



Département de Génie Industriel et électrique

3^{ème} année Cycle Ingénieur G3EI

Efficacité énergétique dans l'industrie

PR. AZZABAKH ANISS



I. Introduction à l'efficacité énergétique:

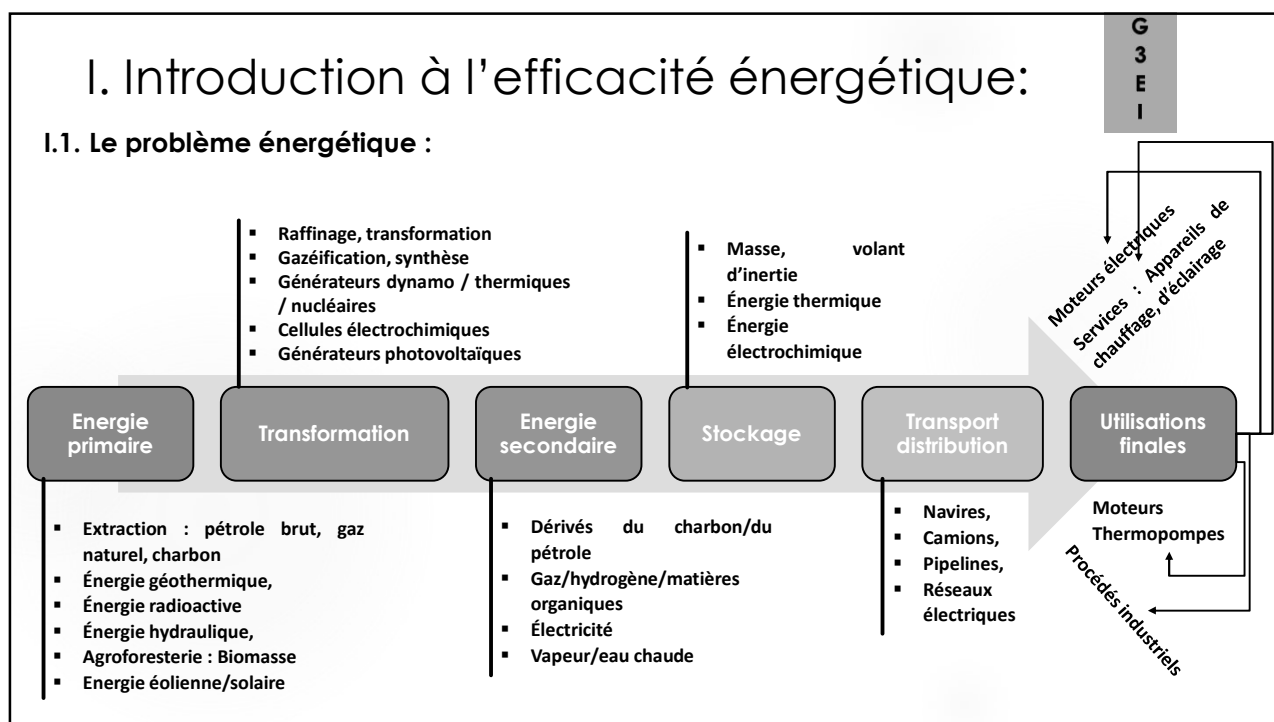
G
3
E
I

I.1. Le problème énergétique :

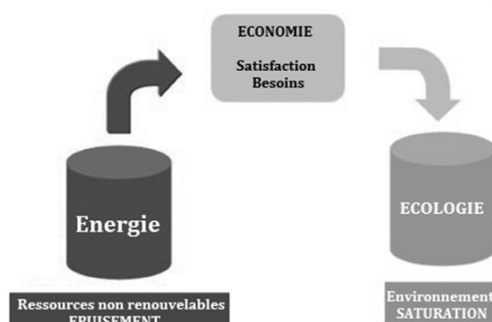
- ▶ Le problème énergétique y environnemental existant à niveau mondial, qui se manifeste par un horizon fini et proche pour les combustibles non renouvelables et le réchauffement du planète à travers l'effet de serre, a incité les différents administrations à implanter des politiques énergétiques dirigées pour promouvoir l'utilisation rationnelle de l'énergie et l'efficacité énergétique.
- ▶ Ces propositions se manifestent en un bénéfice pour l'environnement et pour l'économie nationale, vu qu'elles réduisent la facture énergétique et, à travers, l'intensité énergétique du système productif, au moment qu'on réduise l'émission de contaminations que la consommation des combustibles fossiles génèrent.
- ▶ Ainsi, la stratégie globale et locale dans le milieu énergétique à développer devra prévaloir l'efficacité énergétique, suite à son effet favorable au milieu ambiant et son incidence sur la microéconomie du pays y l'économie des utilisateurs.

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

I.1. Le problème énergétique :



I. Introduction à l'efficacité énergétique:



- Suite à cette politique, l'efficacité énergétique a été renforcée et l'économie d'énergie comme pilier de base de nouvel modèle énergétique au Maroc a été pris en considération.
- Plus de 7840 unités appartenant à l'industrie de transformation, 1855 entreprises, représentent près de 90% de l'énergie totale consommée par le secteur.
- Consommation près de 2.8 MTEP et rejet de 5,99 millions te-CO₂
- 12-15 % d'économie d'énergie pour l'industrie en 2020

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

Domaines de travail en matière de durabilité



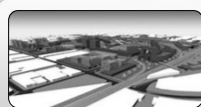
Energie, efficacité et changements climatiques

Recherche et application de mesures d'efficacité énergétique, de réduction des émissions de carbone et GES et de développement des énergies renouvelables.



Mobilité et transport

L'efficacité énergétique est une partie importante du débat sur la mobilité et le transport (planification et gestion des réseaux de transport : marchandises, terrestres, maritimes ou aériennes).



Rénovation urbaine et construction

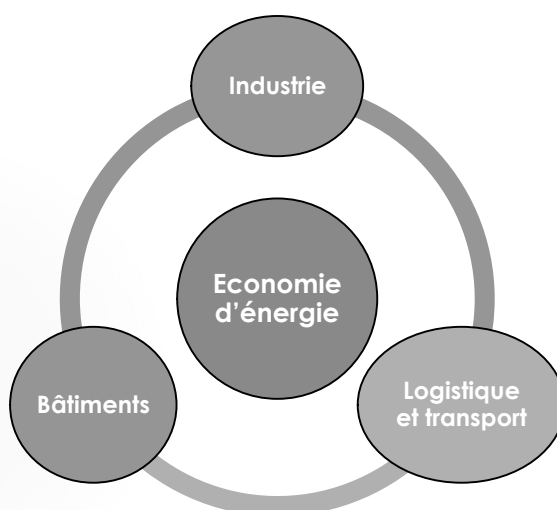
Développement du territoire. Résolution des problèmes de développement urbain hérité du passé, les erreurs du présent et les solutions de planification pour l'avenir.



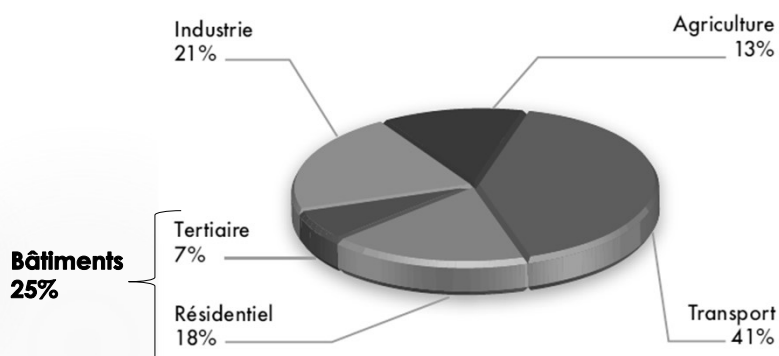
Certification de l'efficacité énergétique des bâtiments

Au-delà de l'urbanisme, les ingénieurs industriels sont responsables de la certification de l'efficacité énergétique des bâtiments et proposent des mesures pour y parvenir.

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

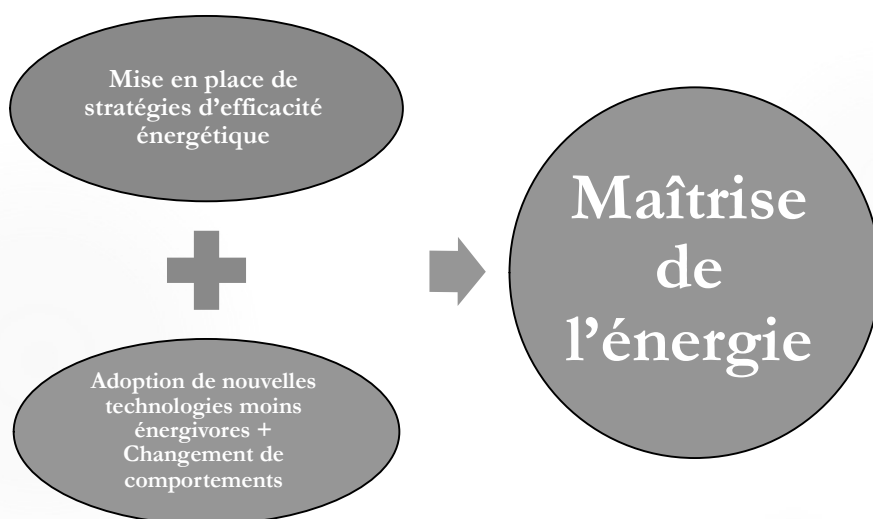


I. Introduction à l'efficacité énergétique:



Source : Les bonnes pratiques de l'Efficacité Énergétique dans le bâtiment, ADEREE,

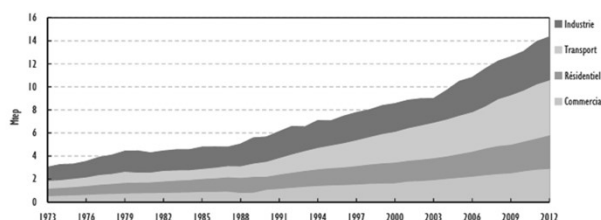
I. Introduction à l'efficacité énergétique:



I. Introduction à l'efficacité énergétique:

G
3
E
I

- Les secteurs du transport et de l'industrie sont les plus gros consommateurs d'énergie au Maroc et totalisent à eux deux près de 60 % de la consommation totale d'énergie finale – 33.2 % pour le transport et 26 % pour l'industrie en 2012.



Consommation totale d'énergie finale par secteur 1973 - 2012

- La consommation de pétrole reste la source principale d'émissions de CO₂ au Maroc (72.6 % des émissions totales), suivie par le charbon (22.7 %) et le gaz naturel (4.8 %).
- Les secteurs affichant les émissions les plus élevées à partir de combustibles sont l'industrie (14.7 %). Les émissions du secteur industriel ont augmenté de 47.5 % depuis 2002.

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

G
3
E
I

- En 2011, le Maroc s'est doté de la loi n° 47-09 relative à l'efficacité énergétique. Cette loi a pour objectif principal de renforcer l'efficacité énergétique dans les secteurs clés de l'économie.
- Depuis, dans le secteur de l'industrie, deux mesures d'efficacité énergétique ont été mises en œuvres :
 - La 1ère : Introduction au niveau de la loi 47-09 de l'obligation d'audit énergétique pour les industries énergivores.
 - La 2ème : la mise en place d'un tarif préférentiel, dit de « super-pointe », pour les industries qui déplacent volontairement leur consommation d'énergie pendant les périodes de pointe. L'industrie de la sidérurgie a d'ores et déjà adhéré à ce programme volontaire afin de réduire ses factures d'énergie.

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

G
3
E
I

- Les audits énergétiques constituent un instrument de premier ordre pour que permettre des économies d'énergie potentielles du secteur industriel de notre pays peut être pris en valeur. Dans le secteur industriel, ces audits ont un triple objectif :
- ① Régler les consommations réelles de l'usine aux consommations nominales, en révisant les équipements, les processus et en garantissant un bon maintien des installations.
- ② Réduire les consommations nominales, en introduisant de nouvelles technologies qui augmentent l'efficacité du consommation énergétique.
- ③ Rapprocher les consommations énergétiques de l'usine aux minimums thermodynamiquement admissibles, en minimisant la demande du processus en mettant à profits les flux de déchets et l'optimisation de l'exploitation des services énergétiques.

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

G
3
E
I

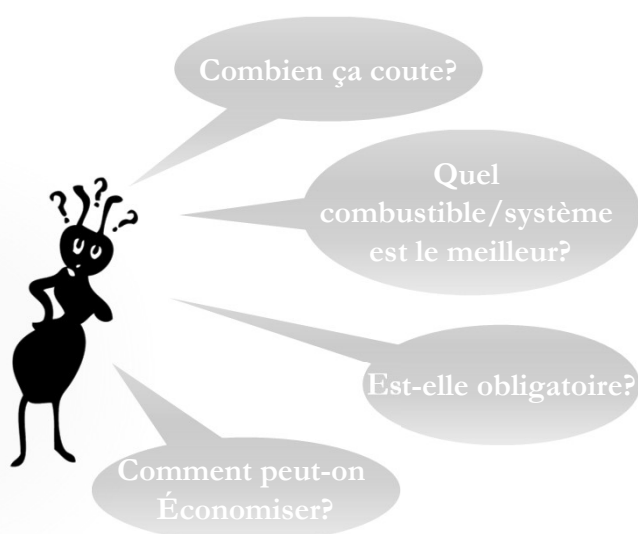
- Les audits énergétiques constituent un instrument de premier ordre pour que permettre des économies d'énergie potentielles du secteur industriel de notre pays peut être pris en valeur. Dans le secteur industriel, ces audits ont un triple objectif :
- De cette approche de l'économie et l'efficacité énergétique, l'audit est un outil efficace pour identifier les scénarios où la consommation d'énergie est inefficace, également établir des améliorations possibles dans les mesures techniques et organisationnelles visant à améliorer l'économie d'énergie du système sur lequel il est appliqué.
- De ce qui précède, on peut déduire que l'audit énergétique est l'outil stratégique le plus appropriée pour ouvrir l'industrie à l'économie et l'efficacité énergétique.

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

G
3
E
I

- L'efficacité énergétique, les économies et la diversification de l'énergie, l'utilisation des énergies résiduelles et les énergies renouvelables, visent à obtenir un rendement énergétique optimale pour chaque processus ou un service dans lequel leur utilisation est essentielle, sans impliquer une diminution de la productivité ou de la qualité ou du niveau de confort du service. Le terme optimal implique, donc, un compromis entre les aspects énergétiques, économiques et de productivité ou de fourniture d'un service.
- À cette fin, en un audit on évalue énergétiquement le fonctionnement de l'installation, on analyse les améliorations possibles du processus ou de l'équipement et on détermine les investissements à réaliser et leurs périodes de retour, en proposant la mise en œuvre de ces mesures d'économie et d'efficacité énergétique les plus intéressantes.

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

G
3
E
I

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

- ▶ La consommation d'énergie est un facteur clé pour la compétitivité des entreprises:
 - Eclairage ;
 - Chauffage ;
 - Climatisation ;
 - Systèmes de contrôle ;
 - Enveloppes ;
 - Systèmes informatiques.
- ▶ Par conséquent, l'implantation des outils de gestion énergétique est le meilleur moyen pour atteindre une utilisation efficace de l'énergie et pour réduire les coûts associés et améliorer la compétitivité.

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

I.2. La consommation d'énergie industrielle :

1.2.1. Installations thermiques dans l'industrie :

- ▶ L'industrie a besoin d'une grande quantité d'énergie thermique et électrique pour mener à bien leur processus de production.
- ▶ L'énergie est utilisée comme une ressource nécessaire et indispensable pour élaborer des produits avec la qualité requise.
- ▶ Par conséquent, comme tout autre service, nous devons l'acquérir ou la transformer, l'adapter aux besoins de son utilisation, la transporter vers les points de consommation et enfin, de permettre sa utilisation finale par les consommateurs.
- ▶ En outre, étant donné que l'énergie ne se détruit pas, on doit récupérer l'énergie résiduelle restante après utilisation lorsque cela est techniquement faisable et économiquement fiable.

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

G
3
E
I

- Dans le cas de l'énergie thermique, celle-ci est portée aux processus au moyen des fluides caloporteurs, qui prennent l'énergie thermique du combustible à travers dans le système de génération, la transporter et la transférer pour sa consommation dans les équipements de processus.

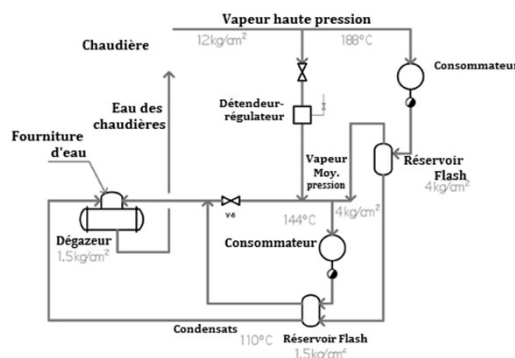


Fig. : Schéma d'une installation de vapeur

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

G
3
E
I

1.2.2. Systèmes de production :

- L'énergie arrive à l'installation sous forme de combustible liquide, solide, gaz ou électrique et se consomme directement dans les équipements de production thermique:
 - Calorifique : si en eux se produit un réchauffement des fluides caloporteurs, par exemple, les chaudières de vapeur, d'eau surchauffée et d'eau chaude ou les fours de huile thermique.
 - Frigorifique : dans des systèmes qui réalisent le refroidissement de fluides caloporteurs, par exemple, les tours de refroidissement ou installations frigorifiques.
- Une étude énergétique pour améliorer l'efficacité énergétique de ces systèmes, entrainera normalement d'énorme économie d'énergie dans l'usine en raison de la consommation élevée de l'énergie qui se réalise en eux.

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

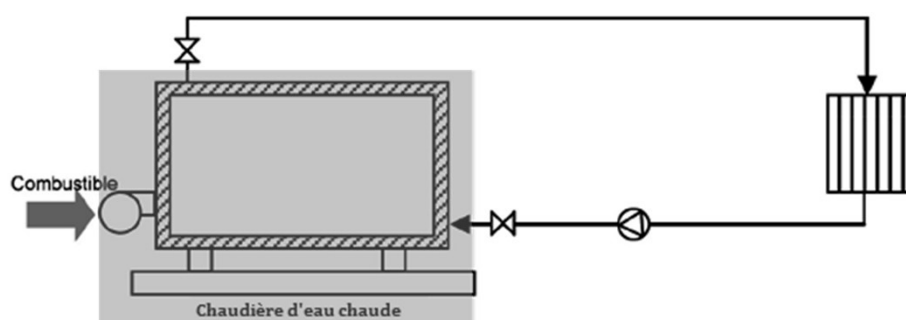
G
3
E
I

Fig. : Système de production

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

G
3
E
I

1.2.3. Systèmes de distribution :

- ▶ Les équipements de production produisent le réchauffement ou refroidissement de fluides caloporteurs (eau, vapeur, huile thermique, etc...) qui doivent être distribués dans l'usine jusqu'à les points de consommation finaux.
- ▶ Le transport de ces fluides nécessite l'utilisation de systèmes de pompage (liquides), ventilation (gaz) ou compresseurs (air comprimé). Le transport est réalisé à l'aide de réseaux hydrauliques dont la configuration dépend du type d'énergie transportée.
- ▶ L'importance dans la maintien de ces réseaux de distribution est crucial, car les inefficacités impliquent des augmentations dans la consommation énergétique, car elles sont des pertes directes de cette énergie déjà transformée.
- ▶ Les caractéristiques les plus souhaitables dans un fluide caloporteur sont les suivantes :

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

G
3
E
I

- Présenter une haute chaleur spécifique.
- Avoir des meilleurs coefficients de transfert thermique ($\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$).
- S'obtenir à un prix bas.
- Être stable et de longue durée.

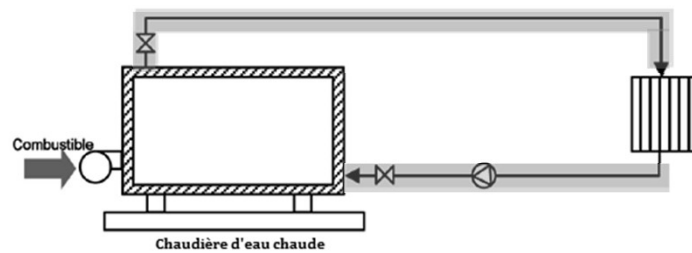


Fig. : Système de distribution

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

G
3
E
I

Tab. : Fluides caloporteurs par température d'utilisation

Température (°C)	Fluide caloporteur
> 400 °C	Gaz de combustion, vapeur réchauffée, air, sels ou métaux fondus
200 – 400 °C	Gaz de combustion, vapeur réchauffée, air, fluides thermiques (caloporteurs organiques)
90 – 200 °C	Vapeur saturée, eau surchauffée, air
0 – 90 °C	Eau, air
- 30 – 0 °C	Saumures, glycols, Fréon, NH_3 , SO_2
- 100 – (-30) °C	Méthane, propane

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

G
3
E
I

1.2.4. Equipements finaux du processus :

- ▶ On peut comprendre par équipements de processus les consommateurs finaux directs d'énergie, lesquels qui la nécessitent pour réaliser des transformations sur le produit transformé (réacteur, fours de procédé, séchoirs, colonnes de distillation, évaporateurs à simple ou multiple effets) ou son réchauffement ou refroidissement (échangeurs de chaleur).
- ▶ La capacité d'agir sur les équipements de traitement final est très variable, comme parfois elle peut être limitée (réacteurs, colonnes), ou peut-être plus accessible comme dans le cas des fours et séchoirs.
- ▶ Les besoins thermiques des équipements de processus, satisfaites par le bais du réseau de distribution (vapeur, eau chaude ou froide), pourront l'être aussi en utilisant les courants résiduels du processus, diminuant ainsi la demande énergétique.

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

G
3
E
I

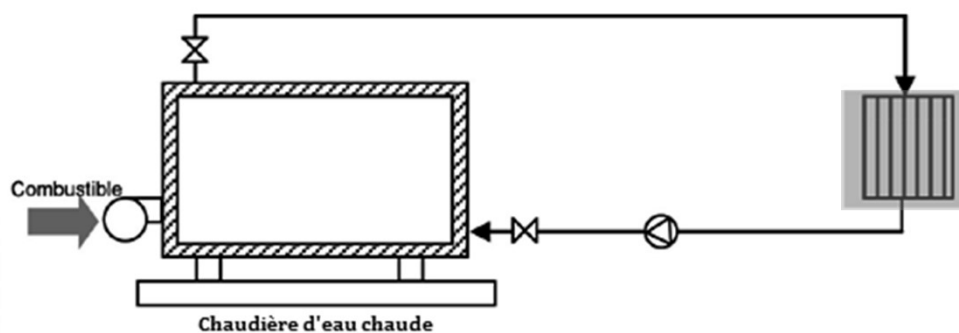


Fig. : Equipements finaux du processus

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

G
3
E
I

I.3. La consommation et l'économie d'énergie dans l'industrie :

- La consommation énergétique de tout équipement, système ou usine peut être calculé de la manière suivante :

$$C = \frac{D}{\eta}$$

LA DEMANDE ÉNERGÉTIQUE
LE RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE
LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE

- La demande d'énergie de l'installation dépend fondamentalement de la configuration propre du processus, de la technologie employée, de l'intensité de la production existante, de la récupération d'énergie dans les courants résiduels, des conditions environnementales, etc...
- Le rendement dépend, entre autres, du système, de l'état de charge de l'installation, ect... Pourtant, on peut dire qu'ils existent divers formes pour affronter l'économie d'énergie.

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

G
3
E
I

- ① Augmenter le rendement des équipements de production thermique et frigorifique, du réseau de distribution, ainsi que les propres équipements du processus, de manière à ce que son efficacité atteindra des valeurs proches à ceux nominales avec lesquelles ils ont été initialement conçus. De cette manière, on augmentera le dénominateur de l'expression antérieure, diminuant avec elle la consommation énergétique.
- ② Se concentrer sur la demande du processus, D, en la diminuant, c'est-à-dire, en augmentant la récupération énergétique du processus pour diminuer les besoins externes d'énergie (vapeur, eau chaude, froid, etc...). Dans ce cas, il sera nécessaire d'utiliser des équipements d'échange pour sa réutilisation.

I. Introduction à l'efficacité énergétique:

G
3
E
I

- ③ Finalement, on peut modifier les stratégies de fonctionnement des systèmes de production (cogénération, chaudières) et distribution (lamination de vapeur, entrée/sortie de turbines d'entraînement des moteurs, retour de condensat, etc...) maximisant ainsi le rendement de l'ensemble.

II. Méthodologie d'audit énergétique :

G
3
E
I

II.1. Objectif :

- L'objectif de l'audit énergétique est de réduire la consommation énergétique de l'industrie, l'analyse des facteurs et des causes qui minent la performance des différents sous-systèmes d'énergie qui le composent. Pour ce faire, une analyse détaillée de l'industrie doit être effectuée, de son processus de production et de consommation d'énergie globale.
- Le résultat sera des mesures d'économie d'énergie visant à réduire la consommation et qui, englobant les sous-systèmes, améliorent l'efficacité énergétique de l'usine.

II. Méthodologie d'audit énergétique :

G
3
E
I

II.2. Portée :

➤ En englobant toute l'utilisation énergétique de l'industrie, l'audit devra analyser :

1. L'industrie :

- Activité de l'industrie et analyse du processus de production.
- Description des systèmes de production, de distribution et de consommation d'énergie.
- Consommations énergétiques et production des deux dernières années.
- Répartition de la consommation d'énergie par type d'énergie et coûts.

2. L'efficacité énergétique :

- Analyses énergétiques des générateurs thermiques et frigorifiques
- Analyses énergétiques des grands consommateurs finaux
- Analyses énergétiques des systèmes de distribution de l'énergie

3. Les mesures d'économie d'énergie :

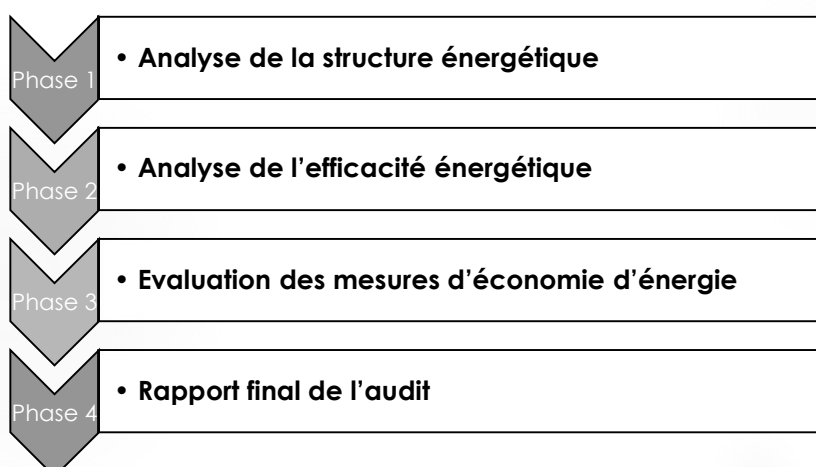
- Mesures d'économie dans les équipements de génération d'énergie.
- Mesures d'économie en grands consommateurs.
- Mesures d'économie dans les systèmes de distribution d'énergie.
- Analyse économique détaillée des mesures.

II. Méthodologie d'audit énergétique :

G
3
E
I

II.3. Procédure d'audit énergétique :

➤ Le développement de l'audit énergétique se divise en quatre phases :



II. Méthodologie d'audit énergétique :

G
3
E
I

II.3. Procédure d'audit énergétique :

II.3.1. Analyse de la structure énergétique :

① Objectif :

➤ l'objectif de cette première phase est de connaître comment se reçoit l'énergie dans l'usine et comment elle se transforme, distribue et se consomme dans les équipements finaux de processus. Le niveau de profondeur qui peut être atteint dans sa connaissance dépendra de la surveillance énergétique existante des différents processus et phases.

② Activité industrielle et processus productif :

➤ le premier pas sera la connaissance de l'activité industrielle à auditer, suivi d'une étude détaillée du processus productif en question, avec un accent particulier sur les processus consommateurs d'énergie.

II. Méthodologie d'audit énergétique :

G
3
E
I

➤ Pour cela, on se contente des informations sur le processus de production fourni par l'usine, identifiant les générateurs thermiques et frigorifiques, les équipements consommateurs d'énergie de chaque unité et les systèmes de distribution d'énergie. En outre, on doit connaître le fonctionnement annuel de l'usine et la production obtenue dans la période de temps pendant laquelle se recueille l'information de consommations énergétiques (entre 1 et 2 ans).

➤ Dans cette phase, des tableaux de prises de données peuvent être utilisées. Des grands nombres de données devront être collectées, en plus de la facture énergétique et les diagrammes de procédés qui se demandent directement de l'usine.

③ Structure de la consommation énergétique :

➤ L'objectif sera de quantifier les consommations énergétiques de la société, en identifiant celles correspondantes aux différentes unités, services et équipements en identifiant les zones de grande importance de point de vue énergétique

II. Méthodologie d'audit énergétique :

G
3
E
I

Tab. : Formule de collecte de données pour un moteur électrique

	Moteur 1	Moteur 2	Moteur 3	Moteur 4
Type de moteur				
Année de fabrication				
Fabriquant				
Puissance électrique (KW)				
Type de démarrage				
Fréquence (Hz)				
Fonctionnement (H/jour)				
Fonctionnement (J/an)				

II. Méthodologie d'audit énergétique :

G
3
E
I

➤ La comptabilité énergétique se fait à partir de la facturation énergétique et des données mesurées, ainsi que de l'analyse du processus productif. Les données des équipements de mesure existantes seront analysées et les possibles écarts entre la facturation et la consommation mesurée seront étudiées, à cet égard, des consultations du personnel de l'usine seront prises en compte.

④ Rapport de structure énergétique :

➤ en connaissant le processus productif et en obtenant la structure énergétique de ce dernier, cette phase doit être achevée avec la réalisation de tables et diagrammes de flux d'énergie quantifiées qui reflètent les résultats obtenus dans différents niveaux de l'usine et qui seront en mesure d'être analysées avec l'information fournie.

II. Méthodologie d'audit énergétique :

G
3
E
I

II.3. Procédure d'audit énergétique :

II.3.2. Analyse de l'efficacité énergétique :

① Efficacité énergétique des générateurs et des consommateurs finaux :

- Un bon développement de la phase précédente permettre de connaître, au niveau de détail adéquat, le processus productif, la structure de consommation énergétique et les points possibles où chercher à centrer les efforts pour réaliser le meilleur économie d'énergie. Pour ce dernier, on réalisera l'analyse de l'efficacité énergétique dans les équipements et les systèmes de l'usine qui, dans la phase antérieure, ont présentés des potentiels d'économie d'énergie .
- l'analyse d'efficacité énergétique nécessite la réalisation de bilans de matière et d'énergie dans les équipements ou systèmes, calculant ainsi le rendement et valorisant les pertes énergétiques qui tiennent lieu.

II. Méthodologie d'audit énergétique :

G
3
E
I

- Les résultats des bilans de matière et d'énergie dépendront de la fiabilité des données de départ et dans les majeurs cas il sera nécessaire de réaliser des mesures en Situ.
- Pour identifier les possibilités d'économie, les possibilités suivantes d'améliorations énergétiques en équipements seront étudiées :
 - Diminution de pertes énergétiques
 - Utilisation des énergies résiduelles (déchets)
 - Modification des conditions de fonctionnement pour améliorer l'efficacité de l'équipement.
 - Changement de la technologie existante par une autre plus efficace.
- Dans cette phase on doit choisir toutes les alternatives possibles d'économie d'énergie, classées suivant les niveaux antérieurs, sans entrer dans les détails sur leurs fiabilité économique.

II. Méthodologie d'audit énergétique :

G
3
E
I

② Efficacité énergétique dans les systèmes de distribution de l'énergie :

➤ De la même manière comme nous avons analysé les équipements énergétiques, pour les deux, générateurs et consommateurs, on doit réaliser l'analyse de l'efficacité des différents services énergétiques ou systèmes de distribution d'énergie vers les consommateurs finaux.

➤ les propositions d'amélioration énergétique seront associées à la diminution des pertes ou à l'amélioration des conditions de fonctionnement du réseau de distribution, y se distribuent entre ces trois groupes :

1. Modification des conditions de fonctionnement pour éliminer les pertes.
2. Améliorer la maintenance des réseaux de distribution.
3. Utilisation des énergies résiduelles (déchets).

II. Méthodologie d'audit énergétique :

G
3
E
I

II.3. Procédure d'audit énergétique :

II.3.3. Evaluation des mesures d'économie d'énergie:

➤ De toutes les mesures proposées par l'auditeur, elles doivent être sélectionnées pour l'étude celles qui sont techniquement et économiquement fiables. Cette sélection doit être réalisée par l'auditeur avec la collaboration des responsables de l'usine. Une fois toutes les alternatives possibles d'économie énergétique ont été sélectionnées, ces dernières seront analysées suivant la méthode qui est décrite par la suite.

➤ Les mesures d'économie d'énergie peuvent être classées en :

1. Amélioration de l'efficacité en consommation énergétique des équipements.
2. Amélioration de l'efficacité énergétique en la distribution d'énergie.
3. Récupération énergétique.

➤ pour chaque mesure, on doit évaluer :

II. Méthodologie d'audit énergétique :

G
3
E
I

1. Economie d'énergie.
2. Gain économique
3. Réduction de l'impact environnemental.
4. Investissement nécessaire
5. Période d'amortissement.
6. Analyse de sensibilité aux prix énergétiques.

1. Evaluation de l'économie d'énergie:

➤ Pour calculer l'économie d'énergie de la mesure proposée on doit réaliser, pour les nouvelles conditions résultantes de l'implantation de mesure, les niveaux bilans de matière et d'énergie, calculant ainsi la nouvelle consommation énergétique du équipement ou du système énergétique. Celle-ci doit être comparée avec celle de l'état actuel de l'usine, obtenant de cette manière l'économie potentiel de la mesure.

II. Méthodologie d'audit énergétique :

G
3
E
I

2. Analyse économique :

➤ Avec l'investissement nécessaire et le gain économique obtenu, on calcule la période d'amortissement de cette mesure. Avec ces valeurs, l'auditeur peut établir un plan d'implantation des mesures, où, par exemple, avec le gain économique des mesures qui s'utilisent, on continue à arriver à terme des investissements des autres mesures.

➤ Il est intéressant de noter que, en plusieurs industries, la capacité de production est variable. En tenant en compte que les économies atteintes dépendront en grand mesure du niveau de production sur lequel sont réalisés les bilans de matière et d'énergie, il sera convenable d'accorder avec le personnel technique de l'industrie la production de la référence qui sera employée dans les analyses, de sorte que les résultats qui s'obtiendront de l'audit seront représentatives du processus industriel.

II. Méthodologie d'audit énergétique :

G
3
E
I

II.3. Procédure d'audit énergétique :

II.3.4. Rapport final de l'audit :

➤ l'audit énergétique est clôturé par un rapport exhaustif et concret dans lequel sont exposées chacune des étapes réalisées dans le processus de l'audit. Un accent particulier sera donné pour décrire clairement les aspects suivants :

1. Description de l'usine
2. Structure énergétique
3. Prise de données
4. Analyse des efficacités
5. Mesures d'économie
6. Evaluation économique
7. Plan d'implantation des mesures.
8. Annexes.

II. Méthodologie d'audit énergétique :

G
3
E
I

II.3. Procédure d'audit énergétique :

II.3.5. Résumé de processus d'audit :

➤ les différentes étapes à suivre en chacune des phases décrites antérieurement et qui constituent la procédure d'audit énergétique :

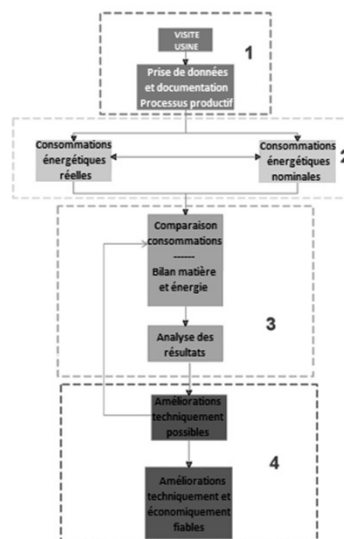
1. Phase 1 :
 - i. Collecte de l'information d'avant à la visite.
 - ii. Analyse de processus productif.
 - iii. Visite des installations.
 - iv. Demande d'informations complémentaires.
 - v. Rapport de la structure énergétique.
 - vi. Analyse de la surveillance existante.
2. Phase 2 :
 - vii. Visite des installations et prise de données des équipements.
 - viii. Bilans de matière et d'énergie. Schémas, tables et calcul des rendements.

II. Méthodologie d'audit énergétique :

- vii. Bilans de matière et d'énergie. Schémas, tables et calcul des rendements.
- viii. Analyse de l'efficacité.
- ix. Listes de propositions d'amélioration énergétique.

3. Phase 3 :

- x. Sélection des mesures d'économie d'énergie.
- xi. Evaluation de gain énergétique et économique des mesures sélectionnées.
- xii. Rapport de l'audit énergétique.



G
3
E
I



Fig. : Schéma de la procédure d'audit énergétique

II. Méthodologie d'audit énergétique :

II.4. Types d'audits énergétiques dans le secteur industriel :

II.4.1. Audit énergétique :

➤ Cette appellation fait référence à l'étude énergétique de l'industrie avec le niveau le plus détaillé possible. Il est caractérisé principalement par son action sur l'efficacité énergétique, en proposant des mesures d'amélioration de cette dernière. Pour ce faire, on doit analyser énergétiquement les trois sous-systèmes déjà mentionnés : Génération, transport et consommation finale en processus.

II.4.2. Diagnostique énergétique :

➤ ce nom est réservé pour une étude énergétique d'un grade de complexité inférieur à l'audit énergétique. Il se diffère de l'audit énergétique en la profondeur de l'analyse énergétique, ainsi que dans le détail des mesures d'économie sélectionnées et l'étude d'investissement apporté.

G
3
E
I

II. Méthodologie d'audit énergétique :

II.4.3. Pré-diagnostic énergétique :

- Le prédiagnostic énergétique essayera également de diminuer la consommation d'énergie à l'aide de la correction de l'efficacité énergétique. Dans ce cas, il servira, et d'une manière superficielle, au système de génération thermique et frigorifique et aux grands équipements consommateurs. L'objectif de cette étude est de détecter les possibles inefficacités énergétiques, en identifiant les sources d'économie potentielle de l'usine auditée.
- Normalement, il se réalise via une analyse de la facturation énergétique, en prenant une visite aux installations et en maintenant des réunions avec le personnel de l'usine.

II.4.4. Intégration énergétique de processus : Pinch point

- Ce type d'étude énergétique se centre sur la demande énergétique. Essentiellement, l'intégration de procédés permet de dimensionner et modifier les réseaux d'échange existants dans l'installation, dans le but d'optimiser la récupération d'énergie entre les courants chauds et froids du procédé. Avec ces techniques de réduction de la demande, il devient possible d'obtenir des économies d'énergie entre 10 et 35% de la facture actuelle, suivant le secteur industriel.