

Novembre 2025



Électrification : Retours d'expériences industriels

ALTEO ALUMINA – EUROFIELD – TOTAL ENERGIES –
VERALLIA – WIENERBERGER TERREAL



Avec le soutien de :



Alliance ALLICE

ALLICE est l'alliance de référence pour la décarbonation de l'industrie. Créée en 2018 à l'initiative de centres techniques industriels (Cetiat, Cetim, CTCPA, CTMNC et CTP) et de Blunomy, avec le soutien de l'ADEME et de la DGE, elle rassemble aujourd'hui plus de 130 membres issus de tous secteurs industriels et positionnés tout au long de la chaîne de valeur.

Son ambition : accélérer la transition bas-carbone en rassemblant, en informant et en soutenant la filière décarbonation en Europe, dans une approche multisectorielle. Grâce aux compétences en animation et à l'expertise scientifique de son équipe, ALLICE produit des études techniques sur les différents leviers de décarbonation (efficacité des procédés, mix énergétique, récupération de chaleur, modèles économiques et circularité) et favorise le dialogue et la collaboration entre tous les acteurs concernés, en toute objectivité et indépendance.

ALLICE s'appuie sur un modèle fondé sur l'adhésion, une gouvernance alignée sur les besoins industriels et un fort esprit collectif.

Chiffres clés :

Création en 2018

130 membres & partenaires

50+ études publiées

Budget cumulé études : 2,5 M€

Contactez-nous pour plus d'informations :

www.alliance-alice.com |  | contact@alliance-alice.com



Fondateurs



Opérateur
industrielOpérateur
d'effacement

Première en France : une chaudière électrique industrielle flexible

L'usine de Gardanne produit de l'alumine (Oxyde d'aluminium), à base d'hydrate d'alumine. Cette poudre blanche est produite sur le site à hauteur de 250 000 tonnes d'alumine par an (dont 100 000 tonnes redissoutes).

PROCÉDÉ DE PRODUCTION D'ALUMINE

La matière première, l'Hydroxyde d'aluminium est soit directement calciné, soit redissoute pour fabriquer de l'alumine de meilleure qualité. Dans cette deuxième option, on passe par le procédé « Bayer » pour fabriquer de l'hydrate d'alumine spécifique pour le four de calcination. Ce procédé chimique nécessite beaucoup d'énergie thermique sous forme de vapeur sous pression et produite à partir de gaz naturel. L'hydrate ainsi obtenu est ensuite transformé en alumine plus ou moins calcinée en fonction des applications des clients, dans un atelier équipé principalement de grands fours rotatifs chauffés au gaz naturel, pour ensuite être broyée avant d'être conditionnée puis expédiée.

LIGNE DE PRODUCTION

Le périmètre projet est celui de la ligne de dissolution (100 000 t/an).

Production en continu

Besoin vapeur 12 bars à 210°C

Puissance de chauffe 14 MW de vapeur, soit 20t/h de vapeur à 12 bars.

Bouches-du-Rhône (13)

Gardanne

Métallurgie

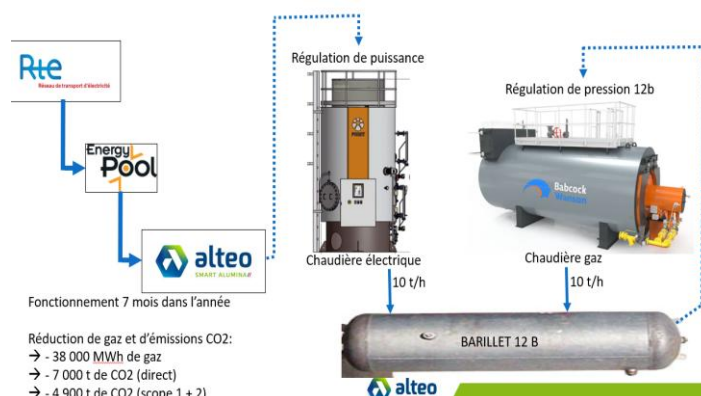
Production d'alumine

Flexibilité électrique

Chaudière vapeur de type électrode

Juillet 2024

Date de mise en service



→ Production de vapeur via une chaudière gaz et une chaudière électrique asservie au mécanisme RTE

OPÉRATION RÉALISÉE

Une chaudière électrique de 7MW a été installée en complément des chaudières gaz existantes. Durant la période « estivale » (7 mois) où la cogénération vapeur n'est pas utilisée, la chaudière électrique est utilisée pour produire de la vapeur. Elle est asservie pour réguler sa puissance en fonction des besoins d'équilibrage du réseau de RTE (participation à la réserve secondaire pour la régulation de fréquence du réseau).

CRITÈRE DE PRISE DE DÉCISION

Alteo a participé il y a quelques années au programme de volontariat EXPEDITE de l'ADEME. La mise en place des compteurs a démontré un potentiel d'effacement pour participer au mécanisme de flexibilité pour le procédé de broyage. Energy Pool a répondu au besoin d'Alteo et la participation à la réserve tertiaire a été mise en place (1 jour de délai de prévention sur les jours de pics de consommation en hiver).



→ Chaudière électrique mise en place et asservie pour la régulation de fréquence

“

Avec un prix du gaz deux fois moins cher que l'électricité, nous utilisons plusieurs leviers pour préserver notre équilibre économique tout en décarbonant. L'effacement mis en place permet de consommer lorsque les prix de l'électricité sont faibles, de réduire le coût de la taxe TURPE et les coûts liés aux quotas CO₂ du système ETS.

”

*Marc Fournon, responsable énergie
à Alteo Alumina*

Exploitation

La chaudière fonctionne en régulation automatique, un barillet de 12 bars fait office de réservoir vapeur tampon. Le projet a nécessité de former le personnel aux nouveaux équipements de production (formation basique de l'exploitation et de la maintenance).

Calendrier du projet

Le projet s'est mis en place en 1 an entre la décision d'Alteo et la mise en service.

Financement

Le projet a été financé sur fonds propres, avec une subvention via l'AAP DÉCARB IND de l'ADEME (2,5M€ pour 25% du CAPEX).

Facteurs de reproductibilité

Opération très reproductible techniquement !
Les mécanismes de flexibilité sont accessibles avec un opérateur d'effacement, soit en direct si la puissance est suffisante (>1MW), soit avec un pool d'asset constitué par l'opérateur d'effacement.

RÉSULTATS OBSERVÉS

Réduction CO₂ : 7000 tCO₂/an
(4900 t en scope 1+2)

Le surcoût de l'électricité peut être compensé en jouant sur plusieurs critères :

- la consommation anticyclique l'été réduit la taxe de transport TURPE
- le coût de l'électricité est également plus faible en été - le prix ARENH a pu être souscrit en 2024 et 2025 sur les heures creuses
- la rémunération liée à la participation au mécanisme de réserve secondaire de l'effacement

Contact projet

matthieu.granger@energy-pool.com

Mise en place d'une voûte IR* électrique pour la gélification latex de gazon synthétique

Eurofield produit du gazon synthétique pour les terrains de sport (foot, etc.), en textile tufté**.

*voûte IR : une voûte est le plafond d'un four pas complètement fermé.

**Tuft : le tuft est une méthode d'insertion de poils dans un tissu (ex. : conception de moquettes)



[Vidéo disponible](#) (ancienne voûte gaz)

PRODUCTION DE GAZON SYNTHÉTIQUE

La gélification de latex sur gazon synthétique transforme le latex appliqué au dos du tapis en une couche solide et stable, assurant la fixation des fibres artificielles et la cohésion du revêtement. Avant le four de séchage, une voûte infrarouge de prégélification permet la montée rapide en température du revêtement.

La chauffe de cette étape doit être contrôlée afin de ne pas mener à fermer la surface du latex par une polymérisation excessive, ce qui pourrait nuire à son bon séchage ultérieur.



→ Photo représentant le produit et la voûte IR



Opérateur
industriel



Offreur de
solutions

Pas-de-Calais (62)

Isbergues

Textile

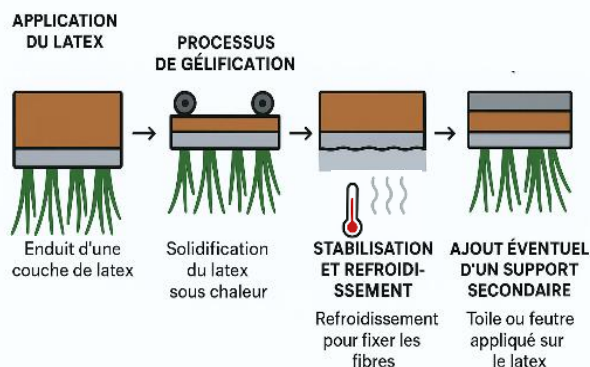
Gazon synthétique

Electrification

Radiants électriques

2019

Date de mise en service



→ Procédé de production du gazon

LIGNE DE PRODUCTION

Fonctionnement 5j/7

Besoin quelques dizaines de secondes à 90°C

Puissance 260 kW électrique (400 kW en gaz)

OPÉRATION RÉALISÉE

La voûte IR gaz a été remplacée par des radiants électriques, avec un châssis relevable et une extraction adaptée par le client pour évacuer les vapeurs émises. Un pyromètre pour mesurer la température du produit a été ajouté, afin d'éviter le phénomène de croûtage qui intervient au-delà de 100°C.



CRITÈRE DE PRISE DE DÉCISION

L'équipement au gaz était vétuste et sujet aux pannes. La solution électrique a été privilégiée en raison de l'engagement environnemental du client, mais aussi pour la flexibilité de réglage permettant d'ajuster la chauffe au revêtement (modulation de 0 à 100 % des radiants ALUTHERM).



→ Radiants infrarouges électriques installés en voûte

“

Notre client est très content de son choix, sa nouvelle installation infrarouge électrique est plus fiable et plus facile à utiliser tant pour la production que pour la maintenance.

”

*Madeleine Oriol, Sales Manager
à Sunkiss Matherm*

Exploitation

La voute gaz existante a été remplacée par une voute électrique. Eurofield a assuré l'installation et la conception du nouveau châssis. L'installation du nouvel équipement a duré une semaine.

Calendrier du projet

La mise en service a été réalisée 8 mois après la décision d'investissement par Eurofield.

Financement

Eurofield a investi en fonds propres.

Facteurs de reproductibilité

Ce type d'opération est reproductible pour le traitement de surface de produits plans.

RÉSULTATS OBSERVÉS

Gain énergie (estimés) : 250 MWh/an

Gain CO2 (estimés) : 155 tCO2/an

- La modulation de la puissance des radiants permet de contrôler précisément la température, et d'éviter tout problème de qualité.
- Le débit d'extraction d'air a été réduit, car les fumées de combustion ont été supprimées.
- La maintenance du matériel électrique est plus simple que pour des radiants gaz :
 - Le remplacement du plateau de résistances est possible à l'arrêt du four, en cas de besoin.
 - Il n'y a pas de contrôle de fuite/pression ou de difficulté d'étincelage au démarrage.
- L'ajout du capteur infrarouge a permis d'améliorer la qualité du produit, en permettant un contrôle plus précis.

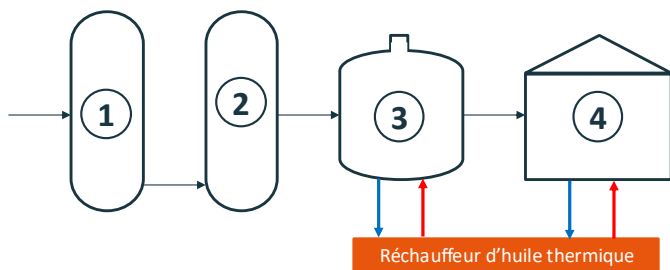
Contact

m.oriol@sunkissmatherm.com

Réchauffeur électrique en remplacement d'un four gaz sur une unité de production de bitume

Principale plateforme de traitement des hydrocarbures en France, la plateforme Normandie s'appuie sur les infrastructures du port du Havre pour ses approvisionnements et ses exports, et sur l'axe Seine pour desservir le marché français.

PROCÉDÉ DE PRODUCTION DE BITUME



1. La distillation atmosphérique du pétrole brut, afin de séparer les fractions légères du brut (~350°C).
2. La distillation sous vide des résidus lourds, afin de les séparer tout en évitant le craquage thermique de ces composés.
3. (optionnel) L'oxydation ou le soufflage qui permet de modifier les propriétés du résidu pour obtenir le grade de bitume désiré. (~250°C)
4. Conditionnement/stockage à chaud (~150°C)

OPÉRATION RÉALISÉE

Le four électrique a été installé en remplacement du four gaz.



Opérateur
industriel



Offreur de
solutions

Normandie (76)

Harfleur

Construction

Production de bitume

Four électrique

Type réchauffeur

Janvier 2025

Date de mise en service

→ Le réchauffeur d'huile thermique est utilisé à l'étape 3. Un chauffage direct pourrait causer un craquage thermique incontrôlé, le chauffage indirect avec une huile thermique est donc préféré.



→ Vue aérienne de la plateforme Normandie

LIGNE DE PRODUCTION

Production en continu
Puissance de chauffe : 2 MW
Température de chauffe : 240°C

CRITÈRE DE PRISE DE DÉCISION

Les études menées en interne ont permis d'identifier le four électrique comme une solution technique pertinente. Les infrastructures électriques du site étaient suffisantes pour l'ajout de la puissance nécessaire. Le projet fait partie de la stratégie de décarbonation établie à l'échelle du site, découpée selon 3 axes :

1. Réduire les émissions par l'efficacité énergétique
2. Recourir à de l'énergie bas carbone pour éviter les émissions : une plateforme multi-énergies (H₂ vert, valorisation de chaleur, électrification des procédés et production d'électricité bas carbone)
3. Réduire les émissions du scope 3



→ Réchauffeur électrique mis en place

“

Ce projet s'inscrit dans notre stratégie de décarbonation et a été mis en service sans difficulté en janvier 2025, pour lequel nous avons bénéficié d'un excellent support de Chromalox. Ce projet est reproductible et offre des bénéfices additionnels comme la facilité d'exploitation et la modulation précise de la puissance.

”

Guillaume Bessec, Energy Transition Manager à Total Energies

Exploitation

Le démarrage de l'unité s'est opéré sans difficulté et est en bon fonctionnement depuis.

Calendrier du projet

La mise en service a été réalisée 8 mois après la décision d'investissement par Total Energies.

Financement

La société a investi en fonds propres pour la réalisation de ce projet.

Facteurs de reproductibilité

Ce type d'opération est reproductible à iso-procédés, mais aussi plus généralement au sein de l'industrie sur des procédés de chauffage par fluide caloporteur ou pour le chauffage de fluides procédés directement.

RÉSULTATS OBSERVÉS

Gain énergie : 15 GWh_{PCI}/an (1,3 ktep)
Gain CO₂ : 4,8 ktCO₂/an

- La procédure de démarrage a été énormément simplifiée pour les opérateurs.
- Une amélioration de la sécurité a été constatée au niveau opérationnel : suppression des étapes de manipulation de joint et d'allumage du four gaz via un allumeur.
- Le nouveau four représente un important gain de place (deux à trois fois moins de volume occupé que pour l'équipement précédent).
- Le nouvel équipement permet une modulation de puissance précise et sans inertie.

Contact projet

Janick.Laithier@chromalox.com

Première mondiale : four de fusion verrier 100% électrique

Verallia est le leader européen et troisième producteur mondial de l'emballage en verre pour les boissons et les produits alimentaires. L'usine où le four est installé produit des bouteilles de cognac.

PROCÉDÉ DE PRODUCTION DU VERRE D'EMBALLAGE

Les étapes comprennent la préparation et le mélange des matières premières (1) (sable, calcaire, soude, calcin), la fusion à haute température (4), le formage (8) (soufflage, pressage ou étirage), puis le recuit (10) et enfin le contrôle qualité (12) avant expédition.



1 500°C : c'est à cette température que les fours doivent chauffer le mélange des matières premières solides (calcin, sable, carbonate de soude, carbonate de calcium) pendant environ 24 heures pour que le verre en fusion soit parfaitement homogène et puisse ainsi couler dans des canaux de distribution jusqu'aux machines de formage où se trouvent les moules verriers. Les fours verriers sont conçus pour fonctionner en continu pendant plusieurs années (souvent 10 à 15 ans). Les arrêts, lorsqu'ils ont lieu, sont exceptionnels et planifiés bien à l'avance pour des opérations de maintenance majeure ou de reconstruction.

ALLICE 2025 – avec le soutien de l'ADEME



Opérateur
industriel



Fournisseur de
technologie

Charente (16)

Cognac

Verre

Production de bouteilles en verre

Four électrique

Type four verrier de fusion

Q1 2024

Date de mise en service

OPÉRATION RÉALISÉE

Le site a déployé un premier four électrique en remplacement du four gaz régénératif existant. Ce nouveau type de four a une capacité moins importante que l'équivalent gaz, mais c'est une innovation majeure en tonnage sur ce type de verre. Fives et Verallia se sont accordés sur un design sécurisant ce premier projet, avant de déployer des fours de plus grande capacité.



→ Vue du site de Verallia et de 3 fours verriers de fusion

LIGNE DE PRODUCTION

Production en continu, 160 t/j de verre produit

Température de chauffe : 1500°C (24h)

Puissance installée : 9 MW



CRITÈRE DE PRISE DE DÉCISION

À la suite des accords de Paris, le secteur verrier européen a cherché des solutions pour se décarboner, via sa fédération FEVE et un projet pilote lancé en 2018. Deux technologies prometteuses ont été identifiées, les fours hybrides électrique/gaz et les fours 100% électriques. Verallia, leader sur le marché, a poursuivi sur cette lancée en contactant Fives dès 2020 pour développer un four de fusion électrique et commencer à convertir son parc existant.



→ *Modélisation du four électrique mis en place*

DÉROULEMENT DU CHANTIER

L'électrification d'un four de forte puissance nécessite des adaptations du réseau électrique. Le site de Cognac a été sélectionné en conséquence, seul un poste de transformation HT a dû être installé.

“

Ce four 100 % électrique est au croisement de nos enjeux de durabilité, d'innovation et de développement. C'est un symbole fort pour Verallia, étant également une avancée majeure pour l'industrie du verre d'emballage alimentaire et nous sommes très fiers d'être pionniers en la matière.

”

Patrice Lucas, Directeur Général du Groupe Verallia

Exploitation

Étant une première technologique majeure, un effort important a été consacré pour la conduite du changement sur le site, notamment en encadrant la montée en compétence des équipes.

Calendrier du projet

Après le contact initié en 2020, le contrat a été signé en 2022.

Financement

57 M€, dont 13 M€ de financement via à l'appel à projets « Industrie zéro fossile ».

Facteurs de reproductibilité

Le projet est répliquable pour la production de verre transparent. La capacité du four est une étape intermédiaire pour atteindre les capacités maximales des fours actuels (400 t/j). La R&D est en cours pour le verre plat, présentant de plus gros tonnages.

RÉSULTATS OBSERVÉS

Gain énergie : 20 GWh/an
Gain CO₂ : 12 ktCO₂/an

- Point majeur : L'efficacité du four électrique est supérieure au four gaz régénératif, l'énergie utilisée nécessaire a diminué de 40%.
- Arrêt de la production de polluants dans les fumées (NOx, SOx...). Les fumées sont « froides », autour de 100°C et surtout composées d'H₂O et de CO₂.
- La qualité de la fusion électrique permet en général d'obtenir une meilleure qualité sur le produit.
- Les poussières ont été drastiquement réduites, ainsi que la chaleur et le bruit du four en fonctionnement.

Contact projet

hubert.dedivonne@fivesgroup.com

Valorisation des buées de séchage avec rehausse thermique via une PAC

Terreal est un acteur majeur français de la fabrication de produits en terre cuite pour le bâtiment, notamment des tuiles, briques et solutions de couverture. Son site de production au Ségala est spécialisé dans la fabrication de tuiles et d'accessoires en terre cuite.

Aude (11)

Le Ségala

Céramique

Production de tuiles

Pompe à chaleur (PAC)

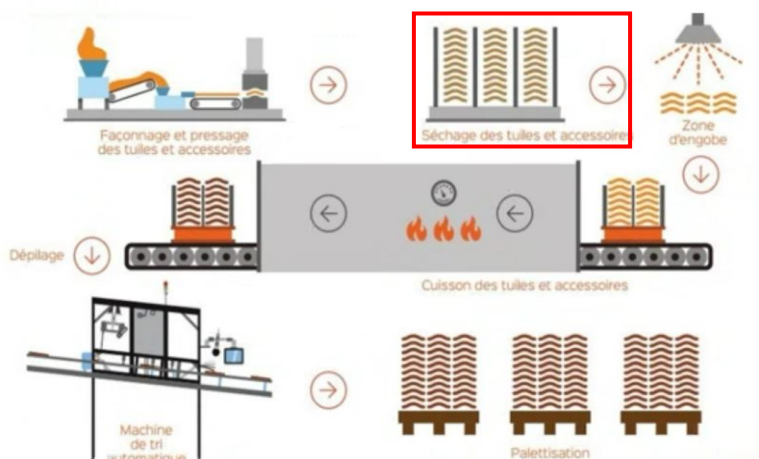
Fluide NH₃, condensation des buées et valorisation de chaleur fatale

Décembre 2024

Date de mise en service

PROCÉDÉ DE PRODUCTION DE TUILES

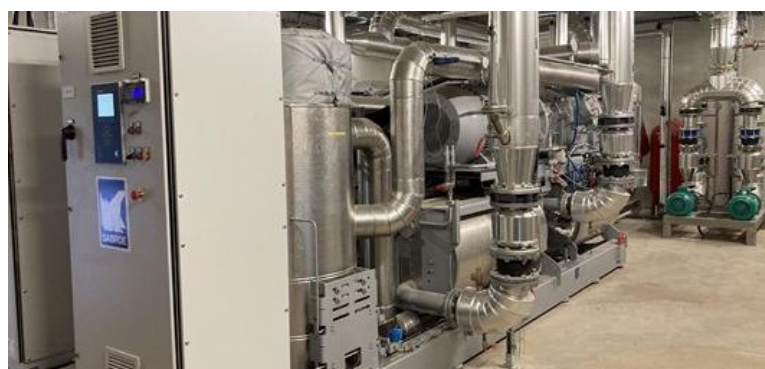
- 1. Extraction et préparation** : L'argile est extraite, broyée et malaxée pour former une pâte homogène. De l'eau est ajoutée pour faciliter le façonnage.
- 2. Façonnage et séchage** : La pâte est extrudée, découpée et pressée en tuiles, puis séchée lentement dans un tunnel de séchage pour éviter les fissures (sur un cycle de 25 à 90°C).
- 3. Cuisson et finition** : Les tuiles sont cuites à haute température (~900/1000°C) pendant plusieurs heures, afin de donner aux tuiles leur résistance mécanique et leur couleur définitive. Elles sont ensuite contrôlées et emballées avant expédition.



OPÉRATION RÉALISÉE

Une pompe à chaleur a été installée en préchauffage des brûleurs gaz du séchoir. Elle récupère l'énergie latente des buées en sortie de séchoir à sa source froide, les buées ainsi condensées et réutilisées dans le procédé de l'usine.

Caractéristiques de la PAC ammoniac : $P_{\text{élec}} = 375 \text{ kW}$ $P_{\text{chaud}} = 1500 \text{ kW}$



→ Vue de la pompe à chaleur à double étage

LIGNE DE PRODUCTION

Production en continu, capacité de 46000 tuiles/an

Température de chauffe : 90°C (~11h)

Puissance installée : 2 MW

CRITÈRE DE PRISE DE DÉCISION

TERREAL a mené une réflexion d'optimisation globale de ses utilités énergétiques. Le projet a été sélectionné pour plusieurs raisons :

- La performance du coût de la chaleur décarbonée et la possibilité de garantir les performances dans la durée via un CPE.
- La recherche de sobriété en eau est essentielle pour l'usine, notamment pour maintenir l'activité en saison estivale, la région du Sud-Ouest étant particulièrement touchée par les phénomènes de sécheresse.

DÉROULEMENT DU CHANTIER

Le chantier a été exécuté sans arrêt supplémentaire des lignes de production de tuiles, les interfaces des batteries ont été réalisées lors des périodes de maintenances habituelles de l'usine.



→ *Batterie froide de la PAC*

“

L'utilisation d'une pompe à chaleur pour notre site est une étape importante de la mobilisation du groupe afin de décarboner sa production. Il s'agit d'un nouvel équipement sur notre site, que nous avons sécurisé via un Contrat de Performance Énergétique et en confiant la maintenance et l'exploitation aux équipes de Dalkia.

”

Thierry Quiquandon, responsable pôle Process du groupe Terreal

Exploitation

Etant une première technologique pour cette industrie, un CPE de 5 ans a été conclu. Dalkia se charge de la conception, réalisation et maintenance avec garanties de performance sur la durée tout en partageant la conduite des installations avec Terreal, permettant une montée en compétences progressive des équipes.

Calendrier du projet

Contrat signé en décembre 2021.
Mise en service en décembre 2024.

Financement

Pour un CAPEX de 3 M€, le projet a bénéficié de l'aide DECARB FLASH (345 k€) et de CEEs spécifiques bonifiés (1072 k€) avec min garanti par le CPE, donnant un temps de retour attendu d'environ 5 ans.

Facteurs de reproductibilité

Reproductible pour tous les équipements industriels avec des séchoirs, surtout basse température, cette brique technologique sera déployée sur d'autres usines en France, dès 2026.

RÉSULTATS OBSERVÉS

Gains énergie : - 11 GWh/an de gaz
+ 2,75 GWh/an électriques
Gains CO₂ : 2 ktCO₂/an

Gains en eau : le recyclage des condensats représente les 2/3 de la consommation d'eau de la ligne de fabrication

- Des capteurs et un monitoring dédié ont été ajoutés dans le cadre du projet, permettant un suivi fin du séchoir.
- Les nouveaux équipements et l'instrumentation associée ont permis une meilleure connaissance du process, optimisant ainsi le séchoir.

Contact projet

Thierry.ambayrac@dalkia.com