



Assises
Européennes
de la Transition
Énergétique

Dijon 23 > 25 juin 2026

Atelier SOLUTION

France-Danemark / Réseaux de chaleur Les enseignements du modèle danois sur l'intégration des ENR, l'électrification et la valorisation énergétique de la paille

Proposé par : **Agence danoise de l'énergie et ADEME**



Danish Energy Agency



Animé par :

- Noémi Schneider, chargée de mission, Agence danoise de l'énergie
- Nathan Calteau, ingénieur biomasse, ADEME
- Franck Raimbault, adjoint aux finances, à la transition écologique, aux mobilités et à l'énergie, mairie de Saint Dizier
- Julien Bueb, directeur transition écologique, communauté d'agglomération du Grand Saint-Dizier

Introduction par Frederik Thure, attaché énergie, Ambassade du Danemark





Coopération franco-danoise sur l'énergie

- **Energy Governance Partnership depuis 2021**
 - Coopération entre l'agence danoise de l'énergie, la CRE et la DGEC sur l'éolien offshore depuis fin 2021
 - Réseaux de chaleur – Lol signée en avril 2025 : partenariat mis en place entre l'agence danoise de l'énergie, la DGEC et l'ADEME
- **Voyage d'étude à Paris – janvier 2026**
 - Modèles économiques, gouvernance et financement des réseaux de chaleur
 - Planification de la chaleur et du froid
 - Géothermie
 - Réseaux de froid
- **Voyage d'étude au Danemark – février 2026**
 - Biomasse
 - Couplages énergétiques



Assises
Européennes
de la Transition
Énergétique

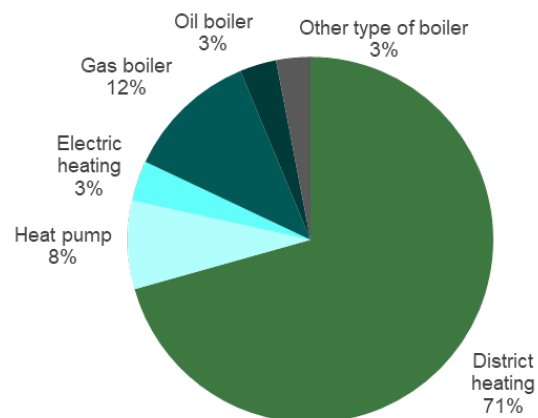
Dijon 23> 25 juin 2026

Réseaux de chaleur en France et au Danemark : ~30 TWh livrés

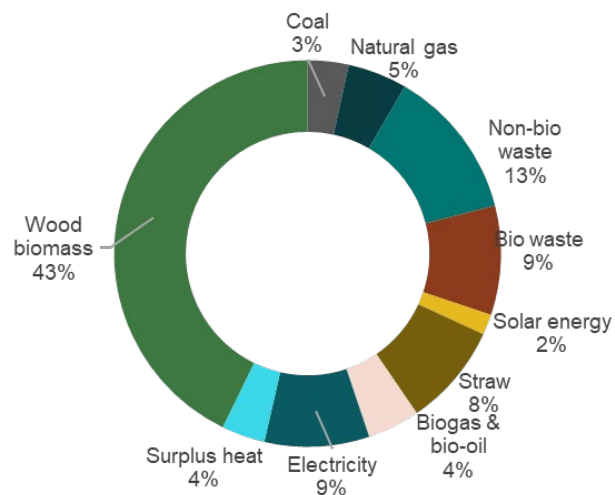
Danemark : les RdC couvrent ~50% de la demande totale en chaleur

- Environ 400 RdC et 70% des logements connectés à un RdC
- ~80% de sources renouvelables ou de récupération

Heating methods in Danish homes



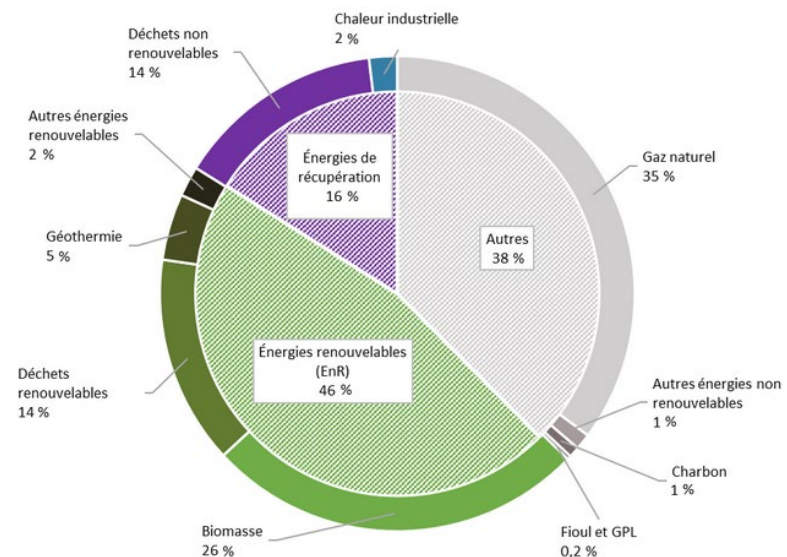
Distribution of energy sources



France : Les RdC couvrent ~6% de la demande

- ~1000 RdC alimentés par >60% de sources renouvelables ou de récupération
- Besoin de quasi doubler le nombre de RdC pour répondre aux objectifs de la PPE3

Répartition par source d'énergie de la consommation d'énergie des réseaux de chaleur en 2024
En %





Danish Energy Agency

Au Danemark, des réseaux de chaleur interconnectés

29/06/2026



Sommaire

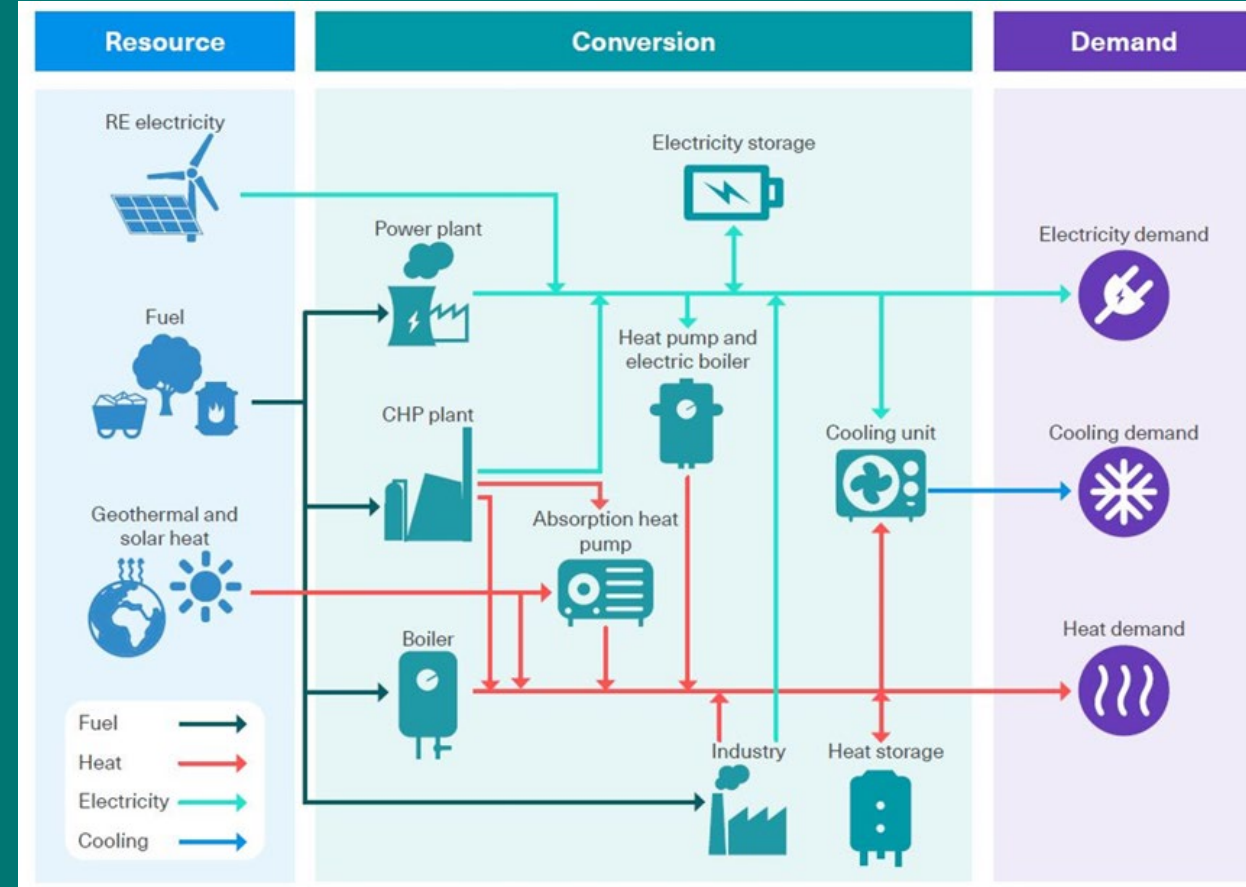
- 1 Couplages énergétiques
- 2 Exemple de couplage inter-énergies
- 3 Rôle du stockage thermique
- 4 Électrification des réseaux de chaleur



Couplages énergétiques

- **Couplages intervectoriels**
interconnexion des réseaux d'énergie locaux (chaleur-froid, électricité, gaz)
- **Couplages intersectoriels**
interconnexion des secteurs économiques (moyens de transports, bâtiments industriels, tertiaires et secondaires) aux réseaux d'énergie
- **Couplages inter-stockages énergétiques**
interconnexion des stockages locaux (chaleur-froid, électricité, combustibles, déchets, véhicules électriques) aux réseaux d'énergie
- **Couplages inter-énergies**
interconnexion des systèmes de production et de conversion des énergies renouvelables locales aux réseaux d'énergie
- **Gestion intelligente**
optimisation, flexibilités (usages, stockages, productions), stabilité des réseaux

**→ système énergétique
renouvelable intelligent**

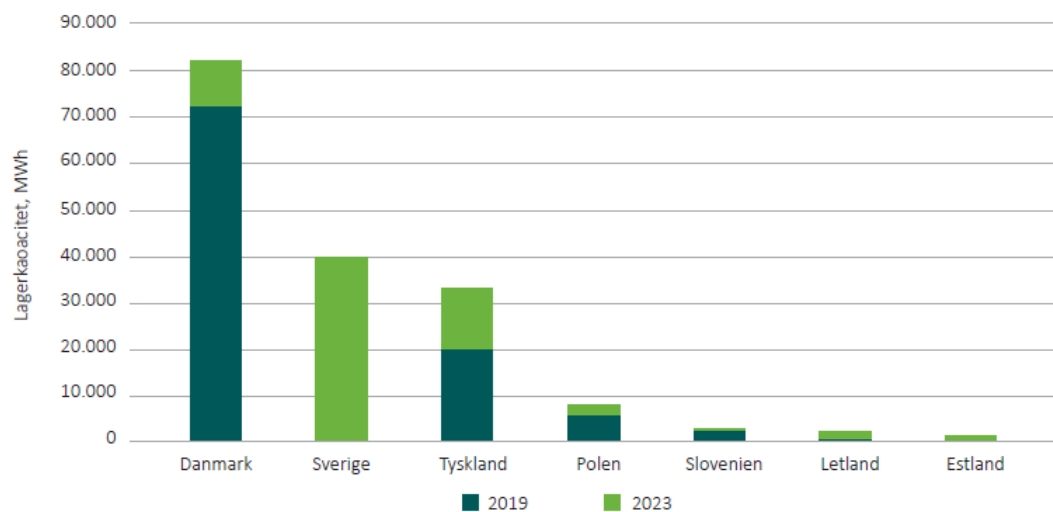


Un exemple de couplage inter-énergies



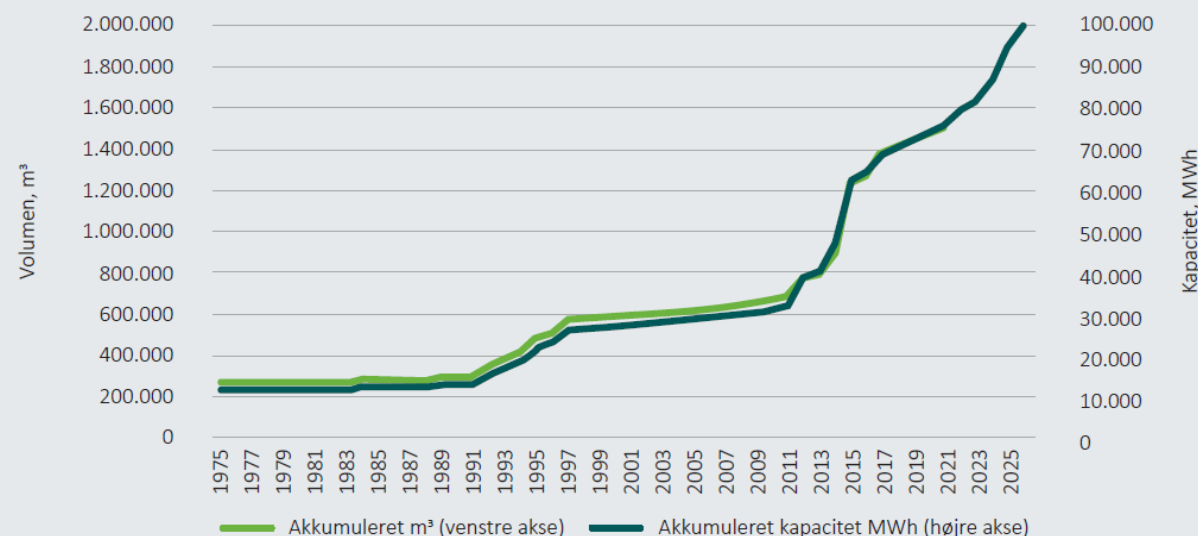
Le rôle central du stockage thermique

- Le Danemark, leader européen du stockage thermique



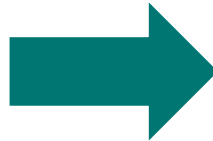
Kilde: Euroheat & Power, 2025. Data for Danmark er fra Dansk Fjernvarmes medlemsundersøgelse, 2025
Note: Euroheat & Power understreger, at data for nogen lande højst sandsynligt er underestimeret, mens data er været svære at indsamle i andre.

- Un développement dès les années 80-90



Kilde: Dansk Fjernvarme (2025)
Note: For varmelagre, hvor der mangler oplysninger om idriftsættelsesår, er disse medregnet fra det første registrerede varmelager i 1975.

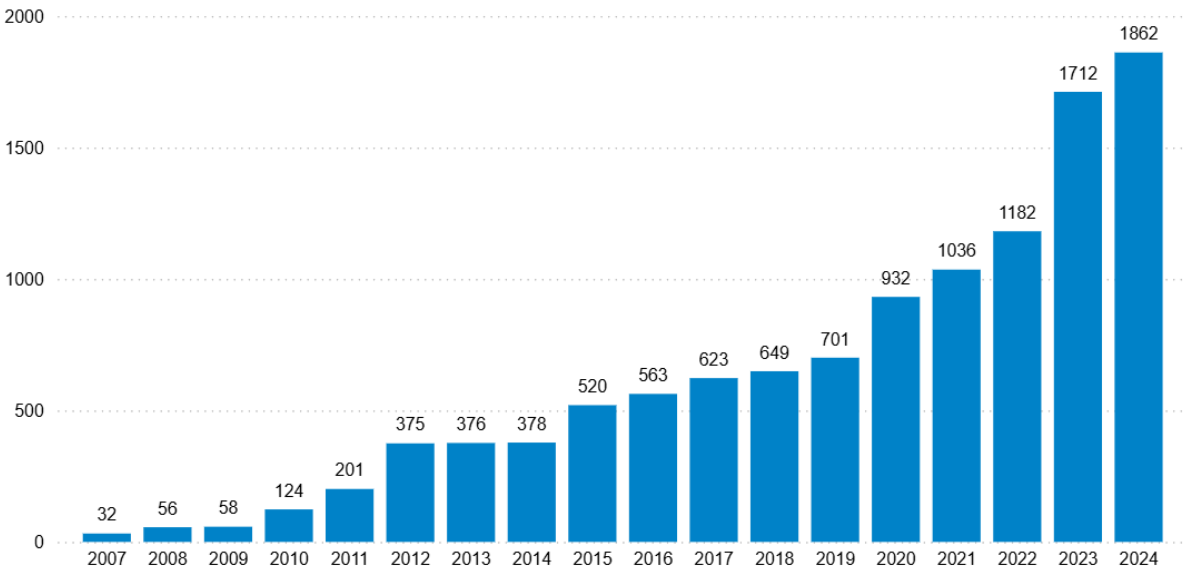
Une évolution du rôle du stockage thermique au Danemark

- Fonctions historiques :
 - Fonctionnement stable des chaudières
 - Équilibrage de la production et de la consommation sur 24 h
 - Charge estivale (rendement accru, possibilité de maintenance)
 - Fonctionnement en cogénération
 - Équilibrage du chauffage solaire : jour/nuit, semaine, voire saison
- 
- Nouveaux enjeux : Électrification du chauffage urbain
 - Stockage essentiel au système énergétique intelligent de demain
 - Fluctuations du soleil et du vent : risque de délestage
 - L'importation d'électricité est souvent coûteuse
 - Le stockage thermique est la solution de stockage énergétique la plus économique

Vers une électrification des réseaux de chaleur au Danemark

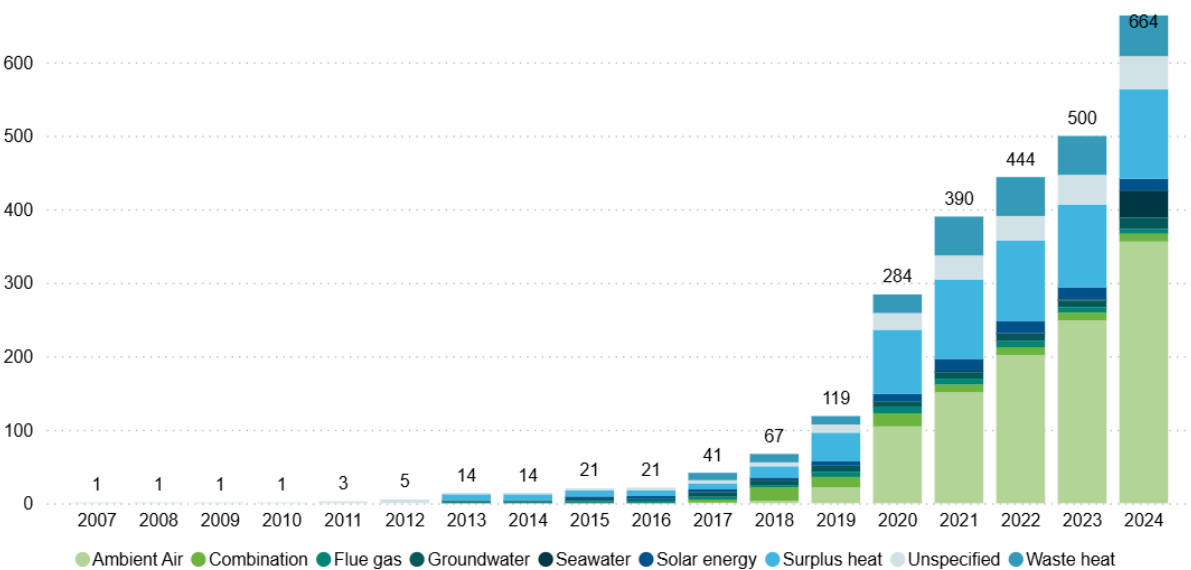
- Chaudières électriques

Heat production capacity of electric boilers (MW)



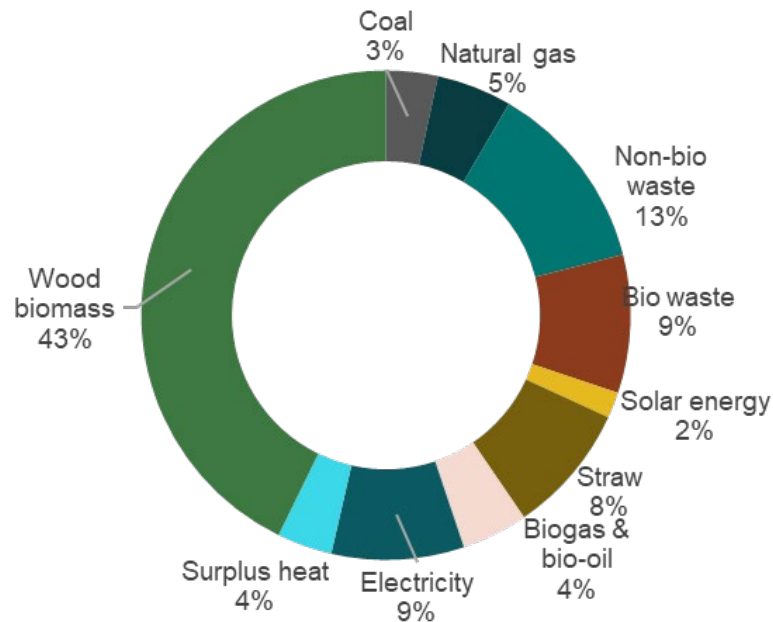
- Pompes à chaleur

Heat production capacity of large heat pumps (MW)



Danemark : Leader mondial de la combustion de pailles

Répartition des sources d'énergies en réseaux de chaleur



Le Danemark, pionnier mondial de la valorisation énergétique de la paille :

Expertise danoise :

- Plusieurs chaudiéristes Danois spécialisés dans les chaudières à paille (Jusqu'à 30 MW).
- Ils sont également spécialisés dans des centrales cogénération de **30 à 150 MWt**, pour vapeur à haute pression/température.

Portefeuille d'installations :

- **12 centrales de cogénération (CHP)** à paille
- **~ 43+ chaufferies paille** pour le chauffage urbain
- **~ 5.000** petites installations agricoles

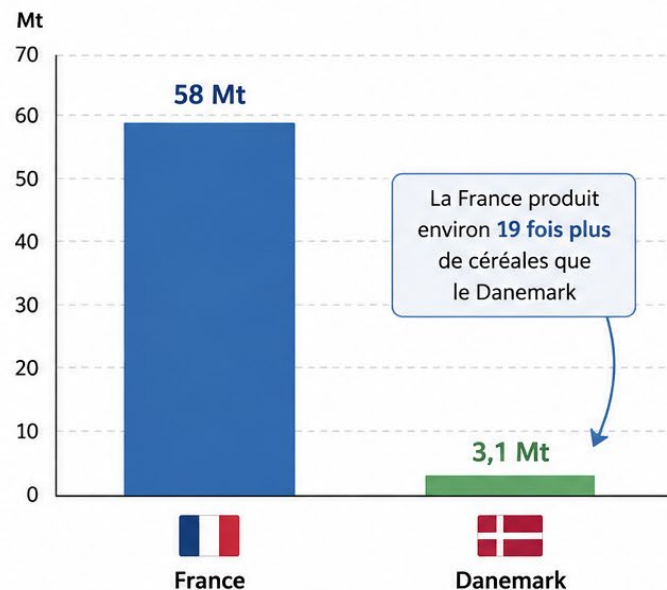
Poids de la paille :

- 8 % de l'énergie renouvelable des réseaux de chaleur provient de la paille, (majoritairement pailles de céréales)
- **~600 000 tonnes/an** de pailles pour l'énergie

France vs Danemark : céréales produites et paille consommée pour l'énergie

1. PRODUCTION DE CÉRÉALES (grain)

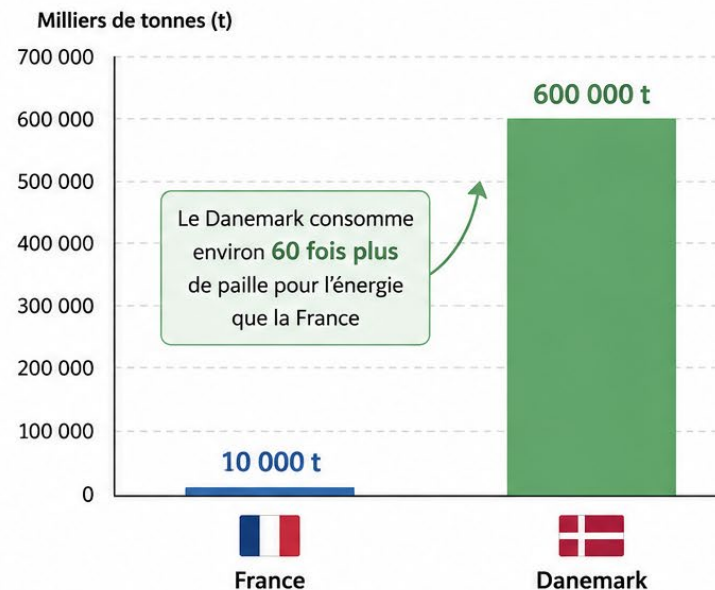
En millions de tonnes (Mt)



Source : Eurostat – Production de céréales (2024)
Y compris blé tendre et dur, orge, maïs, avoine, seigle, triticale, orge, sorgho et autres céréales.

2. CONSOMMATION DE PAILLE POUR L'ÉNERGIE

En milliers de tonnes (t)



Source : Estimations 2024
France : estimations ADEME – env. 10 000 t de paille utilisées pour la production d'énergie (chaleur et électricité).
Danemark : Danish Energy Agency – env. 600 000 t de paille utilisées pour la production d'énergie.

Danemark :

- 12 centrales de cogénération (CHP) à paille (jusqu'à 110MW)
- 43+ chaufferies paille pour le chauffage urbain

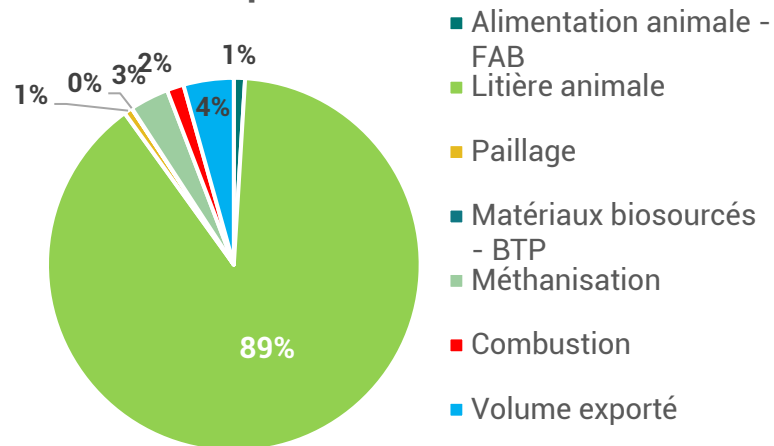
France :

- 2 chaufferies paille de céréales
 - Tours et Poitiers
- **Réglementation plus favorable :** exigences d'émissions moins strictes, réduisant les coûts des installations.
- **Moins de concurrence d'usage :** besoins en litière animale plus faibles qu'en France.
- **Contexte spécifique :** forte politique de décarbonation et faible disponibilité de biomasse forestière.

→ **Potentiel français sous exploité**

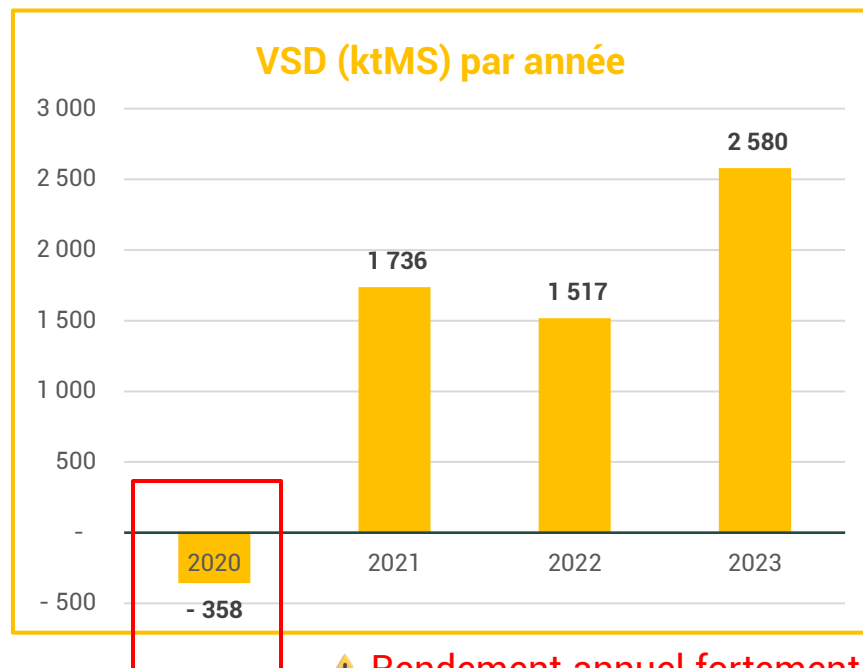
Pailles de céréales – Potentiel français

Valorisation actuelle et export de paille de céréales



Elevage : Usage principal
Majoritairement litière pour élevage bovin

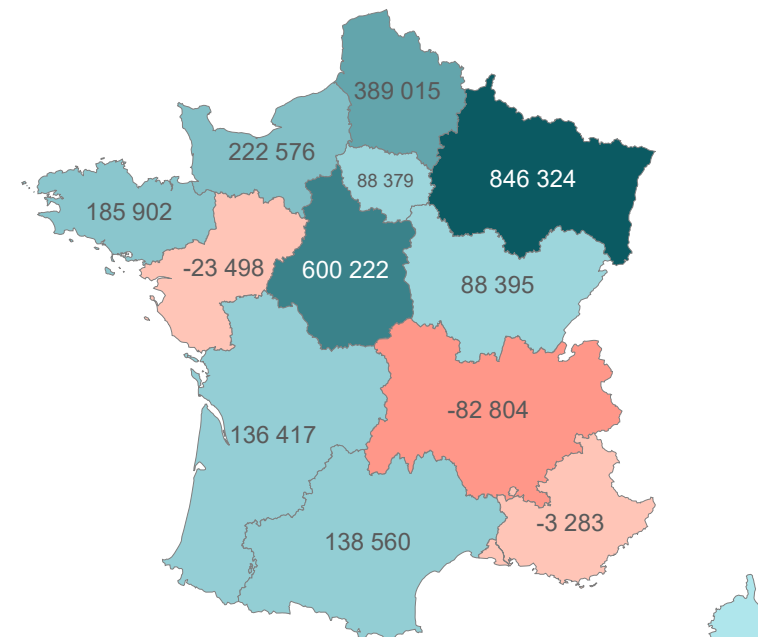
Pailles de céréales - tMS	ONRB (2023)
Volume Total Produit	45 593 309
Volume Théorique Disponible	12 388 389
VSD - Volume Supplémentaire Disponible	2 579 621 tonnes



⚠ Rendement annuel fortement variable

Paille de blé 74%
Paille d'orge 21%
Autres céréales 5%

VSD par région 2023



Pailles de céréales – Potentiel

Le potentiel : Méthode de calcul du Volume supplémentaire disponible, ONRB Données 2023

	Non valorisable				Usages actuels								
Volume total produit VTP	Part de biomasse sur pied non récoltable	Retour au sol agronomique	Volume importé	Volume théorique disponible VTD	Alimentation animale - FAB	Litière animale	Paillage	Matériaux biosourcés - BTP	Méthanisation	Combustion	Volume exporté	VSD + imports	Potentiel thermique utile (rendement 80 %) :
tMS	tMS	tMS	tMS	tMS	tMS	tMS	tMS	tMS	tMS	tMS	tMS	tMS	TWhth
45 593 309	25 019 231	8 199 662	43 122	12 374 417	98 995	9 098 184	74 247	2 053	346 484	149 730	446 036	2 604 725	10,1

VTP

- Retour au sol :
 30–50 % selon les cultures et les sols (Arvalis)

- usages actuels

= VSD

PCI anhydre = ~4,86 MWh/t

Le retour au sol et les usages existants sont considérés pour estimer le volume supplémentaire disponible (**VSD**) et donc le **potentiel énergétique**.

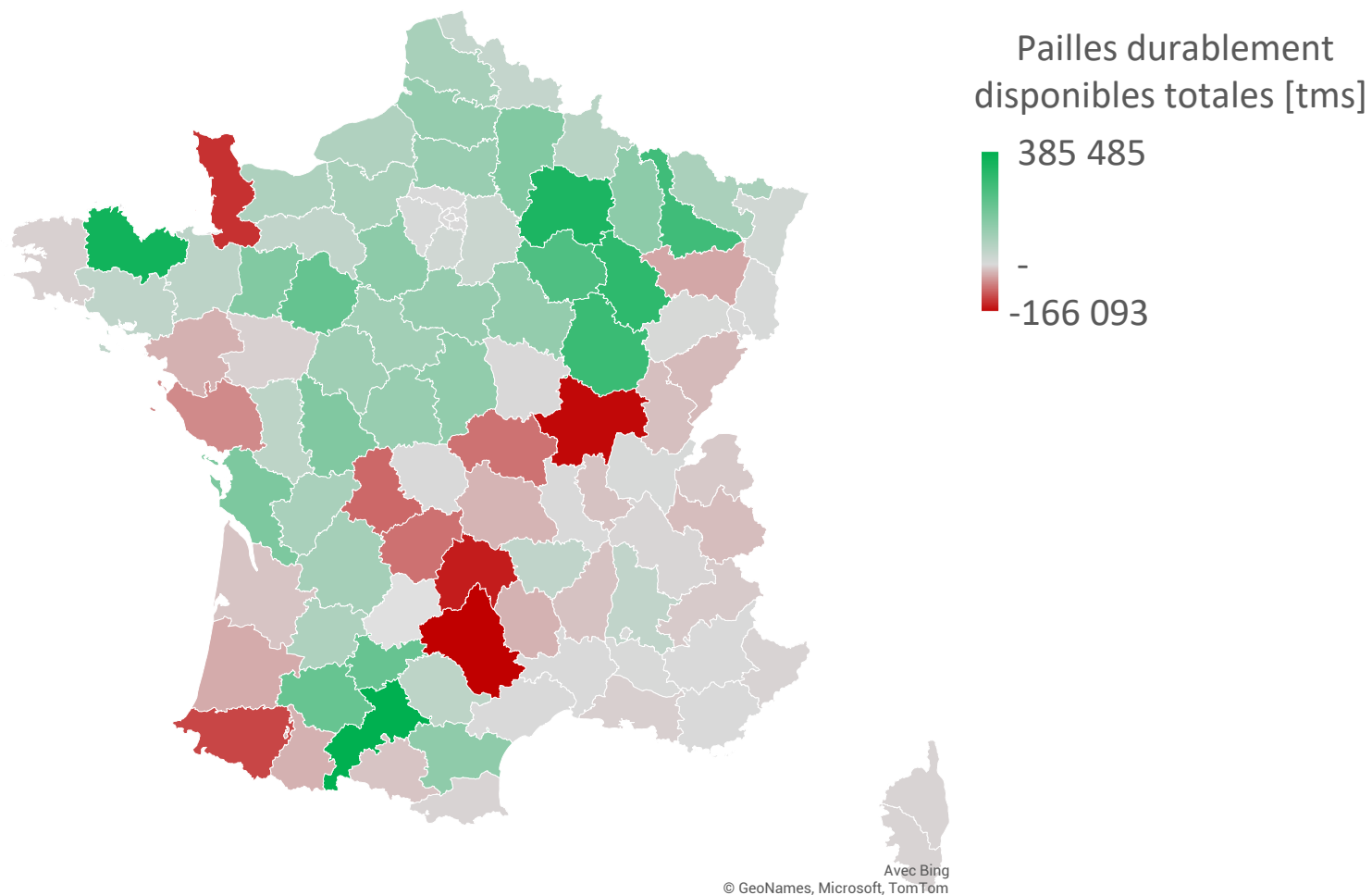
Paille de céréales – Disponibilité Focus départemental

Cartographie des départements avec une disponibilité théorique de paille de céréales pour des projets biomasse énergie.

En rouge les départements qui doivent importer de la paille pour la litière animale.

Données ELBA tMS : Représente la part du gisement technique que l'on peut prélever sans impacter les systèmes agricoles. Les besoins en paille de l'élevage sont également déduits.

Disponibilité de paille selon les départements (Données ELBA 2019)



Atouts de la combustion des pailles de céréales

- **Ressource abondante** : jusqu'à **2,6 Mt disponibles/an** en France, principalement dans les régions céréalières.
- **Logistique existante** : filière de récolte, conditionnement et stockage déjà structurée dans de nombreux territoires.
- **Bon potentiel énergétique** : pouvoir calorifique d'environ **4,0 MWh/t brut**.
- **Usages flexibles** : valorisation en **ballots** ou en **agro-pellets** selon les besoins des installations.
- **Retour d'expérience solide** : filière mature au Danemark avec plus de 40 chaufferies dédiées
- **Développement en France** : nombre croissant de projets industriels et collectifs dans les zones céréalières.



Points d'attention pour la combustion des pailles de céréales

- **Ressource variable et saisonnière** : qualité, quantité et disponibilité dépendantes des conditions agricoles et climatiques ; besoins importants en stockage.
- **Préparation du combustible complexe** : manutention, convoyage et broyage des ballots délicats ; équipements spécifiques nécessaires pour la granulation.
- **Contraintes de combustion** : teneurs élevées en cendres, chlore, potassium et silice, générant des risques d'encrassement, de corrosion et une gestion des cendres plus exigeante.
- **Investissement plus élevé** : chaudières et systèmes de traitement des fumées spécifiques, avec un surcoût de l'ordre de **+20 à +50 %** par rapport à une chaufferie bois classique.



Le réseau de chaleur urbain de Saint-Dizier

Ville de
SAINTDIZIER

01. Contexte géographique et environnemental

Saint-Dizier, au cœur du Grand Est



60 communes



55 400 habitants

Un bassin de vie de 150 000 habitants



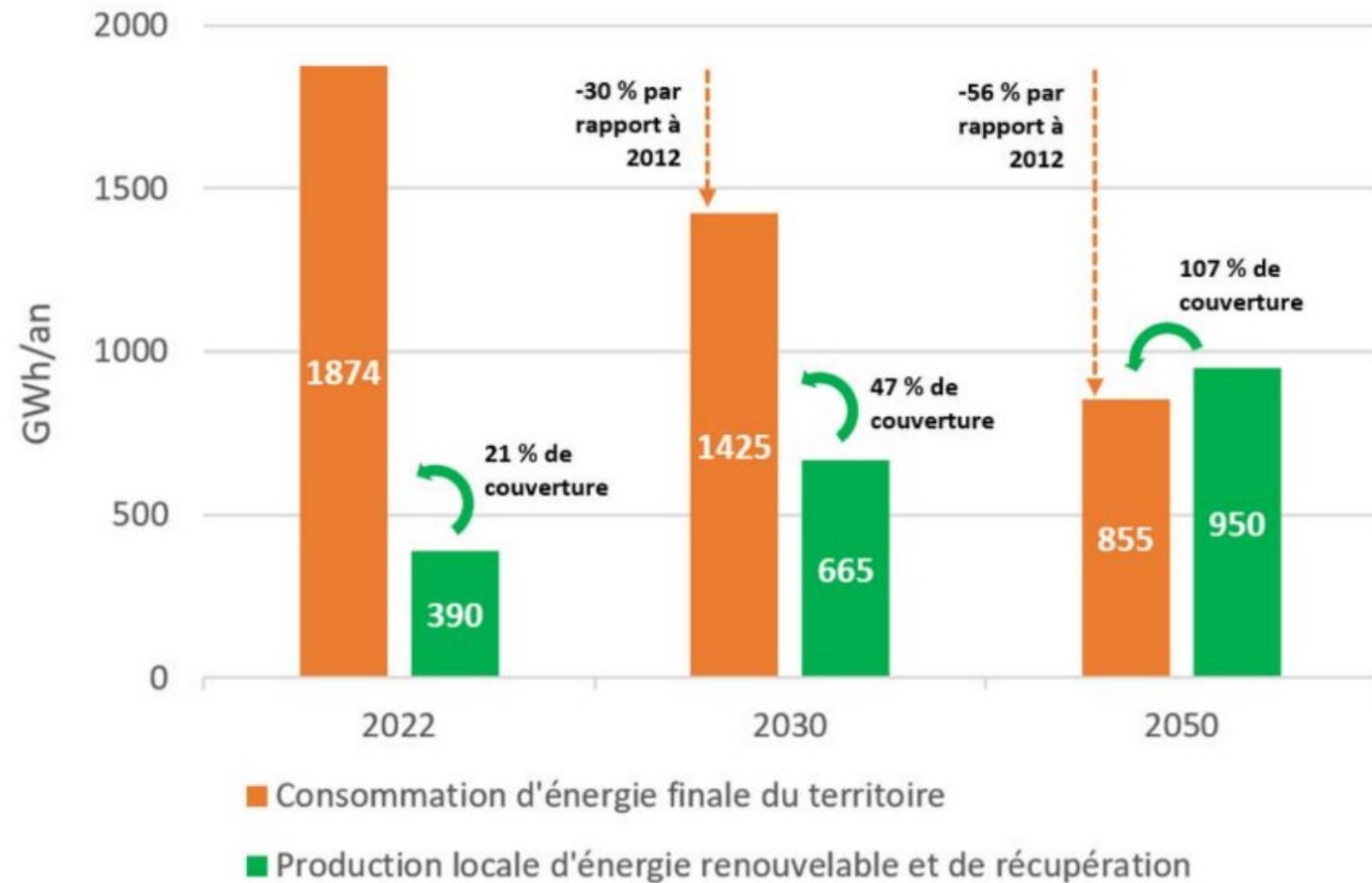
Un PCAET ambitieux

Il vise des objectifs en termes :

- Autonomie alimentaire
- Autonomie énergétique
- Régénération de l'environnement

Mots clé :

- Habitabilité du territoire
- Approche systémique
- Sobriété



Le réseau de chaleur aujourd'hui



Environnement

Chaudière biomasse : **11,5 MW**

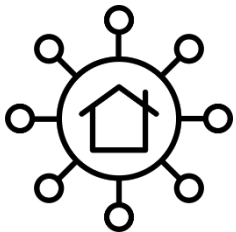
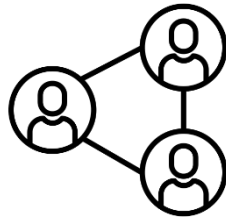
Taux EnR : 77,0 %

CO₂ évité : **12 500 tonnes/an**

Abonnés

90 sous-stations

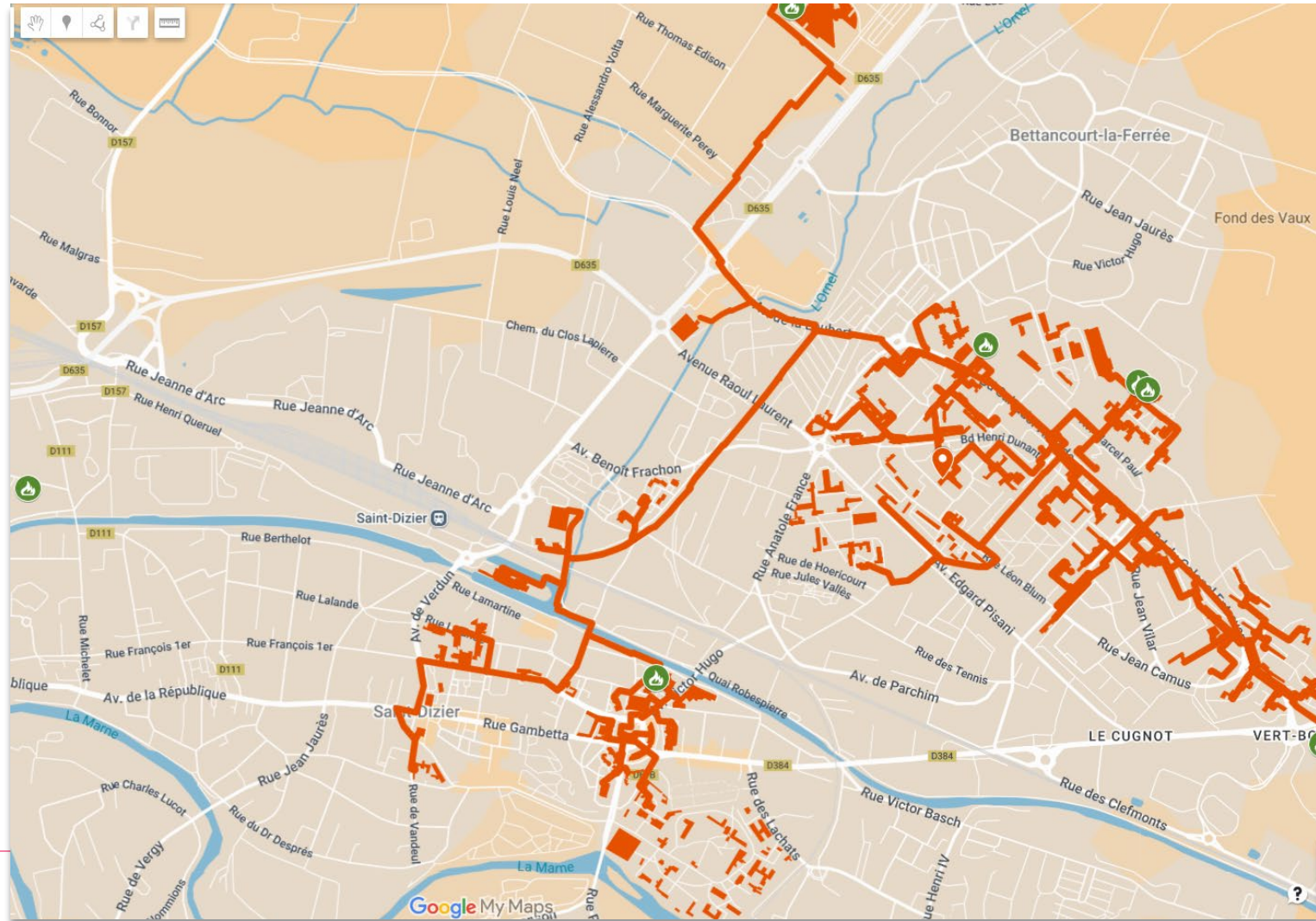
5 500 équivalents logements



Réseau de chaleur

Longueur : **17 km**

60 GWh livrés/an



Ville de
SAINTDIZIER

02. Du besoin d'extension du réseau à la chaufferie paille

2022, année charnière

- Évolution du contexte énergétique
- Potentiel de développement du réseau élevé
- Volonté politique d'atteindre une décarbonation plus poussée du territoire

Analyse de solutions EnR potentielles

- Récupération de chaleur sur la cheminée de la chaufferie existante
- Chaleur fatale
- Géothermie
- Biomasse bois
- Biomasse paille

TAUX D'ARBRES FORESTIERS ALTÉRÉS

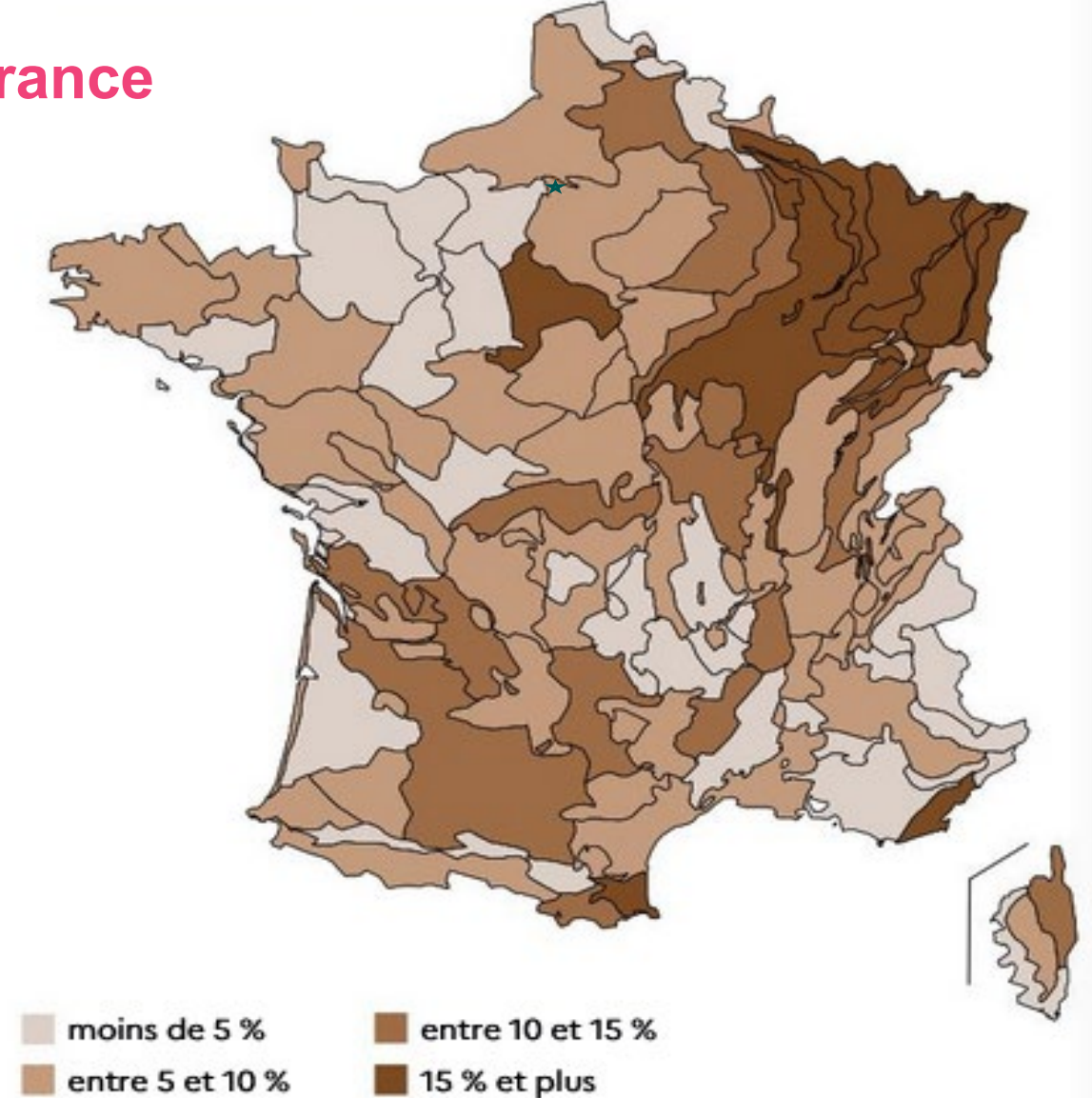
Des forêts françaises en grande souffrance

Les forêts en France :

- Diminution de la production biologique
- Hausse de la mortalité
- Hausse des prélèvements

La volonté de :

- Ne pas contribuer à la dégradation de la situation
- Ne pas sauver une limite planétaire au détriment d'au moins trois autres
- Se prémunir d'une hausse future des prix



2022, année charnière

- Évolution du contexte énergétique
- Potentiel de développement du réseau élevé
- Volonté politique d'atteindre une décarbonation plus poussée du territoire

Analyse des solutions EnR potentielles

- Récupération de chaleur sur la cheminée de la chaufferie existante
- Géothermie
- Chaleur fatale
- Biomasse bois
- Biomasse paille

La paille, un triple atout : local, disponible et stratégique



Usager

Un tarif plus **stable**, **prévisible** et **décorrélé** des énergies fossiles

Territoire

- Un co-produit agricole, générant des **revenus complémentaires pour les agriculteurs**
- Une filière 100 % locale : collecte, stockage & transport pour une **économie territoriale renforcée**.
- En Grand Est, près d'1M de tonnes/an d'excédent structurel (environ 1/3 de la production)

RCU

- Mixte énergétique diversifié = **résilience renforcée**
- Moyen de production EnR supplémentaire pilotable
- Un investissement de 17 M€, dont 8 M€ investis sur le territoire (avec le soutien de l'ADEME et du FEDER à hauteur de 5,5 M€)

La paille, un triple atout, mais sous condition et des limites

Limites :

- Besoin de retour au sol
- Permis grâce aux grandes cultures et agriculture conventionnelle, ce qui touche à d'autres limites planétaires

Conditions :

- Un engagement mesuré (tout le monde ne doit pas s'y mettre)
- En attendant de développer une géothermie et de récupérer de la chaleur fatale
- En anticipant un changement profond des systèmes alimentaires



L'extension du réseau



Environnement

+ 1 Chaufferie 4 MW

Biomasse paille

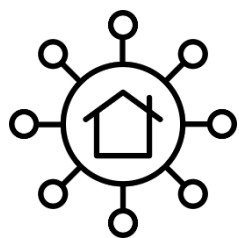
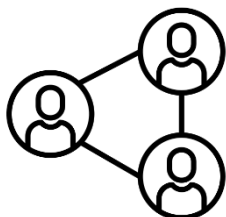
Taux EnR : ↗ 85,0 %

CO₂ évité : + 2 500 tonnes/an

Abonnés

+ 27 sous-stations

1 000 équivalents logements
(750 logements + écoles, collège, bâtiments communaux)



Réseau de chaleur

Longueur : + 4,5 km

+ 16 GWh livrés/an



Merci à nos partenaires

