

LA GÉOTHERMIE pour réussir la decarbonation de son parc immobilier



Consommer la géoénergie comme une commodité



Les systèmes géothermiques à la maille du bâtiment

La géoénergie : La géothermie de basse enthalpie (faible température)

- Les champs de sondes géothermiques
- La géo-énergie sur aquifère
- Les sondes horizontales
- La thalassothermie
- Le géostockage
- Les smartgrids thermiques de dernière génération grâce aux boucles d'eau tempérée à énergie géothermique (BETEG)

+ Pompes à
chaleur Eau - Eau **=** Chaleur et froid
renouvelable

La géo-énergie un atout pour le futur de l'immobilier décarboné



- **L'atout d'une production multi-énergies** : (calorie et frigorie)
- **L'atout de l'universalité** (97% du territoire)
- **L'atout de l'abondance et de la durabilité** (régénération naturelle de la chaleur prélevée année après année)
- **L'atout de la performance énergétique** (-70% de consommation énergétique)
- **L'atout de la performance carbone** (-95% d'émission carbone)
- **L'atout de la durée de vie des installations** (27 ans pac eau, 100 ans forage)
- **L'atout de la réduction des externalités négatives** (pas d'ilots de chaleur, pas de bruit, pas de terre rare, etc)
- **L'atout de la compétitivité par rapport aux énergies fossiles** (Coût complet identique en phase d'investissement, puis -40%)
- **L'atout de la maîtrise et de la visibilité des charges pour les locataires** (base 30 en Pac géo vs 110 en gaz; pas de taxe carbone à venir)
- **L'atout d'une production locale** (des emplois locaux, des services locaux)
- **L'atout en termes de balance commerciale** (moins d'importation de gaz et de fioul)

La géoénergie, la bonne stratégie pour décarboner les besoins thermiques du parc immobilier français



2025 : 4,8 Twh

2030 : 14 à 18 TWh

2040 : 100 TWh

Nouvelle PPE2030 (Projet)

Soit 1/3 des besoins thermiques des logements collectifs et du tertiaire français

- **Comment accéléré ?** **Comment réussir la massification ?**

Comment accélérer ? Comment réussir la massification ?



- **Simplifier la construction des centrales des centrales de géoénergie**
- **Tiers financer les centrales en lieu et place des clients pour que la géoénergie devienne une commodité**
- **Garantir la performance des centrales dans le temps long**
- **Assurer la compétitivité économique de la géoénergie par rapport aux énergies fossiles**

Simplifier la construction des centrales de géoénergie

- **La gestion des prestataires via une sous-traitance allotie**

- Un bureau d'études spécialisé en géothermie et en hydrogéologie qui va analyser pour vous les potentialités de votre terrain pour y installer une production de géoénergie et va dimensionner votre système par rapport aux besoins en énergie de votre (vos) bâtiment(s).
- Un foreur spécialisé en géothermie pour réaliser les champs de sondes ou les doublets géothermiques pour profiter des aquifères disponibles.
- Une société d'installation de la chaufferie thermodynamique.
- Une maîtrise d'oeuvre ayant la responsabilité de suivre le déroulement du projet.
- Une société de services énergétiques capable d'exploiter, de maintenir votre installation et en garantir les performances attendues.
- Une société spécialisée dans le montage des dossiers de subvention
- Une société d'assurance pour couvrir les risques portés par la maîtrise d'ouvrage et éventuellement les risques d'exploitation
- Un tiers financeur si nécessaire

- **La solution clé en main ou l'EPC – « Engineering Procurement and Construction »**

un contrat EPC confie la responsabilité de la réussite d'un projet à **une seule entité**,

- simplifiant ainsi le processus et **réduisant les coûts globaux** malgré le coût additionnel couvrant les coûts propres à l'EPCiste.
- Bien que cela puisse varier d'un contrat à l'autre, il permet de forfaitiser le coût du projet en faisant porter au contractant les **risques d'aléas** et de la **gestion des interfaces du chantier**.

- **Les contrats de vente de chaleur et de froid**

L'opérateur énergétique prend en charge l'ensemble des aspects liés à l'énergie pour que son client puisse se concentrer sur son activité principale. Il gèrera ainsi :

- la conception et la construction de la centrale de géoénergie ainsi que la gestion de toutes les autorisations administratives,
- L'exploitation et la maintenance de la centrale sur la durée du contrat,
- Le financement du projet et de son exploitation, en incluant la récupération de toutes les aides disponibles et en mobilisant des investissements privés pour couvrir le reste à charge, sa refacturation au client sous forme de vente de chaleur et/ou de froid à travers un contrat long terme (entre 10 et 30 ans).

Garantir la performance des centrales dans le temps long

- **Les Contrats de Performance ENR/R**

L'opérateur énergétique **garantit les performances** de la centrale de géoénergie pour **dérisquer les clients**.

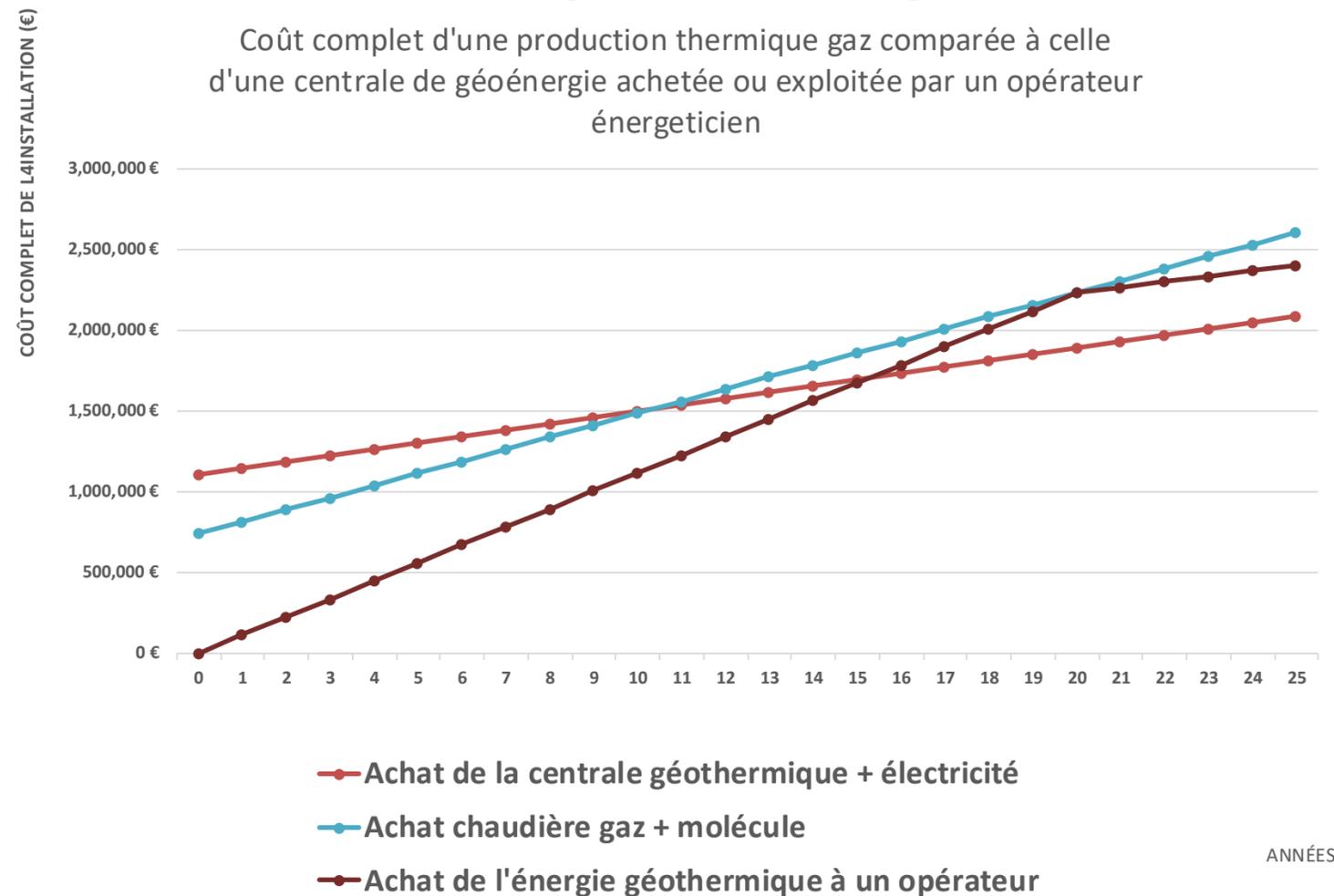
Ils garantissent notamment :

- **Les rendements thermodynamiques** de la centrale pour que les habitants soient sûrs de **leur budget de chauffage ne dérive pas dans le temps**,
- **Le niveau de décarbonation vendu soit au rendez-vous** dans le temps pour
 - garantir au propriétaire le caractère **bas carbone de leurs bâtiment (valeur verte – ~+-30%)**
 - pour inclure un parc immobilier dans les stratégies de **neutralité carbone des foncières immobilières (CREEM – CSRD)**

Pourquoi craindre un dérapage de la performance dans le temps ?

- **La nécessaire exploitation et maintenance des systèmes**
- **L'usure des systèmes – le renouvellement du matériel**
- **L'adaptation des systèmes aux conditions changeantes d'exploitation**
 - Le changement climatique qui peut notamment augmenter les besoins de froid,
 - Avec le vieillessement des matériaux d'isolation, ils peuvent perdre une part notable de leur performance et augmentent corrélativement les besoins thermiques du bâtiment,
 - Le changement d'usage d'un bâtiment peut changer drastiquement la nature de la demande en énergie thermique, par exemple lorsque l'on souhaite transformer un bâtiment de bureau en logement collectif,
 - La consommation réelle des bâtiments neufs est souvent fortement en décalage avec les spécifications de conception des bureaux d'études et des promoteurs.

Consommer la géoénergie comme une commodité



- Investissement des co-propriétaires = 0€
- L'opérateur facture un coût à l'énergie consommée (€/MWh) compétitif par rapport aux énergies fossiles
- Il garantit la performance dans le temps,
- Au bout de 20 ans les copropriétaires récupèrent la propriété de la centrale et ne payent plus que l'électricité et l'exploitation maintenance
- A cette date le budget énergie des locataires baisse jusqu'à 40%

Exemple de mise en place d'une centrale de géoénergie pour un bâtiment logement collectif de 126 appartements - 8200 m²

Année 0 : phase d'investissement pour les stratégies d'achat de la chaufferie

Année 1 à 20 R1+R24 - Année 21 à 25 : R1 uniquement pour l'achat de l'énergie thermique à un opérateur énergétique

Consommation annuelle de 1 Gwh thermique soit 122 kwh ef /m²/an

Coût des énergies : 68,11€ TTC pour le gaz (avec abonnement réf. CRE 06/25) et 183,18 € TTC pour l'électricité (avec abonnement réf. CRE 01/2025), TVA à 20% sur le gaz et l'électricité et 5,5% sur la géoénergie.

Coût de l'opérateur énergétique sur 20 ans à 7%

Pour simplifier la lecture de la démonstration aucune inflation des énergies n'est incluse.

Coût de la chaufferie gaz : 702 K€ TTC

Coût de la centrale de géoénergie post subvention (fonds chaleur + CEE) : 1,282 K€ TTC

Hors des coûts d'exploitation maintenance.

Le LCOE caractérise le coût complet des productions de géoénergie

Définition du LCOE – Levelized Cost Of Energy

Amortissement du coût actualisés de la centrale de géoénergie sur la durée de vie du matériel / MWh produits sur cette durée

+

Les coûts des énergies primaires utilisées pour faire fonctionner la centrale (€/MWh produit)

+

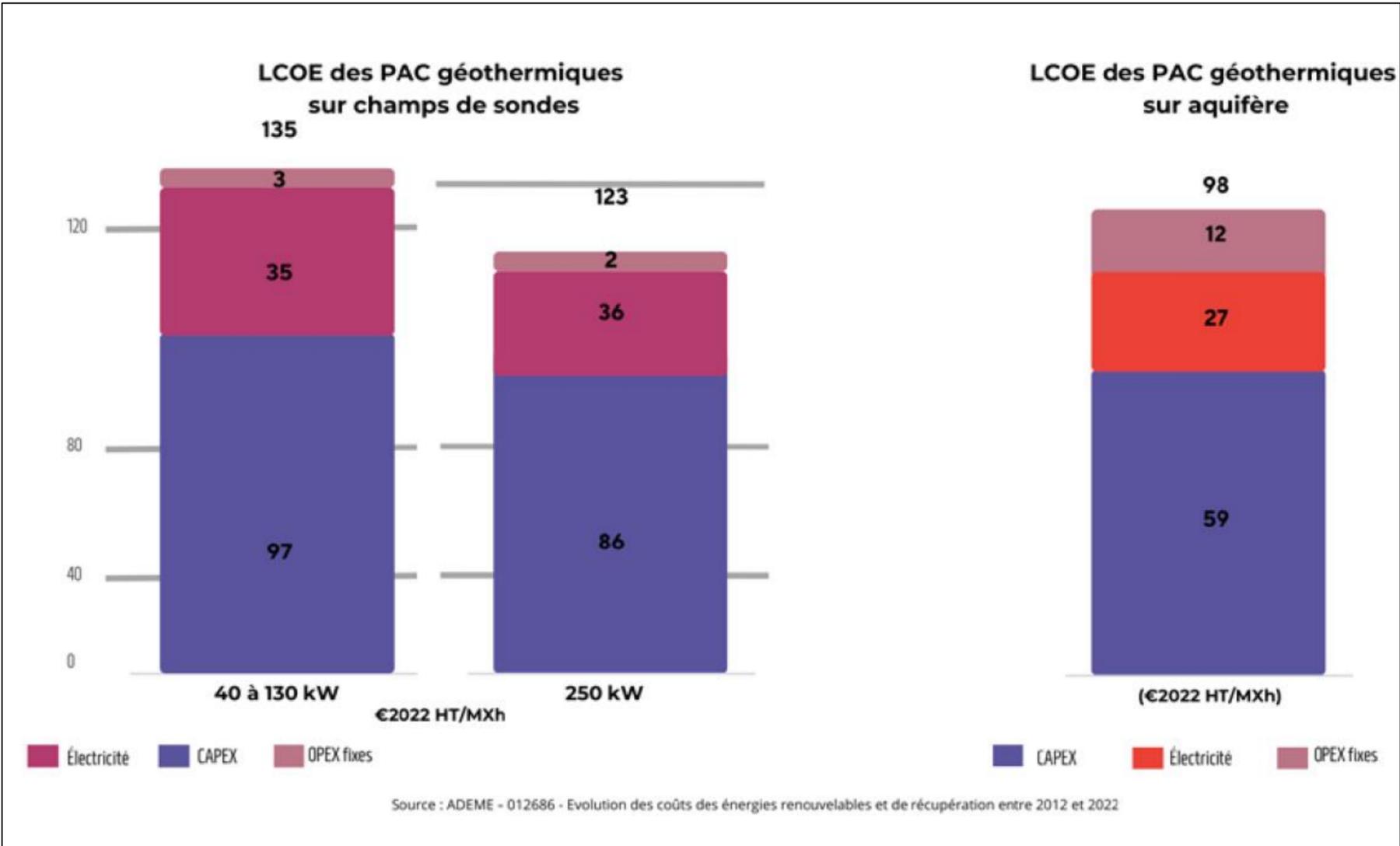
Le coût de l'exploitation et la maintenance rapporté au MWh produit

€/MWh

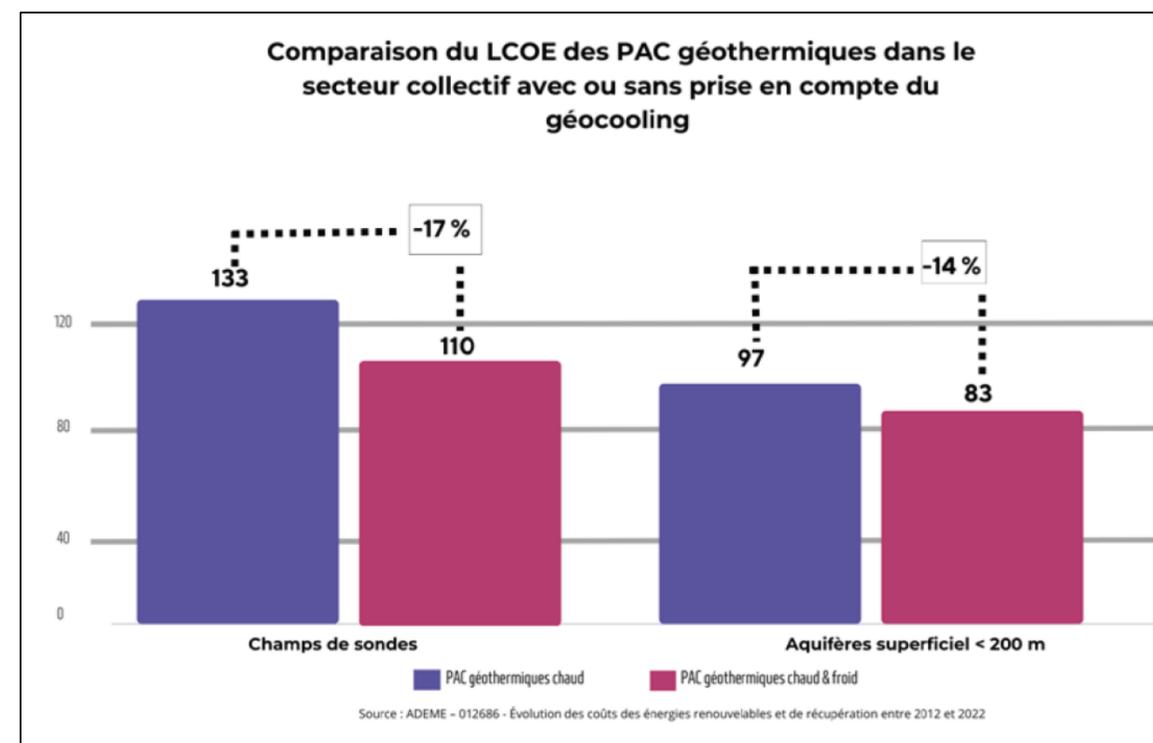
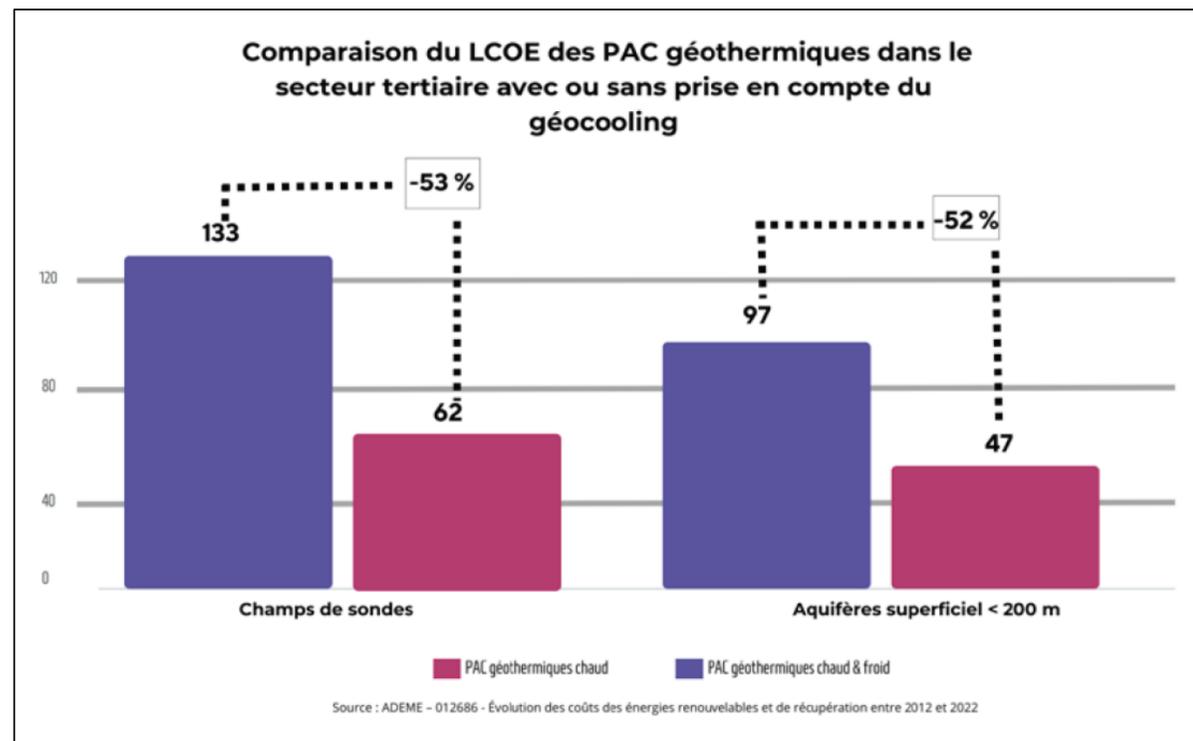
Le LCOE permet de comparer le coût des énergies entre elles

Un Excel simple est disponible sur le site de FGE pour calculer le coût complet de votre centrale de géoénergie

Etude ADEME sur le coût de la géoénergie Chauffage et ECS



Etude ADEME sur le coût de la géoénergie Chauffage et ECS et production de froid - compétitivité



Coût complet (LCOE) des ENR-R thermiques utilisées pour le secteur tertiaire et collectif

Géothermie 250 KW

- Entre 97 et 122 €/MWh pour une production de chaud uniquement
- Entre 47 et 110 €/MWh pour une production de froid et de chaud

Chaufferie bois < 500 KW

- Entre 159 et 192 €/MWh

Solaire thermique

- 159€ à 188 € HT/MWh

Coût complet (LCOE) des autres énergies thermiques utilisées pour le secteur tertiaire et collectif :

Chaudière gaz < 500 KW

94 € HT /MWh

Chaudière gaz 500 à 1000 KW

86 € HT/MWh

[Sans titre]
Production thermique à partir de PAC AIR-EAU

135 € HT/MWh

Production thermique à partir de PAC AIR-AIR

134 € HT/MWh

Retour d'expérience



Retour d'expérience



Logement collectif

CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

1 bâtiment

12 000 M²

Rénovation

Logement social

PRODUCTION

Chauffage

ECS

Climatisation

RÉSULTATS

Energie de référence : gaz

-53%

d'économies d'énergie

-67%

de décarbonation

79,4 €/MWH HT

Coût complet du MWh thermique produit*

Selon la méthode LCOE (Levelized Cost of Energie) incluant le cout de l'énergie primaire, les services d'exploitation maintenance (P2) et le financement de la centrale de géoénergie hors frais d'intégration annexes dans le bâtiment auquel on soustrait les diverses subventions, Prix électricité à 136 €/HT

SOLUTIONS & TECHNOLOGIES

- **Solutions :** géoénergie sur sondes
- **Technologie sous- sol :** 16 sondes
- **Technologie surface :** PAC géothermique 170 kW

MONTAGE CONTRACTUEL ET FINANCIER

- **Type de Montage contractuel :** clé en main
- **Contrat de performance énergétique et carbone :** garantie totale
- **Concepteur et réalisateur du clé en main ou des lots :** Celsius Energy
- **Tiers financier :** N/A

Retour d'expérience



COMPLEXE

CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

+ 300 CHAMBRES

+ 20 000 M²
Réhabilitation

PRODUCTION

Chauffage
ECS
Rafraîchissement

RÉSULTATS

Energie de référence : gaz

100%

Taux couverture géothermie

-90%

de décarbonation

3,1M€ d'investissement

Dont 320k€ pour la géothermie

Et 380k€ subventionnés par l'ADEME, le FEDER et
la Région

SOLUTIONS & TECHNOLOGIES

- **Solutions :** Géothermie sur nappe
- **Technologie sous-sol :** 2 puits de 70 m de profondeur
- **Technologie surface :** 2 PAC géothermique de 250 kW
- **Technologie de recharge :** rafraîchissement passif par geocooling

MONTAGE CONTRACTUEL ET FINANCIER

- **Type de montage contractuel :** offre globale clé en mains
- **Contrat :** CPE
- **Concepteur et réalisateur du clé en main / lots :** ENGIE Solutions, EGIS
- **Tiers investisseur / opérateur énergétique :** ENGIE Solutions
- **Part du tiers financement :** 50%
- **Exploitation maintenance :** ENGIE Solutions

Retour d'expérience



CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

11 bâtiments de logements,
bureaux, commerce, résidence
étudiante et enseignement

74000 M²
Neuf

PRODUCTION

Chauffage
ECS
Rafraîchissement

RÉSULTATS

Energie de référence : gaz

-75%
d'économies d'énergie

-91%
de décarbonation

72,3 €/MWH HT
Coût complet du MWh thermique produit*

Selon la méthode LCOE (Levelized Cost of Energie) incluant le cout de l'énergie primaire, les services d'exploitation maintenance (P2) et le financement de la centrale de géoénergie hors frais d'intégration annexes dans le bâtiment auquel on soustrait les diverses subventions, Prix électricité à 136 €HT

SOLUTIONS & TECHNOLOGIES

- **Solutions :** Boucle d'eau tempérée à énergie géothermique (BETEG)
- **Technologie sous-sol :** géothermie sur nappe (40m de profondeur)
- **Smartgrid combinant :** PAC géothermiques, stockage thermique et PV
- **Technologie d'appoint :** PAC AIR/EAU

MONTAGE CONTRACTUEL ET FINANCIER

- **Type de Montage contractuel :** opérateur énergétique
- **Contrat :** fourniture de chaleur et de froid (HPA) avec garantie de performance
- **Conception, financement et réalisation :** E.ON
- **Exploitation maintenance :** E.ON
- **Projet soutenu par :** Fonds Chaleur ADEME

Retour d'expérience



CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

1 bâtiment

5 000 M²

Rénovation - depuis 2021

Hôtel (Piscine extérieure et courts de tennis)

PRODUCTION

Chauffage et climatisation

ECS douches et spas

Chauffage des piscines

RÉSULTATS

Energie de référence : gaz

-77%

d'économies d'énergie

-93%

de décarbonation

90,4 €/MWH HT

Coût complet du MWh thermique produit*

Selon la méthode LCOE (Levelized Cost of Energie) incluant le coût de l'énergie primaire, les services d'exploitation maintenance (P2) et le financement de la centrale de géoénergie hors frais d'intégration annexes dans le bâtiment auquel on soustrait les diverses subventions, Prix électricité à 136 €/HT

SOLUTIONS & TECHNOLOGIES

- **Solutions :** Géostockage sur sondes
- **Technologie sous- sol :** 52 sondes de 100 m de profondeur
- **Technologie surface :** 3 PAC géothermique 540 kW
- **Technologie de recharge :** panneaux solaires thermiques de 265 m²

MONTAGE CONTRACTUEL ET FINANCIER

- **Type de Montage contractuel :** fourniture d'énergie variable (EaaS)
- **Contrat de performance énergétique et carbone :** garantie totale
- **Concepteur et réalisateur du clé en main ou des lots :** Accenta
- **Tiers investisseur / opérateur énergétique :** Accenta
- **Part du tiers financement :** 100%
- **Exploitation maintenance :** MCI

Retour d'expérience



RÉSULTATS

Energie de référence : gaz

68%

Taux couverture géothermie

21 M€ d'investissement
Dont 9,8 M€ pour la géothermie
Sans subventions ADEME

CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

4 bâtiment

95 000 M²

Neuf

Campus

PRODUCTION

Chauffage

ECS

Climatisation

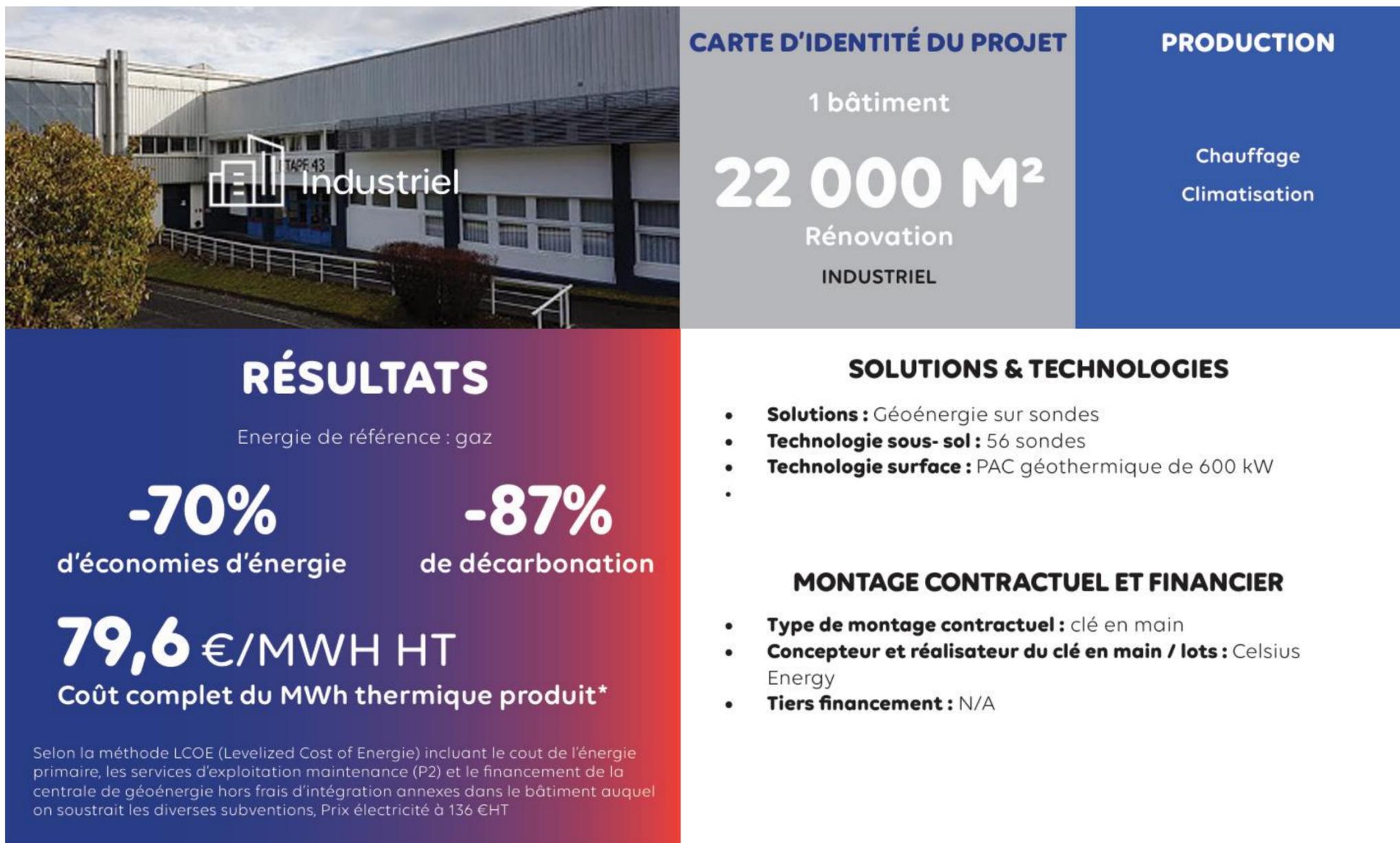
SOLUTIONS & TECHNOLOGIES

- **Solutions :** Géothermie, PV sur toiture, appoints froid (groupes froid) et chaud (gaz vert et cogénération gaz vert)
- **Technologie sous-sol :** 10 puits réversible de 100 m de profondeur
- **Technologie surface :** 2 Thermo-frigo-pompes (1,9 MW chaud et 3,1 MW froid), 4 groupes froid (5,6 MW), 5 chaudières biogaz (4,5 MW) et 1 cogénération (80 kW)
- **Technologie innovante :** ATES (« Aquifer Thermal Energy Storage »)
- **Technologie d'auto-consommation :** PV 700 kWc avec stockage sur batteries

MONTAGE CONTRACTUEL ET FINANCIER

- **Type de montage contractuel :** offre globale clé en main financée
- **Contrat :** Concession réseau privé avec aménageur
- **Concepteur et réalisateur du clé en main / lots :** ENGIE Solutions
- **Tiers investisseur / opérateur énergétique :** Nexity, ENGIE Solutions
- **Part du tiers financement :** 100%
- **Exploitation maintenance :** ENGIE Solutions

Retour d'expérience



Retour d'expérience



RÉSULTATS

Energie de référence : gaz

72%

Taux couverture géothermie

6,2M€

 d'investissement

Dont 900k€ pour la géothermie

Et 960k€ éligibles subventions ADEME

CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

5 immeubles

40 000 M²

Neuf

TERTIAIRE

PRODUCTION

Chauffage

ECS

Climatisation

SOLUTIONS & TECHNOLOGIES

- **Solutions :** Géothermie sur nappe, réseau de chaleur et de froid (TVA 5,5%)
- **Technologie sous-sol :** 2 puits à 130 m de profondeur
- **Technologie surface :** 1 PAC géothermique réversible 840 kW; 1 PAC haute température 388 kW; Appoints secours : chaudières gaz et groupes froids
- **Technologie hybride :** PAC haute température pour ECS

MONTAGE CONTRACTUEL ET FINANCIER

- **Type de montage contractuel :** offre globale clé en main financé
- **Contrat :** Concession réseau privé avec aménageur
- **Concepteur et réalisateur du clé en main / lots :** ENGIE Solutions
- **Tiers investisseur / opérateur énergétique :** ENGIE Solutions
- **Part du tiers financement :** 100%
- **Exploitation maintenance :** ENGIE Solutions

Retour d'expérience



CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

+600 logements

100 000 M²

Neuf

HABITATS et TERTIAIRE

PRODUCTION

Chauffage

ECS

Climatisation

RÉSULTATS

Energie de référence : gaz

95%

Taux couverture géothermie

8,3M€

 d'investissement

Dont 730k€ pour la géothermie

Et 530k€ éligibles subventions ADEME

SOLUTIONS & TECHNOLOGIES

- **Solutions :** Géothermie sur nappe, réseau de chaleur et de froid (TVA 5,5%)
- **Technologie sous-sol :** 4 puits de 35 m de profondeur
- **Technologie surface :** 4 Thermo-frigo-pompes (6MW chaud et 5MW froid), chaudières numériques (ECS) et appoint Gaz (2MW) et groupe froid (2MW)
- **Technologie innovante :** stockage de glace (billes glacées à -6°C; 1,5MW)

MONTAGE CONTRACTUEL ET FINANCIER

- **Type de montage contractuel :** offre globale clé en mains financée
- **Contrat :** Concession réseau privé avec aménageur
- **Concepteur et réalisateur du clé en main / lots :** ENGIE Solutions
- **Tiers investisseur / opérateur énergétique :** Altarea, ENGIE Solutions
- **Part du tiers financement :** 100%
- **Exploitation maintenance :** ENGIE Solutions

Retour d'expérience



CARTE D'IDENTITÉ DU PROJET

1 bâtiment

3 600 M²

Réhabilitation et Neuf

ECOLE

PRODUCTION

Chauffage

ECS

Climatisation

RÉSULTATS

Energie de référence : gaz

80%

Taux couverture géothermie

-87%

de décarbonation

550k€ d'investissement

Dont 265k€ pour la géothermie

Et 70k€ éligibles subventions ADEME

SOLUTIONS & TECHNOLOGIES

- **Solutions :** Géothermie sur sondes, PV en toiture, appoint secours gaz
- **Technologie sous-sol :** 5 sondes de 150 m de profondeur
- **Technologie surface :** PAC géothermique réversible 50 kW
- **Technologie d'auto-consommation :** PV 197kWc avec revente de surplus

MONTAGE CONTRACTUEL ET FINANCIER

- **Type de montage contractuel :** offre globale clé en mains
- **Contrat :** MPGP
- **Concepteur et réalisateur du clé en main / lots :** GCC, ENGIE Solutions
- **Tiers investisseur / opérateur énergétique :** ENGIE Solutions
- **Part du tiers financement :** 100%
- **Exploitation maintenance :** ENGIE Solutions