

Guide technique en efficacité énergétique pour les professionnels du secteur touristique au Maroc



الوكالة المغربية
للنرجاعة الطاقية

amee

Agence Marocaine
pour l'Efficacité Energétique

Sommaire exécutif

“

Le secteur touristique au Maroc vise à renforcer son attractivité, et ce, en améliorant l'état des établissements, leurs services, leur compétitivité, et leur image de marque. La mise en place des mesures d'efficacité énergétique contribue pleinement à l'essor du secteur, tout en favorisant l'atteinte des objectifs des politiques nationales.

Ce Guide Technique est le fruit du savoir-faire de l'Agence Marocaine pour l'Efficacité Energétique (AMEE) en matière d'efficacité Energétique dans le secteur de bâtiment. Il présente aux professionnels du secteur de l'industrie hôtelière, les solutions les plus appropriées pour diminuer les coûts énergétiques de leurs établissements, principalement dans les postes suivants :

- Enveloppe du bâtiment
- Eclairage
- Chauffage-Ventilation-Climatisation
- Eau Chaude Sanitaire
- Moteurs et entraînements
- Outils de gestion énergétique et monitoring
- Installations d'énergies renouvelables

Les temps de retour sur investissement relatifs à chacune de ces mesures sont également abordés, appuyés d'études de cas et de faisabilité avec leurs impacts énergétiques et environnementaux. Ce guide présente aussi des suggestions de mesures d'efficacité énergétique dites quick wins, immédiatement rentables et ne requérant presque pas d'investissement.

La mise en place de ces mesures ne peut que bénéficier au secteur touristique, autant par la réduction de sa facture énergétique, par l'amélioration du confort et de la satisfaction de la clientèle, et par la réduction des coûts d'entretien et de maintenance.

”

Table des matières

Sommaire exécutif	3
1. Contexte	7
2. Cadre réglementaire et normatif en matière d'efficacité énergétique au Maroc	9
2.1. L'efficacité énergétique dans le bâtiment	9
2.2. Règlement Thermique de Construction au Maroc (RTCM)	9
3. État des lieux et caractérisation du secteur touristique au Maroc	11
3.1. Enveloppe de la construction	11
3.2. Installations et consommation énergétiques	12
4. Étapes pour l'identification du potentiel d'économie d'énergie des établissements touristiques	15
4.1. Etape 1: Calcul des consommations et coûts énergétiques	15
4.2. Etape 2: Benchmark du secteur	16
4.3. Etape 3: Bilan énergétique	18
5. Optimisation des dépenses énergétiques	19
5.1. Marché de l'électricité	19
5.2. Optimisation tarifaire des contrats d'électricité	21
5.3. Optimisation de l'énergie thermique	22
5.4. Exemple de cas concret	22
6. Mesures d'économies et d'efficacité énergétique dans les établissements touristiques	23
6.1. Enveloppe du bâtiment. Aspects bioclimatiques	25
6.2. Eclairage	28
6.3. Chauffage-Ventilation-Climatisation CVC	31
6.4. Eau Chaude Sanitaire ECS	34
6.5. Moteurs et entraînements	36
6.6. Outils de gestion énergétique et monitoring	39
6.7. Installations d'énergies renouvelables et diversification énergétique applicables au secteur	39
6.8. Recommandations à coût d'investissement nul ou minime	42
6.9. Plan de formation et de sensibilisation	44
7. Impacts économique, énergétique, environnemental et social	46
7.1. Etudes de faisabilité technico-économique	46
7.2. Synthèse, Investissement et temps de retour	46
7.3. Impact énergétique et environnemental	47
7.4. Impact social et culturel, création d'emploi	47
8. Conclusion	49
9. Annexes	50
9.1. Liste de contrôle saisonnier	
9.2. Liste de contrôle annuel	52
9.3. Matrice d'autoévaluation de gestion énergétique	53
10. Bibliographie	55
11. Table des matières des tableaux et figures	56



1. CONTEXTE

L'utilisation de l'énergie est devenue une question centrale dans le fonctionnement et le développement des sociétés humaines. Cependant, au cours des siècles XIX et XX, l'humanité a appris à exploiter l'énergie contenue dans les combustibles fossiles principalement le charbon, le pétrole, le gaz naturel ainsi que l'énergie nucléaire. Cette énergie a contribué à la révolution industrielle, conduisant à une augmentation sans précédent de la productivité pour des millions de personnes dans le monde entier. Plus nous avançons dans le troisième millénaire, plus on verra croître la connaissance des systèmes énergétiques mondiaux, avec l'évidence que ceux-ci nécessitent un changement radical, afin de satisfaire nos besoins en énergie d'une manière durable sur le long terme.

La part des énergies fossiles (pétrole, gaz naturel, charbon) restera dominante même si, proportionnellement, leur part baissera dans la consommation mondiale, de 81% en 2009 à 75% en 2035 (hausse des prix et diversification des sources d'énergie).

Au Maroc, la préoccupation de l'approvisionnement énergétique est omniprésente. Dans un contexte de dépendance énergétique quasi-totale du pays vis-à-vis de l'étranger et d'une fluctuation importante des prix d'énergie, il est devenu nécessaire d'appliquer une politique ambitieuse d'efficacité énergétique dans le cadre de sa nouvelle stratégie énergétique, ayant pour but d'exploiter le potentiel important en Energies Renouvelables et en Efficacité Energétique que recèle le Maroc.

En effet, le royaume a mis en place une politique énergétique nationale favorable à l'efficacité énergétique et au développement des énergies renouvelables, pour sécuriser son approvisionnement énergétique dans un contexte de forte croissance de la demande énergétique, pour maîtriser les coûts futurs des services énergétiques par rapport à la tendance haussière des cours des produits pétroliers et enfin pour préserver l'environnement en atténuant les émissions des gaz à effet de serre.

La nouvelle stratégie énergétique nationale a pour objectifs majeurs d'assurer la sécurité d'approvisionnement et la disponibilité de l'énergie, l'accès généralisé à l'énergie à des prix raisonnables,

la maîtrise de la demande et la préservation de l'environnement. Pour atteindre ces objectifs, des plans d'action à court, moyen et long terme ont défini les lignes forces à mettre en œuvre:

- **Construire un bouquet électrique optimisé** autour de choix technologiques fiables et compétitifs. Le charbon propre, énergie la plus disponible avec les prix les plus stables et produisant le KWh le moins cher, constitue le socle de la production de base. Les options pour le gaz naturel, le nucléaire et la combustion directe des schistes bitumineux restent ouvertes et leur réalisation conditionnée par leur accessibilité et leur disponibilité de longue durée, leur faisabilité technico- économique et leur compétitivité.
- **Développer les énergies renouvelables** dont l'exploitation du potentiel considérable permettra au Maroc de couvrir une part substantielle de ses besoins en énergie, d'atténuer sa dépendance énergétique et de réduire les émissions des gaz à effet de serre.
- **Eriger l'efficacité énergétique en priorité nationale** comme moyen le plus rapide et le moins coûteux pour mieux utiliser et économiser l'énergie et baisser la facture énergétique.
- **Mobiliser les ressources nationales fossiles** par l'intensification de l'exploration pétrolière, la mise en valeur des immenses gisements de schistes bitumineux et l'extraction d'uranium des phosphates.
- **S'intégrer dans le système énergétique régional africain et euro-méditerranéen** pour renforcer la sécurité énergétique, abaisser les coûts d'approvisionnement, élargir les échanges, développer la coopération, les transferts de technologies et la solidarité.

De même, le secteur touristique, occupe une place importante dans l'économie marocaine. Il est de plus en plus considéré comme un secteur stratégique pour accompagner le développement économique. Cela a conduit à la mise en place des politiques et stratégies nationales visant à la promotion du secteur.

Les stratégies nationales dans le secteur de l'hôtellerie et de la restauration, visent à améliorer l'état des établissements, en incluant la rénovation de bâtiments existants. La mise en place des mesures

d'efficacité énergétique dans ces actions est un facteur clé pour atteindre l'excellence du secteur, tout en contribuant aux objectifs des politiques nationales.

En outre, la croissance du secteur a conduit à une augmentation de la consommation d'énergie, ainsi que l'exigence de plus de confort et de qualité de services de la part d'une clientèle de plus en plus sensible aux questions de l'environnement, rendent incontournables l'établissement des lignes directrices pour une consommation énergétique plus efficace et un développement durable du secteur du tourisme.

Ainsi, un Guide Technique visant la compréhension de l'intérêt de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables dans la conception, le choix des équipements et leur gestion dans les établissements touristiques.

Le **Guide Technique en Efficacité Energétique à destination des professionnels du secteur Touristique au Maroc**, est adressé aux **professionnels du secteur de l'industrie hôtelière**, qui ont besoin de connaître les solutions les plus appropriées pour optimiser les coûts énergétiques de leurs établissements, en leur permettant ainsi d'être plus compétitifs, respectueux de l'environnement et plus attractifs pour une clientèle qui devient de plus en plus sensible aux questions écologiques.

Le présent guide a pour objectifs:

- Faire comprendre aux professionnels l'intérêt à fédérer leurs efforts, pour l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments hôteliers, en amont de la conception et de la réalisation des projets d'aménagement et de construction;
- Promouvoir les mesures d'Efficacité Energétique dans le secteur Touristique;
- Mettre à la disposition des institutionnels et professionnels du secteur touristique un référentiel technique, leur permettant la compréhension des techniques de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables, et leur usage dans les bâtiments touristiques: mode de construction, choix des matériaux, choix des isolants et leurs épaisseurs, choix des protections (pare-vapeur, étanchéité à l'eau ...), chauffe-eau solaires, lampes à basse consommation, choix et caractéristiques des équipements de chauffage et de climatisation et étude de cas/retour d'expériences.
- Servir de compléments de curriculum à destination des étudiants ingénieurs et techniciens.

2. CADRE RÉGLEMENTAIRE ET NORMATIF EN MATIÈRE D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE AU MAROC

2.1 L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DANS LE BÂTIMENT

Comme a été cité précédemment, L'Efficacité Energétique dans le Bâtiment vise l'intégration des considérations énergétiques dans les secteurs clefs de la politique de développement du Maroc: la santé, l'hôtellerie, l'éducation nationale et l'habitat. L'accent est mis sur la concertation avec le secteur privé ainsi qu'avec les ministères concernés, dans une démarche participative, en vue de renforcer le partenariat Public-Privé.

Elle répond à une double problématique:

- L'absence de considérations énergétiques dans la conception, la construction, l'équipement et la gestion des bâtiments collectifs,
- L'augmentation sensible des dépenses énergétiques suite à des attentes de qualité de service et de confort social de la part des usagers.

L'Efficacité énergétique dans le bâtiment œuvre pour l'intégration des considérations énergétiques dans le bâtiment, au sein des secteurs clés de la politique de développement. Il concerne aussi bien le volet passif du bâtiment (bioclimatique, enveloppe, orientation ...), que le volet actif (CVC, ECS, éclairage, chauffage, climatisation ...) dans les secteurs résidentiel et tertiaire, avec pour objectifs majeurs:

- L'optimisation de la consommation d'énergie dans les secteurs cibles, grâce à l'application d'un Règlement Thermique de Construction au Maroc;
- L'amélioration de la qualité du service et du confort des usagers dans les secteurs cibles;
- Le renforcement et la pérennisation des cadres institutionnel et réglementaire régissant le secteur de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables dans le bâtiment;
- Le développement de métiers nouveaux et d'un nouveau créneau économique (industrie de matériaux d'isolation, double vitrage, équipements à haute performance énergétique, lampes économiques...).

2.2 RÈGLEMENT THERMIQUE DE CONSTRUCTION AU MAROC (RTCM)

Dans le cadre de la mise en œuvre de la politique énergétique nationale, un nouveau cadre légal en la matière, le Règlement Thermique de Construction (RTCM), a été adopté en novembre 2014. Ce Règlement sera appliqué aux nouveaux bâtiments résidentiels et tertiaires à construire, générant ainsi un nouveau parc de bâtiments plus respectueux de l'environnement et plus économique en énergie. Pour les bâtiments existants, ils seront évalués à travers des audits et une mise à niveau énergétique des équipements et de l'enveloppe.

Le Règlement Thermique de Construction au Maroc (RTCM) définit les spécifications techniques minimales des performances thermiques des bâtiments à respecter, aussi bien dans le secteur résidentiel que dans le secteur tertiaire, en vue d'obtenir les résultats suivants:

- Réduire les besoins en climatisation: chauffage et refroidissement;
- Améliorer le confort thermique;
- Optimiser la conception de l'enveloppe du bâtiment, indépendamment des installations énergétiques du bâtiment.
- Inciter les architectes et les maîtres d'œuvre à l'utilisation de l'approche de la performance thermique dans la conception de l'enveloppe du bâtiment.
- Soutenir la réalisation de diagnostics et audits énergétiques des bâtiments existants, en établissant des niveaux de référence souhaités et en fournissant des logiciels qui permettent la simulation des solutions alternatives.

Les spécifications techniques minimales des performances thermiques des bâtiments varient en fonction du zonage climatique. En effet, le territoire national a été divisé en six zones climatiques homogènes, en respectant les limites administratives. La carte ci-dessous montre les zones climatiques adoptées par le Règlement Thermique de Construction au Maroc (RTCM).

Zonage climatique du maroc adapté aux besoins du règlement thermique de construction

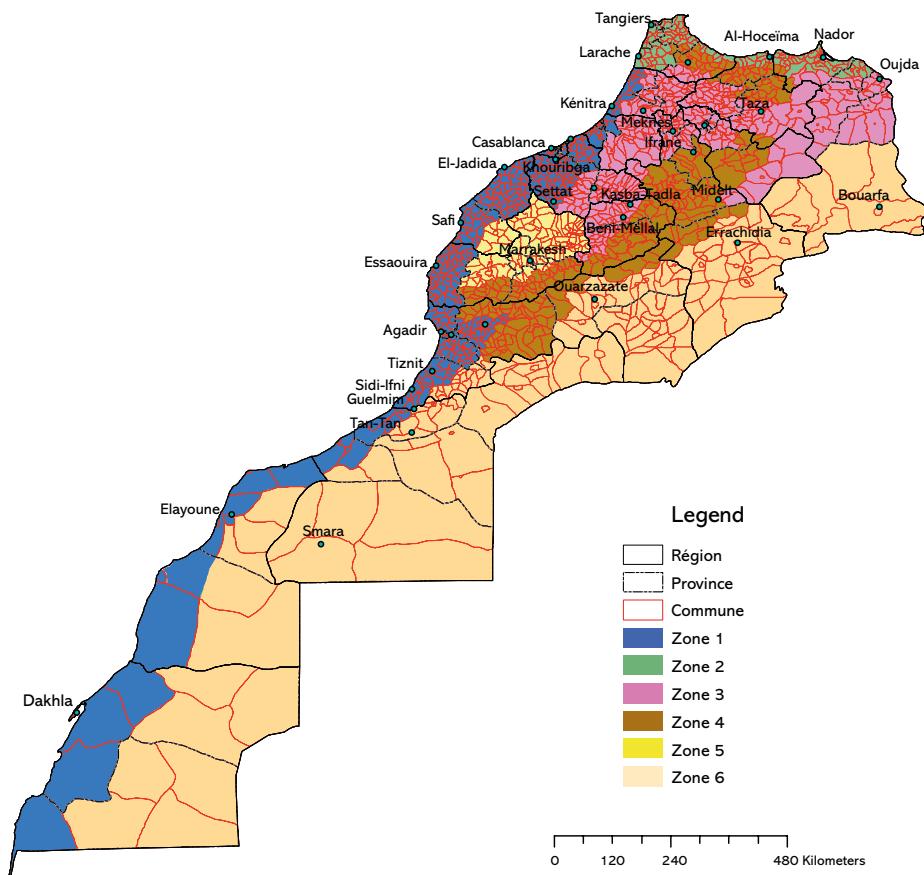


Figure 2: Zonage climatique du Maroc. Source : AMEE

3. ÉTAT DES LIEUX ET CARACTÉRISATION DU SECTEUR TOURISTIQUE AU MAROC

Ce chapitre traite, entre autres, des aspects énergétiques qui caractérisent le secteur du tourisme marocain, en dressant le bilan des technologies utilisées dans les aspects de construction, les systèmes de Chauffage, Ventilation et Climatisation CVC, l'éclairage, la production d'Eau Chaude Sanitaire ECS, et des installations énergétiques en général.

La loi N° 61/00, portant statut sur les établissements touristiques au Maroc, dans laquelle, est considéré comme établissement touristique, tout établissement à caractère commercial, qui reçoit une clientèle de passage ou de séjour et lui fournit, en totalité ou en partie, des prestations d'hébergement, de restauration, de boisson et d'animation. L'établissement touristique peut être, selon son implantation, complété par une ou plusieurs installations offrant des services de cures, de repos, de soins, de sport ou de congrès.

Ainsi, on entend par établissement touristique, les établissements suivants:

1. Hôtel
5. Motel
3. Résidence hôtelière
3. bis. Résidence immobilière de promotion touristique
4. Hôtel Club
5. Auberge
6. Maison d'hôtes
7. Pension
8. Camping
9. Restauration touristique:
10. Relais
11. Gîte
12. Centre et palais des congrès.

Il est important de différencier les types de tourisme existant, selon la classification suivante:

- Tourisme de soleil et plage: se produit dans les zones côtières.

- Tourisme rural: se fait dans les zones rurales, généralement dans de petites communes de moins de 1 000 ou 2 000 habitants, ou à l'extérieur dans les grandes villes.
- Tourisme culturel: orienté à connaître le patrimoine culturel de la destination.
- Tourisme d'affaires: le but du voyage est lié à toute activité commerciale ou professionnelle.
- Tourisme de Bien-être: pour le repos, la détente dans des spas et des zones balnéaires. Il s'agit d'un nouveau type de tourisme de plus en plus demandé.

La caractérisation énergétique a été réalisée grâce à la participation au projet, d'un certain nombre d'établissements touristiques, comme échantillon de la consommation d'énergie du secteur touristique marocain.

Cette caractérisation tente de refléter la situation énergétique réelle du secteur, dans le but de promouvoir les bonnes pratiques en matière de durabilité et d'efficacité énergétique. Cela permettra une réduction des coûts d'exploitation, tout en améliorant la compétitivité des établissements touristiques et en contribuant au respect de l'environnement.

3.1 ENVELOPPE DE LA CONSTRUCTION

Dans le passé, l'utilisation de matériaux d'isolation thermique au Maroc a été plutôt limitée, étant donné l'absence d'un cadre réglementaire qui oblige la mise en œuvre des actions appropriées en matière d'efficacité énergétique dans les bâtiments.

Les matériaux utilisés ne diffèrent pas significativement de ceux que l'on trouve sur les deux rives de la Méditerranée: laine minérale, de roche et de verre, mousse en polyuréthane ou en polystyrène.

L'origine des matériaux isolants est essentiellement européenne à l'exception de quelques-uns de fabrication locale, comme c'est le cas de la mousse

en polystyrène expansé (EPS) ou le liège aggloméré, matériau naturel et abondant au Maroc.

En général, les propriétés constructives des parois vitrées de l'enveloppe des bâtiments des établissements participants à l'étude sont bonnes, avec 75% d'utilisation de double vitrage et des éléments de protection solaire, aussi bien fixes (Recul, principalement) que mobiles (rideaux, stores, etc.).

3.2 INSTALLATIONS ET CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUES

3.2.1 Installations d'éclairage

Les installations d'éclairage caractérisées dans le secteur, affichent une forte utilisation des technologies efficientes, telles que **les lampes à basse consommation d'énergie LBC, les lampes fluorescentes et les LED**, étant minoritaire l'utilisation des lampes à incandescence. Dans les luminaires utilisés, quelquefois, les critères esthétiques et décoratifs prévalent face à l'efficacité énergétique.

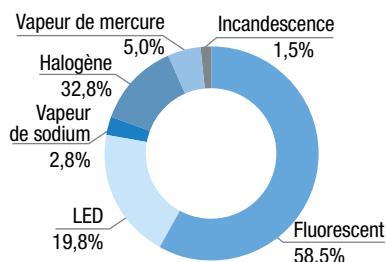


Figure 2: Typologie de lampes utilisées dans les établissements participants à l'étude.

En général, l'éclairage est actionné de façon manuelle, moyennant des interrupteurs manuels ou centralisés, en utilisant parfois (éclairage des façades, des jardins et de l'extérieur) des **horloges à programmation horaire**. Lesdits programmeurs sont ajustés à un horaire prédéterminé, en le modifiant, par occasion, en fonction de la période de l'année.

Comme systèmes de régulation et de contrôle de lumière, les plus souvent utilisés sont les systèmes de détection de présence et les minuteries. Ils sont notamment employés dans les zones de passage à

courte durée, telles que les couloirs et les toilettes.

Toutefois, il n'est pas courant d'utiliser des systèmes d'exploitation de la lumière naturelle, comme par exemple les interrupteurs crépusculaires. En effet, ce sont des dispositifs réduisent la consommation d'éclairage artificiel, en exploitant l'apport de lumière naturelle dont disposent la majorité des établissements hôteliers.

3.2.2 Installations de Chauffage-Ventilation-Climatisation

En général, l'énergie demandée pour un bâtiment, destinée à la climatisation de ses locaux, que se soit pour le chauffage ou le refroidissement, oscille entre 40 et 70%. Ceci implique donc une importante consommation d'énergie. En particulier, l'installation de la climatisation peut représenter jusqu'à 50% du total des installations énergétiques du bâtiment. Un système de chauffage mal conçu et où des opérations de maintenance ne sont pas effectuées, peut générer des pertes de 30 à 40% de l'énergie thermique.

Les systèmes de chauffage utilisés dans les établissements touristiques sont principalement:



Figure 3: Installation de climatisation centralisée par Pompe à Chaleur

- Chaudières à propane ou à fuel, pyrotubulaires et aquatubulaires, avec des rendements compris entre 85 et 95%, dans une installation centralisée. L'eau chauffée dans lesdits générateurs est accumulée dans des réservoirs destinés à cette fin ; et distribuée à travers des canalisations vers les unités terminales (radiateurs, principalement).
- pompes à chaleur électriques PAC, de type

air-air et air-eau, généralement réversibles, ce qui permet d'assurer le chauffage (hivers) et la climatisation (été) durant toute l'année. Les unités terminales qui prédominent dans ce genre d'installation, sont les ventilo-convecteurs.

- Les systèmes utilisant des combustibles thermiques, sont moins fréquents, comme par exemple les systèmes à absorption.

L'efficacité de ces installations dépend des facteurs suivants:

- Un dimensionnement et une utilisation corrects de l'installation, en maintenant les températures dans la gamme de confort.
- Le choix et l'acquisition des appareils à haute efficacité énergétique. En effet, avec les mêmes caractéristiques, ces derniers peuvent consommer jusqu'à 25% d'énergie en moins.
- Séparation par zones du système, ce qui permettra de climatiser seulement les espaces choisis.

Quant aux systèmes de ventilation, il est courant d'utiliser des ouvertures et puits de lumière pour favoriser la ventilation naturelle de nombreux établissements. Dans des installations plus complexes, sont utilisés des ventilateurs d'extraction et des systèmes centralisés avec des unités de traitement d'air.

3.2.3 Installations d'eau chaude sanitaire

Les besoins en eau chaude sanitaire (ECS) représentent une part importante de la consommation d'énergie d'un établissement touristique. En fonction des facteurs tels que l'emplacement ou le volume de la consommation, de différents systèmes générateurs d'ECS peuvent être utilisés:

- **Chappe-eau électriques:** Ces dispositifs chauffent de l'eau avec des résistances électriques et la conservent dans des réservoirs. Ils se mettent en marche seulement lorsque la température de l'eau baisse à partir d'un seuil prédéfini. Ce sont des systèmes peu recommandés du point de vue efficacité énergétique, bien qu'ils présentent des avantages comme la facilité de l'utilisation et la quasi-absence de la maintenance. Ils ne sont pas très utilisés dans les établissements touristiques qui, généralement, font recours aux générateurs centralisés.

- **Chappe-eau à gaz:** Ce sont des systèmes largement utilisés dans des établissements de

petite taille, des hébergements ruraux et certains restaurants, étant donné qu'ils peuvent fournir de l'eau chaude de manière instantanée. Toutefois, ils gaspillent de l'eau, en attendant l'arrivée de l'eau chaude à la température désirée. En plus, le nombre élevé des marches et arrêts continus, fait que le système se détériore rapidement. Ce type d'installation nécessite un entretien périodique.

• **Chaudières centralisées :** c'est le système le plus généralisé dans le secteur, en employant des chaudières à propane ou à fuel (anciennes installations), principalement, pour la génération centrale de l'eau chaude sanitaire. Parfois, ces chaudières sont mixtes, fournissant également de l'eau pour le chauffage des bâtiments.

• **Installation Solaire Thermique:** L'exploitation de l'énergie solaire pour le chauffage d'eau, permet une réduction considérable de la consommation des combustibles fossiles et la diminution conséquente des émissions polluantes. Cela se traduira par un avantage environnemental pour la société, en plus de distinguer positivement les établissements touristiques et les permettent, entre autres actions, d'obtenir le **label de la clé verte**.



Figure 3: Installation de Chape-eaux solaires

Bien que le secteur utilise très peu des systèmes solaires thermiques, pour la production d'eau chaude sanitaire, par contre, il fait un usage fréquent de dispositifs d'économie d'eau, tels que les aérateurs dans les robinets, les limiteurs de débit dans les douchettes et des chasses d'eau à double touche.



3.2.4 Installations électriques

Les principaux équipements électriques existants dans le secteur du tourisme, sont ceux utilisés dans la cuisine, le pompage d'eau et autres équipements auxiliaires tels que : bureautique, appareils électroménagers, etc... Au total, ils constituent une puissance électrique importante et donc consomment une bonne part d'énergie dans le secteur.

Bien que les mesures d'économie d'énergie dans ce type des installations, soient plutôt limitées, il est toutefois, important d'établir des plans d'action et de sensibilisation aux bonnes pratiques d'usage desdites installations. Ainsi, environ 60% des établissements touristiques, emploient déjà des mesures de sensibilisation des utilisateurs, en les incitant à préserver l'environnement.

Par ailleurs, il est toujours judicieux de faire le bon choix lors de l'acquisition de ces équipements, en favorisant ceux à haute efficacité énergétique. 80% des établissements évalués tiennent compte du critère d'achat efficace, des équipements avec classe énergétique performante A, A+ ou A++. En général, les établissements qui disposent d'un système mis en place de gestion de la qualité, de l'environnement et / ou de l'énergie (ISO 9001, 14001 et 50001), prennent très en considération cet aspect.



Figure 5: Exemple de message de sensibilisation aux bonnes pratiques.

3.2.5 Consommation et coûts énergétiques

Les principaux types d'énergie utilisée dans les établissements touristiques marocains sont:

- Electricité: Il s'agit de la principale source d'énergie, généralement utilisée dans les systèmes d'éclairage, de chauffage et climatisation. La consommation moyenne enregistrée, dans les établissements participants à l'étude, a été de **2 223 300 kWh/an par hôtel**.
- Propane: est le combustible le plus utilisé dans les systèmes centralisés avec chaudières (chauffage, eau chaude sanitaire), en plus de son utilisation dans la cuisine. La consommation moyenne obtenue à partir des données des établissements participants au projet, a été de **130 000 kWh/an par hôtel**. (Avec un pouvoir calorifique inférieur du propane PCI = 12,78 kWh/kg).
- Fuel: est utilisé, bien que moins que le propane, pour la génération centralisée d'eau chaude. La consommation moyenne de fioul obtenue a été de **182 500 Kg/an par hôtel**.

Il est d'une grande importance, pour le contrôle de la consommation d'énergie et le suivi de son évolution, de compter sur un responsable-énergie, qui veille pour une gestion correcte de l'énergie et des opérations de maintenance), et d'effectuer périodiquement une comptabilité énergétique (réalisée dans la majorité des cas).

Il est également important d'établir périodiquement des consignes d'économie d'énergie (dans la plupart des cas, cette opération est régulièrement effectuée).

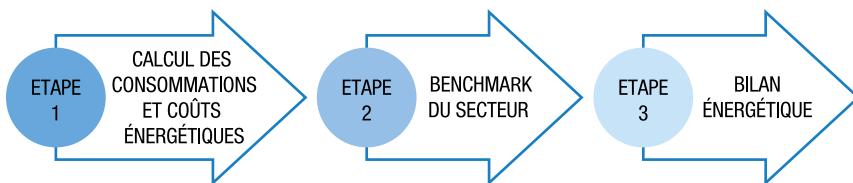


Figure 6: Exemple de tableau de maintenance préventive

4. ÉTAPES POUR L'IDENTIFICATION DU POTENTIEL D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE DES ÉTABLISSEMENTS TOURISTIQUES

L'amélioration de la compétitivité du secteur du tourisme nécessite une réduction progressive des coûts d'exploitation, notamment ceux dont l'importance est majeure, tels que les coûts liés à l'énergie et à l'eau.

Ce guide propose une méthodologie pour qu'un établissement touristique puisse atteindre l'excellence dans l'utilisation de l'énergie. Pour ce faire, la première action consiste à identifier les économies potentielles de l'établissement, en suivant ces étapes:



4.1 ÉTAPE 1: CALCUL DES CONSOMMATIONS ET COÛTS ÉNERGÉTIQUES

La première étape consiste à identifier les types et les quantités d'énergie qui sont utilisés dans un établissement, ainsi que leur répercussion dans les coûts globaux de celui-ci. Comme indiqué dans les chapitres précédents, les principaux types d'énergie utilisés sont **l'électricité et le gaz propane**.

La meilleure façon d'identifier la consommation et le coût énergétiques annuels, se fait à travers les factures d'énergie, qui devraient être recueillies durant au moins **12 mois corrélatifs**, de manière à avoir suffisamment d'informations de fonctionnement de l'établissement, indépendamment du caractère saisonnier.

L'idéal est d'utiliser les données correspondant à **2 ou 3 ans** de fonctionnement, ce qui permet d'établir une ligne de base ajustée à la réalité.

Ligne de Base: est une référence quantitative de la consommation d'énergie durant une période déterminée. Elle peut être normalisée en fonction des variables qui influent sur l'utilisation de l'énergie (degrés/jour, température ...) et sert pour comparer les scénarios antérieur et postérieur à la mise en œuvre des actions d'économie d'énergie .

A partir de la facture annuelle, les informations suivantes sont extraites:

- Consommation annuelle de l'électricité, en kWh
- Coût annuel de l'électricité, en DH
- Consommation annuelle des combustibles, en kWh*
- Coût annuel des combustibles, en DH
- Distribution mensuelle des consommations et coûts énergétiques: qui permettra d'évaluer la tendance de consommation moyenne et d'identifier des fluctuations significatives, causées principalement par l'augmentation de l'utilisation des installations dans les mois de plus grande occupation.
- Ratio de l'électricité et des combustibles (DH/kWh): valeur utilisée postérieurement pour l'évaluation économique des mesures d'efficacité énergétique.

* La conversion des unités peut être effectuée moyennant les Facteurs de Conversion figurant dans le tableau ci-dessous, comme exemple de méthode de calcul:

Source	Coût Annuel, DH	Consommation Annuelle, kWh	Ratio, DH/kWh
Electricité DH kWh	... DH/kWh élec.
Propane DH	... kg x 12,781 kWh/kg = ... kWh	... DH/kWh prop.
Autre DH kWh	... DH/kWh autre
Intensité énergétique annuelle par nuitée			
Consommation (kWh/an) / nombre de nuitées = kWh/nuitées/an			
Intensité énergétique annuelle par unité de surface			
Consommation (kWh/an) / m ² = kWh/m ² /an			

Tableau 1: Exemple de méthode de calcul des coûts et de consommation d'énergie.

Le calcul des **Indicateurs Energétiques** (intensité énergétique par nuitée et par m²) est particulièrement pertinent, étant donné que cela permettra, d'une part, d'effectuer un **benchmark** (une analyse comparative) avec des établissements similaires du secteur, et d'autre part, d'évaluer les économies obtenues grâce à la mise en œuvre des recommandations, à travers le calcul périodique desdits indicateurs .

Exemple de Calcul:

Dans un hôtel de 3 étoiles, dont la superficie est de 5 200 m² et avec un registre de 12 000 nuitées par an, l'évaluation de la consommation d'énergie et des coûts pour une année, a donné les résultats suivants:

Consommation électrique: 980 000 kWh Coût d'électricité: 901 600 DH

Consommation de propane: 25 000 kg Coût de propane: 300 000 DH

Les ratios et indicateurs énergétique de l'établissement seraient donc:

Source	Coût Annuel, DH	Consommation Annuelle, kWh	Ratio, DH/kWh
Electricité	901 600 DH	980 000 kWh	0.92 DH/kWh élec.
Propane	300 000 DH	25 000 kg x 12.78 kWh/kg = 319 500 kWh	0.94 DH/kWh prop.
Total	1 201 600 DH	1 299 500 kWh	
Intensité énergétique annuelle par nuitée			
1 299 500 kWh / 12 000 nuitées = 108 kWh/nuitée/an			
Intensité énergétique annuelle par unité de surface			
1 299 500 kWh / 5 200 m ² = 250 kWh/m ² /an			

4.2 ÉTAPE 2: BENCHMARK DU SECTEUR

Le benchmark est un outil de gestion pour améliorer la performance et de renouveler les stratégies de développement dans le secteur. L'analyse comparative des établissements touristiques est donc un processus de «mesurer» et «comparer» leurs propres pratiques et celles des autres établissements, avec l'objectif d'atteindre une amélioration continue.

(1) Référence: GPL caractéristiques - Comité français du butane et du propane.

Pourquoi faire un Benchmark?

1. Contribue à l'optimisation de l'utilisation des ressources d'énergie.
2. Permet d'identifier les points faibles où l'on doit agir, ainsi que mettre en évidence des avantages compétitifs par rapport à d'autres établissements entreprises du secteur.
3. Réduction des coûts de fonctionnement et des coûts énergétiques, par la mise en place de technologies efficaces.
4. Gestion des risques moyennant l'identification des points forts et des faiblesses.

Il existe diverses méthodologies et outils de calcul des indicateurs pour le secteur touristique. Certaines sources à noter sont: Tourbench;

www.earthcheck.org;

www.benchmarkhotel.com.

4.2.1 Benchmark international

Comme référence de cette analyse comparative, des indicateurs de consommation d'énergie et de l'eau sont donnés dans le tableau ci-dessous. Cela permettra la comparaison de votre établissement avec un autre semblable, en fonction de ses caractéristiques. Les valeurs moyennes sont indiquées d'un côté, et sur la colonne «benchmark», sont présentés les meilleurs résultats détectés dans l'échantillon considéré:

Energie	Moyenne			Benchmark	
Hôtel	Consommation moyenne (kWh)	kWh/nuitée	kWh/m²	kWh/nuitée	kWh/m²
2 étoiles	490 926	96,4	299,6	58,6	209,9
3 étoiles	860 644	83,5	324,4	34,2	199,5
4 étoiles	2 963 495	77,8	357,6	33,7	185,6
5 étoiles	4 265 639	74,8	315,3	33,4	169,4
Bed & Breakfast	166 344	57,7	216,7	15,8	49,8

Types d'isolants thermiques par ressource utilisée

Hôtel	Consommation moyenne (m³)	Litre/nuitée	Litre/nuitée
2 étoiles	2'357	454	283
3 étoiles	5'306	424	210
4 étoiles	13'644	335	201
5 étoiles	33'680	594	310
Bed & Breakfast	944	281	133

*Information extraite de «Environmental initiatives by European tourism businesses», analyse réalisée dans 466 établissements de 15 pays de l'Europe. Les données se réfèrent à l'énergie finale.



Pour les établissements avec restaurant, le nombre de couverts peut être estimé comme étant le nombre de repas servis multiplié par un coefficient de 0,25, de sorte que le nombre total de clients serait :

$$\text{N° total de clients} = \text{nombre de nuitées} + 0,25 \cdot \text{nombre de repas}$$

Comme on peut observer, la consommation moyenne d'énergie diminue avec l'augmentation de la catégorie de l'hôtel. Même si cela semble contradictoire, c'est habituel, puisque ces établissements consacrent généralement plus d'effort pour contrôler la consommation ; et la demande est mieux répartie en raison de la forte charge de travail.

Dans l'hôtel de 3 étoiles de l'exemple antérieur, la consommation totale d'énergie (1 299 500 kWh) et l'indicateur de l'intensité énergétique par nuitée (108 kWh/ nuitée) sont tous les deux supérieurs à la moyenne pour cette catégorie. Ce qui indique que l'établissement dispose d'un potentiel d'économie d'énergie, moyennant la mise en œuvre des mesures d'efficacité énergétique.

4.2.2 Matrice d'Autoévaluation Energétique

Dans l'annexe 9.3. de ce guide, une matrice d'autoévaluation énergétique est présentée, où

Principales Installations Consommatrices	Électriques	Eclairage Pompes à Chaleur (Climatisation/Ventilation/ Chauffage CVC et Eau Chaude Sanitaire ECS) Equipements et machines: cuisine, bureautique, ascenseurs, pompage d'eau, ...
	Thermiques	Chaudières (chauffage et ECS)
Sources d'énergie		Electricité Propane Autres: Fuel, butane, énergie solaire, ...

Tableau 2: Distribution des consommations au niveau des équipements énergétiques.

La répartition en pourcentage de ces consommations est très variable, selon la zone climatique, la catégorie de l'établissement et les services offerts. C'est pourquoi, il est fort recommandé de réaliser un diagnostic énergétique complet.

En effet, il faudra établir où et comment l'énergie est consommée. Une fois ces données disponibles,

l'établissement touristique pourrait établir son état actuel en matière de gestion de l'énergie et d'évaluer ses progrès.

La matrice attribue une notation de 0 à 5, en évaluant des critères de politique énergétique, analyse et enregistrement des informations, mise en œuvre de la gestion de l'énergie, organisation pour l'efficacité énergétique, communication et éducation.

4.3 ÉTAPE 3: BILAN ÉNERGÉTIQUE

Une fois connue la consommation énergétique totale de l'établissement, par source d'énergie et en évaluant le niveau d'efficacité dans le processus de l'analyse comparative, l'étape suivante consiste à effectuer le bilan énergétique, en distribuant la consommation d'énergie par installations et équipements consommateurs de l'énergie électrique et/ou thermique.

En général, dans un établissement touristique, les consommations et coûts énergétiques les plus importants se produisent dans les installations d'éclairage, de CVC et des machines.

une comptabilité énergétique permettra d'identifier les postes de consommation à plus fort potentiel d'économie d'énergie, sur lesquelles seront focalisées les mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique.

Le chapitre 6, explicitera plus en détail toutes ces mesures.

5. OPTIMISATION DES DÉPENSES ÉNERGÉTIQUES

5.1. MARCHÉ DE L'ÉLECTRICITÉ

L'entité en charge de la régulation de l'énergie électrique au Maroc, est l'Office National de l'Electricité et l'Eau Potable (ONEE), sous la tutelle technique du ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement. L'ONEE est responsable de la distribution de 56% de l'électricité, tandis que le reste est attribué à des opérateurs privés ou publics, dans les grandes villes.

En effet, la distribution de l'électricité aux clients est assurée par trois types d'opérateurs, selon les modes de gestion suivants :

1. Gestion directe par les régies Communales, relevant du Ministère de l'Intérieur, connues sous la dénomination : Régies Autonome Intercommunales de Distribution d'Eau et d'Electricité, parmi lesquelles nous trouvons:

- RADEF, pour la ville de Fès
- RADEEMA, Marrakech
- RADEEM, Meknès
- RAK, pour la province de Kénitra
- RADEES, province de Safi
- RADEEJ, provinces d'El Jadida et de Sidi Bennour
- RADEEL, province de Larache.

2. Concession à des opérateurs privés, parmi lesquelles il y a :

- LYDEC, groupe GDF SUEZ: Casablanca (1997)
- REDAL, groupe VEOLIA: Rabat, Sale et Temara (1999)
- AMENDIS, groupe VEOLIA: Tanger et Tétouan (2002)

3. Gestion directe par l'opérateur national :

- ONEE, couvrant le reste du territoire marocain, non concerné par les opérateurs cités antérieurement.

Le transport de l'énergie électrique constitue un monopole de l'ONEE, à travers un réseau de 20 877Km de lignes de 60 KV, 150 KV, 225 KV et 400 KV. Ce réseau est interconnecté avec ceux de l'Algérie et de l'Espagne, pour supporter les fluctuations du système.

Les établissements touristiques font partie des Clients Professionnels pour l'ONEE ou toute Régie Autonome de distribution de l'Eau et de l'Electricité, selon la zone où ils se trouvent.

Selon la nature et l'importance de leur activité, les établissements touristiques sont alimentés soit en moyenne tension soit en basse tension, comme suit:

- Moyenne Tension: Ils font partie des Clients du secteur tertiaire.
- Basse Tension: Ils font partie des Clients Patentés.

Dans le prochain chapitre, des lignes directrices sont données pour l'optimisation des contrats et réaliser ainsi des économies d'argent. Il est donc important de savoir interpréter une facture électrique.

Comment interpréter votre facture d'électricité?

La Redevance de la Puissance Souscrite RPS:

La puissance souscrite est une valeur contractuelle qui correspond au fait que le distributeur «réserve» une certaine puissance électrique pour votre utilisation. Le choix de cette puissance doit être optimal pour «ajuster» à la réalité de vos besoins en demande électrique. Si cette puissance est trop faible, vous avez des pénalités de dépassement de la puissance souscrite. Si elle est trop forte, vous êtes également pénalisés par le redevance de puissance qui devient plus élevée.

La pénalité du facteur de puissance (cosinus phi):

Au Maroc, le seuil des pénalités liées à un facteur de puissance faible, est fixé à 0,80; ce qui encore en faveur des consommateurs, et non du producteur ou distributeur. Dans d'autres pays, ce seuil est élevé à 0,90; voire plus.

Pour le tarif professionnel, lorsque le cosinus phi diminue en dessous de 0,8 d'un mois, une pénalité est appliquée comme suit:

$$\text{Pénalité (cos phi)} = 2 \times (0,8 - (\text{cos phi du mois})) \times (\text{RC} + \text{RPS} + \text{ROPS})$$

- RC: Redevance de Consommation
- RPS: Redevance de la Puissance Souscrite
- ROPS: Redevance de Dépassement de la Puissance Souscrite

La facturation des kWh:

La facturation en moyenne tension des consommations électrique en kWh, fait intervenir trois tranches horaires. Le tarif général est constitué d'une prime fixe pour la facturation de la puissance souscrite et un prix de kWh par poste horaire :

Les tarifs sont exprimés en dirhams TVA comprise (TVA est de %14)	
Prime fixe par KVA et par An	512,62
Redevance de consommation par kWh et par mois:	
Heures de pointe HP	1,4157
Heures pleines HPL	1,0101
Heures creuses HC	0,7398

Tableau 3: Facturation en moyenne tension. (Source ONEE).

Avec :

Tranche	Octobre - Mars	Avril - Septembre
Heures de pointe	De 17h à 22h	De 18h à 23h
Heures pleines	De 7h à 17h	De 7h à 18h
Heures creuses	De 22h à 7h	De 23h à 7h

Tableau 4: Tranches horaires hiver/été.

Facturation Moyenne Tension et Basse Tension

Clients du secteur tertiaire Moyenne Tension (MT)

La facturation moyenne tension couvre l'ensemble des opérations effectuées, en vue de l'établissement des factures MT correspondant à une période mensuelle de consommation d'électricité.

Le montant à facturer à chaque client Moyenne Tension pour ses consommations mensuelles d'électricité, est la somme des redevances calculées en fonction des éléments suivants:

- la consommation d'électricité;
- le prix de vente du kWh;
- l'option tarifaire;
- les puissances souscrites;

- les puissances appelées;
- le facteur de puissance;
- les redevances de comptages.

Clients patentés Basse Tension (BT)

La facturation de l'énergie électrique BT se fait selon un cycle de deux mois, dont un mois est estimé et l'autre relevé.

Le montant payé pour la facture estimée du mois (M) est considéré comme un acompte (une avance) sur la consommation effective des mois (M) et (M+1) déterminée par relève du compteur.

5.2. OPTIMISATION TARIFAIRES DES CONTRATS D'ÉLECTRICITÉ

Les principales actions pour l'optimisation tarifaire des contrats d'électricité avec les distributeurs, sont les suivantes:

Ajustement de la puissance souscrite:

Ajuster la valeur de la puissance souscrite à la puissance demandée mensuellement dans les installations, permettra une économie dans le terme fixe de la puissance, en réduisant encore les sanctions en cas de dépassement de la puissance souscrite.

Cela revient tout simplement à modifier le contrat, afin d'adapter la puissance souscrite à l'activité du bâtiment (telle la quantité d'énergie nécessaire et sa répartition dans le temps).

Déplacement de la courbe de charge:

Le prix de l'énergie consommée varie en fonction de la période de consommation, ce qui implique que des avantages économiques puissent être atteints par le déplacement de certaines activités pendant les heures creuses, quand c'est possible.

Par exemple, dans un établissement touristique, des activités générant des consommations d'énergie peuvent être effectuées, sans entraver le service et le confort des clients, pendant les heures creuses (de 22h à 7h, en hivers et de 23h à 7h en été). Comme par exemple, la production d'eau chaude sanitaire avec les chauffe-eau à accumulation (réservoirs d'eau chaude), le nettoyage et l'arrosage des jardins, etc.

En outre, on peut programmer l'éclairage extérieur, à l'aide d'un système automatique de commande, pour coïncider le plus avec cette période.

Compensation de l'énergie réactive:

L'énergie réactive est une énergie qu'utilisent certains équipements inductifs (moteurs, transformateurs, ballasts de tubes fluorescents, etc.), pour créer les champs magnétiques nécessaires à leur fonctionnement. C'est une énergie qui n'est pas transformée en énergie utile et qui présente plusieurs effets négatifs:

- Surcharge des transformateurs;
- Une plus grande section des conducteurs pour supporter un courant de forte intensité, ce qui implique un pourcentage plus élevé de pertes par effet Joule et chutes de tension;
- Perte de puissance dans les installations;
- Pénalisation de la part de la compagnie électrique: la relation entre l'énergie réactive et l'énergie active consommée dans l'installation, est donnée en fonction du facteur de puissance cosinus phi. Sa valeur optimale est l'unité. Pour le tarif professionnel, lorsque le cosinus phi diminue en dessous de 0,8 en un mois, une pénalisation financière leur sera appliquée.



Par conséquent, la compensation de l'énergie réactive, en plus de l'amélioration de l'installation électrique, est fortement recommandée afin d'éviter des pénalités financières sur la facture d'électricité. Cette mesure, comme expliqué plus loin, peut être réalisée moyennant la mise en place des batteries de condensateurs.

5.3. OPTIMISATION DE L'ÉNERGIE THERMIQUE

La forte dépendance du Maroc de l'extérieur, pour son approvisionnement énergétique, a conduit au développement du marché du gaz naturel au Maroc, source d'énergie propre et moins cher que le diesel. Toutefois, cette énergie reste sous-utilisée par l'industrie marocaine et encore moins dans le secteur touristique.

Bien que dans l'actualité, le gaz naturel ne constitue pas un marché compétitif pour le secteur des services, cette source d'énergie permettra d'obtenir

des avantages économiques et environnementaux, en comparaison avec les carburants fossiles tels que le charbon ou le fuel.

L'utilisation du gaz naturel dans certaines installations thermiques, telles que les chaudières à condensation, permettra d'obtenir des rendements plus élevés, puisque la combustion de ce gaz génère une plus grande quantité de vapeur d'eau, permettant ainsi la récupération de plus d'énergie thermique.

Une autre option intéressante pour l'optimisation de l'énergie thermique, pour les établissements touristiques, est la substitution du fioul par le propane, qui, en plus d'améliorer les rendements de combustion, il contribue à la réduction des émissions des gaz à effet et par conséquent réduit l'impact environnemental de l'activité.

5.4. EXEMPLE DE CAS CONCRET

Lors de l'analyse de la facturation d'un établissement hôtelier, il a été constaté un supplément périodique par consommation de puissance réactive. Ce qui a porté le montant annuel de la pénalisation à 8'750 DH. La puissance maximale demandée de l'établissement enregistrée, est de 33 kVA, avec un cosinus phi de 0,74. A partir de cette information, on dimensionne une batterie de condensateurs de 30 kVAR, pour compenser la puissance réactive. L'analyse économique conclut que la mesure est rentable, avec un temps de retour sur investissement de 1,54 an.

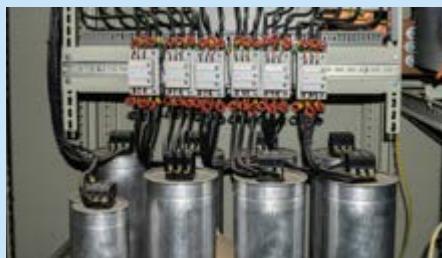


Figure 7: Mise en place de batterie de condensateurs

Analyse de la mise en place de Batterie de Condensateurs

(30 kVAR) dans un établissement hôtelier	
Economie d'énergie (kWh/an)	-
Economie d'argent (DH/an)	8 750
Investissement (DH)	13 450
Temps de Retour (ans)	1,54
Réduction de CO ₂ (kg CO ₂ /an)	-

6. MESURES D'ÉCONOMIES ET D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DANS LES ÉTABLISSEMENTS TOURISTIQUES

Une fois identifiées les principales installations consommatrices d'énergie, dans le bilan énergétique, un Programme de Gestion de l'Energie devrait être établit, où des mesures d'amélioration énergétique à mettre en œuvre sont planifiées. Une étude de faisabilité technico-économique serait réalisée pour évaluer la viabilité desdites mesures.

Pour l'analyse de faisabilité technico-économique, les paramètres suivants doivent être déterminés pour chaque mesure d'économie et d'efficacité énergétique

- Economie d'énergie: c'est l'économie d'énergie qui serait atteinte grâce à la mise en œuvre de la dite mesure. Elle est mesurée en kWh;
- Economie d'argent: ce sont les économies générées en DH qui correspondent à l'économie d'énergie réalisée avec cette mesure;
- Réduction d'émissions: ce sont les émissions de CO₂ qui sont évitées en diminuant la consommation d'énergie. Elle est mesurée en kg (ou tonnes) de CO₂;
- Investissement: c'est le coût nécessaire pour la mise en œuvre de ladite mesure d'économie d'énergie (DH);
- Temps de Retour Simple sur Investissement (RSI): donne une idée sur le délai nécessaire pour l'amortissement du coût de la mesure. Il est calculé comme le rapport entre l'investissement et l'économie d'argent de la mesure (en années).

Exercice pratique:

La mesure consiste en la substitution de 30 lampes fluorescentes de 36W avec ballast électromagnétique par des tubes efficaces de 32W avec ballast électronique. Les heures de fonctionnement par an sont: 1'500. Le Ratio électrique: 0,9 DH/kWh. Le prix du tube à installer est de 53 DH.

En considérant 20% de puissance électrique pour les ballasts électromagnétiques et 15% pour les ballasts électroniques.

Calculer l'économie d'énergie, l'économie d'argent ainsi que le temps de Retour Sur Investissement RSI.

Solution de l'exercice:

Consommation Energétique actuelle	= 30 lampes • (36-10-3 kW lampe+ 0,2 • 0,036 kW ballast) • 1'500 = 1'944 kWh
Consommation Energétique future	= 30 lampes • (32-10-3 kW lampe+ 0,15 • 0,032 kW ballast) • 1'500 = 1'656 kWh
Economie annuelle d'énergie	= 1.944 - 1'656 = 288 kWh/an
Economie annuelle d'argent	= 288 kWh/an • 0,9 OH/kWh = 259 OH
Investissement	= 53 OH • 30 lampes = 1'590 OH
RSI	= 1'590 OH / 259 OH = 6,1 ans

Il existe plusieurs mesures d'optimisation de l'énergie, des mesures qui peuvent être facilement réalisées et à coût nul, ou bien des mesures qui présentent un investissement d'argent et des ressources plus élevées.

Le long de ce chapitre, des mesures d'efficacité énergétique qui peuvent être effectuées dans les établissements hôteliers, seront proposées. Ci-après, le tableau suivant donne un résumé des principales mesures dans chaque installation, avec leur potentiel d'économies d'énergie:

Système	Installation	Recommandations	Méthodologie	Bénéfices	Potentiel d'économie
Climatisation / Ventilation / Chauffage CVC	Pompes à chaleur	<ul style="list-style-type: none"> Amélioration du rendement de la machine Récupération de chaleur pour l'ECS. 	<ul style="list-style-type: none"> Installation des équipements de classe A et du récupérateur de chaleur. 	<ul style="list-style-type: none"> Economie de l'énergie électrique de la pompe. Production de l'ECS. 	40%
	Chaudières	<ul style="list-style-type: none"> Amélioration du rendement du générateur. 	<ul style="list-style-type: none"> Substitution de la chaudière conventionnelle par une chaudière à condensation. 	<ul style="list-style-type: none"> Réduction de la consommation du combustible. 	25%
	Chaudières	<ul style="list-style-type: none"> Régulation du fonctionnement. 	<ul style="list-style-type: none"> Brûleurs modulants. 	<ul style="list-style-type: none"> Réduction de la consommation du combustible. 	5%
Équipements et Machines	moteurs Electriques	<ul style="list-style-type: none"> Diminution de la puissance de démarrage. 	<ul style="list-style-type: none"> Fonctionnement avec variateurs de fréquence. 	<ul style="list-style-type: none"> Optimisation de la puissance souscrite (réduction de coût dans la facture). 	15%
		<ul style="list-style-type: none"> Moteurs à haut rendement. 	<ul style="list-style-type: none"> Substitution des moteurs obsolètes par ceux à haut rendement 	<ul style="list-style-type: none"> Moins de consommation électrique. 	20%
	Pompes de circulation des fluides	<ul style="list-style-type: none"> Optimisation de la consommation en fonction de la pression demandée. 	<ul style="list-style-type: none"> Fonctionnement avec variateurs de fréquence. 	<ul style="list-style-type: none"> Réduction de la consommation électrique. 	15%
	Compresseurs d'air	<ul style="list-style-type: none"> Exploitation de la chaleur générée pour ECS/ chauffage. 	<ul style="list-style-type: none"> Echange de chaleur pour une exploitation thermique. 	<ul style="list-style-type: none"> Réduction de la consommation électrique/ thermique en ECS/chauffage. 	15-30%
Éclairage	Eclairage des zones communes	Optimisation du temps de fonctionnement.	<ul style="list-style-type: none"> Intégration des détecteurs de présence / minuterie «imer». 	<ul style="list-style-type: none"> Réduction de la consommation électrique. 	60
	Lampes	<ul style="list-style-type: none"> Substitution des technologies inefficientes par des lampes à haute efficacité énergétique. 	<ul style="list-style-type: none"> Substitution des lampes incandescentes et halogènes par des lampes LED. Substitution des tubes fluorescents par d'autres à haute efficacité énergétique LED Substitution des lampes de décharge par celles à vapeur de sodium ou des LEDs. 	<ul style="list-style-type: none"> Réduction de la consommation électrique. 	20-85%
	Equipements Auxiliaires	<ul style="list-style-type: none"> Optimisation du fonctionnement des lampes (augmentation de la durée de vie). 	<ul style="list-style-type: none"> Substitution des réactances conventionnelles par des ballasts électroniques à haute fréquence. 	<ul style="list-style-type: none"> Réduction de la consommation électrique. 	25%

Système	Installation	Recommandations	Méthodologie	Bénéfices	Potentiel d'économie
Eau Chaude	Eau Chaude Sanitaire	• Réduction de la consommation d'eau chaude sanitaire.	• Mise en place des limiteurs de débit et des aérateurs.	• Réduction de la consommation en génération de l'ECS.	20%
	Eau Chaude Sanitaire	• Réduction de la consommation d'eau chaude sanitaire.	• Substitution des robinets conventionnels par des mitigeurs monocommande spéciaux.	• Réduction de la consommation en génération de l'ECS.	15%
	Lave-vaisselles industrielles	• Réduction des coûts en chauffage d'eau.	• Utilisation de l'eau préchauffée par récupération en générateurs thermiques.	• Réduction de la consommation électrique/thermique en chauffage d'eau.	25%

Tableau 8: Quelques recommandations avec le potentiel d'économie d'énergie y afférent.

6.1 ENVELOPPE DU BÂTIMENT. ASPECTS BIOCLIMATIQUES

L'enveloppe du bâtiment est un élément de construction à grande influence sur la consommation énergétique de celui-ci. L'on entend par enveloppe du bâtiment, les éléments de constructions formés par les façades opaques, baies vitrées et fenêtres, portes, etc... Une conception architecturale en amont, cohérente avec la rationalité énergétique, permettrait des économies considérables à posteriori.

L'intervention sur l'enveloppe du bâtiment est très limitée lorsque ce dernier est déjà construit. Toutefois, il est toujours possible d'y intervenir lors des travaux d'extension ou de rénovation dans le bâtiment. Ce qui peut conduire à des économies d'énergie significatives qui rentabilisent l'investissement réalisé.

Les mesures d'efficacité énergétique au niveau de l'enveloppe du bâtiment pour réduire les pertes thermiques, permettant ainsi des économies d'énergie dans la climatisation sont les suivantes:

6.1.1 Amélioration de l'enveloppe du bâtiment

L'isolation thermique de l'enveloppe permet des bénéfices importants pour les usagers:

a) Augmentation du niveau du confort des usagers des établissements touristiques, en homogénéisant la température à l'intérieur des locaux.

b) Réduction de l'apparition de l'humidité, dans les surfaces internes des façades et toitures. Cette humidité, non souhaitable du point de vue esthétique, constitue une pathologie considérable, puisqu'elle peut détériorer l'enveloppe et réduire ainsi sa durée de vie.

En général, il est recommandé d'**isoler les murs qui séparent les espaces non climatisés** (garages, sous-sols, toilettes, etc...) **de ceux qui sont climatisés** (chambres, salons, restaurants, etc.).

La réhabilitation énergétique des établissements touristiques peut conduire à des économies allant jusqu'à 50% de l'énergie consommée, en matière de chauffage et climatisation.

En fonction des contraintes physiques ou économiques de chaque cas, vous pouvez opter pour l'une de ces solutions:

- Isolation thermique des toitures;
- Isolation thermique des façades;
- Isolation thermique des planchers.

Le détail de ces solutions est bien expliqué dans le **Guide sur les différentes techniques de mise en œuvre des isolants dans le bâtiment au Maroc**, disponible chez l'Agence Marocaine pour l'Efficacité Energétique (AMEE).



6.1.2 Amélioration dans les baies vitrées

La rénovation des vitrages et des cadres de fenêtre est l'une des importantes mesures pour améliorer l'efficacité énergétique de l'enveloppe du bâtiment et augmenter également le confort thermique à l'intérieur de celui-ci.



Figure 8: Fenêtre à double vitrage

Les bâtiments disposant des fenêtres à simple vitrage présentent des prestations thermiques très limitées. Le remplacement du **simple vitrage (monolithique)** par le **double vitrage** (unité de vitrage isolant) permet des **économies considérables d'énergie, aussi bien en été qu'en hiver.**

Les principaux avantages de l'amélioration de l'efficacité énergétique de l'enveloppe moyennant la rénovation des fenêtres et baies vitrées, sont, entre autres:

- Réduction de la facture énergétique. Ce qui conduit à l'amortissement du coût de l'intervention dans les années postérieures;
- Amélioration du confort thermique, à consommation égale d'énergie;

- Participation à la réduction des émissions de CO₂, contribuant ainsi à la réduction des gaz à effet de serre et à la protection de l'environnement;
- Réduction des entrées non désirées de l'air, à travers l'enveloppe du bâtiment;
- Réduction des condensations d'eau superficielles à l'intérieur du bâtiment, et de leurs conséquentes pathologies(moisissures);
- Des améliorations peuvent être réalisées dans le comportement acoustique, en remplaçant les cadres de fenêtres en mauvais état.

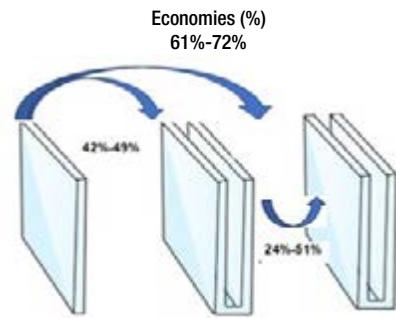


Figure 9: Potentiel d'économie grâce à la mise en place du double vitrage. (Source: ALUDOM).

Quant aux cadres des fenêtres et baies vitrées, leur conductivité thermique est déterminée par le matériau qui les constituent. Pour cela, on devra choisir ceux dont le matériau ayant la transmission thermique la plus faible possible:

Matériau du cadre	Coefficient de Transmission thermique U (W/m ² _K)
Métallique	5,7
Métallique RPT	4
Métallique RPT d> 12 mm	3,2
Bois dur (700 kg/m ³)	2,2
Bois tendre (500 kg/m ³)	2
Châssis creux en PVC (2 lames d'air)	2,2
Châssis creux en PVC (2 lames d'air)	1,8

Tableau 9: Coefficient de Transmission thermique des cadres, selon la norme NM ISO 10077-1

6.1.3 Autres améliorations à tenir en compte

Eléments de protection solaire au niveau des fenêtres:

La mise en place des éléments de protection solaire (auvents, cantilevers, reculs, etc.) donne lieu à une réduction des apports solaires directs et indirects. Quant au type de protection solaire à utiliser, en général, il est recommandé ce qui suit :

- Si l'orientation est au sud, la recommandation la plus appropriée est l'usage des films de protection solaires fixes ou semi-fixes;
- Pour une orientation ouest ou nord-est, il est recommandé d'utiliser des protections solaires avec des lames horizontales ou verticales mobiles;
- Pour une orientation à l'est ou à l'ouest, les protections mobiles sont recommandées.

Comme exemple de ces protections, il y a les films solaires qui sont collés aux verres (soit à l'intérieur ou à l'extérieur), en leur conférant les avantages suivants:

- a. Ils empêchent la décoloration causée par les rayons UV;
- b. Les points chauds et les points froids sont évités: il est plus facile de contrôler les effets du climat;
- c. Entraînent une économie dans la consommation énergétique dans la climatisation;
- d. La puissance installée pour les équipements de climatisation/chauffage peut être réduite;
- e. Le rendement dans le travail augmente en favorisant une atmosphère plus agréable;
- f. L'éblouissement et la fatigue oculaire sont évités.

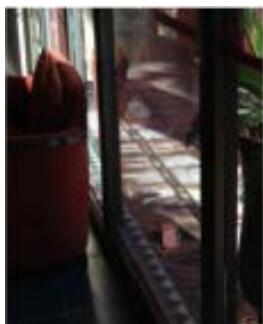


Figure 10: Films de protection solaire (Source: Elaboration propre).

Mise en place de Coupe-froid au niveau des portes:

Solution efficace pour l'isolation thermique au niveau des portes, qui permet d'atteindre des économies d'énergie considérables pour le chauffage en hiver et la climatisation en été, tout en évitant la pénétration de poussière et du bruit, durant toute l'année.

6.1.4 Architecture Bioclimatique

La conception architecturale des bâtiments doit être appropriée aux principaux facteurs climatiques de la zone où ils se trouvent. En effet, l'orientation est fondamentale en tant que système d'exploitation ou de protection face aux impacts climatologiques, tels que la lumière naturelle, la pluie, le vent, l'humidité ou le bruit.

Les conditions météorologiques sont très différentes selon les zones climatiques. Au Maroc, il existe six grandes zones climatiques.

Nous décrivons, ci-après, les principaux critères à prendre en compte, dans la conception bioclimatique des nouvelles constructions des bâtiments touristiques:

Eclairage

Un critère fondamental de la conception c'est l'exploitation de la lumière naturelle, en disposant de façades donnant sur l'extérieur, ou bien sur des patios intérieurs. L'ouverture des puits de lumière dans la toiture est également une option intéressante. Les besoins en éclairage peuvent conditionner, dans de nombreux cas, la taille et la distribution du bâtiment.

Conditionnement thermique

C'est un facteur très important, en relation avec le premier, par le degré d'ensoleillement qui, étant favorable en hiver, requiert toutefois une protection solaire en été. Le facteur déterminant à prendre en compte est l'orientation des façades par rapport à la trajectoire solaire qui, outre le volume du bâtiment, est responsable de l'ombrage sur l'espace libre ou sur les bâtiments avoisinants.

Le «**facteur de forme**» du bâtiment (rapport entre la superficie extérieure du bâtiment et son volume), a une grande influence dans la quantité d'énergie échangée avec l'extérieur, pour limiter les pertes de chaleur en hiver et permettre un refroidissement passif en été.



Air

L'ouverture des fenêtres et parois vitrées dans le bâtiment, permet à la fois l'entrée d'air nouveau et la sortie d'air contaminé à l'extérieur, permettant une ventilation croisée ou complémentaire. Dans des locaux intérieurs où ce système n'est pas possible, l'on peut recourir à des conduits avec des mécanismes qui permettent la circulation de l'air par différence de pression, assurant ainsi un niveau minimum des renouvellements d'air requis dans le règlement.

Bruit

La pollution sonore peut influencer l'aménagement intérieur du bâtiment. La conception elle-même de la forme de celui-ci, peut être considérée comme une source de bruit (surtout si son activité génère du bruit), en dehors de produire un blindage ou réfléchir des bruits provenant d'autres sources acoustiques.

Autres Facteurs

Autres requis à prendre en compte lors de la conception du bâtiment sont les suivants:

- Accessibilité des personnes et des véhicules;
- Règlement sur la sécurité contre l'incendie;
- Services techniques (lignes électriques, conduits...) ou de sécurité;
- Prévention de risques ou de catastrophes (glissements de terrain, écoulements des eaux...);
- Patrimoine naturel et culturel (végétation, monuments...);
- Gestion durable des ressources naturelles (terres arables, paysages naturels...).

Pour plus d'information sur les aspects constructifs, il est recommandé de consulter le Guide Technique sur l'Isolation Thermique du Bâtiment au Maroc.

6.2 ÉCLAIRAGE

Dans le secteur touristique, l'éclairage représente un pourcentage élevé dans la consommation d'électricité, situé en général entre 25 et 50%.

Les aspects suivants influent dans l'efficience de l'installation d'éclairage:

- **Efficacité énergétique des composants:**
 - Lampe. Source de lumière;
 - Luminaire. Dispositif qui distribue la lumière fournie par la lampe;

- Equipement auxiliaire. Permet le fonctionnement de tous ces éléments qui ne peuvent pas le faire avec une connexion directe au réseau.

- **Usage de l'installation** (mode d'utilisation, usage de systèmes de régulation et de contrôle, exploitation de la lumière naturelle).
- **Maintenance** (nettoyage, remplacement de lampes).

Le choix des composants les plus appropriés dépendra du type de l'espace à éclairer et de l'activité qui s'y produit. Toutefois, en faisant le bon choix, des économies d'énergies importantes peuvent être atteintes.

Les mesures qu'un établissement devra contempler pour améliorer l'efficacité énergétique de l'éclairage sont citées ci-après:

6.2.1 Choix des lampes

Les **lampes à incandescence** ont le plus haut indice de rendu des couleurs ($R_a = 100$) et une température de couleur de 2700 K ; en revanche, leur efficacité lumineuse est très faible. Ce qui ramène la quasi-totalité des établissements à les remplacer par d'autres technologies plus efficaces.

Actuellement, les **LED** (Light-Emitting Diode) sont de plus en plus introduits dans le marché des lampes, qui utilisent une technologie plus avancée de diode émettrice de lumière. Ses principaux avantages sont :

- Longue durée de vie de 50.000 à 100.000 heures;
- Réduction des coûts de maintenance;
- Grande efficacité énergétique par rapport aux lampes à incandescence et aux halogènes;
- Grande qualité de lumière et respectueuses de l'environnement (absence de mercure) et ne gènent ni ultraviolet UV, ni infrarouge IR dans le faisceau lumineux;
- Possibilité de régulation et de lumière dynamique;
- Allumage instantané, pas de scintillement.



Figure 11:
Lampe LED

Technologie	Efficacité lumineuse (lm/W)	Image de la lampe
Incandescente	10-17	
Halogène	12-22	
Vapeur de Mercure	25-60	
Fluorescente	30-110	
Fluorescente compacte	40-70	
SHP	50-140	
HM	70-115	
LED	40-130	

Tableau 10: Type de performances par technologie

Les LED s'avèrent très adéquates pour remplacer les lampes à incandescence traditionnelles. En effet, celles-ci permettent une réduction de la consommation énergétique de l'ordre de 80%, ainsi qu'une plus longue durée de vie jusqu'à 10 fois plus, par rapport à la lampe à incandescence. Sa durée de vie qui peut aller jusqu'à 25 ans soit 25 à 50 fois plus qu'une ampoule à incandescence et son rendement lumineux est très bon (environ 6 fois supérieur à celui d'une lampe à incandescence)

6.2.2 Choix de l'équipement auxiliaire

L'équipement auxiliaire a une grande influence sur l'efficacité énergétique de l'ensemble du dispositif. Les ballasts électriques offrent de

nombreux avantages par rapport aux ballasts électromagnétiques -utilisés dans les lampes fluorescentes conventionnelles- tant dans le confort d'éclairage que dans l'économie d'énergie:



Figure 12: Ballast électrique

- Réduction de 25% de l'énergie consommée;
- Augmentation de l'efficacité et de la durée de vie (jusqu'à 50%);



- Allumage instantané et sans défauts;
- Augmentation du confort visuel, en réduisant les bruits produits par l'équipement électromagnétique et en évitant le scintillement stroboscopique;
- Plus de confort, en permettant d'adapter le niveau de luminosité selon les besoins;
- Permet de raccorder des capteurs de lumière qui maintiennent un niveau d'éclairage constant, tout en exploitant au maximum la lumière naturelle.

6.2.3 Choix du luminaire

Il est important de tenir en compte le rendement du luminaire, en fonction de l'usage auquel il est destiné. Si l'on souhaite un éclairage localisé, il sera nécessaire un luminaire qui ne disperse pas la lumière. Si, au contraire, l'on souhaite une lumière bien distribuée, il faut tenir compte du rendement du luminaire pour réfléchir et distribuer au mieux la lumière. En effet, plus le rendement est grand, plus faible sera la puissance à installer. Les luminaires avec un **réflecteur en aluminium de type miroité**, sont ceux qui présentent le meilleur rendement.



Figure 13: Luminaire avec un système réflecteur

6.2.4 Exploitation de la lumière naturelle

Les **cellules photoélectriques, ou les détecteurs de lumière** régulent la quantité de lumière artificielle nécessaire dans un local, selon l'intensité de lumière naturelle dont dispose le bâtiment, pour maintenir le niveau préétabli. Avec un seul détecteur de lumière, l'on peut réguler jusqu'à 20 luminaires, et le système permet des économies pouvant atteindre 60%.



Figure 14: Cellule photoélectrique du système de régulation

6.2.5 Systèmes de régulation et contrôle

Ces dispositifs éteignent, allument et régulent la lumière selon les interrupteurs (commutateurs), les détecteurs de mouvement et de présence, les cellules photoélectriques ou les calendriers et horaires préétablis. Ils permettent une meilleure exploitation de l'énergie consommée, en réduisant les coûts énergétiques et de maintenance, ainsi que de fournir la flexibilité du système d'éclairage. Les économies d'énergie réalisées par l'installation de tels systèmes peuvent atteindre les 70%.



Figure 15: Interrupteur horaire avec horloge astronomique intégrée

6.2.6 Gestion et maintenance

L'efficacité énergétique de l'éclairage diminue au fil du temps, en raison de la dépréciation du flux lumineux des lampes tout au long de leur durée de vie, ainsi que de la saleté accumulée sur les luminaires. Une bonne maintenance du système d'éclairage permet des économies qui peuvent atteindre les 50%. La maintenance comprend:

- Le nettoyage des luminaires;
- Le remplacement des lampes. Il doit être fait à la fin de la durée vie indiquée par le fabricant, car, même si ces lampes n'ont pas grillé, leur efficacité serait diminuée;
- La révision périodique de l'état des différents composants de l'installation.

Comme système novateur de contrôle il y a le dénommé «contrôle d'occupation». C'est un système qui permet la déconnection de l'installation électrique (éclairage, climatisation, principalement). Diverses technologies sont utilisées à cette fin:

- **Système de contrôle automatique**, qui combine le contact de la porte avec différents capteurs de présence et un automate;

- **Interrupteur à carte:** en introduisant la carte magnétique dans la serrure, un relais général est activé, et qui est désactivé en retirant la carte à nouveau;
- **Interrupteur général:** c'est une alternative pour les établissements où le service d'interrupteur à carte n'est pas admis. Il consiste à disposer d'un interrupteur général pour la commande manuelle de tous les circuits, tant par les utilisateurs que par le personnel de l'établissement;
- Système de gestion centralisée.

6.3 CHAUFFAGE-VENTILATION-CLIMATISATION CVC

Il est fortement recommandé de porter une attention particulière à l'installation de climatisation, non seulement pour son importance du point de vue du confort, mais aussi pour sa forte consommation d'énergie, qui peut atteindre jusqu'à 50% de la consommation totale du bâtiment.

Les principales actions pour augmenter l'efficacité énergétique dans les installations de climatisation peuvent être résumées en trois blocs:

- **Conception et utilisation des installations: Le confort humain est centré en cinq variables fondamentales:**
 - Température;
 - Humidité;
 - Vitesse de l'air;
 - Qualité de l'Air Intérieur (QAI);
 - Niveau sonore.
- **Amélioration de l'efficacité énergétique des équipements:**
 - Utilisation des unités avec une meilleure efficacité énergétique;
 - Utilisation de la pompe à chaleur aussi bien pour le froid que pour la chaleur;
 - Installation des récupérateurs de chaleur (l'énergie thermique récupérée est souvent sous forme d'eau chaude);
 - Optimisation des rendements des chaudières;
 - Usage des chaudières à basse température et des chaudières à condensation;
 - Substitution du fuel par le gaz naturel ou la biomasse (conditions techniques préalables).
- **Utilisation des systèmes de contrôle des économies d'énergie plus efficaces:**

L'intégration de divers systèmes de contrôle et de mesure de haute précision permettra de réduire l'hystérosis de l'équipement et d'ajuster plus précisément la température souhaitée. En situant cette température autour de 21 ° C en hiver, ou 24° C en été, l'on arrive à obtenir de grandes économies d'énergie et d'argent.

Les mesures d'efficacité énergétique en climatisation, qui peuvent être mises en place dans un établissement touristique sont:

6.3.1 Systèmes de climatisation par Pompe à Chaleur

Ces systèmes consomment moins d'énergie primaire qu'en moyennes classiques de chauffage (consommation trois fois moins qu'un radiateur électrique), étant également une alternative intéressante pour la polyvalence de production de froid et de chaleur. Leur rendement est élevé, pouvant générer plus de trois unités d'énergie thermique, pour une unité de consommation.

Le Coefficient de Performance COP (dans le cas du chauffage) ou le ratio EER (Energy Efficiency Ratio, dans le cas du refroidissement) est un coefficient qui représente l'efficacité énergétique d'une pompe à chaleur, de sorte que lorsqu'il dépasse la valeur de 3,60 (COP) et 3,20 (EER), l'équipement est de classe A.

Dans la fiche des caractéristiques d'une pompe à chaleur, sont affichés les paramètres qui reflètent son niveau d'efficacité énergétique: COP (mode chaud) et EER (mode froid). Les deux associent la capacité de refroidissement / chauffage à l'exploitation que le compresseur puisse faire de la température de l'air extérieur.

	MODE FROID	MODE CHAUD
A+++	SEER \geq 8.50	SCOP \geq 5.10
A++	6.10 \leq SEER $<$ 8.50	4.60 \leq SCOP $<$ 5.10
A+	5.60 \leq SEER $<$ 8.50	4.00 \leq SCOP $<$ 4.60
A	5.10 $<$ EER $<$ 5.60	3.40 \leq COP $<$ 4.00
B	5.10 $>$ EER \geq 4.60	3.40 $>$ COP \geq 3.10
C	4.60 $>$ EER \geq 4.10	3.10 $>$ COP \geq 2.80
D	4.10 $>$ EER \geq 3.60	2.80 $>$ COP \geq 2.50

Tableau 11: Coefficient de Performance COP (en mode chaud) et EER (en mode froid) d'un climatiseur, en fonction de sa classe d'efficacité énergétique.



Au Maroc, les fabricants des équipements de climatisation sont obligés d'afficher l'information de l'étiquetage énergétique dans les équipements, depuis le mois d'avril 2012.

En outre, si les pompes à chaleur intègrent la technologie INVERTER ou le système FREE-COOLING, leur efficacité augmente considérablement.

Qu'est ce qu'un Inverseur?

La technologie INVERTER sert à réguler le voltage, le courant et la fréquence d'un dispositif. C'est un circuit de conversion d'énergie. Un système de climatisation classique utilisé, par exemple, pour refroidir une pièce à une température déterminée (24 °C), fonctionnera continuellement en cycles répétés d'Allumage/Arrêt, tandis que celui avec la technologie Inverter fera en sorte que la pièce atteigne rapidement la température voulue, sans avoir besoin de recourir, à posteriori, à ces cycles.



Qu'est ce que le Free - Cooling?

C'est un système qui permet l'exploitation «gratuite» de la température de l'air extérieur lorsque les conditions sont favorables pour réduire l'utilisation des climatiseurs.

Lorsque la température extérieure est inférieure à celle de l'intérieur du bâtiment qu'on veut refroidir, le système permettra l'entrée de l'air extérieur à un plus grand volume. Ce qui réduit le coût de refroidissement du circuit d'air interne. Grâce à un système de clapets, et en mesurant les températures à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment, l'entrée et la sortie d'air sont régulées, pour obtenir la meilleure efficacité.

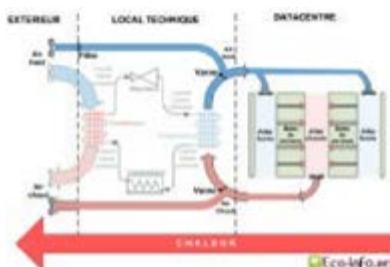


Figure 16: Schéma simplifié du refroidissement d'un Datacenter en Free Cooling à air - direct. Source: CNRS de Grenoble

6.3.2 Systèmes de climatisation centralisée

Un générateur de froid/chaleur (énergie solaire thermique, chaudières à combustibles fossiles ou à biomasse, installation de refroidissement, dispositifs d'absorption) produit de l'énergie thermique (chaud / froid) que le réseau de distribution se charge de répartir jusqu'aux unités terminales.



Figure 17: Chaudière à propane



Figure 18: Pompe à chaleur



Figure 19: Installation Solaire Thermique (tubes à vide)

Comme technologies de chauffage à haute performance énergétique, on peut citer les chaudières à basse température et à condensation:

- **Chaudières à basse température:** fonctionnent à des températures inférieures à 40 °C, contrairement aux chaudières classiques, qui fonctionnent à des températures d'eau chaude entre 70 et 90 °C. Ceci implique un plus faible pourcentage de pertes de chaleur, dans la combustion et la distribution.
- **Chaudières à condensation:** elles récupèrent une partie de la chaleur latente de la vapeur dans les gaz de combustion, obtenant ainsi des rendements supérieurs à 100%, en référence au pouvoir calorifique inférieur PCI du combustible.

Dans le cas des chaudières à basse température, un plancher chauffant ou plancher radiant peut être utilisé comme unité terminale, à base de serpentins qui circulent sous le plancher, en véhiculant l'eau à des températures de 40 à 50 °C. Ces systèmes présentent l'inconvénient d'un coût élevé du génie civil. Leur installation est donc recommandée lors de la phase de construction du bâtiment.



Figure 20: Chaudières à basse température



Figure 21: Planchers radiants

Une mesure d'efficacité énergétique dans ces installations est la mise en place des vannes thermostatiques dans les radiateurs, qui permettent le contrôle de la température dans chaque pièce, en augmentant ainsi l'efficacité du système, tout en réduisant sa consommation énergétique.

Il est également important l'entretien et la réparation de l'isolation des chaudières, des réservoirs de stockage et des réseaux de distribution. Du point de vue énergétique, l'isolation thermique permet de réduire les pertes calorifiques ou frigorifiques dans le transport de l'énergie thermique à partir de l'unité de génération vers les unités terminales.



Figure 22: Exemple de vanne thermostatique

L'isolation des conduits de distribution permet des économies d'énergie de l'ordre de 3 à 8% de l'énergie thermique, ce qui rend plus rapide l'amortissement de l'investissement réalisé.



Figure 23: Pertes thermiques dans un réseau de distribution à cause d'une isolation en mauvais état.



Pour l'isolation, des matériaux comme la **mousse en élastomère** ou la **laine de roche**, peuvent être utilisés, entre autres.

Une autre mesure d'efficacité énergétique qui peut être appliquée dans les locaux de restauration et des halls des établissements hôteliers sont les rideaux d'air, un élément situé dans la partie supérieure de l'accès au local, qui génère un courant d'air vers le bas, en créant ainsi une barrière thermique qui empêche la sortie de l'air climatisé de l'intérieur vers l'extérieur.

En outre, il existe une alternative aux systèmes de ventilation et de refroidissement, le Free Cooling (refroidissement naturel) et l'utilisation des sondes de CO₂, pour régler le fonctionnement de l'unité de traitement d'air, en fonction du nombre de renouvellements d'air minimums requis.

La consommation énergétique de cette installation dépend en grande partie du système utilisé et des dimensions de l'établissement.

L'une des mesures clés pour l'économie d'énergie, est le contrôle de la température de stockage: dans les réservoirs d'accumulation, une température de 60 °C est suffisante pour lutter contre la Legionella (bactéries légionnelles). Il suffit d'assurer une température d'eau au moins 50 °C, dans les points de consommation.

D'autre part, dans le cas de production centralisée d'eau chaude sanitaire et pour le chauffage, il est recommandé de séparer les deux services avec deux chaudières. Sinon, ceci implique des brûleurs surdimensionnés et par conséquent des pertes thermiques en chauffage.

D'autres mesures d'économie d'énergie dans les installations de CES, sont :

6.4 EAU CHAUE SANITAIRE ECS

Source	Economie d'énergie	Temps de retour sur investissement
1. Isolation du réservoir de stockage d'eau chaude.	10%	< 1,5 ans
2. Isolation des conduits.	15%	< 1,5 ans
3. Subdiviser la production.	25%	< 1,5 ans
4. Dimensionnement de l'utilisation.	Variable	< 1,5 ans
5. Substitution des éléments obsolètes. <ul style="list-style-type: none"> • Brûleur (de plus de 8 ans) • Chaudière (de plus de 8 ans) • Chaudière et brûleur 	9% 7% 16%	< 4,5 ans < 6 ans < 6 ans
6. Contrôle de combustion, nettoyage des surfaces d'échange de chaleur.	8%	< 3 ans
7. Nettoyage de l'échangeur thermique.	12%	< 1,5 ans
8. Contrôle de la température de l'eau chaude.	5%	< 1,5 ans
9. Mise en place des compteurs.	15%	< 4,5 ans

Comme on le verra plus loin dans le guide, une mesure importante pour réduire la consommation énergétique pour la production d'eau chaude sanitaire, est de mettre en œuvre une installation solaire thermique, aussi bien pour le chauffage d'eau sanitaire que pour d'autres applications, telles que le chauffage des piscines.

la même proportion, d'économiser l'énergie utilisée pour son chauffage, offrant des bénéfices, non seulement économiques qui sont très importantes, mais également écologiques en réduisant la combustion, et donc les émissions des gaz à effet de serre.

Ci après, une série de mesures visant à réduire la consommation de cette ressource:

1. Dans le nettoyage des installations, utiliser seulement l'eau nécessaire, et, si possible, faire un nettoyage préalable à sec. Respecter les temps, les débits et les concentrations des produits de nettoyage, afin d'économiser de l'eau pour le rinçage et de générer ainsi moins d'eaux usées.

6.4.1. Gestion efficace de l'eau chaude sanitaire ECS

L'eau potable est un véritable bien qu'on doit préserver, non seulement pour les bénéfices économiques, mais aussi pour sa rareté. L'économie de l'eau chaude sanitaire ECS permet, presque dans

- 2.** Utiliser des tuyaux à pression avec fermeture à la sortie de l'eau. Les systèmes de nettoyage à pression consomment moins d'eau. En effet, ils génèrent moins de volume d'eaux usées et améliore l'efficacité de l'opération de nettoyage.
- 3.** Évitez les déversements et les fuites des produits de nettoyage pour éviter d'utiliser plus d'eau pour le rinçage.
- 4.** Effectuer un entretien adéquat afin de prévenir les fuites et les déversements dans les réservoirs, la tuyauterie et l'installation hydraulique.
- 5.** Utiliser des robinets efficaces de façon à éviter l'écoulement de l'eau chaude, lorsqu'on ne la nécessite pas.

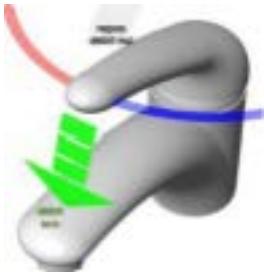


Figure 24: Robinet avec contrôle de débit.

- 6.** Installer des dispositifs pour économiser l'eau: un moyen d'économiser jusqu'à 30% de l'eau consommée, consiste en l'utilisation de systèmes économiseurs d'eau, l'incorporation des plastiques anticalcaires et l'installation de mécanismes de fermeture automatique.

Parmi ces éléments, il y a:

- **Aérateurs avec système antivol.**
Réduisent la consommation d'eau au moins 50% en comparaison avec les systèmes classiques, et ont une grande efficacité avec les savons, grâce à leur jet d'eau contenant de fines bulles d'air.
- **Réducteur de débit pour les douches**
Limiter le débit d'eau dans les douches à une valeur optimale (12 litres/min), peut donner lieu à des économies considérables d'eau (35%).
- 7.** Effectuer des révisions périodiques (mensuelles) afin de détecter des fuites et pannes dans les éléments du réseau hydraulique (tuyaux, robinets, ...). Pour effectuer cette tâche, il est souhaitable d'établir un Plan de Maintenance Préventive et et attribuer cette fonction à un responsable.

Standards de consommation d'eau au Maroc (litre/ nuitée)	
Hôtel 5* Grand Lux	600
Hôtel 5*	500
Hôtel 4*	400
Hôtel 3*	300
Ryad, équivalent 5*	500
Villa	300
Village de vacances, équivalent 4*	350
Appart-hôtel	250
Appartement	180

Tableau 12: Standards de consommation d'eau en hébergement touristique.

Source: ONEP, Direction de la Stratégie et du Développement.

6.4.2 Chauffe-eau solaires

Dépendant du climat, les Chauffe-eau solaires peuvent fournir une grande partie de la demande de l'eau chaude sanitaire d'un établissement touristique, tout le long de l'année. Il est à préciser que l'installation devrait disposer d'un système d'appoint, pour couvrir toutes les périodes où la radiation solaire n'est pas suffisante, notamment lorsque le ciel est nuageux.

Ce point est repris, plus en détail, dans la section 6.7: Installations d'énergies renouvelables et diversification énergétique applicables dans le secteur.

6.4.3 Système thermodynamique solaire

La chaleur absorbée et transportée par le collecteur solaire, chauffe l'eau dans l'accumulateur. De manière à ce que la pompe à chaleur ne se met en marche que lorsque l'irradiation est suffisante, qui permet ainsi une économie d'énergie importante.



Le système peut être optimisé en incorporant un compresseur modulant dans la pompe à chaleur.

Comme solution novatrice, il existe ce qu'on appelle les « panneaux solaires thermodynamiques », qui, contrairement aux panneaux classiques, non seulement captent l'énergie du rayonnement solaire, sinon captent également la chaleur du milieu extérieur (soleil, eau de pluie, vent, ...), en se basant sur les principes de la thermodynamique, ce qui leur permettant de produire de l'énergie pendant les jours nuageux et la nuit. Les équipements thermodynamiques sont appropriés pour une utilisation en chauffage d'eau sanitaire ou en chauffage tout court.

Fonctionnement du système solaire thermodynamique:

Le réfrigérant sort de la vanne de détente à l'état liquide à très basse température, pour arriver aux panneaux collecteurs, à une température autour de -10 °C. En arrivant à une si basse température, le gaz réfrigérant, en passant par le panneau, s'évapore en absorbant la chaleur ambiante, toujours lorsque la température extérieure est supérieure à 0 °C. Dans le compresseur, situé dans le bloc thermodynamique, le gaz réfrigérant est comprimé, ce qui augmente sa température à un niveau supérieur à 100 °C.

Le gaz réfrigérant, à haute température, passe à travers le condenseur qui n'est autre qu'un échangeur de chaleur situé dans l'accumulateur, et chauffe ainsi l'eau y contenue à des températures de 45 à 60°. Ce gaz, en passant par le condensateur et en cédant sa chaleur à l'eau, redeviennent liquide. Enfin, le fluide réfrigérant liquide passe à travers la vanne de détente, qui réduit considérablement sa pression et par conséquent sa température, pour terminer ainsi le cycle décrit.



Figure 25: Panneau solaire thermodynamique. (Source: www.unaus.eu)

6.5 MOTEURS ET ENTRAÎNEMENTS

La première étape pour obtenir l'efficacité énergétique dans le fonctionnement de ces équipements, est de faire le bon choix lors de leur achat, en tenant compte non seulement des prestations techniques mais également de la consommation d'énergie .

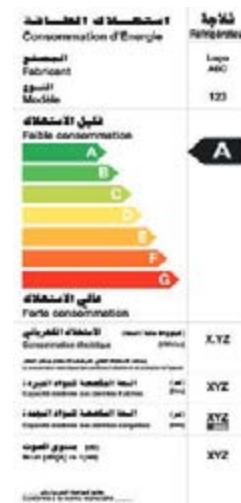


Figure 26: Etiquetage énergétique marocain



On devrait acquérir, autant que possible, des équipements avec des systèmes d'économie d'énergie, «Energy Star», qui intègrent un mode de «stand by» ou en veille, qui s'active chaque fois que l'équipement demeure sans être utilisé, un certain temps programmé au préalable. Grâce à ce mode, la consommation d'énergie est jusqu'à 75% plus faible que dans le mode de fonctionnement normal.

En Europe, depuis 1992, les appareils tels que les réfrigérateurs, les congélateurs, les lave-vaisselle, lave-linge, sécheuses, fours électriques et les climatiseurs

sont soumis à un règlement obligeant les fabricants à informer le consommateur des aspects liés à la consommation d'énergie et autres caractéristiques de ces appareils à travers l'étiquette énergétique.

Au Maroc, la norme **NM 14.2.300** relative aux produits et appareils électriques domestiques, selon l'Arrêté 2148-11 du Ministre de l'énergie et des Mines, pour lequel l'étiquetage énergétique des produits électriques destinés à la consommation des ménages est devenu obligatoire depuis avril 2012.

Actuellement, il existe sept classes d'efficacité énergétique identifiées par un code de couleurs et de lettres allant du vert et la lettre A pour les appareils les plus efficaces (ceux qui consomment le moins d'énergie), au rouge et la lettre G pour les équipements les moins performants (plus forte consommation d'énergie). Dans les pays de l'Union Européenne, il a été défini, pour les réfrigérateurs, congélateurs et appareils combinés, deux autres classes classes d'efficacité énergétique, A+ et A++, de moins de consommation d'énergie que la classe A.

Quant aux pompes et moteurs, utilisés dans des circuits de pression d'eau, d'épurateur ou d'irrigation, on peut appliquer diverses mesures visant à optimiser leur performance et de réaliser ainsi des économies d'énergie. Parmi ces principales mesures, ont peut citer ce qui suit:

6.5.1 Moteurs à haute efficacité

L'utilisation de **moteurs à haut rendement** comme exemple de mesure d'économie d'énergie, notamment dans les ascenseurs, les systèmes de pompage d'eau et autres équipements électromécaniques, est d'un impact élevé sur l'économie d'énergie pour certains établissements. Ces moteurs ont plusieurs avantages:



Figure 27: Pompe de circulation

- Ils sont plus robustes que les moteurs standards, ce qui signifie des coûts réduits de maintenance et durée de vie plus longue;
- Une plus grande efficacité signifie un faible coût d'exploitation.

Toutefois, ils présentent certaines limitations:

- Ils fonctionnent à une vitesse plus grande que les moteurs standards, ce qui peut supposer une augmentation de charge, qui doit être évaluée;
- Le couple de démarrage peut être inférieur à celui d'un moteur standard. Il faut donc analyser soigneusement chaque cas. Le courant de démarrage est généralement plus élevé, ce qui peut provoquer un dépassement de la limite de chute de tension dans le réseau, au moment du démarrage.

6.5.2 Choix du bon moteur

L'achat d'un moteur trop puissant est une pratique inefficace. En effet, une optimisation de la puissance du moteur adéquate au travail à réaliser, est fort souhaitable. Voici quelques indications pour l'installation des moteurs à haute efficacité:

- Dans les moteurs entre 10 CV et 75 CV, lorsqu'ils fonctionnent plus de 2500 heures par an;
- Dans les moteurs de moins de 10 CV ou plus de 75 CV, quand ils dépassent 4500 heures;
- Lorsqu'ils sont utilisés pour remplacer les moteurs surdimensionnés;
- Lorsqu'ils sont appliqués conjointement avec des variateurs électroniques de fréquence.

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) a introduit de nouvelles Normes pour mesurer l'efficacité dans des moteurs à courant alternatif AC, à basse tension, et pour les classer en fonction de leur efficacité. A partir de 2007, l'efficacité des moteurs doit être mesurée selon la norme IEC/EN 60034, et la classification selon la Norme IEC/EN 60034-30.

Puissance Nominale	Efficacité
7,5 kW, 2 pôles	87,9%
11 kW, 4 pôles	90,3%
160 kW, 4 pôles	95,4%

Tableau 13: Valeurs d'Efficacité dans les Moteurs (IEC/EN 60034-2-1 :1007)



Par ailleurs, les moteurs électriques sont classés dans 5 classes :

- IE1 : Rendement standard
- IE2 : Rendement élevé
- IE3 : Rendement premium
- IE4 : Rendement super premium
- IE5 : Rendement ultra premium

Il est recommandé de choisir ou changer des moteurs IE2 avec variateur de vitesse ou IE3/IE4.

6.5.3 Contrôle et régulation des moteurs

Démarrateurs Progressifs

Le Démarrleur Progressif permet le démarrage en douceur des moteurs. Il démarre le moteur à tension réduite avec un voltage qui augmente progressivement jusqu'à arriver à sa valeur nominale. Le démarrage en douceur évite les chocs et protège les éléments de transmission de puissance (poulies, courroies, axes, réducteurs, etc.). Ses applications sont très variées, en particulier dans les pompes de circulation et les compresseurs.



Figure 28: Démarrleur Electronique (Source: Schneider)

Variateurs de Fréquence

L'objectif d'intégrer des variateurs de fréquence dans les moteurs à forte utilisation ou puissance est d'ajuster, en continu et automatiquement, la vitesse de rotation du moteur à la charge du dispositif. Ce qui entraîne des économies d'environ 20% à 30%. En plus, outre les économies que génèrent cet «ajustement» des courbes de fonctionnement, les variateurs de fréquence sont capables de réduire, dans de nombreux cas, l'énergie réactive produite par le dispositif.

Pour l'étude de la mise en place des variateurs de fréquence, on devrait considérer ceux les plus influents, en particulier :



Figure 29: Variateur de Fréquence. (Source: Schneider)

- Moteurs à grande consommation énergétique;
- Moteurs avec une puissance supérieure à 4 kW.

L'installation d'un variateur de fréquence permet de:

- Adapter la consommation d'énergie à la demande de puissance du procédé, économisant ainsi de l'énergie;
- Travailler à pression constante et démarrer en douceur, sans pointes d'intensité;
- Avoir un facteur de puissance élevé;
- Réduire le nombre de démaragements;
- Faible bruit à charges partielles, grâce à la réduction de la vitesse du compresseur.

6.5.4 Condensateurs de correction de facteur de puissance (Cosinus phi, cos φ)

Pour corriger le facteur de puissance, il existe des dispositifs, appelés «batteries de condensateurs» ou condensateurs de correction du facteur de puissance, qui emmagasinent les charges électriques et réduisent la puissance réactive dont les moteurs ont besoin pour produire des champs magnétiques.

Un dimensionnement correct des batteries de condensateurs est très important. En effet, trop faible, le résultat est insuffisant, mais inversement une surcompensation se traduira par un renvoi d'énergie réactive capacitive vers le réseau qui sera également comptabilisée et facturée.

La compensation peut s'effectuer de différentes manières :

- Compensation individuelle

Un exemple courant de ce cas: Les luminaires à tubes fluorescents peuvent être équipés d'un condensateur pour compenser l'effet inductif du ballast électromécanique.

- Compensation centralisée

La compensation s'effectue d'une manière globale:

les batteries de condensateurs sont raccordées en amont de l'installation du côté basse tension.

Compenser l'énergie réactive, c'est fournir cette énergie à la place du réseau de distribution par l'installation d'une batterie de condensateurs, source d'énergie réactive de puissance.

Pourquoi compenser l'énergie réactive?

Les avantages sont multiples:

- Économie sur le dimensionnement des équipements électriques car la puissance appelée diminue;
- Augmentation de la puissance active disponible au secondaire des transformateurs;
- Diminution des chutes de tension et des pertes en lignes;
- Économie sur la facture d'électricité, en supprimant la consommation excessive d'énergie réactive.

6.6 OUTILS DE GESTION ÉNERGÉTIQUE ET MONITORING

L'intégration des Systèmes de Gestion Intelligente dans un établissement touristique, est une mesure de réduction de la consommation énergétique et des coûts de maintenance.

Les Systèmes de contrôle centralisé (BMS -Building Management Systems) peuvent intégrer les fonctions de climatisation, de ventilation ou de contrôle d'éclairage et de distribution électrique. Ce qui permet le contrôle complet de l'établissement ou de la chaîne, à travers un ordinateur central.

Ces systèmes sont généralement composés par:

- Ordinateur de contrôle centralisé (poste de travail);
- Système et réseau de communication interne qui permet l'interopérabilité et l'échange d'informations;
- Bornes de commande (sondes de température, capteurs de lumière, les thermostats, compteurs de consommation, etc.);
- Pilotes (agissant comme un pont entre les actionneurs et d'autres dispositifs du système);
- Actionneurs sur les dispositifs à gérer (vannes, servomoteurs, relais).
- Unités de mesure et de contrôle localisé.

(.. Les coûts énergétiques pour une chambre simple, dépendent de deux facteurs: la catégorie de l'hôtel et le degré d'automatisation. Lorsque l'on compare des hôtels de la même catégorie, ceux qui sont automatisés économisent entre 20% et 40% de l'énergie.

Fonctionnalités à incorporer dans un Système de Gestion Centralisée

Exemples de fonctions qui peuvent être intégrées dans le Système de Gestion Centralisée:

- Le système d'enregistrement de la consommation électrique du dispositif, basé sur la lecture des compteurs. En effet, l'intégration des analyseurs de réseau permettra en plus d'obtenir les paramètres électriques les plus importants du réseau (tension, intensité, puissance, facteur de puissance ...), en stockant les lectures à différents intervalles de temps.
- Commande marche-arrêt du système d'éclairage, en utilisant des capteurs qui transmettent le signal à l'automate. A cette fonctionnalité, on peut ajouter des horaires/calendriers de fonctionnement, allumage de la centrale d'alarme, etc ... , en plus de la possibilité de créer des scénarios d'éclairage.
- Contrôle et régulation de l'éclairage intérieur et extérieur.
- Installation d'une carte de communication et sa connexion à l'automate. Ce qui permettra, par exemple, l'intégration de tous les paramètres d'un climatiseur, tels que: les points de consigne, températures, alarmes, etc.
- Mise en marche et arrêt des équipements (refroidisseurs, chaudières, etc.) en adaptant horaires et puissances, et en établissant des niveaux de fonctionnement (on, stand by, off). Ou encore, en agissant en tant que contrôleur de la demande, en déconnectant des circuits quand il y a un dépassement de limite de la puissance établie, par exemple.

6.7 INSTALLATIONS D'ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DIVERSIFICATION ÉNERGÉTIQUE APPLICABLES AU SECTEUR

Ce chapitre donne un aperçu des principales technologies des énergies renouvelables applicables dans le secteur du tourisme. L'intégration des énergies renouvelables non seulement bénéficie au secteur, sinon contribue également à la réduction de la dépendance énergétique du Maroc de l'extérieur (97,3% pour les sources d'énergie primaire et 15,1% pour l'énergie électrique, selon ICEX 2012).

Les avantages de l'intégration des énergies renouvelables pour le secteur du tourisme sont les suivants:

- Réduction des coûts énergétiques;
- Réduction de l'impact sur l'environnement;
- Optimisation du confort et satisfaction de la clientèle;
- Obtention d'une plus grande rentabilité.

6.7.1 Energie Solaire

Au Maroc, il existe un grand gisement des sources d'énergie solaire, grâce à la grande proportion de la radiation solaire incidente (30% du territoire reçoit annuellement plus de 2 000 kWh/m²). En outre, dans le cadre du Plan Vision 2020, le secteur hôtelier a enregistré une croissance notable des installations d'énergie solaire, dans les nouvelles constructions ainsi que lors des rénovations des bâtiments existants.

L'énergie solaire peut être utilisée de deux formes: pour produire de l'eau chaude (énergie solaire thermique) et pour générer de l'électricité (énergie solaire photovoltaïque).



Figure 30: Installation d'énergie solaire thermique



Figure 31: Installation d'énergie solaire photovoltaïque

Energie Solaire photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque est basée sur la conversion de la radiation solaire en électricité, moyennant les cellules photovoltaïques, principalement constituées par des semi-conducteurs. En effet, ces matériaux sont variés (amorphes, poly-cristallins ou monocristallins), ce qui influe sur leur rendement et leur coût.

C'est un système attractif pour le secteur touristique, il est simple à fonctionner et présente un coût très minimal de maintenance. En plus, il dispose d'une longue durée de vie (plus de 25 ans). Toutefois, il présente l'inconvénient du coût des modules, ce qui limite la faisabilité économique dans les établissements touristiques, qui sont déjà connectés au réseau électrique.

Un système composé de modules photovoltaïques de quelques kW, peut être une option intéressante pour la production de l'électricité pour l'éclairage extérieur, par exemple. De même, le pompage d'eau pour l'arrosage des jardins, moyennant un système photovoltaïque, est une autre application pour ce type d'installation.



Figure 32: Système solaire photovoltaïque pour l'arrosage
(Source: Eraingenieria)

Energie Solaire Thermique

Les systèmes d'énergie solaire thermique, sont les plus fréquemment utilisés dans les établissements touristiques. Ils permettent une importante économie d'énergie. Leur technologie est bien développée et peuvent être installés en toute simplicité et rapidité. Toutefois, cela requiert la disponibilité d'une surface bien exposée au rayonnement solaire et libre de tout ombrage d'autres bâtiments voisins.

L'équipement principal d'une installation solaire thermique est le capteur solaire, chargé de capturer la radiation solaire et de transmettre la chaleur générée au fluide caloporteur (eau + antigel) qui parcourt les tubes en cuivre. Cette eau se réchauffe au fil de l'écoulement dans les tubes. Il existe plusieurs types

de capteurs, en fonction desquels les applications de l'énergie solaire thermique, varient:

- Capteurs solaires thermiques à concentration: grâce à un système optique, ils concentrent le rayonnement solaire pour chauffer le fluide au-dessus de 70 °C. Ils sont appliqués en cas de moyenne et haute température. Ils ne sont pas d'une grande utilisation dans le secteur du tourisme.
- Capteurs solaires thermiques sans concentration: Ils sont utilisés dans des applications à basse température (<70 °C). Parmi les applications de ces types de collecteurs dans le secteur touristique, il y a la production d'eau chaude sanitaire ECS, le chauffage solaire et le chauffage des piscines.



Figure 33: Installation de chauffage solaire par sol radiant
(Source : Tecnisolar)



Figure 34: Installation solaire pour la climatisation de piscine couverte d'un hôtel (Source : élaboration propre)

La production d'eau chaude sanitaire moyennant l'énergie solaire thermique, est l'application la plus courante. En effet, les hôtels présentent souvent une forte consommation d'ECS à une température constante tout au long de l'année, ce qui fait que le système fonctionne à des rendements élevés, par conséquent, l'investissement réalisé est vite amorti.

La production d'eau chaude pour le chauffage, est limitée à la température : dans les capteurs plans (sans concentration) le rendement diminue lorsque la température augmente au-dessus de 60

°C. Généralement, dans ces cas, des collecteurs à vide sont employés, qui eux présentent des bons rendements à des températures élevées. Les capteurs plans ont des applications dans des installations de chauffage qui disposent des ventilo-convection «fan coils», ou des sols radiants ; étant donné qu'ils admettent des températures inférieures.

Une autre application intéressante de l'énergie solaire thermique dans les établissements touristiques, est le chauffage des piscines. L'investissement dans ce cas est beaucoup plus petit que celui pour la production d'eau chaude sanitaire, puisque l'eau de piscines requiert une température plus basse.

Enfin, l'énergie solaire thermique peut également être utilisée pour le refroidissement dans un établissement touristique : Un système qui utilise la production des hautes températures des collecteurs solaires thermiques à concentration, pour alimenter une pompe à chaleur à absorption. Quoiqu'il s'agisse d'une technologie récente, le refroidissement solaire a un grand potentiel dans le futur.

6.7.2 Biomasse

La bioénergie est un marché récent, encore non consolidé dans le pays. La nouvelle loi marocaine sur les énergies renouvelables, inclut l'énergie obtenue à partir de la biomasse comme une énergie renouvelable. L'existence d'un tel cadre réglementaire permettra donc le plein développement de ce type d'énergie.

Au Maroc, la biomasse est encore largement utilisée sous forme de bois de feu (6 millions de tonnes de bois sont consommées chaque année au Maroc, pour des fins énergétiques).



Figure 35: Chaudière de biomasse pour la génération de chauffage centralisé (Source: Elaboration propre)



En particulier, les hébergements ruraux et avec la disponibilité de bois feu à proximité, peuvent l'utiliser pour produire de l'eau chaude sanitaire et le chauffage, en utilisant des chaudières ou des poêles à biomasse. Une chaudière classique à bois ouverte est très inefficace, avec des pertes allant jusqu'à 90% de la chaleur produite. Les poêles modernes peuvent atteindre des rendements supérieurs à 70%, tandis que les chaudières améliorées à biomasse ont des rendements de 85 à 90%.

6.7.3 Micro-cogénération

La cogénération est un système à haute performance énergétique, basé sur la production simultanée de l'électricité et de l'énergie thermique (calorifique/frigorifique) à partir de l'énergie primaire contenue dans un combustible.

C'est un système à haute efficacité énergétique et bénéfices pour les établissements touristiques. Il permet d'exploiter l'énergie thermique générée pour chauffer le fluide de chauffage, l'eau sanitaire ou les piscines.

Nous parlons généralement de micro-cogénération lorsque la capacité installée est inférieure à 1 MW. Elle présente comme avantages supplémentaires, la réduction de l'espace par rapport à d'autres systèmes alternatifs (par exemple le solaire thermal) et peut être installée à l'intérieur du local, ce qui réduit l'impact visuel.

Une condition nécessaire à laquelle doit répondre un établissement touristique, pour installer la cogénération, est d'assurer une demande thermique annuelle constante.

Il est également possible d'installer en plus, une machine à absorption pour la production de froid. Nous parlons donc d'un système appelé "tri-génération".

Exemple: Application de Micro-cogénération dans un hôtel de 4*

Caractéristiques Générales:	Hôtel 4* 57 chambres
Demande Thermique:	ECS centralisée Sauna, Bain turc, Jacuzzi
Consommation Energétique:	Eau chaude: 7'980 l/jour (170 MWh/an) Climatisation: 385 MWh/an
Installation de Cogénération:	Unité de Micro-cogénération: • Puissance: 20 kWc / 43 kWt Système d'appoint: • 2 chaudières à condensation • Puissance totale: 535 kW
Production:	Fonctionnement de l'installation de la Micro-Cogénération: 5.500 h/an% Couverture de la demande thermique: 44% Production électrique: 110 MWh/an

6.8 RECOMMANDATIONS A COÛT D'INVESTISSEMENT NUL OU MINIME

6.8.1 Recommandations pour les hôtels

Systèmes de Chauffage

- Maintenir la température du système de CVC dans une gamme de 21 à 26 °C, pour éviter une consommation excessive d'énergie. Pour chaque degré de température augmenté ou diminué par rapport à cette gamme, la consommation d'énergie augmente d'environ 7%. Pour cela, il est recommandé l'utilisation des thermostats et, si nécessaire, des couvercles d'autoprotection.
- Il est conseillé de ne pas couvrir ou obstruer les radiateurs et maintenir leur surface propre, afin de profiter au maximum de la chaleur qu'ils émettent.
- L'installation des coupe-froid ou coupe-bise dans les portes et fenêtres, améliore l'isolation thermique. Ils réduisent entre 5% et 10% de l'énergie consommée.
- Les fenêtres à double vitrage ou triple vitrage permettent d'économiser jusqu'à 20% d'énergie en climatisation.
- Remplacer les équipements à technologie obsolète, par d'autres plus efficents tels que les brûleurs.
- Effectuer régulièrement des opérations de contrôle de la performance de combustion dans les chaudières.

- Subdiviser l'installation en fonction de la demande.
- Installation de rideaux d'air dans l'accès de l'établissement.
- Effectuer des opérations de maintenance précises, telles que le nettoyage des filtres (des manomètres peuvent être utilisés pour déterminer le moment adéquat pour réaliser la maintenance), la vérification du fonctionnement des ventilateurs, des vannes/soupapes et des unités terminales, etc.

Systèmes de Climatisation

En plus des mesures mentionnées dans le paragraphe précédent, il est recommandé de:

- Ne pas placer les lampes ou les télévisions à proximité des thermostats, car ces derniers peuvent détecter leur chaleur et maintiennent le système en fonction plus longtemps.
- Utiliser de manière optimale les thermostats, afin d'éviter que la température descende en dessous d'un seuil fixé. Ce qui évitera des usages peu efficaces de l'installation.
- Installer des systèmes de protection solaires, afin de réduire les gains en chaleur, et ainsi réduire la demande de refroidissement. Grâce à la bonne utilisation des auvents et des vitrages isolants, qui réduisent le rayonnement solaire incident, on peut réaliser des économies d'énergie en climatisation, de l'ordre de 30%.
- Il est intéressant d'exploiter des systèmes de refroidissement naturel, comme par exemple la pulvérisation de l'eau sur les plantes à l'intérieur du bâtiment. En effet, La végétation crée des microclimats qui favorisent la réfrigération et l'aération.
- Les couleurs claires en toiture et en murs extérieurs, réfléchissent les rayons du soleil, en réduisant ainsi le refroidissement des espaces intérieurs.

Systèmes d'éclairage

- Chaque fois que possible, profiter de l'éclairage naturel, ce qui permettra de réduire les dépenses en éclairage artificiel.
- Eviter le sur-éclairage des zones et des espaces extérieurs.
- Remplacer les ampoules, les luminaires et les équipements annexes, par ceux à hautes efficacité énergétique.
- Utiliser des systèmes de régulation et de

contrôle de lumière, afin de réduire le temps de fonctionnement de l'installation de l'éclairage (détecteurs de présence, minuteries, réducteurs-stabilisateurs de tension dans l'éclairage extérieur).

- Programmer un plan de maintenance des luminaires et de remplacement des lampes, conformément à la fin de leur durée de vie.

Autres mesures d'économies

- Sensibilisation de la clientèle des établissements hôteliers, pour l'économie de l'énergie et de l'eau. Par exemple, en réduisant le linge envoyé à la blanchisserie.
- Mise en place, dans l'établissement, d'une politique d'achats écologiques, pour l'acquisition des équipements avec l'étiquette énergie à haute efficacité énergétique.
- Installer des sous-compteurs de consommation d'énergie, pour réaliser un suivi dans les consommations et les économies obtenues.

6.8.2 Recommandations pour les restaurants

En plus des mesures mentionnées antérieurement, qui s'appliquent également aux restaurants, nous décrivons ci-après une série de recommandations pour l'utilisation efficace de l'énergie dans les cuisines, l'un des principaux postes de consommation dans les restaurants:

1. Vérifier les feux des cuisinières, en les déconnectant lorsqu'ils ne sont pas utilisés.
2. Choix de la taille du feu et des récipients adaptés à chaque cas.
3. Laisser refroidir les produits cuisinés, avant de les mettre dans des chambres froides, chaque fois que possible.
4. Disposer des antichambres, dans les chambres froides, surtout si leurs températures sont en dessous de zéro (chambres froides négatives).
5. Eviter de garder les portes ouvertes des chambres froides. Pour cela, il est recommandé de connecter la lumière à un contact magnétique sur chaque porte, comme moyen d'attirer l'attention.
6. Réviser et ajuster les cycles de dégivrage et leur durée, en fonction des besoins réels.

- 7.** Ajuster le temps de fonctionnement des fours et éviter de les ouvrir si ce n'est pas nécessaire (la température à l'intérieur peut baisser d'environ 30 °C). Actuellement, des fours à convection sont commercialisés, qui permettent de réaliser plusieurs cuissons simultanées.
- 8.** Les lave-vaisselles requièrent de hautes puissances électriques, pour chauffer l'eau de lavage et sécher la vaisselle. Une option d'économie d'énergie est de fournir à la machine, de l'eau préchauffée avec d'autres combustibles tels que le gaz, ce qui peut entraîner des économies allant jusqu'à 65%. Il est également recommandé de programmer leur fonctionnement pour ne pas coïncider avec d'autres appareils grands consommateurs d'énergie, et éviter ainsi des pics de demande.
- 9.** La chaleur générée dans les compresseurs frigorifiques, peut être utilisée pour préchauffer l'eau, et économiser ainsi environ 25% du coût du chauffage d'eau.
- 10.** Il est recommandé d'installer les extracteurs d'air à double circuit et avec des moteurs à double vitesse: cela permet l'impulsion de l'air ambiant autour de la hotte aspirante et son extraction correspondante. Ce type de hottes, évite l'extraction de l'air climatisé et renouvelle l'air de la cuisine en permanence, sans créer de courants d'air. Avec les moteurs à double vitesse, la hotte est utilisée à moyenne ou pleine puissance, en fonction des besoins.
- 11.** L'efficacité d'une plaque à induction est de l'ordre de 85-90%, tandis que celle d'une cuisinière à gaz, est inférieure à 50%. Les plaques électriques à résistance ont un rendement d'environ 74%. Avec les plaques à induction, on peut réaliser des économies de 40 à 70%, en coûts par rapport aux plaques traditionnelles ou celles fonctionnant au gaz. En effet, cette technologie est plus efficace que celle de la plaque standard à gaz, puisque l'on perd moins d'énergie en chauffant la surface et l'air tout autour. Ce qui se traduit également, par un plus faible besoin d'extraction d'air.

Système/ équipement	Recommandation	Comment?	Potentiel d'économie d'énergie
Lave-vaisselle Industriels	Eviter les dépenses en chauffage de l'eau	Utilisation de l'eau préchauffée par la récupération des machines frigorifiques	25%
		Moyennant des chaudières à gaz	68%
Hottes aspirantes	Eviter les dépenses excessives en électricité	Utilisation des extracteurs d'air modulants	20%
Organisation du travail	Eviter les dépenses excessives en électricité	Optimisation de la puissance souscrite	10%

Tableau 14: Recommandations pour les équipements de cuisine

6.9 PLAN DE FORMATION ET DE SENSIBILISATION

Le succès de la mise en œuvre du programme de gestion énergétique dépend fortement de la sensibilisation du personnel et du changement des habitudes des utilisateurs des installations, un aspect essentiel pour parvenir à une gestion efficace de l'énergie. Cela peut se produire par diverses mesures, comme par exemple:

LIGNES D'ACTION POUR LA SENSIBILISATION DU PERSONNEL

1. Formation.
2. Campagnes de sensibilisation
3. Mise en place d'outils de mesure
4. Plan de communication.
5. Amélioration continue

Formation

Il est difficile qu'un employé puisse suivre les mesures d'économie d'énergie s'il méconnait la véritable implication que cela peut apporter, aussi bien pour l'établissement que pour l'environnement. Tout d'abord, il est nécessaire de mettre en contexte les bénéfices de l'économie d'énergie, en mettant en évidence les aspects suivants:

- L'importance de la réduction de l'utilisation des combustibles fossiles pour l'environnement.
- La réduction de l'empreinte écologique: le changement climatique causé par l'activité anthropique est aujourd'hui une réalité. Il est nécessaire que le personnel de l'établissement connaisse le concept de l'empreinte écologique et comprenne que la réduction des émissions de CO₂, dépend aussi de nos habitudes de consommation de l'énergie.
- Fondements de base de l'efficacité énergétique: Il est nécessaire d'instaurer le concept «**la meilleure énergie est celle qui n'est pas consommée**». Dans ce contexte, les économies d'énergie réduisent non seulement les coûts mensuels dans la facture, mais permettent également une réelle contribution à **la durabilité de l'environnement**.
- Mesures d'économie d'énergie: les mesures décrites dans ce guide seront

inutiles si elles ne sont pas transmises au personnel. En transmettant à chaque employé de l'établissement ce que celui-ci puisse faire afin de contribuer à la réduction de la consommation, vous garantissez la réussite des résultats escomptés.

Campagnes de sensibilisation

Il est à noter que les économies d'énergie passent également par des changements d'habitude de consommation chez les personnes. Pour cette raison, il ne faut pas négliger de renforcer constamment le concept d'économies d'énergie que l'établissement veuille mettre en œuvre.

La réalisation de campagnes de sensibilisation et la divulgation de supports graphiques ou audiovisuelles aideront à impliquer le personnel dans le plan d'économie d'énergie de l'établissement.

Mise en place d'outils de mesure

Tous les plans d'action pour réaliser des économies

d'énergie devraient s'appuyer sur des outils de mesure et de vérification. Sinon, il sera impossible pour la direction d'établir le degré de succès qu'aurait chaque recommandation mise en œuvre.

Pour ce faire, il est indispensable d'établir les **indicateurs énergétiques** pour faire le suivi du plan de l'efficacité énergétique.

Plan de communication

Il est fondamental que les résultats des mesures soient communiqués à l'ensemble des travailleurs impliqués. Cette mesure va les encourager à continuer de mettre en œuvre des actions qui contribuent aux économies d'énergie. De cette façon, ils sentiront qu'ils ont fait partie du succès obtenu par l'établissement hôtelier.

Pour une bonne transmission de l'information, il est recommandé de mettre en place un bulletin mensuel avec un bref descriptif des mesures prises en faveur de l'efficacité énergétique et un résumé des indicateurs énergétiques adaptés par l'établissement. Ce bulletin peut être distribué par email à tous les employés, ou bien affiché dans le tableau d'affichage.

Amélioration Continue

La direction de l'établissement ne doit pas se conformer seulement à la mise en œuvre des mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique. Il est donc recommandé d'évaluer régulièrement les objectifs atteints, faisant place à de nouvelles idées, des améliorations et de la participation active des employés.

Pour cela, il est recommandé de créer un **comité d'efficacité énergétique**, composé de représentants de la direction, le personnel de maintenance et des employés de l'établissement, qui se réunirait périodiquement pour analyser la mise en œuvre des plans d'action et de ses résultats.



7. IMPACTS ÉCONOMIQUE, ÉNERGÉTIQUE, ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

7.1. ÉTUDES DE FAISABILITÉ TECHNICO-ÉCONOMIQUE

Come exemple d'étude de faisabilité technico-économique et d'impact sur l'environnement, d'un projet d'efficacité énergétique, nous exposons un cas réel d'un hôtel à Fès.

Etablissement	Hôtel 5* Fès
Année de construction	1971
Nb de chambres	271
Services	3 salles de séminaire, 3 restaurants et 2 bars. 2 cours de tennis en terre battue, une aire de jeux pour enfants et 2 piscines en plein air dont une pour enfants.

Situation Actuelle

L'hôtel prend très en considération les questions environnementales. Il avait entrepris certaines mesures d'efficacité énergétique, comme l'installation de lampes à basse consommation énergétique et la substitution du fioul par du propane, pour la production d'eau chaude sanitaire.

Eau

L'alimentation en eau provient du réseau municipal, sauf l'irrigation qui est réalisée avec de l'eau d'un puits. La consommation annuelle est d'environ 50 000 m³, avec une consommation moyenne, par nuitée, d'environ 0,6m³.

Energie Electrique

L'énergie électrique est utilisée dans les installations de l'éclairage et la climatisation, principalement. La

consommation annuelle d'électricité s'élève à environ 1 850 000 kWh, avec une augmentation de celle-ci, pendant l'été.

Energie Thermique

Des chaudières au gaz propane sont utilisées pour produire de l'eau chaude sanitaire dans l'établissement. Le propane est également utilisé pour alimenter les séchoirs à linge dans la buanderie.

Plan d'Action:

Les actions qui ont été entreprises dans l'hôtel, pour réduire les consommations et les coûts de l'énergie et de l'eau, sont les suivantes:

1. Installation des économiseurs-aérateurs dans les robinets et les douches: l'économie d'eau annuelle est de 22%.
2. Substitution des lampes à incandescence par celles à basse consommation dans toutes les chambres: l'économie de l'énergie électrique est de 33% de la consommation totale de l'établissement.

7.2. SYNTHÈSE, INVESTISSEMENT ET TEMPS DE RETOUR

En reprenant l'exemple ci-dessus, après la mise en œuvre des mesures dans l'hôtel, les résultats constatés sont : une économie de 905 m³ d'eau et de 51 800 kWh de consommation électrique, dans un mois, ce qui représente une réduction des émissions de 24,1 tonnes de CO₂ dans l'atmosphère et des économies de coûts de 55 000 DH.

Les économies d'énergie annuelles seront:

Mesure corrective	Résultats attendus	Investissements	Economie annuelles
Installer des économiseurs-aérateurs dans les robinets et les douches Equiper les chasses d'eau de plaquettes	Réduction de 22% la consommation d'eau de l'établissement	147 000 DH	231 850 DH

Dans ce cas d'étude, il a été démontré que les temps de retour sur investissement sont inférieurs à un an. Ce qui montre que les établissements touristiques peuvent obtenir des bonnes rentabilités économiques des projets d'efficacité énergétique.

En général, et suivant les conclusions du manuel de FEULL et FULP, l'enveloppe du bâtiment a une grande influence dans l'économie d'énergie. Le coût additionnel, dans le cas d'une nouvelle construction, pour une structure bioclimatique est de l'ordre de 3% à 10%, et le temps de retour sur investissement est assez court.

D'autres mesures, comme la mise en place d'un système intégré de contrôle de climatisation, dans un établissement hôtelier, peut générer des économies d'énergie entre 20% et 30%. Ce qui permettrait aux propriétaires de ces établissements de voir leur investissement amorti, au bout de 2 ou 3 ans.

7.3. IMPACT ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

A priori, on pensait que l'impact sur l'environnement est associé aux grandes industries, toutefois, toutes les entreprises génèrent d'une façon ou d'une autre un impact sur l'environnement. Le secteur interagit avec le milieu environnant, dans toutes les étapes de son cycle de vie, en consommant de grandes quantités d'énergie, d'eau et de ressources. Il est donc important que les établissements adoptent des mesures de protection de l'environnement, en gérant de façon durable les ressources et en intégrant les bonnes pratiques dans la prestation des services.

En ce qui concerne la consommation d'eau, il est estimé que les établissements hôteliers consomment entre 450 et 700 litres/nuitée. La plupart de l'eau consommée est libérée sous forme des eaux usées, souvent sans traitement adéquat. En fin, quant à la production de déchets, qui représente également un impact important du secteur hôtelier, un client produit plus de 1 kg de déchets par jour, soit un total de millions de tonnes de déchets produits par jour dans le monde entier.

Les facteurs qui motivent les établissements touristiques à être plus responsables envers l'environnement sont les suivants

- Réduction des consommations et coûts énergétiques.

- Amélioration de la compétitivité entrepreneuriale et des nouvelles opportunités d'affaires.
- Amélioration de l'image de marque vis-à-vis de la société.
- Atténuation de l'impact environnemental (réduction des émissions des gaz à effet de serre).
- Contribution aux objectifs nationaux (réduction de la dépendance énergétique de l'étranger et atteinte des objectifs environnementaux).

D'autre part, grâce à la mise en place des mesures d'économie d'eau proposées dans le guide, il est possible d'obtenir des économies de l'ordre de 15 à 20% de cette ressource dans les bâtiments du secteur touristique.

Consommation d'eau en hôtels et restaurants (DH)

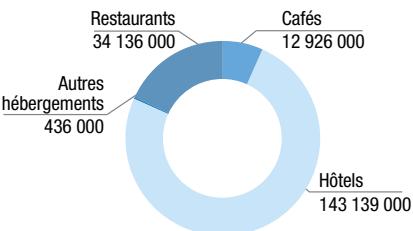


Figure 37: Enquête de structure dans les services, conduite en 2005/2006. Source: HCP

Quant à la réduction de l'impact sur l'environnement, pour chaque kWh électrique économisé, sera évitée l'émission de 0,743 kg CO₂eq/kWh dans l'atmosphère, et de 2,52 kg CO₂eq par kg de GPL.

7.4. IMPACT SOCIAL ET CULTUREL, CRÉATION D'EMPLOI

L'industrie du tourisme est une source importante d'emploi dans le royaume du Maroc, elle génère actuellement environ 1 million d'emplois, soit environ 10% de la population active.

Les profils demandés dans le secteur seront :

- Gestionnaires énergétiques dans les bâtiments.
- Techniciens de maintenance.
- Installateurs des équipements de climatisation, des énergies renouvelables, etc.
- Techniciens de qualité et de l'environnement.
- Consultants en efficacité énergétique.

Il a été mis en oeuvre diverses mesures visant à surmonter les obstacles à l'investissement dans le tourisme et la création d'emplois, tels que:

- Financement des programmes de rénovation des hôtels à travers des fonds, comme «Renovotel».
- Simplification des procédures administratives et élimination des taxes locales.
- Fonds Hassan II pour le développement économique et social.
- Péréquation des établissements hôteliers aux unités industrielles, en ce qui concerne la tarification de l'eau et de l'électricité.

L'amélioration de l'efficacité énergétique dans les établissements touristiques, fera du tourisme un secteur compétitif et attrayant, notamment pour une clientèle de plus en plus exigeante sur les aspects environnementaux. Ce qui permettra également le développement et l'expansion d'autres secteurs, comme par exemple le transport touristique, ou encore de nouvelles niches du marché, telles que le secteur des croisières et le transport ferroviaire.

8. CONCLUSION

Le secteur touristique, véritable moteur économique du Maroc, constitue la deuxième source d'entrée de devises dans le pays, et est amené à croître notamment grâce aux initiatives.

Ce secteur est aujourd'hui à l'affut de toute initiative innovante pouvant garantir un avantage compétitif aux yeux de touristes potentiels, devenus très exigeants, notamment en termes d'impact environnemental. En effet, selon une étude réalisée par le World Travel & Tourism Council, les consommateurs sont de plus en plus disposés à promouvoir et à soutenir le Développement Durable.

Développé par l'AMEE afin d'accompagner le secteur touristique à réduire son empreinte carbone, et à faire valoir cela dans ses initiatives marketing, ce guide a présenté un ensemble de solutions visant à améliorer la gestion de l'énergie dans les établissements touristiques, en matière d'efficacité énergétique, d'économie d'eau et de l'intégration des énergies renouvelables.

Dans ce guide, il a été montré qu'une gestion appropriée de l'énergie commence obligatoirement par l'implication de la direction et de l'ensemble du personnel des établissements, ainsi que et la

prise de conscience des usagers des installations, responsables d'une partie importante du plan d'action énergétique projeté.

En effet, les résultats potentiels obtenus grâce aux mesures d'efficacité énergétique représentent une économie d'énergie moyenne totale pouvant atteindre 30%. S'ajoute à celà une réduction des émissions de 0,743 kg d'équivalent CO₂ pour chaque kWh d'électricité ; et de 2,52 kg d'équivalent CO₂ pour chaque kg de GPL économisé, ainsi que des économies de 15 à 20% sur la consommation d'eau.

Par ailleurs, ces mesures permettront de créer jusqu'à 36'800 emplois, liés à la gestion énergétique des bâtiments et l'installation de nouveaux équipements, et ce selon le Programme National d'Efficacité Energétique dans le Bâtiment CEEB.

Bien que la culture de l'efficacité énergétique dans le secteur touristique aie déjà gagné du terrain durant les dernières années, ce guide vient renforcer et accompagner le secteur dans ses initiatives, qui au delà des bénéfices économiques, énergétiques et environnementales, représentent aujourd'hui un atout compétitif considérable pour la destination Maroc.

9. ANNEXES

9.1. LISTE DE CONTRÔLE SAISONNIER

Un bon entretien peut atteindre les normes de qualité et réduire les coûts de l'énergie, en particulier en cas de maintenance préventive, entraînant une augmentation de l'efficacité du système et de l'amélioration du service.

Un mauvais entretien peut conduire à une consommation excessive, il est donc recommandé d'établir un plan régulier des opérations de maintenance à effectuer.

Recommandations de Maintenance des Installations Thermiques

Pour maintenir les caractéristiques fonctionnelles et les installations de sécurité et maximiser l'efficacité de vos locaux techniques, chaudières, etc ... , vous devriez effectuer les tâches de maintenance préventive et corrective incluses dans cette instruction technique.

Les contrôles recommandés et leur fréquence, sont présentés dans les tableaux suivants:

Opération	Péodicité
Consommation du Combustible	M
Consommation de l'Energie Electrique	M
Consommation de l'Eau	M
Température ou pression du fluide caloporteur à l'entrée et à la sortie	m
Température ambiante des gaz de combustion	m
Température des gaz de combustion	m
Teneur en Monoxyde de Carbone CO	m
Indice d'opacité des fumées pour les combustibles solides ou liquides et teneur en particules solides pour les combustibles solides	m
Tir dans la boîte à fumées de la chaudière	m
Température du fluide extérieur à l'entrée et à la sortie de l'évaporateur	m
Température du fluide extérieur à l'entrée et à la sortie du condensateur	m
Perte de pression dans l'évaporateur	m
Perte de pression dans le condensateur	m
Température et pression de l'évaporateur	m
Température et pression du condensateur	m
Puissance absorbée	m

Vérification des niveaux du réfrigérant et de l'huile dans les équipements frigorifiques	m
Vérification de l'étanchéité de fermeture entre le brûleur et la chaudière	M
Détection des fuites dans le réseau du combustible	M
Vérification des niveaux d'eau dans les circuits	M
Vérification de l'étalonnage des éléments de sécurité	M
Révision et nettoyage des filtres d'air	M
Révision des appareils d'humidification et refroidissement par évaporation	M
Révision des pompes et ventilateurs, avec mesure de puissance absorbée	M
Révision du système de préparation d'ECS	M

Symbole	Signification
m	Une fois par mois pour une puissance thermique entre 100 et 1.000 kW Une fois chaque 15 jours pour une puissance thermique supérieure à 1.000 kW
M	Une fois par mois

Installations d'Eau Chaude Sanitaire ECS

Les installations d'eau chaude sanitaire (ECS), si elles ne sont pas correctement conçues et entretenues, peuvent devenir des foyers amplificateurs de la bactérie « Legionella », ce qui provoque la légionellose (ou maladie du légionnaire). Pour cela, il faudrait faire en sorte que l'eau chaude stockée soit à une température d'au moins 60 °C, tout en l'élevant périodiquement à 70°C, pour éviter la prolifération de cette bactérie.

Installations de Climatisation

- Nettoyer la tuyauterie, les ventilateurs et les événements régulièrement.
- Veillez à ne pas obstruer le passage de l'air.
- Vérifier les temps de fonctionnement, le réglage des minuteries, de sorte que la climatisation soit en arrêt lorsque les zones sont inoccupées.
- Effectuer l'entretien régulier du système de CVC, y compris les tests de condensateurs et les compresseurs, les gaz réfrigérants et les niveaux d'huile.
- Il est souhaitable que l'installation soit dotée d'un système de free-cooling, pour pouvoir exploiter, gratuitement, la capacité de refroidissement de l'air extérieur pour refroidir le bâtiment quand les conditions le permettent.

Installations d'éclairage

- Nettoyer les fenêtres et les stores en place pour maximiser l'entrée de lumière naturelle.
- Nettoyez régulièrement les lampes.
- Accroître la sensibilisation du personnel de l'utilisation efficace de l'éclairage et du coût de l'énergie.
- Diminuer l'éclairage en excès dans les zones non nécessaires, comme les couloirs et autres espaces.
- Réduire le niveau d'éclairage dans les zones suréclairées.
- Peindre les murs et les plafonds avec des couleurs claires qui réfléchissent la lumière et augmentent la luminosité intérieure.

9.2. LISTE DE CONTRÔLE ANNUEL

En complément des interventions périodiques déjà mentionnées, il est recommandé d'effectuer les opérations suivantes annuellement (A) ou semestriellement (2A).

OPÉRATION	PÉRIODICITÉ
Nettoyage des évaporateurs	A
Nettoyage des condenseurs	A
Drainage et nettoyage du circuit des tours de réfrigérations	2A
Nettoyage du circuit des fumées des chaudière	2A
Nettoyage des conduits des fumées et de la cheminée	A
Vérification du matériel réfractaire	2A
Révision générale des chaudières individuelles à gaz	A
Révision générale des chaudières individuelles à fioul	2A
Vérification de l'étanchéité des circuits de distribution	A
Vérification de l'étanchéité des valves d'interception	2A
Révision et nettoyage des filtres d'eau	2A
Révision des batteries d'échange thermique	A
Révision et nettoyage des appareils de récupération de chaleur	2A
Révision des unités thermiques eau-air	2A
Révision des unités thermiques de distribution d'air	2A
Révision et nettoyage des unités d'impulsion et retour d'air	A
Révision et nettoyage des équipements autonomes	2A
Révision de l'état de l'isolation	A
Révision du système de contrôle automatique	2A

9.3. MATRICE D'AUTOÉVALUATION DE GESTION ÉNERGÉTIQUE »»»

Cote	Politique d'énergie	Analyse et regroupement d'information	Mise en application de la gestion de l'énergie
5	<ul style="list-style-type: none"> La haute direction de l'établissement est fortement engagée dans une politique d'efficacité Une stratégie environnementale est engagée. Un plan d'action y afférent est établi avec un suivi régulier. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Un système exhaustif est établi pour enregistrer la consommation et les coûts énergétiques, ainsi que pour exploiter le potentiel d'économies d'énergie. Les économies d'énergie sont affichées pour les employés et les clients. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Existence d'un Système de Gestion de l'Energie, selon la norme ISO 50001. Discrimination positive en faveur de plans « écologiques » comprenant l'évaluation d'un investissement dans une construction nouvelle ou une amélioration du bâtiment existant. <input type="checkbox"/>
4	<ul style="list-style-type: none"> Une politique tonnelle est établie avec un engagement moyen de la part de la haute direction. La politique est révisée régulièrement. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Un système quasi-exhaustif est établi pour enregistrer la consommation et les coûts énergétiques. Les économies sont affichées seulement pour les employés. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Excellentes pratiques d'achats (label d'efficacité énergétique) et d'entretien des équipements. Existence d'une comptabilité énergétique. <input type="checkbox"/>
3	<ul style="list-style-type: none"> La politique est rarement révisée. Le personnel possède une connaissance limitée de l'existence des politiques dans l'établissement. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Un système d'enregistrement est établi pour l'établissement et pour les utilisateurs principaux. Les économies ne sont pas annoncées au personnel et aux clients. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Très bonnes pratiques de maintenance et d'acquisition d'équipements. Les mêmes critères de récupération des coûts qui sont employés pour d'autres investissements. <input type="checkbox"/>
2	<ul style="list-style-type: none"> La politique d'EE fixée par la haute direction de l'établissement n'est pas adoptée. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Les enregistrements de la consommation sont basés sur la lecture des compteurs. L'analyse des tendances et des intrants fait partie de la planification budgétaire. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Pratiques d'entretien et d'achat satisfaisantes. Investissement en efficacité énergétique utilisant des altères de retour sur investissement à court terme seulement. <input type="checkbox"/>
1	<ul style="list-style-type: none"> Des lignes directrices non écrites, sont utilisées. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Le rapport annuel des coûts est basé sur l'analyse des tendances de l'année. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Pratiques d'entretien et d'achat limitées. Peu d'investissement dans l'amélioration de l'efficacité énergétique EE. <input type="checkbox"/>
0	<ul style="list-style-type: none"> Aucune politique tonnelle sur la gestion de l'énergie n'est fixée. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Les lectures des compteurs ne sont pas enregistrées et les factures ne sont pas analysées. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Pratiques d'entretien et d'achat inférieures. Au-delà COI ISidération d'investissement ou de pratiques d'achat dans rEE. <input type="checkbox"/>

»» DES ÉTABLISSEMENTS TOURISTIQUES

Organisation pour l'efficacité énergétique	Communication	Formation / Education
<ul style="list-style-type: none"> Gestion d'énergie complètement intégrée dans la structure de l'établissement. Délégation claire des responsabilités pour le contrôle de la consommation d'énergie. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Il existe un plan de communication tant interne qu'externe, dans lequel sont décrites les mesures d'amélioration de l'EE et les résultats obtenus. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Il existe un plan de formation figurant dans la norme ISO 50001, où sont périodiquement détectés les besoins en formation en EE des travailleurs impliqués étroitement dans la gestion de l'énergie. <input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> Le gérant des ressources est responsable, auprès de la haute direction, en matière d'efficacité énergétique. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Communication formelle et infonnielle à double sens, établie entre le Responsable Energie, le personnel et les clients. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> A partir d'un niveau approprié dans l'établissement, pleine participation du personnel et des clients dans la gestion de l'énergie. <input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> Le rôle du gérant des ressources de l'établissement est connu. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Des programmes de sensibilisation à l'efficacité énergétique sont établis ainsi que des campagnes régulières de diffusion qui visent le personnel et les clients. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Une approche d'éducation sur l'efficacité énergétique coordonnée, liée à la politique d'énergie dans l'établissement. <input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> Un Responsable Energie est en place, amis la ligne d'autorité n'est pas claire. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> De la fonnation en sensibilisation pour tous les utilisateurs de l'établissement. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Occasions cernées pour la fonnation en efficacité énergétique. <input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> La responsabilité de la gestion de l'énergie a été établie mais n'a pas été coordonnée. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Contacts informels afin de communiquer les résultats de l'amélioration de l'efficacité énergétique et des plans d'amélioration <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Formation en gestion et efficacité énergétique non coordonnée dans l'établissement. <input type="checkbox"/>
<ul style="list-style-type: none"> Aucune gestion des ressources Absence d'une délégation tonnelle responsabilité de la consommation d'énergie. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Aucune communication résultats de l'amélioration l'efficacité énergétique l'établissement. <input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> Aucune fonnation sur les pratiques d'efficacité énergétique. <input type="checkbox"/>

10. BIBLIOGRAPHIE

- Ministère du Tourisme - Direction de la Réglementation du Développement et de la Qualité (www.tourisme.gov.ma)
- Observatoire du Tourisme du Maroc (www.observatoiredutourisme.ma)
- AMEE -Agence Marocaine pour l'Efficacité Energétique (www.amee.ma)
- Office National de l'Electricité et de l'Eau Potable (www.one.org.ma)
- Gouvernement du Maroc (www.maroc.ma)
- Ministère de L'Economie et des Finances (www.finances.gov.ma)
- Forum Marocain du Tourisme (www.fmdt.ma)
- FENERCOM - Fundaciôn de la Energfa de la Comunidad de Madrid, Espana (www.fenercom.com)
- Agence Marocaine de Développement des investissements (www.invest.gov.ma)
- Ministère de la Transition Énergétique Et du Développement Durable (www.mem.gov.ma)
- Moroccan Agency for Solar Energy (www.masen.org.ma)
- Ministère délégué auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement (www.water.gov.ma)
- World Bank (www.worldbank.org)
- Central Intelligent Agency (www.cia.gov)
- Haut Commissariat au Plan (www.hcp.ma)
- Centre Régional d'investissement Souss Massa Drâa (www.cri-agadir.ma)

11. TABLE DES MATIÈRES DES TABLEAUX ET FIGURES

Figure 1 : Zonage climatique du Maroc

Figure 2: Typologie de lampes utilisées dans les établissements participants à l'étude

Figure 3: Installation de climatisation centralisée par Pompe

Figure 4: Installation solaire thermique pour la production d'eau chaude sanitaire ECS

Figure 5: Exemple de message de sensibilisation aux bonnes pratiques

Figure 6: Exemple de tableau de maintenance préventive

Tableau 1: Exemple de méthode de calcul des coûts et de consommation d'énergie

Tableau 2: Distribution des consommations au niveau des équipements énergétiques

Tableau 3: Facturation en moyenne tension

Tableau 4: Tranches horaires hiver/été

Tableau 5: Options tarifaires en moyenne tension

Tableau 6: Tarification en moyenne tension

Tableau 7: Tarification en basse tension

Figure 7: Mise en place de batterie de condenseurs

Tableau 8: Quelques recommandations avec le potentiel d'économie d'énergie y afférent

Figure 8: Fenêtre à double vitrage

Figure 9: Potentiel d'économie grâce à la mise en place du double vitrage

Tableau 9: Coefficient de Transmission thermique des cadres, selon la norme NM ISO 10077-1

Figure 10: Films de protection solaire

Figure 11: Lampe LED

Tableau 10: Comparaison entre les lampes à incandescence et les fluocompactes

Figure 12: Ballast électronique

Figure 13: Luminaire avec un système réflecteur

Figure 14: Cellule photoélectrique du système de régulation

Figure 15: Interrupteur horaire avec horloge astronomique intégrée

Tableau 11: Coefficient de Performance COP (en mode chaud) et EER (en mode froid) d'un climatiseur, en fonction de sa classe d'efficacité énergétique

Figure 16: Schéma simplifié du refroidissement d'un Datacenter en Free Cooling à air - direct.

Figure 17: Chaudière à propane

Figure 18: Pompe à chaleur

Figure 19: Installation Solaire Thermique (tubes à vide)

Figure 20: Chaudières à base température

Figure 21: Planchers radiants

Figure 22: Exemple de vanne thermostatique

Figure 23: Pertes thermiques dans un réseau de distribution à cause d'une isolation en mauvais État

Figure 24: Robinet avec contrôle de débit

Tableau 12: Standards de consommation d'eau en hébergement touristique

Figure 25: Panneau solaire thermodynamique

Figure 26: Etiquetage énergétique marocain

Figure 27: Pompe de circulation

Tableau 13: Valeurs d'Efficacité dans les Moteurs

Figure 28: Démarreur Electronique

Figure 29: Variateur de Fréquence

Figure 30: Installation d'énergie solaire thermique

Figure 31: Installation d'énergie solaire photovoltaïque

Figure 32: Système solaire photovoltaïque pour l'arrosage

Figure 33: Installation de chauffage solaire par sol radiant

Figure 34: Installation solaire pour la climatisation de piscine couverte d'un hôtel

Figure 35: Chaudière de biomasse pour la génération de chauffage centralisé

Figure 36: Installation de micro-cogénération

Tableau 14: Recommandations pour les équipements de cuisine

Figure 37: Enquête de structure dans les services, conduite en 2005/2006

Guide technique
En efficacité énergétique
Guide pratique destiné aux professionnels

Espace les Patios, Angle Av Anakhil
et Av Ben Barka - Hay Riad - Rabat
Tél : 05 37 28 73 53 - Fax : 05 37 71 79 29
www.amee.ma - contact@amee.ma

الوكالة المغربية
للنجاعة الطاقية
amee
Agence Marocaine
pour l'Efficacité Energétique