



ÉLECTRICITÉ

LA CLÉ D'UNE INDUSTRIE DÉCARBONÉE...

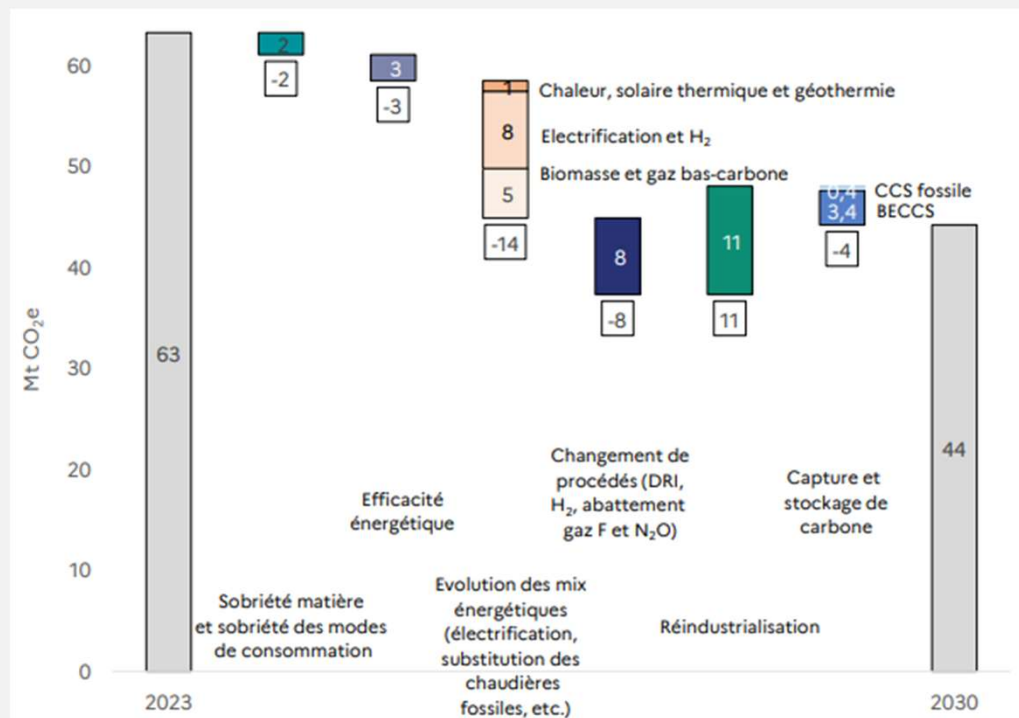
Maintenant



Quels leviers de réduction des émissions ?



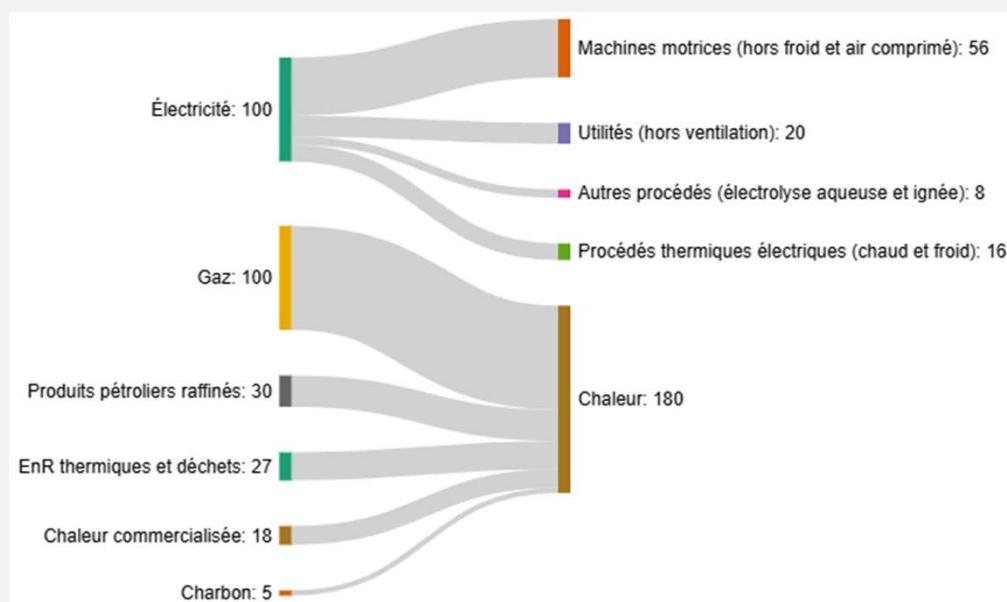
LEVIERS DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DANS L'INDUSTRIE*



L'électrification des consommations d'énergie fossile



CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DE L'INDUSTRIE EN FRANCE (TWH - 2024)



Source

SDES - bilan énergétique de la France : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/bilan-energetique-de-la-france-en-2024-synthese?rubrique=19&dossier=170>

ADEME <https://librairie.ademe.fr/industrie-et-production-durable/8164-l-electrification-des-procedes-industriels.html>

- Le taux d'électrification n'a pas évolué depuis de nombreuses années
- Il est techniquement possible **d'électrifier jusqu'à 85%*** des usages thermiques industriels aujourd'hui fossiles, par 3 grandes familles de solutions: **PAC/CMV**, fours électriques, chaudières électriques**
- **L'hydrogène électrolytique** permettra de décarboner ses usages de matière première
- Les solutions électriques nécessitent des investissements plus importants que pour des simples projets d'efficacité énergétique
- Toutefois les aides publiques n'ont jamais été aussi importantes

* Source : Etude EDF R&D

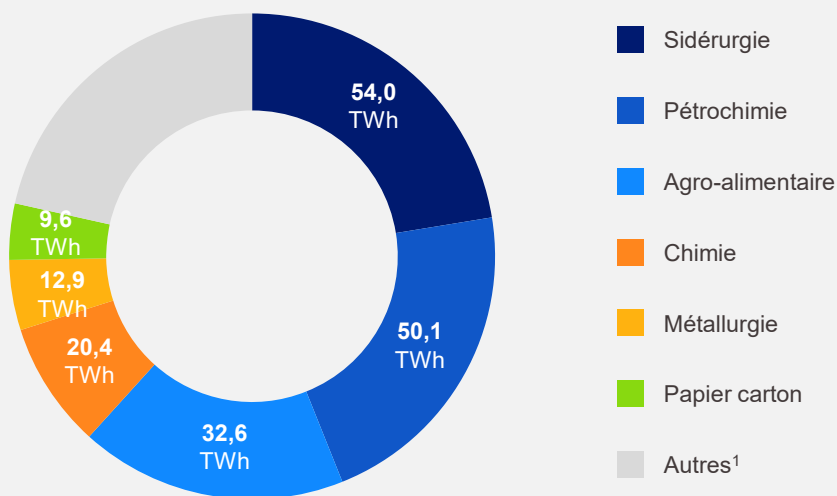
** Pompes à chaleur industrielles/ Compression mécanique de vapeur

Électrifier pour décarboner

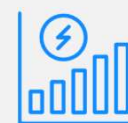
6 secteurs clés

L'électrification industrielle doit s'accélérer là où l'impact est le plus fort.

USAGES THERMIQUES DES PROCÉDÉS ET UTILITÉS POUR DIFFÉRENTS SECTEURS INDUSTRIELS*



⁽¹⁾ Verre, plâtre, chaux, ciment, engrais, tuile, brique et céramique.



6 secteurs = 80%*

de la consommation de combustible fossile.

L'électrification répond à des besoins concrets - chauffer, sécher, cuire, fondre - et présente des **solutions techniques disponibles immédiatement**.

Elle améliore la **performance industrielle** tout en réduisant l'empreinte carbone.

* Source, Etude EDF R&D

Électrifier pour décarboner

Des technologies d'ores et déjà matures et compétitives



L'électrification des usages industriels est différenciée selon les secteurs et les technologies.

73 % des industriels envisagent d'initier l'électrification complète de leurs procédés d'ici cinq ans.*

Technologies



Pompes à chaleur

haute température et vapeur



Chaudières électriques



Fours à résistance



Fours à induction

À RETENIR

Bien que certaines technologies (notamment pour les fours) nécessitent encore des démonstrateurs pour poursuivre leur développement, **les PAC, les chaudières électriques et les fours électriques sont déjà disponibles** et s'appliquent aux secteurs identifiés. Ce sont les solutions les plus efficaces d'un point de vue technique et économique. Des solutions de ruptures (PAC THT p.ex.) existent et demain compléteront la décarbonation de l'ensemble de secteurs.

Des gains mesurés

La majeure partie des technologies électriques est déjà éprouvées. Au-delà de leur disponibilité, ces solutions offrent de réels gains en efficacité, en régularité, en qualité et ont un vrai « pouvoir décarbonant ».

TECHNOLOGIES	GAINS D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE*	RÉDUCTION D'ÉMISSIONS CO ₂
 POMPES À CHALEUR très haute température et vapeur	Jusqu'à +300 % d'efficacité énergétique	>90 %
 CHAUDIÈRES ÉLECTRIQUES	+10 % d'efficacité énergétique	>75 %
 FOURS À RÉSISTANCE	+10 à 20 % d'efficacité énergétique	80 %
 FOURS À INDUCTION	+20 à 40 % d'efficacité énergétique	85 %

Électrifier les usages

Pompes à chaleur industrielles

Une technologie fiable et compétitive



TECHNOLOGIES

- Pompes à chaleur standards et haute température.
- Pompes à chaleur vapeur



CONDITIONS D'INSTALLATION

- Source de chaleur de récupération > 70°C
- Température de process industriel < 150°C



PRINCIPAUX SOUS SECTEURS INDUSTRIELS

- Papier, chimie, agroalimentaire, textile

À RETENIR

Les pompes à chaleur et la compression mécanique de vapeur sont des solutions de décarbonation très performantes, offrant **plus de 300 % d'efficacité énergétique**. Les aides permettent d'améliorer les retours sur investissement et d'augmenter le nombre de projets.

Électrifier les usages

Les PAC industrielles, une famille nombreuse



➤ Forte puissance – eau chaude



➤ Vapeur



➤ Thermo-frigopompe



➤ Fort delta T – air chaud



➤ Très Haute Température



➤ Standard



Ces PAC
sont matures et
déjà présentes
sur sites
industriels

Secteur concerné: automobile

TOYOTA



PERFORMANCES DE LA SOLUTION

- > PAC 1 MWth : COP entre **4,5 et 5** selon les périodes
- > Gain énergie finale **5 GWh/ an**
- > Baisse des émissions de CO₂ **900 tonnes/ an**



L'implantation, au niveau de l'atelier peinture du site d'Onnaing, d'une installation de production de chaleur alimentée par de la **récupération de chaleur fatale, assurée par des pompes à chaleur** ainsi que leurs équipements annexes et de secours.



Cette installation assurera conjointement le chauffage des bains du procédé de peinture de l'usine et le refroidissement des compresseurs, en remplacement d'une chaudière à gaz naturel.



Chiffres clés

- > Consommations d'électricité : 90 GWh/an
- > Consommations de gaz : 85 GWh/an
- > Ambition : Site 0 CO₂ émis en 2030
- > 1^{er} site automobile Français 2024
- > 5000 salariés
- > Production de Yaris et Yaris Cross
- > 250 000 véhicules produits par an



Dans le cadre de notre partenariat avec EDF(...),

nous récupérons désormais une chaleur fatale préalablement perdue au niveau des compresseurs et grâce à un ensemble de pompes à chaleur les bains de traitement de surface sont mis à bonne température pour la production de nos Yaris et Yaris Cross.



* Source : Les Rencontres de l'électricité, Usine Nouvelle, juillet 2025

Électrifier les usages

Compression mécanique de vapeur (CMV)

Une technologie mature, éprouvée



TECHNOLOGIES

- COP* allant de 7 à 50 en fonction de l'écart de température (en fonction des cas d'usages)



CONDITIONS D'INSTALLATION

- Procédés : évapo-concentration, cristallisation, distillation



PRINCIPAUX SOUS SECTEURS INDUSTRIELS

- Agroalimentaire, chimie, papier

À RETENIR

CMV permet de comprimer de la vapeur souvent gaspillée, qui peut pourtant être récupérée, comprimée, réintégrée dans le réseau de vapeur de l'usine ou directement dans un procédé industriel. Elle permet d'atteindre un niveau d'efficacité énergétique important dans un certain nombre de cas d'usages.



Secteur concerné: agroalimentaire

Recompression mécanique des vapeurs dans une laiterie



PERFORMANCES DE LA SOLUTION

- > **Economie d'eau** : 18 m3/h
- > Diminution des rejets (issus des eaux de lavage) de **338 000 m3** sur 5 ans
- > **Réduction des émissions CO₂**

- Le site de l'UPCL (Union Picarde des Coopératives Laitières), spécialisé dans la concentration du lait, est un des 74 sites de la coopérative laitière SODIAAL, traite chaque jour entre 250 000 et 900 000 litres de lait cru.
- UPCL utilisait ainsi un évaporateur 6 effets qui consommait environ 3 tonnes de vapeur à l'heure, sans possibilité de valoriser l'eau condensée, dont la température trop basse ne trouvait pas d'utilisation dans le process.
- L'évaporateur a donc été équipé d'un système de recompression mécanique de vapeur, permettant de recomprimer et réinjecter la vapeur produite par l'ébullition du lait, servant ainsi de chauffage.

Chiffres clés

- > Investissement : 1,25 M€
- > Facture énergétique du procédé d'évaporation : -22 %
- > TRI (hors subventions) : 4 ans



Électricité : la clé d'une industrie décarbonée... maintenant

Informations de cette slide basées sur : <https://atee.fr/system/files/2021-03/2014-MDE-REX-EE-02.pdf>

Électrifier les usages

Chaudières électriques

Une compétitivité confirmée



TECHNOLOGIES

- Chauffage indirect (chaudières à résistances)
- Chauffage direct (chaudière à électrodes)



CONDITIONS D'INSTALLATION

- Chauffage indirect : 250°C, eau chaude ou vapeur
- Chauffage direct : 250°C, vapeur



PRINCIPAUX SOUS SECTEURS INDUSTRIELS

- Agroalimentaire, papier-carton, chimie

À RETENIR

Déjà disponible pour chauffer différents types de fluides tels que l'eau chaude, la vapeur, des fluides organiques, voire des sels et des métaux fondus. Technologie efficace, et simple en termes d'exploitation, pas de traitement de fumées ni de stockage de combustible. **Elles peuvent être intégrées en remplacement ou en complément d'une chaudière fossile.**



Secteur concerné: la production d'alumines de spécialité

ALTEO



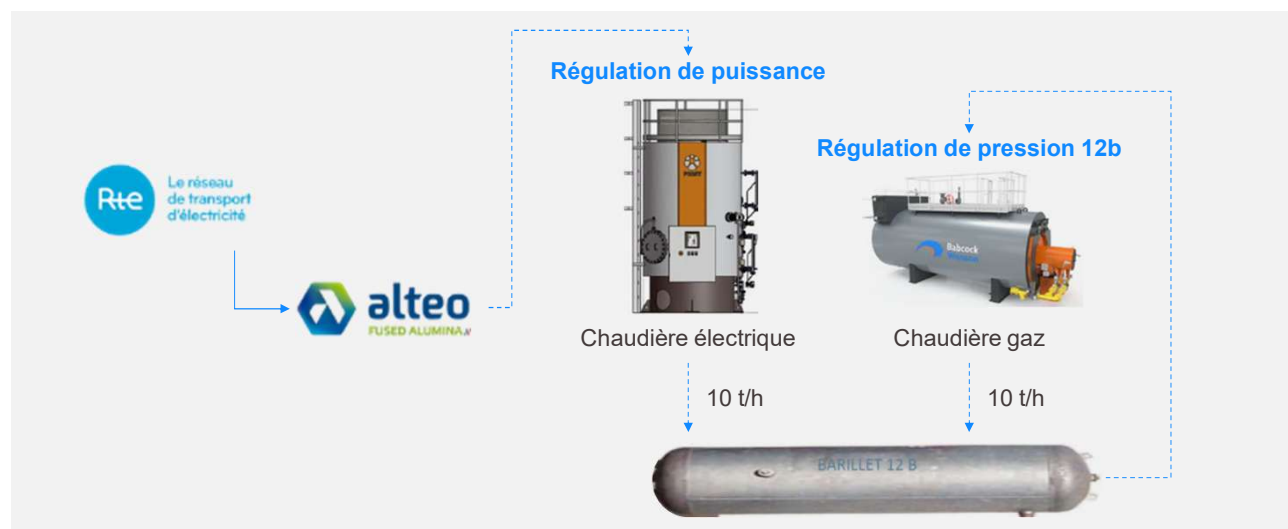
La transformation industrielle d'ALTEO a permis de **limiter la génération de déchets** et d'en **valoriser presque 100%**, réduisant nos volumes d'enfouissement **par plus de 1000** depuis 2019.

Installation d'une nouvelle chaudière électrique (10 t/h de vapeur ; 7 MW électrique), en remplacement d'une chaudière vapeur fonctionnant au gaz.



PERFORMANCES DE LA SOLUTION

- Réduction de **-7000 t de CO₂** direct
- Economie de plus de **30€/MWh** sur le coût de revient de l'électricité consommé par la chaudière



Informations de cette slide basées sur : <https://www.alteo-alumina.com/notre-projet-de-decarbonation-episode-2-installation-de-la-chaudiere-vapeur-electrique/>

Électrifier les usages

Fours électriques

Solutions matures pour tous les secteurs



TECHNOLOGIES

- > Four à résistance
- > Four à induction



CONDITIONS D'INSTALLATION

- > Four à résistances électrique (jusqu'à 1600°C voir 2000°C)
- > Four à induction (jusqu'au 1600°C voire plus)
- > Four à plasma : chaleur intense produite par un arc électrique (>2000°C)
- > Four à arc électrique : utilisés dans la métallurgie pour la fusion des métaux (1600-1800°C)



PRINCIPAUX SOUS SECTEURS INDUSTRIELS

- > Sidérurgie, chimie, métallurgie, agroalimentaire, acier, verre, céramiques, briques et tuiles, ciment

À RETENIR

Les résistances électriques sont utilisées pour le chauffage avec réaction, comme par exemple dans **des fours de polymérisation** (solvants, résines, adhésifs, élastomères...).

Les résistances électriques ou même l'induction sont également utilisés **pour le chauffage de réacteur chimique**, en parachimie et pharmaceutique. Enfin, des fours à résistances permettent **le séchage de granulés d'engrais** (procédé de granulation dans des fours rotatifs air chaud).

Secteur concerné: industrie verrière

Electrification totale d'un four



Une première mondiale dans l'industrie du verre d'emballage alimentaire et une avancée majeure pour la décarbonation de la filière.



Cette innovation technologique s'inscrit dans la stratégie de décarbonation du Groupe et marque une étape décisive vers un avenir plus durable pour l'industrie verrière.



PERFORMANCES DE LA SOLUTION



60% d'émissions de CO₂
par rapport à un four traditionnel



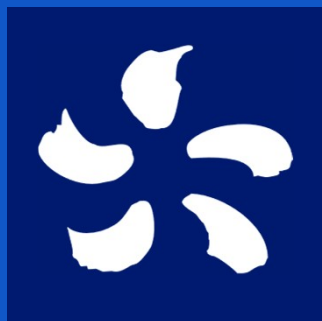
5% de pertes thermiques
par rapport à 25% pour un four traditionnel



Chiffres clés

- > Emballages de verre blanc
- > Site de Cognac (16)
- > Mise en service : 03/2024
- > Capacité : 180 t/j ~300 000 bouteilles/j (plus grand four électrique au monde pour les emballages)
- > Four Fives, technologie Prium® E-Melt
- > 1500 °C





Merci

Électrifier pour décarboner

L'électrification soutenue en France et en Europe

*Les pouvoirs publics placent la décarbonation de l'industrie au cœur de leurs stratégies d'investissement.
L'électrification est désormais un levier prioritaire de compétitivité et de souveraineté énergétique.*



“

L'électrification n'est pas un pari isolé. C'est une **trajectoire soutenue**, structurée et prioritaire.



EN FRANCE



4 Md €¹ mobilisés via le plan France 2030 pour décarboner l'industrie.



Dont 1,6 Md €² dès 2025 pour soutenir les 50 sites industriels les plus émetteurs (bonus à la tonne de CO₂ évitée).



450 M €³ dédiés à l'innovation bas carbone dans l'industrie.



EN EUROPE



La Commission européenne estime à **600–700 Md €⁴** les investissements nécessaires pour la décarbonation industrielle d'ici 2050.



L'UE va lancer la Banque de la décarbonation avec un budget total de **100 Md €⁵**. Une première enchère Heat auction à 1 Md € a déjà eu lieu.

Électrifier pour décarboner

Des aides ciblées

Les dispositifs publics et les solutions de financement sont nombreux, accessibles, et cumulables.

EDF accompagne ses clients pour mobiliser les bons leviers financiers, à chaque étape de leur projet.

“

**Le bon projet,
au bon moment,**

peut mobiliser jusqu'à plusieurs millions d'euros d'aides cumulées.



	DISPOSITIFS	MONTANT	CIBLES / USAGES
DISPOSITIFS PUBLICS	AO GPID (Grands Projets Industriels de Décarbonation)	Montant d'aide > 20 M€ ; subventions CAPEX & OPEX	Projets lourds ayant besoin de subventions au fonctionnement
	DECARB'IND	Jusqu'à 60 % du CAPEX Investissement > 3M€	Projet mature avec réduction d'émissions > 1000 tCO ₂ eq/an
	DECARB'FLASH	Jusqu'à 60 % du CAPEX 100k€ < Investissement < 3M€	PME et sites non soumis à l'ETS
	IBAC PME ; DEMIBAC	Jusqu'à 60 % du CAPEX	Soutien à des technologies innovantes portées par des PME ; soutien aux démonstrateurs
	Certificats d'Économies d'Énergie (CEE)	Fonction des économies d'énergie réalisées	CEE standards pour les PAC, spécifiques pour les autres technos
	Innovation Fund	Jusqu'à 60 % de financement sur les projets innovants	Projets innovants à fort impact carbone
SOLUTIONS DE FINANCEMENT	Tiers-investissement / Contrat de Performance Énergétique (CPE)	Financement par opérateur tiers avec engagement sur résultat	Projets à amortissement long, avec des gains énergétiques et/ou non-énergétiques importants