

#1

Dossier :

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Extrait de LA REVUE **forge et fonderie** n° 20



FEDERATION FORGE FONDERIE

45, rue Louis Blanc - F-92400 COURBEVOIE

Adresse Postale : CS 30080 F-92038 LA DEFENSE Cedex

Téléphone : +33 (0)1 43 34 76 30 - contact@forgefonderie.org - www.forgefonderie.org



Nicolas CREON
Responsable Environnement
Hygiène & Sécurité
Fédération Forge Fonderie

L'efficacité énergétique dans les forges et les fonderies

Ces dernières années, les économies d'énergie et la réduction des émissions de gaz à effet de serre sont devenues un sujet d'actualité qui bien sûr intéresse nos entreprises mais qui, comme pour tout projet industriel, suscite très vite une question essentielle : « est-ce rentable ? ».

Si les actions les plus simples ont généralement des temps de retour sur investissement rapide, les études préliminaires des projets complexes présentent souvent des temps de retour considérés comme peu compatibles avec les attentes des entreprises.

Pourtant, au moins trois raisons fortes incitent à considérer l'efficacité énergétique avec de plus en plus d'attention. L'une de ces raisons impacte directement le temps de retour sur investissement, les deux autres de manière moins directe mais bien réelle.

La première raison est évidemment financière : l'amélioration de l'efficacité énergétique réduit immédiatement le montant de la facture énergétique.

La seconde est qu'en réduisant la consommation d'énergie, une entreprise réduit également l'incertitude que les variations des prix de l'énergie font peser sur ses coûts de production. En effet, il n'est pas possible de prédire

avec certitude l'évolution des marchés de l'électricité et du gaz et l'expérience de ces dernières années montre qu'ils peuvent varier fortement.

Enfin, l'industrie fait face à une problématique d'image. Malgré les progrès importants réalisés ces dernières décennies en matière de réduction des émissions polluantes, le regard que la société jette globalement sur l'industrie est négatif, comme si les rares accidents ou les mauvais comportements d'un petit nombre d'entreprises suffisaient à effacer les progrès réalisés par la majorité.

Ce regard négatif et la pression qu'il engendre s'expriment notamment par des difficultés de recrutement que pratiquement toutes les entreprises industrielles ont déjà expérimenté. Ces difficultés découlent directement de l'idée répandue que l'industrie est sale, polluante et dangereuse et, malheureusement, ces problèmes de recrutement pourraient être encore accentués si les récentes mobilisations de lycéens et d'étudiants sur les sujets climatiques prennent de l'ampleur.

Face à cela, la solution pour les entreprises ne peut être que d'aller à rebours de la culture passée qui privilégiait la discrétion. Il est aujourd'hui souhaitable qu'elles communiquent

sur toutes leurs réalisations allant dans le sens d'un meilleur respect de l'environnement et de l'amélioration des conditions de travail.

La Fonderie Klein, que nous remercions d'avoir accepté de témoigner dans ce dossier, s'inscrit complètement dans cette démarche. Elle vient de se doter d'un nouvel atelier de production et l'optimisation de ses usages de l'énergie a été un des fils rouges de son projet, avec l'amélioration de sa productivité et des conditions de travail.

De nombreuses entreprises développent des solutions innovantes de valorisation de la chaleur fatale. Nous vous présentons ici les technologies développées par deux start-ups françaises : Ananké met au point un moteur à apport de chaleur externe qui permet de produire de l'électricité à partir d'une source de chaleur perdue et Eco-tech Ceram développe un module permettant de stocker de la chaleur récupérée pour l'utiliser ultérieurement.

Enfin, le dernier article de ce dossier recense et décrit les principaux soutiens financiers qui peuvent être mobilisés pour former ses équipes, réaliser des études préalables et investir dans l'efficacité énergétique.

L'optimisation de l'efficacité énergétique d'une fonderie

La Fédération Forge Fonderie a organisé le 24 septembre dernier une journée sur le thème de l'efficacité énergétique. Cette réunion était accueillie par la Fonderie Klein qui vient de se doter d'un nouvel atelier de production, en cours de mise en service.

Cet article reprend les principaux éléments présentés par André et Erwan Klein concernant ce nouvel atelier.

La fédération les remercie pour leur excellent accueil et pour les informations qu'ils ont bien voulu partager. La Fonderie Klein est une entreprise d'une quinzaine de personnes fondée en 1947. Elle se positionne essentiellement sur un marché de pièces de rechange en alliages cuivreux et en alliages d'aluminium. Grâce à son savoir-faire et à la flexibilité de ses équipements, elle propose un service clef en main à ses clients, situés principalement en France et en Europe.

La Fonderie Klein peut réaliser des pièces allant jusqu'à 600 kg par moulage en sable à vert et utilise également le moulage coquille pour de petites et moyennes séries (pièces jusqu'à 10 kg).

Début 2012, la Fonderie Klein a décidé de moderniser totalement son outil de production en construisant un nouvel atelier de production destiné à accueillir à terme une nouvelle fonderie et les ateliers d'usinage et de modelage.

Plusieurs objectifs ont structuré ce projet, parmi lesquels l'amélioration de la productivité et de la réactivité pour répondre plus rapidement et encore mieux aux demandes des clients, l'amélioration des conditions de tra-



Photo 1 : Four à induction de type « push-out »

vail et de la sécurité au travail, la réduction de la consommation d'énergie et des impacts environnementaux.

La construction d'un nouvel atelier, ou le réaménagement d'un atelier existant, est l'occasion de réorganiser les flux et les espaces de stockage afin de gagner en productivité et en sécurité (réduction des risques de collisions, par exemple).

La Fonderie Klein a saisi cette opportunité pour conduire un important travail sur l'efficacité énergétique de son poste de fusion.

Le choix de fours à induction

Les deux anciens fours fonctionnent au fioul et nécessitent l'utilisation de poches de coulée chauffée au gaz.

Il a été choisi de les remplacer par deux fours à induction de type

« push-out » (photo 1). Avec ce type de four, le métal est fondu dans un creuset que l'on sort du four à l'aide d'un vérin hydraulique. Le creuset sert directement à effectuer la coulée. Cette technologie permet d'atteindre plusieurs des objectifs visés par la Fonderie Klein.

Du point de vue métallurgique d'abord. La maîtrise de la composition de l'alliage est améliorée car, en utilisant un creuset différent par nuance, il est possible de réduire les risques de pollution du métal. De plus, le fait de ne pas transférer le métal fondu dans une poche de coulée réduit l'oxydation et le gazage du métal (principalement dû à la surchauffe nécessaire pour le transfert du métal). Enfin, il n'y a que le creuset à nettoyer alors qu'auparavant il fallait nettoyer le four et la poche de coulée.

Du point de vue de la réactivité face aux demandes clients, l'utilisation d'un creuset par nuance d'alliage et de plus petite capacité permet de réaliser des fusions plus ponctuelles. Enfin, d'un point de vue environnemental, ce type de four à induction ne consomme pas de combustible fossile et présente un rendement énergétique supérieur de 45% au rendement des fours aux fuels utilisés jusqu'ici. En effet, avec cette technologie, le métal et le creuset sont chauffés directement par le champ magnétique. Les réfractaires du four, qui ne sont pas en contact avec le creuset, ne sont chauffés que par le rayonnement du creuset.

La récupération d'énergie sur le dispositif de fusion

Les bobines générant le courant magnétique dans les fours à induction ainsi que l'armoire électrique qui alimente ces fours doivent être refroidies par une circulation d'eau. La chaleur fatale ainsi évacuée est habituellement dissipée par une tour aéroréfrigérante. Plutôt que de s'équiper d'une tour aéroréfrigérante, système à la fois bruyant et consommateur d'électricité, la fonderie a choisi de valoriser la chaleur fatale récupérée pour chauffer l'atelier (voir figure 1).

En été, la chaleur issue du refroidissement des fours et de l'armoire électrique sera stockée dans un échangeur géothermique de type puit canadien. Elle sera récupérée à l'aide d'une pompe à chaleur en automne et au printemps pour le chauffage de l'atelier.

En hiver, la chaleur issue du refroidissement des installations sera directement valorisée dans l'atelier, des ballons d'eau chaude serviront de stockage tampon.

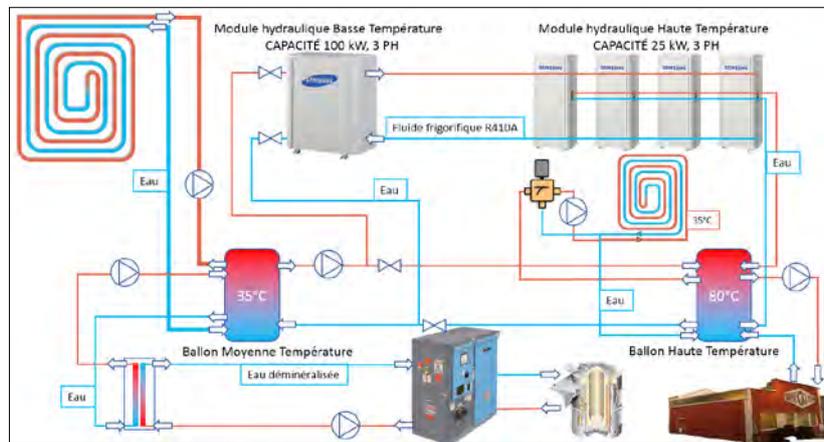


Figure 1 : Schéma de principe de l'installation

Une ventilation naturelle

Le bâtiment a également été pensé afin d'optimiser naturellement le flux d'air. En effet, les vents dominants provenant du Sud créent une dépression naturelle grâce à l'ouverture prévue au niveau du toit (voir figure 2). Ce dispositif, piloté par des vérins, sert également d'exutoire pour les fumées en cas d'accident.

L'investissement et le temps de retour

L'investissement total (études préliminaires, construction du bâtiment et installation de la nouvelle fonderie) s'élève à 1700 k€. Il est difficile d'estimer le temps de retour sur investissement de l'ensemble du projet car les gains attendus se situent sur des plans très différents : la réduction de la facture énergétique, la qualité des produits et la satisfaction des clients, le bien-

être des salariés, l'augmentation de la productivité homme, ...

Il n'est pas possible d'estimer le temps de retour envisageable pour les équipements de récupération, de stockage et d'utilisation de la chaleur fatale tant que ceux-ci n'ont pas fonctionné pendant au moins une année complète. En effet, il s'agit là d'un équipement novateur pour une fonderie et il n'y a pas encore de retour d'expérience d'installations comparables.

Au-delà de la préoccupation du temps de retour sur investissement, il apparaît clairement qu'André et Erwan Klein ont eu comme fil conducteur tout au long de ce projet la volonté de construire une fonderie capable de répondre aux exigences de ses clients en termes de qualité et de délais et aux nouvelles attentes de la société en termes de réduction des impacts sur l'environnement et de bien-être au travail.

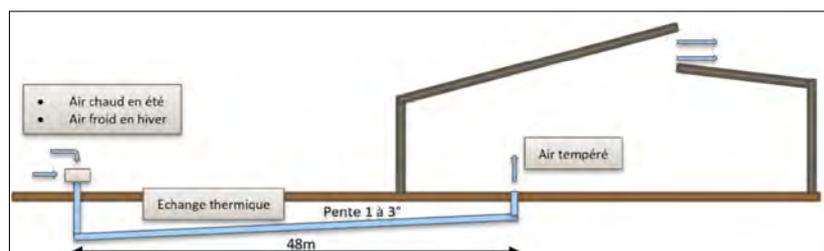


Figure 2 : Ventilation assurée par le puit canadien et une ouverture réglable au niveau du toit

Le moteur Ericsson valorise vos déchets thermiques La chaleur fatale au service de l'efficacité énergétique



Brice BRYON
Ingénieur en aéronautique et spatial
Président - Ananké



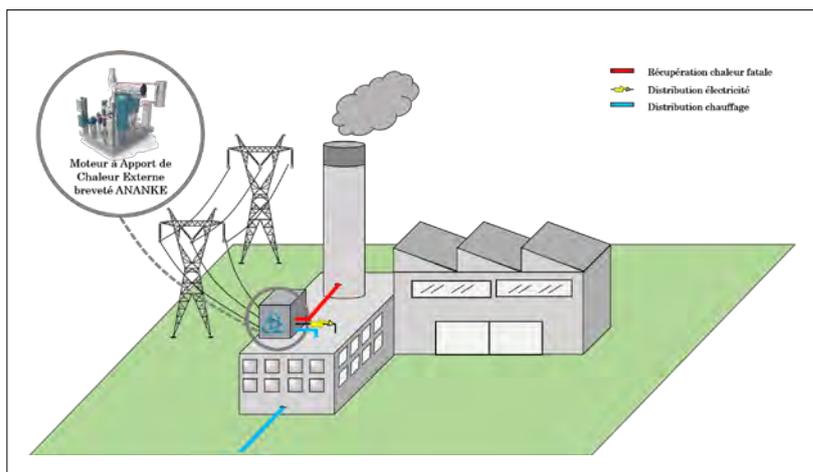
Thibaut CARTIGNY
Ingénieur Mécanique des Fluides et
Énergétique
Directeur Général - Ananké



Mathieu DOUBS
Doctorant génie thermique et énergie
Directeur R&D - Ananké



Pierre RANC
Docteur en énergétique - Application
aux motorisations non conventionnelles
Directeur Technique - Ananké



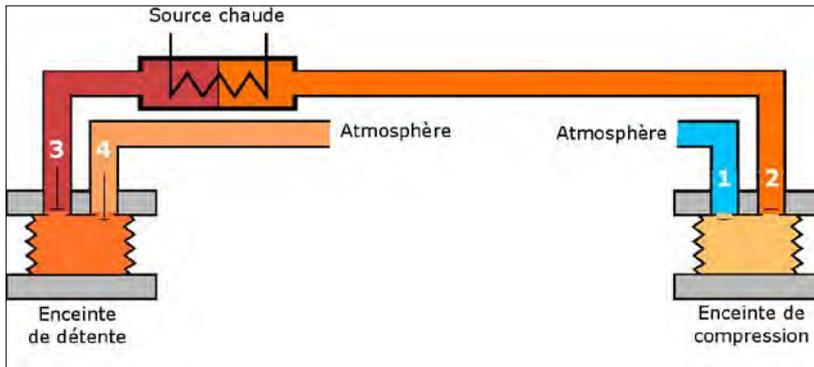
Le projet de valorisation de la chaleur fatale conduit aujourd'hui par Ananké est le fruit de plus de 10 années de recherches fondamentales conjointes avec le laboratoire de recherche scientifique Femto-ST, associé au CNRS, à Belfort. Aux prémices de ce projet, le moteur Ericsson est apparu comme la solution la plus pertinente. Sa capacité à convertir toute source de chaleur en énergie mécanique, sa flexibilité et sa simplicité font de ce moteur à apport de chaleur externe la technologie la plus prometteuse comparativement aux autres technologies telles que les ORC ou les turbines à vapeur. Plusieurs années de maturation ont permis de démontrer la viabilité technico-économique du projet ainsi que de réaliser et tester 4 prototypes en laboratoire. Ces recherches ont abouti en 2011, au dépôt d'un premier brevet proposant une solution technologique innovante.

Grâce aux travaux engagés, le Syntec a décerné au projet le Grand Prix National de l'Ingénierie (G.P.N.I.) en 2015. Finalement, en 2017, la société Ananké est créée dans le but de poursuivre le développement de

la technologie et de permettre sa commercialisation. La technologie développée est alors orientée vers la valorisation de la chaleur fatale dans l'industrie, où le gisement d'économie d'énergie potentiel est colossal.

Définition d'un Moteur à Apport de Chaleur Externe (M.A.C.E) :

Le moteur Ericsson est une machine ditherme qui permet de convertir de la chaleur en travail mécanique à un fluide dont on fait subir des transformations thermodynamiques. Dans son fonctionnement le plus simple, le moteur Ericsson est constitué de deux enceintes à volumes variables et d'un échangeur de chaleur. La première enceinte est celle dite de compression, car elle agit de la même manière qu'un compresseur d'air en augmentant la pression du fluide de travail préalablement admis. La capacité à réaliser cette transformation efficacement est cruciale pour obtenir de bonnes performances. En ce sens, Ananké a déposé un brevet qui permet aujourd'hui de répondre à ce



critère tout en s'assurant une protection solide vis-à-vis de la concurrence. Ensuite, le volume d'air préalablement comprimé est réchauffé à l'aide d'un échangeur de chaleur spécifique capable de garantir un fonctionnement optimal dans la plage de fonctionnement. Cet échangeur est typiquement installé avec un système de by-pass sur la conduite d'évacuation des fumées d'un four à gaz. La perte de charge qu'il occasionne dans la cheminée est anticipée ce qui permet de se prémunir de tout impact sur le fonctionnement du four. Si l'on revient à présent au fluide préalablement comprimé et chauffé, ce dernier est finalement détendu dans une enceinte dite de détente qui elle-même entraîne mécaniquement l'enceinte de compression ainsi qu'un alternateur électrique. Le fluide alors évacué à l'atmosphère présente une température de l'ordre d'une centaine de degrés et peut être valorisé dans un réseau de chaleur par exemple.

Le projet signé Ananké :

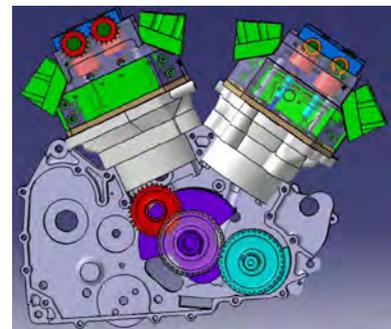
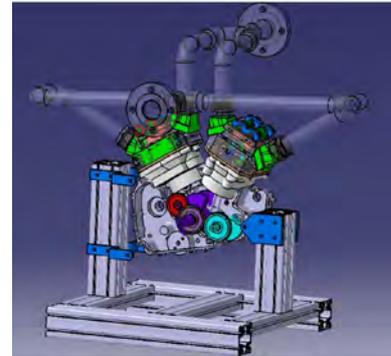
De son extraction à sa consommation, l'énergie est gaspillée à hauteur de 60%. Le résidentiel, le transport et l'industrie sont les premiers consommateurs d'énergie. Rien que dans le secteur industriel français, 51TWh sont rejetés sous forme de chaleur non exploitée (de plus de 100°C) soit l'équivalent de la production électrique de 6 réacteurs nucléaires.

La technologie développée par Ananké permet pour une même installation de convertir la chaleur perdue en fin de process en une énergie plus noble, tout en valorisant l'énergie thermique résiduelle, c'est ce qui s'appelle la cogénération.

Tout flux thermique provenant d'un brûleur de chaudière, d'un moteur ou de n'importe quel équipement générant de la chaleur, et dont la température est au minimum de 450°C, peut être valorisé efficacement en le convertissant en énergie mécanique et en chaleur utile. En fonction des besoins du client, l'entreprise a développé deux solutions technologiques dont une permet de produire de l'air comprimé (ECOCOMPRESSEUR) tandis que la seconde génère de l'électricité (ECOGENERATEUR). Cette dernière peut être autoconsommée ou directement injectée sur le réseau électrique.

Le produit est principalement proposé aux secteurs industriels concentrant la majorité des rejets thermiques tels que la chimie, la métallurgie, la verrerie, la forge et la fonderie.

Ananké a développé deux configurations de produit : la première fait appel à une cinématique rotative proche des moteurs « traditionnels ». La seconde, plus disruptive, fait appel à une cinématique linéaire et à l'utilisation de soufflets métalliques comme enceintes de compression et de détente.



Les premières innovations du moteur concernent un système de contrôle complexe permettant de piloter la machine en temps réel, ainsi que l'utilisation de matériaux ayant subi des traitements de surface spécifiques. Ces solutions offrent au moteur une capacité à exploiter le maximum des flux thermiques valorisés ce qui permet une production électrique à haut rendement (plus de 30%). Ces découvertes font partie intégrante du savoir-faire d'Ananké.

De plus, Ananké a développé un concept (faisant l'objet d'un brevet) permettant de modifier la cylindrée du moteur en fonction de la charge ou de la puissance thermique disponible.

Dans le cadre de la version linéaire du moteur encore en phase de R&D, cette solution utilise des soufflets métalliques en lieu et place des ensembles pistons/cylindres actuellement présents dans les moteurs « traditionnels ». Outre les avantages liés aux pertes mécaniques et à l'étan-

chéité, ce nouveau concept s'affranchit de tout système de lubrification et permet de faire varier en ligne les volumes internes (la « cylindrée » du moteur) tout en conservant la possibilité de modifier le cycle thermodynamique. Ces améliorations seront intégrées à la prochaine version du moteur et permettront d'accroître le rendement du moteur et donc de réduire le prix du kilowatt installé.

À l'heure actuelle, Ananké est en phase d'industrialisation avec le montage du premier démonstrateur industriel de l'ECOCOMPRESSEUR. L'installation sur site pilote est prévue début 2020 suivie par la phase de commercialisation. L'ECOGENERATEUR sera, quant à lui, mis sur le marché fin 2020.

Pour illustrer les retombées économiques, une étude de cas a été menée sur un site de fonderie :

ECOCOMPRESSEUR	
Puissance équivalente électrique module	40 kW
Prix de vente module Ananké	90 k€
Disponibilité source chaleur	82 % sur l'année
Production annuelle de chaleur	383 MWh/an
Besoin chaleur sur le réseau	70 % sur l'année
Prix du MWh de chaleur	67,5 €/MWh
Revenu chaleur exploitant	18 k€/an
Production annuelle d'électricité éq	287 MWh
Prix de l'électricité du site	65 €/MWh
Revenu électrique exploitant éq	18,68 k€/an
Maintenance	9 k€/an
ROI	3,2 ans

Installer un démonstrateur d'une puissance de 40kWe sur un site pilote permet 1 566 MWhep d'économie d'énergie primaire par an soit une réduction des émissions de CO₂ annuelle de 42,5 Tonnes.

Une fois les frais de maintenance déduits, l'industriel réalise ainsi une économie de 27 680 € par an avec un retour sur investissement d'environ 3 ans.

Le projet Ananké participe ainsi à la création de nouvelles opportunités pour atteindre les objectifs climatiques de l'UE et stimule les entreprises éco-innovantes appartenant à la chaîne de valeur de l'énergie décarbonée.

Plus d'économies, moins de CO₂

Eco-Tech Ceram au service de l'industrie lourde

Radia SLIMANI
Gestion en communication stratégique
ECOTECH CERAM



La première unité commerciale de l'Eco-Stock® est installée chez Céramiques et Développement (19).

Aujourd'hui, les industries lourdes perdent 20 à 40% de l'énergie qu'elles consomment à travers les déperditions de chaleur. Cette chaleur fatale non récupérée représente un gaspillage colossal. Pour les températures supérieures à 200°C, on parle de 4000 TWh/an (l'équivalent de la consommation annuelle en électricité de 430 millions de foyers), 200 milliards d'euros ou encore 2 500 millions de tonnes de CO₂eq à l'échelle mondiale (source : ADEME et US Department of Energy).

La valorisation massive de cette ressource en chaleur est freinée par le CAPEX trop élevé des solutions actuelles et la faible capacité d'investissement des industriels : il est urgent de proposer des solutions au coût maîtrisé, robustes, rentables, et d'apporter conjointement des solutions de financement.

Face à ce constat, Eco-Tech Ceram a développé l'Eco-Stock® pour stocker la chaleur fatale haute température issue des fumées propres des fours industriels. Cette solution technique clef en main a déjà été adoptée par la société Céramiques et Développement qui a augmenté sa production et son

efficacité énergétique sans avoir à investir grâce à un tiers-financiers partenaire d'Eco-Tech Ceram.

Eco-Tech Ceram (ETC) est une société spécialisée en écologie industrielle, lauréate du Concours Mondial de l'Innovation, reconnue pour ses travaux dans les domaines de l'efficacité énergétique et de l'économie circulaire. Elle a développé l'Eco-Stock® une solution de stockage et de valorisation de chaleur fatale robuste,

durable et rentable. Ses hautes performances techniques, économiques et environnementales (cf. *Caractéristiques de l'Eco-Stock®*) laissent présager un fort développement.

Entièrement conçue localement (emplois et ressources), sans nécessiter de matériaux rares ou stratégiques, cette solution a reçu de nombreux soutiens et distinctions (Bpifrance, Ademe, PEXE, GreenTech Verte, Région Occitanie, H2020, World alliance, EDF et ArcelorMittal).

L'Eco-Stock® s'adresse en priorité aux industriels des secteurs de la sidérurgie, la métallurgie et la céramique ayant recours à des fours à fumée propre mais également aux distributeurs de chaleur et aux tiers-financiers en France et à l'international. La chaleur produite par l'Eco-Stock® est décarbonée et 80% moins chère que le gaz naturel.

Le principe de fonctionnement est simple : les fumées sont aspirées dans les cuves de stockage. À leur contact, les matériaux de stockage captent l'énergie thermique et montent en température. Une fois captée, la chaleur peut être stockée plusieurs heures. Au moment souhaité, de l'air ambiant est poussé au travers de l'Eco-Stock® pour récupérer la chaleur cédée par les matériaux avec un rendement de 90 %. En sortie d'Eco-Stock®, la chaleur décarbonée peut servir au séchage de matière, au préchauffage d'air de combustion, à la production d'eau chaude, de froid, ou d'électricité.

Source de chaleur	Chaleur perdue dans des fumées propres (T <1300°C)
Eco-conçue	Céramiques issues de l'économie circulaire
Puissance	1 MW thermique
Capacité	3 MWh à 900°C (l'équivalent de 2 barils de pétrole)
Durée de vie	Supérieure à 25 ans
Économies	50 000 €/an
ROI moyen	5 ans
GES évitées	1000 tCO ₂ eq/an

Caractéristiques d'un Eco-Stock® standard

Un modèle économique qui permet aux industriels de s'équiper sans nouvel investissement

Le premier industriel conquis par l'Eco-Stock® est Nicolas Ducrot, dirigeant de Céramiques et Développement, producteur de tuiles en Corrèze (sous la marque Tégulys). Partant du constat que la cuisson des tuiles est un processus très énergivore et que la durée de la cuisson et du refroidissement limitent la capacité de production des fours, Nicolas Ducrot a envisagé une ré-organisation de son processus de production basé sur l'intégration d'un Eco-Stock®. Celui-ci permet de récupérer l'énergie des fumées du four qui sera utilisée de manière déphasée pour sécher et amener les pièces à 400 °C avant la cuisson des tuiles. Ainsi, l'Eco-Stock® permet à l'industriel de presque tripler sa capacité de production tout en économisant 12 % de l'énergie nécessaire à la fabrication des tuiles.

Puisque suffisamment rentable, notre solution a convaincu BNP Paribas

pour son financement, et chaque mois pendant 5 ans, Nicolas Ducrot reverse une partie des économies réalisées pour rembourser l'installation.

En effet, au-delà d'être une solution technique éprouvée et sûre, elle est également finançable. Afin que les industriels puissent générer des économies sans avoir à investir, Eco-Tech Ceram fait intervenir des tiers-financiers qui investissent dans l'installation de stockage. Ces derniers sont ensuite remboursés par l'industriel avec une partie des économies réalisées.

Cette innovation démontre ainsi que développement économique et gain en compétitivité riment avec efficacité énergétique et que la transition énergétique par des solutions éprouvées et innovantes est à la portée de tous, y compris des petites entreprises.

Impliquer les citoyens dans la transition énergétique

Comme souligné dans une récente tribune d'Arnaud Leroy, Président de

l'ADEME, « la question sociale est au cœur de la transition écologique, car le changement de modèle est aussi un levier pour améliorer la qualité de vie de chacun. C'est pourquoi les populations doivent être associées au développement des solutions et mises en capacité de se les approprier, rapidement. »

Pour accélérer la transition énergétique et dans le cadre de sa forte politique RSE, Eco-Tech Ceram a à cœur d'avancer avec les industriels, les territoires mais également les citoyens. Plus de 30 % de son capital est détenu par des citoyens engagés qui ont financé une partie de la croissance d'Eco-Tech Ceram aux côtés de AKUO ENERGY, KIC Inno ENERGY, l'ADEME, la Bpifrance, la Région Occitanie et l'Europe.

Eco-Tech Ceram offre actuellement **une nouvelle opportunité d'investissement vert en proposant aux citoyens de participer à une levée de fonds sous forme d'obligation à 6% sur 3 ans et ceci jusqu'à la fin décembre 2019**. L'objectif de la collecte s'élève à 400 000 €, afin d'accélérer le déploiement commercial de l'Eco-Stock® : à l'horizon 2023, l'objectif est de mettre en service au minimum 100 Eco-Stock®, évitant ainsi l'émission de 100 000 tCO₂eq (soit la consommation de 10 000 français sur un an).

Plus d'information sur cette opportunité d'investissement sur LITA.co, la plateforme de financement responsable ou sur www.ecotechceram.com.



« Nous sommes le premier site industriel à accueillir la solution Eco-Stock® développée par la société Eco-Tech Ceram. La confiance et le soutien de la Région (Nouvelle Aquitaine) ont été déterminants pour valider le bien-fondé de cette solution et l'adapter sur mesure aux besoins de Céramiques et Développement. Au final nous sommes doublement satisfaits : la solution Eco-Stock® permet d'améliorer l'efficacité énergétique de la cuisson mais également d'augmenter notre capacité de production. »

Nicolas DUCROT, Dirigeant de Céramiques et Développement.

Le financement de l'efficacité énergétique

Toute opération d'amélioration de l'efficacité énergétique commence par une étude précise de l'installation pour identifier les gisements d'amélioration : amélioration des procédés existants, valorisation de sources de chaleur fatale (=chaleur perdue), meilleure utilisation des ressources disponibles.

Sur les bases de cette première étude, des projets d'efficacité énergétique peuvent être envisagés à partir des pistes identifiées et une seconde étude de conception des procédés et de validation de leur viabilité, tant technique qu'économique, sera réalisée.

L'entreprise dispose alors des éléments nécessaires pour décider de lancer, ou non, des investissements.

Pour chaque étape d'un projet d'efficacité énergétique, les entreprises peuvent bénéficier d'un soutien financier, sous forme de subventions ou d'avances remboursables, ou faire appel à des solutions de financement innovantes.

Former un référent Energie

Une démarche d'amélioration de l'efficacité énergétique commence, bien souvent, par l'acquisition des compétences dont l'entreprise aura besoin pour échanger avec chacune des entreprises auxquelles elle fera ensuite appel.

Le programme PRO-REFEI permet aux entreprises d'acquérir les compétences nécessaires pour améliorer la maîtrise de leurs consommations d'énergie. Il s'agit d'un programme de formation à destination des salariés

en charge de l'efficacité énergétique ou souhaitant le devenir (Responsables de production, Responsables de maintenance, Responsables de travaux neufs, Responsables QSE, Chef d'entreprise, Responsables achat, ...).

Cette formation se déroule en trois parties :

- Un MOOC (6 heures), formation à distance pour réviser ou acquérir les connaissances théoriques fondamentales de l'efficacité énergétique en industrie,
- Un stage présentiel (2 jours), pour apprendre notamment à structurer et piloter une démarche d'efficacité énergétique, à comprendre et interpréter l'état des lieux des consommations énergétiques, à identifier des axes d'amélioration de la performance énergétique et à élaborer et suivre un plan d'actions,
- Un accompagnement individuel en situation de travail sur plusieurs semaines, pour mettre en œuvre et coordonner concrètement, au sein de l'entreprise, une ou des actions de maîtrise de l'énergie, avec le soutien du formateur-accompagnateur.

Dans le cadre de PRO-REFEI, les coûts de formation sont pris en charge à 100% si l'effectif SIREN est inférieur à 300 et à 50% s'il est supérieur ou égal à 300. Ce programme peut soutenir jusqu'à trois parcours de formation par numéro SIREN.

PRO-SMEn est développé et géré par l'Association Technique Energie Environnement (ATEE).

Acquérir des compétences dans le financement de l'efficacité énergétique

Le financement de certains projets d'envergure peut s'avérer complexe et être la cause de l'échec du projet.

Pour réduire ce risque, le Ministère de la transition écologique et solidaire et l'ADEME ont décidé de développer un programme de formation à destination des acteurs du financement : Directeurs financiers des entreprises, Experts comptables, banques et investisseurs.

Ce programme est construit en 3 volets :

- Une formation à distance et en présentiel sur les aspects techniques et financiers, suivie d'un accompagnement personnalisé technique, juridique et fiscal sur le montage de projets d'efficacité énergétique,
- Un hub d'outils (analyses et baromètres, aide à la décision, ...) et de bonnes pratiques,
- Une communauté favorisant les échanges et un accompagnement en continu.

Le programme INVEEST est opéré par la société Greenflex, pour le compte du Ministère de la transition écologique et solidaire.

Financer la mise en place d'un système de management de l'énergie

La mise en place d'un système de management de l'énergie permet d'intégrer la recherche d'efficacité énergétique à la démarche globale d'amélioration continue de l'entreprise.

PRO-SME est un programme d'information et d'action qui a pour objectif d'accélérer le déploiement de la norme ISO 50001 sur le territoire national. Il encourage et soutient financièrement la mise en place de systèmes de management de l'énergie conformes à la norme ISO 50001 par le versement d'une prime. Cette prime est égale à 20% des dépenses énergétiques annuelles des sites certifiés, plafonnée à 40.000 € HT.

La demande d'aide se fait en deux temps :

- Les entreprises intéressées doivent tout d'abord envoyer leur questionnaire d'identification (avant le 9 décembre 2020),
- Une fois la certification ISO 50001 obtenue, elles envoient leur demande d'aide (avant le 1^{er} octobre 2021).

PRO-SME est coordonné et géré par l'Association Technique Energie Environnement (ATEE).

Financer les études préalables

La réalisation des études préalables à tout investissement d'efficacité énergétique (audit énergétique (non obligatoire), étude de gisement, étude de faisabilité, ...) peut être aidé par l'ADEME jusqu'à 50% de leur coût. Un bonus de 10 à 20% est octroyé aux PME.

Pour en savoir davantage, les entreprises doivent contacter directement l'agence ADEME de leur région.

Financer les investissements via les Certificats d'économies d'énergie

Il est préconisé d'améliorer l'efficacité énergétique des procédés avant d'envisager la valorisation des gise-

ments de chaleur fatale, car l'énergie la moins chère est celle que l'on ne consomme pas.

L'amélioration de l'efficacité énergétique des procédés, mais aussi des installations connexes (chauffage des locaux, éclairage, ...), peut être soutenu financièrement par les certificats d'économie d'énergie (CEE).

Depuis près de deux ans, la valeur des CEE a fortement augmenté, rendant de nouveau ce dispositif attractif pour les entreprises.

Des fiches d'opérations standardisées sont fixées par arrêté pour les opérations les plus fréquentes : brûleurs avec récupération de chaleur, moto-variateurs, moteurs asynchrones IE4, ... Ces fiches définissent, pour chaque opération, le montant forfaitaire d'économies d'énergie en kWh cumac, montant qui permet de calculer la prime dont pourra bénéficier l'entreprise.

Pour les opérations complexes et qui ne font pas l'objet d'une fiche d'opération standardisée, il est possible de monter un dossier d'opération spécifique.

Qu'il s'agisse d'opérations standards ou spécifiques, il est recommandé de faire appel à une société spécialisée pour monter un dossier CEE.

Investir dans la valorisation de la chaleur fatale

La chaleur fatale est la chaleur résiduelle issue d'un procédé et non utilisée par celui-ci : par exemple la chaleur contenue dans les fumées d'un four ou s'échappant par ses parois.

Le principal dispositif de financement des équipements de valorisation de la chaleur fatale est le Fonds Chaleur. Les investissements éligibles à ce dispositif sont le captage

de la chaleur résiduelle, le stockage et la remontée en température ainsi que la distribution et la valorisation en interne ou vers un réseau.

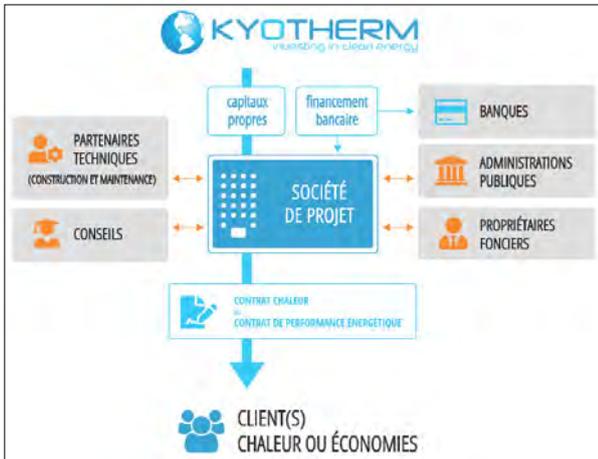
Les principales conditions d'éligibilité au Fonds Chaleur sont :

- la valorisation de l'énergie récupérée vers un autre procédé unitaire et sous forme de chaleur ou pour la production de froid,
- les systèmes de remontée de température, s'ils permettent de valoriser un nouveau gisement d'énergie par rapport à la situation initiale et à condition de permettre un gain en énergie primaire,
- le remplacement d'équipements existants lorsque la quantité de chaleur valorisée augmente (prise en charge du surcoût),
- d'avoir mené une étude énergétique préalable (diagnostic énergétique ou étude de faisabilité) permettant de caractériser le gisement de chaleur fatale, de faire un état des lieux sur les besoins énergétiques du site, d'identifier les actions d'économie d'énergie à mener, d'avoir défini un plan d'actions et de définir la meilleure stratégie de valorisation de la chaleur.

L'aide apporté par le Fonds Chaleur au financement des équipements de captage et de valorisation de la chaleur fatale peut atteindre 30% du montant de l'investissement, avec un bonus de 10 à 20% pour les PME.

Les investissements dans le réseau de distribution est aidé par le Fonds Chaleur jusqu'à hauteur de 60% du montant de l'investissement, avec un bonus de 5 à 10% pour les PME.

Certaines opérations de valorisation de la chaleur fatale sont décrites par des fiches standardisées dans le cadre des CEE et ne peuvent pas bénéficier du Fonds Chaleur.



Recourir au tiers-financement

Les projets d'amélioration de l'efficacité énergétique sont souvent coûteux et ne font pas toujours partie des priorités des entreprises. Dans ce contexte, le tiers-financement peut représenter une solution intéressante, notamment si la méthode de financement retenue permet à l'industriel de conserver sa capacité de financement pour son cœur de métier.

Ce type de service a été développé par Kyotherm, une société spécialisée dans le développement et le financement de projets de production de chaleur renouvelable et d'économies d'énergie. En effet, Kyotherm assume le risque lié au financement au travers d'une société de projet créée pour l'occasion et l'industriel sécurise son projet au travers d'un contrat de fourniture de chaleur ou de performance énergétique (voir illustration).

Cette société a, à ce jour, financé une vingtaine de projets industriels dont des installations de récupération de chaleur fatale et des contrats de performance énergétique, notamment deux projets pour ArcelorMittal à Fos-sur-Mer et Saint-Chély-d'Apcher.

Elle s'appuie sur son expertise et ses projets déjà financés pour apporter un coût du capital, et donc un coût de l'énergie, optimisé de manière à ce que les projets sélectionnés permettent de réaliser de fortes économies en termes de coûts d'exploitation.

Nicolas Créon