



Source : [Innomotics](#)

Cette note évalue les coûts et bénéfices associés à deux options de décarbonation de la chaleur dans l'industrie papetière : l'installation de chaudières électriques et le déploiement de pompes à chaleur haute température (PAC-HT), potentiellement couplées à une recompression mécanique de vapeur (RMV). Elle détaille les mécanismes de soutien mobilisables (Certificat d'Économie d'Énergie), dispositifs ADEME), sous certaines conditions d'éligibilité.

LES DISPOSITIFS D'AIDE

DECARB IND (ADEME)

Le dispositif **DECARB IND** soutient les projets industriels permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES). L'aide prend la forme d'une subvention des investissements et peut être complétée par une avance remboursable. Le montant minimum d'investissement requis est de 3 M€ (hors frais d'ingénierie) et l'aide peut atteindre jusqu'à 30 M€. Une première relève des projets pour 2025 a eu lieu le 15 mai 2025 via la plateforme [AGIR](#). D'autres relèves seront prévues, **le 03/11/2025 et le 01/06/2026**.

Dépenses éligibles aux subventions (tiers financement possible)	Equipements de production, matériels périphériques (hors coût de raccordement), utilités, travaux d'installation, études et ingénierie
Taux de subvention	Taux PME ≤ 50%, taux ETI ≤ 40% et taux grandes entreprises ≤ 30%
Technologies éligibles	Toutes technologies incluant notamment PAC-HT, chaudière électrique ou chauffage radiant (chaudière biomasse non éligibles).
Réduction d'émission GES	Seuil minimal d'abattement de 1 000 t CO₂/an à iso production
Intensité de l'aide	De l'ordre de 20 à 35 €/t CO₂ évitées (sur une période de 10 ans)
Délais	Mise en œuvre du projet sous 36 mois maximum

Exigences pour la décarbonation de la chaleur

PAC-HT + RMV	Chaudière électrique
- Doit substituer de la chaleur d'origine fossile - Doit respecter des critères de performance COP* - Pas de critère sur le niveau de température de la chaleur	- Doit utiliser une source électrique décarbonée (renouvelable et/ou nucléaire) - Doit produire une analyse économique - Pas de critère sur le niveau de température de la chaleur

* Le COP minimum est donné en fonction du delta de température entre la source froide et la source chaude

DECARB FLASH (ADEME)

Le dispositif **DECARB FLASH** (dérivé de **DECARB IND**) s'adresse aux sites industriels hors système d'échange de quotas d'émission (SEQUE) ainsi qu'aux PME (y compris celles couvertes par le SEQUE). Il finance des projets d'efficacité énergétique, de valorisation de chaleur fatale ou d'évolution du mix énergétique, pour un montant d'investissement compris entre 100 k€ et 3 M€ (hors ingénierie), à réaliser sous 24 mois. L'aide peut atteindre 65 % pour les PME. Les demandes doivent être déposées sur la plateforme [AGIR](#). Les relèves sont fixées aux **15/10/2025, 16/02/2026, 15/06/2026, 15/10/2026 et 15/02/2027**.

Certificat d'économie d'énergie (CEE) et Fonds Chaleur

Les projets de décarbonation peuvent également être partiellement financés via les **Certificats d'Économies d'Énergie (CEE)**, à condition que l'entreprise dispose d'un système de management de l'énergie certifié ISO 50001 (obligatoire au 11/10/2027 pour les sites consommant plus de 23,6 GWh/an). Pour les sites soumis au SEQUE, seuls les projets éligibles à des opérations spécifiques peuvent bénéficier des CEE, sous réserve d'un calcul des économies d'énergie validé par le Pôle National des CEE. À compter du 1^{er} janvier 2026, ce calcul devra être exprimé en énergie finale (et non plus en énergie primaire), ce qui avantage les solutions d'électrification.

La prime CEE est déterminée sur la base des économies d'énergie cumulées sur la durée de vie de l'équipement (en MWh cumac), valorisées entre 7 et 10 €/MWh cumac. Elle est versée après validation des **performances mesurées « ex post »**. Le dispositif peut être mobilisé à tout moment et reste cumulable avec les aides ADEME, dans la limite d'un taux de rentabilité réglementaire.

Les projets intégrant de la récupération de chaleur peuvent bénéficier, en complément des CEE, d'un soutien via le guichet « **Récupération de chaleur fatale** » du **Fonds Chaleur** (ADEME), **instruit au fil de l'eau**. Pour être éligibles, les projets doivent : produire au moins 1 000 MWh/an de chaleur renouvelable ou de chaleur fatale, substituer une énergie fossile (gaz, fioul, etc.), et atteindre un niveau de performance énergétique minimal.

MODELISATION DES COÛTS ET BÉNÉFICES

Dans un contexte de réduction attendue des soutiens publics à la biomasse, les entreprises sont incitées à explorer d'autres leviers de décarbonation, en particulier l'électrification. La présente note modélise la performance économique et environnementale de deux types de projets : récupération de chaleur fatale (cas 1) et production de chaleur décarbonée (cas 2).

Cas 1 : Système de pompe à chaleur et de recompression mécanique de vapeur

Le projet vise à remplacer une chaudière gaz par une pompe à chaleur haute température (PAC-HT) couplée à un système de recompression mécanique de vapeur (RMV) pour la production de vapeur. L'installation développe une puissance thermique de 10 MW, avec un fonctionnement de 8 500 h/an.

Les hypothèses économiques et environnementales sont les suivantes : (i) un prix du gaz de 35 €/MWh, (ii) un prix de l'électricité de 65 €/MWh (taxe, compensation et transport inclus), (iii) des facteurs d'émission : 0,2 t CO₂/MWh (gaz) et 0,051 t CO₂/MWh (électricité).

Le COP de la PAC varie selon la configuration retenue. Le coût total du projet est estimé à 10M€, avec une subvention ADEME de 30%, conditionnée à l'atteinte d'un COP global > 2,5. L'amortissement est prévu sur 7 ans. En l'absence de COP suffisant, seules les aides CEE sont mobilisables, calculée selon [le guide technique CEE « Installations fixes »](#) (avril 2025). Le montant de l'aide dépend de la durée de vie (10 à 15 ans) et repose sur un prix du CEE estimé à 8 €/MWh cumac dans la modélisation.

Les résultats de la modélisation (Fig. 1) indiquent que le projet PAC-HT + RMV devient rentable dès que le COP dépasse 2, quel que soit le dispositif de soutien mobilisé (ADEME ou CEE). Cette rentabilité reste toutefois conditionnée à un prix de l'électricité rendu site compétitif, inférieur à 65 €/MWh, sur l'ensemble de la durée du projet.

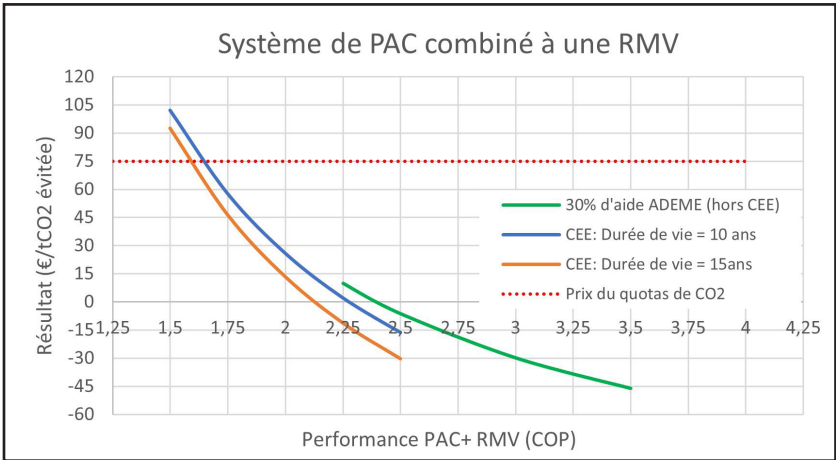


Fig. 1 Evolution du coût de la tonne de CO₂eq évitée en fonction du COP et du dispositif

Cas 2 : Chaudière électrique (incluant la valorisation de la flexibilité)

Le projet consiste à remplacer une chaudière gaz par une chaudière électrique de 10 MW. L'investissement est estimé à 5 M€, avec une subvention publique couvrant 30% du CAPEX (ADEME ou équivalent). L'équipement est amorti sur 7 ans.

Les hypothèses économiques sont les suivantes : (i) un prix du gaz entre 25 et 35 €/MWh, (ii) un prix moyen pondéré de l'électricité variant selon le nombre d'heures de fonctionnement (données spot 2023–2024). Par ailleurs, le modèle économique intègre une valorisation de la flexibilité via la participation au mécanisme de réserve secondaire (aFRR), estimée à 150 000 €/MW par an grâce à la modulation ascendante ou descendante de la consommation électrique.

Les gains en émissions de CO₂ sont calculés à partir de facteurs d'émission de 0,2 t CO₂/MWh (gaz) et 0,051 t CO₂/MWh (électricité).

Les résultats de la modélisation (Fig. 2) indiquent que la rentabilité du projet est atteinte rapidement lorsque la chaudière électrique fonctionne pendant les périodes de prix spot compétitifs. Cette rentabilité dépend toutefois de la persistance de ces conditions sur la durée d'amortissement. L'analyse met en évidence un optimum économique en coût de décarbonation, situé entre 2 500 et 3 500 heures de fonctionnement par an.

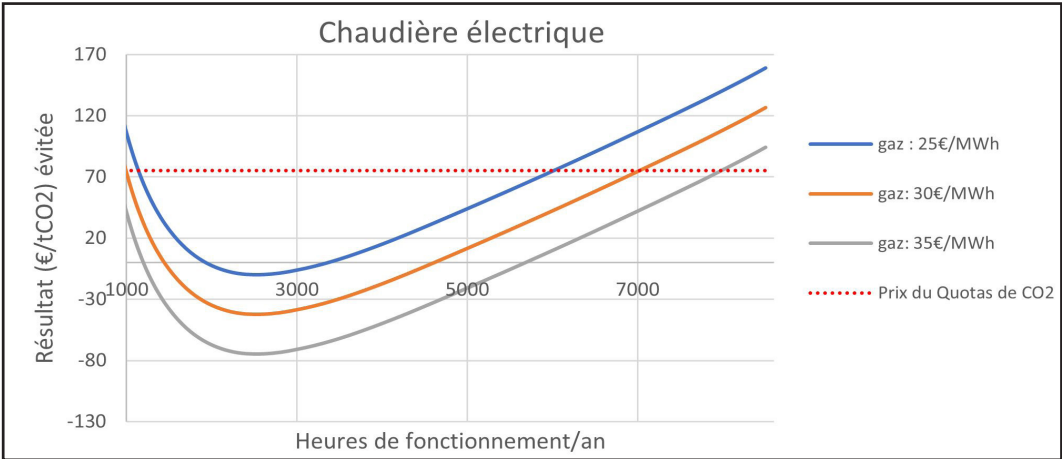


Fig. 2 Evolution du coût de la tonne de CO₂eq évitée en fonction des heures de fonctionnement de la chaudière

Exemple de projet chaudière électrique

Dans le cadre de sa stratégie de décarbonation, Alteo a remplacé une chaudière vapeur gaz par une chaudière électrique de 7 MW (10 t/h de vapeur), permettant d'économiser 38 000M Wh/an de gaz naturel, soit 7 000 t CO₂ évitées, au profit d'une consommation électrique de 33 700 MWh/an.

La chaudière a été conçue par Parat. Le projet d'intégration réalisé par Parlym notamment pour l'ingénierie, inclut des actions complémentaires (calorifugeage, RMV) pour un coût total de près de 10 M€. Il a reçu un financement de 2,5 M€ de l'ADEME via le programme « Industrie Zéro Fossile ».

Source : [Alteo](#)



Source : [Eneco](#)

Exemple de projet de système de PAC-HT + RMV pour un site papetier

En 2025, le fabricant italien Turboden a installé et mis en service une PAC haute température de 12 MWth, couplée à une compression mécanique de vapeur (RMV), sur un site en Finlande (confidentiel). Cette installation permet de valoriser de la chaleur fatale pour produire de la vapeur surchauffée à 170 °C, destinée à alimenter la sècherie.

Le système dispose d'un compresseur centrifuge et met en œuvre un fluide hydrocarboné pour élever température et pression avec un COP élevé (supérieur à 2). Cette solution permet une décarbonation de la production de vapeur en réutilisant de la chaleur fatale et en arrêtant les chaudières à combustible fossile.

Source : [Turboden](#)



Source : [Turboden](#)

Pour plus d'information, contacter : infoCTP@webCTP.com
www.webCTP.com