



Mis en œuvre par

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

En coopération avec



Guide technique pour la mise en place d'un système de gestion énergétique centralisée dans l'industrie

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---|----|
| INTRODUCTION DU GUIDE | 9 |
| I. TISSU INDUSTRIEL EN TUNISIE & SITUATION ÉNERGÉTIQUE | 11 |
| II. CADRE RÉGLEMENTAIRE ET INCITATIF | 13 |
| III. OBJECTIF DE LA GESTION ÉNERGÉTIQUE CENTRALISÉE | 14 |
| IV. AVANTAGES ET PRINCIPALES OPTIONS DES SGEC POUR LES INDUSTRIELS | 17 |
| 1. QU'EST-CE QU'UN SGEC ? | 17 |
| 2. AVANTAGES DU SGEC | 18 |
| 2.1. Sécurité des biens et des personnes | 18 |
| 2.2. Exploitation et maintenance | 18 |
| 2.3. Disponibilité | 18 |
| 2.4. Qualité de l'énergie | 18 |
| 2.5. Optimisation des coûts de l'énergie | 19 |
| V. ARCHITECTURE ET COMPOSANTS D'UN SYSTÈME DE GESTION ÉNERGÉTIQUE CENTRALISÉE : « SGEC » | 20 |
| VI. ETUDE DE FAISABILITÉ TECHNIQUE POUR LA MISE EN PLACE D'UN SGEC | 22 |
| 1. Objectif de l'étude | 22 |
| 2. Choix du prestataire | 22 |
| 3. Contenu de l'étude | 23 |
| 4. Etapes principales | 23 |
| 4.1. Étape 1 : Périmètre et niveau de gestion à atteindre | 23 |
| 4.2. Étape 2 : Etat des lieux et collecte des données | 24 |
| 4.3. Étape 3 : Définition des besoins futurs | 30 |
| 4.4. Étape 4 : Dimensionnement et architecture de la solution | 30 |
| 4.5. Étape 5 : Mise en place et exploitation | 34 |
| 4.6. Étape 6 : Faire vivre le système | 35 |
| VII. FAISABILITÉ FINANCIÈRE POUR LA MISE EN PLACE D'UN SGEC | 36 |
| 1. Evaluation des investissements | 36 |
| 2. Coût global | 36 |
| VIII. FAISABILITÉ ORGANISATIONNELLE POUR LA MISE EN PLACE D'UN SGEC | 39 |
| 1. Organisation de processus | 39 |

Publié par
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Sièges de la société
Bonn et Eschborn, Allemagne

Bureau de la GIZ à Tunis
B.P. 753 - 1080 Tunis Cedex - Tunisie

T + 216 71 967 220
F + 216 71 967 227

E info@giz.de
I www.giz.de/tunisie

Projet
Appui à la promotion de l'efficacité énergétique en Tunisie (APEET)

Auteur
Bureau d'études CRA2E, Tunisie

Conception
Com'In, Tunisie

Crédits photos
@GIZ

Sur mandat du
Ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ)
I www.bmz.de

La GIZ est responsable du contenu de cette publication.

Tunisie, Février 2022

| | |
|---|----|
| 2. Implication du responsable énergie | 39 |
| IX. CAHIER DES CHARGES | 41 |
| 1. Taille du projet | 41 |
| 2. Contenu du Cahier des charges | 41 |
| 3. Choix du soumissionnaire | 42 |
| 4. Exigences minimales pour les moyens de comptage | 44 |
| 4.1. Exigences générales relatives aux compteurs électriques | 44 |
| 4.2. Exigences générales relatives aux débitmètres | 47 |
| 4.3. Exigences sur les débitmètres Eau et condensats | 48 |
| 4.4. Exigences générales relatives aux compteurs de gaz | 49 |
| 5. Exigences minimales pour les systèmes de données | 54 |
| X. LES PROTOCOLES DE COMMUNICATION | 56 |
| XI. LES LOGICIELS DE GESTION ÉNERGÉTIQUE | 58 |
| XII. LES PRINCIPAUX INTERVENANTS DANS LES SOLUTIONS | 60 |
| XIII. RECOMMANDATIONS POUR RÉUSSIR UN SGEC | 64 |
| 1. Les motivations de l'industriel sont le point de départ ? | 64 |
| 2. Qui sera responsable de l'exploitation du logiciel ? | 64 |
| 3. Qui seront les utilisateurs du SGEC ? | 65 |
| 4. Quel est le périmètre à gérer à partir du logiciel ? | 65 |
| 5. Les éléments à connaître avant de choisir une solution adaptée à ses besoins | 65 |
| 6. Est-ce que les dispositifs de mesurage existants sont compatibles avec le périmètre que je souhaite gérer avec le logiciel ? | 66 |
| 7. Est-ce que la solution logicielle est associée à la pose de compteurs / capteurs propriétaires ? | 66 |
| 8. A quelle fréquence suis-je capable de relever mes données énergétiques ? De quelle fréquence ai-je besoin ? | 66 |
| 9. Quelles sont les données gérées par le logiciel ? | 66 |
| 10. Quelles sont les fonctionnalités du logiciel ? | 67 |
| 11. Est-ce que le logiciel est adapté à mon secteur d'activité ? | 67 |
| 12. Est-ce que la solution logicielle s'applique à une gestion multi-sites ? | 67 |
| 13. Quelle est la typologie du moyen d'exploitation ? | 67 |
| 14. Quel est le mode d'affichage ? | 68 |
| 15. Où sont stockées / archivées les données ? | 68 |
| 16. Quelle est la facilité de mise en oeuvre et l'évolutivité de la solution ? | 68 |
| 17. Quel est le modèle économique de la solution logicielle ? | 68 |
| 18. Quels sont les services associés à la solution logicielle ? | 68 |
| 19. Quelle est le cœur de métier de l'entreprise qui intègre le logiciel ? | 68 |
| 20. Quelques points de vigilance | 69 |
| XIV. ETUDE DE CAS | 70 |

| | |
|---|----|
| 1. Témoignage d'une industrie laitière (Délice Danone) | 70 |
| 1.1. Architecture et définition des IPE | 70 |
| 1.2. Phase mise en place | 70 |
| 1.3. Interface logicielle | 71 |
| 1.4. Résultats | 71 |
| 2. Cas en cours d'étude d'une industrie pharmaceutique | 72 |
| 2.1. Description de la solution proposée | 72 |
| 2.2. Coût du projet | 74 |
| 2.3. Subvention FTE | 74 |
| 2.4. Economie d'énergie par rapport à un scénario tendanciel | 74 |
| 2.5. Rentabilité financière | 75 |
| 3. Cas en cours d'étude pour une industrie munie de cogénération : | 75 |

LISTE DES TABLES

| | | |
|-----------------|---|----|
| TABLE 1 | Indicateurs de performance dans un établissement de santé _____ | 13 |
| TABLE 2 | Indicateurs de performance dans un hôtel _____ | 13 |
| TABLE 3 | Indicateurs de performance dans un bâtiment à usage bureautique _____ | 21 |
| TABLE 4 | Exemple du plan de comptage installation de climatisation _____ | 31 |
| TABLE 5 | Exemple du plan de comptage dans une chaufferie _____ | 37 |
| TABLE 6 | Description générale des bâtiments objet de l'étude _____ | 37 |
| TABLE 7 | Les différents compteurs utilisés pour les bâtiments _____ | 42 |
| TABLE 8 | Tableau de suivi des consommations _____ | 43 |
| TABLE 9 | Exemple de tableau de suivi énergétique _____ | 49 |
| TABLE 10 | Estimation de l'investissement du projet _____ | 49 |
| TABLE 11 | Analyse de rentabilité du projet _____ | 54 |
| TABLE 12 | Caractéristiques minimales des compteurs électriques _____ | ?? |
| TABLE 13 | Caractéristiques des capteurs de présence _____ | ?? |

LISTE DES FIGURES

| | | |
|------------------|--|----|
| FIGURE 1 | Evolution et répartition de la consommation énergétique entre 2010-2018 _____ | 11 |
| FIGURE 2 | Répartition de la consommation en énergie finale par secteur d'activité en Tunisie _____ | 11 |
| FIGURE 3 | Répartition de la consommation énergétique du secteur tertiaire par branche d'activité (Référence : EE dans les Bâtiments ANME - 2010) _____ | 11 |
| FIGURE 4 | Répartition de la consommation énergétique par usage dans le secteur de santé _____ | 12 |
| FIGURE 5 | Répartition de la consommation électrique par usage dans un hypermarché _____ | 12 |
| FIGURE 6 | Répartition de la consommation énergétique par usage dans un hôtel _____ | 12 |
| FIGURE 7 | Répartition de la consommation énergétique par usage dans un établissement d'enseignement supérieur _____ | 14 |
| FIGURE 8 | Répartition de la consommation électrique par usage dans un bâtiment à usage bureautique _____ | 15 |
| FIGURE 9 | Architecture de SGEC _____ | 16 |
| FIGURE 10 | Domaines d'application d'un SGEC _____ | 20 |
| FIGURE 11 | Exemple du plan de comptage pour une installation de climatisation _____ | 32 |
| FIGURE 12 | Exemple du plan de comptage dans une chaufferie _____ | 33 |
| FIGURE 13 | Principe d'amélioration continue _____ | 33 |
| FIGURE 14 | Protocoles de communication _____ | ?? |
| FIGURE 15 | Architecture de solution proposée _____ | ?? |
| FIGURE 16 | Evolution de la consommation électrique sans et avec SGEC _____ | ?? |
| FIGURE 17 | Evolution de la consommation thermique sans et avec SGEC _____ | ?? |
| FIGURE 18 | Architecture possible du SGEC _____ | ?? |

LISTE DES ABRÉVIATIONS

| | |
|--------------|--|
| ANME | Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Energie |
| APEET | Appui à la Promotion de l'Efficacité Energétique en Tunisie |
| BE | Bureau d'Etudes |
| BT | Basse Tension |
| CDC | Cahier des Charges |
| CPE | Contrat de Performance Energétique |
| EE | Efficacité Energétique |
| EER | Energy Efficiency Ratio |
| ER | Energies Renouvelables |
| FTE | Fonds de transition énergétique |
| GIZ | Coopération Allemande au développement |
| GTB | Gestion Technique du Bâtiment |
| GEC | Gestion Energétique Centralisée HP1 : Haute Pression 1 |
| HP2 | Haute Pression 1 |
| IAA | Industrie Agro-Alimentaire |
| IC | Industries Chimiques |
| ID | Industries Diverses |
| IMCCV | Industries des Matériaux de Construction, Céramique et Verre |
| IME | Industries Mécaniques et Electriques |
| IPE | Indice de Performance Energétique |
| ITHC | Industries de Textile Habillement et Cuir |
| KDT | Kilo Dinars Tunisiens |
| kPa | kiloPascal |
| KTEP | Kilo Tonne Equivalent Pétrole |
| kVAR | kilovar |
| kW | kiloWatt |
| kWh | kilowattheure |
| MP2 | Moyenne Pression 2 |
| MT | Moyenne Tension |
| ONE | Observatoire Nationale de l'Energie |
| Nm3 | Normal Mètre Cube |
| RE | Responsable Energie |
| SAV | Service Après Vente |
| SGEC | Système de Gestion Energétique Centralisé |
| SMEEn | Système de Management Energétique |
| °C | degrés Celsius |

INTRODUCTION DU GUIDE

Ce guide est destiné à l'ensemble des acteurs dans le domaine de l'efficacité énergétique dans le secteur industriel. C'est un document pour accompagner les entreprises, les institutions publiques, les experts accompagnateurs ainsi que tous les intervenants à choisir et mettre en place un Système de Gestion Energétique Centralisée dans le secteur industriel.

La méthodologie proposée a été élaborée et expérimentée au cours du programme Appui à la Promotion de l'Efficacité Energétique en Tunisie « APEET », dispositif soutenu par la coopération Allemande au développement (GIZ) et l'Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Energie (ANME) et ce pour appuyer les efforts de l'Etat dans le développement de l'efficacité énergétique.

Il faut tout d'abord rappeler qu'une démarche de gestion de l'énergie est avant tout un choix stratégique de l'entreprise ainsi l'engagement de la Direction Générale 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 ils peuvent se récapituler à une meilleure gestion des coûts de l'énergie dans l'entreprise, ce critère «facture énergétique» reste toujours prépondérant.

A cet effet, ce guide consacré à la gestion énergétique centralisée dans le secteur industriel est basé sur une structure modulaire permettant à chaque utilisateur de trouver rapidement l'information qui répond à ses besoins avec des études de cas et des notes techniques pouvant aider à la décision et à l'engagement dans des projets similaires.

La structure de ce guide est la suivante :

- Une présentation du contexte national énergétique en particulier celui du secteur industriel ;
- Cadre réglementaire et incitatif relatif au projet d'EE dans l'industrie tunisienne ;
- Les principaux éléments de réflexion sur le rôle d'un SGEC les informations résultantes utiles à la maîtrise de la consommation d'énergie par l'entreprise ;
- La démarche méthodologique pour la mise en place d'un SGEC auprès établissements industriels ;
- L'architecture des SGEC et les principales fonctionnalités afin de répondre aux besoins réels de l'entreprise ;
- Le Cahier des charges pour la mise en place d'un SGEC ;
- Les principaux fournisseurs des solutions en Tunisie ;
- Les considérations stratégiques, organisationnelles et techniques par des éléments pratiques lors de la mise en place du SGEC ;
- Etudes de cas ;

Ce guide est complété par des retours d'expériences des entreprises tunisiennes qui viennent d'instaurer les SGEC ainsi qu'une partie décrivant les avantages et les barrières quant au développement de ces des solutions de GEC.

I. TISSU INDUSTRIEL EN TUNISIE & SITUATION ÉNERGÉTIQUE

Le tissu industriel comprend plus que 6500 établissements entre Petites et Moyennes Entreprises après avoir accaparé le premier rang en termes de consommation énergétique viennent de céder sa place au secteur transport.

L'industrie a consommé en 2016, 2162 kTEP énergie finale se situant ainsi en 3ème position avec 27% de la consommation après le secteur bâtiment avec 35% et le secteur transport avec 31%.

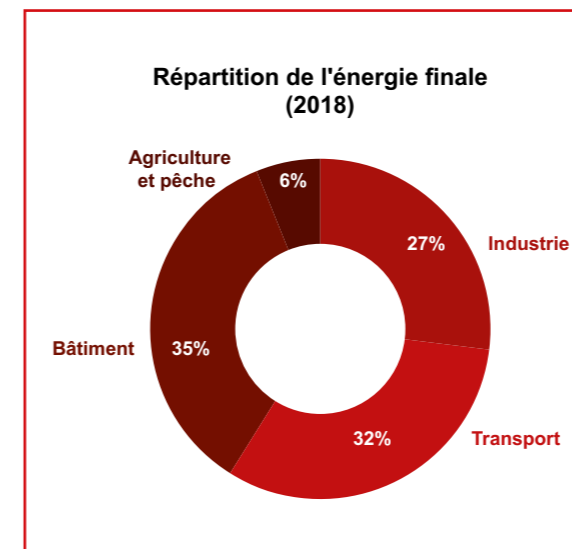


Figure 1 : Répartition de la consommation en énergie finale par secteur d'activité en Tunisie (source Bilan National ONE - 2018)

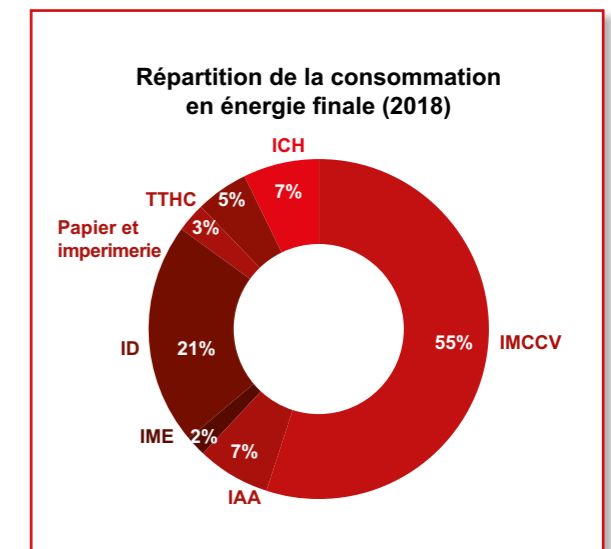
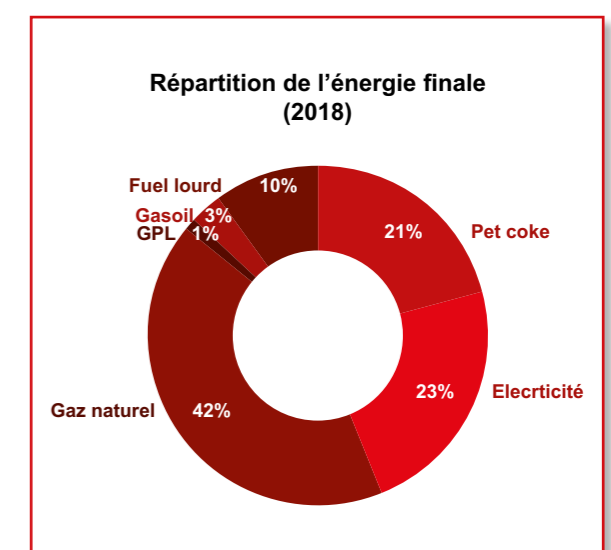


Figure 2 : Répartition de la consommation énergétique du secteur industriel par branche d'activité (Source Bilan National ONE - 2018)

Les Industries de Matériaux de Construction, Céramique et Verre sont les industries grosses consommatrices de l'énergie en Tunisie, ces industries sont caractérisées par un besoin thermique important pour faire fonctionner leurs fours industriels tels que les cimenteries, les briqueteries et les usines de céramique porcelaine et verre.

Ceci explique le fait que l'électricité ne représente que 23% dans la consommation du secteur industriel comme le montre la figure ci-après :

Figure 3 : Répartition de la consommation d'énergie finale par forme d'énergie (Source Bilan National ONE - 2018)



Nous rappelons que le coke de pétrole est un combustible solide importé utilisé exclusivement par les cimenteries tunisiennes afin de pouvoir agir sur les coûts énergétiques qui avoisinent les 60% du coût de produit fini.

Le mix électrique est basé sur le gaz naturel à 99% c'est-à-dire que 72% du gaz total consommé en Tunisie est destiné à la production de l'électricité dans les centrales.

Une augmentation remarquable de la demande hors production électrique notamment au niveau des clients haute pression.

En 2018, la consommation du pays par niveau de tension et de pression se présente comme la montre les figures ci-après :

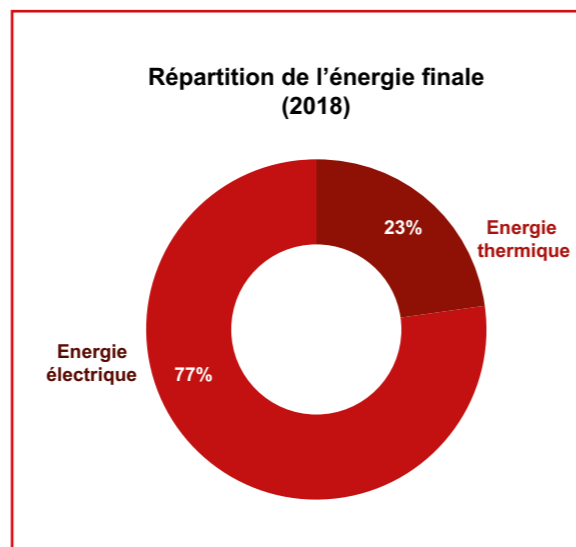


Figure 4 : Répartition de la consommation par forme d'énergie (Source Bilan National ONE - 2018)

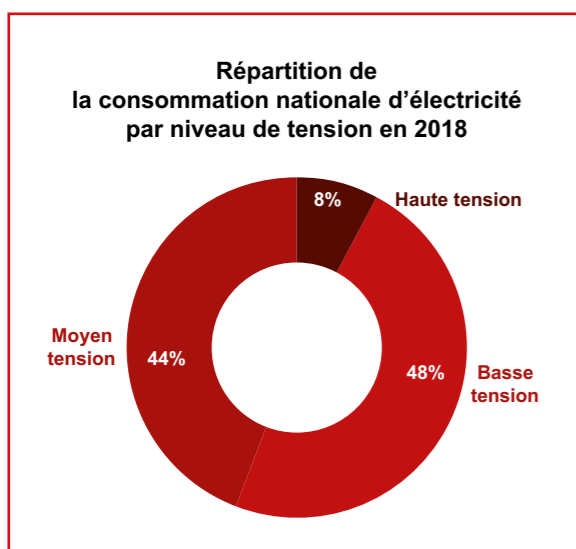


Figure 5 : Répartition de la demande d'électricité (Source Bilan National ONE - 2018)

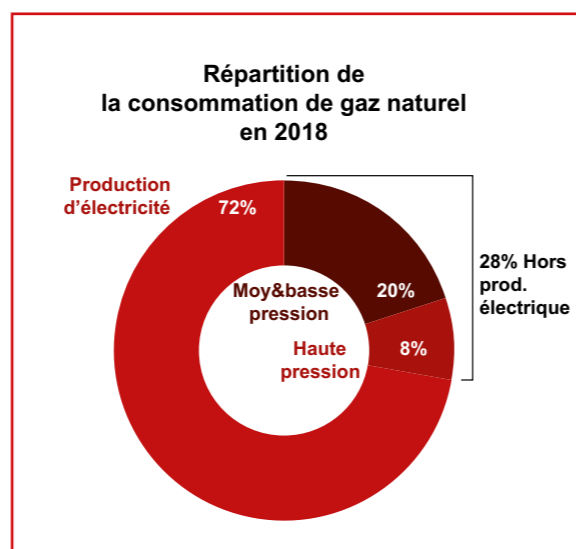


Figure 6 : Répartition de la demande gaz naturel (Source Bilan National ONE - 2018)

II. CADRE RÉGLEMENTAIRE ET INCITATIF

Pour faire face à une situation énergétique critique et caractérisée par un bilan déficitaire à hauteur de 52% en 2018 (5 Millions de TEP) soit une augmentation du déficit de 5% par rapport à 2017 (41,7 Millions de TEP) ainsi qu'un mix électrique basé à 98% sur le gaz naturel dont 70% du besoin national est importé, la Tunisie qui depuis une trentaine d'années a entamé sa politique volontariste de Maîtrise de l'Energie a créé un nouveau Fond qui sera opérationnel fin de l'année en cours.

Le Fonds de transition énergétique (FTE) est un instrument public de développement destiné à accompagner la transition énergétique du pays, fournira des solutions intégrées de financement aux investissements dans le domaine de l'EE et les ER.

Le décret relatif à la mise en œuvre de ce fonds, créé dans le cadre de la loi de finances de l'année 2014, a été promulgué en 2017. Parmi les actions soulignées par le FTE est la mise en place des SGEC, une action privilégiée par un cadre incitatif spécifique vu son importance et son ultime contribution à la promotion de l'EE dans les secteurs économiques notamment le secteur industriel.

Dans un scénario bien connu ces dernières années où le prix unitaire de l'énergie augmente, c'est vous qui allez, par une réduction des consommations physiques, permettre de juguler le dérapage de la facture totale.

Tableau 1 : Actions de maîtrise de l'énergie : Investissement immatériel

| INVESTISSEMENT | PRIME | |
|---|----------|---------|
| | TAUX (%) | PLAFOND |
| Audit énergétique, Audit énergétique sur plan, Consultation préalable | 70% | 30 kDT |
| Accompagnement et assistance technique | 70% | 70 kDT |
| Autres investissements immatériels | 70% | 70 kDT |

Tableau 2 : Actions de maîtrise de l'énergie : Investissement matériel

| INVESTISSEMENT | PRIME | | PLAFOND CREDIT |
|---------------------------------|----------|---------|----------------|
| | TAUX (%) | PLAFOND | |
| Système de gestion de l'énergie | 40% | 100 kDT | 80 kDT |

III. OBJECTIF DE LA GESTION ÉNERGÉTIQUE CENTRALISÉE

La gestion énergétique la plus primaire qui existe, et aussi la plus répandue, est le tableur Excel. Cette solution présente l'avantage d'être relativement simple et flexible pour l'organisme. Même si c'est un point de départ intéressant à la réflexion et l'exploration des problématiques énergétiques, la solution présente rapidement ses limites.

Collecter les données est extrêmement chronophage, le système peut facilement contenir des erreurs. En outre, sa pérennité est relativement faible et l'outil n'est pas suffisamment collaboratif pour s'incorporer à une démarche de management de l'énergie.

Le tableur Excel est donc le point de départ qu'il faut ensuite faire évoluer en un Système de Gestion Énergétique Centralisée en intégrant le nombre de points de mesure et un système d'acquisition des données.



Figure 7 : Le tableau de bord énergétique

Il est vrai que le tableur Excel permet de centraliser les données et avoir une traçabilité de la situation énergétique d'une année à l'autre. Mais la réduction des consommations énergétiques ne se décrète pas, elle se réalise au quotidien et nécessite aussi d'avoir une vision à moyen et à long termes.

La construction d'un plan d'actions et d'investissements, la définition de la situation de référence, le choix des indicateurs de performance et la connaissance des usages significatifs sont autant d'outils qui permettent à l'Energy Manager de définir une stratégie et de la suivre.

Le suivi de la mise en place du plan d'actions est un sujet crucial de l'Energy Manager. Notre constat est que peu, voire pas d'actions, sont mises en œuvre sans accompagnement ou sans structure dédiée.

La connaissance et le suivi de la réglementation sont des sujets importants pour l'Energy Manager, qui peut anticiper les opportunités ou les contraintes liées à celle-ci et ainsi mieux maîtriser ses coûts et ses taxes. Le SMEn ISO 50001 est un moyen de répondre au besoin de l'Energy management. On constate toutefois que des entreprises certifiées font appel à ressources externes pour accompagner les Energy Managers pour compenser le manque de temps et s'appuyer sur des compétences pour continuer à alimenter leur revue énergétique.

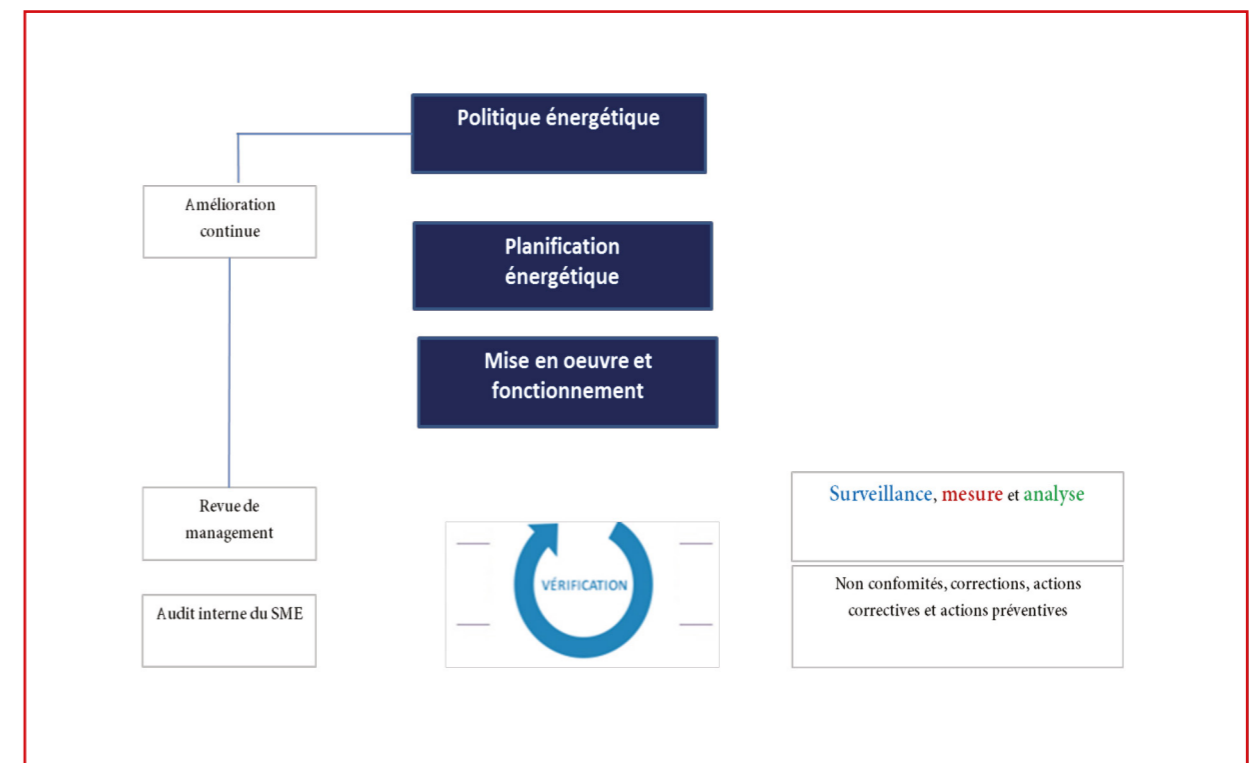


Figure 8 : Principe de l'amélioration continue

Le management de l'énergie ou plus exactement la gestion de «l'actif énergie» est devenu un véritable enjeu dans le milieu industriel. Mieux gérer son énergie permet d'être plus compétitif, de répondre aux obligations financières et réglementaires ainsi qu'à la hausse des prix de l'énergie en Tunisie.

Pour cela, les entreprises tunisiennes doivent se doter de nouvelles compétences et utiliser les nouveaux outils dont un SGEC. C'est-à-dire un système qui va du capteur à l'outil logiciel de gestion énergétique, pour fournir des informations pertinentes afin de piloter au plus près l'usage de l'énergie.

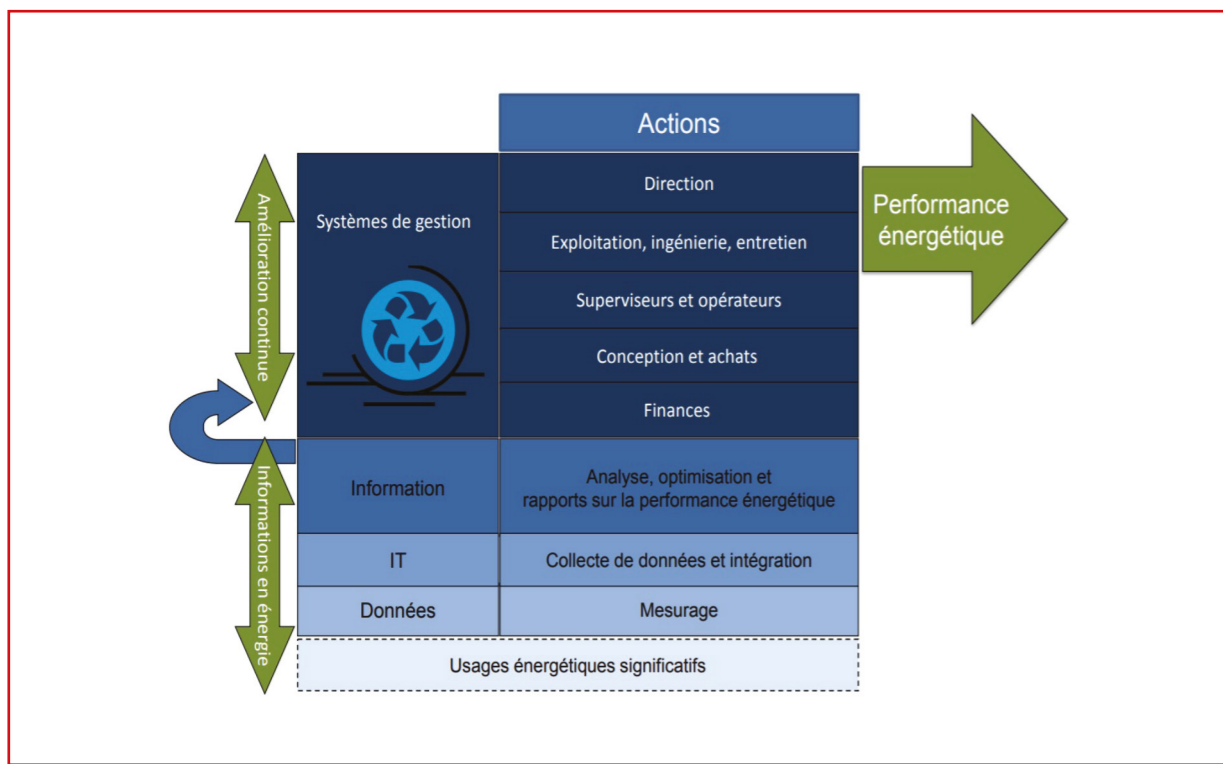


Figure 9 : Le management de l'énergie « engagement et implication »

IV. AVANTAGES ET PRINCIPALES OPTIONS DES SGEC POUR LES INDUSTRIELS

1. Qu'est-ce qu'un SGEC ?

Le SGEC 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.

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

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

Les entreprises industrielles énergivores en particulier peuvent réaliser une amélioration significative de leur consommation énergétique à travers une solution complète et cohérente de mesure et de traitement des informations pour permettre d'optimiser la gestion du réseau électrique et de fluides (eau, air comprimé, fuel, gaz, vapeur,...).

Les principaux avantages d'un tel système sont représentés ci-après :

- Considération de la consommation énergétique dans le processus de décision pour la conception et l'approvisionnement de tous les équipements, matières premières et services.
- Evaluation des objectifs d'efficacité énergétique nationaux/internationaux
- Identification des surconsommations d'énergie
- Prévisions énergétiques
- Répartition de la consommation
- Comparaison des performances des unités et équipements entre eux
- Vérification des économies suite à un plan d'amélioration
- Réduction des coûts de l'énergie
- Réduction des émissions de gaz à effet de serre

En conclusion, la question des SGEC est vaste, il n'existe pas une recette générique adaptée à toutes les situations, les offres sont nombreuses et souvent non comparables. Avant d'entrer dans une phase de réalisation il faut prendre le temps de la réflexion et se poser les bonnes questions afin d'investir intelligemment dans une solution viable et efficace.

Les besoins de gestion des installations peuvent être très différents, selon le secteur d'activité, l'importance du réseau électrique, les conséquences d'un défaut, le coût de l'énergie ou encore le profil des produits finis, des utilisateurs finaux et des opérateurs. Aussi ces besoins doivent-ils être hiérarchisés afin d'exploiter et de maintenir au mieux l'installation électrique, les besoins liés à la sécurité primant bien évidemment sur les besoins de confort.

2. Avantages du SGEC

Le SGEC 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.

2.1. Sécurité des biens et des personnes

Une installation électrique doit distribuer l'énergie tout en assurant la sécurité des personnes et des équipements. Ce besoin prioritaire a toujours été assuré par l'utilisation de relais de protection. Aujourd'hui, les technologies numériques ont accru les performances de ces dispositifs. Ils disposent de fonctions supplémentaires et sont de plus en plus intégrés dans les systèmes de contrôle commande, grâce à leur aptitude à communiquer par réseaux locaux.

2.2. Exploitation et maintenance

Selon les différents types d'installation, le nombre d'interventions peut être plus ou moins important et difficile à bien gérer. D'autres installations sont dirigées à distance, soit à partir d'un poste de contrôle-commande sur le site lui-même, ou bien à partir d'un centre supervisant plusieurs sites. La centralisation des fonctions de gestion est alors un moyen d'optimiser les ressources humaines et d'améliorer les conditions de travail du personnel, en passant par l'emploi de systèmes ergonomiques informatisés et d'exécution automatique des tâches répétitives.

2.3. Disponibilité

Chaque branche industrielle a ses propres exigences concernant la continuité de service. Sur un site industriel, les coupures se traduisent par des pertes de production, et le coût de telles indisponibilités peut être colossal.

Le besoin d'assurer la continuité de fourniture a conduit à mettre en place des solutions technologiques comme le délestage de charges MT ou BT, basé sur la distinction entre les circuits prioritaires et les non-prioritaires. Gérer les défauts de fourniture est l'une des fonctions des systèmes de contrôle-commande.

2.4. Qualité de l'énergie

La sinusoïde pure de nos grands-parents s'est vue déformée au cours du siècle, conséquence de l'émergence d'équipements déphasants ou générateurs d'ondes harmoniques (onduleurs, variateurs de vitesse, fours à arc,...). Ces altérations sont souvent la cause de graves dysfonctionnements. Ainsi, par exemple, l'analyse qualitative dans une usine d'extrusion de plastiques fait ressortir des pertes importantes chaque fois que le process est interrompu en raison d'un creux ou d'une surtension.

Si la STEG le seul distributeur d'électricité en Tunisie commence à mettre en place de nouvelles grilles tarifaires indexées sur la qualité de l'énergie, non seulement en termes de continuité, mais aussi en termes d'harmoniques, les industries sont demandées à répondre d'une part et d'optimiser la qualité de leurs réseaux d'autre part. Ainsi, l'accès instantané à des mesures détaillées des harmoniques peut aider l'utilisateur final à une maintenance rapide, avant que ne survienne une panne coûteuse de toute l'installation.

2.5. Optimisation des coûts de l'énergie

C'est un refrain entendu dans nombre d'entreprises que celui du besoin de réduire les coûts directs (consommation) et indirects (pertes de production) de l'énergie électrique. Or, le coût direct de l'énergie dépend :

- Du nombre de kWh consommés
- De la puissance appelée (kW) en fonction du calendrier, du type de contrat et de la puissance souscrite
- De la puissance réactive consommée (kVARh)

Des réductions peuvent être facilement initiées en agissant sur deux facteurs : le niveau de consommation et l'offre tarifaire du distributeur. A cette fin, une connaissance approfondie des besoins quotidiens et saisonniers est indispensable. Un système de mesure global fournira les données nécessaires pour enregistrer et analyser la situation. Gestion et surveillance centralisées permettent des gains substantiels d'énergie grâce à un rapide retour sur investissement. De plus, un système avec des fonctions automatiques de délestage permettra à l'utilisateur final

Exemple 1 : Identifier des dérives d'efficacité énergétique

Par la comparaison de rendement des équipements similaires entre eux tel que, par exemple, la performance en kWh/kg d'eau évaporée ou par tonne produite. Par la comparaison de la performance par rapport à 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

Exemple 2 : 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. 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.

Exemple 3 : 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,).

V. ARCHITECTURE ET COMPOSANTS D'UN SYSTÈME DE GESTION ÉNERGÉTIQUE CENTRALISÉE : « SGEC »

Un SGEC regroupe l'ensemble des dispositifs permettant de mesurer, relever et analyser la performance énergétique d'un site ou d'un organisme.

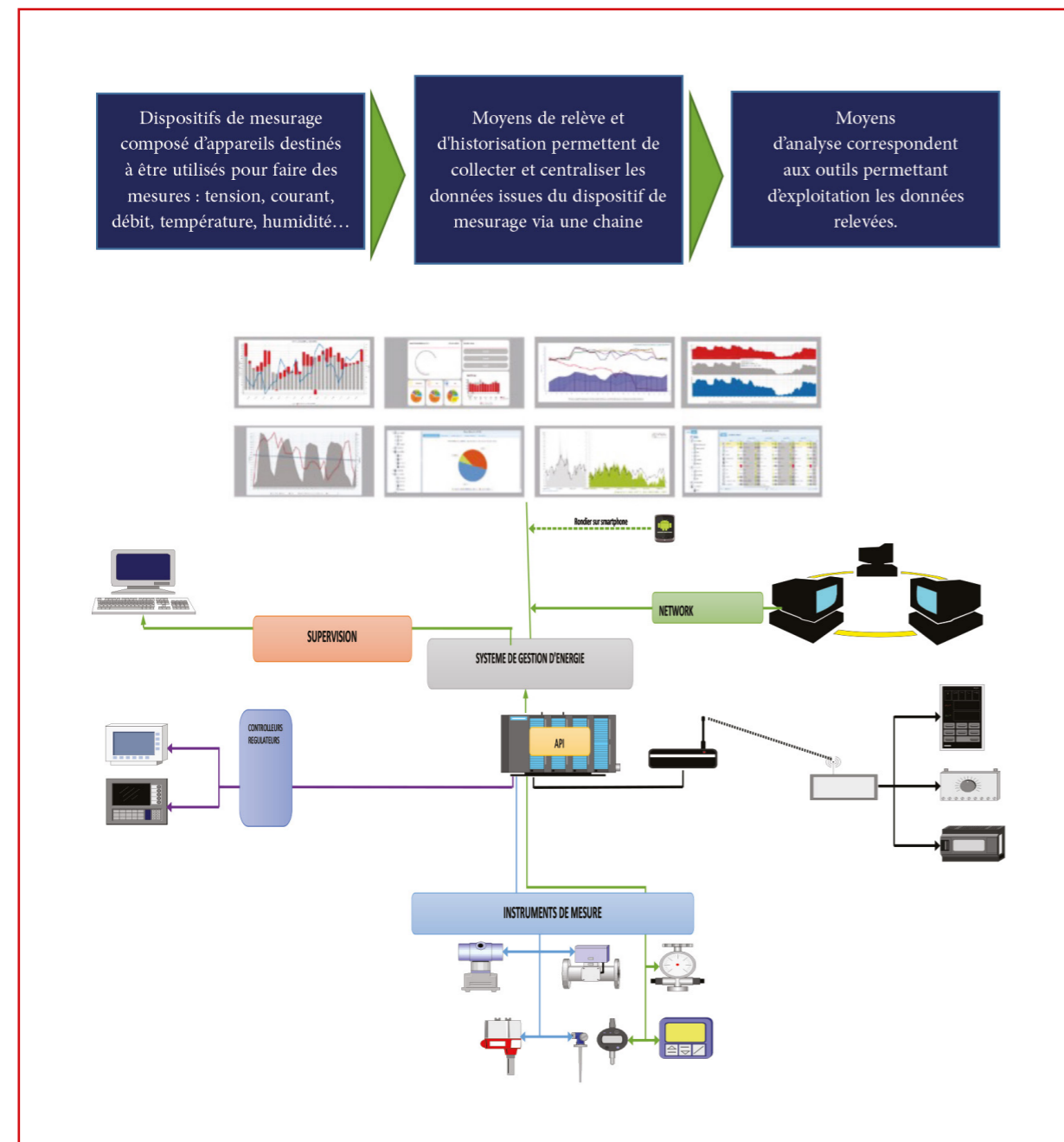


Figure 10 : Architecture SGEC

| ACQUISITION | TRAITEMENT | ANALYSE ET PRESENTATION |
|--|--|---|
| <p>Type de données</p> <ul style="list-style-type: none"> Données techniques (Compteur, mesure, alarmes, texte) Facture influents (Prod, infos divers, etc) Saisie manuelle <p>Sources d'acquisition</p> <ul style="list-style-type: none"> PROFINET PROFIBUS MODBUS RS232/RS485 MODBUS TCP Etc. | <ul style="list-style-type: none"> CONTROLE et qualification des données avec détection des incohérences CALCULS des indicateurs de performance CALCULS de répartition (producteur/consommateur) REPORTING avec envoi d'e-mail et portail de consultation (Excel, Html et PDF) ARCHIVAGE gros volume des données, compression | <ul style="list-style-type: none"> ANALYSE en Zone (usine, atelier, utilité, etc.) ANALYSE du plan de comptage (réseaux d'énergies primaires/secondaires) ANALYSE comparative (Jour/mois/N-1, N-2, etc.) ANALYSE des équipements (groupe, machine, chaudière, compresseur, etc.) VENTILATION DE COMPTE (produit fini, utilité, atelier) ACTIONS ENERGETIQUES avec suivi des INDICATEURS de PERFORMANCE DASHBOARD ACCUEIL (avec outil de création et diffusion intégré) GESTION des PROFILS (Maintenance, Energy Manager, Direction, Opérateur). |

La notion de système de mesure englobe donc les instruments de mesure/comptage, la chaîne d'acquisition des données énergétique et les moyens d'analyse des données énergétiques. Trois grandes familles de fonctionnalités peuvent être distinguées. Des fonctionnalités du logiciel vont découler la finalité et le profil des utilisateurs de la solution.

Tableau 3 : Fonctionnalités d'un SGEC

| | POUR QUI ? | POURQUOI FAIRE ? |
|---|---|---|
| Supervision et consolidation des données énergétiques | Techniciens opérateurs | Superviser en temps réel ses consommations (suivi des consommations et alertes en cas d'anomalie); Consolider, contrôler et exploiter un grand nombre d'informations (données énergétiques, contrats, parcs...) sous forme de rapport, tableau de bord... Gagner du temps sur la collecte et l'exploitation des données ; |
| Outils d'aide à la décision (comprendre pour agir) | Responsable énergie/ Responsable Production/ exploitant | Analyser ses consommations afin d'identifier les gisements d'économies ; Optimiser le fonctionnement des équipements consommateurs d'énergie ; Prévenir les gaspillages énergétiques ; Disposer d'une offre de fourniture d'énergie adaptée à ses besoins |
| Animation et management de la performance énergétique | Responsable énergie/ Management/ Direction | Animer un Système de Management de l'énergie (SMé) / démarche de maîtrise de l'énergie ; Impliquer ses collaborateurs (dynamique de groupe) ; Disposer d'un reporting structuré et fiable pour un grand nombre de sites ; |

VI. ETUDE DE FAISABILITÉ TECHNIQUE POUR LA MISE EN PLACE D'UN SGEC

1. Objectif de l'étude

L'étude de faisabilité pour la mise en place d'un SGEC a pour objectif de guider le choix des maîtres d'ouvrage (industriels) au regard des investissements et coûts de fonctionnements énergétiques les plus pertinents du point de vue économique, technique et environnemental.

2. Choix du prestataire

La réalisation de cette étude pourra être confiée à un bureau d'études spécialisé ou un expert en énergie extérieur à l'entreprise, apportant toute garantie de transparence et d'objectivité.

Le prestataire doit être sélectionné selon des critères bien définis (compétence de l'équipe, expérience dans le domaine, nombre de missions similaires accomplies, etc...) et un contrat ou une convention selon un modèle bien défini par l'ANME doit être signé pour garantir le bon déroulement de la mission et faciliter l'octroi de la prime par la suite.

L'entreprise doit désigner l'interlocuteur technique au sein de ses équipes pour suivre le bon déroulement de la prestation et servir d'interlocuteur au prestataire. Il fournira les données nécessaires en matière d'exploitation du site, de consommations d'énergies, études déjà réalisées, documentations techniques des équipements, interventions de maintenance, rapports de contrôles réglementaires,...

Pour le choix du prestataire pour l'étude de faisabilité et accompagnement, l'industriel pourra faire recours aux critères suivants :

- La méthodologie de l'étude devra clairement être explicitée et justifiée au regard des problématiques et des enjeux de l'industriel.
- L'offre du prestataire pourra être un groupement de prestataires (à adapter selon l'étude) associant une compétence d'intervention, de visite et de suivi local à une haute expertise dans le domaine de la maîtrise de l'énergie en industrie.
- Le prestataire expert sélectionné devra justifier d'une expertise technique spécifique aux domaines d'intervention portant sur la maîtrise de l'énergie identifiés par l'entreprise à travers des références d'études similaires attestant le niveau de qualité et le savoir-faire de ce type de prestations.
- Le prestataire local sélectionné devra justifier de son aptitude à l'étude des systèmes énergétiques en milieu industriel et de sa capacité de suivi et d'assistance de la maîtrise d'ouvrage sur ces sujets.
- Un récapitulatif détaillé des coûts de prestations en jour/homme par phase sera fourni spécifiant également le détail des coûts éventuels d'appareillage, de déplacements et les options d'acquisition de matériel ou de suivi de la mise en œuvre de la technologie.
- Le groupement fera clairement apparaître les différentes étapes de l'étude envisagées selon un détail précis des interventions pour chacun des prestataires intervenants.
- Au même titre, un planning mensuel d'intervention présentera les étapes clés de l'étude et la durée de prestation envisagée.

3. Contenu de l'étude

Une étude de faisabilité pour la mise en place d'un SGEC doit comporter des essentiels, à savoir :

- l'étude des besoins actuels et futurs en termes comptage énergétique ;
- la recherche de la meilleure technologie disponible au regard des performances des équipements installés, la faisabilité technique d'implantation, la maturité de la technologie et les retours d'expériences, les contraintes sanitaires et de sécurité du site, les besoins de mise en conformité des installations et réseaux existants, de savoir-faire et disponibilité de maintenance ;
- la faisabilité économique de l'investissement au regard des coûts d'investissements, d'importation, de maintenance, des coûts des consommations énergétiques actuelles de l'entreprise et des économies engendrées sur la durée de vie de l'équipement ;
- la faisabilité organisationnelle au regard du pas de temps des investissements, des travaux, du calendrier de production et l'adaptation des équipes, de la sensibilisation et de la formation professionnelles nécessaires.

4. Etapes principales

4.1. Étape 1 : Périmètre et niveau de gestion à atteindre

Cette première étape superflue mais indispensable à l'échelle d'un site industriel pour assurer une cohérence des objectifs. Cette étape permet de définir le contexte organisationnel, technique et budgétaire. Elle permettra de réaliser un plan de comptage adapté aux ambitions de l'entreprise. Ceci pourrait être traduit par une réunion de réflexion ou seront présentés les éventuels objectifs à atteindre et s'il y a lieu, les contraintes à soulever pour les atteindre.

L'entreprise soucieuse de sa performance énergétique et souhaitant mettre en œuvre l'action et les investissements concourant à la mise en place le système de gestion énergétique le mieux approprié à son profil et ses consommations doit définir ses objectifs et terme de gestion dès le début pour orienter le prestataire sur les meilleures techniques disponibles.

Exemple

Domaine : Agro-alimentaire

Produit : Yaourt

Installations : Electrique et thermique

Exigences : Calcul instantané des indicateurs de performance par usage et par atelier

**PkWh/T lait pasteurisé
kWh/T lait standardisé
kWh/T lait fermenté
kWh/T lait stérilisé**

**Tonne de vapeur/T lait pasteurisé
Tonne de vapeur /T lait fermenté
Tonne de vapeur /T lait stérilisé
Thermie/tonne de vapeur produite**

En vue de la formulation de son offre, le prestataire devra recueillir les attentes, les besoins et contraintes de l'industriel afin de définir conjointement les attentes, périmètres et aboutissants de l'étude. Une visite préalable du site par le prestataire local et la consultation des résultats du pré-diagnostic sont obligatoires en vue de déterminer conjointement le niveau et le périmètre d'intervention.

4.2. Étape 2 : Etat des lieux et collecte des données

Cette étape est l'état des lieux de l'usine permettant de donner une image du plan de comptage en réalisant :

- L'inventaire technique qui met en avant les données et équipements dont on dispose (compteurs, capteurs, réseaux de communication, concentrateur de données, logiciels...)
- L'inventaire fonctionnel pour identifier les besoins, ce qu'on doit collecter comme données et pourquoi

Présentation du site industriel

| | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • L'entreprise <ul style="list-style-type: none"> ○ Adresse d'implantation du site ○ Interlocuteur administratif ○ Interlocuteur technique ○ Coordonnées • Description de l'activité de l'établissement • Typologies de productions • Capacité de production annuelle et mensuelle • Description succincte de l'usine et ses ateliers • Description de la chaîne de production et des opérations unitaires | <ul style="list-style-type: none"> • Plan général fonctionnel du site (bâtiments, lignes de production, etc) • Résumé du profil énergétique issu de l'étude de pré-diagnostic ou de diagnostic : coûts énergétiques et consommations par typologie d'énergie par secteur. • Les moyens de mesurage installés, les caractéristiques techniques, les emplacements ainsi que la possibilité d'adaptation avec le système proposé ou non |
|--|---|

Les documents à demander par le prestataire

| | |
|--|---|
| 1. Lay-out de l'usine (format autocad) avec désignations des ateliers et des emplacements des compteurs installés électriques et fluides _____ | ✓ |
| 2. La répartition de la consommation en pourcentage de l'énergie électrique et thermique _____ | ✓ |
| 3. La répartition de la consommation frigorifique en pourcent _____ | ✓ |
| 4. La liste des compteurs installés avec leurs caractéristiques techniques (Marque, dimensions, type de sortie, communication...) _____ | ✓ |
| 5. Le tableau de bord énergétique et les rapports de suivi des consommations et des ratios _____ | ✓ |
| 6. Liste des équipements énergivores (électrique, vapeur, Froid) _____ | ✓ |
| 7. Plan des circuits de distribution vapeur ; eau glacée air comprimé _____ | ✓ |
| 8. Dernier rapport d'audit énergétique _____ | ✓ |

A cet effet, il est indispensable avant tout de définir la totalité des flux énergétiques de l'usine et qui peuvent être récapitulés comme suit :

- Production et distribution d'air comprimé
- Production et distribution d'énergie thermique : eau chaude
- Production et distribution d'énergie thermique : vapeur
- Production et distribution d'énergie thermique : froid
- Entraînement mécanique : moteurs
- Entraînement hydraulique : pompes
- Installation électrique
- Système de récupération de chaleur (cogénération par exemple)

Le prestataire devra notamment baser sa prestation sur les résultats de l'étude pré-diagnostic ou diagnostic donc avant de commencer il doit préparer toutes les données nécessaires pour concevoir le système de gestion adéquat. Un questionnaire doit être établi pour collecter les données de l'usine.

Exemple de Questionnaire Mise en place d'un système de suivi énergétique

| | |
|-----------------------------------|-------------------|
| Nom de l'établissement industriel | Contact technique |
| Adresse | E-mail |
| Activité | Tel |

Informations générales

| | | |
|--|---|--|
| Catégorie industrielles | _____ | |
| Nombre du personnel | _____ | |
| Régime de fonctionnement | _____ _____ _____ | Heure/jour/an j/semaine j/an poste/jour |
| Nombre d'heures d'arrêt /an | _____ | h/an |
| Produit | 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ | |
| Unités de production (comment est organisée l'usine par unité par atelier par produit par phase de production) | 1. Unité _____ 2. Unité _____ 3. Unité _____ 4. Unité _____ 5. Unité _____ 6. Unité _____ 7. Unité _____ 8. Unité _____ 9. Unité _____ 10. Unité _____ | . Poste/j ; heures fonct/an |

Consommation énergétique annuelle « globale »

| | | | | |
|-------------|-------|--------|-------|-------|
| Electricité | _____ | kWh/an | _____ | DT/an |
| Gaz naturel | _____ | Nm³/an | _____ | DT/an |
| Fuel lourd | _____ | m³/an | _____ | DT/an |
| Gasoil | _____ | m³/an | _____ | DT/an |

Répartition de la Consommation énergétique

| Unité | Electrique | | Thermique | |
|----------------|------------|-------|-------------|-------|
| | kWh/... | % | Thermie/... | % |
| 1. Unité _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| 2. Unité _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| 3. Unité _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| 4. Unité _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| 5. Unité _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| 6. Unité _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| 7. Unité _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| 8. Unité _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |

Indiquer : par mesure ou par estimation

Recensement de Moyens de comptage mis en place

| Unité | Compteur électrique | Compteur gaz | Compteur vapeur | Compteur eau |
|-------------------|---|---|---|---|
| 1. _____ _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ |
| 2. _____ _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ |
| 3. _____ _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ |
| 4. _____ _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ |

| Unité | Compteur électrique | Compteur gaz | Compteur vapeur | Compteur eau |
|-------------------|---|---|---|---|
| 5. _____ _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ |
| 6. _____ _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ |

Recensement de Moyens de comptage mis en place

| Unité | Pression | Température | Débit | _____ |
|-------------------|---|---|---|---|
| 1. _____ _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ |
| 2. _____ _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ |
| 3. _____ _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ |
| 4. _____ _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ |

| Unité | Pression | Température | Débit | _____ |
|-------------------|---|---|---|---|
| 5. _____ _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ | Emplacement _____ Marque _____ Type _____ Etat _____ Mode de communication _____ Observation _____ |

4.3. Étape 3 : Définition des besoins futurs

En concertation avec l'entreprise, la direction, le responsable d'exploitation, le prestataire sera en charge d'évaluer le plus finement possible l'évolution des besoins énergétiques de l'activité en fonction de la stratégie mise en œuvre par la direction.

Il spécifiera les futurs investissements, agrandissements et simulera leurs impacts sur le système à mettre en place. Il tiendra compte également de l'évolution du remplacement du parc, des équipements réformables et des gains de performances dans le cas de leur renouvellement ou évolutions.

A l'issue de ce travail prospectif, le prestataire sera en mesure de présenter très précisément les besoins spécifiques de l'entreprise à moyen terme et préciser les coûts de fonctionnement énergétiques selon les modes de production énergétiques en l'état du site.

4.4. Étape 4 : Dimensionnement et architecture de la solution

Chaque usine pourrait avoir sa propre solution de gestion énergétique, ce qui exige le niveau de compétence des fournisseurs et intégrateurs de solution à offrir la solution adéquate répondant aux objectifs de l'usine. Ces objectifs seront traduits en indicateurs de performance qui permettront d'évaluer les moyens de comptage et d'acquisition de données à mettre en place.

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 débit vapeur, la température extérieure, les températures entrée/sortie, peuvent également être pertinent selon la nature des procédés.

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 unité d'énergie consommée/ unité produite

Tableau 4 : Niveau de gestion à atteindre

| NIVEAU | EQUIPEMENTS DE COMPTAGE ÉNERGÉTIQUE | IPE | UNITÉ |
|--|---|--|---|
| I | Compteur produit fini | Quantité produite | kg |
| | Compteurs électriques | Ratio électrique global | kWh/kg |
| | Compteur gaz | Ratio thermique global | MJ/kg |
| II | Compteurs de lait | Production sortie atelier | kg |
| | Compteurs de produits finis | | |
| | Capteurs de Température fluide dans les ateliers | | |
| | Compteurs électriques | Ratio électrique par atelier | kWh/kg |
| | Débitmètre vapeur | Ratio thermique par atelier | Tvapeur/atelier |
| | Débitmètre eau de refroid. | Ratio froid par atelier | m ³ eau/ atelier MJ/kg |
| | Compteurs air comprimé (entrée ateliers) | Ratio air comprimé par atelier | Nm ³ air comprimé/ atelier |
| III | Compteurs électriques | Ratio par équipement (STEP, compresseur d'air, compresseur d'NH3, etc.,) | kWh/m ³ eau épurée kWh/kWh fg kWh/m ³ |
| | Compteur à gaz chaudière | Ratio chaufferie | Nm ³ gaz/ Tonne de vapeur |
| | Capteur de Température Sortie chaudière | Ratio chaque chaudière | |
| | Capteur de Température Entrée chaudière | Ratio chaudière | |
| | débitmètre eau pour chaudière | | |
| | Débitmètre eau frigorifique | Ratio production d'eau glycolée et d'eau glacée | kWh/kWf |
| | Capteur de température eau frigorifique entrée sortie | | |
| Compteurs air comprimé (sortie compresseurs) | Ratio compresseur | kWh/Nm ³ | |

Sur la base des éléments recensés et évalués dans la définition des besoins actuels, futurs le prestataire définira l'architecture de la solution proposée. Cette configuration dépendra des objectifs de l'entreprise, le niveau de gestion à atteindre et la complexité de la solution. Le prestataire est demandé de présenter une approche structurante et intégrante selon le besoin déjà défini.

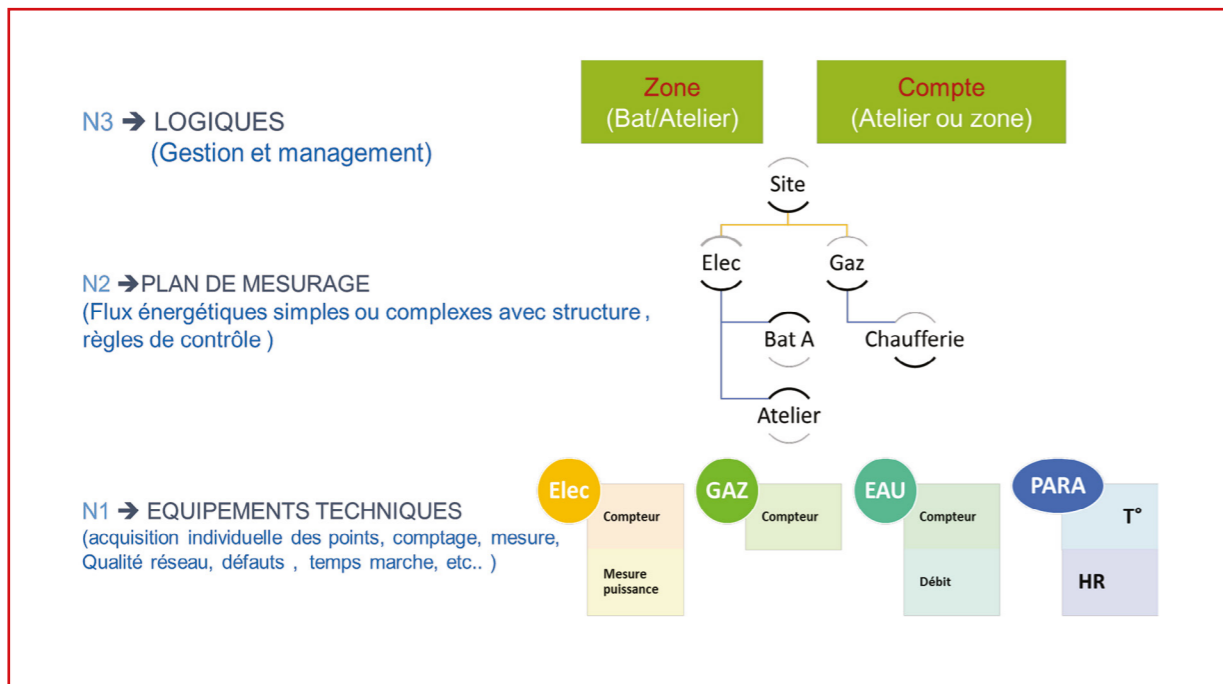


Figure 11 : Approche structurante pour une solution qui répond aux besoins

Pour définir cette solution, le prestataire doit établir les éléments suivants :

- Définition de l'architecture finale du système de suivi énergétique
- Etablissement d'un PID préliminaire (Process Instrumentation Diagram) avec l'instrumentation nécessaire suivant l'architecture du système de suivi énergétique final
- Définition des analyses souhaitées par l'entreprise et qui seront mis en évidence dans le logiciel de suivi énergétique
- Définition de la supervision souhaité et mise en évidence dans le logiciel de suivi énergétique
- Définition des emplacements des instruments de mesures
- Définition des besoins en matériel du système de gestion d'énergie
- Définition des normes à suivre lors de l'acquisition et de la mise en place du système de suivi
- Etablissement du plan d'implantation des nouveaux équipements ;

Choix de la meilleure solution technologique

En se basant sur son expertise technique et en tenant compte des nouvelles innovations, le prestataire définira, pour les besoins formulés précédemment, une ou plusieurs solutions technologiques selon les aspects suivants :

- La pertinence et la fiabilité de la solution
- L'évolution de la solution au regard des évolutions de l'activité de l'entreprise (extensible)
- La maturité de la technologie et sa robustesse
- La facilité d'exploitation selon la personne qui va l'utiliser
- la fiabilité des retours d'expériences disponibles sur leurs mises en œuvre
- l'adaptabilité aux conditions de fonctionnement de l'usine
- les équipements complémentaires nécessaires pour garantir le « Faire Vivre » la solution proposée

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 suivante :

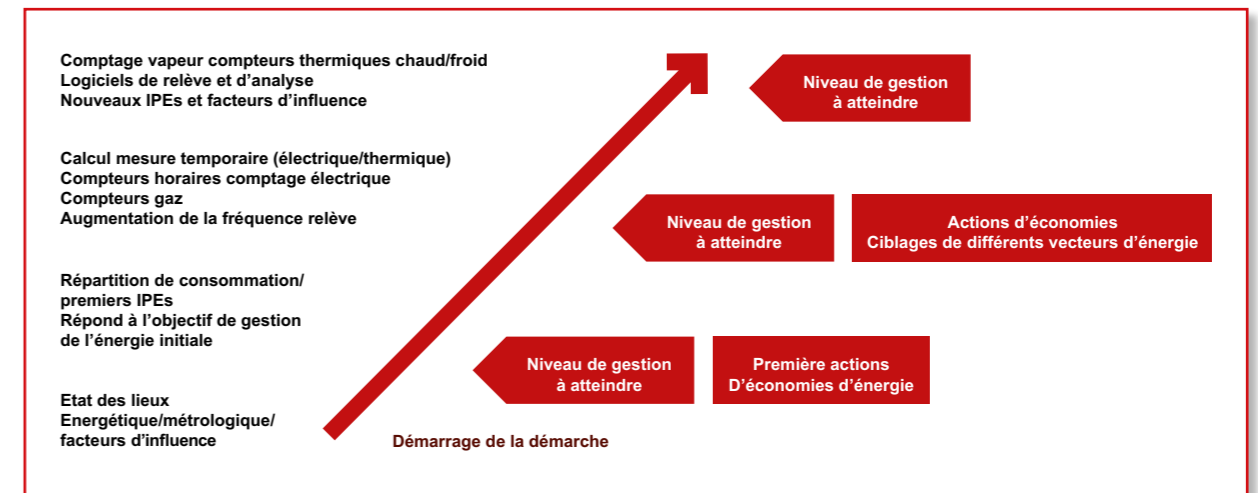


Figure 12 : Paramétrage de la solution selon le niveau de gestion à atteindre

Adéquation avec les contraintes du site

La Solution de GEC retenues devra être évaluée au regard de leurs facilités de mises en œuvre et l'adaptation aux contraintes du site :

- Difficultés de configuration pour l'implantation de l'équipement sur site (avec ou sans câbles)
- Opportunité de réutilisation de réseaux existants
- Difficultés de création de nouveaux réseaux ou de zonages complémentaires
- Conformité et compatibilité avec l'ensemble des équipements de processus
- Respect des exigences de sécurité du site
- Respect des exigences sanitaires du site
- Savoir-faire internes en termes de suivis et de maintenance du nouveau système
- Besoin de formation, de moyens humains en termes de suivis et de maintenance du nouveau système.

Le prestataire produira une liste de prescriptions détaillées et descriptions des modifications ou mise en conformité à apporter aux équipements et installations existants, à la formation du personnel.

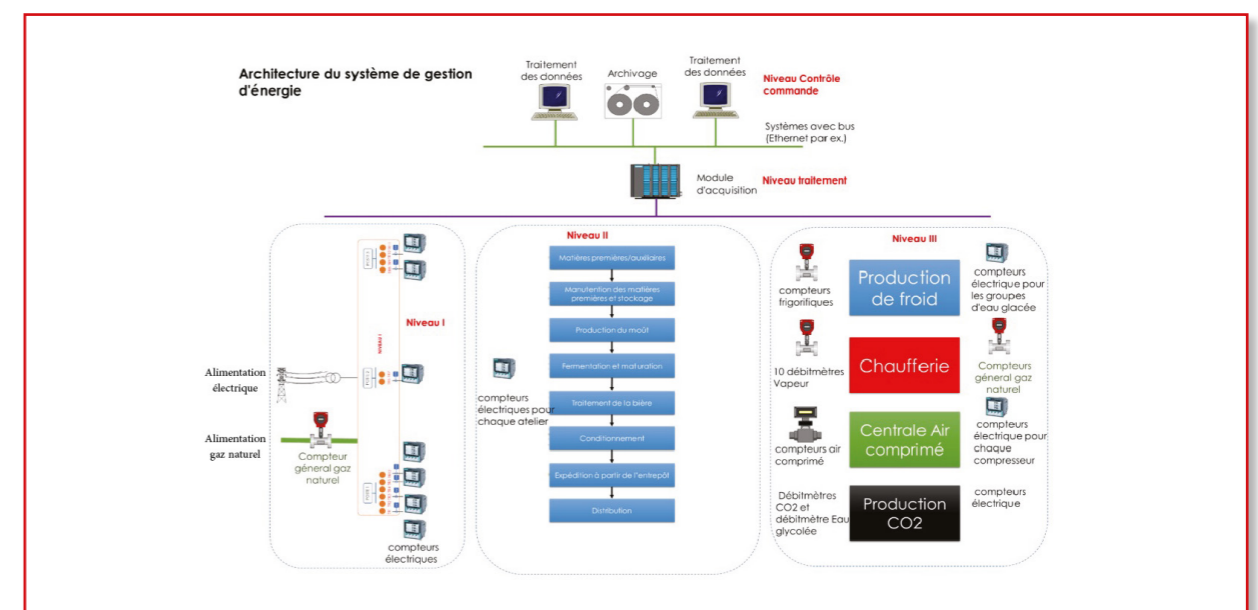


Figure 13 : Exemple d'une architecture retenue

Pour chaque solution technique proposée par le prestataire celui-ci définira un planning de réalisation des travaux en vue d'évaluer les délais de mise en œuvre et les gênes occasionnés sur la production. Pour la solution technique retenue par les responsables de l'entreprise, le prestataire fournira une aide à la rédaction d'un dossier de consultation des entreprises (CDC) pour les travaux et contrats d'entretien et de maintenance de l'équipement.

4.5. Etape 5 : Mise en place et exploitation

L'organisme détermine les éléments les mieux adaptés à ses objectifs. Il prend notamment en compte les contraintes réglementaires, normatives, les contraintes relatives aux propriétés physico-chimiques des fluides, les exigences de précision, les performances métrologiques souhaitées, les contraintes d'acquisition et d'exploitation, les contraintes de maintenance et de suivi métrologique, les contraintes budgétaires, etc.

En parallèle de l'exploitation des données selon les objectifs (CPE, ISO 50001...) le site rédige un document qui explicite les processus et les moyens techniques notamment :

- L'historisation et le stockage des données
- Le traitement analytique des données
- La politique de communication des données en interne et en externe à l'organisme

Utilisation des données énergétiques

Chaque entreprise utilise les données selon ses propres besoins. Même si le moyen de les exploiter peut différer entre un tableur Excel et un logiciel professionnel, il n'y a pas une liste exhaustive de l'exploitation que l'on peut faire des données. On peut tout de même dégager des grandes tendances :

- Calculer des indicateurs de performance pour notamment identifier des dérives des consommations
- Modéliser une consommation, un usage, pour évaluer les gains d'une action d'économies d'énergie
- Sensibiliser le personnel en diffusant des données énergétiques
- Analyser la répartition des consommations notamment pour une revue énergétique dans le cadre d'une démarche ISO 50001 ou encore pour répartir les coûts énergétiques par centres de frais.
- Mettre en place des alertes automatiques sur les données énergétiques pour mettre en place au plus vite des actions correctives en cas de dérives.



4.6. Etape 6 : Faire vivre le système

Cette dernière étape vise à définir un ensemble de procédures afin de s'assurer de la qualité du SGEC. Il faut notamment déterminer comment détecter les dysfonctionnements, assurer la continuité de la transmission et de l'historisation des données du Plan de Comptage, vérifier l'intégrité et la précision des mesures.

Prévenir des défaillances du système de mesurage

Comme la grande majorité des systèmes, le SGEC a besoin d'être maintenu pour rester opérationnel. Souvent, les industriels pensent qu'une fois le compteur installé et remonté il n'y a plus rien à faire mais ceci est malheureusement faux.

Il y a tout d'abord un aspect contrôle et construction d'un plan de maintenance :

- Vérification de la chaîne d'acquisition
- Vérification métrologique

Il est également recommandé de mettre en œuvre des procédures pour assurer que le système ne soit pas défaillant :

- Lors de mises à jour des serveurs par le service informatique
- Lors d'une opération de maintenance curative ou préventive sur des armoires électriques où les compteurs peuvent être disjoints pour des raisons de sécurité

Évolutions du système de mesurage

Si un plan d'actions pour la mise en place du plan de comptage a été déterminée sur plusieurs années. Il faut donc poursuivre dans le temps la mise en place des actions.

Il faut aussi penser à régulièrement recommencer la démarche depuis l'étape 1. Un système de mesurage n'est pas figé définitivement. En interne, l'évolution du site et des besoins d'exploitation changent dans le temps. En externe, les possibilités technologiques évoluent également et les produits proposent de plus en plus de fonctionnalités.

En effet, il y aura très certainement besoin d'installer de nouveaux compteurs, créer de nouveaux comptes utilisateurs, mettre en place de nouvelles fonctions... Même si des standards sont déterminés, il faut garder une veille minimum sur les nouvelles technologies du marché qui peuvent ouvrir à de nouvelles opportunités d'économies d'énergie.

XII. FAISABILITÉ FINANCIÈRE POUR LA MISE EN PLACE D'UN SGEC

Cette partie a pour objectif d'étudier la faisabilité économique et financière du projet à travers l'évaluation et l'analyse des paramètres de sa rentabilité.

Cette étude comprendra essentiellement les éléments suivants, pour chaque scénario technique :

- Elaboration d'un modèle transparent d'évaluation financière ;
- Quantification unités de réduction des émissions de CO2 et des revenus escomptés ;
- Elaboration des comptes prévisionnels d'exploitation sur la durée de vie du projet intégrant les revenus ;
- Elaboration des tableaux des amortissements ;
- Elaboration des tableaux de la trésorerie prévisionnelle ;
- Calcul des indicateurs de rentabilité (TRI par rapport à la situation initiale, temps de Retour, VAN, etc.)
- Analyse de sensibilité par rapport à l'investissement, aux coûts de l'énergie et aux besoins en énergie électrique et thermique, etc.

1. Evaluation des investissements

Dans le cadre de sa mission, le prestataire évaluera les montants d'investissements initiaux nécessaires à la mise en œuvre globale des technologies prescrites :

- Fourniture des équipements principaux
- Fourniture des équipements annexes (câblages, etc...)
- Transport du matériel et mise en œuvre
- Travaux de mise en conformité et d'adaptation (parfois il est nécessaire de faire des réaménagements et des modifications sur l'installation existante)
- Programmation, paramétrage et mise en marche

D'après les montants détaillés des coûts d'investissements, le prestataire précisera :

- les montants des aides financières disponibles et les équipements éligibles
- la possibilité de recours aux crédits et meilleurs schéma de financement

2. Coût global

Les coûts d'investissements chiffrés au préalable seront à mettre en corrélation avec les coûts d'exploitation, les économies et les économies énergétiques engendrées selon l'approche en coût global.

Les coûts d'investissements des nouvelles technologies seront à additionner aux coûts d'exploitation :

- coûts énergétiques de fonctionnement
- coûts des contrats de maintenance préventive et curative, la maintenance est obligatoire pour faire vivre un SGEC.

En vue de déterminer le temps de retour sur investissement des prescriptions, ces coûts globaux sont à mettre en comparaison avec :

- les coûts énergétiques actuels de l'entreprise
- les coûts énergétiques prévisibles dans le cadre du développement des activités
- les coûts actuels de maintenance des équipements de fourniture énergétique
- la durée de vie des équipements
- le surinvestissement de la solution innovante vis-à-vis d'une solution conventionnelle dans le cadre d'un renouvellement prévu d'équipement

Suivant les configurations, des gains induits éventuels pourront être pris en compte :

- gains de productivité
- amélioration de la qualité de production

Tableau 5 : Aspect économique de la vie d'un ouvrage

| PHASES ET DURÉE | ETAPE | % COÛT GLOBAL |
|---|-------------------------------|---------------|
| Montage opération Aspects financiers juridiques, commerciaux 1 à 2 ans et plus | Conception | 2 à 4% |
| Maîtrise d'ouvrage Programme, budget, planning, étude en coût global, 2 à 3 ans et plus | | |
| Maîtrise d'œuvre Conception, consultation, 1 à 2 ans et plus si phasage | | 2% |
| Réalisation Suivi du chantier travaux OPC, contrôle technique 2 à 3 ans et plus si phasage | Réalisation | 15 à 20% |
| Gestion Entretien, maintenance, exploitation, grosses réparations, déconstruction et restitution | Utilisation 50 ans et plus | 75 à 80% |

Source ADEME

Tableau 6 : Exemple du modèle économique pour le calcul de rentabilité SGEC

| DESIGNATION | UNITE | VALEUR |
|---|------------------|--------|
| Consommation énergétique | | |
| Consommation énergétique de la commune sans amélioration | kWh | |
| Consommation énergétique de la commune après amélioration | kWh | |
| Economie d'énergie | kWh | |
| CO ₂ évitées | TCO ₂ | |
| Facture énergétique | | |
| Facture énergétique de la commune sans amélioration (2ème année) | DT/an | |
| Facture énergétique de la commune après amélioration (2ème année) | DT/an | |

| DESIGNATION | UNITE | VALEUR |
|---------------------------------|-------|--------|
| Charges | | |
| Coût de maintenance | DT/an | |
| Frais d'hébergement | DT/an | |
| Résultat Brut et Net | | |
| RBE | DT/an | |
| Gain financier net | DT/an | |
| Investissement & TRB | | |
| Investissement Total | DT | |
| TRB | Ans | |

| DESIGNATION | Unité | Année de référence | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|--------|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Consommation énergétique de référence | kWh | | | | | | | | | | | |
| Prix de l'énergie année de référence | DT/kWh | | | | | | | | | | | |
| Facture d'énergie scénario amélioré | DT | | | | | | | | | | | |
| Consommation d'énergie scénario tendanciel (sans projet d'amélioration) | kWh | | | | | | | | | | | |
| Réalisation projet (Système de gestion centralisé intégrant) | | x | | | | | | | | | | |
| Vérification des économies et évaluation des résultats | | | x | | | | | | | | | |
| Maintien du système installé et actualisation des objectifs | | | | | | | x | | | | | |
| Consommation d'énergie scénario amélioré | kWh | | | | | | | | | | | |
| Economie d'énergie par rapport situation de référence | kWh | | | | | | | | | | | |
| Economie d'énergie par rapport scénario tendanciel | kWh | | | | | | | | | | | |
| Prix de l'énergie | DT/kWh | | | | | | | | | | | |
| Facture d'énergie scénario amélioré | DT | | | | | | | | | | | |
| Facture d'énergie scénario tendanciel | DT | | | | | | | | | | | |
| Gain par rapport à la situation tendanciel | DT | | | | | | | | | | | |
| Gain financier cumulé | DT | | | | | | | | | | | |

XIII. FAISABILITÉ ORGANISATIONNELLE POUR LA MISE EN PLACE D'UN SGEC

1. Organisation de processus

Les prescriptions techniques proposées par le prestataire devront être en adéquation avec les principes de fonctionnement et de production de l'entreprise à savoir :

- Objectifs de production horaires, journaliers, mensuels
- Rythmes et cadences de production
- Horaires et disponibilités du personnel

Au besoin, des échanges seront établis avec les responsables de l'entreprise en vue de définir les marges de manœuvres potentielles sur les principes de fonctionnement actuels du site.

En cas de modification de ces principes, le prestataire s'attachera à définir :

- une liste des modifications à apporter aux modes opératoires
- des propositions d'organisation du travail

2. Implication du responsable énergie

La société qui envisage la mise en place d'un SGEC doit disposer des moyens humains nécessaires afin de garantir la bonne exploitation du système et la capacité de prendre des décisions correctes et à temps. A cet effet, il faut insister sur que le Responsable Energie (RE) est véritablement le chef d'orchestre du SGEC. Une fois mandaté par sa hiérarchie, il bénéficie de la reconnaissance nécessaire pour développer une Team Energie.

En tant que catalyseur de cette équipe, il veillera à rassembler autour de lui les forces vives qui permettront :

- D'améliorer la performance énergétique des bâtiments ;
- D'établir une comptabilité énergétique ;
- De sensibiliser les occupants ;

En tant que Responsable Energie, il doit coordonner la politique énergétique au sein de l'entreprise. Au travers de l'analyse des consommations de l'usine, il impulsera une dynamique de réduction des consommations physiques et de maîtrise de la facture énergétique. Il est important que la fonction de Responsable Energie soit interne à l'entreprise, parce qu'il s'agit d'un poste permanent dans lequel on va chercher à diminuer les consommations énergétiques, mais aussi à les stabiliser à un niveau inférieur.

Cette veille à long terme est importante, puisque l'expérience a montré que la vacance du poste de Responsable Energie se soldait, dans les mois suivants, par un retour aux surconsommations initiales.

Il est bien sûr possible de faire appel à un soutien extérieur ponctuel auprès d'experts en énergie et de spécialistes dans le domaine, mais il s'agira bien de garantir la pérennité de votre poste à l'intérieur même du staff de l'entreprise. Donc plus concrètement, le responsable énergie aura pour missions :

Auditeur énergétique rapide

- D'auditer les installations et les utilités afin de connaître rapidement et efficacement les points faibles au niveau des consommations énergétiques et d'identifier les travaux prioritaires.

Comptable

- De collecter diverses données qui permettront de caractériser les ateliers en fonction de leurs consommations et d'identifier les bâtiments les plus énergivores.
- De suivre les consommations mensuellement afin de détecter les anomalies, les dysfonctionnements ou tout simplement déceler les gaspillages d'énergie.

Technicien

- De recueillir les données, les analyser et agir.
- De veiller à optimiser
- De sensibiliser le personnel à une gestion plus rationnelle de l'énergie afin que les occupants abandonnent les mauvais réflexes du passé.
- De communiquer avec la direction générale afin de lui donner un état des lieux, des objectifs puis des résultats.
- De suivre les interventions des prestataires extérieurs pour leur faire épouser, à leur tour, une attitude parcimonieuse en énergie.

Conseiller en énergie

- D'identifier les besoins prioritaires de rénovation énergétique (installations, équipements, bâtiments) et dresser un plan d'action à court et à long terme.
- D'assurer l'intégration de la dimension énergétique lors de la conception de travaux d'agrandissement.
- D'évaluer l'intérêt de recourir aux technologies renouvelables ; chauffe-eau solaire, panneaux photovoltaïque, etc.

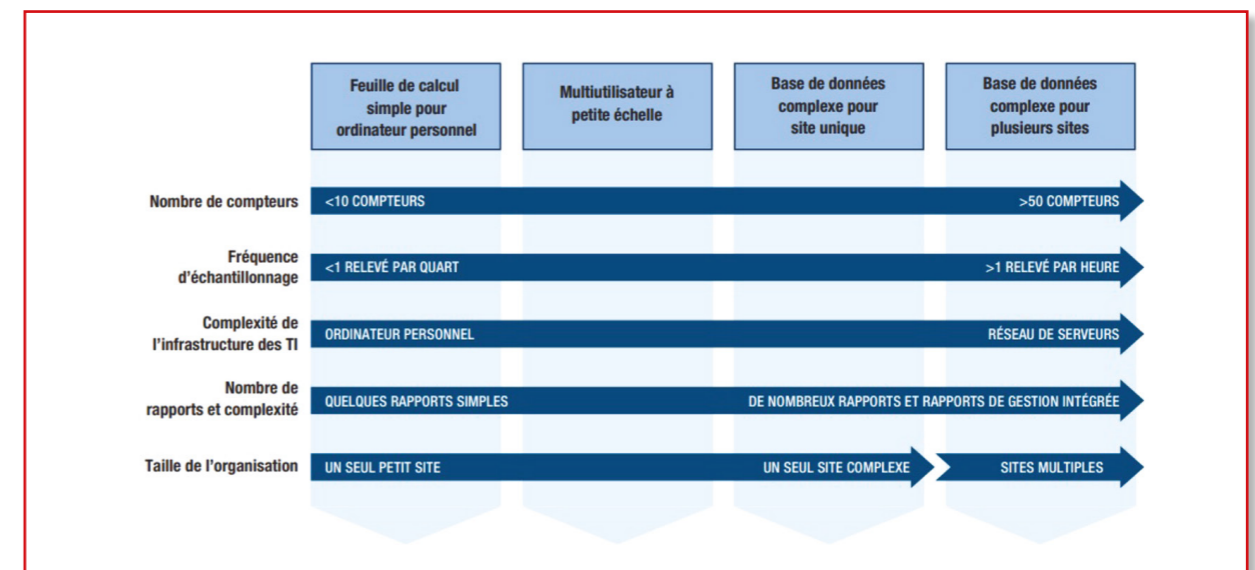
Le Responsable Energie est un intégrateur. Il veillera à collecter des données énergétiques et d'exploitation de l'établissement :

- Données d'exploitation de l'établissement
- Contrats de fournitures d'énergie
- L'historique des factures relatives à différentes formes d'énergies (électricité, gaz naturel, GPL, eau)
- La réglementation en vigueur touchant au domaine de maîtrise de l'énergie.
- Les encouragements accordés par l'Etat pour la maîtrise de l'énergie.
- Plans et des schémas techniques de différentes installations tels que :
- Plan d'architecture du bâtiment/usine
- Flow Sheet de fabrication
- Schémas de distribution électrique
- Schémas de distribution de chauffage et d'eau chaude,
- Schémas de distribution du froid, air comprimé, etc..

IX. CAHIER DES CHARGES

1. Taille du projet

Le SGEC peut être un système simple comme il peut passer à une base de données complexe selon la taille du site industriel, le nombre des sites, l'activité de l'usine, les exigences du cahier des charges et le budget alloué.



Tout ces paramètres doivent être considérés lors de la validation de la solution à mettre en place et qui sera décrite d'une façon détaillée dans le dossier de consultation qui sera publié pour le choix du meilleur soumissionnaire.

2. Contenu du Cahier des charges

Objet

Description des travaux à réaliser, fournitures, prestations et programmation et formation
Données générales du site
Description générale du système de gestion d'énergie projeté
Architecture minimale du système
Spécification technique des équipements à fournir
Moyens de comptage
Réseau et câbles de communication
Logiciels de gestion de l'énergie

Conditions d'exécution et de livraison

Prestations incluses du soumissionnaire
Démontage des compteurs existants à remplacer
Conditions de livraison
Montage des équipements
Planning
Période de garantie
Documentation technique avec l'offre
Formation
Réception
Exploitation du SGEC
Maintenance du SGEC
Bordereaux des prix

3. Choix du soumissionnaire

La méthode d'évaluation des soumissions est résumée ci-après afin d'aider les utilisateurs à choisir parmi une liste de fournisseurs possibles pour la mise en place et vérification du SGEC

- Établir les critères d'évaluation des soumissions
- Décider de la pondération relative de chaque critère (attribution d'une valeur différente à chaque critère)
- Demander à plusieurs évaluateurs d'évaluer chaque soumission et de les noter par rapport à chaque critère
- Diviser le coût de chaque soumission par sa note d'évaluation afin d'obtenir une mesure relative de chaque coût ou point
- Choisir le fournisseur qui propose le coût le plus faible, à condition qu'il ait obtenu la note de passage minimale à l'évaluation technique. On recommande d'employer la même méthode d'évaluation des soumissions externes pour chaque lot de travaux.

Tableau 7 : Description plus détaillée de chaque tâche

| CRITÈRES D'ÉVALUATION | APPROCHE POUR L'APPRÉCIATION | FOURNISSEUR 1 | FOURNISSEUR 2 | FOURNISSEUR 3 |
|--|--|---------------|---------------|---------------|
| Situation financière | Situation juridique Capital de la société Chiffre d'affaires Taux de participation étrangère Exportatrice ou non | | | |
| Personnel | Effectif Qualification Compétence Organisation | | | |
| Références de la Société dans le domaine de gestion d'énergie | Liste des références | | | |
| Expérience dans le secteur EE | Compétence en matière d'audit énergétique | | | |
| Nombre de projets réalisés au cours des 5 dernières années | Industrie | | | |
| Taux d'avancement par projet (%) | | | | |
| Evaluation des résultats | | | | |
| Barrières | | | | |
| Formation | Formateur/Durée/ Contenu | | | |
| Service après-vente | Existe ou non Garantie Interventions réalisées | | | |

| CRITÈRES D'ÉVALUATION | APPROCHE POUR L'APPRÉCIATION | FOURNISSEUR 1 | FOURNISSEUR 2 | FOURNISSEUR 3 |
|--|---|---------------|---------------|---------------|
| Démarche développée pour la réalisation des prestations | | | | |
| Fourniture matérielle | Champ d'intervention Marque/Gamme Type de communication | | | |
| Logiciels Solution complète | | | | |

Tableau 8 : Exemple de grille d'évaluation des offres

| | CRITÈRES D'ÉVALUATION | BARÈME | APPROCHE POUR L'APPRÉCIATION |
|-------------|---|--------|---|
| C1 | Références de la Société dans le domaine de gestion d'énergie | 25 | |
| C1.1 | Expérience dans le secteur | 5 | - Plus que 10 ans : 5 points - Entre 5 et 10 ans : 3 points - Moins de 3 ans : 1 point - Pas d'expérience : aucun ne point |
| C1.2 | Nombre de projet réalisé au cours des 3 dernières années | 15 | - Plus de 5 projets : 15 points - entre 3 et 5 projets : 10 points - de 1 à 3 projets : 5 points |
| C1.3 | Implantation ou expérience dans la région de Tunis | 5 | - Oui : 5 points - Non : aucun point |
| C2 | Raisonnement/Motif | 25 | |
| C2.1 | La fourniture bien développée, précise et pertinente | 5 | - Bonne : 5 points - Assez bonne : 3 points - Moyenne : 2 points - Insuffisante : 1 point |
| C2.2 | Démarche développée pour la réalisation des prestations | 15 | - Bonne : 15 points - Assez bonne : 10 points - Moyenne : 5 points - Insuffisante : 2 points |
| C2.3 | Champs d'intervention technique | 5 | - Approche exhaustive : 5 points - Approche par seuil : 2 points - Approche incomplète : 0 points |
| C2.4 | Disponibilité des personnes affectées à la mission au regard du temps requis et cohérence du chronogramme avec la méthodologie proposée | 5 | L'appréciation de ce critère se fera selon la classification suivante : - Satisfaisant : 5 points - Assez bien : 3 points - Moyen : 2 points - Faible : 1 point |
| C3 | Qualification du personnel proposé pour la réalisation des prestations | 25 | |
| C3.1 | Nature des diplômes | 10 | - Bac + 5 et plus : 10 points - Bac + 4 : 6 points - Bac + 3 : 4 points - Bac + 2 : 1 point |

| | CRITÈRES D'ÉVALUATION | BARÈME | APPROCHE POUR L'APPRÉCIATION |
|--------------|---|-----------|--|
| C3.2 | Niveau d'adéquation avec les compétences requises | 15 | - Très bonne adéquation : 15 points - Assez bonne adéquation : 10 points - Adéquation moyenne : 5 points - Absence ou faible adéquation : 0 point |
| TOTAL | | 75 | |

4. Exigences minimales pour les moyens de comptage

4.1. Exigences générales relatives aux compteurs électriques

Les compteurs électriques ou les contrôleurs de puissance mesurent directement l'électricité consommée. L'électricité totale est calculée en mesurant la tension et le courant comme unités de puissance totale. L'unité de facturation la plus courante est le kilowattheure (kWh). Les systèmes à courant alternatif triphasé représentent les charges vives individuelles les plus importantes, et par le fait même les points de mesure les plus probables. Il existe des systèmes de comptage à courant continu, mais leur utilisation est moins répandue. Un certain nombre de fournisseurs peuvent offrir des compteurs dotés d'une variété de fonctions. Les compteurs rudimentaires n'indiquent que le taux d'énergie (kW).

Les modèles les plus évolués peuvent mesurer le facteur de puissance, les kWh, les kVAR, les kVA et le téléhégage mécanisé. Il est parfois nécessaire d'établir un lien électronique avec un compteur électrique plus évolué pour recueillir l'ensemble des données. De nombreux fournisseurs offrent des écrans intégrés ou complémentaires. Ces écrans permettent d'assurer que les relevés sont dans les limites prévues. En général, les compteurs électriques peuvent mesurer une tension maximale de 600 VAC sans qu'on ait besoin d'une interface entre le compteur et la source d'électricité. Si la tension dépasse les 600 VAC, les compteurs électriques doivent être munis d'un transformateur de tension (également appelé TT) capable d'atténuer la tension.

Au-delà de 5 A, il faut des transformateurs de courant ou d'intensité (appelés TI) pour fournir un courant d'environ 5 A (normal) à l'appel de courant total. Lorsque les compteurs ont été installés, il faut les configurer en fonction des rapports des TT ou des TI utilisés, le cas échéant.

De nombreux paramètres influents

Une centrale de mesure est un appareil polyvalent que l'on installe sur un tableau électrique, sur un départ ou une arrivée du réseau. Cet appareil participe activement à la maintenance, à l'exploitation et à la gestion du réseau électrique, à travers ces différentes fonctions :

- **Afficher** : Pour les besoins de maintenance et d'exploitation du réseau électrique, la centrale permet de connaître la valeur de multiples paramètres du réseau, remplaçant ici avantageusement toute une panoplie d'indicateurs, de convertisseurs et de commutateurs. Le gain pour l'exploitant est non seulement d'ordre financier (dès qu'intervient une mesure de puissance et/ou d'énergie, la centrale de mesure devient économiquement plus intéressante, et simplifie considérablement l'installation et le câblage, ainsi que la place gagnée sur le tableau ou dans l'armoire électrique), mais aussi d'ordre technique puisque que cette centrale va lui procurer des fonctions supplémentaires telles que la mémorisation des valeurs extrêmes atteintes par les paramètres fondamentaux du réseau.

- **Capter et convertir** : Avec ses nombreuses possibilités de sortie, la centrale de mesure devient un compteur d'énergie (sorties impulsion), un transducteur (sorties analogiques type 4...20 mA) ou encore un capteur numérique par le biais d'une liaison série, permettant ainsi de disposer et d'exploiter les informations à distance. Enfin, grâce aux sorties d'alarme, la surveillance des divers paramètres par rapport à des seuils programmés par l'exploitant, contribuent à la surveillance et à la maintenance du réseau électrique.
- **Renseigner** : L'intelligence : le processeur et la mémoire de la centrale, associés à l'horloge interne, offrent à la centrale de mesure des fonctions d'enregistrement.

Cela se traduit pour l'exploitant par la disponibilité des courbes de charges de son réseau, l'évolution des principaux paramètres, ainsi que l'horodatage des événements (alarmes, coupures,...).

Répondant par ailleurs à l'évolution de la demande des consommateurs, les centrales de mesure actuelles surveillent la qualité de fourniture d'électricité : détection des défauts de tension, calcul du courant dans le conducteur du neutre, taux de distorsion harmonique, etc.

La mesure électrique existe dans toute installation sous la forme du compteur général grâce auquel est établie la facture de consommation électrique. C'est le premier indicateur et il délivre l'énergie consommée globale. Le suivi de ce compteur permet de connaître son niveau de consommation et éventuellement son profil de charge global. Pour appliquer un plan de performance énergétique, il est nécessaire d'étendre la mesure à d'autres paramètres électriques influents :

Consommation d'énergie : C'est l'information délivrée par le compteur tarifaire. Généralement, elle est globale pour l'ensemble des trois phases.

Puissance active : Un suivi instantané de ce paramètre permet de voir le comportement réel de la charge, d'identifier si les systèmes fonctionnent en surcharge ou en sous-charge. Pour avoir un fonctionnement à haut rendement, la puissance active doit être à la valeur nominale définie par le constructeur,

Puissance réactive : L'énergie réactive, liée à l'utilisation de récepteurs inductifs (moteurs, transformateurs), est fortement pénalisée par le fournisseur d'énergie en cas d'excès. De plus, l'énergie réactive entraîne une augmentation du courant dans l'installation ainsi qu'une diminution de la puissance disponible. La compensation d'énergie réactive permet de réduire la facture énergétique,

Facteur de puissance : Représente le ratio entre la puissance active et la puissance réactive. L'amélioration du facteur de puissance permet d'augmenter la puissance disponible, C'est l'image réelle de la consommation. La surveillance de l'évolution du courant permet de suivre les éventuels événements intempestifs tels que des surintensités,

Tension : Fournie par le fournisseur d'énergie, elle est en Tunisie d'amplitude de 240 volt +10 % / -15 %, de fréquence de 50 Hz + / - 2 % et de forme sinusoïdale. Les tolérances sont généralement fixées par un contrat entre le fournisseur et le client. Dans la réalité, la tension d'alimentation peut toutefois varier au-delà de ces limites et ainsi provoquer des dysfonctionnements et accélérer le vieillissement de l'installation,

Perturbations de la tension : Il peut y avoir des déséquilibres entre les phases, des microcoupures, des creux ou des surtensions. Dans certaines industries, la qualité de la tension fournie est critique pour les installations et les matériels,

Taux de distorsion des harmoniques (THD) : Une analyse du taux de distorsion des harmoniques de tension (THDu) ou de courant (THDi) définie si l'énergie fournie par le fournisseur est polluée ou si l'utilisateur injecte une pollution harmonique dans le réseau.

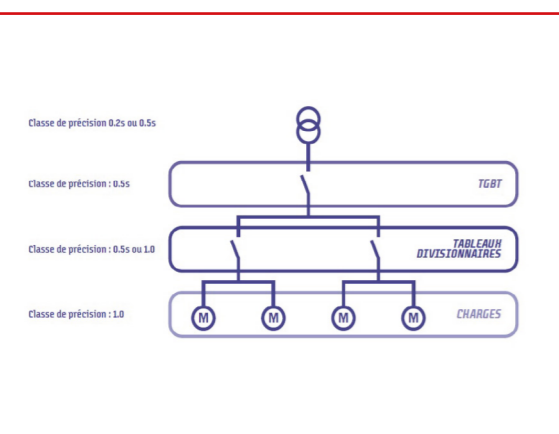
Parfois un Qualimètre est nécessaire

Dans le cas particulier de process continus sensibles aux perturbations, la mise en œuvre d'équipements de mesure plus élaborés (de type "qualimètre") peut s'avérer nécessaire ainsi que dans le cas de contrats de fourniture d'électricité intégrant des clauses liées à la qualité du courant. Au niveau des charges, s'agissant essentiellement de mesurer l'énergie consommée et éventuellement de surveiller quelques paramètres électriques, des centrales de mesure moins élaborées, voire des compteurs d'énergie, pourront être utilisés selon le cas. Pour des sites industriels de moyenne importance, une centrale de mesure en tête d'installation et des compteurs d'énergie active sur les principaux départs par usage (éclairage, machines, distribution générale,...) devraient en général répondre au besoin.

Précision des compteurs d'électricité

Lors de mesures prises aux différentes phases d'un projet, il conviendra de prendre en considération les différences possibles de classes de précisions. Ainsi, les mesures prises en phase d'établissement de « Baseline » ne devraient pas être d'une "qualité" inférieure à celles prises pendant les autres phases du projet, ceci afin de ne pas fausser les données de l'analyse énergétique qui auraient servi de référence initiale.

Par ailleurs, il est recommandé que la précision et les performances des équipements entrant dans la chaîne de mesure soient constantes dans le temps ou, à défaut, que toute modification soit répertoriée et intégrée dans l'analyse afin de permettre une comparaison objective des données à un instant "t".



La norme européenne EN 62053-22:2003 a le statut d'une norme française. Elle reproduit intégralement la publication CEI 62053-22 :2003. + Rectificatif de septembre 2007. Le présent document est applicable uniquement aux compteurs statiques d'énergie active neufs des classes de précision 0,2 S et 0,5 S, destinés à la mesure de l'énergie électrique active en courant alternatif sur les réseaux électriques en 50 Hz et 60 Hz, et à leurs essais de type.

Normalisation relative aux appareils d'instrumentation

Le nombre de paramètres ou le niveau de performances dépendent du profil de charge de l'utilisateur. Le besoin pour une usine plastique ou pour une fonderie ne sont pas les mêmes. La norme CEI 61557-12 relative aux centrales de mesure définit clairement les niveaux de performance des paramètres électriques précités.

Dans le cas de compteurs d'énergie et de centrales de mesure, on assurera que les appareils soient conformes aux normes de comptage suivantes :

CEI 61557-12 "Dispositifs de mesure et de surveillance des performances (PMD)" pour les centrales de mesure,

EN 62053-21 "Compteurs statiques d'énergie active de classe 1 et 2" S'agissant de transformateurs de mesure, la série de normes applicables est la série EN CEI 60044.

A noter que la précision de mesure d'un compteur et d'un transformateur d'intensité (TI) de classe dite "s" assure sur une plage de fonctionnement plus large, allant de 20 % à 120 % de l'intensité nominale ce qui confère une fiabilité supplémentaire de la mesure.

4.2. Exigences générales relatives aux débitmètres

Les liquides de procédé qui sont habituellement mesurés sont les suivants :

- Le fioul et le gasoil ;
- Les hydrocarbures gazeux légers comme le propane et le butane. Ces produits sont souvent appelés gaz de pétrole liquéfiés (GPL) ;

Gaz de pétrole liquéfiés

Les principaux gaz de pétrole liquéfiés (GPL) sont des produits à base de propane et de butane. Ces produits sont vendus au volume calculé à une température de 15 °C. Un ensemble de compteurs est disponible sur le marché et le coût varie en fonction du niveau d'exactitude et de répétabilité précisés. La plupart des distributeurs et des fournisseurs de compteurs ont accès à un logiciel complet de sélection des compteurs pouvant être utilisé pour déterminer le compteur adapté à l'application. Le volume de ce type de produit peut être corrigé à 15 °C. Il faut tenir compte de la baisse de pression lorsqu'on mesure ces produits, car ils se vaporisent instantanément sous forme gazeuse.

Le Fioul

Le fioul est un terme générique qui désigne une variété d'hydrocarbures liquides comme le fioul lourd et le gasoil. Ces carburants sont utilisés comme des sources d'énergie principales pour les applications de chauffage ou pour produire de la vapeur industrielle. Un ensemble de compteurs est disponible sur le marché et le coût varie en fonction du niveau d'exactitude et de répétabilité précisés. La plupart des distributeurs et des fournisseurs de compteurs ont accès à un logiciel complet de sélection des compteurs pouvant être utilisé pour déterminer le compteur adapté à l'application. Ces carburants sont vendus au volume à une température de 15 °C.

| DÉBITMÈTRE | PRÉCISION | TYPE DE MESURE |
|------------|--------------|----------------|
| Vortex | Fioul | Volume |
| Turbine | Fioul et GPL | Volume |

4.3. Exigences sur les débitmètres Eau et condensats

On utilise habituellement des compteurs d'eau pour mesurer la consommation domestique et l'eau consommée dans des procédés. Les compteurs des services d'eau (aux fins de facturation) ont une conception variable ; des signaux de sortie analogique ou en mode pulsé peuvent ne pas être disponibles sur les compteurs existants. Dans le cas contraire, un nouveau compteur doit être indiqué. On utilise aussi souvent l'eau comme moyen de transport pour des charges de chauffage et de refroidissement. Dans ce cas, il faut calculer l'énergie pour le centre de comptabilisation de l'énergie. Outre le compteur, il faut deux transmetteurs de température pour mesurer la température de l'eau à l'entrée et à la sortie. Certains compteurs peuvent ne pas convenir à l'eau chaude en raison de sa température ou de fortes baisses de pression.

La mesure du débit est relevée dans chaque installation de production d'eau du système hydraulique, en différents endroits, par ex. les puits, sources, barrages et stations de filtration, et devrait être effectuée au point exact des conduites à l'entrée du réseau de distribution d'eau.

Dans les stations d'épuration, les réservoirs ou les postes de pompage, il est intéressant de mesurer le débit uniquement dans les canalisations de refoulement. Il est recommandé d'exploiter les débitmètres installés dans le système, mais il est important d'obtenir l'exactitude des erreurs de cet équipement avant de relever les mesures.

La position du débitmètre dans la conduite devrait se situer dans un segment droit de la conduite et de préférence à l'horizontale. Il ne devrait y avoir aucun obstacle avant, ni après le compteur : aucun coude, vanne, joint, évasement, ni pompes, pouvant déformer la vitesse de l'eau dans la section mesurée.

Les courbes éventuelles doivent se situer à 10 diamètres au minimum en amont et 5 diamètres en aval de l'axe du compteur. Il existe des compteurs sur le marché qui peuvent réduire ces distances, selon les catalogues des fabricants respectifs.

A moins qu'ils ne soient trop anciens, les débitmètres existants à turbine, à disque rotatif, à vortex ou magnétiques peuvent être modernisés en les équipant d'une tête à impulsion. Les fabricants de ces débitmètres pourront indiquer si une telle modification est possible. Il est conseillé de les consulter au préalable sur ce sujet. Bien qu'ils soient rarement étalonnés, la plupart de ces débitmètres donnent des lectures d'une précision raisonnable s'ils sont en bon état de fonctionnement.

Il est bon de noter que le coût de démontage, de remplacement de pièces et d'étalonnage d'un compteur peut souvent être équivalent à celui d'un compteur neuf. On suggère d'installer un registre local lors de toute installation d'une tête à impulsion afin de pouvoir relever les valeurs lues. Si les canalisations du compteur comportent une vanne d'arrêt pour interrompre le passage du condensat ou de l'eau dans le compteur et que cette vanne d'arrêt subit une défaillance, le débit peut être mesuré correctement sur le registre local, mais peut être mesuré plusieurs fois par la tête à impulsion.

Les débitmètres de type non intrusif sont un moyen de faire des vérifications ponctuelles. Parmi ces débitmètres, on retrouve ceux de type magnétique, à temps de transit et à effet Doppler. Ils sont portables et le flux n'est pas obstrué (pas de perte de pression dans les canalisations), ce sont leurs principaux avantages.

Parmi les points importants à prendre en considération lors du choix d'un compteur non intrusif, figurent ceux cités ci-après :

- les débitmètres magnétiques sont relativement chers mais ont une gamme étendue et conviennent aux fluides sales et aux mesures de flux bidirectionnelles.
- les débitmètres soniques à temps de transit sont très précis pour des fluides relativement propres, mais sont perturbés par la présence de bulles ou de particules dans le circuit et de dépôts sur les parois des canalisations. Ils nécessitent un débit complet dans la canalisation avec des turbulences modérées.

La précision des débitmètres à effet Doppler dépend de la présence de particules en suspension ou de bulles.

Tableau 9 : Comparaison de la précision et la fiabilité des débitmètres

| DÉBITMÈTRE | PRÉCISION | PERTES DE CHARGE |
|-----------------------|-------------|------------------|
| Diaphragme | 0,7 à 2% | 50 à 90% ΔP |
| Venturi | 0,7 à 1,5% | 10 à 20% ΔP |
| Débitmètre à flotteur | 0,5 à 5% | 0,0025 à 0,5 bar |
| Compteur volumétrique | 0,5 à 1% | très variable |
| Electromagnétique | 0,5 à 1% | Négligeable |
| Vortex | 0,75 à 1,5% | Idem Diaphragme |
| Ultrason | 1 à 5% | Négligeable |
| Coriolis | 0,2 à 0,4% | 0,004 à 2 bar |
| Thermique | 1% | Faible |

Tableau 10 : Comparaison de la précision et la fiabilité des débitmètres

| DÉBITMÈTRE | LONGUEUR DROITE AMONT | DIAMÈTRE DISPONIBLE | T° | PRESSION MAXI |
|-----------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|---------------|
| Diaphragme | 10 à 30D | 0,025 à 1 m | de - 20 à 500°C | 150 bar |
| Venturi | 5 à 10D | 0,05 à 1,2 m | de - 200 à +200°C | 150 bar |
| Débitmètre à flotteur | 0 | 0,004 à 0,12 m | de - 260 à +400°C | 40 à 450 bar |
| Compteur volumétrique | 0 | 0,003 à 0,3 m | de - 30 à 300°C | 400 bar |
| Electromagnétique | 5D | 0,002 à 2,6 m | de - 30 à 180°C | 250 bar |
| Vortex | 15 à 25 D | 0,015 à 0,3 m | de - 200 à +400°C | 300 bar |
| Ultrason | 5 à 20 D | 0,025 à 4 m | de - 200 à +200°C | 300 bar |
| Coriolis | 0 | 0,001 à 0,15 m | de - 240 à +200°C | 400 bar |
| Thermique | 0 | 0,003 à 0,12 m | de - 20 à +180°C | 400 bar |

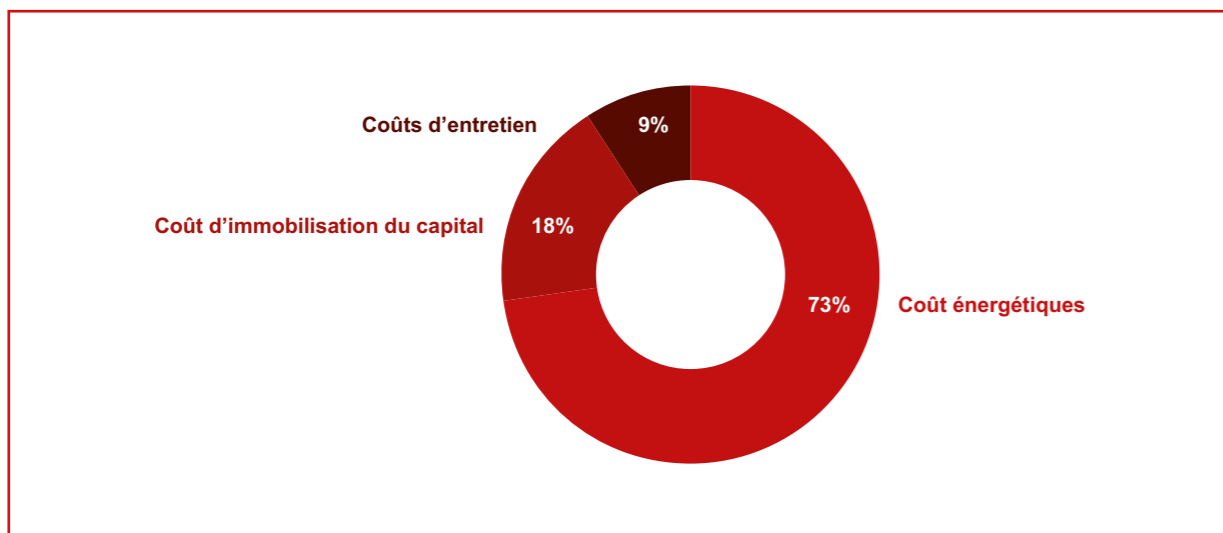
4.4. Exigences générales relatives aux compteurs de gaz

Les gaz sont mesurés à l'aide d'une variété de compteurs dont le choix dépend de l'utilisation :

- Air comprimé
- Vapeur, saturée ou surchauffée
- Gaz naturel

Air comprimé

L'air comprimé est vital dans beaucoup de process industriels. Il a un impact sur la qualité du process et celle du produit final. De plus, l'air comprimé constitue souvent le plus gros poste de consommation d'électricité dans une usine. Parce qu'il est primordial de disposer d'un air comprimé propre et parce que son coût est élevé, toute usine doit veiller à soigneusement le gérer et le surveiller.



Pendant les 10 ans de fonctionnement d'un compresseur, le coût de l'air comprimé se répartit approximativement comme suit :

Chaque unité du système d'air comprimé consomme de l'énergie, soit directement soit indirectement à cause des pertes de pression. Les pertes de pression doivent être compensées par une augmentation de la pression du compresseur, ce qui entraîne une hausse de la consommation d'énergie. Pour chaque tranche de 10 kPa (0,1 bar) d'augmentation de la pression du compresseur, la demande d'énergie augmente d'environ 0,7 %.

Le coût de la production de l'air comprimé peut être calculé en fonction de sa masse ou de son volume. Lorsqu'on veut obtenir le total des volumes, il faut faire des calculs supplémentaires pour compenser les conditions des conduites (pression, température, écart par rapport au facteur de compressibilité).

Bien que d'utilisation courante, les compteurs à diaphragme ne conviennent pas aux systèmes à air comprimé, car ils ont une marge de réglage limitée et ils produisent des pressions différentielles relativement importantes.

On suggère d'utiliser des appareils à tube de Pitot qui offrent une meilleure marge de réglage et des pressions différentielles pratiquement négligeables. Afin d'obtenir les valeurs réelles des débits, ces appareils devraient être munis d'un dispositif de compensation de température et de pression. Les compteurs à tube de Pitot et à thermocouple devraient être installés dans une partie non perturbée de la canalisation d'air comprimé de chaque compresseur.

L'absence de jauges de pression ou la présence de jauges non étalonnées dans le système empêchera la mesure des pressions différentielles au niveau d'éléments critiques comme les filtres, les refroidisseurs et les séparateurs. L'installation de points d'essai à des emplacements choisis permet d'utiliser un appareil de précision étalonné pour obtenir des lectures précises de pression et d'éviter l'entretien et l'étalonnage de nombreux appareils de mesure.

Les débitmètres à ultrasons peuvent être utiles tout en faisant attention à leur choix et leur emplacement vu la non fiabilité éprouvée dans certaines installations industrielles. Pour la bonne gestion de l'air comprimé, la mesure ne suffit pas. Une analyse de fonctionnement fournit les facteurs clés sur les besoins en air comprimé et constitue la base de l'évaluation de la quantité optimale d'air comprimé à produire.

La plupart des entreprises industrielles sont en constante évolution, et cela signifie que leurs besoins en air comprimé changent également. Il est donc important que l'alimentation en air comprimé se base sur les conditions actuelles et qu'une marge d'expansion appropriée soit intégrée à l'installation.

Une analyse de fonctionnement implique la mesure des données d'exploitation, éventuellement complétée par l'inspection d'une installation d'air comprimé existante sur une période donnée. Cette analyse doit couvrir au moins une semaine d'opérations et la période de mesure doit être choisie avec soin afin de représenter un cas type et de fournir des données pertinentes. Les données stockées permettent également de simuler différentes mesures ou des changements dans les opérations du compresseur et d'analyser l'impact sur la situation économique générale de l'installation. Des facteurs tels que les temps de charge et de décharge comptent également dans l'évaluation totale des opérations du compresseur. Ils constituent la base de l'évaluation du facteur de charge et des besoins en air comprimé, répartis sur une journée ou une semaine de travail. Par conséquent, le facteur de charge ne peut pas être lu sur le compteur d'heures de fonctionnement du compresseur.

Les analyses de fonctionnement servent également de base pour une éventuelle récupération d'énergie. En général, plus de 90 % de l'énergie fournie peut être récupérée. En outre, l'analyse peut fournir des réponses relatives au dimensionnement ou à la méthode d'exploitation de l'installation.

Par exemple, la pression de service peut souvent être réduite à certains moments et le système de contrôle peut être modifié en vue d'améliorer l'utilisation du compresseur en cas de changements dans la production. Il est aussi primordial de contrôler les fuites. Pour la production de petites quantités d'air durant la nuit et le week-end, il est nécessaire d'estimer s'il est utile d'installer un plus petit compresseur pour couvrir ce besoin.

Vapeur saturée ou surchauffée

Les considérations les plus importantes relatives aux systèmes de mesure de la vapeur sont les conditions d'exploitation de la vapeur. Les procédés d'instrumentation doivent être classés en fonction de leur pression d'exploitation et des températures de la chaudière et de l'équipement connexe. Consultez les documents de conception et les devis pour connaître la pression et la température d'exploitation maximales.

La vapeur est la plupart du temps mesurée à la masse, puis convertie en énergie totale. Le contenu énergétique de la vapeur est obtenu à l'aide d'une table de vapeur. Les débitmètres à diaphragme sont le type de compteur le plus répandu pour la mesure de la vapeur, bien que d'autres technologies comme les V-Cone se généralisent pour offrir des rapports de réglage plus importants et des diamètres de tuyau minimums équivalents en amont et en aval.

Remarque : dans certains cas, ces capteurs primaires offrent une mesure de la pression différentielle et nécessiteront un émetteur de pression différentielle pour produire le signal d'entrée vers le SGEC. Certains fabricants peuvent offrir des émetteurs « intelligents » avec des tableaux intégrés sur les propriétés de la vapeur et une compensation de pression.

On utilise généralement des compteurs à diaphragme dans les usines. Les données d'étalonnage doivent être obtenues soit à partir des registres d'étalonnage de l'installation, soit à partir des plaques signalétiques des compteurs. Le débit de vapeur est proportionnel à la racine carrée de la différence de pression entre les deux côtés du diaphragme. Si les débits sont faibles, cette différence

de pression peut ne varier que faiblement pour des changements importants de débit, ce qui peut entraîner des erreurs.

Si la production de vapeur devient inférieure au taux de variation de débit, la précision nominale du compteur à diaphragme peut constituer un problème et des données inexactes peuvent être générées.

Lorsqu'on utilise ces débitmètres à diaphragme, il faut également faire attention au problème lié à la diminution de la pression de vapeur. Les valeurs de débit de vapeur obtenues à l'aide de dispositifs à diaphragme sont généralement affectées par une baisse de la pression de vapeur découlant d'une baisse correspondante de la masse volumique de la vapeur.

Il en résulte une chute de pression plus grande au niveau du diaphragme pour un débit donné, ce qui se traduit par une valeur affichée du débit de vapeur proportionnellement plus grande. Dans ce cas, on peut appliquer des facteurs de correction de débit massique calculés pour ces valeurs affichées afin d'obtenir les valeurs réelles.

Des discussions tenues avec le personnel travaillant sur place ont révélé que la compensation automatique de pression est rarement appliquée. La différence de pression est généralement mesurée à l'aide d'un manomètre différentiel et transformée en un signal de 4-20 mA ou en un signal satisfaisant à une autre norme de l'industrie, qui est ensuite enregistré par un système de surveillance et de gestion de l'énergie.

Les débitmètres à vortex, bien que plus chers, sont plus précis que ceux à diaphragme et ont une gamme de mesure au moins trois fois plus grande.

Les débitmètres Annubar sont une autre solution de remplacement aux débitmètres à diaphragme. Ce sont des capteurs en forme de diamant qui sont insérés dans le circuit de vapeur. Ils produisent une perte permanente de pression plus faible à cause de leur encombrement moindre, et sont plus faciles à installer.

Comme pour les débitmètres à diaphragme, il faut consulter les données fournies par le fabricant pour déterminer les facteurs appropriés de compensation de température et de pression. La gamme de mesures est semblable à celle des débitmètres à diaphragme.

Gaz naturel

Le gaz naturel est habituellement acheté au volume à un distributeur local. On recommande donc de le mesurer au volume. Pour mesurer le volume, il faut calculer la pression, la température et l'écart par rapport au facteur de compressibilité. Certains distributeurs mesurent le volume du gaz naturel et facturent l'énergie en se servant d'une chaleur de combustion moyenne. La chaleur de chauffage du gaz varie en fonction de la source de gaz et du fonctionnement des systèmes de distribution. Il est plus pratique de mesurer la chaleur de combustion du gaz au gazoduc lorsque d'importantes quantités de gaz sont acheminées.

Le gaz naturel est desservi par la STEG qui le délivre à plusieurs niveaux de pression :

| NIVEAU DE PRESSION | | DÉBIT SOUSCRIT (TH/H) |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| MP2 | | 6 000 à 30 000 |
| HP1 | | 10 000 à 30 000 |
| HP2 | 0 à 20 000 000 th/mois | > 30 000 |
| | > 20 000 001 th/mois | |

Dans la plupart des cas, les usines de compteurs de la STEG. Les applications industrielles de plus grand volume, peuvent faire recours à une gamme de compteurs acceptant des pressions allant jusqu'à 24 bars. De nombreux compteurs, propriété de l'installation, donnent des lectures non corrigées pour les variations de température et de pression, ce qui remet en question la précision des volumes qu'ils indiquent.

La compensation pour les effets attribuables à la température peut être réalisée au moyen d'un dispositif mécanique à bilame en spirale placé à l'entrée du compteur dans un logement scellé. Dans la gamme de températures allant de -29 à + 49°C, les lectures des volumes de gaz naturel peuvent être rajustées à 15 °C et affichées en mètres cubes normaux (Nm3).

Les facteurs de correction de la pression peuvent être calculés à l'aide de la formule suivante :

Pression de livraison par le fournisseur d'énergie + Pression atmosphérique à l'installation / Pression atmosphérique au niveau de la mer

Par exemple, si la pression de livraison du fournisseur est de 344 kPa, la pression atmosphérique estimative à l'installation du site de 100,66 kPa et la pression atmosphérique au niveau de la mer de 101,56 kPa, le facteur de correction de la pression sera de :

$$344 + 100,66/101,56 = 4,38$$

Dans ce cas, le volume mesuré sera donc multiplié par 4,38 afin d'obtenir une valeur réelle. La STEG fournit des compteurs sans ou avec la compensation de température et de pression. Dans certains de ces compteurs, le dispositif de compensation est doté d'un microprocesseur et est alimenté par une pile.

Ce dispositif peut être incorporé à l'intérieur du compteur ou monté à l'extérieur sur un mur, une canalisation ou le compteur lui-même.

Les compteurs fonctionnant sur le principe de la dispersion thermique, permettent de réaliser les mesures de façon relativement simple, grâce à un orifice unique pratiqué dans la canalisation, éliminant ainsi les dispositifs de mesure de la pression et de la température et les calculs de compensation de masse volumique qui étaient nécessaires avec les compteurs à pression différentielle, à vortex ou à turbine.

On a donc besoin de moins de matériels pour mesurer de manière fiable les débits de gaz. Ce genre de compteur à dispersion thermique offre une bonne solution de rechange à la mesure des flux gazeux. La transmission des données du débitmètre vers le système de traitement est assurée grâce à deux câbles à deux brins.

Les signaux de sortie linéaires de 0-5 Vcc ou de 4-20 mA sont captés par une interface de type RS 232 ou RS 485.

Généralement, les usines munies des installations à gaz (Chaudières, fours thermiques, séchoirs, atomiseurs, etc...) ou de systèmes de cogénération se dotent des compteurs divisionnaires pour répartir la consommation gaz naturel par équipement, calculer les indicateurs de performance des

équipements et faire les comparaisons nécessaires afin de déceler les améliorations possibles et détecter les perturbations et les anomalies pour une meilleure maintenance des équipements.

Tableau 11 : Résumé des types de compteurs de gaz et de leur application

| DÉBITMÈTRE | PRÉCISION | TYPE DE MESURE |
|---------------------------|--|----------------|
| A diaphragme | Vapeur Air, Gaz de procédé Gaz naturel | Masse |
| Dissipation de la chaleur | Air, Gaz de procédé | Masse |
| Vortex | Vapeur Air, Gaz de procédé Gaz naturel | Volume |
| Turbine | Air, Gaz de procédé Gaz naturel | Volume |

5. Exigences minimales pour les systèmes de données

Plusieurs systèmes d'acquisition de données peuvent être utilisés, ces systèmes diffèrent selon le nombre de sites à gérer, la taille de l'entreprise, le nombre d'utilisateurs et la complexité du système.

Du plus cher et plus sophistiqué ces systèmes sont classés comme suit :

| DEGRÉ | DESCRIPTION | CARACTÉRISTIQUE FONDAMENTALE |
|-----------|---|---|
| V | <p>Système de données en temps réel étroitement intégré au système SCADA ou à d'autres systèmes de contrôle des processus.</p> <p>Données fournies chaque minute.</p> <p>Système réseau avec utilisateurs multiples.</p> <p>Les utilisateurs peuvent consulter une série de rapports qu'ils peuvent configurer afin de permettre l'exploration et l'analyse des données.</p> | <p>Entrée et analyse de données en temps réel.</p> <p>Site unique, mais peut cascader les données du degré supérieur pour la production de rapports intégrés.</p> |
| IV | <p>Système de données qui n'est pas en temps réel, mais qui est réglé à une fréquence souple (p. ex., par heure, par quart de travail, par jour).</p> <p>Entrée automatique des données relatives à la consommation énergétique et à d'autres variables, toutes les 15 minutes et toutes les heures, et données de production, toutes les heures ou tous les quarts de travail.</p> <p>Sur le Web ou sur un intranet avec utilisateurs multiples. Les utilisateurs peuvent configurer une série de rapports sur le rendement afin de permettre l'analyse des données.</p> | <p>Entrée et analyse des données automatiques.</p> <p>Fréquences de données souples.</p> <p>Site unique, mais peut cascader les données du degré supérieur pour la production de rapports intégrés.</p> |

| DEGRÉ | DESCRIPTION | CARACTÉRISTIQUE FONDAMENTALE |
|------------|---|---|
| III | <p>Système de données fonctionnant à des intervalles fixes</p> <p>Entrée automatique des données relatives à la consommation énergétique et à d'autres variables, toutes les 15 minutes et toutes les heures, et données de production, toutes les heures ou tous les jours.</p> <p>Sur le Web ou sur un intranet avec utilisateurs multiples.</p> <p>Les utilisateurs peuvent configurer une série de rapports sur le rendement afin de permettre l'analyse des données.</p> | <p>Entrée et analyse des données automatiques.</p> <p>Intervalles d'analyse fixes.</p> <p>Fréquences de données souples.</p> <p>Site unique, mais peut cascader les données du degré supérieur pour la production de rapports intégrés.</p> |
| II | <p>Système de données fonctionnant à des intervalles fixes</p> <p>L'entrée des données est manuelle ou automatique et comprend la consommation quotidienne ou les mesures enregistrées par les compteurs pour les sources d'énergie et les autres variables environnementales, et les données quotidiennes sur la production.</p> <p>Autonome ou en réseau, mais nécessite des logiciels spéciaux sur les machines des utilisateurs pour pouvoir accéder aux données.</p> <p>Capacités d'analyse et de production de rapports limitées c'est-à-dire établissement des tendances, rapports d'énergie précis.</p> | <p>Autonome ou en réseau.</p> <p>Entrée des données manuelle ou automatique (capable d'importer des fichiers de données standard des systèmes de comptage).</p> <p>Système pour site unique</p> |
| I | <p>Feuille de calcul ou système équivalent à l'entrée de données manuelle.</p> <p>Fréquence hebdomadaire ou mensuelle des données.</p> <p>Système autonome utilisé par le responsable du système et rapports présentés aux autres intervenants.</p> | <p>Système autonome. Entrée manuelle des données.</p> <p>Système pour site unique.</p> |

X. LES PROTOCOLES DE COMMUNICATION

Le protocole : C'est la « langue » utilisée pour échanger des informations. Les informations doivent être interprétées pour que les équipements raccordés puissent réaliser les fonctions attendues. Ils peuvent alors inter-fonctionner, c'est-à-dire émettre et interpréter des données pour effectuer des opérations. Trois protocoles de réseaux normalisés au niveau international sont dédiés aux installations techniques : BACnet, LonWorks, KNX. Ces normes comportent des spécifications d'application détaillées aux équipements pour leur permettre d'interfonctionner. Ces protocoles de réseaux normalisés sont dits « ouverts » : ils ne sont pas spécifiques à tel ou tel fournisseur, contrairement à un protocole « propriétaire ». Il existe des protocoles non normalisés mais reconnus chez plusieurs fabricants, comme ModBus, qui permettent d'échanger simplement des informations entre des appareils. Il existe aussi des normes dédiées à un service, comme M-Bus pour les données des compteurs.

Modbus

Le Protocole MODBUS est un protocole de communication qui repose sur architecture Client/serveur. Le protocole est principalement destiné à permettre une communication simple, fiable et rapide entre les dispositifs d'automatisation et de terrain. Le protocole MODBUS a été établi depuis longtemps et est maintenant devenu une norme de facto. L'avantage particulier pour l'utilisateur est que MODBUS constitue un protocole sobre et qu'en conséquence, il assure une très rapide transmission de données sur ETHERNET. En raison de la structure de données neutre par rapport au fournisseur, la communication entre les appareils de différents fabricants ne pose aucun problème.

M-Bus

Le système M-bus basé sur un procédé maître-esclave peut adopter des topologies en lignes, en étoiles et arborescentes. Le maître alimente le bus série en courant et traite les données des esclaves M-Bus (appareils de mesure).

KNX

Un protocole de communication homogène et indépendant du fabricant pour la mise en réseau intelligente de la technologie moderne des systèmes de gestion technique. Un grand avantage de KNX est sa structure décentralisée : au lieu d'un dispositif central, les fonctions sont prises en charge par les participants individuels du bus. Les affectations et les fonctions sont facilement configurables avec le « logiciel d'outil d'ingénierie » et peuvent être modifiées et adaptées à tout



moment. KNX prend en charge divers supports de transmission, tels que les câbles bifilaires (KNX TP), ETHERNET (KNX IP), radio (KNX RF) ou Powerline (KNX PL).

Avec KNX en standard, les appareils de différents fabricants sont compatibles les uns avec les autres et peuvent donc être combinés de manière flexible pour former une solution complète. Puisque chaque dispositif possède son propre microprocesseur, une centrale n'est pas nécessaire.

BACnet

BACnet « Building Automation and Control Networks » est un protocole de transfert de données pour l'automatisation et la régulation des installations. Il a été développé par l'«American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers Inc. ». BACnet offre une automatisation du bâtiment, ouverte et interopérable. En conséquence, les extensions et les modifications peuvent être mises en œuvre indépendamment du fabricant et d'un système à l'autre. Cela est parfois possible grâce à l'utilisation de points de données communs et de fonctions coordonnées.

LonWorks

C'est un système ouvert et interopérable pour l'automatisation du bâtiment, il est caractérisé par une topologie flexible et des fonctions concernant tous les corps de métiers LonWorks est un système d'automatisation décentralisé dans lequel les dispositifs (nœuds) communiquent entre eux via un bus en utilisant le protocole LonTalk.

Le protocole de communication peut être implémenté dans n'importe quelles structures de matériel et permet, en tant que standard ouvert, l'interaction de différents produits LonWorks de différents constructeurs.

Les différents nœuds possèdent chacun leur propre intelligence et peuvent quasiment indépendamment les uns des autres exécuter différents programmes, ils mettent aussi à disposition les informations nécessaires à d'autres dispositifs dans d'autres secteurs. Le résultat est un système global flexible avec de nombreuses fonctions pour presque toutes les possibilités de mise en réseau de différente complexité.

XI. LES LOGICIELS DE GESTION ÉNERGÉTIQUE

Parmi les éditeurs de logiciel de gestion de l'énergie, il faut distinguer :

Les Pure Players (éditeurs de logiciels dédiés à la gestion énergétique) ;

Les Pure players développent essentiellement des suites logicielles de gestion énergétique regroupant un panel de fonctionnalités avancées tout en permettant une gestion multi-sites. La solution prend typiquement la forme d'une plateforme web associée à un hébergement distant des données (de type SaaS*). Les pure players se reposent souvent sur un réseau de partenaire pour distribuer et intégrer leur solution.

Les éditeurs de logiciels généralistes (supervision industrielle, gestion de production industrielle, gestion du big data, ...)

Ces logiciels proposent par ailleurs une solution ou un module de gestion énergétique. Les solutions se présentent souvent sous la forme d'une extension « gestion énergétique » d'un logiciel SCADA (supervision) ou ERP (Enterprise Resource Planning) dans l'industrie. Les éditeurs de logiciels de type SCADA et ERP peuvent permettre de gérer ses données énergétiques sur la base d'un paramétrage spécifique.

Ces derniers ne figurent pas dans l'illustration ci-dessus puisque par nature, n'importe quel éditeur de logiciel généraliste peut proposer un module de gestion des énergies. Cette solution « sur mesure » se caractérise souvent par un coût d'intégration significativement plus élevé qu'une solution « prêt à porter » proposée par les Pure Players. Certaines solutions logicielles peuvent également prendre la forme d'un « module d'intelligence Énergétique » dédié à une fonctionnalité bien spécifique (simulation des procédés industriels dans la chimie, optimisation d'un contrat d'électricité sur la base des points 10', ...). Certains éditeurs de logiciels n'intègrent pas directement leur solution chez le client. C'est une autre société, « l'intégrateur », qui configure la solution logicielle chez l'utilisateur final. Par définition, les éditeurs de logiciel purs proposent peu ou pas de services associés en dehors de l'intégration et la maintenance de la solution logicielle

Les différentes fonctionnalités, typologies et acteurs permettent de distinguer trois grands types de solutions logicielles de gestion énergétique :

Les suites logicielles de gestion énergétique sont caractérisées par des fonctionnalités étendues (Supervision, outils d'analyse et outils de management de la performance). La solution permet de gérer et consolider les données d'un grand nombre de sites.

Ce type de solution correspond typiquement à une solution de type SaaS (logiciel déporté accessible depuis un navigateur web). Ces logiciels sont majoritairement développés par des purs éditeurs de logiciels ou des SSEE dont le cœur de métier correspond à l'édition et l'intégration d'une solution logicielle de gestion énergétique et à l'analyse des données énergétiques.

Les logiciels de monitoring énergétique sont caractérisés par des fonctionnalités limitées à la supervision et la consolidation des données énergétiques.

La typologie des solutions peut être très variable selon le fournisseur (gestion mono site à partir d'un logiciel in situ, gestion multi site à partir d'une solution de type SaaS, module orienté énergie d'une GTB...).

Les modules intelligents sont caractérisés par des fonctionnalités d'analyse avancées mais très spécifiques. Ce type de solution se focalise sur une fonctionnalité bien spécifique (ex : optimisation de la performance des procédés industriels dans la chimie, optimisation des contrats d'électricité, analyse des consommations d'électricité sur la base des points 10'...). Les fournisseurs de ce type de solutions sont principalement des purs éditeurs de logiciels ou des Sociétés de Service en Efficacité Energétique.

Le SaaS, ou Logiciel en tant que Service, est un modèle de distribution de logiciel à travers le Cloud. Les applications sont hébergées par le fournisseur de service.

Le Software as a Service (SaaS), ou Logiciel en tant que Service, est un modèle de distribution de logiciel au sein duquel un fournisseur tiers héberge les applications et les rend disponibles pour ses clients par l'intermédiaire d'internet. C'est l'une des quatre catégories principales de Cloud Computing, au même titre que l'Infrastructure en tant que service (IaaS), la Plateforme en tant que Service (PaaS), et le Desktop en tant que Service (DaaS). Parmi les principaux fournisseurs d'un logiciel SaaS, on retrouve Salesforce, Oracle, IBM, Intuit ou encore Microsoft.



XII. LES PRINCIPAUX INTERVENANTS DANS LES SOLUTIONS

Les intégrateurs de systèmes

Le rôle d'un intégrateur de système management de l'énergie consiste à proposer et intégrer des équipements adaptés aux besoins du client et fabriqués par des constructeurs reconnus ou partenaires.

L'intégration d'un système se fait généralement en plusieurs étapes successives :

- Analyser le besoin du client
- Définir le cahier des charges fonctionnel
- Réaliser les études de conception et de réalisation
- Pilotage de l'installation et de la mise au point des équipements
- Réception de l'installation, formation des utilisateurs

Dans le cadre de l'intégration de GEC, l'intégrateur peut être amené à proposer un logiciel de gestion énergétique édité par lui-même ou par un fournisseur reconnu. L'atout certain de cette solution est de n'avoir à gérer qu'un seul prestataire pour mener à bien son projet.

Une réactivité est assurée pour tout besoin de développement spécifique pour s'adapter au besoin client. Par ailleurs, certains éditeurs de logiciels de gestion énergétique choisissent de se reposer sur des intégrateurs partenaires afin de déployer leur solution chez l'utilisateur final. En effet, l'intégration d'un logiciel de gestion énergétique peut parfois être complexe car faisant intervenir des compétences très variées : informatique, automatisme, communication et gestion de l'énergie.

L'éditeur de logiciel choisi donc de se centrer sur son cœur de métier (édition du logiciel) et de se reposer sur les compétences de ses partenaires intégrateurs pour distribuer et intégrer la solution chez les utilisateurs.

Les fournisseurs de solutions

Suite à l'évaluation des principaux fournisseurs d'équipements et de solutions de gestion d'énergie en Tunisie, certains développent leur propre logiciel de gestion énergétique alors que d'autres utilisent des solutions logicielles.

Il faut distinguer :

- Les équipementiers proposant une solution logicielle dont la compatibilité est limitée à leur offre matérielle (compteurs, automates, ...).
- Les équipementiers proposant un logiciel multi-compatible en termes de marques d'équipement et de protocoles de communication. Dans la majorité des cas, les solutions proposées par les équipementiers sont limitées à des fonctionnalités de monitoring et de consolidation des données énergétiques.

- Services associés (au logiciel) : Pose de compteurs et d'automates, SAV, garantie de bon fonctionnement, offre globale (produits, logiciels et services)...

Sociétés de services, conseil, études en efficacité énergétique

Dans le monde, certaines sociétés de conseil en efficacité énergétique, société de services en efficacité énergétique et bureaux d'études (BE) développent leur propre solution logicielle de gestion énergétique. En Tunisie, ce n'est pas le cas, la plupart des bureaux d'études et des experts dans le domaine d'Efficacité Energétique, leurs rôles s'arrêtent

La typologie et les fonctionnalités des solutions sont très variables, allant du simple développement sous Excel, à la suite logicielle de gestion énergétique en mode SaaS (logiciel déporté accessible depuis un navigateur web).

Il peut être pertinent de distinguer :

Les SSEE dont le cœur de métier correspond à l'édition et l'intégration d'une solution logicielle de gestion énergétique et à l'analyse des données énergétiques. Des prestations de conseils, solutions de financement sont alors proposées en tant que services associés à l'utilisation du logiciel et à l'analyse des données collectées. Le logiciel correspond typiquement à une solution de type SaaS (logiciel déporté accessible depuis un navigateur web).

Les sociétés dont le cœur de métier est le conseil et l'expertise technique en efficacité énergétique (Bureaux d'Etude (BE) et d'ingénierie). Deux cas peuvent se présenter :

- Le logiciel de gestion énergétique est développé par leur soin. Le logiciel correspond typiquement à un développement sur base Excel ou Access.
- Le logiciel est une solution du marché. Certain BE se spécialise dans l'intégration d'une solution logicielle particulière proposée en marque blanche par un éditeur.

Les Exploitants / Facility managers

Ce type d'acteurs propose parfois une solution logicielle de gestion énergétique. Dans la plupart des cas, les solutions logicielles sont développées par des éditeurs de logiciels tiers. Les solutions peuvent prendre plusieurs formes, entre autre :

- Un logiciel de gestion énergétique à disposition de l'utilisateur final (Facility manager) lui permettant de mieux piloter ses installations. Le logiciel correspond à un service complémentaire proposé par le facility manager.
- Un outil de télégestion et de supervision à disposition de l'exploitant afin d'être informé rapidement des événements survenant sur les installations qu'il gère. Cela peut notamment permettre de faciliter la mise en œuvre d'un CPE (Contrat de Performance Energétique) grâce au télé-suivi des IPé. Dans ce cas, il s'agit davantage d'un outil à disposition de l'exploitant que d'une solution logicielle à disposition des responsables Energie.
- Services associés (au logiciel) : maintenance / conduite / optimisation des équipements, garantie de résultats sur les performances énergétiques des équipements ;
- Les solutions de mesure et relève associées à une plateforme web
- Les deux derniers types d'acteurs : les fournisseurs de solutions de télé relève et de solutions de comptage intelligents, ne sont pas, à proprement parler, des acteurs du marché des logiciels de gestion énergétique.

- En effet, leurs solutions sont avant tout des solutions de relève des données énergétiques associées à une plateforme web de visualisation. Cependant, la plateforme web de visualisation peut s'apparenter à un logiciel de monitoring énergétique et peut parfois être accompagné d'outils d'analyse assez simples. Pour cette raison, il est donc intéressant de mentionner ces deux types d'acteurs.



Les fonctionnalités de supervision et de consolidation des données énergétiques

Les fonctionnalités typiques d'un logiciel de monitoring sont.

- Contrôle de cohérence et de qualité des données collectées : Contrôle de cohérence des données collectées, capacité à extrapoler des données manquantes, alertes en cas de données manquantes ou incohérentes...
- Archivage et traçabilité des informations collectées : Archiver et tracer les données collectées par point de comptage, date...

Traçabilité des modifications et des événements ayant un impact sur la consommation (évolution des surfaces, modernisation d'un équipement, travaux...);

- Gestion d'un parc d'équipements : Inventaire des équipements, d'un parc de compteurs, Géolocalisation et surface des sites ; Photos correspondantes ;
- Espace de stockage : Gestion documentaire via la mise à disposition d'un navigateur dans un espace de stockage ;
- Consolidation des contrats d'énergie : Espace permettant de consolider les contrats et les informations relatives aux contrats de fourniture d'énergie ;
- Suivi en continu des données collectées : Suivi en continu des données collectées (consommations, débits, températures...);
- Gestion d'alarmes : Capacité à paramétrer des alertes en cas de dépassement de seuil (min / max / moyenne...) ou d'anomalie des données (donnée incohérente, compteur muet...);
- Suivi d'indicateurs simples : Suivi d'indicateurs simples ne tenant pas compte des facteurs d'influence (exemples d'indicateurs simples : rendement de chaudière ; kWh / Nm³ pour l'air comprimé,...);

Les fonctionnalités d'aide à la décision

Au-delà du simple monitoring (suivi et gestion des alarmes), les fonctionnalités « d'aide à la décision » visent à guider l'utilisateur vers l'identification des sources de gaspillage énergétiques et des actions à mettre en œuvre pour améliorer la performance énergétique.

- Mise en place d'une comptabilité analytique de l'énergie : La comptabilité analytique de l'énergie permet d'imputer les consommations d'énergie par poste, par produit, par atelier, par machine, ... Cette approche permet de mieux comprendre ses coûts de revient et de pouvoir arbitrer plus finement ses choix de production.
- Suivi d'IPé tenant compte des facteurs d'influence : Ce type d'indicateurs nécessite une identification préalable des facteurs d'influence de la consommation énergétique : production, taux de charge du site, paramétrage des machines, propriétés de la matière première..
- Créer des compteurs virtuels : Permet de créer des compteurs virtuels ou indicateurs sur la base des données collectées (ex : $C=A-B$; $C=\%A$)
- Proposer un plan d'action : Proposer un plan d'action opérationnel sur la base d'algorithmes d'analyses. Attention, cette fonctionnalité n'est pas toujours automatisable et peut nécessiter une analyse complémentaire de la part de l'éditeur de logiciel.
- Modèle prédictif : Un modèle prédictif permet d'extrapoler les consommations et les coûts énergétiques en fonction de l'historique disponible et des facteurs d'influence ; la finalité étant de comparer la consommation réelle par rapport à un modèle énergétique.
- Alertes en cas de surconsommation : Permet d'identifier des surconsommations non intuitives, lorsque la consommation énergétique réelle s'éloigne du modèle prédictif.
- Environnement IPMVP : L'IPMVP est un protocole de mesure et de vérification de la performance énergétique. Il permet notamment de mesurer et quantifier les gains énergétiques après mise en œuvre d'une action d'amélioration.
- Optimisation des procédés industriels : optimiser les points de fonctionnement des procédés industriels sur la base d'une simulation énergétique.

XIII. RECOMMANDATIONS POUR RÉUSSIR UN SGEC

Proposée dans le cadre d'une mission d'assistance technique par un expert en énergie ou par une démarche interne de l'entreprise, la décision de mise en place d'un SGEC doit être à l'origine d'un objectif bien déterminé et un cahier des charges doit être convenablement établi afin de choisir la meilleure solution à concrétiser. A cet effet, un ensemble de questions doivent être posées avant d'entamer les étapes de projet :

1. Les motivations de l'industriel sont le point de départ ?

Comme déjà mentionné, avant d'entreprendre un projet SGEC, il est absolument nécessaire de définir ses motivations et ses besoins. Si un industriel se propose d'automatiser le suivi et l'analyse des données énergétiques de son usine, les finalités et les motivations peuvent être différentes mais elles doivent être définies :

- Suivre et gérer la consommation d'énergie pour répartir les dépenses énergétiques par usine, filiale, client, atelier, utilité, usage d'énergie, etc .
- Identifier les anomalies et les dérives de consommations énergétiques en vue de faire des économies
- Piloter une démarche d'amélioration de sa performance énergétique
- Suivre de ses IPE, le tableau de bord énergétique
- Se conformer aux réglementations, normes, labels (ISO 50001, HQE Exploitation)
- Faciliter l'exploitation et la maintenance de ses utilités énergétiques ou procédés industriels
- Améliorer la qualité de la production et la compétitivité de son site industriel (industrie)
- Surveiller la performance énergétique d'un équipement ou d'une installation suite à un plan d'action d'EE identifié par un audit énergétique

D'une manière générale, il est reconnu que la mise en place d'un système de mesurage permet de sensibiliser les collaborateurs aux économies d'énergie et identifier les gaspillages énergétiques.

Avec ces premières actions, on constate par expérience des gains sur les consommations d'énergie de l'ordre de 5% à 15%.

2. Qui sera responsable de l'exploitation du logiciel ?

Selon les fonctionnalités des solutions, le périmètre de mon activité couvert et la finalité de la solution, l'exploitation de routine du logiciel sera plus ou moins chronophage pour l'utilisateur final.

Dans l'industrie, il est indispensable de nommer un « responsable énergie » au sein de son établissement. En tant que coordinateur de la démarche de gestion de l'énergie de son site / entreprise, le responsable énergie C'est celui qui va utiliser un logiciel de gestion énergie comme tableau de bord énergie.

3. Qui seront les utilisateurs du SGEC ?

Les fonctionnalités et l'ergonomie du logiciel doivent être adaptées au profil de l'utilisateur :

- Facility manager / maintenance
- Directeur d'usine / direction
- Responsable d'exploitation / responsable énergie

La volonté d'intégrer différents services et métier dans la gestion énergétique pourra conduire à la mise en place de fonctions « collaboratives » au sein du logiciel.

4. Quel est le périmètre à gérer à partir du logiciel ?

Le nombre de sites à gérer (Multi-sites ou mono-site) va largement déterminer la typologie du logiciel (Solution déportée en mode SaaS, logiciel in situ, module énergie d'une GTB...)

- Multi-sites ou mono-site ?
- Quel niveau de détail en terme de zonage (par site, bâtiment, étage, atelier...)?
- Quels types d'énergie et usages énergétiques (électricité seule, multi-fluides, vapeur, chauffage, climatisation, process...)?

5. Les éléments à connaître avant de choisir une solution adaptée à ses besoins

Un prérequis important consiste à se doter d'une vision d'ensemble du fonctionnement énergétique du périmètre à gérer à partir du logiciel. Cela peut par exemple prendre la forme d'un schéma des flux énergétiques ou d'un audit énergétique.

Cette vision globale peut permettre de mettre en évidence d'autres éléments important à connaître :

- Quelle sont les informations et les données énergétiques déjà disponibles ?
Factures énergétiques, repérage des points de comptage et des capteurs déjà installés, utilisés ou non, communicants ou non ;
- Une vision d'ensemble du système de mesurage existant (dispositifs de comptage, capacité des compteurs/sondes existants à communiquer, moyens de relève et d'historisation (GTB, système de télérelève...), moyens d'analyse) ;
- Quels sont les indicateurs de performance énergétiques (IPé) pertinents ? Sachant que ces indicateurs permettront de définir les données nécessaires à la mesure !
- Quels sont les facteurs d'influence à surveiller (température extérieure, taux de charge d'une chaîne de production...)?

Par ailleurs, il est important d'impliquer différents acteurs (responsables énergie, production, maintenance, production, direction, informatique...) dès le début de la démarche et notamment lors de

la formulation du cahier des charges. Un point de vigilance particulier trop souvent négligé consiste à impliquer en amont du projet le service informatique pour qu'il exprime les contraintes souvent liées à la sécurité.

Enfin, il peut être intéressant d'estimer dès le début de la démarche un potentiel de gain en efficacité énergétique. Cela peut permettre d'avoir un ordre de grandeur du prix qu'il est raisonnable d'investir dans une solution logicielle de gestion énergétique compte tenu des gains atteignables.

6. Est-ce que les dispositifs de mesurage existants sont compatibles avec le périmètre que je souhaite gérer avec le logiciel ?

En termes de :

- Types d'énergie : multi-énergie, électricité seule, fluides thermiques (eau chaude, froid...)
- Usages énergétiques : chauffage, éclairage, procédés...
- Zones : étages, ateliers...

Dans le cas contraire, il peut être nécessaire de procéder à des instrumentations supplémentaires.

7. Est-ce que la solution logicielle est associée à la pose de compteurs / capteurs propriétaires ?

Certaines solutions logicielles sont strictement dédiées à la visualisation des données collectées à partir d'équipements de mesure et de transmission spécifiques et / ou propriétaires (solutions de télérelève, systèmes de mesure et de surveillance de réseau électrique...).

Il arrive que des équipementiers électrotechniques proposent une solution logicielle de gestion énergétique exclusivement dédiée au suivi de leur système de mesurage.

8. A quelle fréquence suis-je capable de relever mes données énergétiques ? De quelle fréquence ai-je besoin ?

Seconde, 10 min, 30 min, journée... La fréquence retenue pour la collecte et l'analyse des données énergétiques dépend de ses objectifs.

Une fréquence d'historisation à la journée peut être suffisante pour une consommation de gaz naturel de chauffage de locaux, alors qu'une fréquence à la seconde peut être nécessaire pour suivre un process industriel. Dans le cas particulier des compteurs électriques télé relevables, les données sont disponibles à une fréquence de 10 min (point 10').

9. Quelles sont les données gérées par le logiciel ?

Dans un environnement industriel, il est important de s'assurer que le logiciel sera compatible avec le système d'information pré existant. Quelques exemples de problématiques fréquemment rencontrées en lien avec le format des données :

- Compatibilité avec la GTB (protocoles ouverts / propriétaires)
- Compatibilité avec les protocoles de communication utilisés dans le bâtiment : Modbus, M-Bus, LonWorks, BACnet, OPC...
- Compatibilité avec les protocoles radios utilisés par les systèmes de télérelève : Wireless Mbus, Wavenis, Homerider, Zigbee, LoRaWAN, réseaux IoT (objets connectés)...
- Compatibilité des bases de données : http, smtp, sql, xml, db2, oracle server.

Par ailleurs, certaines fonctionnalités avancées nécessitent d'avoir accès à des données non énergétiques (données de production, fréquentation des bâtiments...). Il convient donc de vérifier si ces données sont compatibles par le logiciel de gestion énergétique :

- Données issues de capteurs, concentrateurs, automates, GTB, base de données Scada, ERP
- Données utilisateurs (ex : plan d'action, relevés manuels), données externes (DJU, marché de l'énergie,...)

10. Quelles sont les fonctionnalités du logiciel ?

Les fonctionnalités du logiciel doivent correspondre à l'un des principaux critères de choix. Inutile de se doter d'un logiciel doté de fonctionnalités d'analyse avancée si l'objectif consiste à centraliser le reporting des consommations d'énergie de ses différents sites. A noter que certains logiciels proposent des fonctionnalités « à la carte » ou évolutive. Autrement dit, seules les fonctionnalités utiles sont paramétrées. Si l'utilisateur souhaite par la suite se doter de fonctionnalités supplémentaires, l'éditeur de logiciel peut facilement les implémenter chez son client. Ci-dessous, les grandes familles de fonctionnalités rencontrées :

- Supervision et consolidation des données énergétiques
- Outils d'aide à la décision
- Animation et management de la performance énergétique

11. Est-ce que le logiciel est adapté à mon secteur d'activité ?

Certaines solutions sont dédiées à un secteur d'activité particulier (industrie, tertiaire...) de par ses fonctionnalités ou utilisateurs visés. D'autres solutions sont au contraire polyvalentes et adaptables à n'importe quel type d'utilisateur, secteur d'activité et nombre de sites.

12. Est-ce que la solution logicielle s'applique à une gestion multi-sites ?

Certaines solutions sont particulièrement adaptées à une gestion mono site. Au contraire certaines solutions sont conçues pour gérer un parc de bâtiments (centralisation de la gestion énergétique d'une multinationale). Un logiciel de type SAAS est particulièrement bien adapté à une gestion multi sites.

13. Quelle est la typologie du moyen d'exploitation ?

La plupart des solutions logicielles reposent sur un algorithme spécialement développé par l'éditeur. Pour certaines solutions relativement basiques, le développement peut avoir lieu sur base Access / Excel ou autre.

14. Quel est le mode d'affichage ?

Selon la typologie du logiciel, l'affichage se fait par :

- Le lancement d'une application locale (dans le cas d'une gestion mono site),
- Une plateforme web (logiciel de type SaaS), rendant possible une gestion multi-sites.

15. Ou sont stockées / archivées les données ?

Le stockage des données collectées se fait soit localement (interne à l'entreprise) ou via un hébergement distant de type « cloud ». En cas d'hébergement distant, il convient de définir le niveau de sécurité associé au stockage des données.

16. Quelle est la facilité de mise en oeuvre et l'évolutivité de la solution ?

Certains logiciels sont dits « évolutifs » dans la mesure où l'éditeur peut implémenter de nouvelles fonctionnalités lorsque les besoins de l'utilisateur évoluent.

Si l'utilisateur souhaite être autonome vis-à-vis de l'éditeur du logiciel, il est nécessaire que ce dernier propose des paramétrages simple et conviviaux (mise en place d'un nouvel indicateur, modification du tableau de bord...)

17. Quel est le modèle économique de la solution logicielle ?

Les principaux modèles économiques des solutions logicielles sur le marché sont les suivants : Abonnement, licence, gratuit, associé à un autre service.

18. Quels sont les services associés à la solution logicielle ?

La nature des services associés dépendent largement du cœur d'activité de l'entreprise proposant la solution. Alors que les purs éditeurs de logiciels vont se focaliser sur l'édition et éventuellement l'intégration du logiciel, les autres types d'acteurs vont proposer des services associés à l'intégration du logiciel en lien avec leur cœur d'activité :

- Mise en place d'un système de mesurage (télérelève, sous comptage électrique...)
- Conseil en services en efficacité énergétique (Audit énergétique, conseil, accompagnement ISO 50001...)
- Externalisation de la fonction énergie (Energy Manager)

19. Quelle est le cœur de métier de l'entreprise qui intègre le logiciel ?

Il faut garder à l'esprit que l'activité principale de l'entreprise (pur éditeur de logiciel, fournisseur d'équipement, société de services énergétique...) va largement influencer les services associés

au logiciel. Il est également tout à fait possible de faire appel à un pur intégrateur. Ces derniers intègrent des solutions du marché adaptés aux besoins de l'utilisateur final.

20. Quelques points de vigilance

Les données énergétiques sont primordiales dans une démarche de gestion de l'énergie. Il faut donc leur apporter une attention toute particulière pour assurer leur intégrité. Attention donc aux points suivants :

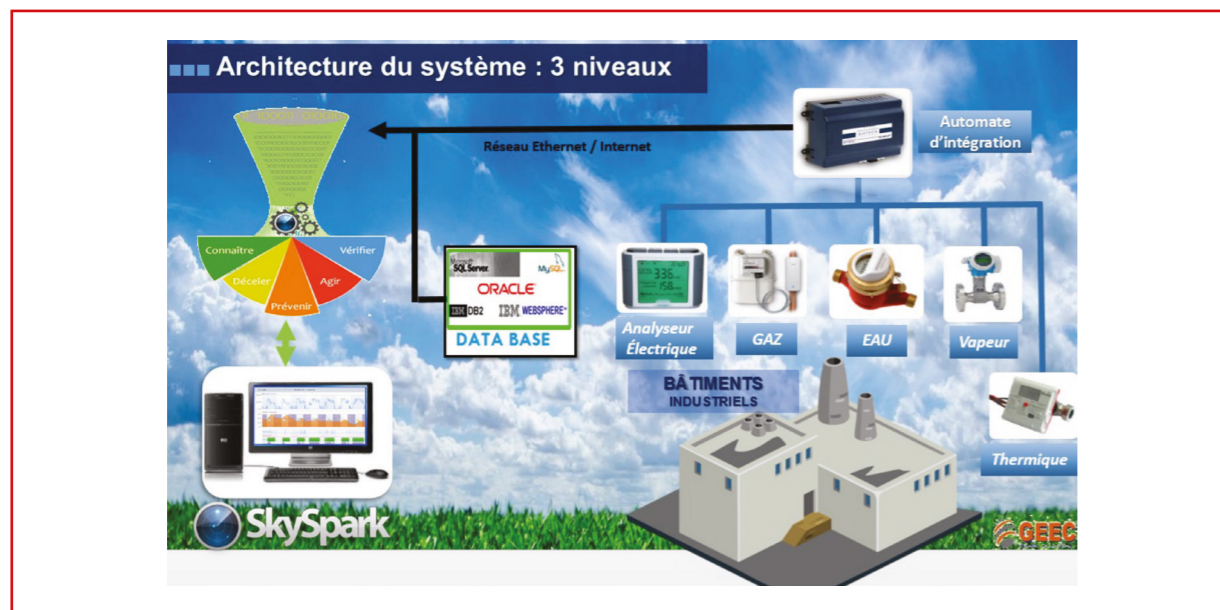
- Stockage des données : Il se peut que l'industriel stocke les données au format .csv en local sur un PC. Et un jour le disque dur du PC lâche. Et l'entreprise perd ainsi plusieurs mois, même des années, d'historiques.
- La qualité des données. Avoir des données énergétiques c'est bien, en avoir des justes c'est mieux. Mettez quelques règles pour vous assurer de la cohérence de vos données. Le coup classique étant de calculer un énorme gain suite à une action d'économies d'énergie avant de s'apercevoir que les données sont fausses....
- La confidentialité. Évaluez bien en interne si les données énergétiques sont jugées confidentielles. En effet, un niveau de consommation est le reflet d'un niveau d'activité. Si vous classez les données énergétiques comme confidentielles, soyez vigilants aux droits d'accès aux outils d'exploitation et à la cyber sécurité du système.

XIV. ETUDE DE CAS

Les retours d'expériences font état de gains énergétiques allant de 5% à 20% dans le cadre d'actions mises en place à la suite d'une démarche de comptage et d'analyse des consommations énergétiques. Il est cependant par nature délicat de déterminer les gains effectués sur un équipement ou une entreprise uniquement grâce à la mise en place d'un plan de mesurage surtout que le nombre de projets réalisés convenablement en Tunisie ne dépasse pas 5.

1. Témoignage d'une industrie laitière (Délice Danone)

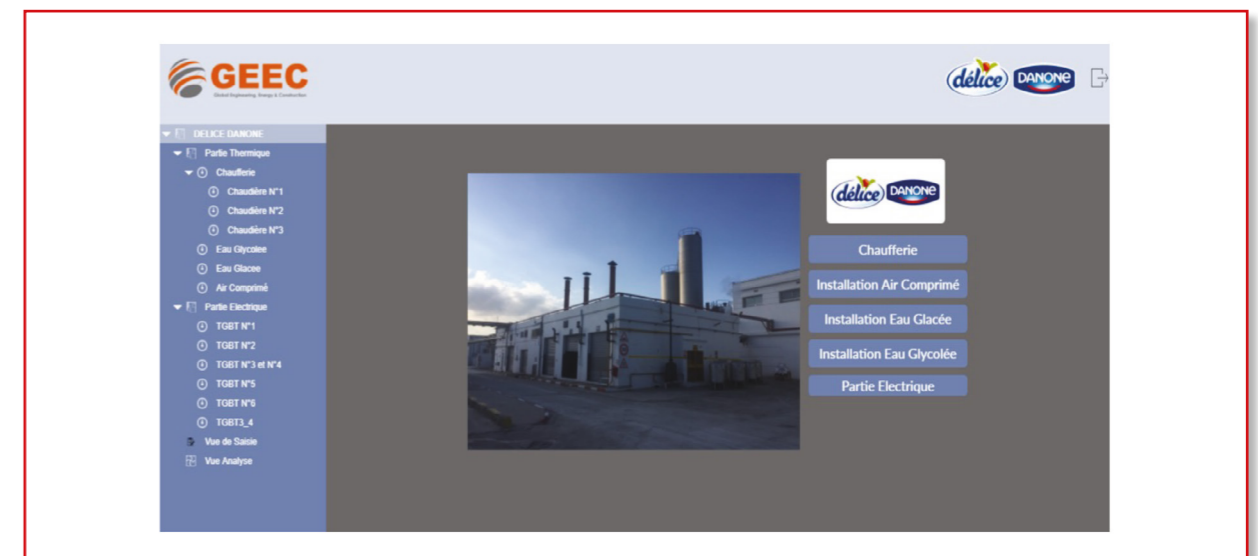
1.1. Architecture et définition des IPE



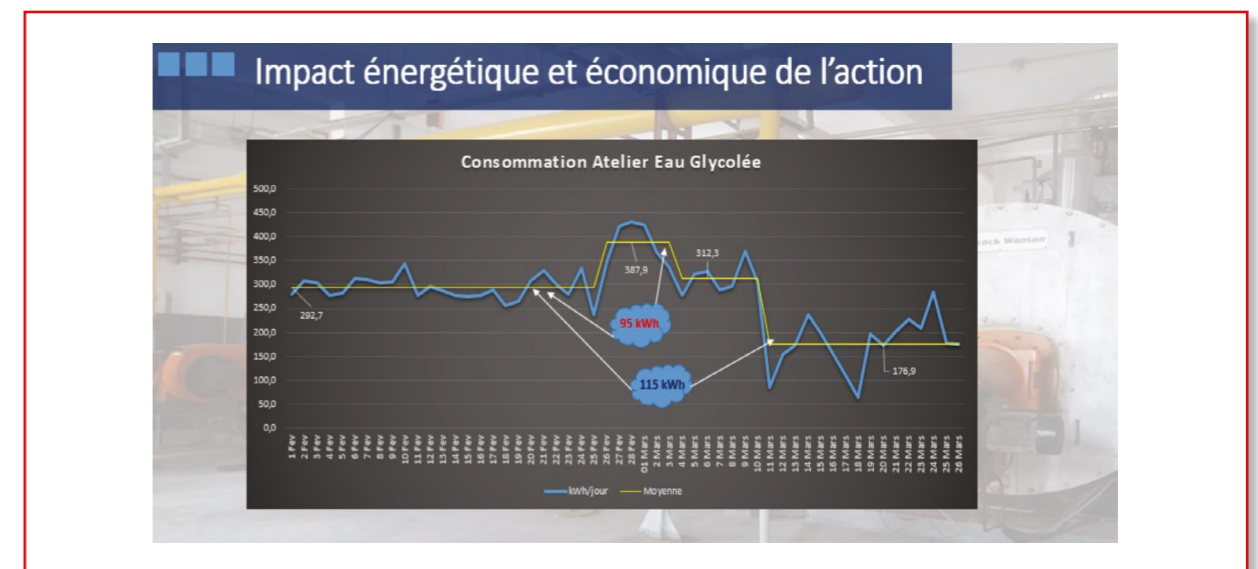
1.2. Phase mise en place



1.3. Interface logicielle



1.4. Résultats



2.2. Coût du projet

| DÉSIGNATION | MONTANT (DT) | % |
|---|--------------|------|
| Système de comptage | 361 280 | 86% |
| Automate pour la collecte des données | 20 000 | 5% |
| Logiciel de gestion d'énergie + programmation | 40 000 | 9% |
| Total | 421 280 | 100% |

2.3. Subvention FTE

Le projet est éligible à une subvention du FTE de l'ordre de 128 000 DT calculée sur la base suivante :

- 40% sur l'investissement matériel plafonné à 100 000 DT
- 70% sur l'investissement immatériel plafonné à 70 000 DT

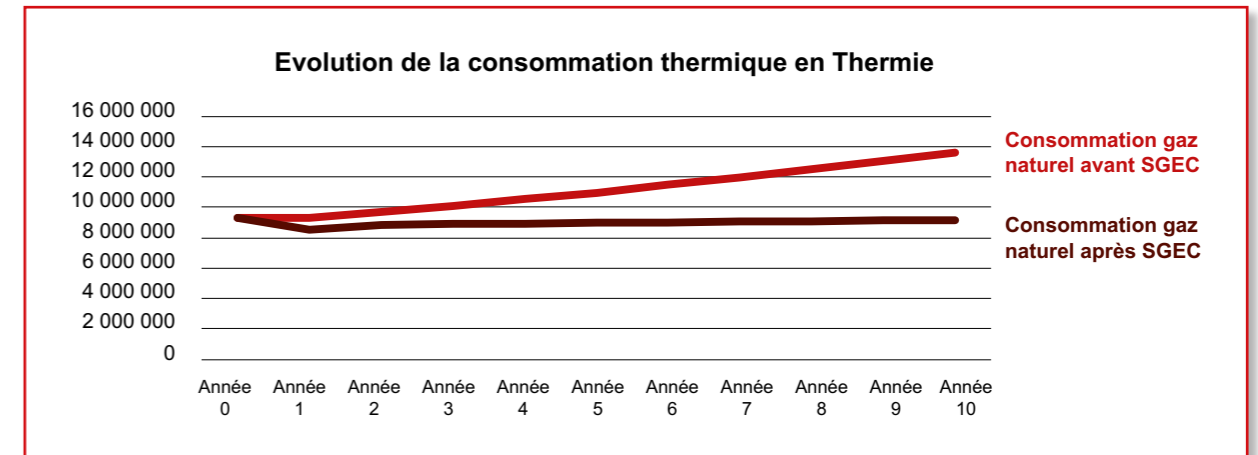
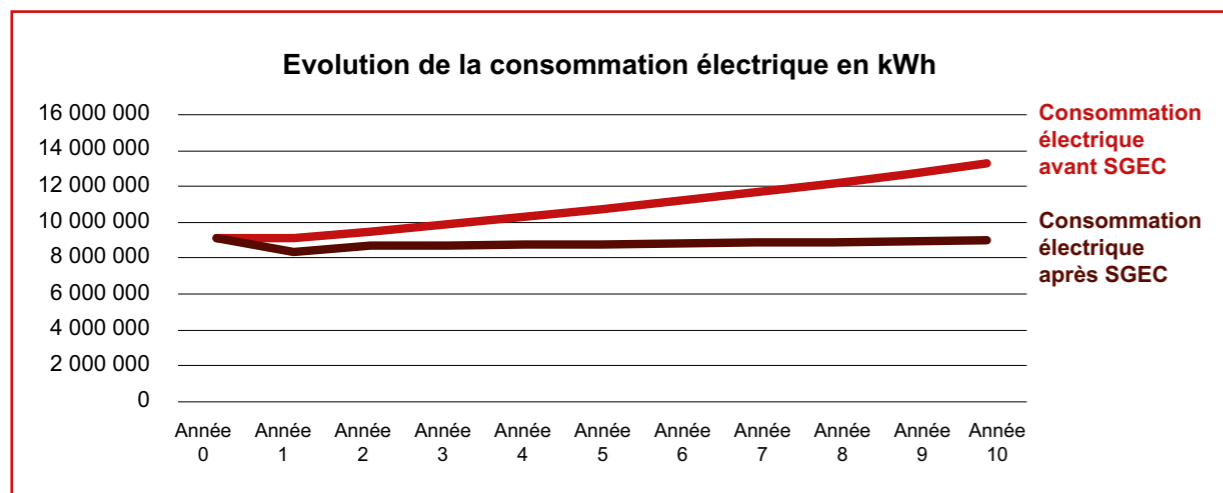
2.4. Economie d'énergie par rapport à un scénario tendanciel

L'économie d'énergie est déterminée par la comparaison de deux scénarios :

- Scénario de référence (tendanciel) ou la consommation énergétique d'un site industriel non muni d'un SGEC, avec une évolution croissante et un coût de l'énergie qui augmente d'une année à l'autre.
- Scénario amélioré (avec SGEC) ou la consommation énergétique gérée et optimisée et un coût de l'énergie qui augmente d'une année à l'autre.

| CONSOMMATION DE RÉFÉRENCE (ANNÉE 2019) | CONSOMMATION AMÉLIORÉE |
|---|---|
| 8,6 GWh équivalent à 2 457 TEP électrique | Réduction de 5% sur la consommation électrique |
| 7,9 Millions de thermies PCI équivalent à 800 TEP thermique | Réduction de 5% sur la consommation du gaz naturel |
| Facture énergétique totale 2,7 MDT | Gain sur la facture de 136 340 DT au cours de la 1ère année |

L'évolution de la consommation énergétique Sans et Avec un SGEC est représentée ci-dessous :



2.5. Rentabilité financière

- Avec la subvention de l'ANME, le temps de retour du projet est de 2 ans ;
- Sans subvention de l'ANME, le temps de retour du projet est de 2 ans et 6 mois ;

3. Cas en cours d'étude pour une industrie munie de cogénération

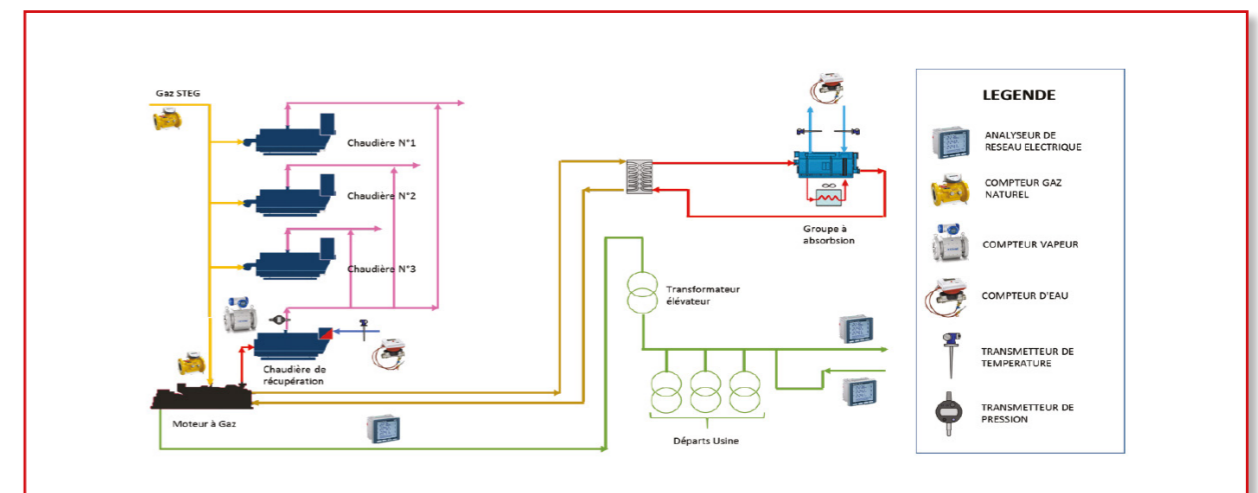
Absence d'une méthodologie informatisée (solution intelligente) fiable de mesurage et de vérification M&V permettant automatiquement le suivi instantané des paramètres de fonctionnement et des performances des unités de cogénération afin de détecter les anomalies et les dérives à temps pour maximiser la rentabilité des systèmes.

Solution : Mise en place d'un SGEC

- Collecter les données
- Traitement des données
- Correction automatique ou manuelle
- Calcul des gains

Architecture :

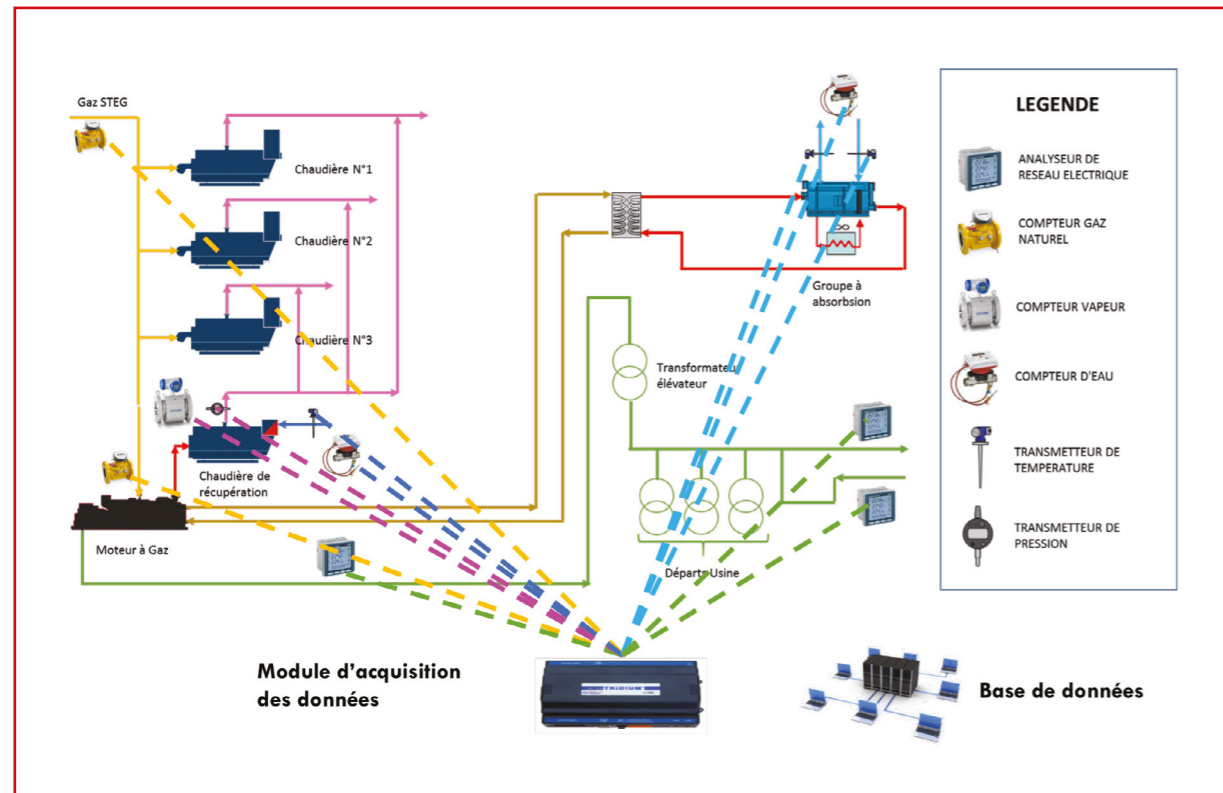
Moyens de mesures à mettre en place



Grandeurs à mesurer

| N° | DÉSIGNATION | UNITÉ |
|----|---|---------|
| 28 | Débit vapeur | kg/h |
| 29 | Débit eau alimentaire | kg/h |
| 30 | Température eau alimentaire | °C |
| 31 | Pression vapeur | Bar abs |
| 32 | Débit eau froide sortie groupe à absorption | kg/h |
| 33 | Température eau sortie groupe à absorption | °C |
| 34 | Température eau entrée groupe à absorption | °C |
| | Débit gaz naturel entrée usine | Nm³/h |
| 36 | Débit gaz naturel entrée Cogénération | Nm³/h |
| 37 | Puissance électrique produite par la cogénération | kW |
| 38 | Puissance électrique vendue à la STEG | kW |
| 39 | Puissance électrique achetée à la STEG | kW |

Collecte des données instantanées à distance



Traitement des données correction automatique et calcul des gains

Connaître

- Récupération de la multitude de données de fonctionnement
- Calculer les rendements décret 32-32 et les indicateurs de l'installation

Déceler

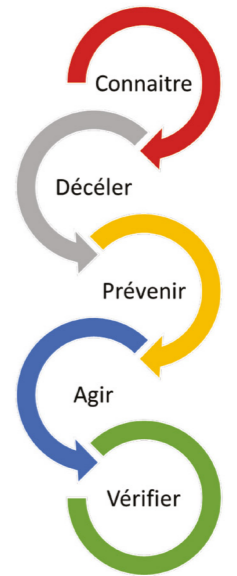
- Découverte des dysfonctionnements par des règles d'analyse spécifiques et des dérives
- Prévenir
- Emission d'alertes
- Envoi en local et à distance des rapports détaillés

Agir

- Correction automatique ou manuelle des problèmes détectés
- Aide à la décision pour la mise en place des actions correctives pour des rendements optimaux

Vérifier

- Mesurer les résultats réels des actions correctives
- Vérifier les conformités, les économies et les R.O.I.



Maximiser le gain financier de la mise en place de la cogénération

La maximisation des gains financiers de la cogénération se fait par augmentation de la récupération thermique ce qui limite l'appel de gaz naturel d'appoint, et par la maximisation comparaison instantanée des valeurs obtenues par la cogénération par rapport à ce qu'il doit être obtenues si il n'y a pas eu cogénération. Ensuite, construire le scénario optimal de fonctionnement du système de cogénération qui a pour but de maximiser les gains du système de cogénération, tout en respectant le décret 32-32

Liste des fournisseurs des solutions de gestion de l'énergie dans les secteurs industrie- bâtiment et transport

| FOURNISSEURS DE SOLUTIONS | CONTACT | DOMAINE D'ACTIVITÉ |
|---------------------------|---|----------------------|
| Bizeyes SARL | E serviceclients@bizeyes.net T 98 78 0113/26 604 245 | Industriel/tertiaire |
| Control Energy | E badreddine.samali@controlenergy.com.tn T 70 615 963 / 25 685 444 | Industriel/tertiaire |
| GEEC | E contact@geec.tn adnen.benhassine@geec.tn hamza.battikh@geec.tn T 71 861972 | Industriel/tertiaire |
| SAUTER | E mounir-chouikh@sauter-tunisie.com T 73 464 780 / 71 94 8718 / 27 505 120 | Industriel/tertiaire |
| 3IA technology | E Houssemeddine.ezzina@3ia-technology.com T 23 436 678 | Industriel/tertiaire |
| IN-ENERGY | E zouaouiwalid@gmai.com T 71 705 568 | Industriel/tertiaire |
| BWS | E Haifa.haddad@bewireless-solutions.com T 70 034 782 | Industriel/tertiaire |

| FOURNISSEURS DE SOLUTIONS | CONTACT | DOMAINE D'ACTIVITÉ |
|--------------------------------------|---|-------------------------------|
| MYCOM | E Arafet.trigui@mycom.com.tn T 71 701417 | Transport |
| SIM SOFT | E commercial@simsoft.com.tn T 73 213688 | Transport |
| Electritec | E imed@electritec.tn T 54 379 544 / 71 920 037 | Industriel/tertiaire |

Publié par

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Sièges de la société
Bonn et Eschborn, Allemagne

Bureau de la GIZ à Tunis
B.P. 753 - 1080 Tunis Cedex - Tunisie

T + 216 71 967 220
F + 216 71 967 227

E info@giz.de
I www.giz.de/tunisie

Projet

Appui à la promotion de l'efficacité énergétique en Tunisie (APEET)

Auteur

Bureau d'études CRA2E, Tunisie

Conception

Com'In, Tunisie

Crédits photos

@GIZ

Sur mandat du

Ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ)
I www.bmz.de

La GIZ est responsable du contenu de cette publication.

Tunisie, Février 2022

