

2024



# Le guide de l'efficacité énergétique dans l'industrie

# LA LUMIÈRE DE L'INNOVATION : MEGAWATT - PIONNIER DES TRAVAUX ÉLECTRIQUES ET CONSULTING EN TUNISIE !!!

---

Dans l'immensité cosmique des entreprises, où chaque lueur promet progrès et lumière, émerge **Mégawatt**, une étoile naissante destinée à éclairer l'horizon de l'électricité moderne.

En fusionnant expertise technique et passion pour l'innovation, nous relevons avec fierté les défis d'une demande croissante en électricité.

**Mégawatt** brille en tant que précurseur, intégrant le **BIM**, le **GIS** et **l'analyse des données** dans nos processus, offrant une précision et une efficacité inégalées.

En leaders d'intégration des nouveaux techniques dans les travaux électriques et du consulting, nous forçons l'avenir de l'énergie avec des solutions durables et efficaces.



## "SOLUTIONS ÉLECTRIQUES ET RENOUELABLES SUR-MESURE POUR VOS PROJETS D'AUJOURD'HUI ET DE DEMAIN"

La mission de **Mégawatt** est claire : fournir à ses clients tous les moyens nécessaires pour la réussite de leurs projets, en adoptant une approche correcte, simple, rapide et surtout innovante. La société intervient dans divers domaines, notamment les travaux électriques BT et HTA, l'entretien des postes HTA/BT, le consulting et la sous-traitance des études électriques, ainsi que l'installation et l'exploitation de bornes de recharge pour voitures électriques.

De plus, elle se spécialise dans les travaux, l'exploitation et la maintenance des installations photovoltaïques. Mégawatt a développé trois plateformes web dédiées pour répondre aux besoins spécifiques de ses clients :

**www.electricite-batiment.tn** est dédié aux installations électriques et aux bornes de recharge pour voitures électriques, ainsi qu'à l'installation de caméras de surveillance et fibre et les systèmes de courant faible .

**www.transfo.tn** se concentre sur l'entretien et les travaux de postes de distribution électrique, ainsi que sur la sous-traitance des dossiers techniques des études électriques.

**www.installation-pv.com** offre des services de sous-traitance d'études, de travaux, d'exploitation et d'entretien des installations photovoltaïques.

**“ Dans l'ensemble, **Mégawatt** s'affirme comme un acteur majeur et innovant du secteur de l'électricité en Tunisie et en Afrique du Nord, offrant des solutions complètes et personnalisées à ses clients tout en promouvant l'innovation et le développement durable.”**

# SOMMAIRE

**01**

**INTRODUCTION**

**02**

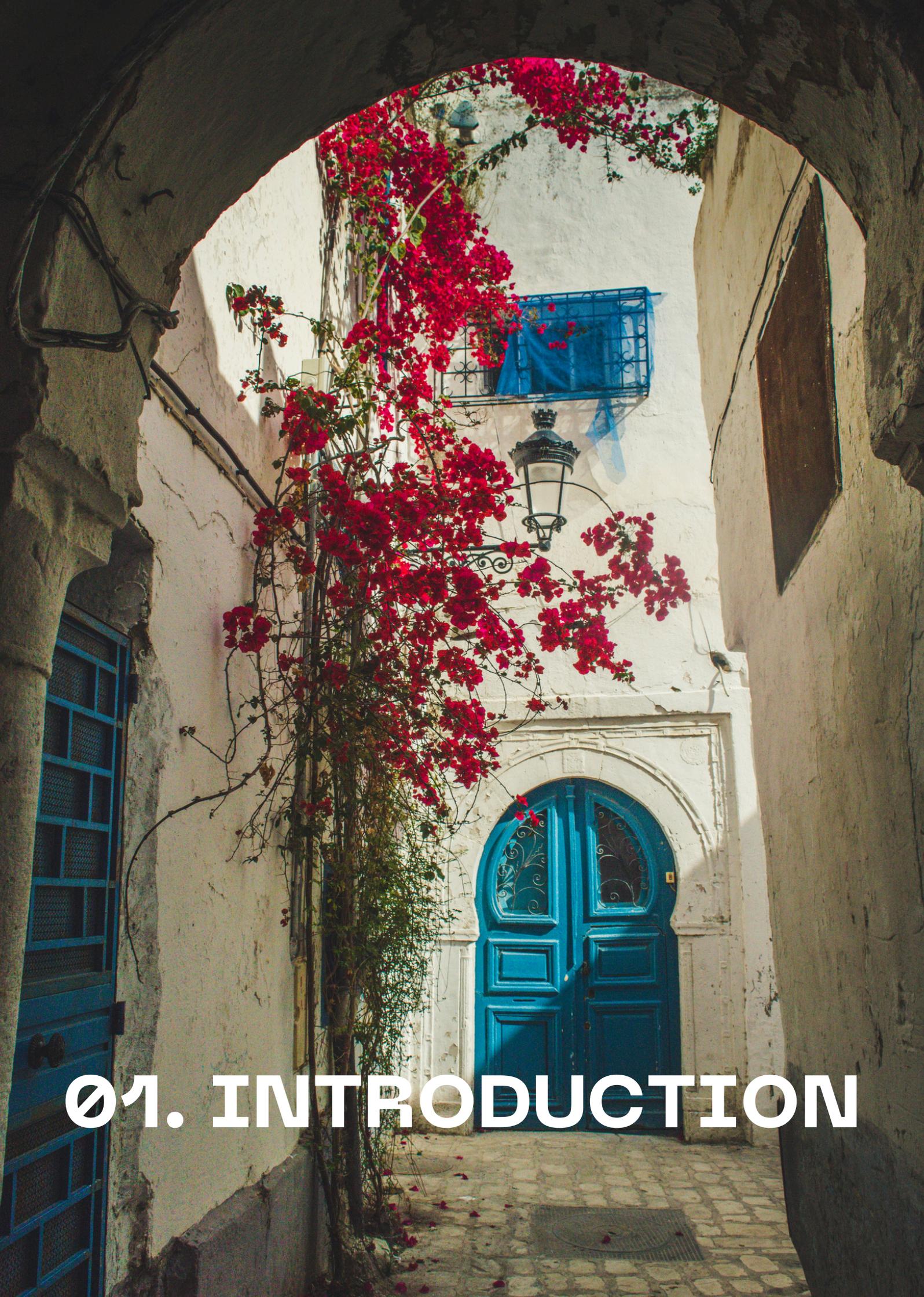
**LES LEVIERS POUR  
RÉDUIRE LES  
CONSOMMATIONS  
D'ÉNERGIE**

**03**

**LES ACTIONS VERS  
L'EFFICACITÉ  
ÉNERGÉTIQUE**

**04**

**LES CONSEILS POUR  
LA GESTION DE  
L'ÉNERGIE DANS  
L'INDUSTRIE.**



# 01. INTRODUCTION

# Introduction

L'efficacité énergétique est un ensemble d'opérations dont le but est de concilier réduction de la consommation énergétique et maintien, voire amélioration, du niveau de production d'un site industriel.

Elle répond à plusieurs enjeux, notamment la baisse des émissions de GES de l'industrie, en vue de participer à l'atteinte des objectifs de neutralité carbone fixés à l'échelle internationale.

L'efficacité énergétique des acteurs industriels en Tunisie contribue également à renforcer l'indépendance énergétique de la Tunisie, dans un contexte géopolitique incitant à limiter les importations d'énergies fossiles.

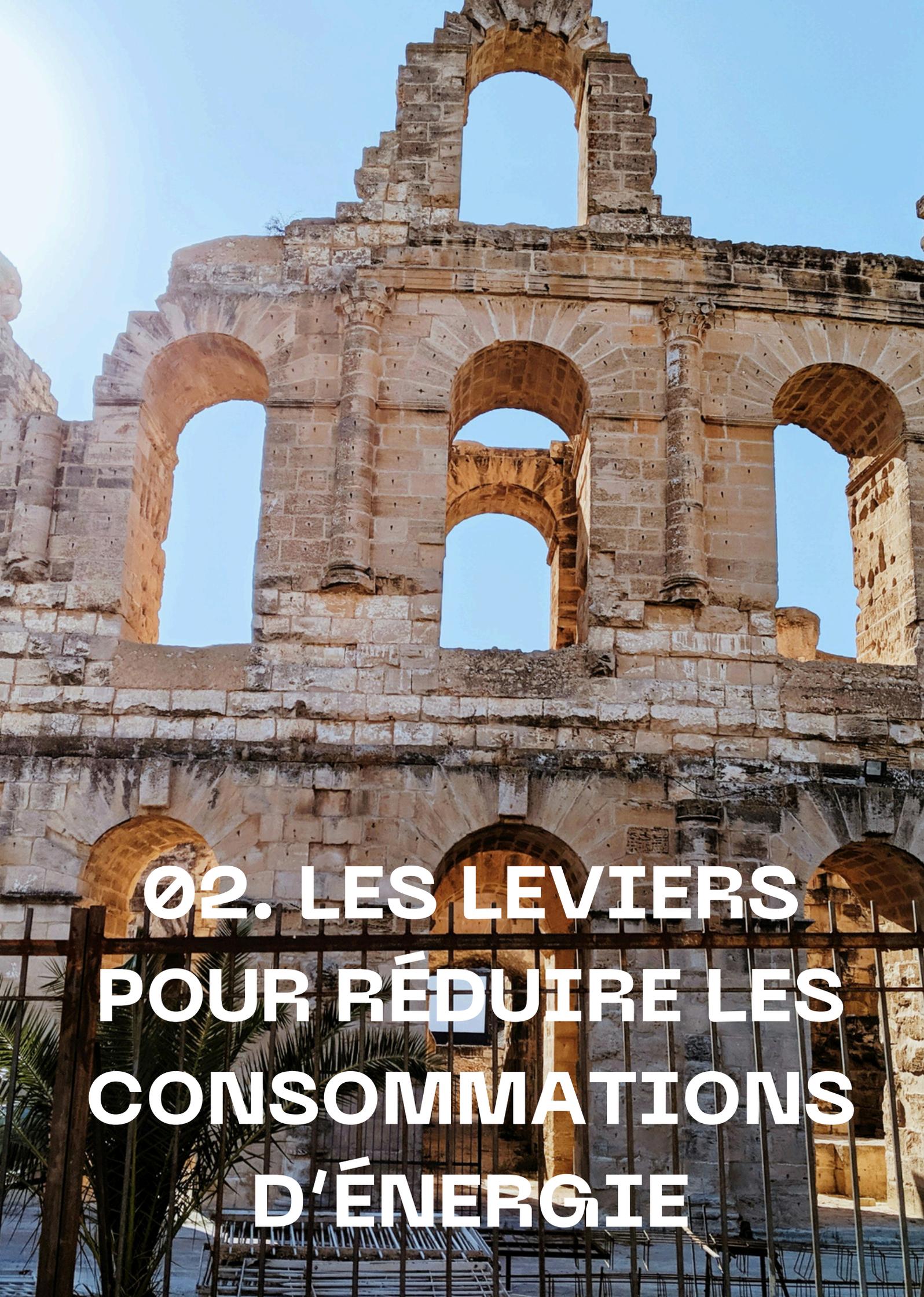
Depuis quelques années, les tarifs de l'électricité et du gaz suivent une trajectoire de prix haussière, alourdissant le poids des dépenses énergétiques dans les charges des entreprises de l'industrie.

La recherche d'efficacité énergétique, qui se traduit par l'amélioration des processus industriels, peut, dans ce contexte, contribuer à générer des économies sur les factures d'énergie.

De nouveaux modèles d'usines, dites du futur, sont à l'étude.

« L'usine du futur » est un concept clé dans la transition vers un nouveau modèle économique et industriel dont la performance énergétique est un élément essentiel.

**Bonne lecture et surtout bonne transition énergétique !**



**02. LES LEVIERS  
POUR RÉDUIRE LES  
CONSOMMATIONS  
D'ÉNERGIE**

## 2- Les leviers pour réduire les consommations d'énergie

MégaWatt a identifié trois leviers qui permettent une amélioration significative de l'efficacité énergétique : une meilleure gestion de la consommation d'énergie, l'investissement dans des équipements plus performants ainsi que la mise sur le marché d'innovations moins consommatrices d'énergie.

### **1) Traquer le gaspillage:**

La mesure et le suivi des consommations d'énergie de l'activité sont les premières actions qui permettent, sans investissement lourd, de réduire significativement la consommation de l'entreprise.

Différents types d'actions peuvent être envisagés :

- Le diagnostic ou audit énergétique pour établir un bilan des consommations et des usages énergétiques. Ces mesures permettent ainsi d'identifier des actions d'économies d'énergie applicables aux équipements.
- Le comptage permet de disposer de données fiables et continues pour connaître et agir plus efficacement sur la consommation.

### **2) Investir dans des équipements plus performants:**

Les entreprises peuvent également envisager le remplacement de leurs équipements par des équipements énergétiquement plus performants, déjà disponibles sur le marché. Le recours à ces technologies éprouvées lors du renouvellement des installations peut s'avérer tout à fait rentable compte tenu des économies d'énergies qui en résultent.

### **3) S'engager dans l'innovation:**

En matière de procédés, l'innovation technologique est particulièrement importante pour les industries intensives en énergie pour lesquelles la performance énergétique des procédés a désormais atteint un palier.

Mégawatt soutient les travaux de recherche, mais aussi la démonstration industrielle et la mise sur le marché de nouvelles offres technologiques pour une industrie éco-efficace, c'est-à-dire plus sobre dans sa consommation d'énergie mais aussi d'eau et de matières premières.

En fonction de la taille de projets et de leur positionnement, soit proche de travaux de recherche soit orienté vers la démonstration industrielle, deux dispositifs complémentaires de soutien sont proposés :

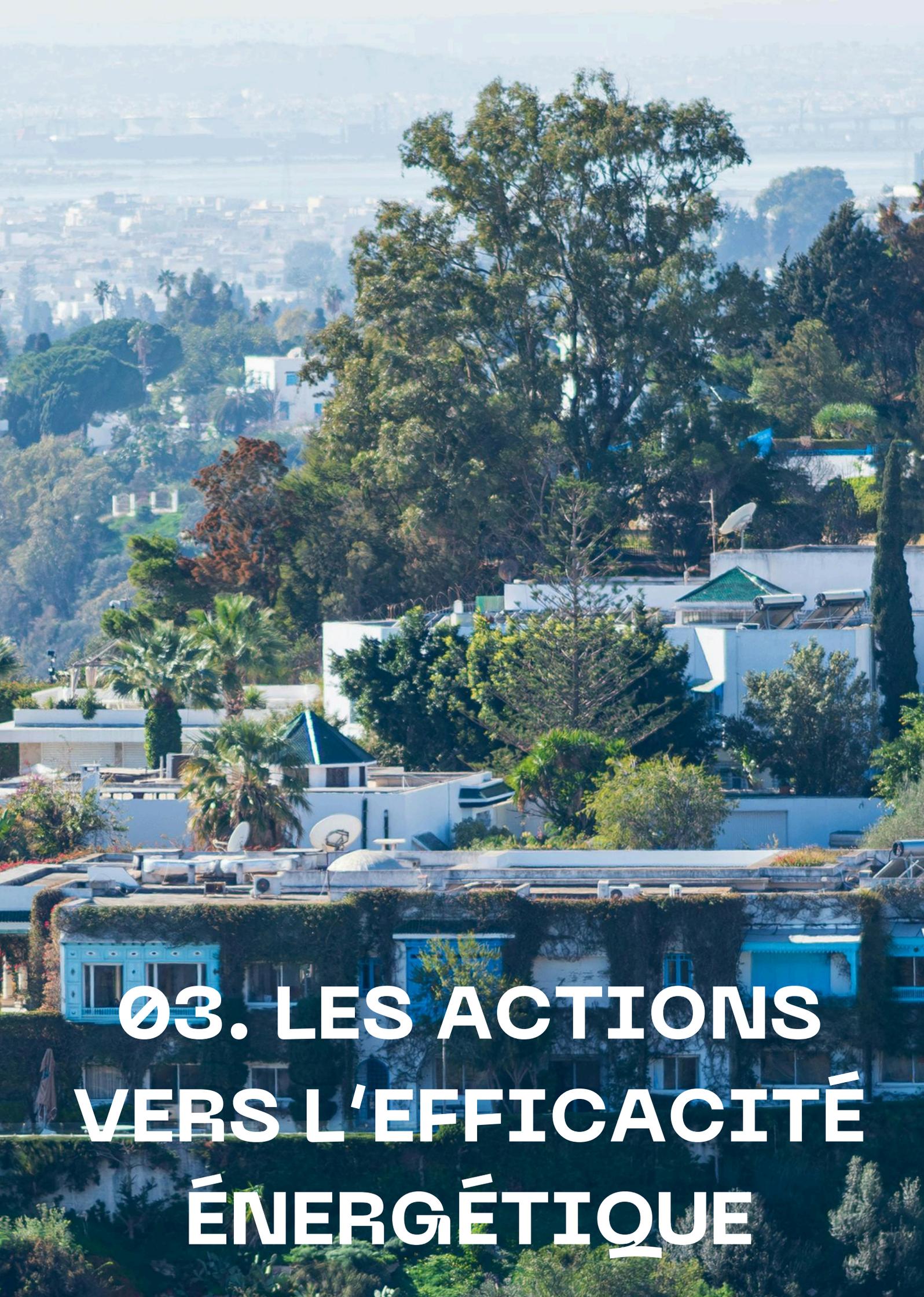
Appel à Projets de Recherche « Energie Durable : production, gestion et utilisation efficaces »

Mégawatt appelle à structuré autour des axes thématiques suivants :

- Production d'énergie à partir de sources renouvelables ou de déchets ;
- Gestion et utilisation efficace de l'énergie (performance énergétique dans l'industrie, stockage d'électricité et de chaleur, pompe à chaleur, etc.) ;
- Conception et gestion de systèmes énergétiques et mutualisation d'énergie à l'échelle de l'îlot, du quartier ou du territoire.

La transition énergétique de l'industrie impliquera également le développement d'une offre de solutions et de services adaptée.

C'est une garantie de compétitivité pour l'industrie énergivore mais également une opportunité pour le développement de la filière de l'offre, et donc des emplois associés.



# 03. LES ACTIONS VERS L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

01

Auditer les activités en vue de l'efficacité énergétique

02

Adapter la taille des actifs et des procédés

03

Connecter les actifs physiques

04

Installer des moteurs à rendement énergétique élevé

05

Utiliser des variateurs de vitesse

06

Electrifier les parcs de véhicules industriels

07

Utiliser des échangeurs de chaleur efficaces et bien entretenus

08

Remplacer les chaudières à gaz par des pompes à chaleur

09

Déployer des systèmes intelligents de gestion des bâtiments

10

Déplacer les données vers le cloud

# Action n° 1 : auditer les activités en vue de l'efficacité énergétique

L'une des sources les plus rapides et faciles d'amélioration de l'efficacité énergétique dans l'industrie peut provenir de l'optimisation du fonctionnement des actifs et des procédés. Un audit d'efficacité énergétique permet de créer une base de référence importante pour l'entreprise, afin qu'elle puisse apporter des améliorations et déterminer les opportunités d'amélioration. Les audits peuvent être réalisés par des sociétés de services énergétiques (SSE) établies et fourniront un référentiel pour identifier les domaines potentiels d'efficacité, développer un plan d'action et mesurer les progrès.

---

## Qu'est-ce que cela implique ?

Un audit énergétique initial implique généralement une analyse de la consommation historique d'énergie et de l'efficacité des équipements alimentés en électricité ou en combustibles fossiles, ainsi que des coûts et des caractéristiques de fonctionnement. La SSE fournira un catalogue des équipements consommateurs d'énergie, ainsi que des caractéristiques telles que les facteurs de charge et les profils d'utilisation, afin de déterminer les cas dans lesquels il est possible de réaliser des économies. Une fois qu'une base de référence est établie, il peut être possible, à l'aide de capteurs et de systèmes d'automatisation, de faire de l'audit un processus continu qui ne cesse d'apporter des améliorations. Par ailleurs, les audits peuvent faire partie d'un processus plus large de certification de la gestion de l'énergie, comme la norme ISO 50001.

---

## Quelles sont les répercussions ?

Bien que l'audit lui-même ne crée pas directement des gains d'efficacité, il est possible d'identifier des mesures qui peuvent contribuer à l'efficacité énergétique et avoir un impact significatif sur les coûts et la consommation d'énergie.

---

## Est-ce compliqué à mettre en oeuvre ?

Les audits sont faciles à réaliser;

Mégawatt, par exemple, fournit des normes pour trois types d'audits :

- Niveau 1 : enquête d'observation.
- Niveau 2 : enquête et analyse énergétique.
- Niveau 3 : analyse détaillée des modifications à fort investissement.

---

## Quels sont les facteurs essentiels de réussite ?

Pour obtenir des résultats d'audit précis, il convient d'avoir accès à un maximum de données. Cela peut nécessiter de déployer des capteurs et de suivre la consommation d'énergie sur plusieurs mois.

# Action n° 2 : adapter la taille des actifs et des procédés

L'analyse détaillée des actifs industriels révèle souvent que les équipements sont plus gros que nécessaire pour le travail à accomplir. Cette tendance est soit due à la marge d'erreur généralement prévue dans le cadre de la conception des installations, soit due au fait que les conditions d'exploitation ont changé au fil du temps. Le tout cumulé, le surdimensionnement d'un nombre important de composants peut entraîner une forte consommation d'énergie et un chargement inefficace du dispositif. Mieux adapter les capacités des équipements aux charges permet d'améliorer l'efficacité d'utilisation de l'énergie et des actifs.

## Qu'est-ce que cela implique ?

Adapter la taille des équipements industriels en fonction de la tâche à accomplir nécessite une compréhension détaillée des exigences opérationnelles, de l'efficacité des appareils et des profils de charge. En fonction de l'équipement en question, il peut être possible d'améliorer le chargement en ajustant les réglages, en procédant à une mise à niveau du dispositif ou en retravaillant sa conception. Si ce n'est pas le cas, il faut parfois remplacer la machine par une autre aux dimensions plus adéquates pour le procédé concerné.

## Quelles sont les répercussions ?

Le remplacement des moteurs pour qu'ils fonctionnent avec des charges de 95 % améliorera l'efficacité des opérations. La reconception et la mise à niveau des échangeurs de chaleur à plaques pour les adapter aux conditions de fonctionnement ont également un impact important sur l'efficacité globale du procédé industriel. Un échangeur de chaleur est conçu pour un procédé spécifique au moment de l'achat et les paramètres de conception correspondent rarement aux conditions de fonctionnement réelles. Au bout de quelques années, la plupart des usines auront changé leurs conditions de fonctionnement et les échangeurs ne donneront plus les mêmes températures de sortie qu'avant. Une mise à niveau de l'échangeur de chaleur sera nécessaire, ce qui est facilement faisable dans les échangeurs à plaques jointées en adaptant le nombre de plaques.

## Est-ce compliqué à mettre en oeuvre ?

La complexité liée à l'adaptation de la taille des équipements réside principalement dans l'obtention d'informations précises sur les profils de charge. Celles-ci s'obtiennent à partir d'une analyse des modes de fonctionnement et des spécifications du dispositif, et peuvent être facilitées par les données des capteurs.

## Quels sont les facteurs essentiels de réussite ?

Les marges d'erreur sont intégrées dans les procédés industriels pour une bonne raison : éviter les défaillances susceptibles de compromettre la sécurité et la production. Lorsque l'on décide de modifier la taille des actifs, il est donc essentiel de réfléchir aux questions suivantes :

- À quel point l'actif est-il surdimensionné ?
- Quelles sont les chances que l'actif soit utilisé au maximum de ses capacités ?
- Quelle sera l'ampleur des économies réalisées grâce au redimensionnement ?

# Action n° 3 : connecter les actifs physiques

De nombreux dirigeants industriels ne disposent pas d'une vision claire de l'utilisation de l'énergie dans le cadre de leurs activités. En connectant les actifs physiques à l'aide de l'internet des objets (IoT et/ou BIM et/ou GIS), les entreprises peuvent mieux comprendre comment sont utilisés les actifs, ce qui permet un fonctionnement plus intelligent et plus léger.

Une étude récente d'ABB révèle toutefois que seulement 35 % des organisations industrielles dans le monde ont mis en œuvre des technologies IoT à grande échelle.

## Qu'est-ce que cela implique ?

Les technologies IoT, BIM et GIS industrielles peuvent suivre les flux d'énergie dans une usine et détecter à quel endroit l'énergie est utilisée inutilement. Cela peut être dû à la consommation d'énergie dans les systèmes auxiliaires, à des actifs de taille non adaptée, à des équipements défectueux, à des pertes de chaleur ou

à des situations où l'utilisation d'électricité n'a pas lieu d'être, comme l'éclairage d'une pièce inoccupée.

## Quelles sont les répercussions ?

Tous les procédés industriels connaissent des pertes. Jusqu'à 95 % de l'énergie primaire se perd au cours de la réalisation du travail pour lequel on l'utilise. L'intérêt de connecter les appareils est de déterminer les sources de gaspillage d'énergie que l'on ne soupçonnait pas. Bien qu'il soit évidemment impossible de connaître au préalable leur ampleur, mieux comprendre la façon dont les actifs et les flux de travail consomment l'énergie permettra à coup sûr de trouver des domaines à améliorer.

## Est-ce compliqué à mettre en œuvre ?

Les technologies IoT, GIS et BIM sont de plus en plus matures et simples à mettre en œuvre, même si un travail d'intégration peut être nécessaire pour transformer les données en résultats utiles. Une fois les données obtenues, les possibilités et leur niveau de complexité sont presque sans limite. Par exemple, les entreprises s'appuient de plus en plus sur des « jumeaux numériques » détaillés d'opérations réelles pour étudier l'impact des changements de processus sans affecter la production réelle. Ces jumeaux numériques peuvent être utilisés pour un large éventail de simulations, notamment des études d'efficacité. L'utilisation de jumeaux numériques pour la modélisation, les essais et la mise en service dans un environnement virtuel plutôt que dans un cadre physique (déplacer des octets plutôt que des atomes) consomme également beaucoup moins d'énergie.

## Quels sont les facteurs essentiels de réussite ?

Afin de pouvoir identifier facilement les gains d'efficacité, il est essentiel d'intégrer les sources de données dans un logiciel de visualisation et d'analyse. De plus, une expertise dans le domaine est nécessaire pour mettre au point les algorithmes et les analyses qui permettent de prendre de meilleures décisions en matière de consommation d'électricité. Sans cela, les résultats risquent d'être décevants.

# Action n° 4 : installer des moteurs à rendement énergétique élevé

Dans l'industrie, les systèmes d'entraînement sont utilisés dans d'innombrables applications pour convertir l'énergie électrique en mouvement. Les principaux éléments d'un système d'entraînement électrique industriel sont le moteur, le variateur de vitesse et l'application elle-même, comme la pompe, le ventilateur ou le compresseur. On estime qu'une proportion frappante de 46 % de l'électricité mondiale est utilisée pour produire de l'énergie mécanique par le biais de systèmes entraînés par des moteurs électriques.

Dans l'industrie, la consommation atteint les deux tiers de l'électricité totale. La Commission électrotechnique internationale établit une série de normes internationales d'efficacité énergétique (IE) pour les moteurs, allant de IE1 (« standard ») à IE4 (« super-premium »). Il est question d'introduire une norme encore plus avancée, la IE5. Les moteurs au rendement le plus élevé ont tendance à être plus chers, mais peuvent permettre des gains d'efficacité énergétique importants. Étant donné l'omniprésence des moteurs dans l'industrie, une transition généralisée vers des machines plus efficaces peut permettre de réduire considérablement la consommation d'énergie et les émissions.

---

## Qu'est-ce que cela implique ?

L'installation de moteurs à rendement élevé consiste simplement à remplacer les anciennes machines par d'autres plus efficaces. Environ 75 % des moteurs industriels en service sont utilisés pour faire fonctionner des pompes, des ventilateurs et des compresseurs, qui correspondent à une catégorie de machines ayant un fort potentiel d'amélioration.

---

## Quelles sont les répercussions ?

On estime que si les plus de 300 millions de systèmes industriels à moteur électrique actuellement en service étaient remplacés par des équipements optimisés et à rendement élevé, la consommation mondiale d'électricité pourrait être réduite de 10 %.

---

## Est-ce compliqué à mettre en oeuvre ?

Le remplacement des moteurs de façon globale n'est pas forcément indiqué dans tous les cas, mais la majeure partie de l'énergie électrique consommée par les moteurs est utilisée par des machines de taille moyenne.

---

## Quels sont les facteurs essentiels de réussite ?

Pour optimiser les gains d'efficacité des moteurs électriques les plus récents, il est intéressant, naturellement, de passer aux modèles les plus efficaces du marché. Cela a des répercussions sur les coûts, mais il convient de garder à l'esprit que les délais d'amortissement de ces coûts sont plus courts.

# Action n° 5 : utiliser des variateurs de vitesse

Aujourd'hui, la plupart des moteurs électriques industriels fonctionnent à une vitesse constante et leur mouvement est régulé par des vannes (pour les fluides), des amortisseurs (pour l'air) et des freins (pour les matériaux solides).

Les variateurs de vitesse sont des technologies utilisées pour contrôler la vitesse des moteurs et la quantité de couple produite ; ce sont des éléments cruciaux de la gestion de l'énergie consommée par les systèmes motorisés. La consommation d'énergie est intelligemment calibrée pour correspondre à la quantité de travail à effectuer.

---

## Qu'est-ce que cela implique ?

L'introduction de variateurs de vitesse dans les systèmes entraînés par des moteurs électriques est simple et directe. Un fournisseur de technologie ou une SSE peut aider à déterminer les moteurs utilisés qui pourraient et devraient être équipés d'un variateur afin d'améliorer l'efficacité énergétique.

---

## Quelles sont les répercussions ?

L'installation de variateurs de vitesse peut améliorer jusqu'à 30 % le rendement énergétique d'un système motorisé, ce qui se traduit par des avantages immédiats en termes de coûts et d'émissions.

---

## Est-ce compliqué à mettre en oeuvre ?

Comme pour la transition vers des moteurs plus efficaces, l'introduction de variateurs de vitesse ne nécessite aucune modification des procédés industriels.

---

## Quels sont les facteurs essentiels de réussite ?

Comme pour de nombreuses autres améliorations en matière d'efficacité énergétique, il reviendra à la direction de décider si les avantages résultant de l'introduction de variateurs de vitesse justifient un investissement immédiat. Ce dernier dépendra quant à lui du nombre, de la taille et du profil d'utilisation des moteurs installés, ainsi que du prix de l'électricité.

Il convient de noter que l'évolution du rendement des moteurs et des entraînements est de plus en plus motivée par la réglementation, de sorte que les investissements dans des machines plus efficaces peuvent également contribuer à répondre à des besoins de conformité.

# Action n° 6 : électrifier les parcs de véhicules industriels

L'élan croissant en faveur de l'électrification des véhicules fait baisser le coût des batteries et des systèmes d'entraînement électriques. Cette situation, associée aux prix élevés du pétrole, fait des systèmes d'entraînement électriques une proposition de plus en plus attrayante pour les véhicules industriels tels que les chariots élévateurs, les véhicules miniers, les camions et les camionnettes de livraison.

---

## Qu'est-ce que cela implique ?

La transition vers des parcs de véhicules électriques se fait parallèlement au développement d'infrastructures de recharge et à la réduction des coûts et des émissions de l'électricité.

---

## Quelles sont les répercussions ?

Les gains d'efficacité énergétique apparents dans les systèmes d'entraînement industriels sont également importants dans le domaine de la mobilité, où une transition s'opère des moteurs à combustion interne à la propulsion électrique. Les moteurs électriques peuvent atteindre un rendement supérieur à 95 %, alors que les moteurs diesel n'atteignent que 45 % de rendement dans la plage de charge optimale. À l'heure actuelle, les niveaux d'électrification sont négligeables dans le transport aérien et maritime. En revanche, dans le transport routier et la mobilité industrielle, l'électrification des parcs gagne rapidement du terrain. Le remplacement du moteur diesel d'une excavatrice de 24 tonnes par un système d'entraînement électrique, qui combine alimentation par batterie et moteur électrique à rendement élevé, peut permettre d'éliminer 48 tonnes d'émissions de CO<sub>2</sub> par an. En outre, le freinage à récupération d'énergie pour les véhicules industriels peut réduire la consommation de carburant jusqu'à 30 %.

---

## Combien ça coûte ?

Les véhicules électriques utilisés pour le transport de marchandises sont aujourd'hui plus coûteux que les modèles traditionnels, ce qui rend difficile de convaincre une entreprise lorsque seul l'argument financier est pris en compte.

---

## Quels sont les facteurs essentiels de réussite ?

L'électrification des véhicules permet de réaliser des gains d'efficacité énergétique immédiats, même si, comme on l'a vu, l'investissement nécessaire à un parc électrique signifie que les avantages financiers peuvent être modestes sur le court terme. En parallèle de l'électrification des véhicules, les propriétaires de parcs de véhicules peuvent réaliser des gains d'efficacité supplémentaires grâce à la gestion numérique de leur parc, notamment avec l'optimisation des programmes de charge.

# Action n° 7 : utiliser des échangeurs de chaleur efficaces et bien entretenus

Le transfert de chaleur est un élément crucial pour qu'un procédé industriel soit efficace sur le plan énergétique. Les échangeurs de chaleur sont utilisés pour le chauffage et le refroidissement dans presque toutes les industries du monde. Les échangeurs de chaleur, en tant qu'équipements statiques, ne font souvent pas l'objet d'une maintenance et d'une optimisation proactives, et sont plutôt utilisés jusqu'à la défaillance sans que l'on ne réalise l'impact environnemental et financier des pertes de transfert de chaleur. Il est essentiel de maintenir un échangeur de chaleur à son niveau de performance optimal au fil du temps pour garantir des procédés efficaces sur le plan énergétique. Environ 2,5 % des émissions de CO<sub>2</sub> mondiales proviennent d'échangeurs de chaleur non entretenus. Il est possible d'éviter ce problème simplement en nettoyant régulièrement les échangeurs de chaleur. Le choix de la bonne technologie d'échangeur de chaleur est un autre élément important pour optimiser l'efficacité énergétique d'une application donnée. Un échangeur de chaleur à plaques innovant et compact, par exemple, peut être 25 % plus efficace qu'un échangeur de chaleur à calandre. En outre, 20 à 50 % de l'apport énergétique industriel est perdu sous forme de chaleur résiduelle, par exemple sous la forme de gaz d'échappement chauds ou d'eaux de refroidissement. Récupérer et réutiliser cette chaleur dans d'autres procédés est une étape importante pour améliorer l'efficacité énergétique globale et réduire les émissions de carbone. Les solutions peuvent consister à réintégrer la chaleur dans le procédé lui-même, ou à la réutiliser ailleurs, par exemple pour le chauffage urbain, la production d'électricité, etc.

## Qu'est-ce que cela implique ?

Un examen des pertes thermiques dans les échangeurs de chaleur peut être effectué par Mégawatt ou un prestataire de services spécialisé. Cela peut contribuer à former la base d'une stratégie de rendement thermique avec une maintenance sur site ou des mises à niveau technologiques chiffrées.

## Quelles sont les répercussions ?

En assurant tout d'abord une maintenance correcte des échangeurs de chaleur, puis en veillant à sélectionner le bon équipement pour une nouvelle installation, ou en modernisant les échangeurs de chaleur peu performants, on peut avoir un impact important sur la consommation d'énergie.

## Est-ce compliqué à mettre en oeuvre ?

Le nettoyage ou la modernisation des échangeurs de chaleur est un processus facile qui peut être effectué dans le cadre d'une maintenance planifiée. La conversion d'une technologie existante à une solution plus efficace nécessite une certaine réorganisation mais, pour de nombreux procédés, elle a des effets directs sur le coût opérationnel.

## Quels sont les facteurs essentiels de réussite ?

Les gains considérables en matière d'efficacité énergétique que l'on peut obtenir en modernisant l'équipement des échangeurs de chaleur rendent le changement très souhaitable lorsque cela est possible. Des conseils d'experts sont toutefois nécessaires pour bien adapter la taille de l'équipement et intégrer les procédés.

# Action n° 8 : remplacer les chaudières à gaz par des pompes à chaleur

Les pompes à chaleur sont considérées comme un élément clé de la décarbonation mondiale en remplacement des chaudières à combustible. L'AIE prévoit que cette technologie permettra à plus de 50 % des foyers d'utiliser l'électricité pour se chauffer d'ici 2050. Dans l'industrie, la technologie peut présenter des avantages similaires pour le chauffage des locaux et peut également être utilisée pour la chaleur industrielle jusqu'à 180 °C. Les pompes à chaleur industrielles permettent de réutiliser la chaleur excédentaire d'un procédé à d'autres fins, telles que le chauffage des procédés industriels ou des locaux, évitant ainsi le recours à des chaudières à combustible.

---

## Qu'est-ce que cela implique ?

Les pompes à chaleur tirent parti des gradients thermiques pour améliorer l'efficacité des procédés de production d'électricité et de chaleur. Elles doivent donc être envisagées partout où il existe un besoin de chaleur industrielle ou de chauffage des locaux allant de faible à moyenne intensité.

---

## Quelles sont les répercussions ?

Les pompes à chaleur sont de loin le moyen le plus efficace d'obtenir une chaleur faible à modérée à partir d'électricité.

---

## Est-ce compliqué à mettre en oeuvre ?

La mise à niveau des équipements thermiques n'est pas une mince affaire et, dans le cas des pompes à chaleur, il peut y avoir des contraintes d'environnement pour l'installation. Cependant, les avantages financiers et écologiques évidents de la réduction de la demande d'énergie pour le chauffage peuvent constituer une base solide pour les programmes de modernisation.

---

## Quels sont les facteurs essentiels de réussite ?

Comme dans d'autres domaines, il est important de choisir la bonne technologie de pompe à chaleur pour l'application donnée et de se demander s'il est judicieux d'ajouter un système de stockage de la chaleur à l'installation.

# Action n° 9 : déployer des systèmes intelligents de gestion des bâtiments

Selon le Programme des Nations unies pour l'environnement, le bâtiment représente environ 40 % de la consommation totale d'énergie et 30 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Dans le cas de l'industrie, c'est peu surprenant dans la mesure où les bâtiments et les infrastructures connexes sont rarement conçus dans une optique d'efficacité énergétique. Au contraire, les usines, les entrepôts et autres structures industrielles, ainsi que les actifs auxiliaires tels que l'éclairage et les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC), sont généralement conçus de façon à réduire les dépenses d'investissement, souvent au détriment de l'efficacité énergétique. Cela signifie que les possibilités sont nombreuses pour réaliser des économies et des gains d'efficacité grâce à des interventions relativement simples et rapidement rentabilisées. Une bonne isolation des bâtiments est sans doute l'un des moyens les plus rapides et les plus rentables de réaliser des économies d'énergie.

Les installations industrielles peuvent économiser de l'énergie et des coûts en installant des systèmes numériques pour contrôler les systèmes CVC, l'éclairage, les stores, etc. Ces systèmes détectent généralement le moment où les personnes ne sont plus présentes dans l'environnement et réagissent en conséquence, en tamisant ou en éteignant les lumières et en fermant les fenêtres et les stores pour diminuer le gaspillage d'énergie.

## Qu'est-ce que cela implique ?

L'objectif d'un système informatisé de gestion (ou d'automatisation) des bâtiments (SGB) est de surveiller et de réguler les équipements électriques et mécaniques d'un bâtiment, tels que les systèmes d'alimentation, l'éclairage et la ventilation. L'intelligence artificielle (IA) peut être utilisée pour analyser les schémas d'utilisation des bâtiments et ajuster les températures, presque sans aucune intervention. On peut obtenir des effets similaires à l'aide de compteurs intelligents et de thermostats intelligents pour adapter les conditions de vie dans les bâtiments aux besoins en temps réel des travailleurs, plutôt que d'avoir recours à des systèmes de chauffage, de refroidissement et de ventilation permanents qui sont sources de gaspillage.

## Quelles sont les répercussions ?

Un SGB peut généralement contrôler environ 40 % des charges énergétiques d'un bâtiment commercial, et jusqu'à 70 % si le système couvre également l'éclairage. Dans un environnement industriel, l'impact d'un SGB dépendra de la mesure dans laquelle les charges du bâtiment et des procédés industriels sont gérées séparément.

## Est-ce compliqué à mettre en oeuvre ?

La difficulté d'installer un SGB dépend du nombre de sous-systèmes du bâtiment qu'elle couvre, les déploiements avancés pouvant s'étendre à des applications telles que la sécurité incendie et le contrôle des accès, ainsi que le CVC et l'éclairage. Au niveau de l'utilisateur, le but d'un SGB est de lui faciliter la vie, par exemple en éteignant les lumières et les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation lorsqu'il n'y a personne.

## Quels sont les facteurs essentiels de réussite ?

Un enjeu courant avec les SGB est que, souvent, toutes les fonctionnalités du système ne sont pas utilisées ; les performances ne sont donc pas optimisées et le retour sur investissement est réduit. Pour surmonter ce problème, les chercheurs affirment qu'il est important de tenir compte de la mise en service, de la participation de l'utilisateur au cahier des charges du SGB et de la perception des performances du fournisseur

# Action n° 10 : déplacer les données vers le cloud

La demande de services numériques connaît une croissance rapide. Bon nombre des opportunités en matière d'efficacité énergétique énumérées dans ce rapport reposent sur une puissance massive en termes de stockage de données et de calcul afin de pouvoir analyser les informations de fonctionnement. Mais le stockage et l'utilisation des données nécessitent de l'énergie. La consommation mondiale d'électricité des centres de données en 2021 se situait entre 220 à 320TWh, soit environ 0,9 à 1,3 % de la demande finale mondiale d'électricité. Ce chiffre ne tient pas compte de l'énergie utilisée pour l'extraction de crypto-monnaies, qui représente 100 à 140TWh supplémentaires en 2021. La demande mondiale de traitement des données a connu une croissance rapide et n'est pas prête de diminuer ; bien au contraire. C'est pourquoi l'industrie technologique a mis l'accent sur l'efficacité énergétique. Elle a réalisé des gains impressionnants grâce à des concepts tels que la virtualisation des serveurs et le cloud computing. D'autres gains ont été obtenus grâce à des équipements à rendement énergétique élevé, comme les systèmes CVC, les moteurs et les variateurs de vitesse, ainsi qu'à l'utilisation de la chaleur résiduelle des centres de données, autant d'opportunités mises en évidence dans ce rapport. Les organisations industrielles cherchant à améliorer leur efficacité énergétique peuvent tirer parti de bon nombre de ces gains associés à une utilisation plus intelligente des données et à une gestion basée sur le cloud.

## Qu'est-ce que cela implique ?

Le transfert des données vers le cloud est essentiel à l'exploitation des informations sur les actifs et les procédés industriels, ainsi qu'à l'application des analyses pour optimiser le fonctionnement des systèmes et leur consommation d'électricité. Les recherches suggèrent en outre que les centres de données sur le cloud sont eux-mêmes environ 90 % plus efficaces sur le plan énergétique que les méthodes informatiques physiques locales.

## Quelles sont les répercussions ?

La transition du traitement des données sur site, géré de façon privée, à un centre de données sur le cloud présente de multiples opportunités en matière d'efficacité énergétique. Les économies d'échelle associées à la consolidation des centres de données peuvent être importantes en termes de coûts. Les fournisseurs de cloud reconnaissent également que le refroidissement des centres de données est l'une des plus grandes dépenses d'exploitation de leur entreprise, si ce n'est la plus grande, aussi cherchent-ils activement à améliorer leur efficacité énergétique.

## Est-ce compliqué à mettre en oeuvre ?

La transition des charges de travail informatiques et de la gestion des données vers le cloud est une proposition relativement simple pour la plupart des entreprises. De nombreuses charges de travail informatiques peuvent être transférées par une simple transaction d'abonnement à un service cloud, tandis que d'autres nécessitent une mise en place plus coûteuse et plus complexe, généralement avec un partenaire technologique.

## Quels sont les facteurs essentiels de réussite ?

L'efficacité de l'utilisation de l'énergie, c'est-à-dire la quantité d'énergie qui finit par être utilisée pour le traitement, est peut-être la mesure la plus importante dans la conception des centres de données, ce qui souligne l'importance de l'efficacité énergétique pour l'industrie. Parmi les moyens d'améliorer cette efficacité de l'utilisation de l'énergie, on trouve : l'extinction des équipements technologiques inactifs, la consolidation et la virtualisation des serveurs et du stockage, la distribution de l'énergie à des tensions plus élevées, l'utilisation de jeux de puces et de fonctions de gestion économes en énergie et l'installation de systèmes d'alimentation sans coupure à rendement élevé.



**04. LES CONSEILS  
POUR LA GESTION DE  
L'ÉNERGIE DANS  
L'INDUSTRIE.**

## 4- Les Conseils pour la gestion de l'énergie dans l'industrie.

### L'ÉCLAIRAGE

#### **CONSEILS :**

1. Le premier gisement d'économies d'énergie réside dans le comportement éco-citoyen et la prise de conscience de toutes les personnes présentes sur le site de l'entreprise : personnels, clients, sous-traitants, etc.
2. Faire nettoyer régulièrement les vitres, les lampes, etc.
3. Placer les postes de travail de façon à profiter au mieux de la lumière naturelle, faire concorder zones à éclairer et activités afin de gérer au mieux les zones à éclairer.
4. Mettre en place des commandes d'éclairage indépendantes « côté vitrages » afin d'adapter au mieux la luminosité en fonction de l'éclairage naturel.
5. Nettoyer et faire repeindre régulièrement les locaux dans des tons clairs.
6. Eteindre les lumières en quittant les bureaux, ateliers, etc.
7. Les systèmes de gestion : dans les locaux occupés par intermittence, il peut être utile de mettre en place un détecteur de présence tout en veillant à conserver une commande manuelle pour que les occupants puissent intervenir sur l'éclairage.
8. Choisir les lampes en fonction des locaux à éclairer.

## **COMMENT ÉCONOMISER L'ÉNERGIE?**

1. Pour les luminaires à DEL, les économies d'énergie peuvent atteindre 80 % et même plus (75 % pour les luminaires à fluo compactes) par rapport aux luminaires avec ampoules à incandescence.
2. Remplacer les lampes blanches industrielles par des lampes fluorescentes T5 à ballast électronique ou T8 (sans changement de culot, mais moins performantes que les T5).
3. Remplacer les lampes au sodium et aux halogénures métalliques par des lampes à décharge de nouvelle génération de 90 lumens par watt.
4. Remplacer les lampes à vapeur de mercure par des lampes à décharge de nouvelle génération de 90 lumens par watt.
5. L'automatisation de l'éclairage (horloge de programmation, cellule crépusculaire, détecteur de présence), tout comme l'utilisation de sources et de dispositifs annexes plus efficaces (ballasts électroniques, luminaires adaptés, LED ...), génèrent des gains énergétiques importants.

## 4- Les Conseils pour la gestion de l'énergie dans l'industrie.

### MOTEURS ÉLECTRIQUES

#### **CONSEILS :**

1. Assurer l'intermittence de fonctionnement des moteurs : Dans de nombreux cas (circulateurs de chauffage par exemple), les moteurs fonctionnent en permanence alors que les besoins sont intermittents. Il y a là un gisement potentiel d'économies à réaliser avec l'arrêt des moteurs, à condition que les redémarrages ne soient pas incessants.

2. Adapter la vitesse du moteur aux besoins : Pour les installations qui nécessitent une adaptation du débit aux besoins, l'objectif est de satisfaire au plus juste les besoins de l'utilisateur en réduisant la consommation du moteur.

Cela est possible en utilisant un moteur à plusieurs vitesses ou un variateur électronique de vitesse, plus cher mais beaucoup plus souple et performant.

3. Gérer le démarrage des moteurs : Le démarrage induit une surintensité (le courant de démarrage peut atteindre jusqu'à 6 fois celui du régime permanent), ce qui peut générer des troubles de l'installation électrique. Pour des puissances importantes ou des démarrages fréquents, il est nécessaire de les piloter à l'aide d'un système permettant le démarrage et l'arrêt progressifs, ce qui améliorera les performances du moteur, réduisant ainsi les puissances appelées et les surchauffes.

## **COMMENT ÉCONOMISER L'ÉNERGIE?**

1. Entretenir les installations : Les économies réalisables grâce à un entretien régulier peuvent atteindre 30 % du montant des factures.

2. Les variateurs électroniques de vitesse : Les économies d'énergie induites dépendent du temps de fonctionnement annuel du moteur et de la variabilité de la vitesse de rotation. Elles sont en général de 30 à 60 %.

#### **A retenir :**

Le remplacement à l'identique d'un moteur de classe EFF3 par son modèle EFF1 permet de réaliser une réelle économie, principalement avec les moteurs de petite puissance ayant le plus mauvais rendement.

La consommation du moteur représente en effet 95% du coût total, en regard de son achat et de sa maintenance sur sa durée de vie.

## 4- Les Conseils pour la gestion de l'énergie dans l'industrie.

### TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE

#### **CONSEILS :**

1. Maintenance : Les actions de maintenance préventives sont conseillées tous les ans.

2. Réparation : La réparation peut porter sur ;

- la remise à neuf du traitement de surface (peinture et traitement anticorrosion de la cuve) ;
- le remplacement des joints ;
- le remplacement ou le traitement du diélectrique ;
- le rembobinage des enroulements (cas exceptionnel).

3. Le rendement: Le rendement d'un transformateur est maximal pour un facteur de charge de 40%.

Quelle que soit la puissance du transformateur, il existe toujours un maximum, entre le rendement et le facteur de charge, en général aux alentours de 40-50 % de la charge nominale.

Il est souhaitable que le transformateur soit exploité à une charge raisonnable, comprise entre 40 et 60 % de sa charge nominale mais cela dépend aussi d'autres paramètres ( $\cos \phi$ , température ambiante, cycle de charge...). Si la charge est supérieure à 75 %, il faut reconsidérer la puissance du transformateur et envisager une augmentation de sa puissance. A l'inverse, si la charge est inférieure à 40 %, il faut reconsidérer la puissance du transformateur et envisager une réduction de sa puissance.

## **COMMENT ÉCONOMISER L'ÉNERGIE?**

Il n'y a pas de moyen externe permettant de modifier les pertes à vide, car elles ne sont pas influencées par les charges. Par contre, deux moyens externes permettent de réduire les pertes supplémentaires dues à la charge.

### **1. Compensation réactive (batterie de condensateurs) :**

Cette compensation permet d'optimiser l'utilisation de la puissance du transformateur et de réduire les pertes à 50 Hz.

### **2. Filtrage des courants harmoniques :**

Les pertes s'accroissent avec les courants harmoniques.

Il existe plusieurs solutions de réduction des courants harmoniques dans les réseaux pollués : connaissance et réduction du taux d'harmoniques à la source, utilisation d'inductances anti-harmoniques en série avec les condensateurs de compensation du réactif, insertion de filtre passif et/ou actifs, etc.

## 4- Les Conseils pour la gestion de l'énergie dans l'industrie.

### PRODUCTION D'AIR COMPRIMÉ

#### **CONSEILS :**

1. Sur-dimensionner le réseau : ceci augmente le coût de d'installation mais réduit le coût de fonctionnement de l'installation.
2. Dans la pratique on admet dans les tuyauteries d'air comprimé des vitesses de l'ordre de 5 à 20 m/s. Une vitesse d'air limitée à 7 m/s dans les installations courantes est raisonnable et permet ainsi de réduire les consommations d'énergie.
3. La chute de pression ne devrait pas, si possible, excéder 0,2 bar, ou se limiter à une chute de pression de 5% (10% tout au plus).
4. Pour assurer un débit d'air suffisant dans le réseau, il est préférable de placer les équipements et les outils nécessitant une plus forte consommation d'air au plus près du compresseur.
5. Le réseau en boucle fermée permet un approvisionnement stable en air comprimé à un poste de travail ou à un équipement pneumatique par plusieurs chemins à la fois.
6. Une conduite d'air comprimé doit toujours être installée en hauteur, non seulement pour des raisons d'encombrement, mais surtout pour éviter l'engorgement des tuyaux par de l'eau de condensation.
7. Le taux de fuite sur les circuits de distribution est en moyenne de 20 à 25%. Les fuites peuvent représenter entre 40 et 50% de la consommation électrique du compresseur.

### **COMMENT ÉCONOMISER L'ÉNERGIE?**

1. Arrêter les compresseurs en l'absence de besoin d'air comprimé (horloges).
2. Installer des purgeurs automatiques sur les ballons d'air comprimé.
3. Installer un variateur électronique de vitesse sur un des compresseurs d'air comprimé.
4. Installer des filtres d'air à faible perte de charges sur les compresseurs.
5. Régler les compresseurs d'air comprimé en cascade (intervalle de pression différent d'un compresseur à un autre).
6. Installer l'alimentation des compresseurs dans les zones les plus froides de l'usine.
7. Utiliser un échangeur de chaleur pour refroidir l'air d'arrivée aux compresseurs.
8. Installer des compteurs électriques sur les compresseurs pour maîtriser la consommation.
9. Récupérer la chaleur des compresseurs pour chauffer l'eau de procédé.
10. Récupérer l'air chaud de refoulement des compresseurs pour le chauffage des locaux.
11. Installer des séchoirs adéquats à faible perte de charge pour obtenir une bonne qualité d'air comprimé.
12. Installer un ballon d'air comprimé avant le séchoir.

## 4- Les Conseils pour la gestion de l'énergie dans l'industrie.

### DISTRIBUTION D'AIR COMPRIMÉ

#### **CONSEILS :**

1. Un compresseur ne devrait, si possible, pas fonctionner plus de 75% du temps de travail.
2. La consommation électrique pour une installation bien optimisée devrait être comprise entre 90 et 120 Wh/Nm<sup>3</sup>.
3. Éviter de relier les compresseurs au circuit d'air comprimé via des conduites rigides, afin d'empêcher la transmission des vibrations au réseau.
4. Installer les compresseurs d'air près des équipements gros consommateurs d'air comprimé.
5. Vérifiez si vous avez toujours besoin de produire de l'air comprimé à cette pression (en général, les machines ne nécessitent que 6 bars). Une diminution de la pression de 1 bar génère quelque 5% d'économie d'électricité.
6. Le manque de maintenance peut coûter 15% de la facture d'électricité d'air comprimé.
7. Plus l'air est froid, propre et sec, meilleures seront les performances de votre installation.

## **COMMENT ÉCONOMISER L'ÉNERGIE?**

1. Réduire la pression de l'air à la valeur minimale permise par les différents procédés.
2. Arrêter le refroidissement par l'air comprimé lorsque l'air ambiant peut refroidir les procédés et les machines.
3. Réduire l'utilisation de l'air comprimé à la valeur minimale dans le refroidissement des produits ou des machines et dans l'agitation.
4. Éliminer l'utilisation de l'air comprimé pour le refroidissement des produits ou des machines, pour l'agitation ou pour le confort du personnel.
5. Remplacer le refroidissement à air comprimé par un refroidissement à eau.
6. Boucler le réseau d'air comprimé dans les ateliers.
7. Utiliser des buses venturi pour réduire la consommation d'air comprimé au niveau des équipements.
8. Utiliser des soupapes solénoïdes sur le circuit d'alimentation d'air comprimé lorsque le procédé est à l'arrêt.
9. Éliminer les fuites sur les conduites et les vannes du système de distribution d'air comprimé.
10. Diminuer les chances de fuites en éliminant des lignes de distribution d'air comprimé qui sont inutilisées.

## 4- Les Conseils pour la gestion de l'énergie dans l'industrie.

### PRODUCTION DE VAPEUR

#### **CONSEILS :**

1. Réparer ou installer le calorifugeage des conduites de vapeur, vannes et raccords.
2. Récupérer la chaleur des purges chaudières pour chauffer l'eau alimentaire via des échangeurs de chaleur.
3. Régler l'excès d'air à 10% pour les gaz et à 30% pour le fuel lourd.
4. Régler la pression de la chaudière à la valeur la plus faible possible en fonction des besoins en température.
5. Réparer et éliminer les fuites de vapeur dans la chaufferie.
6. Calorifuger la bâche alimentaire.
7. Installer un conductivimètre automatique (online) sur la chaudière pour régler la purge chaudière.
8. Former le personnel d'exploitation de la chaufferie.
9. Installer des équipements de mesure, de contrôle et de surveillance.
10. Mesurer le débit de vapeur et de condensat.
11. Encourager, via des échangeurs de chaleur, la cogénération de la chaleur et de la puissance électrique.

## **COMMENT ÉCONOMISER L'ÉNERGIE?**

1. Préchauffer l'air de combustion : gain de 1 à 2% sur le combustible.
2. Aspirer l'air de combustion par le haut de la chaufferie (l'air chaud se trouve toujours en hauteur).
3. Récupérer les condensats du barillet et le retourner à la bâche alimentaire.
4. Éviter de placer le brûleur en face de la porte de la chaufferie.
5. Utiliser la pression la plus faible possible pour les systèmes de distribution et de traçage.
6. Récupérer la chaleur des fumées pour préchauffer l'eau alimentaire.
7. Eteindre le système de traçage vapeur en été quand cela est possible.
8. Utiliser des fluides thermiques au lieu de la vapeur dans les systèmes de traçage vapeur.
9. Utiliser les rejets des adoucisseurs pour le lavage des sols en ciment.
10. Analyser quotidiennement la dureté de l'eau d'alimentation de la chaudière.
11. Acquérir un analyseur de combustion pour le contrôle de la combustion.
12. Remplacer les chaudières à combustible fossiles par des chaudières à biomasse.

## 4- Les Conseils pour la gestion de l'énergie dans l'industrie.

### DISTRIBUTION DE VAPEUR

#### **CONSEILS :**

1. Réparer ou installer le calorifugeage des conduites de condensat.
2. Réparer ou installer le calorifuge des conduites de vapeur.
3. Fermer les lignes de vapeur conduisant à des machines hors fonctionnement.
4. Réparer et éliminer les fuites de vapeur sur les conduites et sur les vannes.
5. Réparer et éliminer les fuites de vapeur aux stations de détente.
6. Réparer et éliminer les fuites de vapeur des procédés.
7. Mettre en application un programme et des mesures d'entretien pour les purgeurs de vapeur.
8. Optimiser le diamètre des conduites de vapeur et de condensat.
9. Déterminer la bonne localisation des plaques d'alimentation sur les équipements pour assurer un rendement maximal et minimiser la consommation en vapeur.
10. Utiliser la vapeur sèche au lieu de la vapeur vive pour alimenter certains équipements.
11. Adopter un programme de traitement chimique de l'eau de chaudière.

### **COMMENT ÉCONOMISER L'ÉNERGIE?**

1. Enlever la tuyauterie de vapeur et de condensat inutile.
2. Réaliser le retour des condensats à la chaudière.
3. Réaliser la détente «flash» des condensats pour produire de la vapeur à basse pression.
4. Utiliser les condensats comme source d'eau chaude.
5. Utiliser la pression la plus faible possible pour les systèmes de distribution et de traçage.
6. Substituer l'eau chaude rejetée à la vapeur.
7. Changer la disposition de la tuyauterie ou relocaliser l'appareillage pour raccourcir la tuyauterie.
8. Remettre les postes de réduction de pression en état.
9. Utiliser des condensats surfaciques au lieu de condensats barométriques.
10. Nettoyer les conduites de vapeur dans les tanks des procédés.
11. Entretien des jets de vapeur utilisés dans les systèmes à vide.
12. Optimiser le fonctionnement des jets de vapeur dans les systèmes à vide à multiple effet.
13. Revaporiser les condensats pour produire de la vapeur basse pression.

## 4- Les Conseils pour la gestion de l'énergie dans l'industrie.

### GÉNÉRATION DE FROID

#### **CONSEILS :**

1. HP flottante : Adapter la pression de condensation selon l'évolution des températures médium de refroidissement (en général de l'air).
2. BP flottante : permettre une remontée de la température d'évaporation, donc réduire le taux de compression et améliorer le COP.
3. Vitesse variable : le gain énergétique varie de 10 à 25%.
4. Moteurs performants : l'utilisation de moteurs à haute performance pour pompes et surtout compresseurs est souhaitable pour les petits moteurs 2 et 4 pôles, de 1.1 à 11 kW. Le gain va de 80 à 25%. Le gain est de 20 à 10 % environ pour les moteurs de 15 à 90kW.
5. Augmenter la surface des échangeurs, condenseurs, évaporateurs, l'impact sur la condensation et l'évaporation améliore le COP.
6. Privilégier l'installation de plusieurs machines.
7. Récupérer la chaleur des circuits hydrauliques (rejets, eau de condensation, eau de lavage...) pour servir de source chaude à une pompe à chaleur.
8. Installer un système de gestion centralisée.

## **COMMENT ÉCONOMISER L'ÉNERGIE?**

1. Maîtrise des pertes de charge : Une perte de charge côté aspiration ou refoulement se traduit par une augmentation du taux de compression donc de l'énergie consommée.
2. Rideaux d'air : Installer des rideaux d'air dans les chambres froides négatives.
3. Fluide frigorigène : Evaluer l'intérêt du R410A au lieu du R404A: les performances énergétiques améliorées de 10% environ.

# 4- Les Conseils pour la gestion de l'énergie dans l'industrie.

## ACCUMULATION DE FROID

### CONSEILS :

Des systèmes d'accumulation de froid peuvent être mis en oeuvre sur toutes les installations ayant des besoins en énergie, variables en 24 heures. Si ces installations sont basées sur des matériels frigorifiques traditionnels, ceux-ci doivent être dimensionnés sur les valeurs de pointe.

Considérablement surdimensionnés, ils ont donc un mauvais rendement général, vu que la machine frigorifique ne travaille à plein régime qu'une fraction de la journée. Un accumulateur de glace résout ce problème, dans la mesure où ce sont dans les périodes à bas tarif électrique que l'énergie thermique est accumulée.

Pour couvrir les besoins et demandes de pointe, l'on a recours à l'énergie accumulée, ce qui permet d'augmenter le rendement de façon significative

## COMMENT ÉCONOMISER L'ÉNERGIE?

### AVANTAGES DU STOCKAGE D'ENERGIE THERMIQUE

Pour réduire :

- la taille du groupe de froid : de 30 à 70 % ;
- la quantité de fluides réfrigérants ;
- la taille des tours de refroidissement ou des aéro-réfrigérants ;
- la puissance électrique souscrite : de 30 à 80 % ;
- les nuisances sonores ;
- les arrêts / marches du groupe frigorifique ;
- les coûts de maintenance ;
- les coûts d'exploitation.

Pour augmenter :

- la puissance froide de l'installation ;
- l'efficacité énergétique du groupe de froid ;
- la régularité du profil de la charge électrique ;
- le rendement et la fiabilité de l'installation ;
- la durée de vie du système ;
- la flexibilité du système ;
- la gestion de l'énergie.

Pour un développement durable :

- meilleure gestion de l'énergie thermique ;
- maîtrise de la demande électrique et énergétique (énergie primaire utilisée pour produire l'électricité) ;
- diminution de la consommation d'énergie primaire des centrales électriques ;
- diminution des gaz à effet de serre.

### TYPES D'ACCUMULATION

- Un stockage total de la charge frigorifique durant la nuit ;
- Un stockage partiel pour limiter la pointe frigorifique ;
- Un stockage partiel avec une utilisation spécifique à la gestion de la pointe quart horaire.

## 4- Les Conseils pour la gestion de l'énergie dans l'industrie.

### Tours de réfrigération

#### **CONSEILS :**

Il existe trois technologies de tours de refroidissement :

##### **Le refroidissement atmosphérique ouvert : la « tour ouverte »**

L'eau est pulvérisée dans l'air qu'un ventilateur pulse à travers la tour de refroidissement. Une partie de l'eau s'évapore. Simultanément, elle refroidit le reste de l'eau qui retourne vers le condenseur. L'eau évaporée est continuellement remplacée par de l'eau fraîche spécialement traitée. Cette configuration entraîne donc une consommation d'eau, estimée à 1,5 litre par kWh dissipé. Elle se rencontre généralement dans les installations de plus de 1000 kW.

Avantages :

- Coût
- Rendement (échange direct)
- Encombrement
- Poids

##### **Le refroidissement atmosphérique fermé : la « tour fermée »**

L'échangeur de chaleur eau/air est également aspergé d'eau quand la puissance de réfrigération est élevée. Cette eau d'aspersion constitue toutefois un circuit autonome. Pour cette installation il faut compter environ 20 % d'emplacement supplémentaire au sol et 50 % de budget en plus par rapport à la tour ouverte.

## **COMMENT ÉCONOMISER L'ÉNERGIE?**

### **Le refroidissement atmosphérique fermé : l'aéro-refroidisseur ou «dry-cooler»**

Il n'y a pas d'aspersion d'eau, c'est le ventilateur qui pulse simplement l'air extérieur dans une batterie d'échange. Technologiquement, il s'agit d'un condenseur à air, à la seule différence que c'est de l'air qui le parcourt et non du fluide frigorigène.

### **La tour de refroidissement à circuit fermé hybride**

Les systèmes de refroidissement hybrides conjuguent le meilleur des deux systèmes : le refroidissement évaporatif en été, alliant température basse et consommation d'énergie inférieure et le refroidissement sec dans les saisons plus fraîches.

## 4- Les Conseils pour la gestion de l'énergie dans l'industrie.

### FOURS ET SÈCHEURS

#### **CONSEILS :**

1. Réglage approprié des brûleurs.
2. Vérification de l'excès d'air et des corps combustibles dans les gaz de combustion.
3. Nettoyage des surfaces des échangeurs de chaleur.
4. Remplacement ou réparation d'isolants manquants ou endommagés.
5. Remise en place des portes et des couvercles.
6. Vérification périodique de la pression du four.
7. Planification de la production pour maintenir le rendement des fours.
8. Installation d'un appareillage de surveillance approprié.
9. Récupération de la chaleur sur les fours pour une utilisation dans les sècheurs.
10. Commande automatique de l'humidité et de la température régnant à l'intérieur du séchoir.
11. Dans les sècheurs, installation de ventilateurs à impulsion répartis dans différentes zones, avec un apport thermique indépendant (réglable par zone) pour obtenir la température nécessaire.
12. Une meilleure étanchéité des fours, notamment grâce à des caissons métalliques et à des joints de sable ou d'eau pour les fours tunnel et les fours intermittents, permettant de réduire les pertes de chaleur.

### **COMMENT ÉCONOMISER L'ÉNERGIE?**

1. Une meilleure isolation thermique des fours, notamment grâce à l'utilisation de revêtements réfractaires ou de fibres céramiques (laine minérale), permettant de réduire les pertes de chaleur.
2. De meilleurs revêtements réfractaires des fours et des supports de wagonnets, permettant de réduire le temps d'arrêt pour refroidissement et, donc, les pertes de chaleur associées « pertes à la sortie »).
3. Utilisation de brûleurs à haute impulsion pour améliorer l'efficacité de la combustion et le transfert thermique.
4. Remplacement de fours anciens par des fours tunnels neufs, plus grands et plus larges ou de même capacité ou - si le procédé de fabrication le permet - par des fours à cuisson rapide (p. ex. des fours à rouleaux), permettant de réduire la consommation spécifique en énergie.
5. Optimisation (minimisation) du passage entre le séchoir et le four ainsi que l'utilisation de la zone de préchauffage du four pour finir le procédé de séchage - si le procédé de fabrication le permet - permettant d'éviter de refroidir inutilement les produits séchés avant de procéder à leur cuisson.

## 4- Les Conseils pour la gestion de l'énergie dans l'industrie.

### POMPES ET VENTILATEURS

#### **CONSEILS :**

1. Vérifier et régler régulièrement les entraînements par courroie des ventilateurs (poulies bien centrées et courroies bien tendues).
2. Graisser les composants des ventilateurs selon les instructions du constructeur.
3. Nettoyer régulièrement les composants du ventilateur.
4. Réparer les fuites des gaines et de composants pour réduire les coûts énergétiques.
5. Nettoyer ou remplacer périodiquement les filtres pour que la pression différentielle du ventilateur demeure minimale.
6. Mettre en application un programme d'inspection et d'entretien préventif.
7. Réduire la vitesse du ventilateur, pour assurer un débit d'air optimal, avec les registres d'équilibrage ouverts au maximum, pour une distribution équilibrée de l'air.
8. Améliorer le raccord des gaines d'entrée et de sortie du ventilateur.
9. Arrêter les ventilateurs lorsque leur fonctionnement n'est pas nécessaire.
10. Installer un variateur électronique de vitesse lorsque le débit est variable.
11. Remplacer les moteurs surdimensionnés.
12. Diviser les systèmes de ventilation en sous-systèmes.
13. Installer un système de gestion d'énergie à microprocesseur

## **COMMENT ÉCONOMISER L'ÉNERGIE?**

1. S'assurer que les joints de presse-étoupes des pompes sont bien ajustés.
2. Maintenir le jeu aux roues et aux joints des pompes.
3. Arrêter les pompes lorsque leur fonctionnement n'est pas nécessaire.
4. Remplacer les joints de presse étoupe de l'arbre par des joints mécaniques.
5. Rogner la roue de la pompe pour qu'elle réponde aux exigences de débit et de hauteur.
6. Installer un variateur électronique de vitesse pour répondre à la demande du débit liquide.
7. Remplacer les moteurs surdimensionnés.
8. Installer un système de gestion d'énergie à microprocesseur.
9. Des économies d'énergie électrique sont réalisables dans le cas d'une pompe à vitesse constante approvisionnant plusieurs points d'utilisation. Les résultats d'études démontrent que des économies d'énergie importantes sont réalisables dans le cas de pompes en série à vitesse constante.
10. Améliorer l'aspiration et le refoulement grâce à une réduction des restrictions au transfert, des turbulences et des pertes de charge par frottement ;
11. Abaisser les pressions de fonctionnement des pompes si possible.

*L'EXCELLENCE EST UN ART QUE NOUS PRATIQUONS  
CHAQUE JOUR. NOUS CROYONS EN SURPASSER LES  
ATTENTES, PAS SEULEMENT LES SATISFAIRE !!!*



Mohamadia Ben Arous , 1145



[contact@electricite-batiment.tn](mailto:contact@electricite-batiment.tn)

[contact@transfo.tn](mailto:contact@transfo.tn)

[contact@installation-pv.com](mailto:contact@installation-pv.com)



+216 - 97 646 266



[www.electricite-batiment.tn](http://www.electricite-batiment.tn)

[www.installation-pv.com](http://www.installation-pv.com)

[www.transfo.tn](http://www.transfo.tn)