

La maîtrise de l'énergie dans les établissements de santé

Problématique

Les établissements de santé sont des gros consommateurs en énergie. Les divers postes spécifiques tels que la cuisine, la blanchisserie, la stérilisation, la radiologie, les laboratoires internes et les blocs opératoires consomment beaucoup d'énergie. Ainsi, l'énergie est un élément essentiel dans le fonctionnement d'un hôpital et le moindre manque peut avoir de lourdes conséquences. De ce fait, le milieu hospitalier reste un domaine difficile en termes de réduction d'énergie vis-à-vis des gestionnaires. Pourtant, de multiples solutions existent et pourraient diminuer la facture énergétique qui représente un poids non négligeable dans le budget d'un bâtiment de santé. Les économies réalisées pourraient être affectées à d'autres utilisations comme la modernisation des équipements. L'enjeu d'économie d'énergie est plus important dans les pays en développement que dans les pays industrialisés. Par exemple, la consommation des hôpitaux climatisés en Afrique subsaharienne dépasse les 400 kWh/m².an par rapport à une consommation moyenne de 320 kWh/m².an dans le secteur sanitaire et social en France. Cela semble évident que la question de la maîtrise de l'énergie dans les établissements de santé, principalement dans les pays en développement, est très importante; des solutions existent et seront présentées dans cette fiche. De plus, en France, avant 2003 (année de canicule), la climatisation était réservée à des postes spécifiques (bloc opératoire,...). Depuis, la climatisation s'est étendue à tous les locaux pour améliorer le confort des patients et des soignants.

Principes de base

Les hôpitaux consomment de l'énergie en permanence parce qu'ils requièrent des conditions d'ambiances strictes et ils utilisent des équipements énergivores. Par conséquent, ils ont une consommation d'énergie par unité de surface très élevée (exemple: 330 à 345 kWh/m².an pour un établissement européen). Par conséquent, le coût de ces énergies représente des sommes importantes. D'une manière générale, dans les pays en développement, les consommations en énergie des grands hôpitaux nationaux et régionaux (combustible et

électricité) sont estimées à environ 5% du budget global mais peuvent atteindre 10%.

C'est pourquoi une action de maîtrise de l'énergie permettrait de mieux utiliser l'énergie consommée, d'économiser et aussi de participer au développement durable en respectant l'environnement.

Pour mettre en place une démarche de maîtrise de l'énergie, les décideurs et les gestionnaires doivent réellement prendre en compte le poste « Énergie » et adhérer à une action de maîtrise de l'énergie durable des consommations dans leur établissement.

Une action de maîtrise de l'énergie dans un établissement se déroule en plusieurs étapes.

S'engager

Tout d'abord, pour maîtriser l'énergie d'un bâtiment, le gestionnaire doit s'engager dans cette optique et sans lui, aucune action ne sera véritablement efficace et n'aboutira à un résultat. Il doit désigner une équipe qui s'occupera de faire le suivi des consommations. À travers les dérives des consommations, il doit vérifier s'il s'agit d'un problème d'exploitation ou d'un problème de matériel vétuste. En fonction de ces données, il doit appliquer des actions correctrices:

- optimisation du matériel par un expert;
- changement du matériel avec correction à travers un cahier des charges précis et faisant appel à du matériel performant.

L'équipe sera chargée de consulter les entreprises, de mobiliser des fonds, de suivre les travaux, etc.

Connaître et évaluer la situation

Les consommations d'un établissement de santé dans divers postes sont différentes d'un bâtiment à l'autre. C'est pourquoi un diagnostic énergétique est nécessaire avant d'identifier tous les postes qui peuvent diminuer leur consommation en énergie. On ne peut pas se baser sur des chiffres statistiques

concernant les parts de l'énergie des différents postes de consommation. À titre d'exemple, un diagnostic dans un pays en développement permettra d'évaluer les postes « gros consommateurs » par rapport aux autres (figure 2).

Le diagnostic énergétique est un bilan complet sur toutes les consommations d'un bâtiment et ses installations. Il consiste à évaluer la consommation de chaque secteur (blanchisserie, éclairage, production de froid, chaufferie, stérilisateur,...) et de définir ses besoins. Pour cela, il ne s'agit pas seulement de connaître la puissance d'un appareil, mais aussi la fréquence et les conditions d'utilisation de celui-ci. La mise en place de comptage (tableau de bord) est possible sur certains postes où l'estimation des consommations est difficile. Après cette analyse, il faut ajuster ces paramètres de façon à estimer la consommation réelle des bâtiments.

Agir

Le diagnostic thermique permet de définir un programme de travaux dans le cadre d'un développement durable de l'hôpital. Le diagnostic peut définir des actes de sensibilisation des occupants par le personnel de l'hôpital afin de réaliser des économies d'énergie. Exemple : optimisation de l'éclairage ou sensibilisation des malades sur les ouvertures des ouvrants, ce qui ne nécessite aucun investissement

Mais, toutes les actions préconisées ne seront pas réalisées en même temps. Cela dépend du budget disponible et du temps de retour pour les différents travaux proposés. Ainsi, une intervention dont le temps de retour sera court sera plus facilement adoptée par les gestionnaires qu'une intervention avec une rentabilité à long terme.

Suivi et évaluation

L'équipe technique de l'hôpital doit avoir un objectif à atteindre et doit mettre en place un plan pour diminuer la consommation en énergie du bâtiment. Ainsi, les outils de connaissance (comptage) mis en place lors de la seconde étape (Connaître et évaluer) doivent servir en permanence pour évaluer l'évolution des consommations et l'impact des interventions réalisées.

Il sera important de réaliser un rapport annuel sur l'évolution des consommations. Des modifications pour optimiser l'efficacité des actions de maîtrise d'énergie seront parfois nécessaires même si cela demande un nouvel investissement.

La réussite d'un bon suivi nécessite que les deux acteurs que sont le service de gestion et le service technique travaillent en coordination et avec une vision partagée d'amélioration énergétique de l'hôpital à moyen et à long terme.

La climatisation, un nouveau poste de consommation

En France, depuis 2003 (année de canicule), les surfaces climatisées d'un hôpital ne cessent d'augmenter. En effet, la climatisation ne concerne plus seulement les postes spécifiques

mais les chambres d'un hôpital sont elles aussi climatisées. En effet, la climatisation améliore le confort des patients et des soignants. Ce système permet également d'avoir une meilleure qualité de l'air grâce au renouvellement de l'air et l'utilisation de filtres. Ce nouveau poste, « gros consommateur », augmente fortement la consommation d'énergie des établissements de santé et principalement dans les pays du sud (figure 1 et tableau 1). Les hôpitaux nationaux et régionaux comportent généralement les mêmes grands postes de consommation, mais leur importance varie amplement selon les régions. Il paraît donc important d'étudier les solutions qui permettent de limiter les dépenses en climatisation.

Problèmes observés et solutions techniques

Pour diminuer la consommation en énergie de bâtiments de santé, il faut tout d'abord connaître les postes les plus gros consommateurs, puis identifier les mesures de maîtrise de l'énergie les plus appropriées. Les mesures les plus fréquentes dans les établissements de santé sont présentées ci-après, avec un accent particulier sur les mesures liées à la climatisation, étant donné la part croissante de ce poste dans la consommation énergétique des établissements de santé.

Mesures hors climatisation

Le tableau 2 rappelle les mesures correctrices pour diminuer la consommation d'énergie suivant les postes.

Mesures spécifiques à la climatisation en milieu hospitalier

Lors de la conception d'une climatisation, plusieurs paramètres sont pris en compte pour un bon dimensionnement. Une bonne analyse de ces paramètres permet de diminuer la consommation d'une climatisation. Dans tous les cas, un bâtiment équipé d'une climatisation consommera toujours plus qu'un bâtiment sans climatisation.

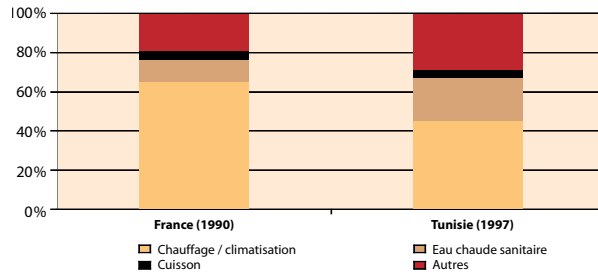
Une étude du GERES menée dans le sud de la France a clairement montré qu'un bâtiment de santé climatisé consomme en moyenne 65 kWh/m².an de plus qu'un bâtiment non climatisé. Aussi, cette consommation est en continuelle hausse depuis les 5 dernières années et il paraît important d'examiner les paramètres agissant sur celle-ci.

Le dimensionnement et le bon fonctionnement d'une climatisation dépendent des apports énergétiques internes et externes et aussi de la température intérieure et de l'humidité souhaitées dans le bâtiment.

1. Température intérieure et humidité

Lors du choix de la température intérieure, on recommande de se baser sur une température se situant autour de 24-25 °C et une humidité comprise entre 40 et 60 %. Cependant, la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur

Figure 1 : Répartition des consommations par usage



Autres : usages spécifiques de l'électricité (éclairage, équipements de bureaux, équipements médicaux, etc.)

Source : Ademe/Enquête-estimation ANER

Tableau 1 : Répartition des ratios de consommations d'énergie des hôpitaux

USAGE	UNITES	RATIOS Tunisie	RATIOS Europe
Chauffage	kWh/m ²	19*-117**	100-135
Ventilation	kWh/m ²	n.d.	45-55
Air conditionné	kWh/m ²	11	5-14
Éclairage	kWh/m ²	n.d.	34-39
Eau chaude sanitaire	kWh/m ²	15	60-90
	kWh/lit/jour	3,2	85-95
Ascenseurs	kWh /m ²	n.d.	4-6
Cuisines	kWh/m ²	n.d.	5-12
	kWh/repas	0,49 (cuisson)	1,3-1,65
Blanchisserie	kWh/m ²	n.d.	37-70
	kWh/kg de linge	n.d.	2,5-3
Incinérateur	kWh/m ²	Sans objet	13-19
Autres usages	kWh/m ²	n.d.	15-16
TOTAL	kWh/m²	55*-173**	330-345

* Établissements sans hébergement

** Établissements avec hébergement

n.d.: Non disponible

Source : Électricité De France/ANER (Ratios basés sur enquête consommation totale et estimation de la répartition des consommations par postes)

Remarque: Voir également les fiches techniques de PRISME sur le diagnostic énergétique d'un bâtiment, sur l'éclairage efficace, sur la cogénération-trigénération. http://www.iepf.org/ressources/fiches_prisme.asp

ne doit pas dépasser 6 °C pour éviter les chocs thermiques. Par ailleurs, dans un hôpital, la réglementation exige une température et une humidité très spécifiques dans certains secteurs comme les salles d'opération, et il sera difficile de réduire la consommation en énergie dans ces zones-là.

2. Apports internes

Un apport interne est une énergie calorifique qui est dégagée à l'intérieur d'un bâtiment par des équipements (stérilisateur, luminaire, etc.) mais aussi, par les personnes (chaque personne dégage une certaine quantité de chaleur et d'humidité suivant son activité). Les apports énergétiques apportés dans un bâtiment sont difficiles à estimer. Dans un établissement de santé, de nombreux appareils spécifiques (stérilisateur,...) consomment beaucoup d'énergie; la chaleur qu'ils dégagent là où ils sont installés doit être comptabilisée. Mais, aussi, au niveau de l'éclairage, l'énergie calorifique apportée ne peut pas être négligée suivant le matériel utilisé:

Les occupants dégagent aussi une certaine quantité d'énergie et une quantité de vapeur d'eau qui est prise en compte pour le calcul d'une puissance de climatisation (tableau 3).

3. Apports externes

Les apports externes apportés à un bâtiment sont constitués de l'énergie calorifique apportée de l'extérieur. Ils sont principalement dus aux transferts de chaleur par les parois extérieures et le rayonnement solaire transmis par les parois vitrées. Lors de l'étude d'un système de climatisation, il faut prendre en compte la température maximale atteinte sur le lieu pour pouvoir calculer l'énergie calorifique apportée au bâtiment par les parois.

Un bâtiment climatisé équipé de parois et de toitures bien isolées thermiquement consommera moins d'énergie qu'un bâtiment mal isolé.

En ce qui concerne le rayonnement solaire transmis par les fenêtres, on étudiera chaque pièce du bâtiment en fonction de son orientation par rapport au soleil et on estimera les apports énergétiques. Ces derniers ne seront pas constants tout au long de la journée. De ce fait, la puissance globale du système de climatisation sera calculée à partir des apports énergétiques les plus défavorables d'une pièce.

Pour diminuer ces apports, un bâtiment climatisé devra installer ses fenêtres de pare-soleil de différentes tailles selon l'orientation du soleil.

4. Le recyclage d'air et le taux de brassage

Lors d'une conception d'une climatisation, la puissance de celle-ci peut être diminuée grâce au renouvellement de l'air. En optimisant les besoins en air neuf d'une pièce, on pourra ajuster le taux de recyclage de l'air et, ainsi, diminuer la puissance d'une climatisation. Il faudra tenir compte des besoins en air neuf des personnes occupants une pièce (7 l/s/personne d'air neuf).

Le taux de brassage est l'indication du nombre de fois où le volume d'air est remplacé par heure. Il est le rapport entre le débit d'air brassé et le volume de la pièce. Un bon taux de brassage permettra une bonne homogénéité de la température de l'air.

Tableau 2: Techniques pour diminuer la consommation énergétique par poste

Poste	Solutions pour réduire la consommation d'énergie
Éclairage*	Utilisation de lampes à faible consommation Éviter le sur-éclairage dans les pièces Optimiser la lumière naturelle Allumage et adaptation de l'intensité d'éclairage par automates (exemple: minuteur...)
Chauffage	Éviter le surdimensionnement des systèmes et choisir des technologies performantes (meilleur rendement) Amélioration du système de régulation Maintenance régulière Limiter les déperditions de chaleur par une bonne isolation Éviter une ventilation excessive Récupérer l'énergie gratuite (orientation du bâtiment suivant le soleil)
Eau Chaude Sanitaire	Réparation de fuites et isolation du réseau d'eau chaude Régulation optimale Utilisation de panneaux solaires ou de pompes à chaleur pour le chauffage ou le préchauffage
Blanchisserie	Remplacement des machines par du matériel à faible consommation en énergie Récupération d'énergie sur le poste lavage au niveau du dernier rinçage Récupération d'énergie sur l'air sur le poste séchage
Ventilation	Réduire le temps de fonctionnement si possible Utilisation de moteurs à vitesse variable
Production de froid	Optimiser la production de froid selon les besoins pour la climatisation et pour la cuisine Choisir des technologies performantes (meilleur rendement) ou innovantes comme le stockage du froid, la trigénération ou la production de froid par absorption
Appareils spécifiques, groupes électrogènes, ascenseurs	Difficulté à diminuer la consommation d'énergie des appareils spécifiques (radiologie, IRM) et la consommation de certains appareils est difficilement modifiable sans altérer la qualité du milieu (exemple: la stérilisation est un poste fortement consommateur d'énergie et d'eau mais dont le rôle est essentiel; la stérilisation en heures creuses peut néanmoins permettre de réduire la facture d'électricité). Les groupes électrogènes sont des générateurs de secours, leur consommation n'est pas régulière Réduction de l'utilisation des ascenseurs en sensibilisant le comportement des travailleurs et des malades
Actions tarifaires	Le gestionnaire doit évaluer la puissance requise par son établissement et doit souscrire la puissance la plus basse possible pour que le prix de la prime fixe soit la plus faible Installation de «blocs de condensateurs» en aval du compteur électrique pour absorber l'énergie réactive (pénalité financière si celle-ci devient trop importante) Limiter les consommations en heures pleines et consommer en période creuse (coût du kWh dépend des plages horaires). Par exemple: programmer le chauffage de l'eau chaude pendant les périodes où l'électricité est au prix le plus bas

Remarque: Voir également les fiches techniques de PRISME sur le diagnostic énergétique d'un bâtiment, sur l'éclairage efficace, sur la cogénération-trigénération. http://www.iepf.org/ressources/fiches_prisme.asp

Par contre, au niveau de l'hygiène, des secteurs comme des salles d'opération auront besoin d'une quantité en air neuf importante et un système de récupération de l'air sera impossible.

5. La légionellose

La légionellose est une maladie infectieuse respiratoire aiguë due à l'inhalation de fines gouttelettes d'eau contaminée par des bactéries de l'espèce *legionella*. Un système de climatisation peut être à risque s'il renferme un circuit d'eau chaude ou réchauffée, à une température comprise entre 25 °C et 43 °C, et qui produit des micro gouttelettes d'eau par pulvérisation. Ainsi, les humidificateurs liquides ne sont plus utilisés dans les systèmes de climatisation puisque la bactérie était diffusée dans les conduits d'air. Ils ont été remplacés par des humidificateurs vapeur.

Aussi, les tours aéroréfrigérantes à voie humide sont des endroits où les *legionella* peuvent se développer. Ces tours sont utilisées pour refroidir l'eau des groupes froids utilisés en climatisation. Elles sont situées à l'extérieur et évacuent la chaleur en pulvérisant l'eau en fines gouttelettes dans un flux d'air grâce à un ventilateur. Ce flux d'air est susceptible d'entraîner des gouttelettes d'eau hors de la tour et, par conséquent, des légionelles si l'eau est contaminée. Les tours aéroréfrigérantes à voie humide nécessitent donc un entretien et une surveillance particulière pour éviter toute contamination. En revanche, seules les tours aéroréfrigérantes à voie sèche ne sont pas concernées par les risques de légionellose. En effet, le refroidissement est effectué par un flux d'air sans pulvérisation d'eau dans l'air. Malheureusement, ces tours ont des puissances frigorifiques moindres que celles des tours de refroidissement, à surface de transfert de chaleur

Tableau 3 : Apport d'énergie et de vapeur d'eau suivant l'activité d'une personne

Type d'activité	Apport d'énergie (W)	Apport de vapeur d'eau (g/h, personne)	
		A 21 °C	A 25 °C
Assis au repos (patient)	114	46	66
Debout, travail léger	174	121	156
Travail actif	230	170	216

égale. Leur utilisation est limitée aux installations frigorifiques de faible puissance.

L'énergie dans les structures rurales de santé

Pour la plupart des établissements dans les zones rurales des pays en développement, la connexion réseau n'est pas envisageable en raison d'un coût élevé d'extension des lignes électriques. L'électricité doit donc être générée à partir de systèmes indépendants comme les installations photovoltaïques, les éoliennes, les groupes électrogènes à fioul ou essence. Les systèmes utilisant les énergies renouvelables sont donc une alternative intéressante et sont déjà très largement utilisés dans le domaine de la santé. Malheureusement, ces systèmes produisent une « quantité » d'énergie limitée et il est indispensable d'inclure à un projet d'électrification une réflexion sur le choix des équipements et leur usage pour consommer le moins possible. La seconde étude de cas illustre la production d'eau chaude sanitaire d'un hôpital par l'énergie solaire.

Résultats attendus et stratégies de mise en œuvre

Résultats techniques

Sur certains postes, les gains énergétiques sont visibles rapidement. Mais, sur certains autres comme le chauffage ou la climatisation, la rigueur climatique de l'année influe sur leurs consommations. Par conséquent, les gains énergétiques espérés suite à des modifications peuvent être masqués par des variations climatiques saisonnières.

Aussi, une sensibilisation des personnes sur la maîtrise de l'énergie peut avoir un impact assez important. Cela peut être réalisé par une campagne d'information sur le personnel de l'établissement en expliquant des actions simples à réaliser comme l'extinction de lampes inutiles, ou l'usage raisonnable des ascenseurs. De plus, le personnel pourrait sensibiliser les patients en leur expliquant, par exemple, de ne pas aérer leur chambre, ceci étant fait par le système de ventilation. Enfin, des messages d'indication peuvent être affichés dans le bâtiment. Notamment, une inscription telle que « Établissement climatisé, veuillez fermer la porte » devrait être systématiquement affichée.

Résultats financiers

Une économie d'énergie entraîne une économie financière. Suivant les postes, la diminution de consommation nécessite un investissement plus ou moins important. Une intervention nécessitant une étude approfondie demandera toujours un financement supérieur. Ainsi, le temps de retour sera le paramètre majeur pour décider d'investir ou non dans les travaux proposés.

Conclusion

Après avoir opté pour une action de maîtrise de l'énergie dans son établissement, le travail du gestionnaire et de son équipe ne s'arrête pas là. Suivant son budget, il devra choisir les travaux à réaliser le plus rapidement pour diminuer la consommation en énergie de son bâtiment et ne pas oublier l'objectif visé. Un exploitant interne ou externe à l'établissement sera nécessaire pour suivre le bon fonctionnement du matériel installé et effectuer les éventuelles modifications. Sans un bon suivi de l'exploitant, les résultats estimés lors de l'étude pourront être différents.

La sensibilisation des occupants de l'hôpital sur la maîtrise de l'énergie sera aussi essentielle pour économiser de l'énergie.

Concernant la conception d'un nouvel établissement de santé, les choix architecturaux seront importants pour réaliser un bâtiment peu consommateur en énergie. Une bonne coordination entre l'architecte et des experts thermiciens permettra une bonne conception. De plus, l'engagement de l'exploitant sera un élément à prendre en compte lors de l'étude des éventuelles innovations à mettre en place.

Remerciements

Suzanne Lassave, Bureau d'étude Groupement Études et Énergie (GEE), France

Alain Guinebault et Marie-Aimée Quadrio, Groupe Énergies Renouvelables, Environnement et Solidarité (GERES), France

Références

Groupe Énergie Renouvelables, Environnement et Solidarité (GERES), 2003. *Maîtrise de l'énergie dans les établissements de santé*. Guide technique réalisé par le GERES.

Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie, 2004. *Le diagnostic énergétique d'un bâtiment*. Fiche technique Prisme, IEPF.

Agence Régionale de l'Énergie Provence-Alpes-Côte d'Azur (ARENE), 2006. *Conception et programmation énergétique des bâtiments méditerranéens et confort d'été en Provence Alpes Côte d'Azur*.

Conseil supérieur d'hygiène publique de France, 2001. *Gestion du risque lié aux légionelles*.

Étude de cas 1

Doublage de façade (Hôpital des Rayettes, France)

Raisons du projet

L'hôpital des Rayettes, construit dans les années 70, compte 500 lits dont 325 lits de court séjour. Il est situé à Martigues dans la région Provence Alpes Côte d'Azur (France).

Ses façades étaient auparavant protégées par des lames pare-soleil orientables, parallèles à la façade mais la corrosion des axes supports, liée à un phénomène d'électrolyse entre deux métaux, a provoqué la chute de quelques lames en 1998. Une expertise a montré qu'une partie importante de cette protection était devenue dangereuse et devait être déposée.

Le manque de protection solaire nécessitait alors un surinvestissement en climatisation, afin de maintenir en été des conditions de température satisfaisantes. En outre, la façade d'origine manquait d'étanchéité à l'air, ce qui provoquait un renouvellement d'air parasite important par grand vent.

Description

Avant de s'engager dans des travaux de renforcement de la climatisation, la Direction des Services Techniques s'est posé la question de savoir s'il fallait plutôt remplacer les pare-soleil ou climatiser les chambres. Elle a donc fait réaliser une étude comparative.

Plusieurs solutions ont été envisagées concernant le remplacement des protections solaires, des menuiseries, ainsi que le renforcement de la climatisation (nécessairement couplé à un renforcement de l'étanchéité de la façade).

Dix solutions ont été étudiées :

- Pose de volet roulant extérieur sur l'ouvrant et film réfléchissant sur le châssis fixe.
- Pose de store vénitien intérieur métallique sur l'ouvrant et film réfléchissant sur châssis fixe.
- Remplacement des menuiseries par des châssis double vitrage avec volet roulant sur l'ouvrant et film réfléchissant sur châssis fixe.
- Remplacement des menuiseries par des châssis double vitrage avec volet roulant sur l'ouvrant.
- Châssis double vitrage avec store vénitien en « sandwich » entre les vitrages.
- Double peau avec volet roulant et film réfléchissant.
- Remplacement des menuiseries par châssis double vitrage avec store vénitien intérieur.
- Terminaux à réduction d'air.
- Plafond rafraîchissant.
- Doublement du débit d'air par le traitement d'air centralisé et Situation existante.

Après une étude comparative des différentes solutions, le choix s'est porté sur la réalisation d'un doublage de la façade, qui évite de modifier la climatisation. Cette solution

« double peau » consiste en la réalisation, devant la façade, d'une ossature porteuse recevant des fenêtres double vitrage, des allèges isolantes devant les parties opaques et des volets roulants extérieurs servant de pare-soleil en été et d'occultation nocturne en hiver. La solution double peau est presque sans surcoût par rapport au renforcement de la climatisation et pose de double vitrage. Elle permet d'accroître l'étanchéité de la façade, d'améliorer le confort été et hiver, et de réaliser des économies sur le fonctionnement.

Résultats techniques et financiers

Le tableau 1 présente les modifications apportées sur la puissance froid et la consommation électrique annuelle selon les solutions les plus intéressantes.

La solution avec store vénitien intérieur, ne donnant pas de résultats intéressants, elle n'a pas été chiffrée. Trois solutions portaient sur les modifications et le renforcement de la climatisation (tableau 2) : terminaux à réduction d'air, plafond rafraîchissant, doublement du débit d'air par le traitement centralisé.

Le renforcement de la climatisation ne pouvant pas s'effectuer de façon satisfaisante sans un renforcement de l'étanchéité de la façade par des châssis double vitrage, le choix s'est porté sur la réalisation d'un double vitrage de façade évitant au final un renforcement de la climatisation.

Conclusion

Le coût de cette opération, qui n'engage pratiquement pas de surcoût par rapport au renforcement de la climatisation et châssis double vitrage, s'élève à 1,7 M€ T.T.C. Cette opération permet :

- d'améliorer l'étanchéité de la façade,
- de réduire la température intérieure en été (27 °C au lieu de 29 °C),
- d'éviter le renforcement de la climatisation,
- de réduire la température intérieure d'un degré en hiver sans réduire le confort (par diminution de l'effet des parois froides),
- de réaliser des économies de fonctionnement: 800 MWh sur le chauffage, 250 MWh sur la climatisation.

Cette solution inclut par ailleurs un récupérateur sur air extrait permettant d'économiser 500 MWh. Les gains financiers de cette opération s'élèvent à 305 K€ T.T.C. par an.

Contact: Hôpital des Rayettes, 3 bd Rayettes 13695 Martigues Cedex

Tél. : (+ 33) 4 42 43 22 22 Fax : (+ 33) 4 42 80 24 60

Source: Agence Régional de l'Énergie Provence-Alpes-Côte d'Azur (ARENE)

Étude de cas 1 (suite)

Tableau 1 : Résultats techniques des solutions les plus intéressantes

	Température intérieure (°C)	Puissance froid (kW) pour le maintien de la température en dessous de 26 °C	Consommation électrique (MWh)
État initial	29	227	126
Suppression des lames sans mesure compensatoire	32,6	324	227
Volet roulant sur châssis actuel	30	254	154
Volet roulant sur double vitrage	30,8	223	203
Store vénitien incorporé	31,1	231	224
Double peau et volet roulant	27,6	199	205

Tableau 2 : Estimation des coûts d'investissement et des dépenses énergétiques annuelles pour les solutions de renforcement de la climatisation

	Investissement (€ T.T.C.)	Dépenses d'énergie (€ T.T.C. par an)
Terminaux à induction d'air	693 640	22 170
Plafond rafraîchissant	1 181 480	10 580
Doublement du débit d'air	454 300	52 550

Étude de cas 2

Production d'eau chaude sanitaire solaire (Hôpital régional de Kébili, Tunisie)

Raisons du projet

Le chauffage de l'eau chaude sanitaire de l'hôpital grâce à une installation solaire constitue souvent une solution intéressante, notamment dans les régions de fort ensoleillement. L'exemple de l'hôpital régional de Kébili illustre ce type de projet.

Description

L'hôpital Régional de Kébili (210 lits) est situé au sud-ouest de la Tunisie, à 470 km de la capitale Tunis. Le climat est sec et aride. L'ensoleillement moyen est de 5,1 KWh/m²/jour.

La production d'eau chaude sanitaire était assurée par une installation de chauffage datant de 1978 et consistant principalement en une chaudière au fuel. Depuis 1998, une installation solaire permet d'assurer plus de la moitié de la production d'eau chaude sanitaire.

L'installation solaire, mise en service en septembre 1998, est une installation à double circuit. Elle consiste principalement en une surface totale de capteurs solaires de 56 m², deux ballons de stockage de 2 500 litres chacun, un échangeur à plaque de puissance 40 kW et deux pompes

de circulation (primaire et secondaire). Le circulateur primaire est piloté par un interrupteur crépusculaire en fonction de l'intensité lumineuse. Le circulateur secondaire est asservi au fonctionnement du primaire (le circulateur primaire doit être en service pour que le secondaire puisse fonctionner). Il est piloté par un régulateur différentiel en fonction de l'écart de température entre l'arrivée des capteurs à l'échangeur et le bas du ballon de stockage le plus froid. Ce régulateur est réglé à 7 °C : Lorsque la température « arrivée capteur » est supérieure de 7 °C par rapport à la température à la température du bas du ballon, le circulateur secondaire se met en marche. Il s'arrête lorsque cet écart atteint 2 °C. De plus, un thermostat de sécurité, situé en partie supérieure du ballon solaire assure l'arrêt du circulateur secondaire dès que la température de ce ballon atteint 80 °C.

Stratégie de mise en œuvre et financement

Le projet a été réalisé dans le cadre du programme « Chauffage solaire de l'eau sanitaire en Tunisie », cofinancé par le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM) et le Royaume

Étude de cas 2 (suite)

de Belgique. Ce programme est géré par l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables (ANER).

Pour les bénéficiaires du secteur public, l'ANER prend en charge l'assistance technique, à savoir l'étude préliminaire du projet qui permet au bénéficiaire de prendre la décision adéquate, l'élaboration du cahier des charges technique et le dépouillement des offres. En outre, elle attribue (à travers le FEM) une subvention de 35 % du coût du matériel.

C'est en suivant cette démarche que le projet d'équipement de l'hôpital de Kébili a été réalisé.

L'investissement global de ce projet en TTC est de 23 900 € (21 800 € hors taxes) dont le financement est réparti comme suit :

- subvention de l'ANER de 7 600 € (35 % du montant HT du projet) ;
- autofinancement du bénéficiaire de 16 300 €.

Il est à noter que tous les équipements importés dans le cadre de ce programme FEM bénéficient de l'exonération de la TVA et des droits de douane minimum qui sont fixés à 10%.

Résultats techniques et financiers

Après trois ans de suivi, la quantité d'énergie produite par l'installation solaire est de 9,57 Tonnes Équivalent Pétrole (TEP).

L'exploitation de l'installation solaire pendant cette période a permis de couvrir 57 % des besoins en eau chaude sanitaire et de réaliser une économie sur les dépenses d'environ 2 500 €/an ainsi que d'éviter l'émission dans l'atmosphère de 26 tonnes de CO₂/an.

Tableau 3 : Résultats enregistrés (octobre 98 – août 99)

Mois	Consommation d'eau (litres/jour)	Énergie solaire fournie (kWh/mois)
Oct.	3 900	1 680
Nov.	3 795	1 230
Déc.	6 278	3 630
Jan.	8 132	4 170
Fév.	7 104	3 590
Mars	7 517	4 190
Avril	6 082	2 906
Mai	6 083	3 003
Juin	6 351	2 970
Juil.	6 140	3 000
Août	6 229	3 730

Conclusion

La production d'eau chaude sanitaire et la part d'énergie consacrée est très importante dans un établissement de santé. Le système de panneaux solaires est une technologie qui répond à des grands besoins pour les hôpitaux mais s'adapte aussi pour les structures rurales. Certains systèmes solaires n'ont pas besoin d'apport électrique (système de thermosiphon) ce qui permet la production d'eau chaude sanitaire solaire dans les structures en zone rurale non connecté au réseau électrique.

Contact : Hôpital de Kébili, Avenue 7 Nov., Kébili, Tunisie
Tél : (+216) 75 49 01 35

Source : Agence Nationale des Énergies Renouvelables (ANER), Tunisie

Les fiches techniques PRISME (Programme International de Soutien à la Maîtrise de l'Énergie) sont publiées par l'IEPF.

Directeur de la publication :

El Habib Benessahraoui, directeur exécutif, IEPF

Comité éditorial :

Sibi Bonfils, directeur adjoint, IEPF

Jean-Pierre Ndoutoum, responsable de programme, IEPF

Supervision scientifique et technique :

Maryse Labriet, Environnement Énergie Consultants

Rédaction :

Jérôme Saint-Chely

Groupe Énergies Renouvelables,

Environnement et Solidarités (GERES), France

Édition et réalisation graphique :

Communications Science-Impact



Institut de l'énergie et de l'environnement
de la Francophonie
IEPF

L'Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie (IEPF) est un organe subsidiaire de l'Organisation internationale de la Francophonie (OIF). Il est né en 1988 de la volonté des chefs d'État et de gouvernement des pays francophones de conduire une action concertée visant le développement du secteur de l'énergie dans les pays membres. En 1996, cette action a été élargie à l'Environnement. Basé à Québec (Canada), l'Institut a aujourd'hui pour mission de contribuer au renforcement des capacités nationales et au développement de partenariats dans les domaines de l'énergie et de l'environnement.

Institut de l'énergie et de l'environnement
de la Francophonie (IEPF)
56, rue Saint-Pierre, 3^e étage
Québec (QC) G1K 4A1 Canada
Téléphone : (1 418) 692 5727
Télécopie : (1 418) 692 5644
Courriel : iepf@iepf.org
Site Web : www.iepf.org



Imprimé avec des encres végétales sur du papier dépourvu d'acide et de chlore et contenant 50 % de matières recyclées dont 15 % de matières post-consommation.
Imprimé en décembre 2006