nucléaire**
La chaufferie nucléaire envisagée à Cadarache a vocation à démontrer le bon fonctionnement de la technologie, sa sûreté, ses performances et son intégration dans un réseau de chaleur existant.

# COÛT DU RÉACTEUR

## COÛT GLOBAL ESTIMÉ DE L' ÉQUIPEMENT

# 104 – 208 M€

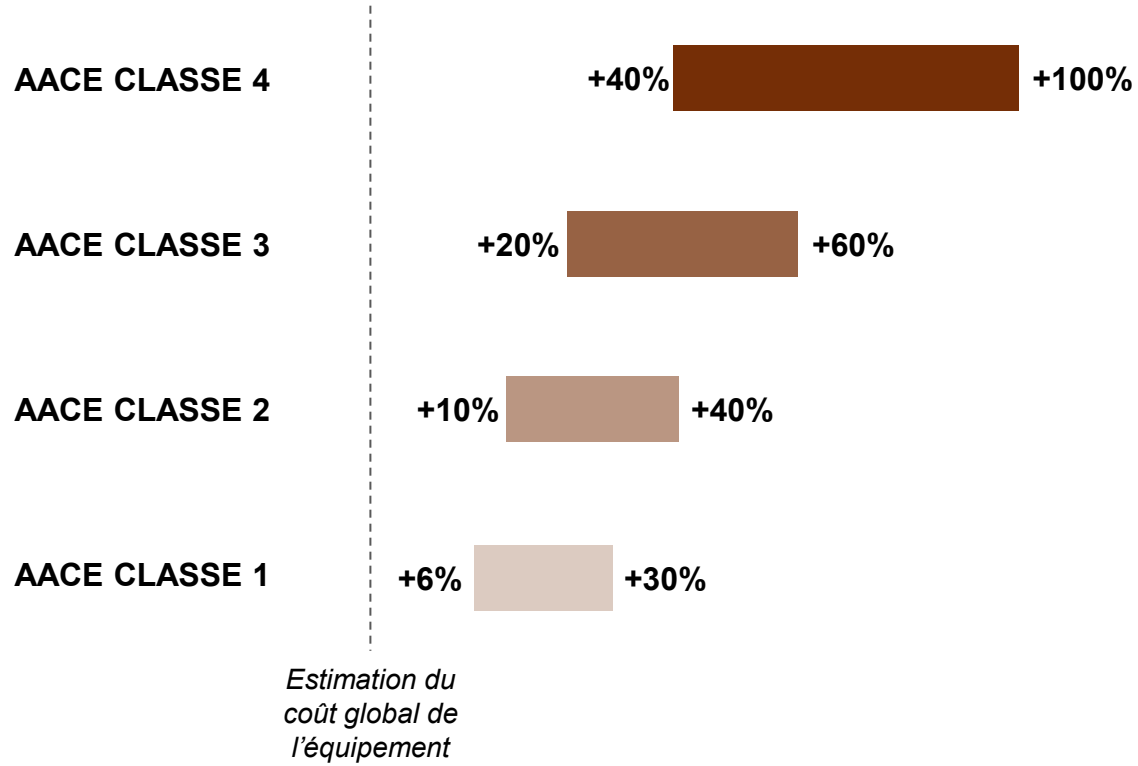
**Périmètre :** l'équipement et ses ouvrages connexes (raccordement, réaménagement potentiel des clôtures), qui représentent 1 à 2 % du coût global

| 104 M€ | 208 M€ |
|---|---|
| **Estimation actuelle**<br>Méthode de chiffrage réalisée par un cabinet tiers. | **Scénario le plus pessimiste**<br>Estimé selon la classification AACE classe 4 pour les projets nucléaires, en prenant le scénario défavorable. |

**Pourquoi une fourchette large ?** À ce stade de développement, les marges d'incertitude standard appliquées à ce type d'évaluation vont de + 40 % à + 100 %.

## COMMENT L'INTERVALLE VA SE RÉDUIRE

À chaque phase d'études, l'estimation s'affine et la fourchette se resserre.



# LE FINANCEMENT DU PROJET

## CALOGENA : UN FINANCEMENT SÉCURISÉ

**~ 100 M€** de financements sécurisés en avril 2026

| €53M France 2030 | Fonds propres |
|---|---|
| Soutien public | Augmentation de capital en avril 2026 |

## DES ACTIONNAIRES INDUSTRIELS ET PUBLICS

GORGÉ

GROUPE SNEF

BANQUE des TERRITOIRES | Caisse des Dépôts GROUPE

bpifrance

# COMMENT SE CONSTRUIT LE PRIX DE LA CHALEUR

$$\text{LCOH} = \frac{\text{Coûts actualisés sur la durée de vie}}{\text{Chaleur livrée actualisée sur la même durée}} \approx$$

**~60 €/MWh**
prix de vente cible, hors subventions

## CE QUE COMPREND LE PRIX

**Construction (CAPEX)**

Coûts de construction et de mise en service de l'installation

**Exploitation (OPEX)**

Fonctionnement et maintenance pendant toute l'exploitation

**Combustible**

Combustible de type REP du parc français : ≈ 5 cm³ pour chauffer un foyer européen toute sa vie

**Démantèlement**

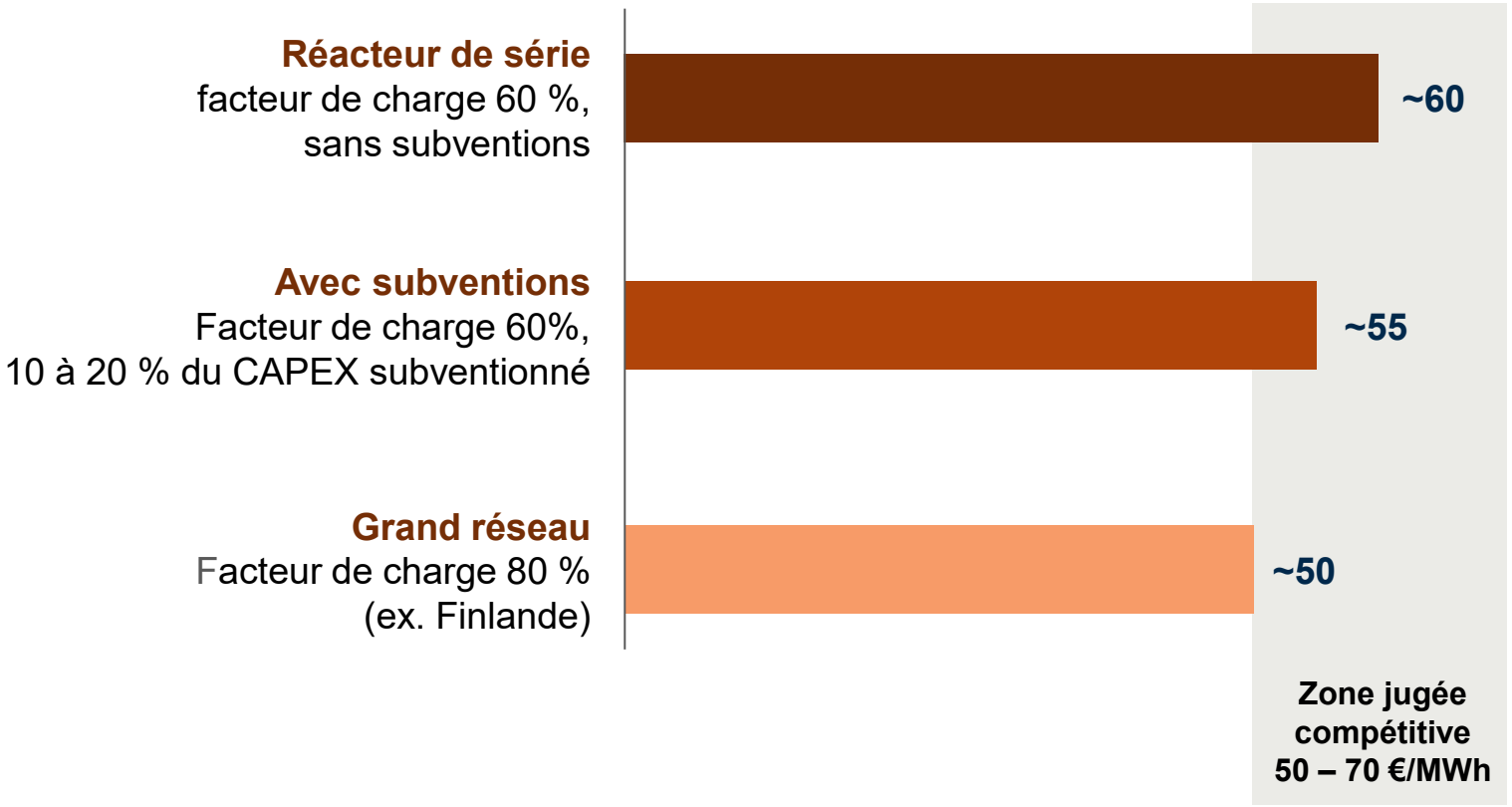
Intégré au modèle dès l'exploitation, couvert par des actifs dédiés

## HYPOTHÈSES DU PRIX CIBLE

- **Réacteur de série : > 6 réacteurs construits**
- **Facteur de charge : 60 %**
- **Pour un coût du capital < 7% (WACC nominal, post taxes)**
- **Hors subventions, en sortie d'installation**

# DE LA CHALEUR À UN PRIX COMPÉTITIF

## PRIX DE VENTE SELON LES CONDITIONS




**Zone compétitive**

Coût cible jugé stable et compétitif par une quarantaine d'exploitants de réseaux de chaleur (étude Do Well Do Good, 2026).

**CAL90**

Le CAL90, comprenant trois chaudières d'environ 35 MWth, sera proportionnellement plus compétitif car mutualisant un certain nombre de systèmes

# PENDANT LES TEMPS D'ÉCHANGES

## À L'ORAL

Levez la main (numériquement)

Attendez que l'animateur vous donne la parole et active votre micro

## À L'ÉCRIT, EN UTILISANT SLI.DO

**Accessible sans téléchargement préalable depuis votre smartphone**

Écrivez votre question

Nous la relaierons à l'oral

slido

1739073

2

# La compétitivité des différentes solutions de production de chaleur

# Les enjeux de transformation des réseaux de chaleur



## Eloi Piel

Directeur Market Intelligence

Euroheat & Power

# Euroheat&Power: forum et voix des réseaux de chaleur en Europe

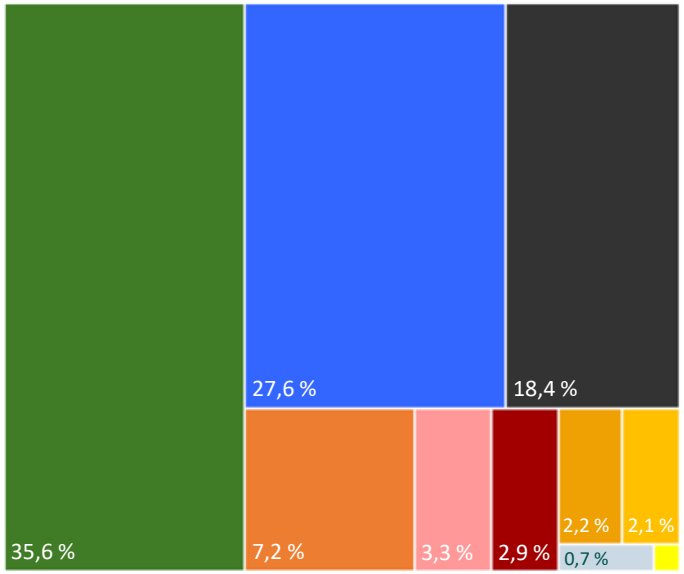


# La décarbonation de la chaleur en Europe: temps d’accélérer !



# Bouquet énergétique des réseaux de chaleur – Europe (2024)

- Bioénergie
- Géothermie
- PAC et chaudières électriques
- Solaire thermique
- Charbon, fioul et tourbe
- Gaz naturel
- Condensation des fumées
- Industrie et tertiaire
- Déchets non biodégradables
- Autres




45,9 %
Sources fossiles

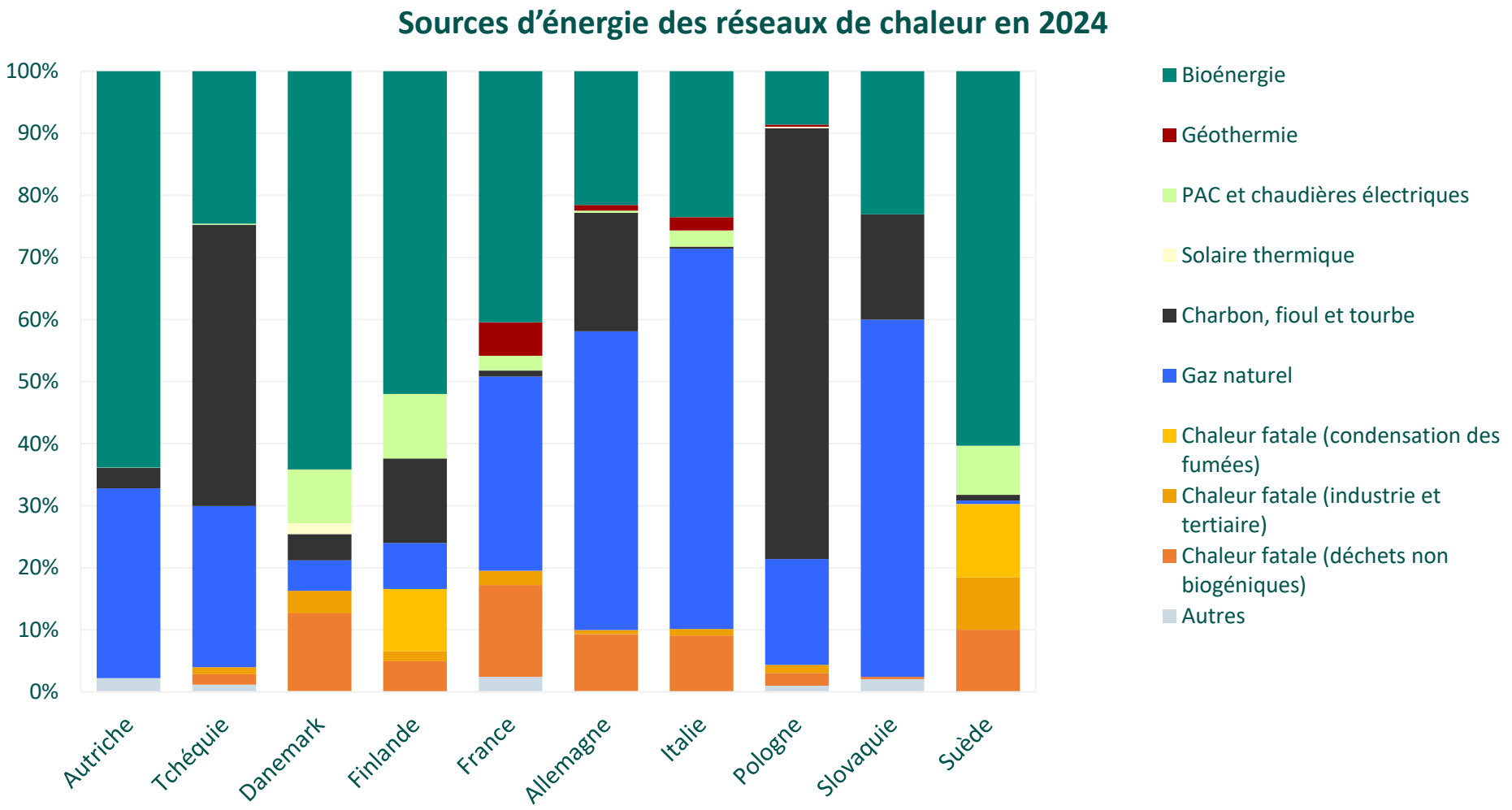
46,2 %
Sources renouvelables, chaleur fatale

3,3 %
Électrification

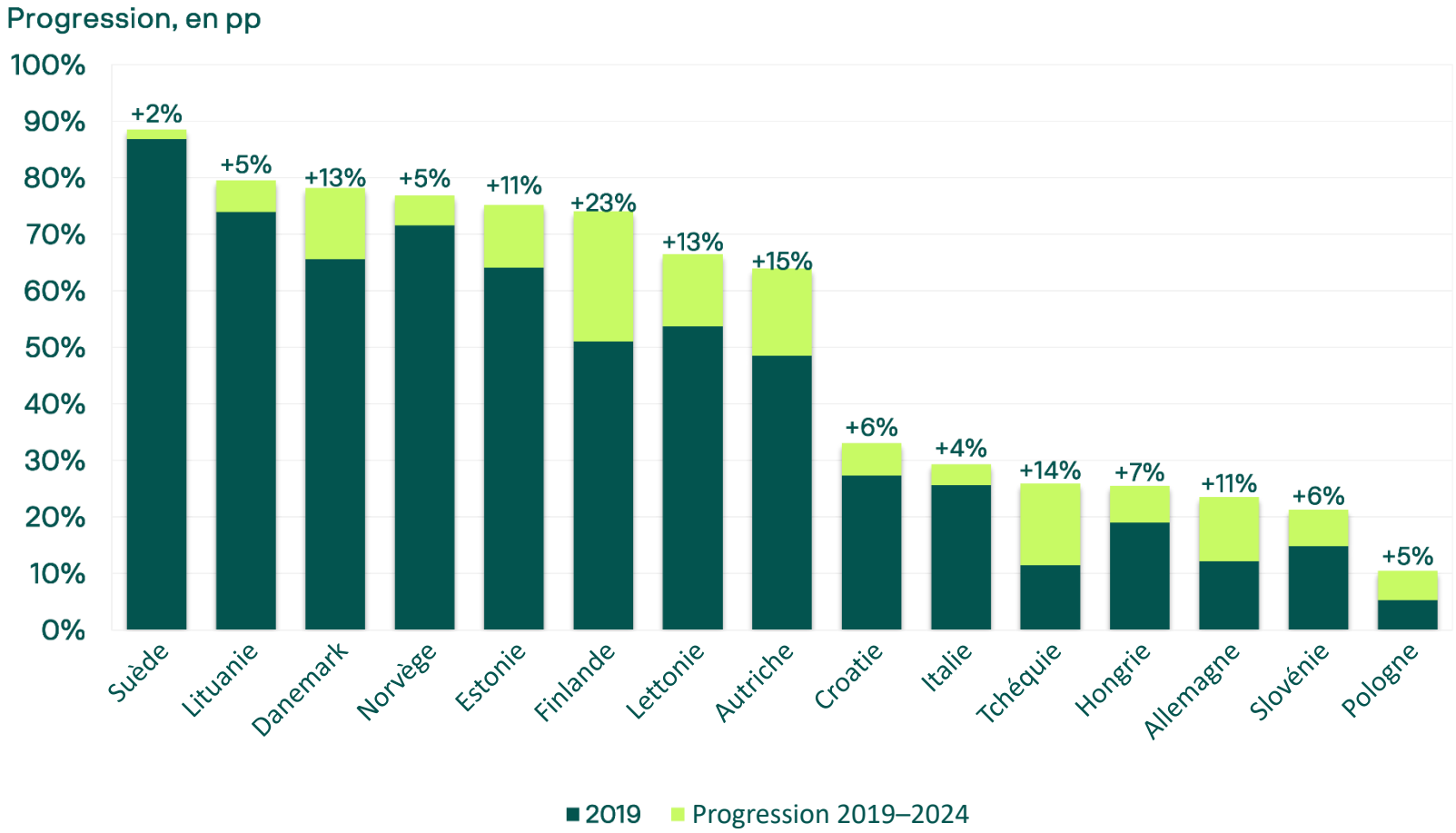
## Évolution 2023-2024

| | |
|---|---|
| −5,5 % | Diminution des sources fossiles |
| +2,8 % | Renouvelables et chaleur fatale |
| +16 % | Géothermie |
| +12 % | Pompes à chaleur et chaudières électriques (de grande capacité) |

# Bouquet énergétique des réseaux de chaleur – sélection de pays (2024)



# Réseaux de chaleur en Europe: intégration chaleur renouvelable et fatale 2019-2024



# Une infrastructure énergétique en plein déploiement

## 2024

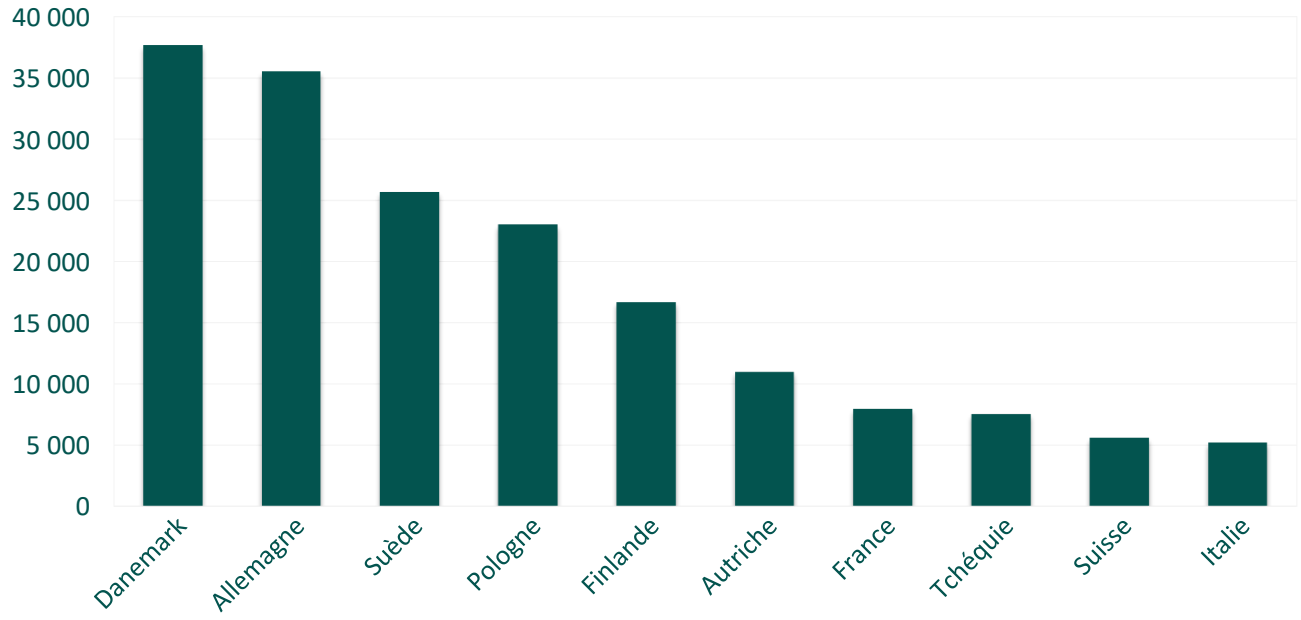
**206 740 km de réseaux en Europe**

**192 623 km dans l'UE – extension de + 1,8 %**

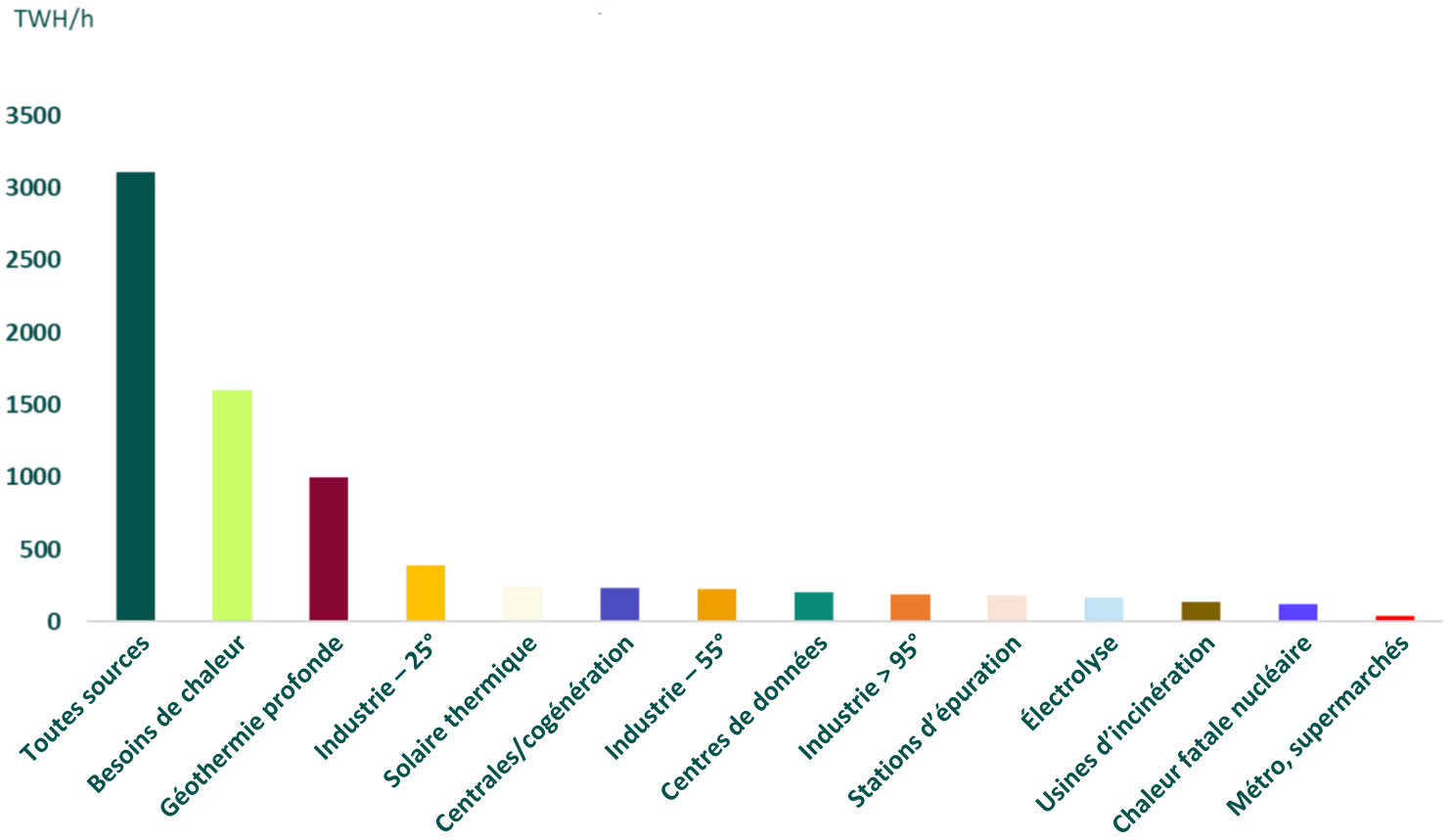
**Danemark : + 714 km** 🏅

**France : + 430 km (et +451 km en 2025!)** 🏅

Longueur de tranchée des réseaux de chaleur en 2024, en km



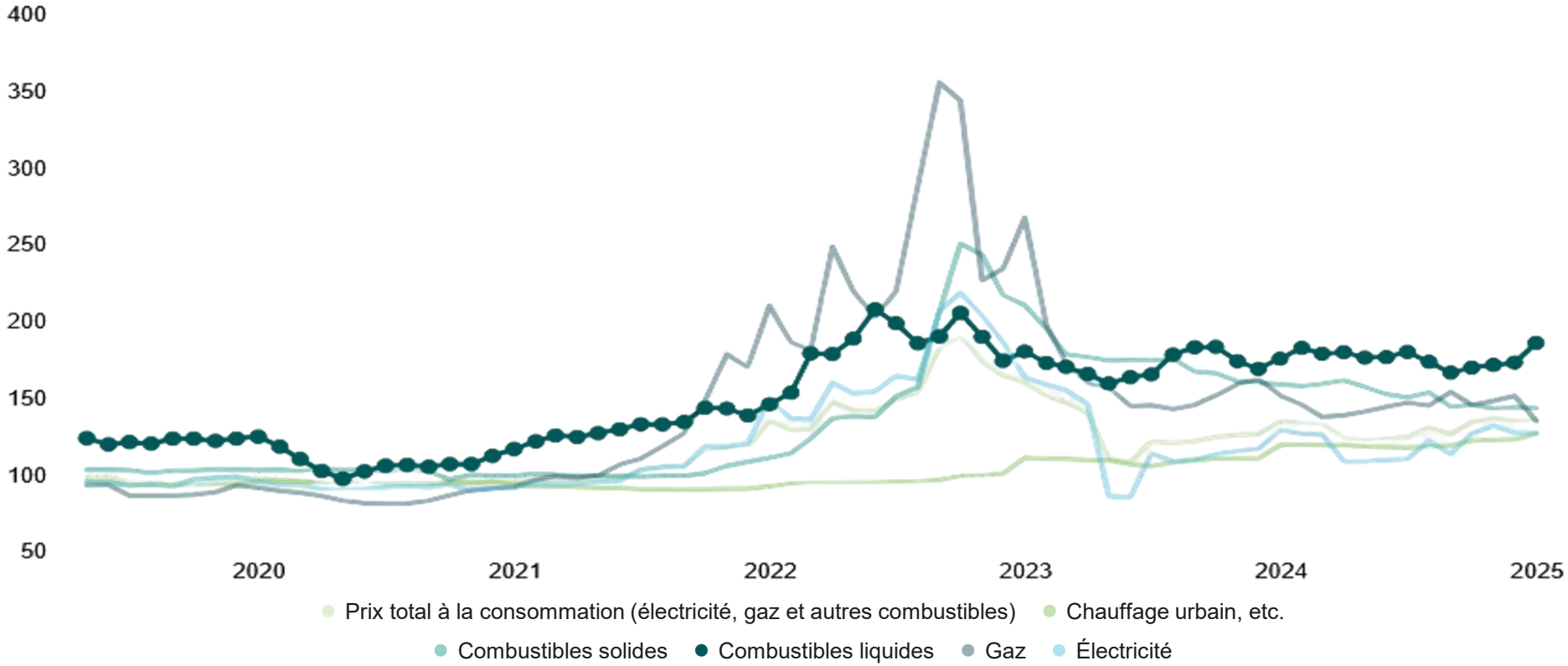
# Vers un secteur de la chaleur décarbonée : gisement important d'énergies renouvelables et fatales dans l'Union européenne




Potentiel vs demandes des bâtiments en chaleur horizon 2050

Source : Étude Heat Roadmap Europe 5, Université Aalborg, 2025

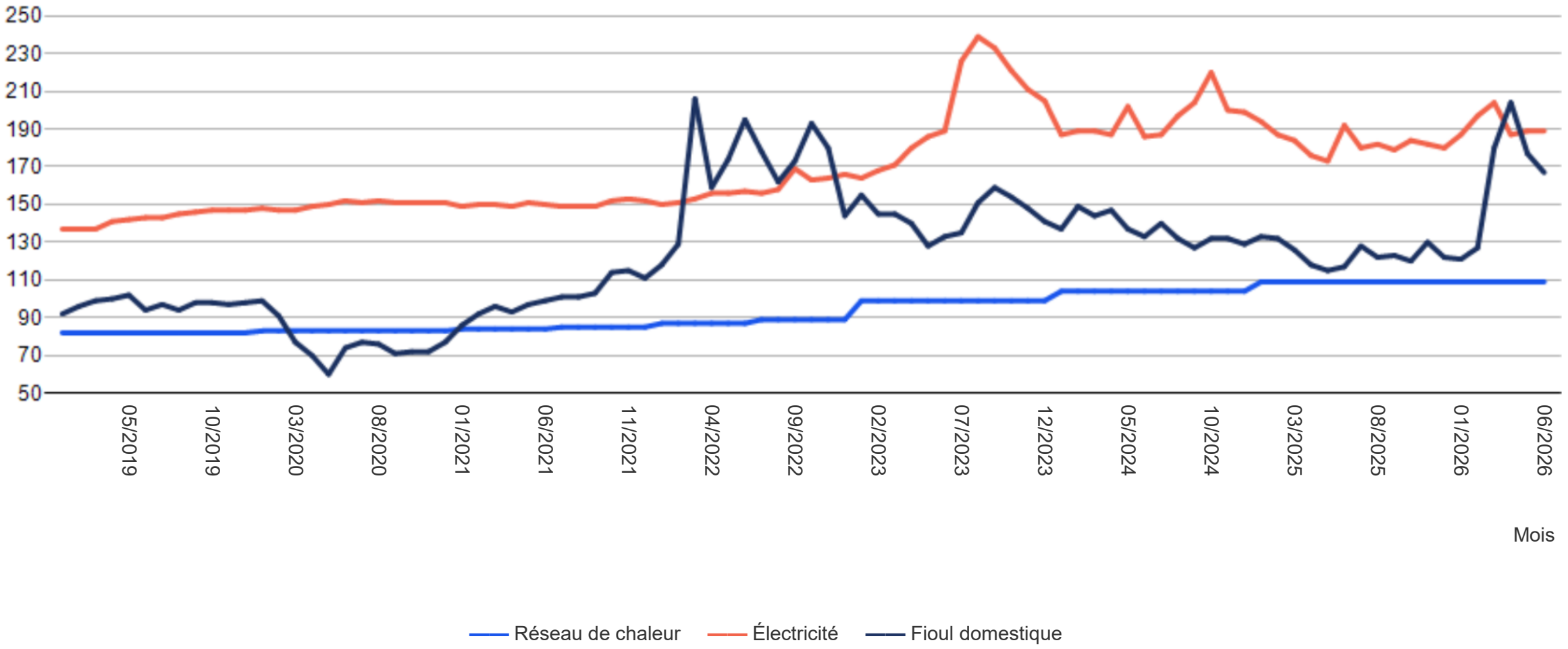
# Évolution des prix (Danemark)




**Source :** Statistics Denmark, Statistikbanken, PRIS111

**Note :** l'indice agrégé *Prix total à la consommation de l'électricité, du gaz et des autres combustibles* est calculé par Statistics Denmark comme la moyenne pondérée des indices de base sous-jacents, selon leurs parts de dépenses respectives. *Chauffage urbain, etc.* comprend l'eau chaude et la vapeur achetées aux réseaux de chaleur et les coûts associés (location et relevé des compteurs, frais fixes, etc.), ainsi que la glace utilisée pour le refroidissement et la réfrigération. *Combustibles solides* comprend le charbon, […]

# Évolution des prix (Finlande)



# LA COMPÉTITIVITÉ DES DIFFÉRENTES SOLUTIONS DE PRODUCTION DE CHALEUR

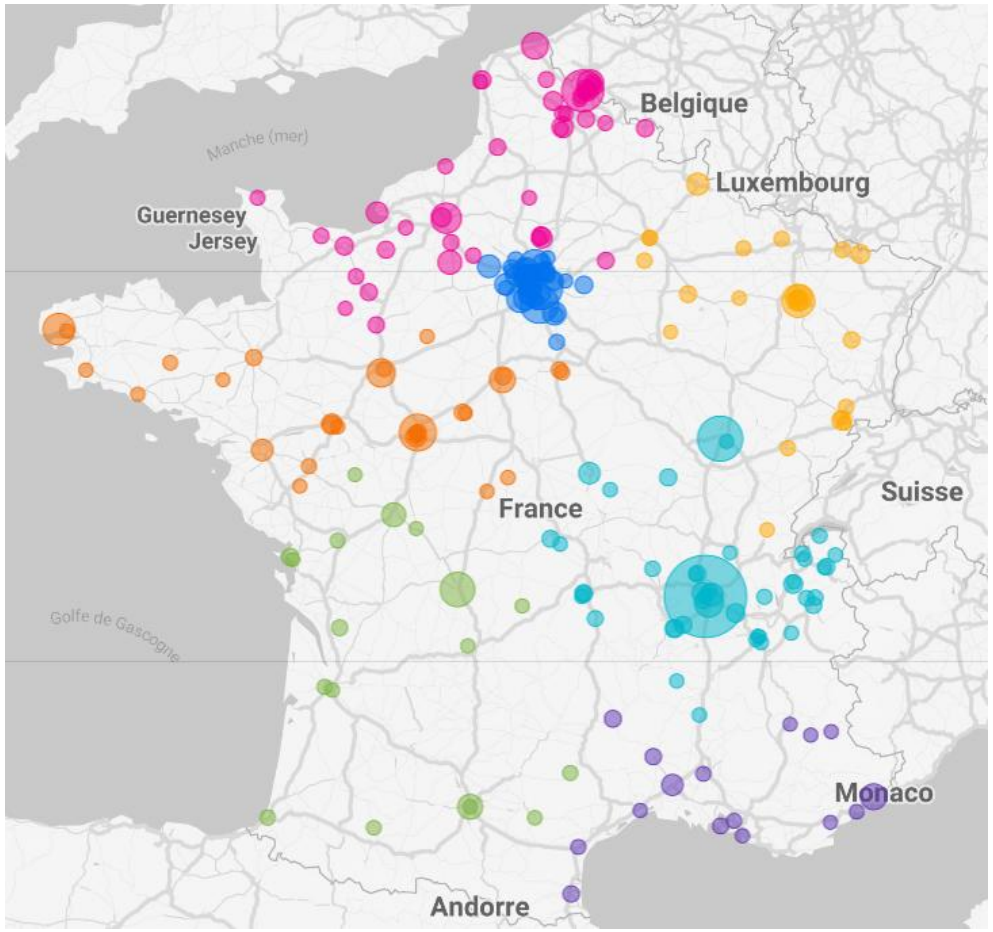


## Romain Drouart

Responsable marché réseaux de chaleur et froid

dalkia
GROUPE EDF

# DALKIA, PREMIER OPERATEUR DE RÉSEAUX DE CHALEUR EN FRANCE




- **330** réseaux de chauffage urbain
- **18 000** postes de livraison
- **3 000** km de canalisations
- **10** TWh de chaleur livré

**65%**
ENR&R

# LES PARTIES PRENANTES POUR UN PROJET DE RÉSEAU DE CHALEUR EN CONCESSION

**L'AUTORITÉ DÉLÉGANTE**

**> la collectivité territoriale**

exerce la compétence de création, d'aménagement et de gestion des réseaux urbains de chaleur et de froid sur l'ensemble de son territoire.

**LE DÉLÉGATAIRE**

**> Dalkia**

assure la construction, la production d'énergie, l'exploitation et la maintenance du réseau primaire (public), pour le compte de l'autorité délégante.

**LES ABONNÉS**

**> les gestionnaires des bâtiments raccordés:**

syndics de copropriétés, bailleurs publics ou privés, collectivités locales (équipements scolaires, sportifs ou de santé), entreprises, cliniques privées...

**LES USAGERS**

**> les personnes qui bénéficient de la chaleur et du froid distribués par le réseau**

dans les bâtiments privés, publics ou professionnels raccordés

7J/7 et 24h/24



# UN TARIF PROTECTEUR DANS LE TEMPS

## LA TARIFICATION EST COMPOSÉE DE DEUX ÉLÉMENTS :

**Facturation totale à l'abonné:**
R = **R1** X MWH Consommés par l'abonné + **R2** X Puissance souscrite

**Le terme R1** : élément proportionnel représentant le coût de l'énergie nécessaire pour assurer la fourniture de chaleur destinée au chauffage et à l'eau chaude sanitaire. Il est facturé mensuellement selon les MWh mesurés au compteur.

**Le terme R2** : élément fixe représentant la somme des coûts ci-dessous :

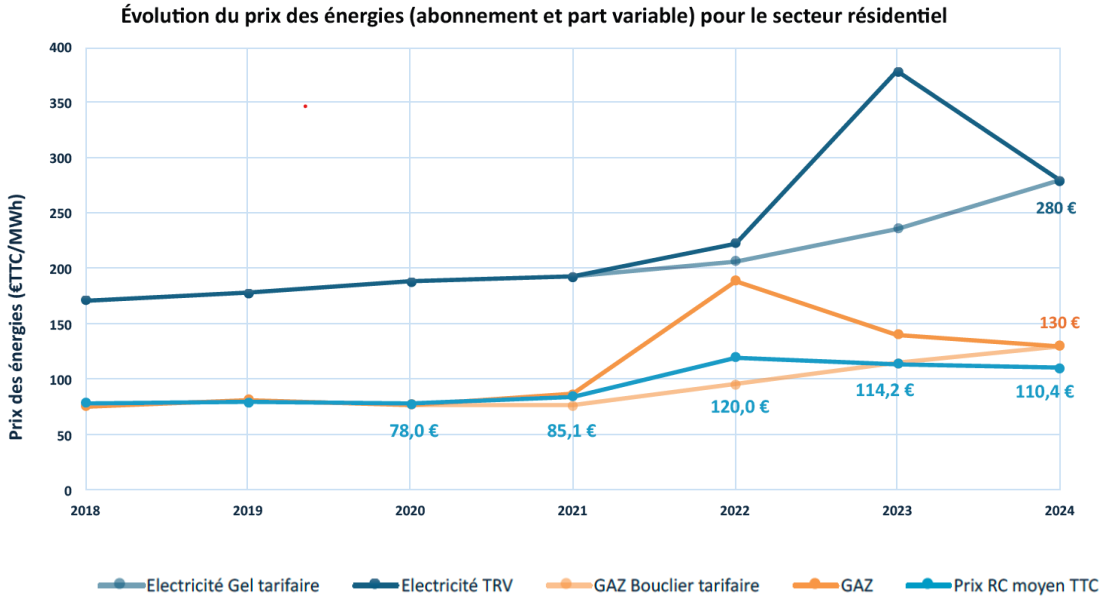
R21 : coût de l'énergie électrique pour assurer le fonctionnement des installations de production et de distribution d'énergie

R22 : coût des prestations de conduite, d'entretien, frais administratifs, et frais de structure nécessaires pour assurer le fonctionnement des installations primaires

R23 : coût des prestations de renouvellement et de modernisation des installations

R24 : charges financières liées au financement des investissements des travaux de premier établissement hors subventions (production, distribution)

R25 : impact des subventions et aides d'états (Fonds chaleur, CEE)



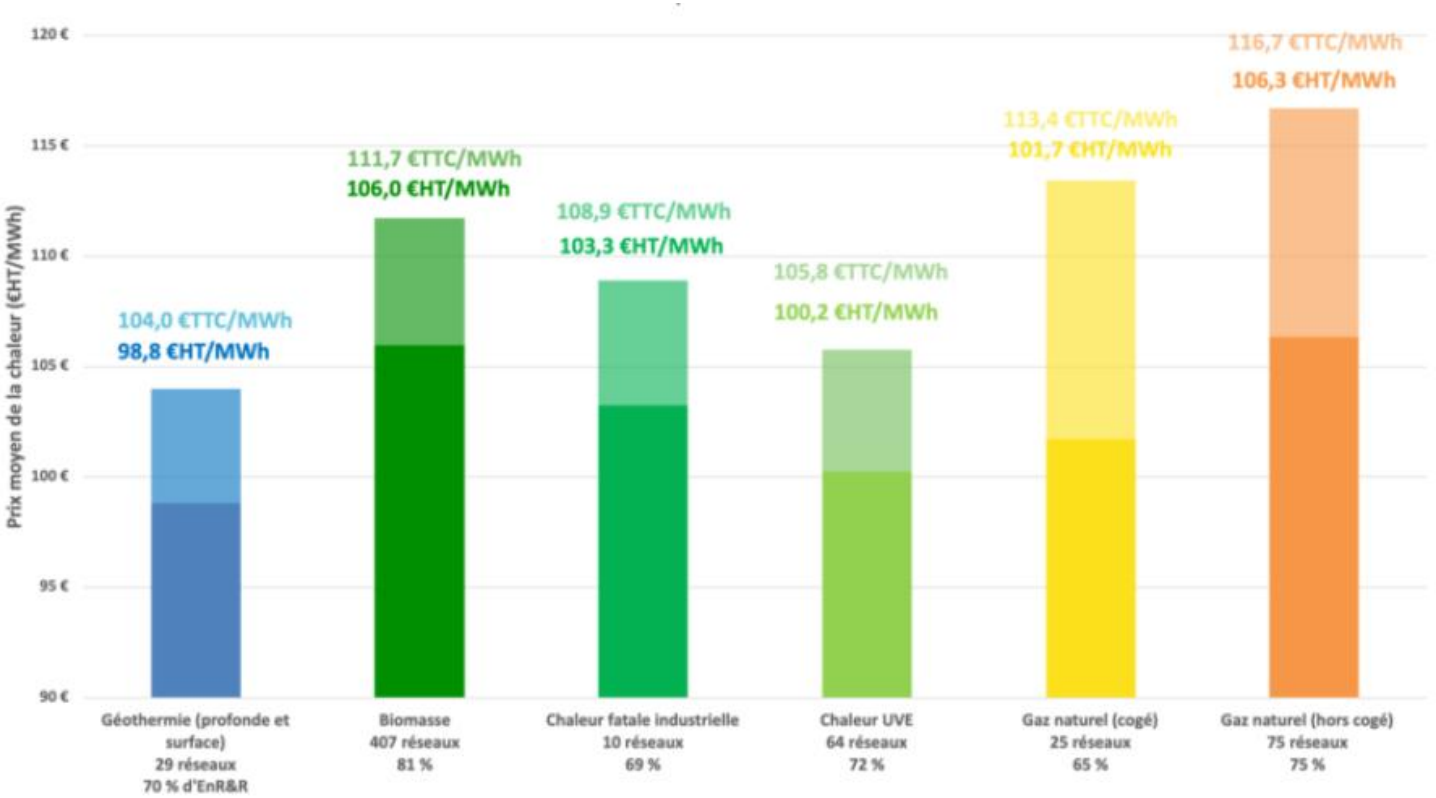

Source: EARCF 2025, AMORCE

# UNE INDEPENDANCE ENERGETIQUE QUI SE REFLETE DANS LES TARIFS

## Les facteurs influant le tarif :

- Les investissements liés aux solutions technologiques et aux taux d'intérêt pour le financement (R24)
- Les durées d'amortissements
- La densité énergétique du réseau (MWh livré / ml)
- La volatilité des prix des énergies primaires
- Aides d'état : subventions, CEE, TVA 5,5%

**Les meilleures énergies décarbonées restent celle du territoire car elles sont compétitives et participent à l'économie locale**




**Prix de vente selon l'énergie majoritaire du réseau**
*Source : EARCF 2025, Analyse AMORCE*

# LES AVANTAGES À SE RACCORDER À UN RÉSEAU DE CHALEUR POUR NOS ABONNÉS ET LEURS USAGERS

## + LA SÉCURITÉ

Pas de gaz, pas de stock de combustible, pas de chaudière dans l'immeuble... Pour les usagers occupants des bâtiments, **aucun risque d'exposition ou d'intoxication au monoxyde de carbone.**

## + LA SIMPLICITÉ

**Pour l'usager, rien ne change.**

Il règle son radiateur et ouvre son robinet d'eau chaude comme avec un système classique.

## + LE POUVOIR D'ACHAT

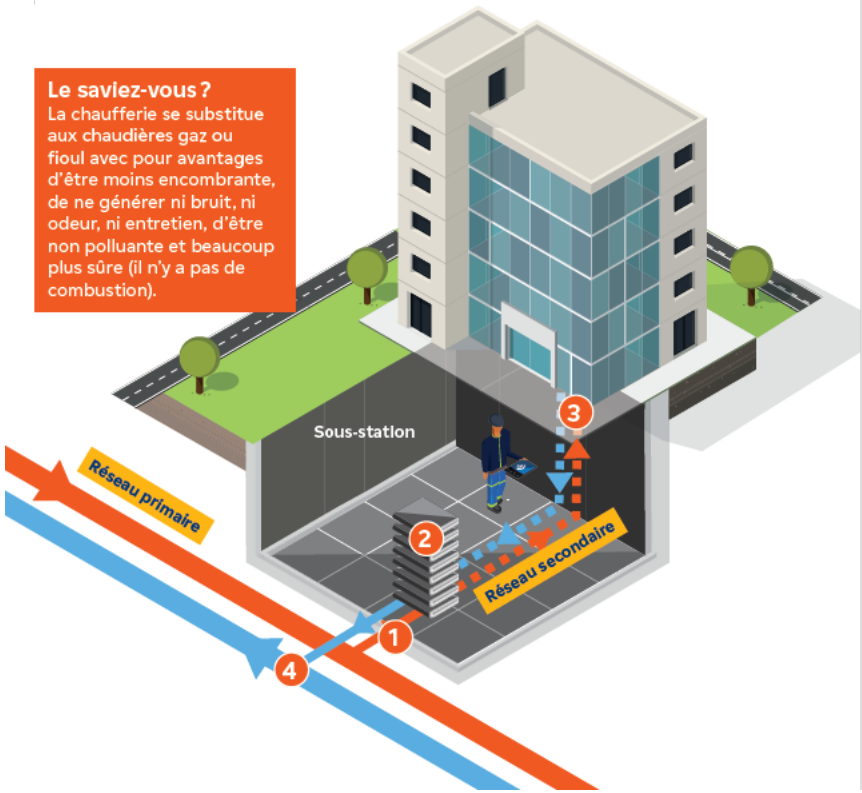
- L'énergie fournie par les réseaux de chaleur et de froid est produite en grande quantité ce qui permet la mutualisation des achats et des moyens de production. Elle peut ainsi être proposée à un **prix stable et bon marché** et le réseau peut bénéficier de **frais d'entretien réduits** (une sous-station est conçue pour durer plus de 30 ans sans baisse de rendement si elle est correctement entretenue).

## + L'EMPLOI LOCAL

Les énergies renouvelables et de récupération sont le plus souvent des **énergies locales.**

La mise en place de réseaux de chaleur et de froid:

- Favorise la **création d'emplois pérennes, locaux et non-délocalisables** au sein des entreprises chargées d'exploiter les réseaux.
- Profite au territoire concerné en offrant des contrats aux **entreprises de BTP locales** et de **nouveaux marchés** pour les équipementiers.



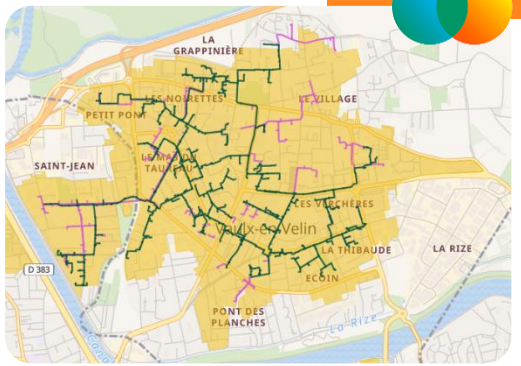
# LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE PASSE PAR DES SOLUTIONS COLLECTIVES

## Des dispositifs règlementaires permettant de prioriser les réseaux de chaleur et de froid :

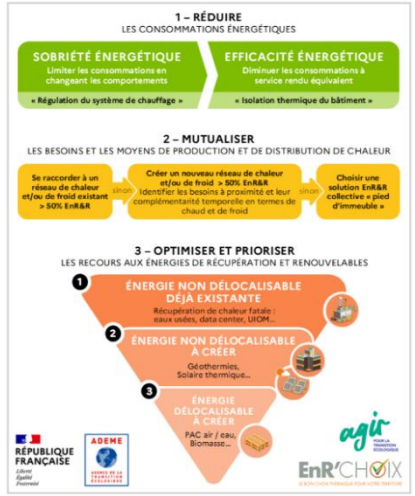
- Classement des réseaux de chaleur et de froid efficaces qui impose aux bâtiments dans ces zones de se raccorder au RCU en cas de changement d'équipements de chauffage

- Coup de pouce chauffage finance des solutions autonomes sur présentation d'une attestation d'impossibilité de raccordement à un réseau de chaleur à proximité

- L'ENR Choix de l'ADEME privilégie le raccordement à un réseau de chaleur avant de subventionner des installations autonomes




*Source : France Chaleur Urbaine*




*Source : ADEME*

# PENDANT LES TEMPS D'ÉCHANGES

## À L'ORAL

Levez la main (numériquement)

Attendez que l'animateur vous donne la parole et active votre micro

## À L'ÉCRIT, EN UTILISANT SLI.DO

**Accessible sans téléchargement préalable depuis votre smartphone**

Écrivez votre question

Nous la relaierons à l'oral

slido

1739073

# CONCLUSION



## Jean-Michel Fourniau

Garant de la concertation préalable

LA commission nationale du débat public CNDP

MA PAROLE A DU POUVOIR

# UNE RENCONTRE À VENIR



**Réunion publique de clôture**

Mercredi 25 novembre à 18h30

A Manosque

Salle Osco Manosco, Chemin du Moulin Neuf, Manosque

CADARACHE

**Projet de chaufferie nucléaire**
**pour le chauffage urbain**

# Merci

## pour votre écoute
## et votre participation

calogena-cadarache-concertation.fr

CALOGENA