

DEPLOIEMENT DE PLANS DE COMPTAGE ENERGETIQUE DANS LES INDUSTRIES AGROALIMENTAIRES

GUIDE PRATIQUE

Industriels de l'agroalimentaire,
pilotez votre consommation d'énergie
pour **gagner en compétitivité**



ComptIAAEnergie

Déploiement de plans de comptage énergétique
pour la performance des Industries Agroalimentaires

Coordination du projet :



Avec le soutien financier de :





Remerciements

Tous mes remerciements au Bureau de la Métrologie de la Direction Générale de la Compétitivité de l'Industrie et des Services (DGCIS) qui, dans le cadre de son action pour valoriser la métrologie comme outil au service de la compétitivité des entreprises, a permis par son soutien financier le lancement et la réalisation de ce projet ComptIAA Energie dont l'idée avait germé au sein du Réseau Mixte de Technologie Gestion Durable des Fluides - Energie, Froid, Eau - de l'ACTIA (Association de Coordination Technique pour l'Industrie Agroalimentaire).

Tous mes remerciements à l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) qui, sur un tel sujet de maîtrise des énergies dans l'industrie, est venu naturellement compléter le tour de table financier en complément de la DGCIS et des 7 partenaires investis dans ce projet.

Evidemment, tous mes remerciements à nos partenaires :

- ACTALIA, centre d'expertise agroalimentaire notamment sur les produits laitiers,
- ADIV, institut technique agro-industriel des filières viandes,
- CTCPA, centre technique de la conservation des produits agricoles,
- ITERG, institut des corps gras (huiles végétales, graisses animales, dérivés lipidiques),
- TECALIMAN, centre technique de l'industrie pour la nutrition animale,
- UNGDA, l'union nationale des groupements de distillateurs d'alcool

qui se sont investis pour acquérir les connaissances en mesures et énergie de manière à accompagner sur le terrain les entreprises participantes de leurs secteurs respectifs.

Enfin tous mes remerciements aux 20 PME qui ont accepté de nous rejoindre sur ce projet ComptIAA Energie (la liste se trouve en annexe de ce guide). Le degré d'implication et de mise en œuvre du plan de comptage n'a pas pu être le même dans chacune de ces entreprises mais je formule le vœu que les jalons pour une performance accrue grâce à une gestion optimisée de l'énergie existent désormais dans chacune d'entre elles.

Pierre CLAUDEL
CETIAT
Coordinateur du projet ComptIAA Energie



SOMMAIRE

1. Avant-propos.....	4
2. Introduction au guide	9
3. Pourquoi mettre en place un plan de comptage ?	10
4. Déployer un plan de comptage : méthodologie	11
4.1. Les différentes étapes de la méthode.....	11
4.2. Plan de comptage et Actions d'Economie d'Energie	17
4.3. Éléments nécessaires et indispensables au plan de comptage.....	18
4.4. Plan de comptage et qualité des mesures	18
5. Savoir mesurer et suivre les facteurs influents pour maîtriser son plan de comptage ..	19
5.1. Bonnes pratiques dans la mise en œuvre d'un plan de comptage	19
5.1.1. Conversion et coûts des principales énergies	19
5.1.2. Mesurages.....	21
5.1.3. Relevé et récupération des données.....	21
5.1.4. Exploitation des mesures et des données	22
5.2. – Les recommandations d'installation des dispositifs et moyens de comptage.....	25
5.2.1. Respect des règles d'installation et de maintenance.....	26
5.2.2. Installation d'un compteur pour un combustible de type propane	27
5.2.3. Installation d'un compteur de combustible fioul.....	29
5.2.4. Mesure des consommations d'une chaudière vapeur	30
5.2.5. Mesures électriques ponctuelles	33
6. Conclusion	34
Annexe 1 : Plan de comptage et mise en œuvre d'une AEE - Exemple	35
Annexe 2 : Focus sur les actions d'économie d'énergie conduites chez SOMAFER.....	37
Annexe 3 : Plan de comptage, outil de pilotage chez COPVIAL	38
Annexe 4 : Plan de comptage et actions induites chez DVB	40
Annexe 5 : Témoignages de l'industrie laitière	41



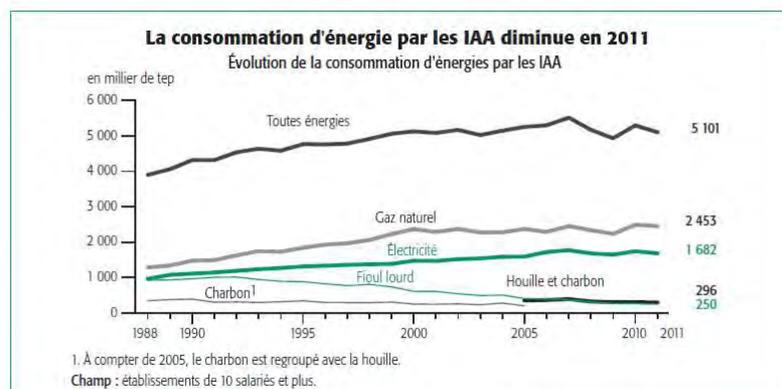
1. Avant-propos¹

Les industries agroalimentaires (IAA) françaises comptaient en 2010 environ 13 500 entreprises dont 98 % de moins de 250 salariés. Avec 147 milliards d’euros de chiffre d’affaires et 29,5 milliards d’euros de valeur ajoutée (respectivement 17,4 % et 13,9 % de l’industrie manufacturière), elles constituent le premier secteur industriel national. La France se situe au quatrième rang mondial des pays exportateurs de produits alimentaires. Maillant le territoire au plus près de la ressource agricole dont elles assurent 70 % des débouchés, les IAA représentent le premier employeur industriel avec ses 415 000 salariés. Avec 7,6 milliards d’euros d’excédent commercial en 2011, elles sont un atout majeur du commerce extérieur français dont elles réalisent 13% des exportations, en particulier grâce aux produits liés au terroir (vins et spiritueux, fromages ...).

La consommation brute d’énergie des entreprises agroalimentaires (de plus de 10 salariés) a atteint 5,3 millions de tonnes équivalent-pétrole (tep) en 2010. Les consommations de gaz naturel et d’électricité augmentent régulièrement alors que la consommation de fioul lourd décroît progressivement.

Les combustibles, qui représentent plus de 3 millions de tonnes équivalent pétrole (tep), dépassent largement la consommation d’électricité. Le gaz naturel est l’énergie la plus consommée par les industries agroalimentaires avec 47% de la consommation totale.

L’électricité représente la deuxième source d’énergie des industries agroalimentaires avec 1,7 millions de tep, soit 33% de la consommation totale. L’industrie agroalimentaire est ainsi le 3^{ème} secteur industriel le plus consommateur d’énergie et le 1^{er} consommateur d’électricité.



Source : SSP - Agreste - Enquête annuelle sur les consommations d'énergie dans l'industrie

Figure 1 : évolution de la consommation par type d'énergie dans les IAA

Parallèlement, les prix de la plupart des énergies augmentent et contribuent à alourdir la facture énergétique de l’industrie agroalimentaire comme illustré par la figure 2 pour l’électricité et le gaz naturel.

¹ Les éléments chiffrés sont issus du Panorama des industries agroalimentaires – édition 2012 – publié par le ministère de l’agriculture, de l’agroalimentaire et de la forêt

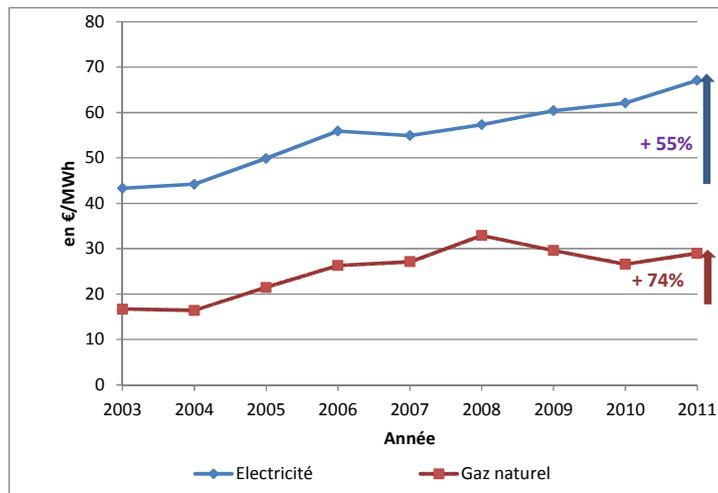


Figure 2 : évolution des prix d'achats de l'énergie dans les IAA

(Source : Agreste - Enquête annuelle sur les consommations d'énergie dans l'industrie)

Il faut relever que le prix de l'électricité en France est bas comparé à ceux pratiqués dans les autres pays européens (voir figure 3). Il est 22% moins cher que le prix moyen des pays de l'Union Européenne. Il devrait évoluer ces prochaines années pour se rapprocher de ce niveau moyen européen notamment avec la fin des tarifs réglementés de l'électricité prévue au 1 janvier 2015 au travers de la loi NOME.

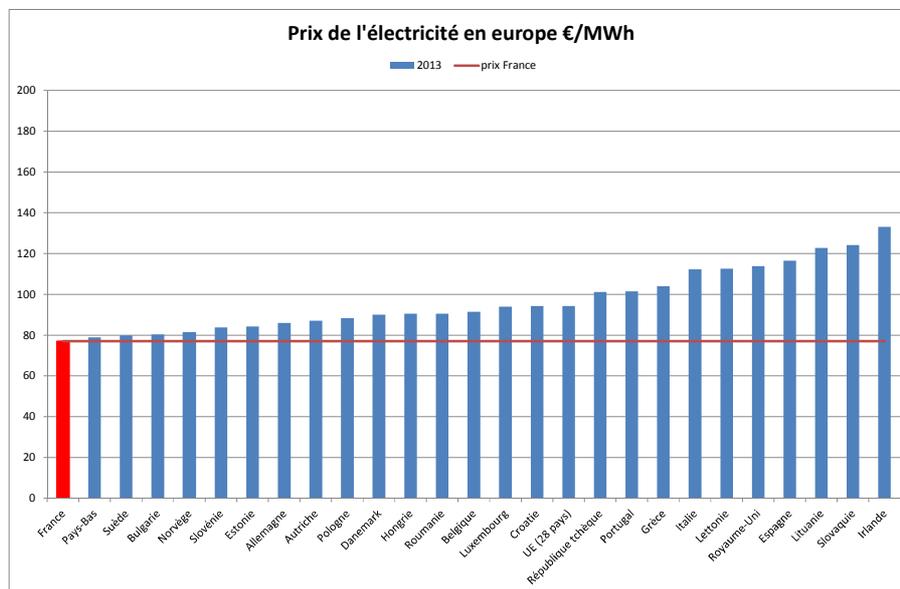


Figure 3 : Prix de l'électricité en Europe en 2013 (source EUROSTAT)

Face à ce constat, il est important d'améliorer la performance énergétique de ce secteur. La maîtrise du poste « énergie » est donc un enjeu fort pour préserver la compétitivité et les emplois dans les industries agroalimentaires.

Le projet ComptIAA Energie a rassemblé 20 PME de différents secteurs : lait, viande, conserverie, distillerie, biscuiterie, corps gras et alimentation animale.



Le graphique de la figure 4 présente le nombre d’employés et la consommation énergétique totale de ces sites. Ce panel a rassemblé :

- 3 TPE (moins de 10 salariés),
- 7 « petites » PME (entre 10 et 50 salariés)
- 10 « grandes » PME (entre 50 et 250 salariés).

Nous avons pu constater qu’aucune corrélation n’existe entre la consommation d’énergie et le nombre d’employés.

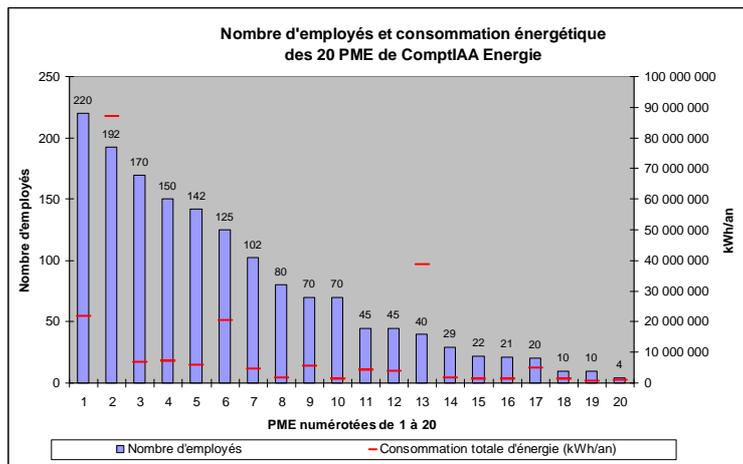


Figure 4 : nombre d’employés et consommation d’énergie des 20 PME de ComptIAA Energie

Ce panel rassemble des entreprises dont le poids et la facture énergétique sont assez variables comme le présente le graphique de la figure 5.

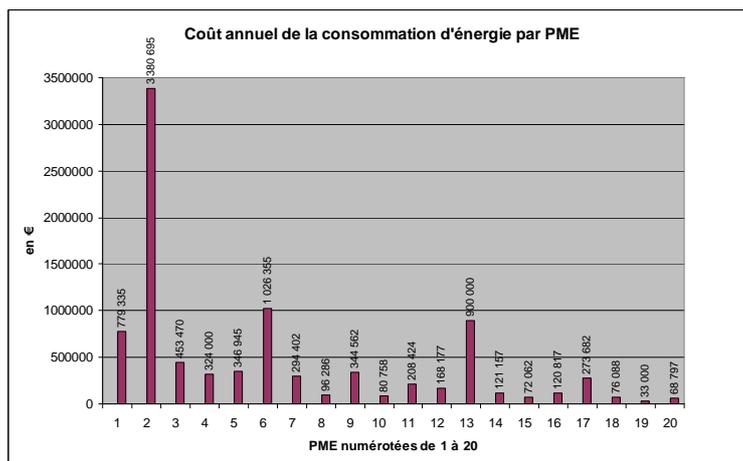
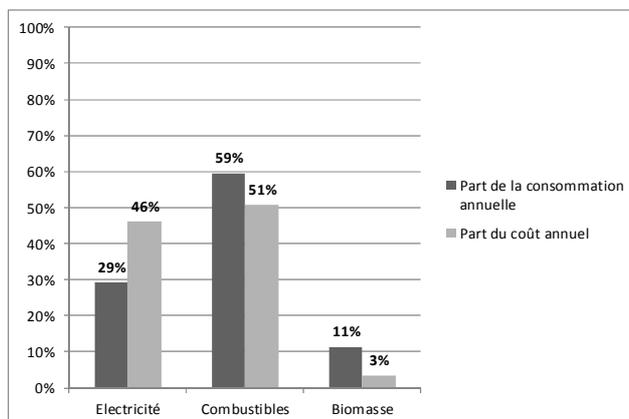


Figure 5 : coût annuel de l’énergie pour les 20 PME de ComptIAA Energie

Les secteurs fortement consommateurs d’énergie parmi ce panel sont le lait et la distillerie.



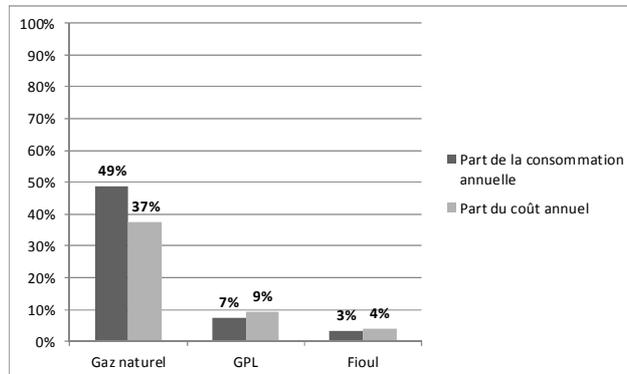
La figure 6 présente les natures et consommations d'énergie rencontrées parmi ces 20 PME.



Type d'énergie	Consommation annuelle		Part de la consommation annuelle	Coût annuel	Prix moyen		Part du coût annuel
	kWh	tep			€	cts €/kWh	
Electricité	64 276 391	5 527	29%	4 218 179	6,56	763	46%
Combustibles	131 049 271	11 268	59%	4 646 033	3,55	412	51%
Biomasse	25 243 200	2 171	11%	304 800	1,21	140	3%

Figure 6 : consommation par type d'énergie des 20 PME de ComptIAA Energie

La figure 7 précise la consommation des combustibles par nature.



Type de combustible	Consommation annuelle		Part de la consommation annuelle	Coût annuel	Prix moyen		Part du coût annuel
	kWh	tep			€	cts €/kWh	
Gaz naturel	107 581 283	9 250	49%	3 435 569	3,19	371	37%
GPL	16 457 371	1 415	7%	857 331	5,21	606	9%
Fioul	7 010 617	603	3%	353 133	5,04	586	4%

Figure 7 : détail de la consommation des combustibles par les 20PME de ComptIAA Energie

Sur cet échantillon, les constats suivants peuvent être dressés :

- la consommation des énergies combustibles (59%) est supérieure à la consommation d'électricité (29%). A noter cependant qu'en termes de coût, l'électricité représente 46% contre 51% pour les énergies combustibles,



- parmi les énergies combustibles, le gaz naturel est largement prépondérant puisqu'il représente 49% de la consommation d'énergie totale (82% des énergies combustibles),
- des caractéristiques de consommation semblables aux statistiques du secteur (33% pour l'électricité, 47% pour le gaz naturel), bien que le panel d'entreprise ne soit pas représentatif en terme statistique.

Les IAA et notamment les 20 PME suivies, se distinguent par une forte consommation d'énergie thermique :

- en chaud sous la forme de vapeur,
- en eau chaude pour les opérations de type cuisson, lavage, étuvage, etc,
- en froid pour la conservation des produits, que ce soient pour les produits finis ou intermédiaires ou pour les produits entrants dans les recettes souvent conservées par voie de congélation.

A noter : les consommations de gasoil n'ont pas été prises en compte dans le champ de l'étude du programme ComptIAA Energie bien que certaines des PME engagées ont une consommation non négligeable ; en particulier les entreprises du secteur laitier avec la collecte de leur lait.



2. Introduction au guide

Ce document constitue un guide pratique pour accompagner les entreprises agroalimentaires dans la mise en place d'un plan de comptage énergétique. La méthodologie proposée a été élaborée et expérimentée au cours du programme ComptIAA Energie, dispositif soutenu par la Direction Générale de la Compétitivité, de l'Industrie et des Services (DGCIS) et l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME).

Une démarche de gestion de l'énergie est avant tout un choix stratégique. L'investissement de la direction de l'entreprise est essentiel pour la réussite d'un tel projet. C'est elle qui fixe les objectifs de gestion de l'énergie. Ils peuvent être très spécifiques et propres à l'entreprise comme une baisse des émissions de CO₂, l'utilisation accrue des énergies renouvelables, etc, même si souvent le critère "facture énergétique" reste prépondérant.

La structure de ce guide est la suivante:

- le paragraphe 3 apporte des éléments de réflexion sur le rôle d'un plan de comptage et les informations résultantes utiles à la maîtrise de la consommation d'énergie par l'entreprise,
- le paragraphe 4 présente la démarche méthodologique pour le déploiement d'un plan de comptage. Cette démarche a été expérimentée auprès des 20 PME du programme ComptIAA Energie,
- Enfin le paragraphe 5 vient compléter toutes ces considérations stratégiques et méthodologiques par des éléments pratiques lors de la mise en place de plan de comptage de manière à fournir des solutions concrètes au cas de figures qui seront rencontrés par les entreprises.

A noter que le volet sur les tarifs d'achat ne sera pas abordé dans ce guide qui ne traite que des quantités d'énergie « physiques » achetées par l'entreprise pour assurer son fonctionnement et sa production. Celui-ci n'est cependant pas à négliger car il est un bon levier d'optimisation de sa facture énergétique. Il est en particulier conseillé de vérifier que le contrat de fourniture de l'énergie est bien adapté et optimisé pour le niveau et le mode de consommation de cette énergie.

Ce guide est complété en annexe par des retours d'expériences vécus lors de l'accompagnement des PME tout au long du projet ComptIAA Energie.

Il est également accompagné de deux recueils téléchargeables :

- Un recueil de "TECHNOLOGIES DE MESURE POUR LE COMPTAGE ENERGETIQUE" décrivant les avantages et inconvénients des solutions techniques de mesure en vue d'un comptage énergétique,
- Un recueil de "SYNOPTIQUES DE PROCEDES EN IAA" pour les secteurs couverts par les centres techniques partenaires vus sous l'angle "énergie".



3. Pourquoi mettre en place un plan de comptage ?

Un plan de comptage de l'énergie est un outil dédié à la gestion de l'énergie. Il doit répondre à une question simple de la direction :

Est-ce que la consommation d'énergie de mon entreprise se justifie ? Est-elle utilisée à bon escient ?

L'objectif d'un plan de comptage est de fournir de l'information à l'entreprise pour lui permettre :

- de mesurer donc de s'assurer de la bonne performance énergétique de son site,
- d'identifier des potentiels d'amélioration,
- de pérenniser les gains effectués.

Cette démarche s'inscrit dans une démarche qualité classique d'amélioration continue comme décrit par la figure 8.

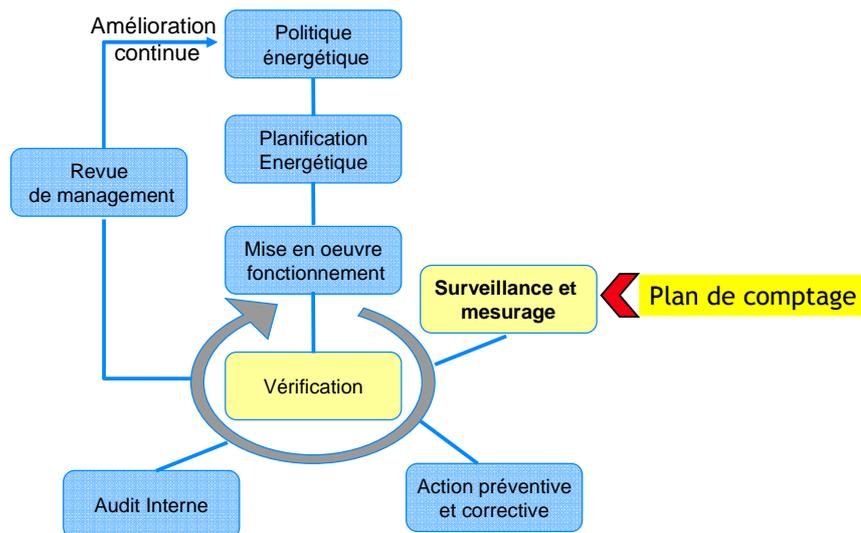


Figure 8 : la démarche d'amélioration continue selon la norme NF EN ISO 50 001

Concrètement, la mise en place des plans de comptage permet à l'entreprise d'accéder, sans exhaustivité, aux informations suivantes.

Identifier des dérives d'efficacité énergétique :

- par la comparaison de rendement de deux équipements similaires entre eux telle que, par exemple, la performance en kWh/kg d'eau évaporée ou par tonne produite de deux tours d'atomisation,
- par la comparaison de la performance constatée avec celle fournie par la documentation du constructeur telle que la performance d'un groupe de production d'air comprimé en Wh/Nm³ ou d'un groupe froid en EER/°C,



- par l'identification des talons de consommations d'énergie résiduelles lors d'arrêt de production, généralement synonymes de fuites (comme sur les réseaux d'air comprimé ou de vapeur), de mauvaises fermetures de vannes, etc.

Fournir les indicateurs et permettre le suivi de la performance énergétique du site.

Les données du plan de comptage vont alimenter un tableau de bord (tableaux, graphiques, etc), qui va permettre l'analyse et le suivi de la performance énergétique du site. Il permet à l'entreprise de s'assurer de sa performance énergétique et/ou d'identifier des axes d'amélioration. C'est également une aide à l'affectation comptable des coûts énergétiques sur les différentes activités de l'usine. Il peut aussi être un moyen de communication pour informer et sensibiliser l'encadrement et les équipes de production sur la performance énergétique des procédés.

Créer un historique des performances énergétiques de l'entreprise.

Un plan de comptage permet de suivre la performance énergétique de l'entreprise au cours du temps. C'est donc un indicateur pour a minima maintenir et conserver cette performance avant d'envisager son éventuelle amélioration. Il peut aussi servir sur la base des données enregistrées à projeter la consommation future en fonction des niveaux de production attendus, des augmentations de capacités envisagées ou des conditions climatiques relevées.

Quantifier et valider les gains attendus par des actions d'amélioration.

La mesure de la consommation d'énergie d'un équipement, d'un procédé ou d'un atelier est un élément objectif de son poids énergétique.

Cela permet à l'entreprise :

- de clarifier ses enjeux énergétiques (ordre de grandeurs des usages),
- d'évaluer les gains attendus d'une action menée,
- d'avoir un outil d'aide à la décision lors de la mise en œuvre de projets énergétiques (hiérarchisation des priorités,).

Le plan de comptage est l'outil qui permet de mesurer et d'analyser en continu la performance énergétique de l'entreprise en fonction de facteurs qui influencent la production du site.

4. Déployer un plan de comptage : méthodologie

4.1. Les différentes étapes de la méthode

La méthodologie proposée se déroule schématiquement en quatre étapes telles que présentées par la figure 9. Elle a été déployée dans les 20 PME accompagnées lors du projet ComptIAA Energie.

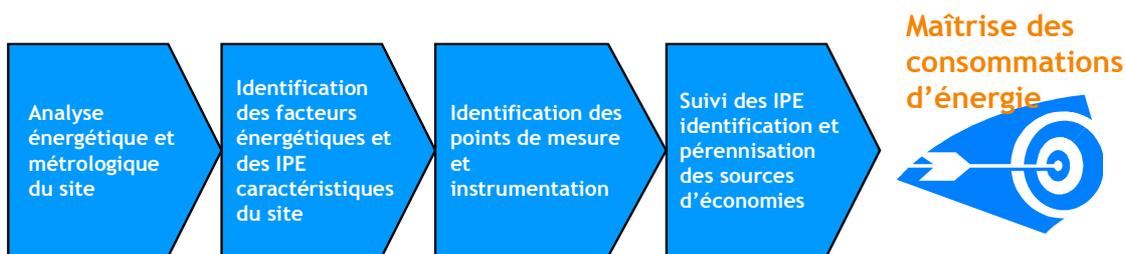


Figure 9 : les 4 étapes de la méthodologie de déploiement d'un plan de comptage

Le plan de comptage doit être considéré selon les préconisations de la norme NF EN ISO 50001 c'est-à-dire le suivi des usages énergétiques significatifs des principaux postes de consommation ou des postes à fort potentiel d'amélioration.

Première étape : établir un état des lieux énergétique et métrologique du site

Cette première action a pour objectif de connaître le site de production sous l'angle de la consommation d'énergie. La finalité est d'établir un état des lieux des usages énergétiques de l'entreprise à partir des données disponibles : factures d'énergie, relevés des compteurs existants, volumes de production... Le bilan peut être présenté sous la forme d'un tableau de synthèse comme présenté en figure 10.

	Electricité	Gaz GPL	Gazole	Total énergie	Eau
Consommations annuelles énergies et eau	kWh/an	kWh(pcs)/an	kWh(pcs)/an	kWh/an	m3/an
	333 915	821 219	132 000	1 287 134	6 742
Coûts annuels énergies et eau (€ HT/an)	26 815	49 273	13 200	89 288	12 220
Coût unitaire énergies et eau	cts€/an	cts€/an	cts€/an	cts€/an	€/m3
	8,03	6,00	10,00	6,94	1,81
Production annuelle (tonnes)				513	
Consommations spécifiques	kWh/tonne	kWh(pcs)/tonne	kWh(pcs)/tonne	kWh/tonne	m3/tonne
	651	1 602	257	2 511	13
Coûts spécifiques (€/tonne)	52	96	26	174	24
Chiffre d'affaire (M€)				3,0	
Prix de vente moyen de la tonne produite (€/Tonne)				5 852	
Part de l'énergie dans le prix de vente (%)				3,0	

Figure 10 : exemple d'une synthèse d'un état des lieux énergétique d'un site de production

En complément de l'analyse des données, il est recommandé de construire un synoptique, comme illustrée par la figure 11, en indiquant les informations suivantes :

- identification des auxiliaires et utilités : groupe(s) d'air comprimé, chaufferie(s), chaudière(s) vapeur, groupe(s) de production de froid,
- inventaire des énergies utilisées : électricité, gaz, fioul, biomasse, etc
- visualisation des flux de matières et d'énergie.

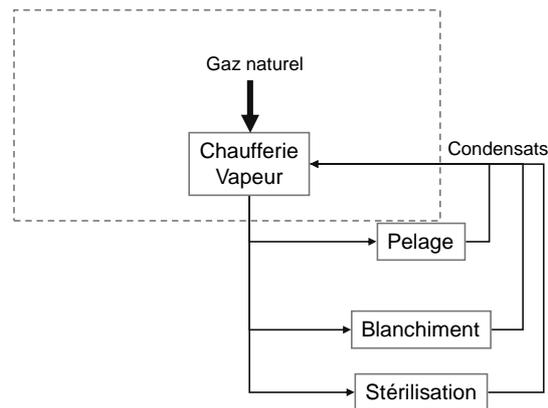


Figure 11 : exemple d'un synoptique d'un procédé de fabrication vu sous l'angle « énergie »

La visite du site doit également permettre d'identifier les compteurs déjà en place. En général, les sites sont équipés de compteurs généraux de livraison des énergies (compteurs électriques et/ou de gaz servant à la facturation par le fournisseur d'énergie). Il faut repérer également tous les autres compteurs divisionnaires de répartition présents sur le site ainsi que tous les capteurs qui pourront donner une information sur la consommation d'énergie (capteurs de température sur un réseau d'eau ou dans une chambre à température contrôlée par exemple).

Cet état des lieux permet d'aboutir à une première répartition des consommations en énergie (kWh) et en coût (€) au niveau global entre les différentes énergies présentes mais aussi si possible dans le détail selon les usages. Si nécessaire, cette première répartition peut être affinée par calcul ou par comptage temporaire ou indirect.

La figure 12 illustre graphiquement un tel état de lieux par énergie et par usage.

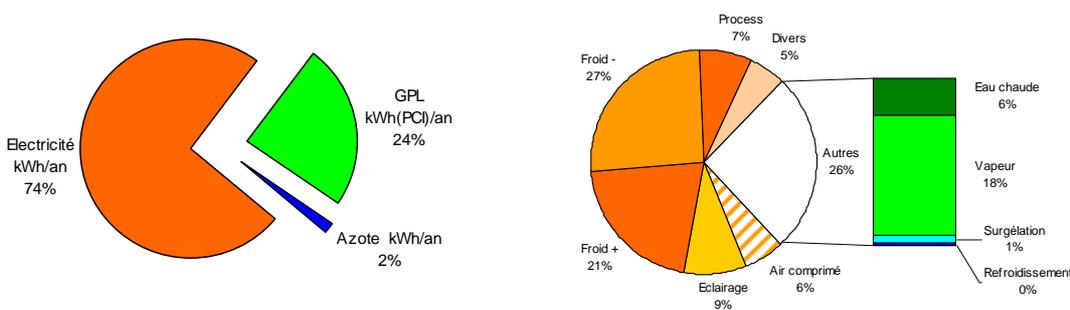


Figure 12 : exemple d'un état des lieux par énergie (à gauche) et par usage (à droite)

L'entreprise doit :

- Identifier les compteurs en place
- Analyser les données existantes sur l'énergie et la production
- Réaliser un synoptique du ou des procédés vu sous l'angle de l'énergie
- Représenter graphiquement cet état des lieux pour faciliter la lecture et le partage des données



Deuxième étape : identifier les facteurs d'influence et les indices de performances énergétiques du site (IPE)

Une fois l'état des lieux énergétiques réalisé, il faut identifier les facteurs d'influence qui sont responsables de la consommation d'énergie du site : quantité de produits traités ou produits (en nombre, en tonnage, etc), heures de fonctionnement de la ligne de production...D'autres facteurs comme le volume d'eau chaude produit ou utilisé, la température extérieure, la surface de chambre froide, peuvent également être pertinent selon la nature des procédés.

L'entreprise doit identifier les facteurs qui influencent prioritairement la consommation d'énergie pour choisir les IPE adaptés.

L'objectif est alors de définir les IPE (les Indices de Performances Energétiques) représentatifs du site. Ces indices seront calculés comme le rapport entre une consommation d'énergie du site par un des facteurs d'influence. En général, un IPE global permettra de suivre l'évolution de la performance énergétique globale du site. Il sera complété par des IPE secondaires qui pourront suivre plus spécifiquement un procédé identifié comme critique, une performance par nature d'énergie, etc. Les IPE sont propres à chaque entreprise, ils sont définis en fonction des objectifs stratégiques visés par l'entreprise. Généralement:

**IPE (Indice de Performance Énergétique) :
exprimé en kWh consommé / unité produite**

Baisse de l'IPE => Baisse de la consommation énergétique par unité produite => Baisse de la facture énergétique à production constante

Exemple chiffré d'un cas de figure dans l'industrie biscuitière :

- Entreprise de 65 salariés
- CA : 10 M€/an
- Excédent Brut d'Exploitation (EBE) : 4% soit 400 k€
- Production 2 500 tonnes/an
- Consommation (gaz + électricité) : 3,6 GWh/an
- Coût du kWh : 5,5 ct€/kWh (moyenne gaz + électricité)
- Facture énergétique : 200 k€/an soit 2 % du CA mais surtout 50% de l'EBE

IPE global = 1,44 kWh/kg de produit fini

L'expérience montre que la mise en œuvre d'une gestion de l'énergie (incluant les Actions d'Economie d'Energie) associée à un plan de comptage permet généralement de générer en fonction des sites industriels des gains pouvant varier de 5 à 15 % d'économie.



Pour notre exemple, dans l’hypothèse d’un gain de 10 %, le gain financier correspondant sera de 20 k€/an. L’amélioration de la performance énergétique se traduira par une baisse de l’IPE de 1,44 kWh/kg à 1,30 kWh/kg et une progression de l’EBE de 5%.

Baisse de l’IPE => Amélioration de l’Excédent Brut d’Exploitation et donc de la performance de l’entreprise

Troisième étape : identifier les points de mesure et l’instrumentation

Pour être en capacité de publier à intervalle régulier les IPE retenus lors de la deuxième étape, il faut mettre en place au sein de l’entreprise une collecte de données qui va alimenter des tableaux de bord. Ces données seront de deux natures : des énergies consommées d’une part, les valeurs ou quantités des facteurs d’influence d’autre part.

Pour les énergies, les compteurs nécessaires à la collecte de ces données devront être installés au point de comptage retenu. Bien évidemment les compteurs en place seront prioritairement exploités. La quantité de compteurs supplémentaires à installer dépendra du détail d’analyse recherché par le plan de comptage. Pour le choix de capteurs, on pourra utilement se reporter au recueil "TECHNOLOGIES DE MESURE POUR LE COMPTAGE ENERGETIQUE"

La figure 13 illustre les 3 points de comptage retenus pour suivre la performance énergétique de cet atelier de production. Dans ce cas, le suivi de la stérilisation, jugé le plus énergivore, a été privilégié sur les autres procédés.

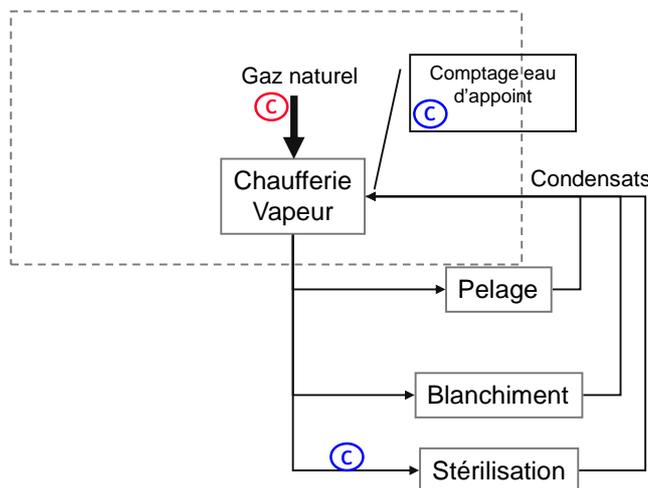


Figure 13 : exemple de choix de points de comptage sur un procédé de production



Quatrième étape : suivi des IPE, identification et pérennisation des sources d'économies d'énergie

Cette dernière étape est l'aboutissement du plan de comptage par l'exploitation dans le temps des informations fournies par les IPE intégrés dans un tableau de bord énergétique.

L'analyse énergétique initiale du site puis les variations et évolutions des IPE doivent permettre d'identifier des gains potentiels d'énergie. Les actions engagées pour optimiser la consommation énergétique devront se traduire par une amélioration à court terme des IPE du site.

A plus long terme, le suivi des IPE (voir figure 14) doit permettre le maintien de la performance énergétique et alerter rapidement d'une éventuelle détérioration de ces indices. L'objectif d'un plan de comptage, au-delà de la réduction des consommations, est de pérenniser dans le temps les performances énergétiques de l'entreprise.

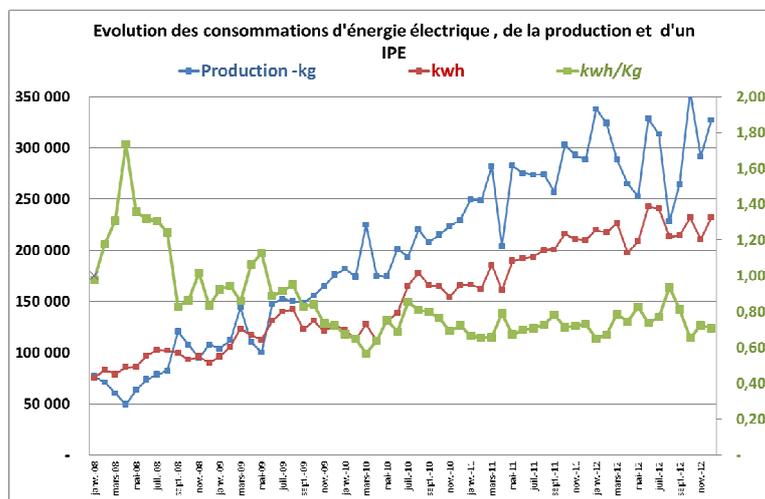


Figure 14 : Exemple du suivi de l'évolution d'un IPE dans le temps

A noter que le déploiement d'un plan de comptage ne se fait pas forcément dans une démarche unique et définitive. Bien au contraire, comme toute action d'amélioration continue, elle doit se concevoir comme une démarche itérative accompagnant les évolutions de l'entreprise en matière de gestion de l'énergie. En fonction de la situation initiale, on peut estimer qu'une maîtrise aboutie de la gestion de l'énergie peut s'obtenir en deux itérations comme l'illustre la figure 15.

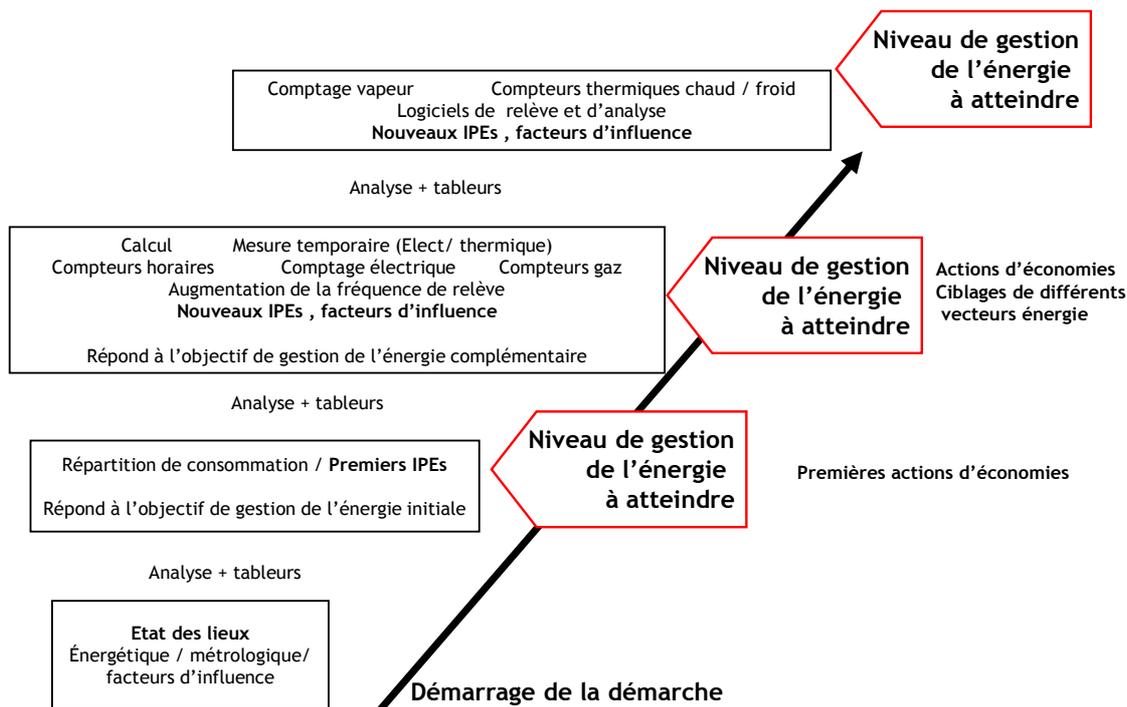


Figure 15 : illustration de la démarche itérative du déploiement d'un plan de comptage

C'est une démarche qui prend du temps afin de pouvoir observer les résultats de mesure avant de réorienter (éventuellement) le suivi de l'énergie. En fonction de son degré de maturité sur le suivi énergétique, l'entreprise peut entrer dans cette méthodologie à différents degrés de complexité du plan de comptage.

Le déploiement d'un plan de comptage est, comme toute amélioration continue, un processus itératif qui va évoluer en fonction des objectifs de l'entreprise en maîtrise de l'énergie mais aussi en fonction de l'évolution des procédés de production

4.2. Plan de comptage et Actions d'Economie d'Energie

Une **Action d'Economie d'Energie** ou **AEE** correspond à une action qui permet d'améliorer la performance énergétique d'une entreprise, c'est-à-dire qui permet de diminuer la valeur de son IPE. Ces actions peuvent être diverses : investissements dans des nouveaux matériels, changements de pratique, sensibilisation du personnel, etc...

Avant d'engager toute **AEE** l'entreprise réalise préalablement un état des lieux énergétique ciblé du procédé ou de l'équipement à améliorer. Le plan de comptage permet par la mise en œuvre d'un ou plusieurs appareils de mesure dédiés de connaître la performance énergétique initiale du procédé ou de l'équipement et de fixer la valeur de l'IPE initial (avant **AEE**).



Après réalisation et mise en œuvre de l'AEE, le suivi de l'IPE permet de mesurer la nouvelle performance énergétique et de quantifier le gain d'énergie réel.

Exemple : Cas du remplacement d'un compresseur d'air fonctionnant en tout ou rien par un compresseur à vitesse variable. L'industriel équipe le départ électrique d'un compteur d'énergie pour identifier précisément la consommation de l'ancien compresseur. Le gain d'énergie avec le nouvel équipement pourra ainsi être mesuré par comparaison des consommations avant et après.

Toute AEE devrait être validée par la détermination des IPE avant (état des lieux énergétique initial) et après (état des lieux énergétique après investissement) pour quantifier et pérenniser le gain d'énergie généré par la mise en œuvre de l'AEE

4.3.Éléments nécessaires et indispensables au plan de comptage

Le plan de comptage est principalement composé des éléments suivants :

- des mesurages : ils proviennent des compteurs mesurant les consommations d'énergie, des capteurs mesurant le niveau de facteurs d'influence comme des températures, des débits d'eau ou d'air, des masses ou volumes de quantités produites, etc...
- de la récupération de données non mesurées ou non mesurables : consommation d'énergie issue de relevés du fournisseur d'énergie, données de volume de production, horaires de production... Ces données non mesurées sont en général accessibles mensuellement et collectées manuellement. Elles s'avèrent indispensables ou incontournables pour alimenter le plan de comptage et calculer l'IPE.
- de l'exploitation des mesures et des données : des tableaux de calculs et des graphiques d'analyses sont réalisés automatiquement ou manuellement. Leur rôle est de convertir les données brutes mesurées et relevés afin de les rendre lisibles et exploitables.
- d'édition de documents de travail : des rapports chiffrés sont émis et transmis aux personnes concernées. Ce sont les documents que l'entreprise exploitera pour suivre sa performance énergétique et éventuellement déclencher des Action d'Economie d'Energie (AEE).

Le plan de comptage permet d'élaborer des argumentaires d'aide à la décision auprès du responsable d'entreprise pour toute Action d'Economie d'Energie (AEE).

4.4.Plan de comptage et qualité des mesures

La qualité des mesures est un facteur clé de réussite dans le déploiement d'un plan de comptage. Il est nécessaire de disposer de relevés fiables pour prendre des décisions pertinentes sur la base des IPE mis en place et observés.

Pour cela, il est important de rechercher une incertitude de mesure des comptages mis en place qui soit suffisamment faible pour visualiser des variations sur les IPE représentatives des conditions d'exploitation et non d'erreurs de mesure. Le plan de comptage doit reposer sur des données



certaines. Le choix pertinent des compteurs et les précautions prises dans leur installation participent à la réussite d'un plan de comptage (Voir le recueil "TECHNOLOGIES DE MESURE POUR LE COMPTAGE ENERGETIQUE").

Dès que l'on cherche à visualiser des améliorations sur les IPE de l'ordre de 5% voire moins, il est indispensable de bénéficier d'une bonne qualité de mesure de l'ordre du pourcent.

Cette qualité de mesure doit être préservée dans le temps. Il est nécessaire d'entretenir et de vérifier régulièrement les instruments de mesure servant au comptage.

Comme les IPE sont le ratio de consommations d'énergie obtenues par comptage et d'un ou plusieurs facteurs d'influence, il est aussi indispensable de disposer de mesures, de relevés ou de données également fiables sur ces facteurs. Il faudra donc aussi apporter beaucoup d'attention à la qualité des données de production comme les volumes, masses ou quantité produites. Il faut veiller à bien faire correspondre les relevés de consommation avec les relevés de production.

La qualité des mesures mises en place dans le plan de comptage est la garantie des bonnes décisions pour la maîtrise et/ou la réduction des consommations d'énergie

5. Savoir mesurer et suivre les facteurs influents pour maîtriser son plan de comptage

5.1. Bonnes pratiques dans la mise en œuvre d'un plan de comptage

5.1.1. Conversion et coûts des principales énergies

Il est nécessaire d'harmoniser l'expression de l'énergie en fonctions des différents approvisionnements pour calculer l'IPE. L'unité de quantification de l'énergie conventionnellement utilisé est le **kWh**.

Différence entre la puissance et l'énergie

La puissance est la quantité **d'énergie** qui est consommée par unité de temps (voir figure 16).

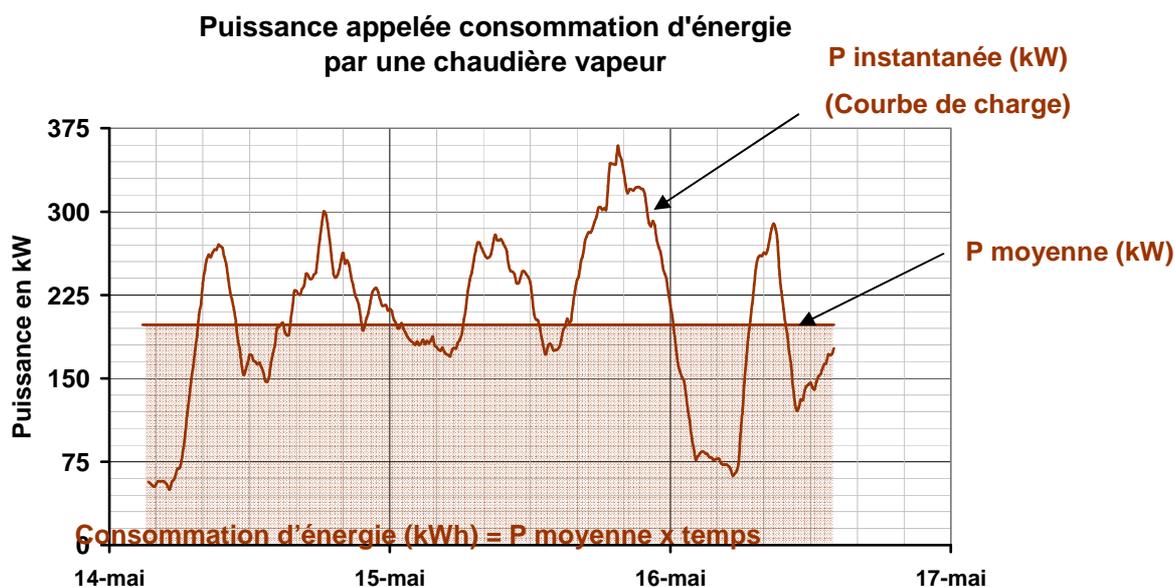


Figure 16 : illustration graphique des concepts de puissance et d'énergie

Quelques facteurs de conversion usuels pour les énergies combustibles :

- 1 tonne de GPL (propane)= 12 800 kWh(pci²) ou 13 900 kWh(pcs³)
- 1 tonne de bois en kWh(pci) (humidité 20 %) = 4 500 kWh(pci)
- 1 000 litres de fioul = 10 000 kWh(pci) ou 10 700 kWh(pcs)
- 1 000 kWh(pcs) de gaz naturel = 900 kWh(pci)

Remarque : le gaz naturel est facturé en kWh(pcs)

Quelques ordres de grandeur du coût des énergies pour les industriels (année 2013)

Le coût des énergies sera converti et exprimé en €/MWh ou ct€/kWh. Ce coût est calculé tous compris en incluant les frais de fourniture et de contrat souscrit (facture totale annuelle payée)

- Propane : 50 à 80 €/MWh(pci)
- Fioul : 60 à 70 €/MWh(pci)
- Gaz naturel : 30 à 40 €/MWh(pcs)
- Bois (plaquettes) : 20 €/MWh
- Electricité : 60 à 100 €/MWh

Les diverses consommations de l'entreprise doivent être converties en kWh. Les coûts des énergies seront exprimés en €/MWh ou ct€/kWh.

² pci: pouvoir calorifique inférieur du combustible

³ pcs: pouvoir calorifique supérieur du combustible; le pcs intègre l'énergie latente de condensation de la vapeur d'eau produite lors de la combustion



5.1.2. Mesurages

Un certain nombre d'équipements de mesurages sont très souvent déjà disponibles sur site mais pas forcément pleinement exploités. Avant d'investir dans de nouveaux équipements, il faut identifier et faire l'état des lieux des moyens de comptages et de mesurages déjà existants sur le site :

- compteurs électriques gaz généraux (servant à la facturation),
- sous-compteurs déjà en place mais non utilisés ou valorisés (compteurs électriques dans les locaux TGBT),
- compteurs déjà existants dissimulés dans des armoires fermées,
- compteurs d'eau d'appoint,
- etc.

Les comptages des fournisseurs d'énergie pour établir la facturation sont des sources d'informations également sous-exploitées. Des éléments de suivi des consommations sont proposés par les fournisseurs d'énergie :

- utilisation des fichiers points 10 minutes (courbes de charge)
- abonnement système visio
- facturations

Il est aussi possible d'équiper un compteur déjà en place avec un boîtier électronique (voir figure 17) qui permet de lire et récupérer l'information de consommation en continu (prix < 500 €)



Figure 17 : exemple de lecteur d'index de compteur optique

Faire un état des lieux exhaustif des moyens de comptages présents dans l'entreprise avant tout nouvel investissement en équipement de comptage

5.1.3. Relevé et récupération des données

La collecte des données de mesures peut-être manuelle ou automatique via des dispositifs d'acquisition. Pour une entreprise qui démarre une démarche de contrôle de ses consommations, une approche pas à pas est conseillée. L'industriel débutera par des relevés d'index manuels et utilisera dans un premier temps les moyens déjà en place sur le site. Cette approche lui permettra de mieux appréhender ses enjeux et ses besoins pour des investissements futurs.



L'investissement dans un dispositif type GTC (Gestion Technique Centralisée) peut s'avérer onéreux notamment pour une PME. Il doit avant tout permettre à l'entreprise de faciliter la récupération et l'analyse des données.

Les avantages sont :

- permettre l'augmentation de la fréquence des relevés et la finesse de l'analyse,
- mieux comprendre l'historique des activités,
- suivre une multitude de points de mesures pour des sites industriels très équipés en moyen de comptages et à multiples procédés,
- supprimer l'obligation de présence humaine pour relever les données.

Lors de la mise en place d'un dispositif de relève automatique, il faut néanmoins être vigilant sur les points suivants :

- la vision terrain s'en trouve restreinte ce qui peut rendre plus difficile l'analyse des données,
- un système figé, par exemple PC de visionnage non connecté au réseau interne, peut rendre l'exploitation des données laborieuses,
- certaines versions de logiciels ne supportent pas les réactualisations lors des évolutions des systèmes d'exploitation (OS) informatiques,
- les applications seront préférentiellement installées en réseau avec accès par un navigateur web plutôt que sur un poste informatique dédié,
- les systèmes d'acquisition automatiques sont capables de traiter finement les consommations d'énergie via les mesures compteurs. En revanche, ils intègrent généralement mal, voire pas du tout les données de production (il n'y a pas forcément de capteurs qui mesure les quantités produites). On rappelle que c'est la connaissance simultanée des deux informations qui permet de déterminer l'IPE.

La récupération des mesures issues des compteurs doit être aisée. Si les relevés sont manuels on veillera à l'accessibilité des index des capteurs. Si les mesures sont relevées par une GTC et stockées dans une base de données, celle-ci doit restée ouverte pour traiter les données via les outils informatiques conventionnels type tableau

5.1.4. Exploitation des mesures et des données

L'objectif est de :

- suivre la dérive de la performance ou de la consommation attendue par rapport aux facteurs d'influences déterminés afin d'identifier d'éventuels problèmes en production et d'y remédier aussi vite que possible,
- comparer des ratios de référence en performance énergétique avec l'interne et/ou l'externe pour identifier les gisements d'économie d'énergie et proposer des AEE.

Des tableaux de calculs et des graphiques d'analyses sont élaborés pour permettre aux responsables de suivre la performance énergétique de l'entreprise. Ils permettent de convertir l'ensemble des



données brutes mesurés et relevés (voir paragraphe précédent) afin de les rendre lisibles et exploitables pour analyse.

Comme précédemment, ces tableaux peuvent être automatisés et intégrés dans un système automatique de calcul (type GTC). Là aussi, il est conseillé à l'industriel de débiter par une approche manuelle et de créer lui-même ces propres tableaux d'exploitations (à partir d'un simple tableur) qu'il renseignera au coup par coup. L'automatisation des tableaux d'analyse viendra dans un deuxième temps lorsque l'entreprise aura acquis une vision claire de ses besoins.

L'outil d'exploitation devra être élaboré en tenant compte d'un pas de temps qui soit en cohérence avec le fonctionnement de l'entreprise (minutes, heures, mois). Il sera donc préalablement déterminé la périodicité de fonctionnement de l'entreprise c'est-à-dire la période d'activité qui se reproduit à l'identique et dont l'IPE calculé sur cette période pourra être comparé de manière significative dans la durée.

Exemples

- Cas d'une Fromagerie : périodicité journalière en phase avec l'approvisionnement de journalier du lait.
- Cas d'industries agroalimentaires de transformation, fabrication biscuitière, abattoir : périodicité généralement hebdomadaire (fonctionnement en 2 x 8 heures 5 jrs/7).
- Cas d'entreprises agroalimentaires à périodicité saisonnière ou annuelle : producteur de foie gras, producteur d'engrais, producteur de fruits en conserve

Remarque :

Une entreprise dont la périodicité d'activité (ou de fonctionnement) est courte aura l'avantage de pouvoir constater plus rapidement les gains d'énergies suite à la mise en œuvre d'une AEE qu'une entreprise à périodicité d'activité longue

L'entreprise doit identifier la périodicité de son activité pour définir la fréquence des relevés et de calcul des IPE
L'outil d'exploitation des données, qu'il soit manuel ou automatisé, doit impérativement être modifiable pour y intégrer les évolutions.
L'utilisateur doit garder la maîtrise de l'outil d'exploitation et d'analyse.

Exemple d'un tableur manuel de saisie et d'analyse

- Saisies données (voir figure 18)
 - Feuille(s) de saisie brute des données de consommation d'énergie
 - Feuille(s) de saisie brute des données de production
- Analyses (figure 19 et 20)
 - Feuille(s) de conversion des énergies en kWh
 - Feuille(s) intégrant les coûts des énergies



- Feuilles(s) permettant d'élaborer des indices de consommation en kWh par unité produite
- Feuille(s) graphiques qui reprennent les données des feuilles de calculs

Date/heure	Index gaz m3	P gaz kW(pci)	Process	Chaud vap	Chaud huile	Chaud bur
17/02/2010 10:30	441 574.0	-	X	X	X	X
17/02/2010 12:00	441 634.0	798	X	X	X	X
17/02/2010 14:00	441 690.0	559	X			
17/02/2010 18:00	441 788.0	489	X			
17/02/2010 18:08	441 790.7	404	X			
17/02/2010 18:25	441 796.7	423	X			
17/02/2010 18:36	441 800.8	446	X			
17/02/2010 19:00					X	X
17/02/2010 21:00			X		X	X
17/02/2010 21:01					X	X
18/02/2010 04:00					X	X
18/02/2010 04:01			X		X	X
18/02/2010 08:45	442 099.0	421	X	X	X	X
18/02/2010 09:35	442 117.0	431	X	X	X	X
18/02/2010 11:12	442 288.0	2 111	X	X	X	X
18/02/2010 11:20	442 300.0	1 797	X	X	X	X
18/02/2010 12:14	442 361.0	1 353	X	X	X	X
18/02/2010 12:15						
18/02/2010 13:53						
18/02/2010 13:54	442 393.0	383	X			
18/02/2010 14:52	442 475.0	1 693	X			
18/02/2010 15:17	442 509.0	1 629	X			
18/02/2010 15:55	442 563.0	1 702	X			
18/02/2010 16:47	442 638.0	1 727	X			

Figure 18 : Exemple de tableau de données brutes

Date	Consommation de gaz (kWh)	Consommation d'élec (kWh)	Consommation globale (kWh)	Fabrication (tonnes)	Consommation spécifique élec (kWh/kg)	Consommation spécifique gaz (kWh/kg)	Consommation spécifique globale (kWh/kg)	
janv	janv-07	562 473	113 380	675 853	1 217	0.093	0.462	0.56
févr	févr-07	422 052	104 792	526 844	1 314	0.080	0.321	0.40
mars	mars-07	446 796	105 730	552 526	1 432	0.074	0.312	0.39
avr	avr-07	295 800	76 261	372 061	720	0.106	0.411	0.52
mai	mai-07	198 458	52 770	251 228	369	0.143	0.538	0.68
juin	juin-07	144 871	40 053	184 924	185	0.217	0.783	1.00
juil	juil-07	242 273	51 550	293 823	628	0.082	0.386	0.47
août	août-07	46 626	22 221	68 847	344	0.065	0.136	0.20
sept	sept-07	483 671	70 221	553 892	1 151	0.061	0.420	0.48
oct	oct-07	449 045	84 265	533 310	1 072	0.079	0.419	0.50
nov	nov-07	608 347	103 331	711 678	1 495	0.069	0.407	0.48
déc	déc-07	457 604	101 418	559 022	1 144	0.089	0.400	0.49
janv	janv-08	599 139	117 043	716 182	1 508	0.078	0.397	0.47
févr	févr-08	640 957	116 765	757 722	1 731	0.067	0.370	0.44
mars	mars-08	507 041	103 582	610 623	1 172	0.088	0.433	0.52
avr	avr-08	288 075	62 931	351 006	493	0.128	0.584	0.71
mai	mai-08	278 583	47 056	325 639	445	0.106	0.626	0.73
juin	juin-08	156 740	41 477	198 217	416	0.100	0.377	0.48
juil	juil-08	86 613	42 894	129 507	428	0.100	0.202	0.30
août	août-08	19 383	22 505	41 888	26	0.866	0.746	1.61
sept	sept-08	397 720	91 880	489 600	1 576	0.058	0.252	0.31
oct	oct-08	308 696	90 108	398 804	1 195	0.075	0.258	0.33
nov	nov-08	267 955	80 023	347 978	741	0.108	0.362	0.47
déc	déc-08	162 359	74 602	236 961	252	0.296	0.644	0.94
janv	janv-09	156 301	86 986	243 287	566	0.154	0.276	0.43
févr	févr-09	548 187	117 544	665 731	1 009	0.116	0.543	0.66
mars	mars-09	405 766	95 965	501 731	985	0.097	0.412	0.51
avr	avr-09	291 687	65 143	356 830	564	0.116	0.517	0.63
mai	mai-09	103 266	31 814	135 080	134	0.237	0.771	1.01
juin	juin-09	45 427	22 042	67 469	0	-	-	-
juil	juil-09	89 594	27 833	117 427	82	0.339	1.093	1.43
août	août-09	9 777	18 554	28 331	0	-	-	-
sept	sept-09	194 519	68 458	262 977				
oct	oct-09	51 013	38 189	89 202				
nov	nov-09	153 125	72 096	225 221				
déc	déc-09		67 549	67 549				

Figure 19 : Exemple de tableau de conversion, d'analyse et de calcul d'IPE

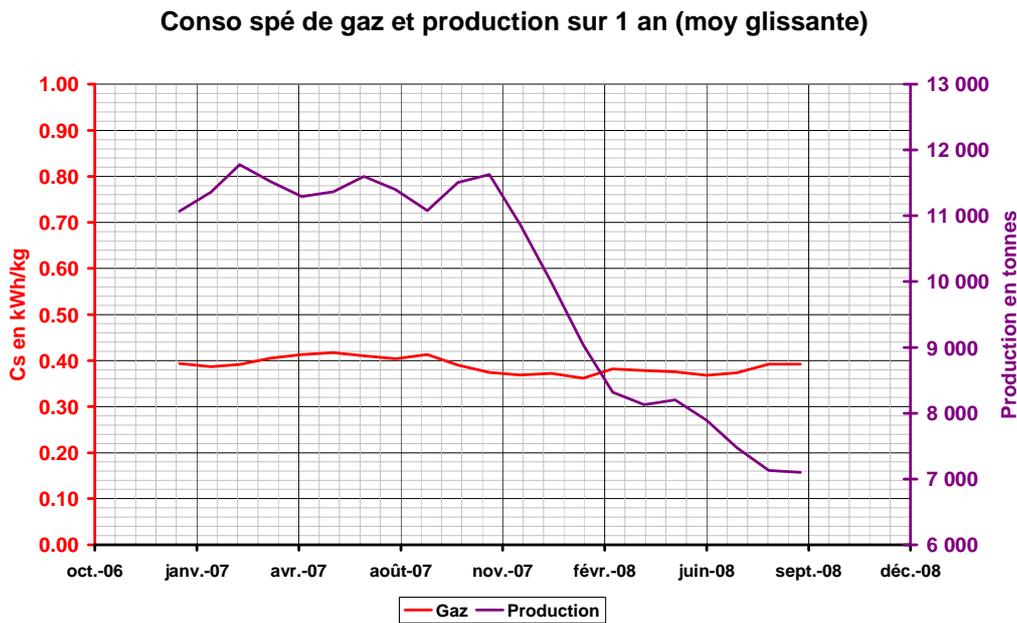


Figure 20 : Exemple de graphique d'analyse (comparaison production et IPE)

Le plan de comptage comprend l'édition de documents de travail sur lesquels s'appuiera l'entreprise pour suivre ou déclencher des **AEE**. Ils feront ressortir de manière synthétique les éléments chiffrés de consommation et de coût associé à l'énergie. Ils peuvent être :

- répartitions des consommations par poste,
- répartition des coûts,
- synthèse des IPE,
- gain d'énergie suite à la mise place d'une **AEE**,
- estimation des gains à attendre suite à une proposition d'**AEE** (avec calcul du Temps de Retour sur Investissement),
- propositions chiffrées pour des **AEE**.

5.2.– Les recommandations d'installation des dispositifs et moyens de comptage

Le paragraphe suivant passe en revue sous forme d'exemples et de cas concrets un ensemble de bonnes pratiques dans le cadre de la mise en place de moyens de mesure associés à un plan de comptage.

Pour plus d'information sur les instruments de mesure utilisables dans le cadre d'un plan de comptage énergétique, le lecteur se reportera au guide "Mesures" élaboré au cours du projet ComptIAA Energie. Ce guide présente les différentes technologies utilisables selon les grandeurs à mesurer. Pour chacune de ces technologies, il décrit:

- le principe de fonctionnement
- les avantages et inconvénients
- les conditions d'utilisation et les performances
- les conditions d'installation
- et le coût hors installation



Les exemples et les cas présentés sont issus de situations classiquement rencontrées dans les entreprises. Ils n'ont cependant pas de caractères exhaustifs.

5.2.1. Respect des règles d'installation et de maintenance

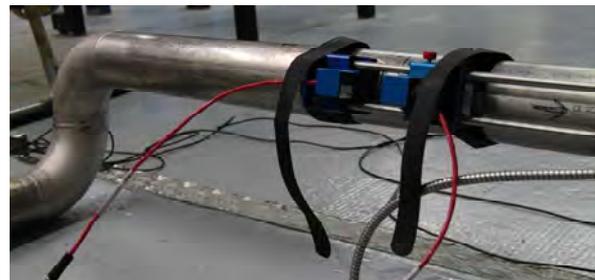
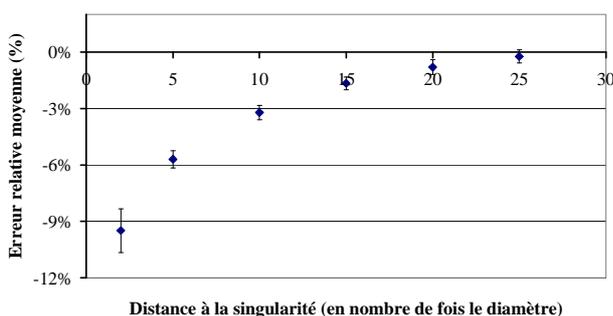
Les technologies de comptage de fluides (eau, gaz, air, vapeur, combustible liquide) demandent généralement en raison de leur principe physique de respecter des règles d'installation pour s'assurer d'une mesure représentative du débit. Il est donc fortement conseillé de faire installer ces compteurs conformément aux instructions du fabricant. En particulier, il faut être vigilant sur les longueurs droites disponibles en amont et aval du compteur et éviter les singularités (vannes, coude, double coude, etc).

Exemple :

Un débitmètre à ultrasons a été installé en sortie d'une singularité, simple coude et double coude non coplanaire, et des mesures de débit ont été réalisés à différentes distance (exprimées en nombre de diamètre de la conduite) de cette singularité.



Influence d'un simple coude à 90° (enregistrement)



Influence d'un simple coude à 90° (enregistrement)

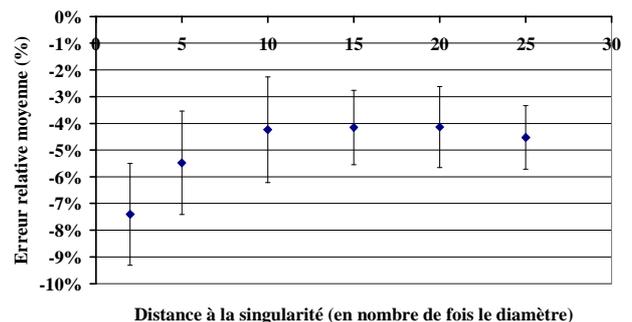


Figure 21 : Influence du montage d'un débitmètre à ultrasons sur la mesure

Les résultats obtenus (figure 21) montrent :

- l'influence de la singularité sur les erreurs de mesure lorsque les règles d'installation ne sont pas respectées. Ces erreurs peuvent atteindre les 10%.



- l'influence persistante derrière une forte singularité (ici un double coude) puisque même après une distance de 25 fois le diamètre l'erreur résiduelle est encore de 4%.

Cette illustration montre l'importance d'une bonne implantation des compteurs de manière à obtenir des résultats de mesure fiables permettant de prendre les bonnes décisions. Dans une situation où les règles d'installation ne pourraient pas être respectées, il est important de considérer la qualité des mesures et leur éventuel impact sur l'incertitude de détermination des IPE.

Pour s'assurer du fonctionnement correct des compteurs et capteurs dans le temps, il est également important de se conformer aux règles de maintenance conseillées par le constructeur. Il sera en particulier conduit un étalonnage périodique pour vérifier que les dérives éventuelles des instruments de mesure restent dans les tolérances spécifiées.

Le respect des règles d'installation des compteurs et capteurs est essentiel pour obtenir la qualité attendue de mesure. Leur étalonnage périodique est indispensable pour garantir cette qualité dans le temps.

5.2.2. Installation d'un compteur pour un combustible de type propane

Constat / situation

Le combustible propane (GPL) est généralement distribué dans les entreprises sous forme de livraisons par camions plus ou moins périodiques. L'achat d'une livraison de propane est souvent déclenché par le niveau bas de la cuve de stockage.

Ces approvisionnements ponctuels réalisés plus ou moins en fonction de la demande ne permettent pas de suivre de façon suffisamment fine la consommation d'énergie pour la corrélérer avec les utilisations dans l'entreprise.

On note, que dans bien des cas, les entreprises utilisant du propane comme combustible sont rarement équipées de compteur de gaz sur la conduite générale contrairement aux entreprises connectées au réseau de gaz naturel où le compteur est l'élément indispensable pour établir la facturation.

Préconisation / conseil

Dans le cadre de ce guide, nous conseillons la mise en place systématique d'un compteur de suivi des consommations propane (GPL) sur la conduite générale issue de la cuve de stockage.

Précaution de dimensionnement

Le dimensionnement du compteur à mettre œuvre sera réalisé en calculant l'appel de puissance maximal lorsque tous les procédés utilisant du gaz et susceptibles de fonctionner en même temps sont sollicités. Le compteur est dimensionné sur la base de cette puissance.



Le compteur est un capteur qui mesure non pas une puissance directement mais un volume de gaz (m³/h). Le choix du compteur sera donc basé sur le volume de gaz correspondant à la puissance.

Pour le choix du compteur, nous utiliserons une formule de calcul qui permet de relier la puissance au volume de gaz. Elle s'exprime de la façon suivante :

$$V_{Gaz}(m^3/h) = \frac{Pui_{max}(kW)}{\frac{273}{(273+T_{Gaz}(^{\circ}C))} \times \frac{(1,013+Pr_{Gaz}(bar))}{1,013} \times PCI(kWh/m^3N)}$$

Avec :

Pui_{max} = Puissance maximale totale appelée par les procédés.

T_{Gaz} = Température du gaz à hauteur du compteur en général proche de 10 °C en moyenne

Pr_{Gaz} = Pression du gaz à hauteur du compteur. Par exemple si le compteur est directement placé en amont de la cuve de stockage la pression est généralement proche de 1,5 bar. Un manomètre est souvent présent sur les installations.

PCI = Pouvoir calorifique inférieur du gaz Propane = 25,4 kWh/m³N.

Exemple d'application :

Si la puissance appelée maximale estimée est de 700 kW, dans les conditions de température et de pression évoquées précédemment, le volume de gaz mesuré maximal par le compteur sera de 11,5 m³/h. Il conviendra donc de choisir un compteur permettant de passer cette quantité. Dans ce cas, se trouvent sur le marché des compteurs volumétriques couvrant des débits de 0,25 m³/h à 16 m³/h qui conviennent parfaitement.

Commentaires

- Il est indispensable de tenir compte des caractéristiques de distribution du gaz vers l'usine ou vers les procédés pour dimensionner correctement un compteur. Le prescripteur s'informerera donc sur le **PCI** du gaz ainsi que la **pression** et la **température** usuelles du gaz à l'endroit où le compteur sera installé que ce soit à hauteur d'un procédé ou sur la conduite générale de l'usine.
- Le commentaire précédent est également valable pour les autres combustibles gazeux y compris le gaz de réseau.
- Attention la pression de distribution du gaz n'est pas obligatoirement la même sur l'ensemble d'un réseau de distribution dans l'usine. Des jeux de détendeurs par ateliers par exemple peuvent adapter la pression en fonction des usages. Ne pas se fier à une indication d'un manomètre de pression qui serait trop éloignée du point d'installation.
- En général, les conduites de gros diamètres dénotent des pressions de distribution faibles, les conduites de petits diamètres des pressions de distribution plus importantes.



- Le compteur sera mis en place en ayant le soin de le placer dans un endroit accessible pour permettre de réaliser des relevés de consommation manuelle aisément. Le compteur sera de plus installé dans une partie linéaire de conduite.
- Concernant les relevés de consommations, si l'industriel opte pour un système de télé-relève le compteur devra être équipé d'un émetteur d'impulsion électronique. Dans ce cas, les **émetteurs** équipant les compteurs en standard sont de **type BF** (Basse Fréquence). Pour du gaz propane, ce type d'émetteur en télé-relève ne n'est généralement pas adaptés, on exigera de la part du fournisseur un émetteur **type HF** (Haute Fréquence).
- **L'installation sera réalisée par du personnel qualifié**, un filtre de protection en amont du compteur est vivement conseillé.
- Investissement de 3 000 à 6 000 €/compteur est à prévoir

5.2.3. Installation d'un compteur de combustible fioul

Constat / situation

Le combustible fioul (FOD) est généralement distribué dans les entreprises sous forme de livraisons par camions plus ou moins périodiques L'achat d'une livraison étant souvent déclenché par le niveau bas de la cuve de stockage.

Ces approvisionnements ponctuels réalisés plus ou moins en fonction de la demande ne permettent pas de suivre de façon suffisamment fine la consommation d'énergie pour la corrélérer avec les utilisations dans l'entreprise.

On note, que dans bien des cas, les entreprises utilisant du fioul comme combustible sont rarement équipée de compteur d'énergie sur la conduite générale.

Préconisation / conseil

Dans le cadre de ce guide, nous conseillons la mise en place d'un compteur de suivi des consommations de FOD. Ce compteur pourra être mis en place seulement dans le cas où le prélèvement dans la cuve de stockage est dit mono-tube (sans tube de retour des pompes fiouls des brûleurs des procédés).

Remarque :

- Le FOD est un combustible de moins en moins utilisé en industrie. Il reste généralement utilisé pour assurer le chauffage de locaux via une chaudière ancienne. Nous incitons l'entreprise à vérifier préalablement le montant financier de la consommation de fioul avant l'investissement dans ce moyen de comptage pour en mesurer préalablement les enjeux.

Précaution

Le dimensionnement du compteur à mettre œuvre sera réalisé en calculant l'appel de puissance maximal (Puissance maximale de la chaudière par exemple). Le compteur est dimensionné sur la base de cette puissance.

Le compteur est un capteur qui mesure non pas une puissance directement mais un volume de liquide FOD (l/h). Le choix du compteur sera donc basé sur le volume de fioul correspondant à la puissance.



Pour le choix du compteur la relation qui permet de relier la puissance au volume de fioul. Elle s'exprime de la façon suivante :

$$V_{Fioul} (l/h) = \frac{P_{ui_{max}} (kW)}{PCI (kWh/m^3N)}$$

Avec :

$P_{ui_{max}}$ = Puissance maximale totale appelée par les procédés.

PCI = Pouvoir calorifique inférieur du FOD = 10 kWh/litre.

Exemple d'application :

Si la puissance appelée maximale estimée est de 700 kW, le volume de FOD mesuré maximal par le compteur sera de 70 l/h. Il conviendra donc de choisir un compteur permettant de passer cette quantité.

Les compteurs à turbines seront privilégiés pour ce type de comptage

Commentaires

- Si l'installation de fioul alimente seulement un seul équipement (Une cuve de stockage pour une chaudière par exemple) l'installation sera généralement constituée de deux tubes (aller/retour fioul). Le compteur pourra alors être placé sur la conduite entre la pompe (coté HP) et l'injecteur fioul au brûleur pour éviter l'investissement dans deux compteurs (un sur l'aller, l'autre sur le retour).
- Le compteur sera mis en place en ayant le soin de le placer dans un endroit accessible pour permettre de réaliser des relevés de consommations manuelles aisément.
- Concernant les relevés de consommations, si l'industriel opte pour un système de télé-relève le compteur devra être équipé d'un émetteur d'impulsion électronique. Dans ce cas, les **émetteurs** équipant les compteurs en standard sont de **type BF** (Basse Fréquence).
- Un système de filtration protégera le compteur.
- Investissement de 300 à 1 000 €/compteur est à prévoir

5.2.4. Mesure des consommations d'une chaudière vapeur

Constat / situation

Le poste chaudière vapeur est généralement un poste consommateur très important dans l'entreprise. Or la consommation d'énergie d'une chaudière vapeur sur laquelle sont connectés des procédés thermiques n'est pas aisée à appréhender compte tenu des appels de puissance de vapeur très variables au cours du temps ainsi que des autres utilisations du gaz dans l'usine.

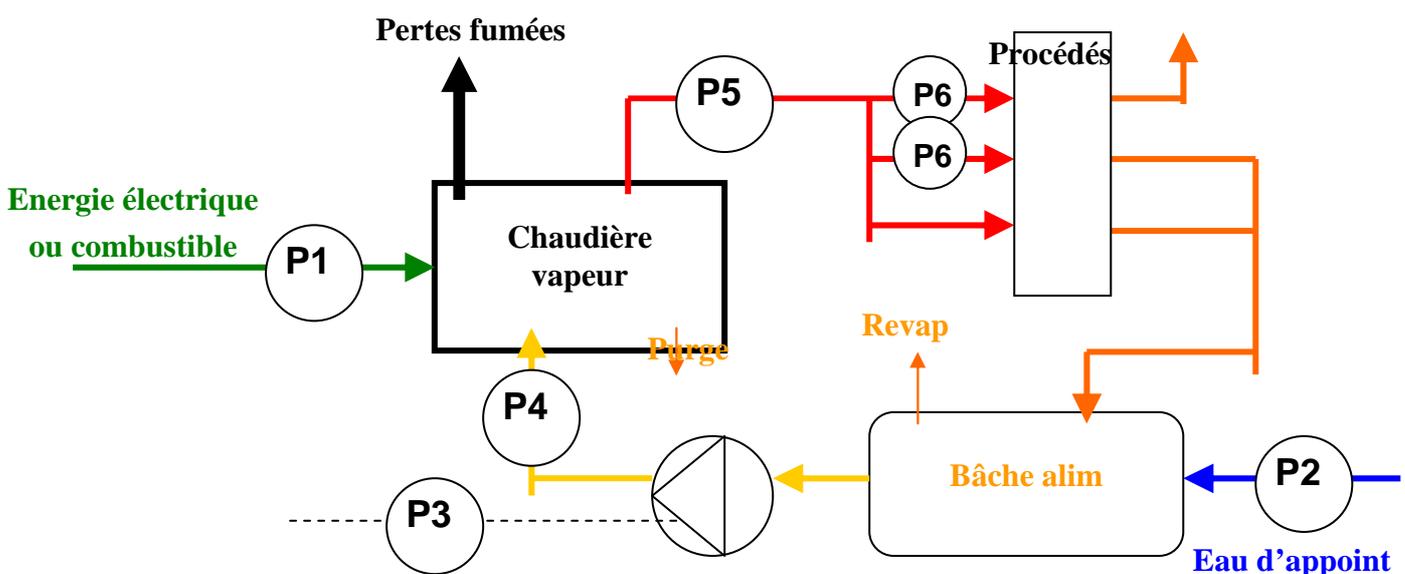
Préconisation / conseil

La préconisation en moyens de comptage pour identifier la consommation de vapeur sera priorisée en fonction des coûts des équipements des capteurs. En considérant une situation de départ dans



laquelle aucun moyen de mesure n'est en place, voici les propositions d'implantation graduelles de capteurs sur la chaudière vapeur :

- **Priorité 1.** Mise en place d'un compteur d'énergie combustible ou électrique pour mesurer la consommation d'énergie de la chaudière. Le débit de vapeur est déduit par calcul en considérant le rendement de la chaudière. Pour les chaudières à combustible fossile le rendement est déduit des mesures effectuées lors des contrôles périodiques de combustion. Prix de 3 000 à 5 000 € pour une chaudière alimentée en combustible gazeux, de l'ordre de 1 000 € si la chaudière est électrique.
- **Priorité 2.** Mise en place d'un compteur d'eau d'appoint à la bêche. Cette mesure permet d'estimer le taux de retour des condensats. Prix de 1 000 €.
- **Priorité 3 :** Mise en place d'un compteur horaire sur la pompe de gavage de la chaudière. Cette mesure permet d'appréhender la consommation de vapeur par la connaissance du nombre d'heures de fonctionnement de la pompe ainsi que des ses caractéristiques hydrauliques fournies par le constructeur. Une mesure ponctuelle du courant électrique par pince ampéremétrique complétera le dispositif pour caractériser le débit de la pompe. Prix 100 €.
- **Priorité 4 :** Mise en place d'un compteur d'eau de gavage de la chaudière. Cette mesure permet en complément de la mesure d'eau d'appoint de caractériser plus précisément la consommation vapeur. Elle ne renseigne cependant pas sur les appels de vapeur instantanée. Prix 1 000 à 4 000 € (150 m³/h) en fonction du débit.
- **Priorité 5 :** Mise en place d'un compteur vapeur (vortex ou diaphragme) sur le départ vapeur de la chaudière. Cette mesure permet d'identifier plus précisément la consommation de vapeur et de renseigner sur les appels de puissance. Prix 5 000 à 10 000 € en fonction du débit et de la technologie du compteur.
- **Priorité 6 :** Mise en place d'un compteur vapeur pour chaque procédé consommateur. Prix 5 000 à 10 000 € en fonction du débit et par équipement.





Précautions de dimensionnement

- **Priorité 1.** Si la chaudière est électrique, on se fierà à l'indication de la puissance maximale de la chaudière pour déterminer le calibre des TI (Transformateur d'Intensité).
- **Priorité 2.** Le remplissage est souvent réalisé ponctuellement par un système de niveau dans la bête. Un compteur de quelques m³/h est généralement suffisant
- **Priorité 3 :** Le compteur horaire devra être accessible pour une lecture aisée. Un dispositif de télé-relève est possible.
- **Priorité 4 :** Le compteur d'eau est prévu pour une température de 100 °C (eau de gavage issue de la bête alimentaire) Il sera dimensionné en fonction du débit de la pompe (plusieurs dizaine de m³/h). Il fonctionnera généralement façon intermittente.
- **Priorité 5 :** Le compteur vapeur sera dimensionné en fonction du tonnage vapeur maximal de la chaudière. On sera attentif lors du choix de l'équipement aux variations de charge vapeur des procédés.
 - Compteur Vortex : mesure de débit correcte de 10 à 100 % de pleine échelle
 - Compteur Diaphragme fixe : mesure de débit correcte de 30 à 100 % de pleine échelle
 - Compteur Diaphragme variable : mesure de débit correcte de 1 à 100 % de pleine échelle
- **Priorité 6 :** Le compteur vapeur sera dimensionné en fonction du tonnage vapeur maximal de chaque procédé. Le choix des équipements est identique aux remarques précédentes.

Exemple : Calcul du débit de vapeur estimé en fonction de la consommation de gaz

Calcul du rendement de combustion d'une chaudière fonctionnant au gaz naturel à partir du contrôle annuel :

Les équipements de contrôle de combustion réalisent une mesure du taux d'O₂ (dioxygène). La formule dite de Siegert permet de calculer le rendement η de combustion à partir du taux d'O₂ et de la température des fumées.

$$\eta_{combustion} (pci) = 100 - (35n + 6) \times \frac{T_{fumées} - T_{ambient}}{1000}$$

$$n = 1 + 0,9 \cdot \frac{O2(\%)}{21 - O2(\%)}$$

Le rapport de contrôle de la chaudière donne : O₂ = 10 %, température fumées = 180 °C. Le $\eta_{combustion}$ calculé est de 89 % (pci).

La consommation gaz de la chaudière est de 700 kWh (pci). Le débit de vapeur de la chaudière est donc estimé de la façon suivante :

700 kWh (pci) x 89 % = 629 kWh (pci) soit 830 kg de vapeur (Conversion d'énergie : 1 tonne de vapeur équivalent à environ 750 kWh)

Commentaires

- Les compteurs seront mis en place en ayant le soin de les placer dans des zones le plus accessibles possible pour permettre de réaliser des relevés de consommation manuelle aisément. Le compteur sera de plus installé dans une partie linéaire de conduite.
- Concernant les relevés de consommations, si l'industriel opte pour un système de télé-relève :



- Compteurs combustible, eau ou électrique: émetteur impulsion
- Compteurs vapeur : émetteur analogique (4-20mA ou 1-5V, etc...)

5.2.5. Mesures électriques ponctuelles

Constat / situation

Si les moyens permanents de comptage de l'énergie renseignent en continu sur l'évaluation des consommations d'un équipement ou d'un procédé, il n'est pas forcément nécessaire de transposer ce principe de mesures en continu avec des compteurs en fixe à tous les postes consommateurs de l'usine.

De plus, il peut apparaître nécessaire pour avoir une compréhension plus fine d'un équipement de réaliser en plus du relevé de consommation en continu une campagne de mesures approfondie sur une période de temps plus restreinte (une journée, une semaine...).

Préconisation / conseil

L'industriel complétera ses moyens de comptage par un wattmètre portatif permettant de réaliser des mesures de consommation électrique ponctuelles sur une période réduite sans intervention ou arrêt des installations.

Précaution de dimensionnement

Il existe dans le commerce des contrôleurs de consommation d'énergie électrique (voir figure 22 et 23). L'intensité est mesurée jusqu'à 3 000 Ampères pour un prix à partir de 1 500 €.



Figure 22 : Contrôleur de consommation d'énergie électrique
 puissance appelée compresseur Azb (Atelier thermique)

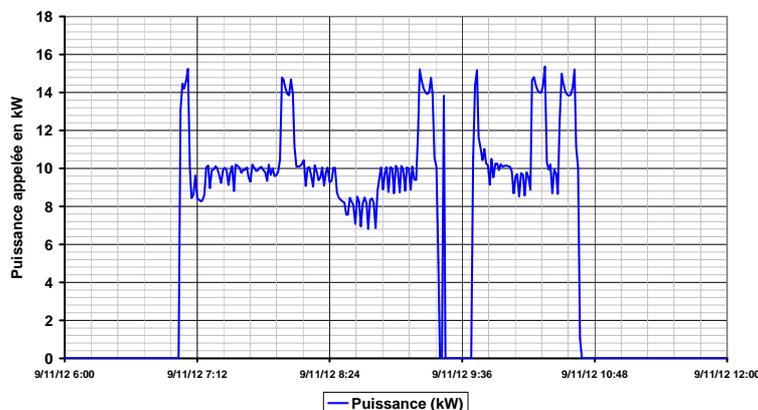


Figure 23 : Exemple d'enregistrement ponctuel de la puissance électrique sur un compresseur d'air



Commentaires

- L'industriel réalisera des actions de contrôles ponctuels et ciblées à l'aide d'un moyen mobile de comptage (Compteur déjà en place, compteur d'énergie électrique, wattmètre, pince ampéremétrique...). Ce mode de contrôle des consommations est moins coûteux en investissement (un seul appareil mobile). En revanche, des campagnes ciblées de contrôle devront être menées plus régulièrement.
- De la même façon qu'en mesure fixe, les mesures seront corrélées à la production.
- Il existe également disponible dans le commerce des dispositifs de lecture optique d'index qui peuvent être installés ponctuellement sur les compteurs gaz et eau mécaniques.

6. Conclusion

Les outils :

- le présent Guide Pratique "DEPLOIEMENT DE PLANS DE COMPTAGE ENERGETIQUE DANS LES INDUSTRIES AGROALIMENTAIRE" décrivant et illustrant la méthodologie de mise en œuvre d'un plan de comptage au sein d'une entreprise,
 - le recueil "TECHNOLOGIES DE MESURE POUR LE COMPTAGE ENERGETIQUE" décrivant les avantages et inconvénients des solutions techniques de mesure en vue d'un comptage énergétique,
 - et le recueil "SYNOPTIQUES DE PROCÉDES EN IAA" pour les secteurs couverts par les centres techniques partenaires vus sous l'angle "énergie",
- élaborés par le projet ComptIAA Energie doivent permettre de prolonger cette opération de démonstration dans d'autres entreprises au-delà des 20 PME de l'IAA qui les ont les éprouvés et les faire bénéficier d'une économie pérenne de 5 à 15% sur la consommation d'énergie annuelle.



Annexe 1 : Plan de comptage et mise en œuvre d'une AEE - Exemple

Il s'agit d'une entreprise spécialisée dans la transformation de produits agroalimentaires. Pour ses procédés, elle est équipée de deux générateurs fonctionnant au gaz :

- une chaudière pour la production de vapeur,
- un ballon de production d'eau chaude.

État des lieux énergétiques et établissement de l'IPE

- Production vapeur par la chaudière (débit nominal : 1 t/h) = 3 000 MWh/an (mesuré par compteur gaz sur chaudière vapeur)
- Température des fumées de la chaudière = 180 °C (mesurée ponctuellement et relevé manuellement à l'aide du thermomètre en place dans la chaufferie)
- Production d'eau chaude de lavage à 60 °C par le ballon d'eau chaude = 4 500 m³/an (mesuré par compteur d'eau sur l'entrée eau froide du ballon ECS)
- Consommation de gaz calculée à partir de la consommation d'eau = 260 MWh/an ($E=m.Cp.\Delta[T_{\text{ballon}}-T_{\text{eau froide}}] = 4\,500\text{ m}^3/\text{an} \times 1\,000\text{ kg/m}^3 \times 4,18\text{ kJ/kg} \times (60\text{ °C} - 10\text{ °C})/3600$)
- Consommation totale de gaz = 3 260 MWh/an (Somme des consommation de gaz de la chaudière vapeur et du ballon : 3 000 + 260 MWh/an)
- Production : 2 500 tonnes de produits finis/an (Donnée collectée auprès de la production) ; la production est le facteur d'influence.

$$IPE\ global = 1,304\ kWh/kg\ de\ produit\ fini$$

(consommation de gaz/production: 3 260MWh/2 500 tonnes)

Proposition d'Action d'Economie d'Energie

Le niveau de température des fumées en sortie de la chaudière autorise la mise en place d'un économiseur pour récupérer la chaleur sensible de ces fumées afin de produire de l'eau chaude en remplacement ou en appoint du ballon d'eau chaude.

Le gain énergétique attendu par ce type d'équipement est de 4 % de la consommation de la chaudière soit 120 MWh/an (consommation gaz chaudière x 4 % = 3 000 x 4 %)

Le coût de l'équipement est de 20 000 € (données des fournisseurs - devis) et il est éligible aux CEE (Certificats d'Économies d'Énergies) pour une subvention estimée à 1 500 € (données fiche de calcul CEE)

Le coût net de l'investissement est 18 500 € (coût équipement – subvention = 20 000 – 1 500)

Données financières et économiques

Prix du kWh gaz : 35 €/MWh (estimé sur la base de la facture annuelle)

Gain financier annuel : 4 200 €/an (35 €/MWh x 120 MWh/an)

Le TRI (Temps de retour sur Investissement) est donc de 4,4 ans (coût net de l'investissement/gain annuel : 18 500 €/4 200 €/an)

Ces éléments portés à la connaissance du chef d'entreprise vont permettre de décider de la pertinence d'engager cet AEE.



Évolution programmée de l'IPE après implantation de l'économiseur

IPÉ global = 1,256 kWh/kg produit fini (baisse de 3,7 %)
(consommation de gaz/production = (3 260-120)MWh /2 500 tonnes)

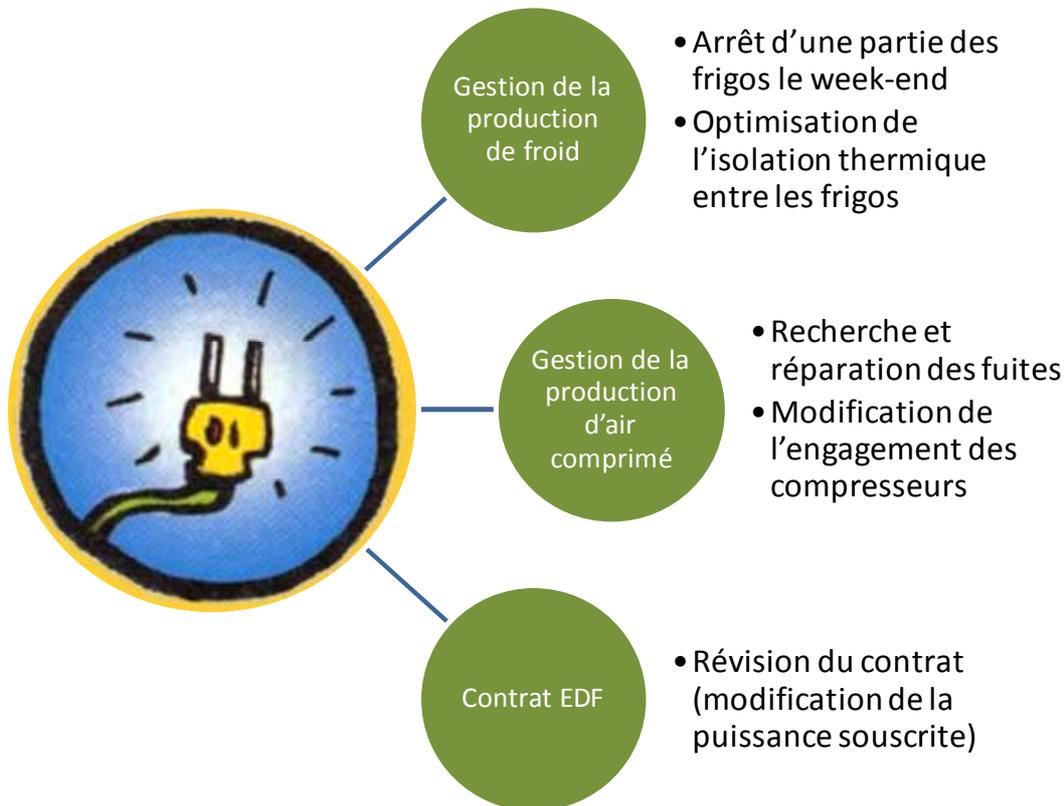
Le plan de comptage et le suivi de l'IPE dans la durée va permettre de valider et pérenniser l'économie générée par cet AEE.



Annexe 2 : Focus sur les actions d'économie d'énergie conduites chez SOMAFER

L'activité de SOMAFER est l'abattage et la découpe de viandes bovines et ovines.

Les actions suivantes ont été entreprises pour réduire les consommations d'électricité:



Pour réduire la consommation de gaz propane, SOMAFER a installé un récupérateur de chaleur sur les groupes froid pour préchauffer l'eau d'entrée dans la chaudière de production d'eau chaude (figure 24).

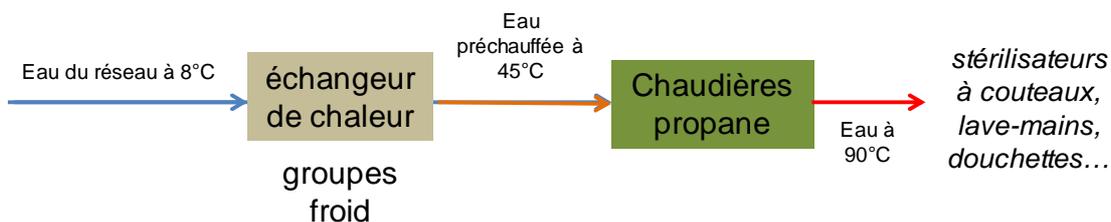


Figure 24 : Synoptique de préchauffage de l'eau en entrée de chaudière

Entre 2011 et 2013, les dépenses d'achats de gaz propane ont quasiment été divisées par deux avec un gain annuel de l'ordre de 44 000 €.



Annexe 3 : Plan de comptage, outil de pilotage chez COPVIAL

L'activité de COPVIAL, coopérative des producteurs de viande d'Alsace, est l'abattage et la découpe de viandes bovines et porcines.

Cette entreprise a intégré le tableau de bord issu du plan de comptage dans le management de sa production. Voici deux exemples vécus.

Détection d'une panne sur une pompe à chaleur

Copvial produit de l'eau chaude pour ses procédés à partir de ballon chauffé électriquement. L'eau froide est préchauffée par récupération de chaleur sur les groupes de production de froid et une pompe à chaleur comme le montre la figure 25.

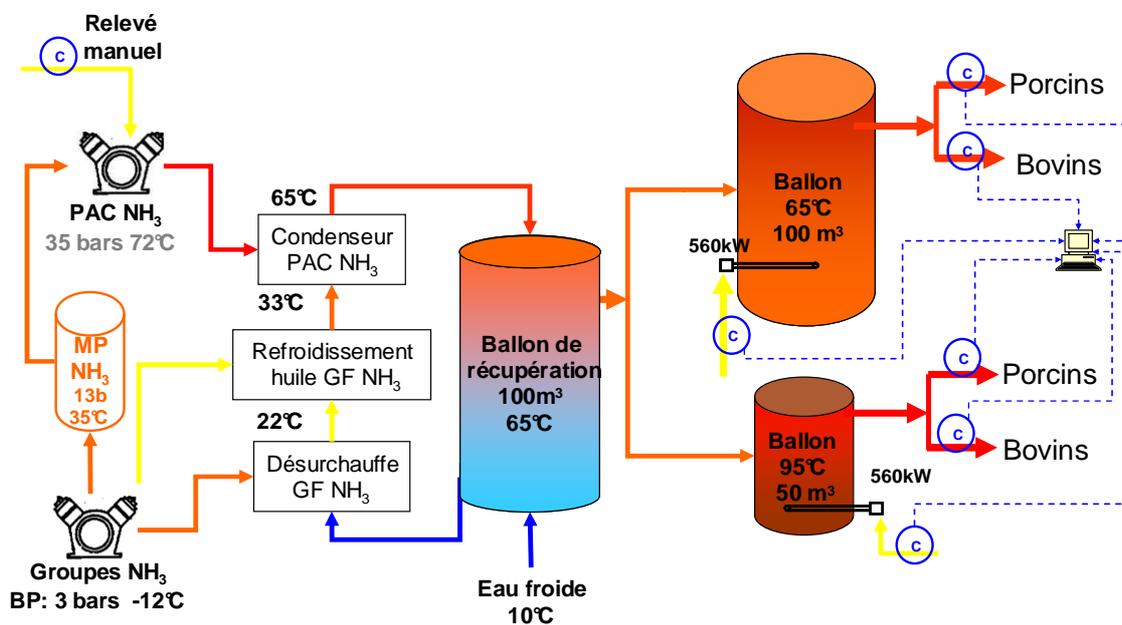


Figure 25 : Synoptique de préchauffage de l'eau en entrée des ballons

Le suivi de la consommation électrique pour la production de cette eau chaude (voir figure 26) a mis en évidence une surconsommation des épingles électriques en mars 2012. Elle résultait de la panne du compresseur de la pompe à chaleur identifiée par cet indicateur. Cet incident a permis de quantifier le gain de consommation d'énergie électrique généré par la pompe à chaleur: il est de 17% de la consommation électrique du site.

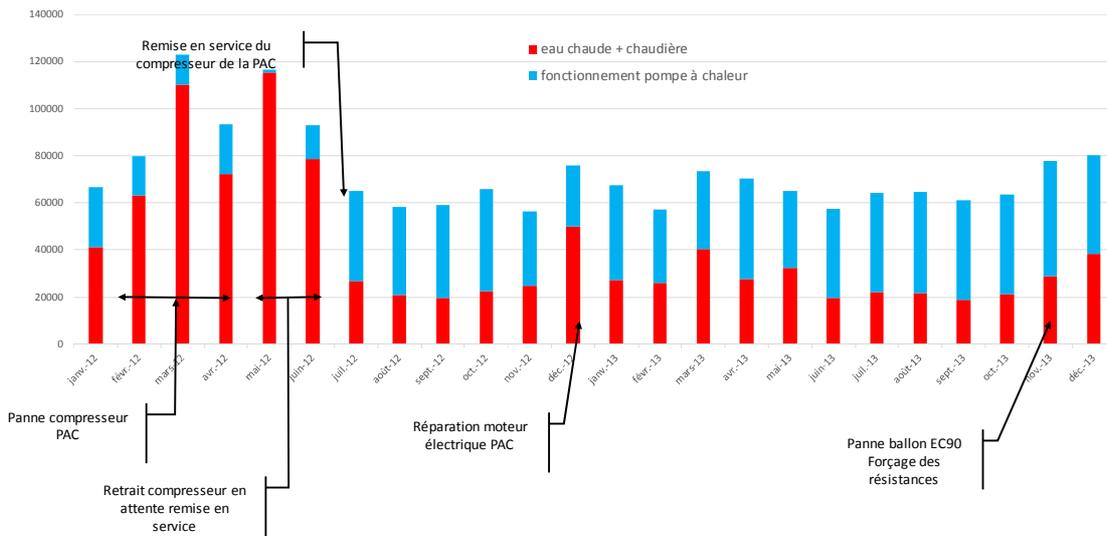


Figure 26 : Suivi de la consommation pour la production d'eau chaude

Détection d'un dérèglement sur procédé de production

Le suivi d'un IPE sur la consommation de gaz sur la ligne de production a mis en évidence une dérive de cet indicateur qui passe progressivement de 60 à 65 kwh/tonne (figure n° 27).

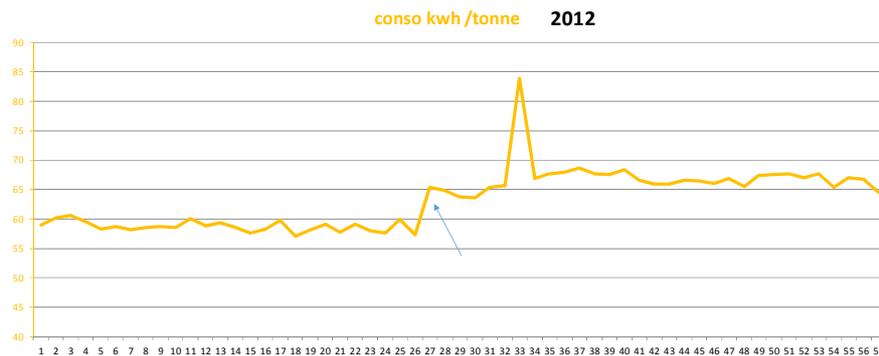


Figure 27 : Evolution de l'IPE sur la consommation de gaz

L'analyse identifie une modification du temps de flambage des carcasses. Un nouveau réglage permet de revenir à la valeur initiale de l'IPE. Les évolutions ultérieures de cet IPE sont ensuite plus rapidement corrigées par l'identification de la cause du dérèglement de ce paramètre (voir figure 28).

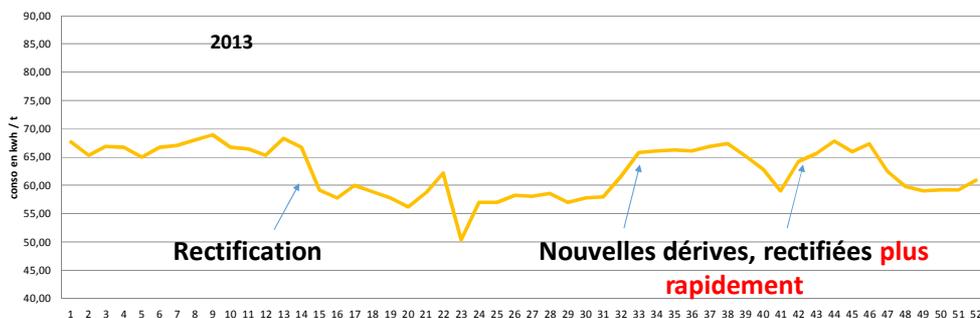


Figure 28 : Suivi de l'IPE sur le gaz et actions correctives



Annexe 4 : Plan de comptage et actions induites chez DVB

Témoignage de Monsieur Grégory Crouvizier, Distilleries Vinicoles du Blayais

« La mise en place des compteurs d'énergie, en permettant une meilleure connaissance des postes consommateurs, a été l'élément déclencheur de nombreuses actions à différents points de notre distillerie. Le relevé des compteurs vapeur s'effectue maintenant tous les jours, en lien avec les compteurs d'eau et les productions d'alcool. Cela permet de calculer des ratios tonne de vapeur/hl d'alcool produit. Il s'agit de repères, la moindre variation nous permettant de réagir rapidement, ce qui n'était pas le cas auparavant (percement d'une plaque d'échangeur, ou encrassement d'un évaporateur par exemple).

Les informations obtenues permettent de redéfinir les consommations théoriques des colonnes de distillation. Elles permettent de définir par exemple le rendement de production de vapeur du bois qui est utilisé (tonnes de vapeur/ tonnes de bois).

Elles nous permettront également de calculer au plus juste les équipements à prévoir lors des projets à venir. En effet, nous pouvons constater un léger excédent structurel de production de vapeur, et le comptage nous permet de travailler au dimensionnement d'une turbine vapeur pour travailler en cogénération »

Exemples d'utilisation de la comptabilité de l'énergie :

Des actions ont été mises en œuvre sur la récupération des purges en chaufferie (augmentation de la température de l'eau d'alimentation de la chaudière). Ceci a permis de réduire nos consommations de 2 % environ.

Le comptage nous a également permis de constater que le traitement aérobie de la station d'épuration représentait 24% de la consommation globale. La mise en place d'un arrêt programmé des turbines d'aération au niveau des bassins, a amené une réduction d'énergie électrique à poste de 20 %, tout en conservant, une qualité du traitement équivalente.

Des actions sur l'éclairage vont également être mises en œuvre (notamment des arrêts si des besoins ne s'avèrent pas nécessaires)



Annexe 5 : Témoignages de l'industrie laitière

Monsieur David DEMOLY, Fromagerie MILLERET à Charcenne (Franche-Comté)

"Le travail réalisé dans le projet ComptIAA Energie nous a permis de progresser dans la gestion de l'énergie sur notre site. L'existence d'un plan de comptage opérationnel est très utile pour avoir un regard critique sur les évolutions de nos installations et sur les solutions technologiques mises en avant par les fournisseurs. L'accompagnement nous a aussi amené à remettre en cause notre système de production d'eau chaude à 95°C qui est prépondérante en termes de consommation énergétique.

L'opération nous a permis de créer une clé de répartition suivant nos ateliers, de cibler les process consommateurs sur le site pour mieux définir nos futurs investissements et mettre en place des opérations relativement simples pour réduire nos consommations.

Cette démarche nous a aussi permis de contrôler les réductions de consommations réelles à la suite d'interventions ou de gains annoncés par une entreprise extérieure.

De plus nous sommes informés rapidement quand il y a une surconsommation et nous pouvons mettre en place une action corrective immédiate."

Monsieur Thierry PAITIER, responsable Sécurité et Environnement, Laiterie de MONTAIGU (Pays-de-Loire)

"L'opération ComptIAA Energie a été une réelle opportunité pour notre entreprise. En effet, au moment où elle a débuté nous avons mis en évidence en interne un besoin de mieux connaître et maîtriser nos consommations énergétiques. Celles-ci sont élevées du fait de notre activité principale de séchage de lait.

En participant à cette action nous avons à la fois bénéficié de l'expertise des partenaires dans la mise en place d'un plan de comptage adapté à notre site mais aussi d'un suivi très régulier. Cet accompagnement régulier a été un véritable aiguillon pour avancer sur ce sujet et ne pas laisser les priorités du quotidien occulter ce dossier.

Le projet a également permis de fédérer des personnes au sein de différents services, en les amenant à partager autour d'une problématique commune.

Le plan de comptage mis en place est utilisé en continu et il est amené à évoluer en fonction des besoins et des modifications de l'outil industriel"

LES 20 PME ENGAGÉES DANS LE PROJET

LAITERIE ULVV - Maillezais (85)

LAITERIE DE MONTAIGU - Montaigu (85)

LAITERIE MILLERET - Charcenne (70)

GRAP'SUD - Minervois (11)

AZUR DISTILLATION - Maubec (84)

DISTILLERIE VINICOLE DU BLAYAIS (DVB)
Marcillac (33)

TRIPES PAILLARD - Cany Barville (76)

OROC BAT - Viodos Abense de Bas (64)

NEREVIA - Néré (17)

SOMAFER - Bessines sur Gartempe (87)

ETABLISSEMENT LESAGE ET FILS - Chemy (59)

CRYSTAL - Neulise (42)

MOULIN MARION - Saint-Jean sur Veyle (01)

SOCAVIA - Cany Barville (76)

PONTHIER - Objat (19)

MADELEINE BIJOU - Saint Yrieix la Perche (87)

VOLVESTRE FOIE GRAS - Montesquieu Volvestre (31)

COPVIAL - Holtzheim (67)

VALMO HUILE VEGETALE 18 - Cogny (18)

COOPERATIVE LAITIERE DE VILLEREVERSURE
Villereversure (01)

LES PARTENAIRES



COORDINATEUR



www.industrie.cetiat.fr

LES FINANCEURS



www.dgcis.gouv.fr



www.ademe.fr

CONTACT

Pour toute demande :
information@cetiat.fr