

Efficacité énergétique dans les Industries agroalimentaires

« Forum régional pour l'optimisation de
l'utilisation des fluides dans les
procédés de fabrication
de l'industrie agroalimentaire »

10 juin 2010 – Polytech Lille

Organisé par le Certia Interface, AQUIMER et le RMT (Réseau Mixte
Technologique) Gestion durable des fluides

Synthèse

Sommaire

Accueil des participants, présentation du RMT et introduction sur les enjeux énergétiques des IAA	3
Accueil.....	3
Pierre-Henry DEVILLERS.....	3
Le RMT gestion durable des fluides, ses partenaires et le contexte énergétique des Industries agroalimentaires	3
▪ <i>Le fonctionnement interne du RMT</i>	<i>4</i>
▪ <i>Les enjeux énergétiques des IAA.....</i>	<i>4</i>
Première session.....	5
Les dispositifs d'aides de l'ADEME	5
Hélène RIVIERE-KALUC	5
▪ <i>Les Certificats d'économie d'énergie (CEE).....</i>	<i>5</i>
▪ <i>Les autres dispositifs d'aides.....</i>	<i>6</i>
Les outils méthodologiques de diagnostic énergétique	7
Jean-François LUCAS.....	7
▪ <i>Quelles solutions apporter à l'inflation énergétique ?.....</i>	<i>7</i>
▪ <i>Les diagnostics énergétiques</i>	<i>7</i>
▪ <i>Des exemples concrets de diagnostics énergétiques</i>	<i>8</i>
▪ <i>L'intégration énergétique.....</i>	<i>10</i>
Les procédés industriels motorisés	10
François LUCAS.....	10
▪ <i>Présentation de Tecaliman.....</i>	<i>10</i>
▪ <i>Les principaux points d'action et d'amélioration</i>	<i>11</i>
▪ <i>Les systèmes motorisés.....</i>	<i>11</i>
▪ <i>Les caractéristiques de charges à entraîner.....</i>	<i>11</i>
▪ <i>L'optimisation de l'application</i>	<i>11</i>
▪ <i>L'optimisation du système motorisé</i>	<i>12</i>
▪ <i>Le rendement des moteurs électriques asynchrones</i>	<i>12</i>
▪ <i>Le retour d'expérience de l'entreprise Le Gouessant.....</i>	<i>13</i>
Deuxième session	14
Les procédés industriels de chauffage, de cuisson et de séchage.....	14
Isabelle GOULLIEUX	14
▪ <i>La procédure d'audit.....</i>	<i>14</i>
▪ <i>Une méthodologie en deux parties.....</i>	<i>14</i>
▪ <i>Les préconisations issues du couplage des données énergétiques et produits.....</i>	<i>16</i>
▪ <i>Retours d'expérience</i>	<i>17</i>
▪ <i>Retour d'expérience de la biscuiterie de l'Abbaye.....</i>	<i>18</i>
▪ <i>Echanges avec la salle</i>	<i>18</i>
Le froid industriel	18
Jacques GUILPART.....	18
▪ <i>Les applications du froid en agroalimentaire.....</i>	<i>19</i>
▪ <i>La consommation électrique des applications du froid agroalimentaire</i>	<i>19</i>
▪ <i>Les enjeux d'un audit énergétique</i>	<i>19</i>
▪ <i>Le froid n'est pas une utilité à part</i>	<i>20</i>
▪ <i>Le procédé froid n'est pas figé</i>	<i>21</i>
▪ <i>L'enjeu financier n'est pas le seul critère de décision.....</i>	<i>21</i>
▪ <i>Les autres économies d'énergie.....</i>	<i>21</i>
▪ <i>Les pistes d'économie d'énergie dans les IAA</i>	<i>21</i>
▪ <i>Echanges avec la salle</i>	<i>22</i>
Sigles	24

Accueil des participants, présentation du RMT et introduction sur les enjeux énergétiques des IAA

Accueil

Pierre-Henry DEVILLERS

Association pour le Développement de l'Institut de la Viande (ADIV)

Basé à Clermont-Ferrand, l'ADIV est un institut technique agro-industriel (ITAI) spécialisé dans les filières viandes toutes espèces confondues et positionné sur le champ d'activité de l'abattage jusqu'à la transformation des produits carnés. L'ITAI est composée d'une équipe de 45 ingénieurs, doctorants ou techniciens qui constitue le partenaire privilégié des professionnels de l'aval de la filière viande pour le développement et l'innovation. L'ADIV est dotée d'outils spécifiques uniques dont notamment une plate-forme de 1 000 m² dédiée à la transformation des viandes.

L'ITAI s'est organisé autour de pôles d'activité au service des professionnels. Je représente le pôle d'activité Environnement et j'interviens sur cette thématique qui comprend notamment les domaines de l'énergie, de l'eau et des déchets. Par ailleurs, je coanime, avec François Lucas, Tecaliman, le Réseau Mixte Technologique (RMT) « gestion durable des fluides ».

Avant de vous présenter un peu plus en détail ce dispositif, je souhaite vivement remercier Polytech'Lille qui nous donne l'occasion de réaliser un colloque constructif dans un cadre agréable et bien adapté aux besoins de ce colloque. Je remercie également tous les partenaires de cet événement et j'adresse un remerciement plus particulier à Frédérique Martin du CERTIA Interface et à Mathilde Coquelle du pôle de compétitivité AQUIMER pour leur forte implication dans la concrétisation de cet événement.

Le RMT gestion durable des fluides, ses partenaires et le contexte énergétique des Industries agroalimentaires

Les RMT sont de nouvelles modalités de partenariat qui ont été créées par le ministère de l'Agriculture en 2007. Ils permettent d'apporter un soutien à l'animation des réseaux de partenaires et rassemblent des compétences et des outils multiples. Ainsi, le RMT gestion durable des fluides regroupe six instituts agroalimentaires spécialisés dans leurs filières qui sont associés à des partenaires aux compétences plus transversales : le CETIAT¹, l'ENSIL², le Cemagref, ENITIAA³, le lycée agricole de Marmilhat, le CRITT PACA⁴ et AQUIMER.

¹ Centre technique des industries aéronautiques et thermiques

² Ecole nationale supérieure d'ingénieurs de Limoges

³ Ecole nationale d'ingénieurs des techniques des industries agricoles et alimentaires

⁴ Centre régional pour l'innovation et le transfert de technologie Provence-Alpes-Côte d'Azur

Le RMT poursuit trois objectifs généraux majeurs :

- assurer la maîtrise énergétique de la production des fluides dans le respect de la qualité globale des produits alimentaires
- renforcer l'efficacité énergétique des procédés de fabrication des Industries agroalimentaires (IAA) pour contribuer à l'appui des investissements et des choix d'ingénierie
- contribuer à améliorer l'image des entreprises et leur acceptabilité par le consommateur.

Pour atteindre ces objectifs, le programme d'activités du RMT se décompose en trois axes. Tout d'abord, un axe structurant permet d'enrichir une cellule commune de moyens matériels et de compétences humaines. Cette cellule est le support de développement d'un axe technique qui permet l'élaboration de projets d'études collectifs. Enfin, le dernier axe participe à la diffusion des connaissances et des compétences acquises par le biais de publications d'articles, de formations ou de colloques.

▪ **Le fonctionnement interne du RMT**

Nous avons mis en place une cellule d'animation chargée d'échanger avec des référents spécifiques à chaque type de fluides. Au travers d'un comité de pilotage, nous travaillons à l'émergence de projets qui peuvent porter sur un fluide, une opération unitaire ou une filière. Ce travail permet de construire des projets collectifs d'intérêt pour les professionnels des IAA.

▪ **Les enjeux énergétiques des IAA**

Le secteur des IAA compte de nombreuses filières qui ont chacune leurs spécificités. A l'intérieur même d'une filière, il n'est pas rare de trouver encore des spécificités. Le secteur de la viande, par exemple, est constitué de trois types d'entreprises différentes : la production de viandes de boucherie, la production de volailles et la préparation industrielle de produits à base de viandes. Le secteur des IAA est un secteur d'activité important avec près de 3 000 entreprises de plus de 20 salariés d'après l'enquête annuelle 2007 de l'Agreste.

Le secteur des IAA réalise aussi un Chiffre d'affaires (CA) important avec plus de 135 milliards d'euros et paie une facture énergétique de 2,3 milliards d'euros d'après cette même enquête. Le rapport entre dépenses énergétiques et CA varie selon les filières considérées ce qui témoigne du fait que certaines filières sont plus sensibles aux dépenses énergétiques que d'autres. Pour autant, certaines filières comme, **le secteur de la viande ne consomme que 13 % de l'énergie utilisée par les IAA pour un CA relativement élevé**. Ce secteur est pourtant très sensible aux économies d'énergie car les marges dégagées par ce secteur d'activité sont très faibles. Ainsi, la moindre économie d'énergie vient peser de manière très importante sur le résultat net de l'entreprise.

Le secteur des IAA est à l'origine de 14 % de la consommation d'énergie de l'industrie française. La consommation énergétique des IAA – en tonnes équivalent pétrole – continue d'augmenter, 5 500 000 TEP en 2007 contre 5 300 000 TEP en 2006. Les IAA ont principalement consommé du gaz à hauteur de 63 % et de l'électricité pour 37 %. Parmi les combustibles fossiles, la consommation de gaz naturel a crû avec la substitution progressive du fioul lourd par le gaz.

Première session

Les dispositifs d'aides de l'ADEME⁵

Hélène RIVIERE-KALUC

Direction productions et énergies durables, service entreprises et EcoTechnologies, ADEME

▪ **Les Certificats d'économie d'énergie (CEE)**

Le dispositif CEE a été mis en place en 2005 par la loi de programmation de l'énergie. L'Etat impose aux fournisseurs d'énergie, les « obligés », d'aider leurs clients à réaliser des économies d'énergie ; leurs résultats seront récompensés par l'obtention d'un certificat. Ces obligés peuvent également acheter les certificats à des acteurs « éligibles », qui auront mis en œuvre des programmes d'économie d'énergie.

Chaque obligé doit obtenir un nombre prédéfini de certificats, dont l'unité de mesure est le kWh cumac (économies d'énergie cumulées sur la durée de vie de l'équipement, et actualisées). Les obligés doivent atteindre un certain nombre de kWh cumac sur une période considérée. S'ils n'atteignent pas l'objectif, ils devront payer 2 cents d'euros par kWh cumac (non économisés par rapport à l'objectif). Le kWh cumac est une unité propre aux CEE. Puisqu'il s'agit d'un forfait, les économies d'énergie réelles seront différentes.

La première période considérée s'est terminée le 1^{er} juillet 2009. Les acteurs éligibles étaient les collectivités publiques et les entreprises. Pour la deuxième période, qui commencera en septembre 2010, les pouvoirs publics ont décidé, afin de simplifier le dispositif d'instruction des certificats, de restreindre le nombre d'éligibles aux collectivités publiques, à l'ANAH⁶ et aux bailleurs sociaux⁷.

C'est l'autorité administrative, les Directions régionales de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE) en régions, qui délivre les CEE aux obligés. Les éligibles, qui réalisent des opérations d'économie d'énergie, peuvent déposer des certificats en nom propre – ce qui crée un marché d'échanges sur lequel les obligés peuvent acheter les CEE. Pour la deuxième période, les entreprises ne pourront plus déposer de CEE en nom propre. Pour participer au dispositif, elles devront construire des partenariats avec les obligés. Le marché d'échanges sera donc beaucoup moins important. Par exemple, pour une Variation électronique de vitesse (VEV) sur un moteur, une entreprise devra s'adresser directement à EDF ou à GDF. C'est une perte d'indépendance pour les entreprises, mais un moyen de mieux accompagner les investissements.

⁵ Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

⁶ Agence nationale de l'habitat

⁷ Ces modifications sont enregistrées dans l'article 27 du projet de loi Grenelle II qui sera probablement adoptée durant l'été 2010

Il existe deux types d'opérations d'économie d'énergie :

- les opérations standardisées, qui respectent un forfait de kWh cumac inscrit dans une fiche (établie en fonction d'hypothèses simplificatrices) ; chaque secteur d'entreprises dispose d'un catalogue évolutif de fiches (dans l'industrie⁸, il y en a 22).
- les opérations non standardisées : dans l'industrie, il est difficile d'aboutir au calcul d'un forfait de kWh cumac car les économies d'énergie dépendent de paramètres qui ne sont pas standardisables ; l'économie d'énergie sera donc détaillée et justifiée.

L'ADEME assure l'expertise des opérations non standardisées. Dans le cadre des opérations standardisées, elle intervient uniquement avant l'établissement des fiches. Le dépôt des CEE s'effectue directement auprès des autorités administratives.

Durant la première période, l'objectif total d'économie d'énergie de tous les obligés était seulement de 54 TWh cumac. En septembre 2010, les fournisseurs de carburant deviendront des obligés. L'obligation totale s'élèvera à 345 TWh cumac (dont 255 TWh cumac pour les obligés actuels et 90 TWh cumac pour les nouveaux entrants).

Dans la démarche globale de maîtrise de l'énergie, le CEE peut permettre aux entreprises de réduire la durée de retour sur investissement. Toute démarche d'économie d'énergie doit être programmée et un investissement permet de réduire la facture énergétique.

▪ Les autres dispositifs d'aides

L'aide à l'investissement, aide à l'utilisation rationnelle de l'énergie

L'aide à l'investissement et l'aide à l'utilisation rationnelle de l'énergie concernent des opérations exemplaires ou de démonstration. Pour en connaître les modalités, l'entreprise doit contacter la direction régionale de l'ADEME. Le système d'aides doit évoluer car, aujourd'hui, le dispositif est peu utilisé.

L'aide à la décision

Le dispositif d'aide à la décision s'organise en trois étapes :

- un pré-diagnostic énergétique de deux jours
- un diagnostic énergétique (plus long)
- des études de faisabilité ciblées.

L'ADEME peut financer ces étapes à hauteur de 50 %. Le bureau d'étude sollicité pour réaliser les études et diagnostics doit être indépendant. L'utilisation de ce dispositif dépend des accords signés entre l'ADEME régional et la Région. En Nord – Pas de Calais, les opérations de diagnostic énergétique collectives sont privilégiées.

Dans ce cadre, l'ADEME accompagne également l'écoconception, le management environnemental et la réalisation de bilans carbone. Pour toutes ces aides, le portail Internet DIAGADEME⁹ a été récemment créé. Les bureaux d'études peuvent s'y inscrire, les cahiers des charges et les restitutions d'informations y seront disponibles.

⁸ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-Fiches-d-operations.html>

⁹ www.diagademe.fr

Les aides aux énergies renouvelables

L'ADEME a mis en place un fonds chaleur pour soutenir le développement de l'utilisation de la biomasse énergétique, du solaire et de la géothermie. Dans ce cadre, un appel à projet pour l'installation d'une chaufferie biomasse est lancé chaque année dans l'industrie.

Le soutien à la recherche

L'ADEME finance des thèses et des projets de recherche (connaissances nouvelles, recherche expérimentale, recherche industrielle). Dans le cadre du programme « TOTAL-ADEME » sur l'efficacité énergétique dans l'industrie, l'ADEME et TOTAL soutiennent financièrement la démonstration de technologies nouvelles permettant d'améliorer l'efficacité énergétique des utilités et des technologies transverses. Un appel à manifestation d'intérêt est lancé chaque année.¹⁰

Les autres soutiens de l'ADEME

L'ADEME apporte un soutien technique par l'édition de guides¹¹ et de fiches pratiques. Elle dispense également des formations et organise des journées techniques et des colloques. L'ADEME a publié deux cahiers des charges, sur le pré-diagnostic énergétique et sur le diagnostic énergétique.

Les outils méthodologiques de diagnostic énergétique

Jean-François LUCAS

Responsable de marché procédés industriels, CETIAT

Le CETIAT a été créé en 1960. Le CETIAT a mené de nombreuses études sur l'optimisation et la faisabilité de *process* thermiques et aérauliques, puis a développé des compétences particulières en matière de diagnostic énergétique de sites industriels.

▪ **Quelles solutions apporter à l'inflation énergétique ?**

Les pouvoirs publics ont mis en place un certain nombre de solutions industrielles pour faire face à l'inflation énergétique :

- des quotas de CO₂, pour amener les entreprises à mieux réfléchir à l'utilisation de l'énergie
- la nouvelle norme NF EN 16001 relative au système de management de l'énergie (juillet 2009)
- la promotion des bonnes pratiques par la publication de guides
- les diagnostics énergétiques.

▪ **Les diagnostics énergétiques**

Les diagnostics énergétiques doivent dresser le bilan des consommations énergétiques des entreprises. Le bilan doit établir la consommation énergétique de chaque poste de dépense. Ensuite, des pistes d'amélioration pourront être identifiées et des préconisations d'économie d'énergie formulées.

¹⁰ Voir www.ademe.fr, rubrique « Appel à propositions »

¹¹ www.motorchallenge.fr

Le CETIAT procède selon quatre grandes phases d'intervention :

- les investigations préliminaires
- la campagne de mesures sur site
- les recommandations énergétiques
- la restitution du travail à l'entreprise.

De plus, le CETIAT a participé à la production d'un référentiel de bonnes pratiques, édité par l'AFNOR : le BPX 30-120.

Les investigations préliminaires

Les investigations préliminaires permettent de récolter toutes les données de l'entreprise (les réalisations, le comptage, etc.) et de prioriser les actions à engager.

La campagne de mesures

La campagne de mesures permet d'acquérir des données essentielles à l'analyse. Il s'agit de traiter l'ensemble des problématiques énergétiques de l'entreprise, d'autant plus qu'une entreprise utilise rarement l'ensemble des données dont elle dispose.

Le diagnostic permettra d'instrumenter un certain nombre de *process* avec d'autres compteurs ou avec des instruments de mesures : hygromètre, pressostat, pinces ampèremétriques, caméras infrarouge, wattmètre mobile.

L'analyse et les recommandations

L'analyse des données permet de répartir les consommations d'énergie. Le CETIAT utilise des outils de calcul développés pour les besoins des diagnostics. Les préconisations d'économies d'énergie sont regroupées dans des tableaux synthétiques : y sont indiquées les économies en kWh, les investissements nécessaires et le taux de retour sur investissement.

La restitution à l'entreprise

Un rapport de préconisation est présenté à l'entreprise. L'objectif est d'expliquer au management la façon dont les données ont été obtenues, les leviers possibles d'économies d'énergie et l'enjeu financier qu'elles représentent. Le CETIAT pourra aussi organiser des journées de suivi pour la mise en place de solutions.

▪ **Des exemples concrets de diagnostics énergétiques**

Il est possible d'économiser de l'énergie dans tous les postes énergétiques d'une entreprise : l'air comprimé, le froid, le chaud, le *process*, la ventilation, l'éclairage, le management, la logistique, la filtration et la ventilation des *process*.

Répartition des dépenses liées à l'air comprimé

En général, 75 à 80 % des dépenses afférentes à l'utilisation d'un groupe à air comprimé concernent l'énergie. De plus, le rendement d'une installation moyenne est de l'ordre de 8 % ; optimisé, ce rendement ne dépasse pas 18 %. Utiliser l'air comprimé comme force motrice n'est donc pas forcément pertinent en matière énergétique. Ainsi, si le rendement d'un moteur est égal à 90 % et que l'on utilise l'air comprimé comme force motrice, on perdra de l'énergie. Entre 8 et 18 %, l'air comprimé a un facteur d'amélioration non négligeable : pour réaliser des économies, il faudra intervenir sur la machine, sur le réseau et sur les usages.

Exemple concret

Il y a deux ans, le CETIAT a réalisé un diagnostic sur une IAA fabricant des plats cuisinés. L'entreprise disposait de trois compresseurs à vitesse fixe d'une puissance totale de 270 kW. En comparant la charge hors production et pendant la production, nous avons décelé un taux de fuite de 44 %. Si le taux de fuite était abaissé à 20 %, le gain immédiat pouvait s'élever à 4 500 euros par an (soit 90 MWh par an).

En outre, cette entreprise utilisait de manière variable la puissance en air comprimé. Le CETIAT lui a préconisé de reprogrammer les compresseurs en cascade et d'y ajouter une variation de vitesse pour un gain de 250 MWh par an (soit 12 500 euros). Le taux de retour sur investissements était estimé à 3 ou 4 ans.

Les gisements liés au chauffage des locaux

Pour les locaux industriels, le chauffage est rayonnant ou à air chaud. Le diagnostic du CETIAT permet de référencer les points de chauffage et leur utilisation. Les préconisations concernent la maintenance et l'entretien de l'installation. En effet, le diagnostic s'intéresse au rendement, contrôle les organes, et travaille sur la régulation et la programmation du chauffage dans les bureaux ou dans les ateliers.

Pour économiser de l'énergie, on peut modifier les installations, substituer une énergie à une autre, un système de chauffage à un autre, ou introduire de nouvelles solutions énergétiques issues de la biomasse ou du solaire. On peut également améliorer la ventilation des locaux, faire varier la vitesse des pompes hydrauliques ou installer des brûleurs modulants pour les chaudières aux gaz.

Exemple concret

Dans une entreprise du secteur des plats préparés, le CETIAT s'est penché sur le taux de fuite de sa chaudière vapeur, soit 115 kg d'eau consommés chaque heure. Pour réduire cette consommation à 60 kg/h et économiser 55 MWh/an, nous avons préconisé le traitement des fuites de vapeur et des purges. Le taux de retour sur cet investissement serait de 2 ans. Sur la même chaudière, nous avons mesuré des températures de fumées de 200 °C et mis en place un récupérateur couplé pour pouvoir chauffer l'eau sanitaire. 350 MWh peuvent ainsi être récupérés par an, soit une économie de 12 300 euros.

Economiser sur les *process* de fabrication

Dans le domaine des fours biscuitiers, le CTCPA¹² a mené des analyses standardisées qui ont permis d'économiser de l'énergie. Mais chaque entreprise et chaque filière est différente et il faudra appréhender chaque *process* pour déterminer les économies à réaliser. C'est dans les *process* industriels que se trouvent la plupart des enjeux et des gains potentiels d'énergie (70 à 80 % d'économies d'énergie). L'entreprise doit vouloir s'impliquer et économiser sur ses *process*, modifier ses procédures, ses recettes et ses conditions de travail.

¹² Centre technique de la conservation des produits agricoles

Exemples concrets

Le CETIAT a préconisé à un abattoir de porcs qui consommait 15 GWh par an (dont 20 % sur son poste de flambage) de compter l'énergie consommée, d'optimiser le temps d'allumage des brûleurs et de ventiler l'atelier.

Dans un autre cas, une entreprise utilisait un procédé conventionnel de chauffage pour la cuisson de pommes de terre, qui entraînait une consommation d'énergie de 0,65 kWh/kg de produit. Pour réduire cette consommation et accélérer la production, nous avons étudié une solution de micro-ondes couplées à de l'air chaud. Le temps du cycle de production pourrait ainsi être diminué par trois et la consommation diminuerait jusqu'à 0,20 kWh/kg. Ainsi, en remettant en cause le procédé, il serait possible d'économiser jusqu'à 70 % de la consommation d'énergie.

- **L'intégration énergétique**

Pour l'entreprise, l'intégration énergétique est un moyen d'économiser de l'énergie. Pour produire, l'entreprise a recours à une succession d'opérations nécessitant des matières premières, des fluides et de l'énergie. En plus des produits, l'entreprise génère donc nécessairement des déchets. **L'intégration énergétique consiste à utiliser l'énergie fatale d'un procédé issu de l'opération X pour réaliser l'opération Y.**

En Rhône-Alpes, une entreprise de décolletage utilise deux chaudières à fioul qui fonctionnent en alternance (de 580 kWh chacune). A proximité, une centrale de traitement de l'air chauffe un air neuf en remplacement. Le CETIAT a constaté que l'équivalent de la charge thermique des condenseurs était consommé via des tours aéroréfrigérantes plutôt que par le chauffage. Pour chauffer l'atelier, nous avons proposé de raccorder le circuit d'eau de refroidissement des groupes froids au réseau de chauffage. Cela a nécessité d'augmenter la capacité d'échange. En effet, via les groupes froids, les températures sont moins élevées que dans le réseau de chauffage. Il a donc fallu ajouter six aérothermes. Le gain énergétique s'est élevé à 560 MWh/an pour un investissement modéré et un temps de retour de six mois seulement.

Les procédés industriels motorisés

François LUCAS

TECALIMAN (Centre technique de la nutrition animale)

- **Présentation de Tecaliman**

L'alimentation animale occupe 200 à 300 sites de production en France. Le procédé de fabrication consomme 40 % de vapeur et 60 % d'électricité. Leurs moteurs (d'une puissance de 1 à 350 kW) utilisent 90 % de l'électricité totale consommée, et 20 % des moteurs consomment 80 % de l'électricité totale. Dans notre secteur, un moteur significatif a une puissance de 20 kW.

Tecaliman parraine le programme Motor challenge, qui labellise chaque entreprise qui s'engage dans une démarche volontaire d'amélioration de la consommation énergétique des systèmes motorisés. La démarche de ces entreprises doit en outre être se traduire par un plan d'action rédigé – le plan d'action est issu d'un diagnostic.

- **Les principaux points d'action et d'amélioration**

Les systèmes motorisés se trouvent au niveau :

- des procédés de fabrication
- des utilités : les systèmes de ventilation, d'air comprimé, de pompage et de production de froid ; les utilités allient des systèmes motorisés et l'utilisation des fluides.

La part de la consommation d'électricité dans le coût d'exploitation d'un système motorisé augmente avec l'augmentation de son temps de fonctionnement.

Parallèlement, plus le temps de fonctionnement est important, plus le retour sur investissement sera rapide.

Les industriels de notre secteur plébiscitent les économies d'énergie, notamment pour réduire leurs coûts d'exploitation.

La part d'énergie dans le coût d'exploitation des systèmes de ventilation et d'air comprimé peut s'élever à 75 %, et celle des systèmes de pompage à 85 %. Pour beaucoup de systèmes de ventilation les gains potentiels s'élèvent à 30 %. Pour l'air comprimé le rendement global des installations est faible (10 %) et beaucoup d'entre elles fonctionnent inutilement le week-end. Par ailleurs, 75 % des installations de pompage présentent un risque de surdimensionnement (au-delà de 20 % pour la majorité).

- **Les systèmes motorisés**

Un système motorisé est constitué de plusieurs éléments :

- la machine, qui transforme la matière première ou véhicule des fluides : la puissance d'une machine dépend du couple et de la vitesse ; la machine a son propre rendement
- la transmission
- le moteur, qui a son propre rendement et qui pourra être dirigé par un système de pilotage par variation de vitesse
- le comptage en amont.

- **Les caractéristiques de charges à entraîner**

Il existe deux profils de charges à entraîner :

- le premier est orienté sur les procédés et entraînera une charge à couple constant (puissance = couple x vitesse) ; le couple varie principalement en fonction de la quantité de matière à fabriquer et de la nature de cette matière. En fonctionnement à vide le couple à fournir à la machine sera naturellement plus faible que lors de son fonctionnement en charge.
- le second, dans le cadre des utilités, est un profil quadratique où le couple est proportionnel au carré de la vitesse ; c'est là que peuvent se faire les économies potentielles ; la puissance est proportionnelle au cube de la vitesse.

- **L'optimisation de l'application**

Avant de dimensionner un système motorisé pour une application, il convient d'étudier le procédé et les utilités. Pour les utilités une fois les besoins définis, il s'agit de savoir si le réseau est adapté pour les véhiculer. Pour l'optimiser, il faudra par exemple, déceler les pertes de charge, garantir la maintenance du réseau, étudier l'état des filtres...

Dans les procédés de fabrication, il faudra éventuellement remettre en cause les caractéristiques du produit (plus un produit est élaboré, plus il tend à consommer de l'énergie). Ensuite, dans la conduite du procédé, il s'agira de contrôler et de réguler la charge

des machines et de gérer les fonctionnements à vide. Enfin, on pourra optimiser l'application de la maintenance et la gestion de la production.

Il est impératif d'impliquer le personnel et le responsable de fabrication dans les questionnements et dans les aménagements qui pourront être réalisés.

- **L'optimisation du système motorisé**

Tout d'abord, il s'agit d'adapter la machine aux besoins. Si le ventilateur peut atteindre un rendement de 60 à 80 %, son surdimensionnement entraîne une dégradation de son efficacité énergétique. Ensuite, il faut assurer la maintenance de la machine.

En outre, il est nécessaire de bien choisir les modalités de transmission et d'assurer une bonne maintenance de cette transmission afin de permettre des économies d'énergie.

Par ailleurs, le dimensionnement du moteur, le choix de la technologie utilisée et la maintenance du moteur sont des facteurs d'optimisation. Lorsqu'elle choisit la variation de vitesse pour piloter le moteur, l'entreprise doit en vérifier l'adéquation avec le moteur. Dimensionner un variateur de fréquence demande certaines compétences. Cette variation aura un intérêt si le procédé de fabrication ou si les fluides véhiculés demandent des plages de variation de vitesse. Pour les procédés de fabrication avec fonctionnement à vide important, elle permet également une meilleure souplesse de démarrage et de l'arrêt des machines. Dans la variation de vitesse, il est nécessaire d'intégrer, dès l'investissement, la problématique des perturbations électriques.

- **Le rendement des moteurs électriques asynchrones**

Plus le moteur est puissant, plus le rendement est important : les moteurs de 200 kW ont un rendement de 97 %. Le rendement du moteur se dégrade en dessous de 50 % de sa charge.

Dans les IAA, les moteurs Eff1¹³ sont à l'origine de moins de 2 % de la consommation électrique. Le potentiel d'amélioration de la consommation d'énergie est donc important.

A partir de 2011, une nouvelle directive demandera la mise sur le marché de moteurs plus efficaces.

Deux grandes technologies de motorisation s'opposent : les moteurs synchrones et les moteurs asynchrones. Le rendement du second type de motorisation se dégrade quand la vitesse diminue.

Le CEREN¹⁴ a réalisé des statistiques à partir d'études sur le terrain. Dans le cas d'une application avec un moteur de plus de 10 kW, 76 à 78 % de la consommation électrique concernaient des applications utilisant des moteurs à vitesse fixe, et 10 à 12 % des applications utilisant de la variation de vitesse.

De plus, pour les applications à vitesse fixe et pour un moteur de plus de 10 kW, 57 % de la consommation électrique concernent des applications utilisant le principe de la perte de charge.

La variation de vitesse représente un gain énergétique potentiel important (réduction de 10 % de la vitesse induisant 30 % de gain pour les applications avec un couple quadratique). **En plus des économies d'énergie, la variation de vitesse autorise une certaine souplesse d'utilisation et de production.**

¹³ Classement d'un label européen non contraignant, qui classe les produits des constructeurs en fonction du rendement annoncé

¹⁴ Le Centre d'études et de recherches économiques sur l'énergie

- **Le retour d'expérience de l'entreprise Le Guessant**

Le Guessant a optimisé l'efficacité énergétique de sa motorisation en installant un système sur le ventilateur de refroidisseur de presse. Le moteur initial, d'une puissance de 37 kW, était piloté à vitesse fixe sans aucune régulation et avec une transmission poulie-courroie. Ce moteur a été remplacé par un moteur synchrone 22 kW, avec variation de vitesse et une transmission directe. Le nouveau système appelle en charge 5 kW au lieu de 27 kW, soit un gain de 80 %. Cette application sera reproduite en fonction du nombre de lignes de fabrication. De plus, l'entreprise a placé en adéquation le besoin d'air de refroidissement avec le produit.

Le Guessant a également mené une action sur un de ces surpresseurs en sortie de mélangeuse. Avant, ce surpresseur était piloté par un moteur asynchrone de 110 kW, à vitesse fixe 1 500 tours et entraînement poulies-courroies. Aujourd'hui, c'est un moteur synchrone avec variation de vitesse, 1 000 tour/min, en entraînement direct.

Avec la variation de vitesse, le surpresseur démarre et s'arrête selon les besoins qu'auparavant le surpresseur restait en fonctionnement en permanence qu'il y ait ou non du produit à véhiculer. Ainsi, l'installation ne consomme plus 3,8 kWh mais 2,6 kWh par tonne de produit.

Deuxième session

Les procédés industriels de chauffage, de cuisson et de séchage

Isabelle GOULLIEUX

CTCPA

Les audits énergétiques des fours de cuisson biscuitiers ont pour objectif d'évaluer les gains d'énergie possibles. Ces prestations sont réalisées par deux centres techniques : pour la partie produit, le Centre technique de la conservation des produits agricoles (CTCPA) et, pour la partie énergie, le CETIAT.

Dans ce cadre, les entreprises sont abondées par l'ADEME jusqu'à hauteur de 50 %.

Pour une bonne efficacité d'un audit énergétique, il est nécessaire d'appliquer les préconisations. C'est pourquoi nos prestations se terminent toujours par une formation, du cadre à l'opérateur ; ce dernier, qui utilise le four, sera le mieux à même de tenir une conduite économique.

▪ **La procédure d'audit**

Lorsque nous intervenons sur un site industriel, nous travaillons au minimum sur deux lignes. Le parc de four en France est constitué de deux types de matériels :

- un four de cuisson continue ou « four tunnel »
- un four de cuisson discontinue, tels que les fours rotatifs des boulangers.

Je vous présenterai essentiellement des retours d'expérience sur les fours tunnel dont la longueur peut aller de 20 à 100 m.

Nous intervenons de la manière suivante : tout d'abord, nous recueillons les informations nécessaires lors d'une demi-journée de travail. Le lendemain, nous analysons directement ces informations dans l'entreprise. Puis, nous rendons un bilan de ce que nous avons observé et nous échangeons avec l'entreprise pour aboutir, à la fin, à un rapport et à des recommandations chiffrées.

▪ **Une méthodologie en deux parties**

La partie énergie

La partie énergie consiste à mesurer l'énergie qui entre dans le four et celle qui en sort pour estimer les pertes. Ces informations sont fournies par les compteurs de gaz ou électriques, qui se trouvent sur le matériel, et elles sont complétées par les calculs du CETIAT.

La partie produit

Pour la partie produit, il s'agit d'étudier les conditions de cuisson du produit. Pour cela, un capteur embarqué est installé à la place du produit et mesure la température et l'hygrométrie auxquelles il est soumis. De plus, la courbe de dessiccation du produit est étudiée pour estimer la qualité du produit. La cuisson est une étape essentielle qui influence la qualité du produit.

Le CETIAT réalise les mesures ponctuelles suivantes :

- les évacuations (température des fumées et des buées)

- les vitesses d'air (débit en cheminées, entrées et sorties du four)
- l'hygiène et la qualité de la combustion du gaz
- les bilans des produits (comparaison entre le produit qui entre dans le four et celui qui en sort)
- les consommations de gaz.

Pour calculer la température des produits, le CETIAT utilise une caméra infrarouge. Il peut ainsi déceler dans les fours la présence de ponts thermiques et de perte de chaleur.

Dans un four, l'énergie apportée par les brûleurs se disperse dans les fumées, les buées, le produit, les parois du four et la bande transporteuse. L'audit permet de déterminer la répartition de cette énergie. Pour chacune des parties du four, l'auditeur a besoin de recueillir des données précises. Par exemple, pour la bande transporteuse, il a besoin d'en connaître la surface totale, la densité massique, la chaleur massique et la température d'entrée et de sortie, le temps de cuisson.

Le CTCPA, à l'aide d'un capteur embarqué, mesure l'hygrométrie et la température au niveau de la bande transporteuse.

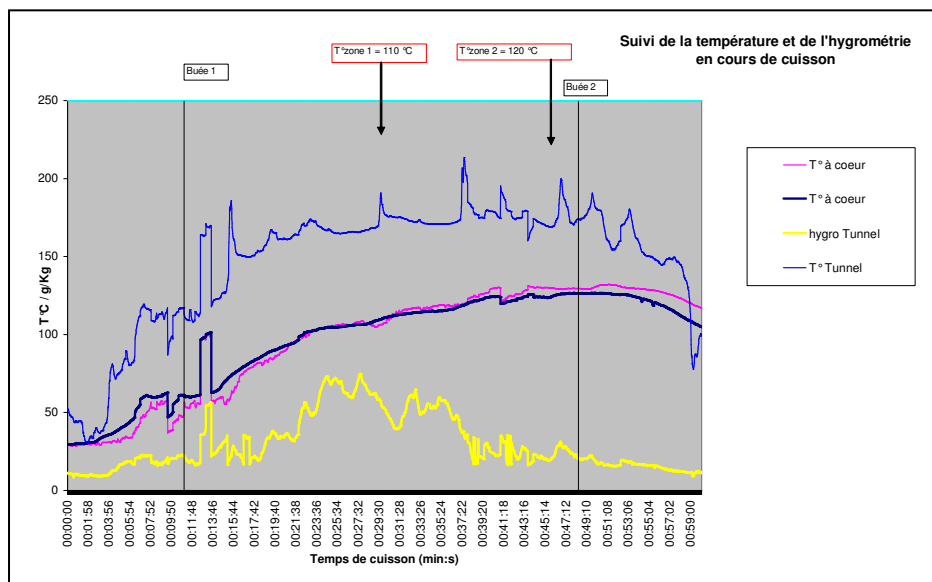


Figure 1 - Suivi de la température et de l'hygrométrie en cours de cuisson

En biscuiterie, la teneur en eau est importante à maîtriser, car le four est conduit grâce aux données de température et d'hygrométrie. Pour pallier la sécheresse du four, les ouvertures pourront être réduites.

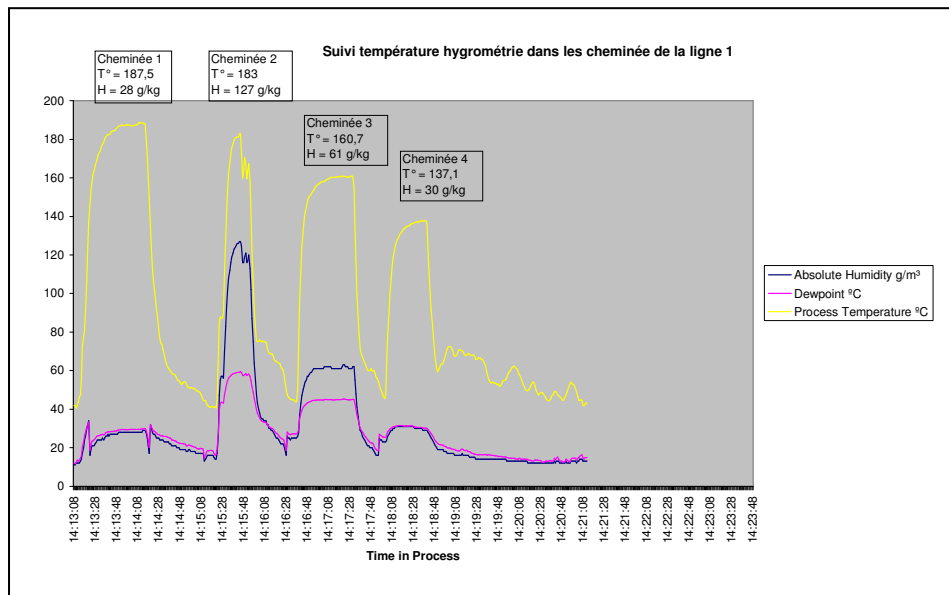


Figure 2 - Suivi de l'hygrométrie dans les cheminées de la ligne 1

Jusqu'à présent, la conduite des buées était estimée par expérience. Maintenant, on sait ce qu'il se passe dans le four. Ces données, associées à la répartition de l'énergie dans le four, permettent de préconiser une conduite énergétique adaptée. Fréquemment dans un audit, la température est plus élevée dans les cheminées que dans le produit, ce qui révèle que toutes les buées du four sont ouvertes.

Le CTCPA procède également au suivi de la qualité des produits (apparence, évolution lors de la cuisson) et interroge les opérateurs sur la conduite de leur four. Ces mesures permettent de construire une cartographie du four, un bilan thermique et un bilan aéraulique.

Ensuite, nous dressons un bilan de la répartition de l'énergie : 35 % sont cédés à la pâte lors de la cuisson, 34 % sont perdus dans les cheminées et 8 % dans les parois. Enfin, 23 % vont au tapis.

De nouveau, en croisant les données énergétiques et celles du produit, on peut estimer un gain direct de 20 kWh dans une cheminée donnée.

- **Les préconisations issues du couplage des données énergétiques et produits**

Qualité de la combustion

La qualité de la combustion est variable en fonction des réglages et de l'utilisation des brûleurs, qui fonctionnent souvent à 50 % de leur potentiel en étant réglés à 100 % de leur fonctionnement. Le chauffage d'une plus grande quantité d'air et la combustion incomplète occasionnent une perte d'énergie. De la même manière, le parc des fours industriels est ancien (40 ans). En outre, dans une entreprise, un seul brûleur couvre l'ensemble de la zone, et est soit allumé, soit éteint. Or, lorsqu'il est éteint, il amène du froid dans le four. Le remplacement du brûleur (retour sur investissement de deux ans) représenterait un gain d'énergie.

Equilibrage du four

Le fonctionnement d'un four nécessite l'introduction d'air. Souvent les fours ne sont pas équilibrés. De plus, les cheminées sont équipées de variateurs qui extraient l'air du four et occasionnent des appels d'air. Or, lorsque l'air chaud est conservé dans le four, il sera moins nécessaire de le chauffer. En outre, il est nécessaire de conserver l'humidité pour assurer le transfert de chaleur et cuire les produits à cœur. Un four en dépression est surventilé et, pour rétablir l'équilibre, il suffit de fermer ou de réduire le nombre de cheminées ouvertes.

Modification de la répartition de la chaleur

Souvent, les biscuitiers chauffent beaucoup en voûte de four. Dans ce cas, la chaleur monte directement dans une cheminée ouverte sans passer par le produit. Nous préconisons de chauffer le four également par le bas, ce qui amplifie la conduction et améliore la cuisson.

Choix de matériel

Les biscuitiers ont tendance à cuire sur des plaques avec des moules, or le poids du produit est déséquilibré par rapport au moule. L'énergie absorbée par le produit diminue.

L'optimisation potentielle de la productivité et le préchauffage du four

Teneur en eau des produits

Souvent les biscuitiers fabriquent des produits de surqualité, ce qui représente un coût. 1 % d'humidité en moins représente un gain énergétique de 5 %.

Suivi de la consommation de gaz

Le suivi de la consommation de gaz n'est plus assuré aujourd'hui. Cela nécessite de former des opérateurs.

Système de récupération de chaleur

Une fois que le four est optimisé, il est possible d'imaginer un système de récupération de chaleur.

Pour valider une préconisation, il est nécessaire de procéder à des essais, de suivre la consommation de gaz, la production et la qualité des produits.

▪ **Retours d'expérience**

Il y a quelques années, nous avons audité chez LU une quinzaine de fours. Sans aucun investissement matériel, nous avons estimé entre 10 et 20 % de gains énergétiques possibles. Nous avons également audité une PME¹⁵ dans laquelle nous avons estimé (selon les recettes) un gain énergétique entre 5 et 25 % (soit 75 000 euros).

Chaque fois que nous procédons à l'audit d'un four, nous offrons aux industriels une vision énergétique du four. Ils peuvent ainsi comprendre les effets des actions que nous leur préconisons. De plus, la restitution nous permet de confronter directement nos idées avec celles de l'équipe qui mettra en place les préconisations.

¹⁵ Petite ou moyenne entreprise

- **Retour d'expérience de la biscuiterie de l'Abbaye**

Il y a 18 mois, le CTCPA a réalisé un audit énergétique à la biscuiterie de l'Abbaye. Cette entreprise familiale, créée en 1964, est située en Basse-Normandie. Elle emploie 230 personnes et dispose de trois fours pour produire 200 recettes. Son chiffre d'affaires s'élève à 25 millions d'euros (dont 10 % à l'export). Elle produit essentiellement des biscuits secs qui sont distribués par des supermarchés.

La biscuiterie a entamé une démarche de développement durable, économique, sociale et environnementale. Pour réduire ses émissions de gaz à effet de serre, l'entreprise a participé à l'opération – 20 % de l'ADEME. Bien que 60 % de sa consommation énergétique provenait des fours, la biscuiterie ne savait pas comment réduire cette consommation.

Le CTCPA a alors procédé à un second audit en octobre 2008. Une cartographie des fours et un bilan énergétique précis de la cuisson ont démontré une mauvaise répartition de chauffe entre la sole et la voûte du four, notamment à cause des buées ouvertes et de la mauvaise gestion des arrêts du four. Un groupe de travail a été formé pour mettre en place les préconisations dont le rééquilibrage des brûleurs et la fermeture partielle des buées. Ce dernier a procédé à des essais selon les préconisations, suivi les produits et dressé des bilans. Aujourd'hui, l'entreprise forme les conducteurs de fours aux nouveaux réglages et elle a gagné 5 à 25 % d'énergie sur l'ensemble des 200 recettes.

De plus, le chef de projet connaît parfaitement son matériel et ce projet, autour de la maîtrise de la consommation énergétique, a été fédérateur pour l'entreprise.

- **Echanges avec la salle**

De la salle

Dans notre entreprise, nous utilisons des fours et avons mis en place un groupe de pilotage sur les économies d'énergie. Nous estimons que l'eau favorise la chaleur et donc la cuisson.

Isabelle GOULLIEUX

La proportion maximale d'humidité que nous ayons pu observer dans un four s'élevait à 700 g d'eau par kg d'air sec. Dans les exemples que je vous ai présentés, la proportion était seulement de 60 g/kg.

A réglage identique d'extraction, le four ne sera pas plus humide avec les 2 % d'eau présents dans la pâte. C'est le réglage et la disposition des buées qui influenceront cette humidité.

Un four dans lequel nous relevons 700 g d'eau par kg d'air sec permet de fabriquer un biscuit dont l'hydratation de la pâte est de 17 %. Le réglage de l'humidité permet d'accélérer les transferts de chaleur. C'est la conduite du four qui détermine le taux de cette humidité.

De la salle

Il faut donc piloter l'extraction.

Le froid industriel

Jacques GUILPART

CEMAGREF

Le Cemagref est un institut de recherche public qui travaille principalement dans les domaines de l'ingénierie, de l'agriculture et de l'environnement. En 1958, l'institut a créé une unité de recherche sur la problématique du froid. Aujourd'hui, une partie de nos recherches est relative aux consommations énergétiques des installations frigorifiques.

- **Les applications du froid en agroalimentaire**

Tout d'abord, le froid conserve et préserve les produits d'origine végétale et animale. Il ralentit le métabolisme des produits végétaux augmentant ainsi leur durée de commercialisation. Pour les produits d'origine animale, le froid ralentit le développement des germes pathogènes et des germes d'altération.

Ensuite, le froid permet de contrôler la fermentation (vin, bière, champagne). En outre, le froid est utilisé pour la cryoconcentration ou la cryoséparation des boissons ; pour la lyophilisation des plats préparés (le froid piège les vapeurs émises lors de l'action sous vide) ; ou encore pour la texturation des produits (beurres, chocolat, desserts lactés, crèmes glacées, etc.)

Dans les IAA, le froid est un élément clé de la sécurité sanitaire de nos aliments et il est indispensable à la sûreté et à la continuité de nos approvisionnements alimentaires.

60 % des aliments ont rencontré le froid au cours de leur cycle de vie. Chaque année en France, chaque habitant consomme 530 kg d'aliments, dont 308 kg d'aliments réfrigérés et 42 kg d'aliments congelés. Ainsi, **34 millions de tonnes de denrées alimentaires sont traitées par le froid.**

- **La consommation électrique des applications du froid agroalimentaire**

Il y a quelques années, le Cemagref a calculé que **8 % de la consommation électrique nationale était dédiée aux applications agroalimentaires du froid** (de l'usine au réfrigérateur du particulier). La part du froid dans la consommation énergétique est différente selon les filières (les laiteries ont besoin d'un important traitement thermique).

A titre d'exemple, les coûts d'exploitation d'une installation frigorifique de 200 kW peuvent atteindre les 54 k€ par an. Ainsi, selon les niveaux de puissance rencontrés sur les sites industriels, il n'est pas rare d'avoir des coûts de production de froid atteignant les 200 k€ annuels.

Dans le domaine du froid, toute économie d'énergie est rapidement synonyme d'une réelle économie financière. D'autant plus que le coût énergétique est en constante progression.

- **Les enjeux d'un audit énergétique**

Les installations doivent être auditées et l'adaptation de la machine au *process* est la première donnée à étudier.

Dans un premier temps, l'audit doit permettre d'instaurer un dialogue entre les différents interlocuteurs de la chaîne de production :

- l'ingénieur *process* qui connaît le procédé
- le frigoriste qui connaît les machines

- l'ingénieur fluides et énergie qui connaît les performances de l'installation.

Ce dialogue peut être difficile à instaurer mais il sera nécessairement constructif.

Les résultats des mesures réalisées sur les installations et du dialogue seront ensuite comparés à des ratios classiques. Ainsi, en stockage, il est classique d'installer une puissance se situant entre 20 à 30 W/m³ d'entrepôt ; la consommation d'énergie annuelle tournant aux alentours de 40 à 50 kWh/m³ pour les applications positives à 60 et 70 kWh/m³ pour les applications négatives.

Pour ce qui concerne les traitements frigorifiques des produits, les ratios classiques situent les besoins énergétiques vers les 10-30 kWh par tonne de produit pour la réfrigération et vers les 130 à 160 kWh par tonne pour les produits congelés.

Après avoir étudié ces ratios, il faut exploiter l'audit énergétique. Ainsi, l'audit révélera que le givrage des machines frigorifiques peut interférer sur la consommation énergétique (20 % des coûts énergétiques d'un site). De la même manière, la ventilation peut représenter 15 % des coûts énergétiques. Il en est de même pour l'isolation et le pompage.

Lorsque l'on baisse la température d'évaporation de l'application d'1 °C, la machine frigorifique consomme 2 % d'énergie en plus. Il en est de même pour la température de condensation.

Un audit indique aussi qu'un échangeur sous-dimensionné engendre des coûts d'exploitation importants (10 % de surface gagnée représente une hausse de 2 % de l'énergie). En outre, l'encrassement des condenseurs entraîne une augmentation de la consommation de 15 à 20 %.

La régulation et de l'architecture du système frigorifique ont également un impact fondamental sur les performances énergétiques du système.

Les résultats d'un audit peuvent aboutir à des économies indéniables :

- sans aucun investissement, des opérations immédiates amènent un gain énergétique de 10 à 20 %
- les actions prioritaires (léger investissement) peuvent générer une économie d'énergie de 20 à 30 %.

Les économies énergétiques sont facilement accessibles si tant est que les préconisations de l'audit sont prises en compte.

L'industriel doit considérer que le procédé froid peut être couplé à d'autres procédés de la salle des machines, qu'il peut évoluer et que l'enjeu financier n'est pas le seul critère de décision.

▪ **Le froid n'est pas une utilité à part**

Le procédé froid est intégré à la chaîne de transformation de l'énergie. L'installation frigorifique pompe, dans une chambre froide, de la chaleur qui sera ensuite rejetée à l'extérieur et qui, valorisée, représente un gain énergétique indéniable. La trigénération permet de produire de l'électricité, du froid et de récupérer de la chaleur. Ainsi, toute énergie primaire entrée sur le site bénéficie d'une valorisation complète. L'industriel doit aussi s'interroger sur

la concomitance de ses besoins en chaud et en froid, du temps de retour sur investissement et de la technicité à mettre en œuvre.

La mise en cause du procédé de production d'énergie permet des économies d'énergie appréciables.

Par ailleurs, le froid a un impact sur l'environnement (évalué selon le *Total Equivalent Warning Impact* – TEWI). Pour diminuer l'impact du système sur l'environnement, il faut agir sur l'émission furtive de fluides et la consommation énergétique du système.

Il faut également chercher à améliorer le confinement des installations et étudier l'impact des fluides sur l'environnement. En 2014, une réglementation interdira l'utilisation des fluides de la famille des hydrochlorofluorocarbures tels que le R22 et le R408A. Cette future évolution de la réglementation est l'occasion de réfléchir, sur le long terme, au remodelage de l'installation et au changement des technologies. A titre indicatif, le *drop-in*, qui consiste à remplacer simplement le HCFC par du HFC, peut être source d'une surconsommation énergétique de 15 à 20 %.

- **Le procédé froid n'est pas figé**

Le procédé froid est associé au procédé de transformation des aliments. Souvent, le procédé a été difficile à mettre au point, et l'industriel est souvent réticent à en modifier les paramètres de réglage. Or il est nécessaire de revenir sur les contraintes qui ont déterminé ces paramètres pour améliorer le procédé énergétique sans détériorer la qualité du produit.

- **L'enjeu financier n'est pas le seul critère de décision**

L'industriel doit trouver un compromis entre l'enjeu financier et l'enjeu énergétique du procédé. La pression financière et le temps de retour sur l'investissement justifient souvent les choix d'installation. Mais d'autres critères existent :

- le vieillissement de l'installation
- les nouvelles réglementations sur les fluides (qui auront un impact deux tiers des installations frigorifiques)
- le sentiment éco-citoyen.

- **Les autres économies d'énergie**

Dans les ateliers, les économies d'énergie ne concernent pas seulement le procédé froid mais aussi la compression, la climatisation, la récupération de chaleur, la variation électrique de vitesse dans la ventilation, la variation de vitesse sur pompage, etc.

- **Les pistes d'économie d'énergie dans les IAA**

Tout d'abord, les industriels doivent vouloir économiser de l'énergie. Pour cela, il faut qu'ils maîtrisent leur procédé et y portent un regard critique. De plus, il est indispensable de mener un audit extérieur et de mettre en œuvre les préconisations qui en découlent. Ensuite, il est nécessaire d'appliquer un plan de mesures de l'énergie (ce qui assure une économie d'énergie de 5 à 10 %) et d'utiliser les données GTC¹⁶.

¹⁶ Gestion technique centralisée

Par ailleurs, **un industriel ne peut pas connaître l'ensemble des procédés de son site. Il doit donc faire appel à un expert** (un frigoriste par exemple) qui proposera des solutions adaptées. Les gains potentiels se trouvent dans les solutions suivantes :

- adaptation des pressions de cycles avec des actionneurs performants (HP ou BP flottante)
 - contrôle, automatisme des applications de pression flottante
 - dimensionnement des échangeurs pour éviter toute surconsommation énergétique
 - récupération de chaleur
 - en cas de remodelage profond de l'installation ou d'installation neuve, travailler les cycles frigorifiques et les installations centralisées de distribution de froid.
 - gestion de la marche partielle des installations.
- Les bonnes idées méritent d'être appliquées.

▪ **Echanges avec la salle**

De la salle

La trigénération se développe-t-elle ?

Jacques GUILPART

Je parlerai d'abord des systèmes trithermes (systèmes de production de froid à partir de chaleur, sans production d'électricité) tels que les installations à absorption. Il en existe peu en France, notamment parce que l'énergie électrique est presque aussi chère que l'énergie primaire.

Personnellement, je ne connais aucun système de trigénération (production simultanée de froid et d'électricité à partir de chaleur) qui se soit développé dans le domaine de l'agroalimentaire français.

Hélène RIVIERE-KALUC

Il existe seulement un site de trigénération au Royaume-Uni. Avec la cogénération, il peut utiliser la chaleur qui serait sinon perdue dans l'atmosphère. Le site dispose de deux groupes à absorption et deux compresseurs centrifuges classiques. Ainsi, il peut choisir d'activer l'absorption ou l'électricité en fonction de leur usage de la chaleur. La trigénération concerne les grandes installations.

En France, il existe un exemple de bonne pratique en absorption. Il s'agit d'une cave viticole du sud de la France qui utilise des capteurs solaires sous vide pour atteindre une température importante et procède ensuite à l'absorption.

De la salle

Dans le domaine du stockage du froid, connaissez-vous des expériences de gestion de la salle des machines aux périodes où l'électricité est la moins chère ?

Jacques GUILPART

Pour qu'un système de stockage de froid soit intéressant, les sites sur lesquels sont utilisés les stockages d'énergie doivent avoir des histogrammes de besoins perturbés.

Dans les laiteries, par exemple, le stockage de froid a deux intérêts :

- il permet de redimensionner la salle des machines du compresseur avec des puissances inférieures (le froid sera stocké s'il n'est pas utilisé)
- il permet de stocker du froid quand l'énergie est moins chère.

Or, en France, le différentiel de tarifs jour/nuit n'est pas suffisant pour justifier le recours à ce système.

Dans ce domaine, d'autres pays sont plus compétitifs, l'Asie du sud-est est notamment un immense marché pour les systèmes de stockage de froid.

Le stockage de froid nocturne n'est intéressant que si les conditions atmosphériques sont favorables et que la machine peut bénéficier d'une pression de condensation flottante.

De la salle

Dans notre chambre de stockage en froid négatif, nous descendons la température plus bas la nuit (- 21 °C) et la remontons le jour (- 18 °C). Ainsi, nous avons, sans aucun investissement, supprimé les crêtes.

Jacques GUILPART

Sur le plan énergétique, si vous baissez la température froide et que vous ne voulez pas surconsommer d'énergie, il faut aussi baisser la température de condensation, ce qui est possible la nuit. Si vous ne le faites pas, vous êtes énergétiquement (mais pas forcément économiquement) perdant. Mais l'idée est bonne. Elle a été utilisée par le projet européen NightWind. Il y a tout de même une limite une trop grande fluctuation de température des produits risque de faire apparaître du givre dans les emballages, ce qui provoque une dégradation de la qualité des produits.

Sigles

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
ADIV : Association pour le développement de l'Institut de la viande
ANAH : Agence nationale de l'habitat
CA : Chiffre d'affaires
CEE : Certificat d'économie d'énergie
CEREN : Centre d'études et de recherches économiques sur l'énergie
CETIAT : Centre technique des industries aéronautiques et thermiques
CRITT : Centre régional pour l'innovation et le transfert de technologie
CTCPA : Centre technique de la conservation des produits agricoles
ENITIAA : Ecole nationale d'ingénieurs des techniques des industries agricoles et alimentaires
ENSIL : Ecole nationale supérieure d'ingénieurs de Limoges
GTC : Gestion technique centralisée
IAA : Industries agroalimentaires
PME : Petite et moyenne entreprise
RMT : Réseau mixte technologique
TEWI : *Total equivalent warning impact*
VEV : Variation électronique de vitesse

Synthèse
10 juin 2010

© CERTIA 2010

Réalisation de la synthèse



CONSEIL RÉDACTION ÉDITION

www.averti.fr
Tél. : 03 20 13 02 02