PN-AAU-778
ISN 45579

Seminar Documentation;
DOCUMENTATION DU SEMINAIRE

LA GESTION DE L'ENERGIE DANS LE BATIMENT ET DANS LES HOTELS

TUNIS, 11-16 JANVIER 1982

REALISE AVEC LA COLLABORATION DE LA REPUBLIQUE TUNISIENNE
ET DE L'AGENCE USAID

DOCUMENTS RECUEILLIS PAR DAVID TYLER
POUR NEAR EAST BUREAU/AGENCY FOR
INTERNATIONAL DEVELOPMENT,
WASHINGTON, D.C., 1982

INTRODUCTION

Les documents suivants étaient présentés au séminaire sur la gestion de l'énergie dans le bâtiment et dans les hotels. Ce séminaire, qui a eu lieu à Tunis, le 11-16 Janvier 1982, a été réalisé avec la collaboration de la Republique Tunisienne et de l'agence USAID.

PROGRAMME DU SEMINAIRE

LA GESTION DE L'ENERGIE DANS LE BATIMENT ET DANS LES HOTELS
11 - 15 JANVIER 1982

LUNDI 11

SUJET	EXPOSANT	TEMPS
A-Introduction au séminaire	M JEBALI S. PDG de la STEG	9.00 - 9.15
B- Rôle de l'économie d'énergie dans la politique et la planification énergétique actuelle en Tunisie	M. REKIK chargé de Mission Ministère Economie Nationale	9.15 - 9.50
C- Politique et programme Tunisien dans le domaine de l'habitat	M. SALLAMI Directeur de l'Habitat	9.50 - 10.45
Pause café		10.45 - 11.00
D- Utilisation efficiente de l'énergie dans les foyers	M. Lee SCHIPPER Consultant	11.00 - 11.30
E- Débats		11.30 - 12.00
Déjeuner		12.00 - 14.00
F- La réponse architecturale à la situation américaine de l'énergie	M. Thomas VONIER Consultant	14.00 - 14.30
G- Conception d'un habitat efficient en énergie - Economies d'énergie - Energie solaire passive	M. Ronald JUDKOFF Consultant	14.30 - 15.15
Pause café		15.15 - 15.30
H- Conception d'un habitat efficient en énergie : cas de la Tunisie	M. KAMOUN Moncef Architecte Ministère de l'Habitat	15.30 - 16.45
Débat		16.45 - 18.00

SUJET	EXPOSANT	TEMPS
MARDI 12		
I- Principes d'une conception efficiente en énergie - Matériaux - Rafraichissement naturel	M. Ronald JUDKOFF	9.00 -9.45
J- L'exploitation des Etats Unis dans les normes de performances énergétiques	M. Thomas VONIER Consultant	9.45 - 10.00
Pause café		10.00 - 10.15
K- Application de l'énergie solaire active : Chauffage et climatisation	M. John HARTLEY Consultant	10.15 - 11.00
Débat		11.00 - 12.00
Déjeuner		12.00 - 14.00
L- Principes et applicationde l'énergie solaire passive : cas de la Tunisie	M. Ali JERBI Directeur de ITAAUT	14.00-14.45
M- Système de chauffage solaire de l'eau et réaménagement de l'énergie dans le résidentiel	M. John HARTLEY Consultant	14.45 - 15.30
Pause café		15.30 - 15.45
N- Une architecture méditerranienne solaire réussie	M. John HARTLEY Consultant	15.45 - 16.30
Débat		16.30 - 18.00
MERCREDI 13		
O- Techniques d'analyse de l'énergie dans le batiment - Réflexions - Audit - Evaluation de site	M. Ronald JUDKOFF Consultant	9.00 - 10.30
Pause café		10.30 - 10.45

SUJET	EXPOSANT	TEMPS
P- Eau chaude et applications : quelques considérations de consommation et énergie	M. Lee SCHIPPER Consultant	10.45 - 11.15
Q- Analyse coût - bénéfice des options d'économie d'énergie	M. Lee SCHIPPER Consultant	11.15 - 12.00
Débat		12.00 - 12.20
DEJEUNER		12.20 - 14.20
R- Consultation d'experts		14.20 - 15.20
S- Vers le développement d'un programme tunisien d'efficience énergétique dans l'habitat :		15.20 - 17.20

- Objectifs
- Stratégies
- Opportunités
- Barrières
- Activité à court terme

JOURNEES DES HOTELS

JEUDI 14

A- Introduction au seminaire		9.00 - 9.15
B- Vue globale sur la politique tunisienne dans le domaine du tourisme	M. SMAOUI A. DGA de l'ONTT	9.15 - 9.45
C- Profil des hôtels en Tunisie : Type de construction, Equipement, Bâtiments, Matériaux	Ingénieur ONTT	9.45 - 10.30
Pause café		10.30 - 10.45
D- Quelques gains potentiels d'une action d'économie d'énergie : Etude du cas Radison	M. William POPERT Consultant	10.45 - 11.00
Débat		11.00 - 12.00
DEJEUNET		12.00 - 14.30
E- Comptabilité de données énergétiques	M.Sam STEWART Consultant	14.30 - 15.00
Pause café		15.00 - 15.15
F- Programme de réaménagement énergétique pour les bâtiments existants	M. Sam STEWART Consultant	15.15 - 15.45
Débat		15.45 - 18.00

SUJET	EXPOSANT	TEMPS
VENDREDI 15		
G- Introduction aux audits énergétiques : Définition contenus, mesures	M. Ron STEWART Consultant	9.00 - 9.15
H- Procédure de conduite d'un audit énergétique	M. Ron STEWART Consultant	9.15 - 10.00
Pause café		10.00 - 10.15
I- Opportunité d'économie d'énergie (sans coûts majeurs) - enveloppe du bâtiment - systèmes mécaniques - systèmes électriques	M. William POPPERT Consultant	10.15 - 10.45
J- Opportunités d'économie d'énergie (modifications importantes) - enveloppe du bâtiment - systèmes mécaniques - systèmes électriques	M. Sam STEWART	10.45 - 11.45
Débat		11.45 - 12.30
DEJEUNER		12.30 - 14.30
K- De nouvelles normes de construction pour une conception efficiente	M.William POPPERT Consultant	14.30 - 15.00
L- Applications solaires	M.Ron STEWART Consultant	15.00 - 15.45
M- Opportunités d'économies d'énergie (fonction de support) 1- Ménage et blanchisserie 2- Nourriture et boisson	William POPPER Rom STEWART	15.45 - 16.05
Pause café		16.05 - 16.25
3- Décomposition de l'utilisation de l'énergie		16.25 - 16.40
N- Vers le développement d'un programme tunisien de gestion et d'économie d'énergie - objectif - strategies - opportunités - manières - activités à court terme - discussion		17.00 - 18.00

SAMEDI 16

Prolongation probable
- visite d'un hôtel
- discussion entre participants au séminaire ou autre thème proposé au cours du séminaire

DOCUMENTS DU SEMINAIRE

	Sujet	Exposant	Page
1.	POLITIQUE ET PROGRAMME TUNISIEN DANS LA DOMAINE DE L'HABITAT	M. Sallami	1
2.	L'UTILISATION EFFICACE DE L'ENERGIE DANS LES MENAGES	M. Schipper	10
3.	L'ARCHITECTURE FACE A LA SITUATION ENERGETIQUE: L'EXPERIENCE AMERICAINE	M. Vonier	23
4.	TECHNIQUES D'ANALYSE DE L'UTILISATION D'ENERGIE DANS LES BATIMENTS	M. Judkoff	27
5.	CONCEPTION D'UN HABITAT EFFICIENT EN ENERGIE: CAS DE LA TUNISIE	M. Kamoun	63
6.	REFRIGERATION PHYSIOLOGIQUE PAR AERATION NATURELLE	M. Judkoff	85
7.	L'EXPERIENCE DES ETATS-UNIS DANS LE DOMAINE DES NORMES DE RENDEMENT ENERGETIQUE DANS LE BATIMENT	M. Vonier	103
8.	LES APPLICATIONS DE L'ENERGIE SOLAIRE DANS LE CHAUFFAGE ET LA CLIMATISATION ACTIFS	M. Hartley	115
9.	IDENTIFICATION DES CHOIX EN MATIERE D'ECONOMIE D'ENERGIE DANS LE SECTEUR RESIDENTIEL	M. Schipper	122
10.	LES SYSTEMES DU CHAUFFAGE SOLAIRE DE L'EAU ET LE REAMENAGEMENT DE L'ENERGIE DANS LE LOGEMENT	M. Hartley	140
11.	L'EAU CHAUDE ET LES APPAREILS: QUELQUES CONSIDERATIONS SUR LA CONSOMMATION D'ENERGIE	M. Schipper	150
12.	L'ARCHITECTURE SOLAIRE REUSSIE DANS LA REGION DE LA MEDITERRANEE	M. Hartley	172

DOCUMENTS DU SEMINAIRE

	Sujet	Exposant	Page
13.	NOTES SUR LA GESTION D'ENERGIE DANS LES HOTELS	M. Schipper	179
14.	L'ORGANISATION ET L'EXECUTION D'UN PROGRAMME DE CONSERVATION ENERGETIQUE: ABORD GENERAL	Extrait du Energy Conservation Manual, The Hospitality, Lodging, and Travel Research Foundation, Inc.	192
15.	ELEMENTS ESSENTIELS D'UN PROGRAMME DE GESTION DE L'ENERGIE	M. Poppert	210
16.	NOUVELLES NORMES POUR DES PLANS DE CONSTRUCTION PLUS EFFICIENTS	M. Poppert	221
17.	LES PRIORITIES DES MESURES DE CONSERVATION ENERGETIQUE	M. S. Stewart	232
18.	OCCASIONS POUR L'EPARGNE ENERGETIQUE POUR SERVICES D'ALIMENTS ET DE BOISSONS: LE RESTAURANT "JOLLY TIGER"	M. R. Stewart	245
19.	APPLICATIONS SOLAIRES: LE PROJET "ALUMNI HOUSE"	M. R. Stewart	270
20.	PROGRAMME D'ADAPTATION ENERGETIQUE DESTINE AUX BATIMENTS EXISTANTS	M. S. Stewart	277

POLITIQUE ET PROGRAMME TUNISIEN DANS LA DOMAINE DE L'HABITAT

M. SALLAMI

MESDAMES - MESSIEURS

Un logement décent n'est pas un luxe. C'est une nécessité. C'est d'ailleurs une de nos préoccupations. Bien logé, l'ouvrier travaillera mieux ; il s'acquittera de son labeur avec enthousiasme. Il acquérra le goût du travail et pourra fonder un foyer. Ainsi le logement décent est un élément essentiel de la promotion économique et sociale de l'homme.

Cette citation prononcée par Le Président BOURGUIBA dans un de ses discours (SFAX le 9.5.65) reflète bien l'intérêt qu'accorde l'Etat Tunisien au secteur de l'Habitat.

La création du nouveau Ministère par Le Président de la République vise à promouvoir davantage ce secteur et d'adopter une politique plus cohérente en matière d'Habitat et d'établissements humains propre à donner au citoyen un logement décent en fonction de ses moyens.

Avant de parler de la nouvelle dimension donnée à la politique de l'habitat par le nouveau Ministère, je voudrai tout d'abord faire un exposé succint sur l'évolution qu'à connu le secteur au fil des années suivant les plans de développement économique et social.

Pendant les premières années de l'indépendance, le logement ne faisait pas partie des premières préoccupations du gouvernement, les priorités, étant, bien entendu, réservées à la mise en place des institutions et des structures de souveraineté nationale.

L'intervention directe de l'Etat dans le domaine de l'Habitat se limitait à des opérations à caractère urbanistique et social telle que l'assainissement des bidonvilles se trouvant dans les grandes villes :

../..

Cimetière Boukraâ à Tunis qui occupait l'emplacement actuel du Lycée Bab El Khadra.

La population de ce bidonville étant transférée dans des logements décents construits à la cité El Khadra. D'autres opérations ont été réalisées par l'Etat suite aux diverses inondations qu'à connu le pays.

Le rythme de réalisation de logements durant la période 1956 - 1961 n'a pas dépassé 6.000 logements par an soit 1,5 logement pour 1.000 habitants. Le secteur privé étant le principal opérateur.

La première decennie 1962-1971 a connu un développement plus intense par l'institution de mesures d'encouragement dans le secteur et la réalisation directe par l'Etat (Secrétariat d'Etat aux Travaux Publics et de l'Habitat) des opérations de logements ouvriers et populaires.

Les schémas de financement de ces logements étaient définis comme suit :

PERIODE	TYPE DU LOGEMENT	AUTOFI-NANCEMENT	PRET	TAUX D'INTERET
1956 - 1964	Populaires	-	Prix du logement	S.I.
	Ouvriers	-	"	2%
1965-1968	Populaires	20%	80%	5%
	Ouvriers	20%	80%	5%
1969 - 1971	Sociaux	30%	70%	5%

Les réalisations de cette décennie (1962-1971) ont atteint 104.000 logements, soit une moyenne annuelle de 10.400 logements/an (soit 2 logements pour 1.000 habitants).

../..

Les investissements correspondants ont été de 187.384 Millions de Dinars
Ces réalisations se repartissent entre :

* Logements réalisés par l'Etat 37.600
* Privés 66.400

Etant précisé que le secteur privé a bénéficié des encouragements suivants :

- Acquisition de terrains aménagés par l'Etat par facilités de paiement
- Prêts garantis par l'Etat remboursables sur 15 ans et à un taux d'intérêt préférentiel
- Prime à la Construction.

Il est à signaler qu'à partir de 1969, l'Etat a jugé qu'il lui est impossible de poursuivre cette action caractérisée par son intervention directe surtout que les besoins s'accroissent de plus en plus et à un rythme accéléré.

Pour dynamiser ce secteur, l'Etat a confié à la Société Nationale Immobilière de Tunisie (SNIT) la charge de réalisation des programmes étatiques. Cette action a permis de prévoir des programmes étatiques trés importants. En effet, le programme de 1969 a atteint 5.000 logements répartis en trois catégories distinctes : logements suburbains - logements ruraux et logements économiques. Le nombre a été maintenu jusqu'en 1972, l'année de préparation du IVe Plan. La SNIT qui jouait à la fois le rôle d'organisme de financement, d'aménageur de terrain et de promoteur immobilier, a rencontré des difficultés dans l'exécution de ses programmes ; ce qui a engendré un retard considérable au niveau de la distribution des logements ; certains acquéreurs n'ont obtenu leurs logements qu'après 3 ans voire même 4 ans à compter de la date de paiement de l'avance.

../..

La Commission sectorielle de l'habitat réunie en 1972 pour l'élaboration du IVe Plan (1973 - 1976) a fixé comme objectif la réalisation de 71.000 logements durant les 4 années du Plan pour des investissement de 142 M.D soit 14% des investissements globaux du plan. La SNIT en réalisera 44.500 logements dont 20.000 logements de type rural, 10.000 de type suburbains, le reste de type économique et standing. Cet objectif a été dicté compte tenu de 2 principes :

1) Le logement est considéré comme une exigence, une revendication sociale et non plus comme besoin complémentaire ; il est aussi un facteur de production, de promotion de l'homme, une composante fondamentale du bonheur national brut.

2) La réalisation des programmes dans les meilleurs délais et au moindre coût.

Pour atteindre ces objectifs, la Commission a proposé les voies et moyens susceptibles de contribuer à la réalisation des prévisions dans les meilleures conditions :

- Une politique d'aménagement de territoire concertée
- Création d'organismes spécialisés dans les domaines foncier et financier.
- Réglementation adaptée à la nouvelle politique de l'habitat.

Le IVe Plan a été marqué par la mise en place des organismes spécialisés dans le domaine de l'habitat et l'institution de nouveaux textes réglementaires :

- Création de l'Agence Foncière d'Habitation par la loi du 14 Avril 1973. Sa mission consiste à acquérir, aménager et vendre les terrains destinés à l'habitat.

../..

- Création de la Caisse Nationale d'Epargne-Logement par la loi du 7 Mai 1973. Sa mission consiste à drainer l'épargne au profit de l'habitat et ce, afin de faciliter aux candidats aux logements de disposer de l'autofinancement exigé.
- Institution de la loi du 20 Juin 1974 réglementant la profession
- du promoteur immobilier.
- Refonte de la loi relative à l'autorisation de bâtir au mois de février 1976.

D'autres actions ont été entreprises pour faciliter la réalisation des prévisions du plan :

- Décentralisation de la SNIT par la création de 3 Agences Régionales
- Création d'entreprises régionales de travaux, etc...

Les retrospectives du IVe Plan ont dégagé un bilan positif puisque les réalisations ont atteint 72.000 logements contre 71.000 prévus. Les investissements ont dépassé les prévisions et ont atteint 276 M.D soit 17% des investissements globaux réalisés contre les 142 M.D prévus.

Ces efforts considérables enregistrés durant le plan ont été entravés par certaines difficultés d'ordres technique, foncier et financier.

- Approvisionnement irrégulier du marché en matériaux de construction notamment en ciment, chaux, acier et produits rouges
- Manque de main d'oeuvre spécialisée
- Manque de terrains aménagés
- Manque de financement cohérent (CNEL et AFH n'étaient pas encore opérationnelles).

../..

Les enseignements tirés par les retrospectives du IVe Plan ont permis d'apporter les correctifs nécessaires dans l'élaboration des prévisions du Ve plan. C'est ainsi qu'il a été décidé de renforcer l'intervention de l'Etat au profit des logements à caractère social, de diversifier les moyens de financement en faisant appel aux réserves des Caisses de Sécurité Sociale.

L'objectif retenu par ce plan concerne la réalisation de 125.000 logements pour des investissements de 600 M.D représentant 14,3% du total des investissements du plan.

Les logements ruraux, suburbains et économiques confiés à la SNIT s'élèvent à 80.000 logements soit 64% du nombre prévu au plan.

Le Ve plan s'est caractérisé par la mobilisation de nouvelles ressources de financement, soit pour les logements à caractère locatif, soit aux logements en appropriation au profit des salariés. C'est ainsi qu'a été confiée la réalisation de 11.000 logements destinés à la location à la CNSS (8.000) à la CAVIS (1.500) et à la CNRPS (1.500). La CNRPS devait de même contribuer au financement de 3.000 logements par des prêts accordés à ses affiliés remboursables en 15 ans et à des taux variables selon les revenus.

Conscients de l'importance que revêt l'habitat locatif, le gouvernement a pris l'initiative de créer par l'intermédiaire de la CNSS et de la CAVIS, la Société de Promotion de Logements Sociaux chargée de la réalisation et de la gestion des programmes de logements locatifs.

Il va sans dire qu'une telle option, à savoir l'encouragement de l'habitat locatif s'insère dans le cadre de l'action du gouvernement dont l'objectif consiste à favoriser la mobilité des fonctionnaires, des agents et des ouvriers de l'Etat et partant à encourager la décentralisation.

../..

Une autre source de financement a été dégagée par la création du FOPROLOS dont l'alimentation est assurée par un prélèvement de 2% sur la masse salariale payée par les employeurs. Les moyens de ce fonds sont consacrés à financer des logements au profit des salariés :

- Crédit direct
- Crédit pour parfaire l'épargne

Les schémas de financement ont été modifiés ainsi :

Logements ruraux :

Autofinancement	:	15 %
Subvention	:	270D
Prêt (sur 15 ans S.I.)	:	640D

Logements suburbains

Pour les salariés	:	régime FOPROLOS
Pour les cnélistes	:	régime CNEL

Les retrospectives du Ve Plan ont montré que les prévisions sur le plan quantitatif, ont été largement dépassées. En effet, 160.000 logements ont été réalisés pour des investissements évalués à 820 M.D présentant ainsi 18% des investissements globaux du plan.

Les enseignements tirés ont permis d'aboutir aux recommandations suivantes :

- Renforcement de l'aide de l'Etat au profit de la population démunie et des régions deshéritées, particulièrement du Nord-Ouest, les gouvernorats cotiers ayant bénéficié de 90% des investissements du Ve Plan.

../..

- Meilleure adaptation des logements SNIT aux spécificités géographiques et culturelles de chaque région.
- Renforcement de l'intervention de l'AFH au profit des ménages à faible revenu et dans les régions déshéritées
- Renforcement de la coordination entre les différents intervenants
- Adaptation des schémas de financement aux situations socio-économiques des différentes catégories sociales.

Le Ministère de l'Habitat oeuvre, depuis sa création, le 3 Décembre 1980, pour donner une nouvelle dimension au secteur de l'habitat aussi bien sur le plan quantitatif que sur le plan qualitatif.

L'année 1981, 1ère année du jeune Ministère a étécaractérisée par l'élaboration des principales actions à caractère social et présentant une certaine urgence. C'est ainsi qu'a été élaborée une étude sur la politique de l'habitat et présentée au Conseil des Ministres au mois d'Avril. A la lumière de cette étude, le gouvernement a décidé les mesures suivantes :

- Modification du schéma de financement des logements ruraux
- Extension des prêts directs accordés par le FOPROLOS aux salariés dont les salaires se situent entre une fois et deux fois le SMIG
- La réduction de la durée d'épargne à 2 ans au profit des souscripteurs dans les gouvernorats du Nord - Ouest et du Sud.

D'autres actions ont été menées par le Ministère de l'Habitat en vue d'améliorer les conditions de réalisation des opérations de réhabilitation et de rénovation étant précisé que la réhabilitation et la rénovation constituent une nouvelle dimension de la politique de l'habitat. Ces actions ont abouti à la création de l'Agence de Réhabilitation et de Rénovation Urbaine (A.R.R.U.).

Autres actions :

- Renforcement de l'unité centrale des projets urbains
- Etude du 3e projet urbain
- Réalisation de lotissements économiques par l'A.F.H.

Le Ministère se penche actuellement sur l'élaboration du VIe Plan qui aura pour objectif de fournir un logement décent à toute demande solvable c'est à dire à tout recquérant ayant un emploi permanent.(pas de logement sans épargne). Ce logement doit être implanté dans un environnement adéquat muni de toutes les infrastructures et équipements nécessaires à une vie communautaire.

SITUATION DU PARC LOGEMENT D'APRES LES RECENSEMENTS ET ENQUETES

RECENSEMENT	NOMBRE DE LOGEMENTS RECENSES	NOMBRE DE LOGEMENTS EN TAUDIS GOURBIS etc...	% DE LOGEMENTS EQUIPES	
			en eau	Electricité
1966	873.949	347.105	14,17	23,80
1975	1005.670	245.490	26,41	34,20
1980	1120.500	142.000	41,70	54,10

Le Directeur de l'Habitat.

- A. SELLAMI -

UTILISATION EFFICACE DE L'ENERGIE DANS LES MENAGES

PAR

LEE SHIPPER
CHERCHEUR
DIVISION DE L'ENERGIE ET DE L'ENVIRONNEMENT
LABORATOIRE LAWRENCE BERKELEY, UNIVERSITE DE CALIFORNIE
BERKELEY, CA USA 94720

--*-*-*-*-*

POUR LE

SEMINAIRE SUR L'HABITAT DE L'ENERGIE

TUNIS, TUNISIE

DU 11 AU 13 JANVIER 1982

Transcrit et publié à partir d'une communication présentée lors de la réunion du Asia Pacific Energy Consortium consacrée aux économies d'énergie et tenue le 2 Juin 1981

1- INTRODUCTION

C'est pour moi véritablement un grand plaisir d'être ici, dans un lieu, pour une fois, pour une durée qui dépasse deux jours, et d'avoir l'occasion de parler longuement à propos d'un volet de mon travail. Parce que mon expertise relève particulièrement du secteur résidentiel, je passerai en revue certaines choses, relatives aux ménages dans le monde, qui peuvent être utiles à ceux d'entre vous qui sont intéressés par la conservation de l'énergie. Ce que je tacherai également de faire, sans être trop technique, c'est de parler de quelques unes des règles qui, à mon avis devraient nous servir pour décrire la notion de conservation de l'énergie et les indices qui indiquent si la conservation de l'énergie a lieu.

2- LA CRISE ENERGETIQUE

Ceci est un "Kakehign" ; un four en tuile inventé par Cronstedt en Suède dans les années 1600. Ce four a été inventé parce qu'il y avait une crise énergétique. Les gens abattaient les arbres des forêts à un rythme beaucoup plus rapide que celui qui était nécessaire pour assurer leur régénération. On devait aller de plus en plus loin pour trouver le bois pour se chauffer ; ainsi le Roi de la Suède promit de décerner une importante médaill à la personne qui pourrait trouver un moyen plus efficace d'utiliser les ressources Suèdoises en bois. Ce dont cronstedt se rendit compte c'est qu'il est très inefficace, si vous habitez un logement plutôt exiger, d'avoir un feu ouvert flamboyant comme moyen de se chauffer.

En fait ce qu'il inventa c'est un système dans lequel le feu de bois est contenu, et l'air chaud circule dans les conduites dans ce four en tuile avant d'irradier. Ceci signifie que la plus grande partie de la chaleur de la combustion est en fait utilisée dans la chambre. En général une cheminée peut transférer seulement cinq pour cent de la chaleur thermique au foyer. Si vous habitez en Californie, ces cinq pour cent sont neutralisés par le fai que la cheminée avale une telle quantité d'air de l'extérieur de la maison qu les cheminées en fait, refroidissent la maison. Un moyen très efficace de refroidir votre maison en été en Californie, c'est d'allumer un feu dans la cheminée car en fait cela attirera plus d'air frais de l'extérieur qu'il n'en replacera à cause de la chaleur de la combustion. Mais le four en tuile perme de donner un moyen effice de se chauffer en utilisant le bois.

Ceci nous donne une leçon à double titre :

1. Aussi longtemps que l'on remonte dans l'histoire on trouve que la race humaine a toujours adapté ses technologies et modes de vie aux <u>pénuries</u> (à la variété) des ressources et que ;
2. simplement sortir et trouver plus de bois n'est pas toujours la solution la plus rationnelle au problème de l'énergie, car en utilisant notre <u>cerve</u> nous pouvons trouver des moyens par lesquels nous apportons une amélioration réelle à l'efficacité de l'utilisation de l'énergie.
   Notez que "pénurie" ne signifie pas nécessairement manque absolu ou "épuisement", mais un coût plus élevé. Même dans les pays producteurs d'énergie ou exportateurs d'énergie, "Pénurie" est un problème et une utilisation plu efficace d'une énergie rare peut être profitable à l'économie nationale.
3. <u>Efficacité de la consommation énergétique et de la conservation de l'énergi</u>

Je voudrais poursuivre en parlant de ce que j'appelle quelsques-u des paramètres de l'efficacité énergétique. Les vieilles méthodes empirique peuvent être les mêmes, mais les chiffres que vous utilisez lorsque vous formulez vos équations afin d'expliquer les <u>rapports</u> entre l'énergie et l'économie ont changé. Qu'avons-nous appris concernant ces chiffres ?

3.1 Utilisation Efficace de l'Energie Comme "Ressource Energétique" à Bas Prix

Premièrement on aime dire qu'une utilisation plus efficace de l'énergie est la source d'énergie la moins coûteuse. Aujourd'hui en Californie, le moyen le moins coûteux de chauffer un nouveau logement est d'économiser le gaz naturel et ce, en isolant un logement existant non isolé. Au Kenya, le moyen le moins coûteux de fournir de l'électricité aux nouveaux hôtels est d'améliorer l'efficacité des hôtels existants. Je parlerai davantage de l'idée du "coût le moins élevé" car je pense que c'est l'idée fondamentale que nous voulons utiliser en tant qu'instrument analytique dans la planification de la conservation. Je tâcherai aujourd'hui de beaucoup parler des instruments analytiques car j'ai trouvé qu'il est difficile d'adapter l savoir à la situation de chaque pays, la situation technique et climatique dans chaque pays, mais certains principes, certains moyens, peuvent être utilisés partout.

3.2 Sécurité en Matière d'Energie

Deuxièmement, beaucoup de personnes croient que la conservation, considérée comme ressource énergétique, constituera un élément important de la sécurité énergétique de toutes les sources. Au cours des huit dernières années, grâce à la conservation de l'énergie un minimum de cinq million de barils de pétrole par jour* (soit 680.000 TEP par jour aux ETATS-UNIS ont été économisés ce qui constitue un soulagement du point de vue de l'importation du pétrole et des prix plus élevés aux ETATS-UNIS. Cette contribution est plus importante que celles de toutes les autres sources d'énergie combinées. Parce que le principe de la conservation est encore mal compris, il n'est pas encore conçu en tant que ressource ou possibilité d'investissement comme on traite le développement de l'offre énergétique. Et ce que je tâcherai de soutenir en faisant mon exposé est que lorsque vous considérez le point de vue économique, vous trouvez que non seulement, l'on peut traiter la conservation comme une option de ressource énergétique, mais que la conservation nous a fourni plus d'énergie que les propres sources entre 1973 et 1981 !

3.3 La Conservation et l'Economie

Qu'en est-il de la conservation du point de vue de la croissance économique ? C'est là une question qui est très contestée, je n'ai pas l'intention de la traiter à la légère, mais je veux énoncer quelques principes. Actuellement, l'utilisation énergétique n'est pas économiquement optimale. La plus grande partie de l'infrastructure dans le monde a été construite pour consommer l'énergie au prix de 3 dollars le baril de pétrole à un prix qui varie entre 20 et 30 millimes par kilowatt-heure pour l'électricité aux ETATS-UNIS à un prix inférieur à 10 millimes par Tep pour ce qui est du gaz naturel (aux ETATS-UNIS). Les prix sont bien plus élevés aujourd'hui. Aujourd'hui une croissance saine exige un rendement optimal de toutes les ressources ; étant donné que le système actuel de la production et de la consommation est établi pour consommer une quantité trop importante de l'énergie qui est plus coûteuse aujourd'hui, et pas suffisamment des autres ressources qui sont relativement moins coûteuses ; si l'on améliore le système de la production et de la consommation cela permettra de dégager quelques ressources, apportant ainsi une contribution à la croissance économique. En fait, dans notre pays, on parle très souvent de la conservation, uniquement en termes de taux de rentabilité par rapport à un investissement particulier. Etant donné que le taux de rentabilité est élevé, la conservation elle-même est un élément de la croissance économique.

*5C x 106 BBL/Day = 700 COC TEP/JOUJ

./.

Cependant, pour cette même raison, plus la croissance économique est importante plus vous stimulez les nouvelles technologies, l'innovation, le remplacement des nouvelles technologies par les anciennes, de manière à ce que la croissance économique contribue à la conservation. Je vous fais remarquer dans tous les cas, aujourd'hui conservation veut dire, utiliser l'énergie plus efficacement dans un sens économique.

A mesure que les prix augmentent, la conservation modère, ou réduit l'effet des prix élevés de l'énergie. C'est-à-dire qu'à mesure que le prix du pétrole augmente, votre économie nationale souffre. Mais elle souffre moins si vous êtes capable de réagir. Et la conclusion que nous avons tirées de nos études constitue le type de solution qui vous donne les meilleurs résultats. Cela s'appelle conservation. Enfin, dans plusieurs cas, la conservation transfère des ressources à des secteurs où l'emploi est plus important que celui du secteur énergétique. Ceci constitue un problème particulier dans un pays tel que le Vénézuela, qui a un secteur de production pétrolière important, lequel rapporte une masse importante d'argent mais crée très peu d'emplois. Certains Vénézueliens voudraient qu'une partie de leur activité relative à la production énergétique soit remplacée par d'autres domaines. Ils sont conscients du fait que s'ils construisent leurs bâtiments d'une façon plus efficace cela nécessiterait des investissements un peu plus importants dans le secteur du bâtiment créant ainsi des possibilités d'emploi et que ces investissements sont rentables à long terme.

4. Apprécier l'Efficacité et la Conservation

Comment savons-nous si nous utilisons l'énergie de façon efficace? Eh bien, il y a deux façons de le faire. D'abord il y a des personnes qui aiment tricher (manipuler) avec les données agrégées. Par exemple, vous avez une diapositive qui apparaît de temps en temps dans Electrical World (Monde Electrique) un périodique qui paraît dans ce pays, qui donne le Produit National Brut (PNB) par tête d'habitant aux ETATS-UNIS en 1972 et la consommation énergétique par dollar du PNB (ce qui constitue soit disant, un moyen de mesurer l'efficacité). La personne qui a tracé cette courbe sur une ligne qui, soit disant, représente la consommation la moins élevée de l'énergie par rapport au PNB et bien entendu, ce qui est très étonnant, les ETATS-UNIS se trouvent assez étrangement sur cette ligne. La conclusion est donc qu'il n'y a pas beaucoup d'énergie à conserver aux ETATS-UNIS !

En ayant recours au phénomène magique qui est d'effacer et de retracer je peux vous prouver que les ETATS-UNIS se trouvent sur la ligne qui représente la consommation d'énergie la plus élevée par rapport au PNB. Ceci a soulagé ceux parmi vous qui représentent des pays qui se trouvent à un niveau supérieur à celui des ETATS-UNIS. Nous ne pouvons pas tirer du rapport énergie/PNB l'efficacité de la consommation énergétique. Je pense qu'il est fâcheux que cette courbe continue à être publiée et brandie pour prouver que la liaison entre l'énergie et le bien-être économique est rigide. Je pense que l'économie, la technologie et l'antropologie nous montrent que notre monde est un monde flexible de tous ces points de vue, et il me paraît absurde d'insister sur le fait que la quantité d'énergie par rapport à l'importance de l'activité économique doit demeurer constante ou augmenter.

4.1 Mesurer l'Efficacité de l'Energie ou l'Intensité

Maintenant le problème est "de savoir comment nous mesurons l'efficacité". Je vais vous montrer quelques modes. J'affirme que, alors que le rapport de l'énergie au PNB n'est pas très intéressant comme indice pour les pays développés, qu'il est encore moins intéressant pour les pays en voie de développement car ni le PNB ni la consommation énergétique commerciale totale ne représentent réellement des moyens de mesurer comment l'énergie est utilisée dans l'économie ou la quantité totale de l'activité économique.

Maintenant je me rends compte du fait que très souvent, vous avez très peu d'éléments de travail outre ces chiffres. Il devient extrêmement frustrant si on vous demande de développer une politique de conservation alors que vous n'avez pas d'indicateurs d'efficacité et de conservation.

Néanmoins, la conservation et l'efficacité sont mesurées par des enquêtes et l'analyse du niveau de la consommation sectorielle ou industriel le. Vous devez savoir quelle est la consommation énergétique d'une aciévie, combien de tonnes d'acier elle produit, et dans beaucoup de cas, comment cet acier est produit. Au Kenya on fabrique l'acier à partir de débris de féraille. L'acier corien est fabriqué à partir du minerais de fer. Par conséquent, l'une des aciéries les plus modernes de la Corée, POSCO Establisment, consomme une quantité beaucoup plus importante d'énergie pour fabriquer de l'acier laminé qu'une aciérie au Kenya. La différence vient du fait que l'usine POSCO utilise du minerai de fer tandis qu'au Kenya on utilise des débris de ferraille ou de l'acier déjà confectionné qui doit être laminé et moulé. Ainsi donc la comptabilité est très importante si vous vous intéressez à l'essor de votre pays ou de votre région, et si vous ne faites pas votre comptabilité soigneusement vous vous rendrez compte que vou ne pouvez vraiment pas mesurer l'intensité de ce qui se passe.

4.2 Mesurer la Structure de l'Economie Energétique

Maintenant permettez-moi de parler un peu de la structure. Ce que je veux dire par structure ce sont les données relatives à la façon suivant laquelle l'économie est fondée : telles que les distances parcourues par les véhicules, le nombre de foyers ou de logements et le nombre de ceux d'entre eux qui sont chauffés ou refroidis, l'importance de la valeur industrielle ajoutée, la production industrielle qui a lieu dans les acieries, l'industri des matières premières chimiques, l'industrie du papier. Ceux-ci sont des éléments qui montrent comment une économie est fondée. Même des éléments tels que le nombre de ménages sont importants. Par exemple, vous allez voir dans un instant, quand on vous montrera certaines de nos données relatives au secteur résidentiel à l'OCDE que l'augmentation de la consommation énergétique est due en grande partie non pas au gaspillage mais au nombre de logements qui a augmenté si rapidement depuis 1960. De tels éléments de l'économie, qui peuvent être très indépendants de l'énergie, ont entraîné un changement dans la consommation énergétique. Souvent lorsque vous compre-nez ces éléments, ce qui vous semble être une mauvaise nouvelle finit par devenir une bonne nouvelle.

Là encore, ceci ne peut s'appliquer à tous les pays mais parlons des réfrigérateurs. Ce graphique montre les augmentations depuis 1960 dans la pénétration des réfrigérateurs dans les pays les plus importants de l'OCDE. Et vous pouvez voir que si vous étiez un analyste en 1960, la réfri-gération ne serait pas du tout importante ni au Royaume-Uni ni en France ni en Italie ni en Allemagne. Moins de 20 pour cent des ménages disposaient de la réfrigération ; en effet, la plupart des analyses effectuées à cette époque, tout comme dans plusieurs autres pays, ont ignoré le secteur des ménages propriétaires de réfrigérateurs dans ces pays a été dramatique dans l'espace de quinze années seulement. Vous remarquez bien sûr que la courbe du chauffage ne continuera pas à croître par un facteur de deux ou trois pendant les 15 prochaines années car cela impliquerait que chacun de nous aura 3 réfrigérateurs ou plus. Par conséquent, l'un des facteurs qui est responsable d'une partie importante de la croissance de la consommation de l'électricité dans le ménage n'est pas aussi importante aujourd'hui qu'elle ne l'était dans le passé, car la propriété des réfrigérateurs est presque saturée. Ainsi donc, après 1990, il y aura une croissance minime, relative à la réfrigération, dans ces pays : vraissemblablement la quantité d'électri-cité consommée baissera.

5. Cas de Mesure de la Conservation et des Economies

Voyons comment une meilleure information concernant la consommation énergétique nous permet de constituer des indices et de comprendre ce qui arrive à la consommation.

5.1 Utilisation des Indices de la Consommation Energétique

Ceci est un graphique qui montre comment la consommation énergétique globale dans les ménages a évolué depuis 1960, et vous pouvez remarquer qu'à l'exception de deux pays, la consommation énergétique a augmenté très rapidement : Italie, Japon, France, Allemagne. Il est bien entendu que les Etats-Unis sont très loin en dehors de l'échelle. Mais si vous regardez ceci et au produit domestique brut, vous verrez peut être une corrélation très étroite. Et vous décideraz que la consommation énergétique continuera à augmenter dans le secteur des ménages et vous diriez, eh bien, la conservation n'aura pas d'effet.

Eh bien, en fait, si vous analysez les choses soigneusement, vous trouvez que l'énergie par logement, quand vous corrigez p le climat, n'a presque pas changé dans ces pays. En d'autres termes, ce qui avait l'air d'une croissance économique très dramatique ne l'est pas du tout, une fois que vous partagez l'augmentation par le nombre de ménages et corrigez pour les changements dans le climat.

Ainsi, je recommande que plusieurs des indices de la conservation énergétique impliquent du progrès ; nous ne sommes pas dans une situation aussi mauvaise qu'on le pense, une fois que l'on rectifie soigneusement nos données. Donc ce que nous avons démontré, c'est qu'un taux de croissance très important de la consommation énergétique peut être expliqué comme étant principalement en tant qu'augmentation de l'équipement du chauffage central et une augmentation du nombre des ménages et qu'après cela il reste une augmentation très peu importante. Si vous voulez expliquer davantage en divisant par le nombre réel de degrés/jours qui est une mesure de l'importance du climat dans le pays, en divisant par la grandeur du logement, ce que vous trouvez c'est que dans presque tous les pays il y a eu une baisse dans le chauffage par ménage depuis la crise de 1973. Les données de 1980 pour l'Allemagne, la Suède, la France, le Canada et pour les Etats-Unis font état d'une baisse encore plus importante. Il se peut qu'actuellement la quantité totale de l'énergie consommée par le secteur du chauffage en Allemagne de l'Ouest soit plus élevée qu'il y a cinq années. Mais ceci est dû au fait qu'il y a plus de logements avec de systèmes modernes de chauffage. Au Danemark, le nombre de logements ou plutôt le nombre de mètres carré chauffés avec le pétrole dans le secteur résidentiel a augmenté régulièrement entre 1970 et 1980. Cependant, la consommation totale du pétrole pour le chauffage des locaux et celui de l'eau a baissé, et la consommation de pétrole par foyer ou par mètre carré a baissé d'environ 40 %

Ainsi, en effectuant l'analyse de la façon que je crois appropriée, nous sommes passés d'un taux de croissance très élevé à une croissance très réduite et de là à une baisse. Et ceci est une indication de conservation. Ou encore, comme dans le cas Danois, une petite baisse dans la consommation totale du pétrole se révèle être une énorme baisse par consommateur. Dans les deux cas de figure, la consommation énergétique par ménage moyen doté d'un système moderne de chauffage a accusé une réduction.

5.2 Application de ces indices

En utilisant ce type d'indices, je crois que vous pouvez améliorer la capacité de votre pays d'analyser correctement ce que les changements dans la consommation énergétique signifient. Donc le problème est celui de mesurer l'énergie. Ce que j'avais proposé c'est que nous considérons les changements dans la consommation énergétique unitaires (ou spécifiques).

Ce que nous appelons intensité, ainsi que les modifications dans la structure économique. Dans le dernier exemple, les augmentations dans le chauffage central ou les augmentations du nombre de climatiseurs entraîne un changement dans la structure économique.Si nous utilisons moins d'énergie par climatiseur, alors on obtient une baisse de l'intensité ce que nous appelons conservation.

Ainsi, pour savoir combien d'énergie a été économisée, on doit voir la quantité totale de l'énergie consommée, disons, pour toute la climatisation domestique : que en 1972 et 1979, et tenir compte du fait qu'il y a plus de logements et que l'introduction de la climatisation est plus élevée aujourd'hui. On refait le même calcul pour chacun des usages dans l'économie Sur la base de ce calcul, j'affirmerai que les Etats-Unis a réduit sa consommation énergétique de cinq millions de barils de pétrole par jour.

Pour appliquer cette analyse au cas tunisien, nous avons recours au recensement et autres enquêtes afin de savoir combien de ménages utilisent les différents types de combustibles pour la cuisson, l'éclairage, les machines et l'eau chaude. Nous trouverons peut être que le nombre de ménages qui utilisent le Kerosène (pétrole lampant), le GPL et l'électricité a augmenté rapidement telle qu'a été la conclusion de mon étude pour le cas du Ke . . . En même temps, on trouverait que d'autres personnes possèdent des climatiseurs mais l'utilisaient moins souvent, ou les utilisaient d'une façon plus efficace, en couvrant les fenêtres plus souvent afin de réduire l'effet de la lumière du soleil. On pourrait comparer les réfrigérateurs vendus aujourd'hui à ceux vendus il y a cinq ou dix ans. On pourrait comparer l'utilisation des chauffages solaires de l'eau aujourd'hui à la situation avant l'embargo sur le pétrole.

Les résultats d'un tel exercice seraient une série d'indices indiquant si la consommation énergétique devenait plus efficace. Si les logements et les appareils existants devenaient plus efficaces, ceux qui n'ont pas été comptés précédemment dans les statistiques relatives à la puissance électrique ou le GPL, étaient devenus plus efficaces que les logements existants.

Un tel exercice pour constituer les indices demande beaucoup de temps. Mais il a une signification politique fondamentale dans un pays comme la Tunisie. Vos responsables ont très, parfaitement bien perçu l'importance des économies d'énergie, comment peut-on mesurer l'amélioration des économies d'énergie : comment savons nous que nous sommes sur la bonne voie, alors que n'importe comment la croissance économique à elle seule entraine une augmentation du taux d'utilisation de l'énergie : la réponse est d'utiliser les informations que j'ai décrites afin de voir de combien nous avons réduit la croissance de la consommation énergétique et par conséquent le coût à l'économie et ce par rapport à la situation où aucune économie n'est faite .

Les résultats d'un tel exercice peuvent être dramatiques. Et ce parceque le taux de croissance dans la structure de l'économie est tellement rapide, par rapport au cas des Etats Unis, que les effets d'un changement dans les types d'appareils ou les chauffe-eau utilisés ici apparaitront bientôt. C'est à dire qu'une utilisation plus efficace de l'énergie peut avoir un impact plus rapide sur des pays qui se développent à un rythme rapide que dans ceux qui sont "sur développés" tels que les Etats Unis. Mais de hauts responsables de la politique énergétique dans plusieurs pays en voie de développement se sont plaints à moi du fait, que sans un ensemble d'indices ils ont des difficultés pour apprécier un tel progrès au niveau de l'économie dans sa totalité, d'où la nécessité d'effectuer un travail soigné d'enquête et d'indices.

./.

5.3 Prix

Quand nous comparons la consommation énergétique dans chaque activité nous devons également tenir compte des modifications dans la tarification de l'énergie. Les prix et les modifications des prix peuvent reveler plusieurs surprises. Savez vous qu'en Europe il y eu a plusieurs plaintes entre 1974 et 1976 car rien ne se passait en matière de conservation, il y avait également des plaintes aux Etats Unis. Un facteur qu'on oublie est que les prix pour plusieurs produits pétroliers ont baissé, en termes réels, entre 1975 et 1976. Il n'est pas surprenant de constater que lorsque les prix baissent, l'intérêt dans la conservation, l'efficacité de la consommation énergétique baisse aussi.

Enfin en effectuant ce travail vous devez développer des indices pour l'analyse politique, de façon à ce que lorsque vous instituez un programme de conservation vous avez un moyen de savoir si le programme est efficace. Lorsque le prix du pétrole augmente, vous avez un moyen de savoir, comment les différentes industries, les différents ménages, ont réagi par rapport au prix plus élevé du pétrole.

5.4 Indicateurs de la conservation à l'OCDE

Aux Etats Unis, le chauffage domestique a été réduit par environ 20 pour cent par ménage. Les bâtiments commerciaux consomment approximativement 10 pour cent moins d'énergie par mètre carré qu'avant. On conduit moins souvent les automobiles et celles ci nécessitent moins d'essence par kilomètre que pendant la période précédant l'année 1973. Et, bien entendu,le chiffre pour les nouvelles voitures est entrain de baisser très sensiblement. Pour ce qui concerne les camions il y a eu une réduction de six pour cent de la consommation par tonne-kilomètre, les lignes aériennes intérieures ont accusé une baisse très sensible relative à l'énergie/passager-kilomètre. Ceci est particulièrement important pour que l'industrie touristique à Hawaïi reste viable car le coût du carburant des avions a été multiplié par huit en huit ans ! Pour une raison ou l'autre, l'industrie américaine a fait des progrés plus importants pendant les huit dernières années que pendant les 40 années les précédant pour ce qui concerne la consommation de l'énergie de manière rationnelle.

Maintenant permettez moi de vous donner un exemple concret. Avant 1972, le ménage américain moyen chauffée au gaz consommait 1,6 TEP (net) par degrés-jour pour le chauffage. Degrés-jour est une unité de mesure du besoin de chauffage par climat pour le chauffage. Depuis l'embargo, bien sur, ceci a baissé en 1980. Ceci est tombé à environ 1,3 TEP et bien sur le prix du gaz en dollars réels en 1972 a augmenté régulièrement. La leçon est très évidente ; il y a des choses qui sont arrivées et auxquelles personne ne s'attendait.

Nous avons des preuves similaires à l'OCDE je ne passerai pas en revue tous les chiffres. Le chauffage a baissé par tout, et d'autres taux de croissance se sont ralentis. Mais souvenez vous que dans plusieurs pays d'Europe le nombre d'automobiles coninue à augmenter rapidement. Le nombre de logements dotés du chauffage central continue à augmenter. Si vous lisez corectement tous ces indicateurs, vous verrez que les choses s'améliorent réellement.

Les données que nous avons collectées sur l'Europe, surtout en Europe du Sud, sont importantes pour la Tunisie parce que les logements de chaque pays semblent suivre le même modèle une fois que le revenu dépasse les 1000 dollars des Etats Unis par tête d'habitant ; l'acquisition rapide des appareils électroménagers, des systèmes de chauffage de l'eau, et les cuisinières du type occidental, l'abandon des moyens traditionnels de cuisson telque le bois. Ce dont on devrait se souvenir ici c'est que la croissance dans la consommation énergétique dans les ménages en Italie et en France dépassait de beaucoup celle des revenus pendant la période qui

se situe entre 1960 et 1975, et ce par ménage. En République de Corée la consommation d'électricité dans le secteur résidentiel augmentait à un taux dépassant 20 % par an pendant les années 1970 ; au Kenya les quantités totales de GPL et de Kérosène brulées augmentaient à un taux, d'environ 15 % par an pendant les années 1970 à mesure que le bois et le charbon devenaient rares. Le secteur des ménages qui n'était pas important pendant les années 1960 ni même 1970, est devenu extremement important aujourd'hui car il a évolué plus rapidement que les autres secteurs.

6. De l'Energie dans les Bâtiments

Je vais vous montrer quelques exemples de conservation d'énergie dans les ménages sur des diapositives. Aux Etats Unis, alors que le secteur automobiles est souvent considéré comme le secteur qui présente le plus de possibilités d'une consommation énergétique plusefficace, c'est dans le secteur du bâtiment que l'on peut obtenir les résultats les plus rentables. La photo donne la consommation énergétique par ménage aux Etats Unis ; de l'énergie primaire dans la partie supérieure et une énergie directe consommée dans le partie inférieure du foyer. Et ce que vous pouvez voir c'est que la tendance supérieure à long terme a été arrêtée sensiblement et qu'elle baisse régulièrement. Et ceci est très dramatique, car nous avons pensé à nous comme des énergivore ; ce qui est en train de se produire c'est que nous devenons un peu plus intelligents chaque année. Bien sûr ce que vous ne voyez pas encore, c'est l'effet des augmentations de prix de 1979. L'on s'attend à ce que ces chiffres baissent sensiblement dans l'avenir. La c'est un bâtiment en Arizona, vous voyez qu'il est construit sans dessous, ou l'est-il ? Les rayons du soleil peuvent s'infiltrer sous la structure en forme de pyramide renversée et chauffer les occupants, car en Arizona, l'hiver est plutôt froid. En été, le soleil ne peut pas du tout s'infiltrer. Ceci représente un modèle radical pour les Etats Unis, mais si vous habitez un pays ou une région où la température monte jusqu'à 50°c en été et tombe à -2° ou 3°c en hiver vous devez penser à une conception radicale pour les logements là où l'énergie est concernée.

Aux Etats Unis beaucoup croient que la conservation potentielle dans les ménages représente un potentiel aussi important pour chacune de la plupart des autres sources importantes et très populaires. C'est pour cette raison que, dans une certaine mesure, on peut puiser dans les logements aux Etats Unis du pétrole et du gaz, mon sentiment est que cela est vrais dans la majorité de l'OCDE. Dans les pays en voie de développement où les économies se développent rapidement et où un grand nombre de logements se construisent, beaucoup de nouveaux logements, plusieurs hotels, il y a de grandes possibilités d'éviter quelques unes des erreurs que nous subissons aux Etats Unis en termes des types de logements que nous construisons. C'est à dire que dans ce cas on peut apprécier la conservation sur la base des coûts évités (économisés).

6.1 Eau chaude

Alors que beaucoup de gens ne tiennent pas compte de la consommation de l'énergie pour le chauffage de l'eau dans les pays en développement, nos données révèlent que cette consommation a augmenté très rapidement en Asie, au Kenya, et ailleurs, à mesure que les gents se déplacent vers les villes. Nous avons remarqué qu'en Europe les chauffe-eau instantanés fournissent des quantités raisonnables d'eau l'endroit où s'effectue la consommation et forcent les gens de consommer l'eau soigneusement ; en Scandinavie et en Amérique du Nord de grands réservoirs d'eau chaude, sont en communication directe avec les systèmes du chauffage central, ce qui entraine une consommation plus grande d'eau chaude. Lorsque les quantités d'eau chaudes nécessaires sont relativement peu importantes, il est difficile de justifier les systèmes solaires ; cependant lorsque nous parlons de complexes entiers d'appartements, le solaire devient extrement

attrayant, et est aujourd'hui important dans plusieurs projets de logements destinés à la classe moyenne au Kenya.

Les moyens les plus importants de réduire les besoins en eau chaude impliquent la modification des robinets afin de réduire le débit d'eau chaude et maintenirnéanmoins les services rendus avec l'eau chaude. Aux Etats Unis le placement d'un petit objet métallique pour réduire le débit de l'eau du robinet peut entrainer des économies allant jusqu'à 25 Dinars par jour ; ces instruments pourraient coûter un total de 5 Dinars pour toute la maison.

6.2 Cuisson des repas

J'ai déjà fait allusion à la transition des combustibles traditionnels ("renouvelables" comme le bois qui sont en voie de disparition). Plusieurs sociétés au Japon et aux Etats Unis offrent une gamme de fours et de fourneaux qui utilisent l'induction magnétique et la transmission d'air chaud et ce afin de réduire les pertes dans ces systèmes occidentaux. Ils sont relativement coûteux mais je remarque que ces coûts baissent. Des fours améliorés qui utilisent du gaz naturel ou du GPL font également leur apparition.

6.3 Appariels Electriques

Au début des années 1960 l'utilisation de l'électricité pour faire fonctionner les appareils et les machines était limitée dans les pays d'Europe ; ces utilisations ont évolué très rapidement à mesure que les besoins essentiels pour la cuisson et le chauffage étaient satisfaits. Voyons, cependant, quelques une des tendances des cinq dernières années:

1. Réfrigérateurs : les petits réfrigérateurs ont fait leur apparition au Japon, ils consomment le un cinquième d'énergie par litre de la quantité utilisé en 1973.

2. Les machines à laver : les machines à laver consomment moins d'eau chaude aujourd'hui qu'il a y a dix ans. Il existe des appareils à nettoyer qui ne nécessitent pas d'eau à haute température.

3. Les climatiseurs : Au Japon il existe de petits appareils qui sont deux fois plus efficaces que ceux qui étaient disponibles il y a quelques années.

4. Télévisieurs : tel qu'il est bien connu, les TV de marque solid state consomment beaucoup moins d'énergie qu'en 1970.

5. Lumières au laboratoire de Lawrence Berkeley : nous avons développé un globe de lampe qui marche par champs magnétiques, plutôt qu'avec des filaments chauffés. Tout comme les tubes fluorescents ordinaires ces lampes réduisent les besoins dans un foyer par environ un quart.

Si nous considérons toutes les options pour une utilisation efficace de l'énergie dans les ménages modernes tunisiens, nous nous rendons compte que le logement de classe moyenne qui sera construit demain consommera seulement la moitié de la quantité d'électricité pour la cuisson et les appareils électriques qu'un logement construit il y a dix ans. Pour déterminer quels types d'appareils et autres moyens d'économie d'énergie sont rentables dépend des prix de l'énergie et autres critères économiques ; j'en parlerai lors d'un autre exposé.

Il est important, cependant, de discuter plusieurs questions politiques importantes du point de vue de la conservation de l'énergie dans le secteur des ménages. Premièrement, combien d'appareils et matériaux de construction seront produits ici ? Le gouvernement devrait-il influencer les producteurs et les importateurs pour s'assurer que seuls les appareils

efficaces du point de vue de la consommation énergétiques soient utilisés ? Deuxièmement, comment assurer la formation des menuisiers et les autres qui construisent les logements afin d'installer convenablement ces appareils, pour empêcher qu'il y ait des fuites d'air dans ces logements, et qui entrainera un coût plus élevé du chauffage et de la climatisation, pour isoler convenablement les réservoirs d'eau chaude et les conduites ? Malgré notre propre expérience dans ces usages énergétiques, le problème d'enseigner aux gens comment construire ces systèmes reste très important aux Etats Unis.
Troisièmement, comment apprendra t-on à ces gens à utiliser convenablement ces systèmes.

Dans notre pays on a remarqué que peu de gens savaient combien d'eau ils consommaient réellement ainsi que les possibilités de réduire considérablement les besoins en eau chaude. Beaucoup de gens n'ont pas compris que faire bouillir de l'eau dans une marmite sans couvercle augmente les besoins énergétiques de façon importante ; que le fait de laisser les fenêtres qui sont située en face du soleil sans couverture augmente le besoin de climatisation. Il n'y a aucun doute qu'une éducation sur une manière sage d'utiliser l'énergie est importante.

Enfin, il y a un besoin d'apprécier le problème énergétique dans de nouveaux endroits dans le gouvernement. J'ai rendu visite un jour, au conseiller économique du Président d'un pays asiatique très bien connu. Il m'a fait part des difficultés de faire le travail convenablement par les sociétés qui construisent les grands projets de construction et par les services gouvernmentaux qui supervisent la construction. Il s'est plaint que l'on se précipite de construire des logements pour les gens au prix initial le plus bas qui rend la construction de logements efficaces du point de vue énergétique ce qui a augmenté les prix à long terme. Ce problème peut être résolu en Tunisie, grace à l'intérêt dont les autorités tunisiennes responsables de l'habitat ont fait preuve ; dans d'autres pays ce problème constitue un grand obstacle à l'amélioration de l'utilisation de l'énergie.

6. <u>Outils économiques qui servent à apprécier les perspectives de conservation</u> :
Je peux donc terminer en décrivant quelques uns de ceux qui peuvent être utiles pour déterminer les étapes par lesquelles on doit passer afin d'estimer ce que nous pouvons économiser. Nous devons tout d'abord observer combien d'énergie a été économisée. Deuxièmement nous devons entreprendre une étude d'engineering pour déterminer la quantité d'énergie qui peut être conservée dans tout système et ce que cela coûtera pour obtenir ces économies Maintenant je vais vous montrer un example. Je crois que c'est plutôt intéressant.

Ceci est un refrigérateur et ce que la courbe représente c'est le rapport entre le coût du refrigérateur et sa consommation énergétique. A mesure que le prix du refrigérateur augmente, la consommation énergétique diminue de façon dramatique ; les différentes techniques utilisées à chaque étape apparaissent sur la diapositive. Le coût d'économiser ces kilowatt-heures est très bas par rapport au coût des nouveaux kilowatt-heures provenant des centrales électriques.

Ces lignes pointillées représentent tous les refrigérateurs qui existaient en Californie, ces lignes représentent les normes que la Californie a imposée. Des industriels ont entrainé la Californie au tribunal à deux reprises car ils ont remis en question ces normes mais la Californie et les normes ont gagné à ces deux reprises.

Le refrigérateur de Lee Shipper, si cela vous intéresse, se trouve ici, mais utilise les mêmes normes que ceux là, et Lee Shipper a été controlé, on a mesuré la consommation avec un compteur spécial depuis un an et demi et de cette façon, en bas ici le taux de rentabilité de cet investissement est représenté par l'inclinaison par cette courbe qui se dirige vers

le bas et si vous vous déplacez vers le bas à ici le taux de rentabilité en Californie est plus élevé que 80 pourcent par an. En d'autres termes, cette estimation économique et d'engineering vous montre combien d'argent vous pouvez économiser si vous achetez un meilleur refrigérateur plutôt qu'un refrigérateur de mauvaise qualité. Et ce type de chose que nous devons faire, dans l'avenir, je pense. Une fois que vous disposez de cette information vous pouvez engendrer une courbe d'offre énergétique. Vous pouvez en réalité savoir quelle quantité d'énergie vous pouvez économiser, quel prix et le généraliser ce que nous avions fait, et bien on a dit d'accord, vous tenez compte du potentiel pour chaque système dans les bâtiments aux Etats Unis et nous choisissons plusieurs taux d'intérêts, de 3 pourcent à 30 pourcent de taux réel d'escompte, le taux par lequel les gens alorisent l'argent dans l'avenir.

Et ce que nous avons découvert c'est que nous pouvons faire des économies en ajoutant toutes ces méthodes de conservation, en commençant par ceux qui coûtent le moins. Nous avons trouvé que la courbe décrit combien d'énergie vous pourriez économiser en augmentant progressivement le coût. On l'appelle un coût de l'énergie conservée ou courbe de l'offre, et nous ne nous sommes rendu compte de cela qu'aujourd'hui ? Les prix de l'énergie aux Etats Unis est d'environ 3 à 3,5 Dinars par *GJ ($ 30 à $ 35 par baril). Il serait économique d'économiser dans le secteur de l'habitat l'équivalent de 6 Quads de fuel par jour[3]. Cet axe évalue le coût de l'énergie et les dollars investis par an divisés par le GJ qui ont été économisés par an.

Si cependant nous sommes contraint d'avoir un taux d'intérêt très élevé ainsi que la quantité d'énergie que nous pouvons économiser avant que le coût de l'énergie conservée obtenu ci dessus 146 DT/TEP était bien moins élevé.

7. <u>Avons nous besoin d'un politique de conservation</u> : j'affirmerais qu'avec l'information vous pouvez déterminer les possibilités de conservation dans votre pays ou région si le marché était parfait. En suite vous devez poser la question principale : étant donné que le marché n'est pas parfait, devez vous avoir une politique de conservation ?

Ma réponse est oui. La raison est que l'on remarque que, alors que le gouvernement et la société ont tendance à donner à l'avenir une très grande importance et par conséquent accordent un faible taux d'escompte pour les investissements à long terme que les individus, les propriétaires immobiliers et les fabriques font preuve d'un taux d'escompte très élevé. Et par conséquent ils sont prêts à investir beaucoup moins et ainsi faire un nombre bien plus réduit d'investissements à long terme.

GJ : Gigajoules : 41.8 GJ = 1 T.E.P.

: Un Gigajoule est égale à 109 joules, environ 23.900 Kilocalories. Un exajoule (EJ) est égale à 1018 joules. Un Quad est presque la même chose qu'un EJ, et presque égale à un demi million de barils de pétrole par an.

Ceci ne signifie pas que vous devez limiter la consommation énergétique, mais cela veut dire qu'il est probablement dans notre intérêt économique d'essayer de réduire ce coût réel de la courbe de la conservation de ce que les gents font réellement à ce qui parait susceptible d'être l'optimum économique du point de vue de la société.

Si vous regardez attentivement, la différence dans ce cas pour les Etats Unis entre ce que crois être la solution optimale, ce que je crois que les gens feront si le marché est libre, la différence du point de vue de l'énergie conservée que vous finirez par obtenir peut atteindre approximativement 4Quads ou 2 million de pétrole par jour et pour beaucoup de gens 2 million de pétrole par jour représentent un montant très important et suffisant pour influencer le comportement de l'OPEC, suffisant pour influencer le comortement des petits pays en voie de développement qui peuvent avoir besoin de 30.000 barils par jour seulement. 2 million de barils par jours conservés dans le cadre de l'économie des Etats Unis pourraient apporter beaucoup dans des endroits comme l'Afrique, et c'est pour cette raison que je pense qu'il est important de voir s'il est nécessaire d'adopter une politique de conservation afin de faire ces rectifications vers le bas. Il est également vrai qu'il faudra moins de temps pour faire les rectifications techniques pour des prix plus élevés si vous êtes prêt d'accorder votre assistance.

L'ARCHITECTURE FACE A LA SITUATION ENERGETIQUE : L'EXPERIENCE AMERICAINE

PAR

THOMAS VONIER, PRESIDENT
THOMAS VONIER ASSOCIATES, INC.
1927 S. ST., N.W., SUITE 300
WASHINGTON, D.C. 20009
U.S.A.

SEMINAIRE SUR LE LOGEMENT ET L'ENERGIE

TUNIS, TUNISIA

11-13 JANVIER 1982

SOUMIS PAR

HUMAN RESOURCES MANAGEMENT, INC.
1101 30TH ST., N.W.
WASHINGTON, D.C. 20009

L'ARCHITECTURE FACE A LA SITUATION ENERGETIQUE
L'EXPERIENCE AMERICAINE

Thomas Vonier, AIA
Thomas Vonier Associates, Inc. Architects
1927 S Street, N.W., Suite 300
Washington, D.C. 300
U.S.A.

Document préparé à l'intention de la Conférence sur l'Habitat et l'Energie tenue en coopération avec le gouvernement tunisien, à Tunis le 11 janvier 1982

AVANT-PROPOS

A peu près tout le monde aujourd'hui est d'accord pour reconnaître le défi qui s'offre aux architectes dont le rôle est de diminuer les dépenses énergétiques dans l'habitat. Cependant de nombreux efforts dans ce domaine sont nés d'une fausse évaluation des possibilités qui étaient offertes. Dans de nombreux cas le problème a été donné à résoudre aux ingénieurs du bâtiment, au lieu d'être approché d'une manière architecturale. La plupart du temps les résultats ont été decevant et ont été loin d'inclure toutes les possibilités. L'approche visant à réduire les dépenses d'énergie au stade de l'ébauche du projet par l'architecte présente de bien meilleurs résultats permettant d'améliorer la performance énergétique et mettant en valeur les qualités esthétiques du projet lui-même.

INTRODUCTION

Les opinions exprimées ici reposent sur trois assertions fondamentales. La première de ces assertions est que les Etats-Unis ont à faire face à un problème énergétique. Il est apparent que le coût de l'énergie provenant de sources non-renouvelables (gaz, pétrole, etc...) ne va faire qu'accroître à un rhythme de plus en plus rapide. Il est même très probable que de sérieuses pénuries se feront sentir prochainement. Pendant les dix dernières années le coût de l'énergie a augmenté d'une façon vertigineuse et les experts prédisent d'autres augmentations encore plus spectaculaires pour les années à venir. Deuxièmement, l'énergie utilisée dans l'habitat (pour le chauffage, le refroidissement, l'éclairage, etc...) se chiffre bien au-dessus du tiers de la consommation totale d'énergie aux Etats-Unis. Le pourcentage d'énergie consommé dans le bâtiment s'est accru par rapport à celui de l'industrie et des transports. Troisièmement, il est actuellement possible de réduire de 60 % les dépenses d'énergie dans le bâtiment, et cela par un planning et un design attentifs et des méthodes de constructions sélectionnées.

Ces trois assertions ont des retombées importantes pour les architectes. Ils se trouvent confronter à la fois par le défi et la nécessité de réduire la consommation d'énergie dans l'habitat. Cependant, ils n'aboutiront que s'ils abordent le problème d'un point de vue architectural. Nombreux sont ceux qui s'imaginent que c'est seulement par l'engineering que des résultats peuvent être atteints: ajoutant plusieurs centimètres d'isolation par ici, recommandant une installation plus perfectionnée par là. Il est certain que ces mesures sont nécessaires mais le problème doit être abordé plus tôt et d'une façon plus fondamentale.

POURQUOI LES BATIMENTS CONSOMMENT DE L'ENERGIE?

Dans la majorité des cas, les immeubles ont pour but d'offrir à l'homme une protection contre la nature et les éléments, procurant confort, sécurité et commodité. Depuis tout temps les architectes ont eu pour mission de satisfaire ces exigences, et bien avant la découverte du pétrole, du gaz naturel et de l'électricité, ils y ont pourvu par des méthodes simples et économiques.

Dans le tableau ci-dessous, la courbe (1) représente les changements sur une année, des données de confort hypothétiques, compte-tenu de l'humidité, des températures ambiantes et rayonnements, de la vitesse du vent et du refroidissement par évaporation. L'espace strié à chaque extremité du tableau (4) représente la zone de confort. Les mois pendant lesquels la zone strié et la courbe se rencontrent, représentant l'époque pendant laquelle l'habitation est confortable par elle-même (3). La zone striée (2) au centre du tableau indique les mois pendant lesquels l'occupant doit faire appel à des systèmes électriques et mécaniques pour maintenir une zone de confort acceptable.

Le tableau 2 illustre les conditions intérieures d'une construction adaptée au climat. Les fluctuations annuelles sont considérablement réduites par des mesures touchant à la configuration et à la forme de la structure en question. La différence entre les zones de confort sont plus étroites (1), et les périodes nécessitant l'emploi d'appareillage électrique et mécanique (2) sont raccourcies. A noter également que la zone de confort a été étendue (4) et que l'immeuble peut-être utilisé plus longtemps sans recours aux systèmes de conditionnement.

Il est primordial d'accepter le fait que le problème énergétique dans l'habitat a sa solution dans l'approche architecturale. C'est seulement une fois que les principes de design nécessaires à la solution des problèmes de consommation d'énergie seront appliqués pleinement que les possibilités d'amélioration se feront sentir.

ELEMENTS NECESSAIRES A UNE APPROCHE ARCHITECTURALE AU PROBLEME DE L'ENERGIE

Quelles sont ces approches architecturales? Pour commencer il serait utile d'évaluer les structures existantes à l'heure actuelle. Les critères passées concernant les niveaux d'éclairage, de chauffage, etc... doivent être entièrement revus. Il en est de même pour les critères régissant le nombre de mètre carré par habitant, l'insertion automatique d'éclairage électrique, l'équipement obligatoire de système climatiseur etc... Une fois les nouveaux critères et objectifs établis, il devient possible de les introduire directement dans les programmes visant les constructions nouvelles. Ce processus de programmation est essentiel à l'architecture et à la phase de design. Cela exige la définition des buts qui devront être atteints dès le commencement du projet, et une énonciation de la performance énergétique désirée à sa conclusion. A ce stade, il est essentiel de réaliser la part importante et intégrale que l'environnement jouera dans la solution finale. Le Centre Pompidou à Paris de Piano et Rogers est un parfait exemple de ce principe mis en application.

Une fois le programme défini, et l'objectif final déterminé, le travail d'ébauche schématique commence. A ce stade il est important de faire usage d'éléments pouvant remplir plusieurs fonctions. Des ponts de chemin de fer peuvent également abriter des magasins et des habitations. En Floride l'on trouve des brise-soleil qui servent également de panneaux publicitaires. Il faut également se rappeler que dans chaque structure il y a certains éléments qui ne nécessitent pour ainsi dire aucun conditionnement parce qu'ils ne sont utilisés que rarement par les occupants. Cela comprend entre autres, les cages d'escalier de secours, ou des entrepôts. Lors de l'ébauche schématique, ces éléments peuvent jouer un rôle important. Par exemple, dans un climat froid, les entrepôts peuvent être placés sur la face nord de la structure protegeant ainsi la partie habitée contre les intempéries.

Une fois que toutes les possibilités architecturales sont inclues, il est tout à fait possible que des systèmes mécaniques et électriques soient nécessaires pour pallier les rigueurs de l'été ou de l'hiver. Dans ce cas il est désirable d'utiliser des systèmes qui reposent sur des sources d'énergie renouvelables (capteurs solaires, éoliennes, etc...)

Les systèmes conventionnels utilisés à l'heure actuelle dans la plupart des constructions ne devraient être employés qu'en dernier ressort.

CONCLUSIONS

Il est à noter que l'approche architecturale au problème de l'énergie dans l'habitat s'arrête là où la plupart des efforts semblent commencer: ce n'est qu'en dernier lieu que les recherches de systèmes plus efficaces et l'apport d'isolation supplémentaire ne sont considérés. L'approche architecturale est beaucoup plus fondamentale parce qu'elle met en application des principes de base. Le diagramme ci-dessous illustre cela.

Le défi qui consiste à construire plus efficacement d'un point de vue énergétique peut être mieux maîtrisé si une simple règle est observée: N'utilisez l'énergie que là où cela est absolument nécessaire, dans des quantités absolument nécessaires pour accomplir le travail, et à des moments absolument nécessaires.

TECHNIQUES D'ANALYSE DE L'UTILISATION D'ENERGIE DANS LES BATIMENTS

Par

Ronald Judkoff
Solar Energy Research Institute
1617 Cole Boulevard
Golden, Colorado 80401
U.S.A

Pour

SEMINAIRE SUR LE LOGEMENT ET L'ENERGIE

Tunis, Tunisia

11-13 janvier 1982

Soumis Par

Human Resources Management, Inc.
1101 30th St., N.W.
Washington, D.C. 20009

TECHNIQUES D'ANALYSE DE L'UTILISATION D'ENERGIE DANS LES BATIMENTS

INTRODUCTION

Les bâtiments représentent un déboursement considérable de capital institutionnel ou individuel. La consommation d'énergie d'un seul bâtiment est une partie significative des coûts de la maintenance et de l'entretien de ce batiment. En plus, l'efficacité énergétique de l'ensemble des bâtiments d'un pays peut avoir un effet très important sur la quantité de combustibles importés si le pays ne figure pas parmi les producteurs premiers des hydrocarbures. Pour toutes ces raisons il est convenable de posséder les techniques quantitatives disponibles aux dessinateurs des bâtiments, en vue de l'évaluation de l'impact des diverses stratégies de dessin sur la consommation énergétique des bâtiments. Ces techniques sont importantes au dessin de nouveaux batiments ainsi qu'à l'égard des modifications qui peuvent s'effectuer aux bâtiments existants.

OUTILS DE DESSIN ET D'ANALYSE

Les outils de dessin et d'analyse à s'appliquer peuvent être catégorisés dans de divers niveaux correspondant en ce qui concerne leur complexité aux phases distinctes de l'élaboration du dessin et à l'espèce de bâtiment.

Les tables 1 et 2 montrent que les règles rudimentaires et les méthodes de calcul manuelles sont les plus convenables pendant les premieres étapes du dessin d'un bâtiment, et les méthodes automatisées sont les plus utiles dans les dernières étapes. Elles montrent aussi le fait que les simulations détaillées sont les plus convenables aux bâtiments grands et complexes et que les méthodes plus simples sont d'utilité maximale pour le dessin des bâtiments plus petits. Les outils de dessin et d'analyse des bâtiments commerciaux sont actuellement en voie de développement supplémentaire.

TABLE 1

CATEGORIES DES OUTILS DE DESSIN ET D'ANALYSE PAR RAPPORT A LEUR NIVEAU DE COMPLEXITE

Niveau I: Simulations Detailées par Heure

DEROB (Univ. de Texas a Austin)
BLAST (Lawrence Berkeley Laboratory, CERL)
DOE 2.1 (LASL, LBL)
TRYNSYS (Univ. de Wisconsin)
UWENSOL (Univ. de Washington)
UWLIGHT (Univ. de Washington)

Ordinateur à Grande Capacité Requis

Niveau II: Simultations et Correlations Simplifiées

SUNCAT (Centre National pour la Technologie Appropriée: NCAT)
SOLAR V (Univ. de Californie a Los Angeles)
ELEMENTS DE DEROB (Univ. de Texas)
SLR

Peuvent s'effectuer en utilisant les MICRO-Ordinateurs "de maison"

Niveau III: Méthodes Manuelles Automatisées, Corrélations et Simulations Simples

TEA-NET (Total Environmental Action)
PEG-FIX, PEG-FLOAT (Princeton Energy Group)
SEEC VI (Solar Environmental Energy Group)
SOLARCON (Solarcon)

Peuvent s'effectuer par calculateur

Niveau IV: Méthodes Manuelles

Méthode du Rapport Charge Solaire (LASL)
Méthode du Rapport Collecteur-Charge (LASL)
Règles Pratiques (LASL
Méthode d'Inértie Thermique (Univ. de Texas a Austin)

TABLE 2

CATEGORIES DES OUTILS DE DESSIN ET D'ANALYSE

PAR RAPPORT A L'ETAPE ET LE TYPE DE BATIMENT

Etape dans le Processus de Conception/Dessin	Type de Bâtiment		
	Résidentiel	Commerce Léger	Gros Commerce
Développement des Plans	SEEC VI SLR SUNCAT DEROB TEA-NET	SUNCAT DEROB DOE 2.1 BLAST	DOE 2.1 BLAST
Dessin Schematique	LCR TEA-NET	SUNCAT	DEROB
Conception et Programmation	Règles Pratiques	Table AIA*	Table AIA

* American Institute of Architecture

Le reste de ce traite consiste en trois sections. La première traite des divers niveaux des outils dans des termes généraux; la deuxième section présente une méthode représentative de chaque niveau; et la troisième présente deux méthodes à main dans le contexte d'un véritable problème exemplaire.

Les méthodes choisies dans la Section 2 ont été sélectionnées par raison de leur flexibilité à l'egard du dessin passif. Ceci n'implique pas cependant qu'il n'y a pas d'autre outil convenable à une application spécifique. L'usager doit décider suivant le cas precis. Par exemple, la simulation DEROB met plus d'accent sur le dessin solaire passif en comparaison avec le programme DOE-2. Pourtant, il y a beaucoup de bâtiments commerciaux dont la charge épidermique de la structure est relativement faible par rapport à la charge intérieure. Dans de tels cas, le programme DOE-2 (qui a une capacité considérable a l'égard des systèmes mais une capacité limitée pour le dessin passif) serait plus convenable que le modèle DEROB qui a une grande capacité pour le dessin passif mais qui est limité à l'ègard des systèmes et équipements.

NIVEAUX DES OUTILS DE DESSIN

Niveau I: Simulations Detaillees par Heure

Les simulations detaillées par heure requièrent ordinateurs à grande capacité, mais sont les plus flexibles pour l'analyse de toute une gamme des stratégies et les effets sur l'efficacité d'ensemble des divers changements des paramètres et des actions réciproques. Elles ont tendance a être utiles une fois que le dessin ait été bien défini puisqu'elles dépendent de l'information d'entrée détaillée. Ces codes peuvent s'utiliser dans de diverses facons afin de:

- Générer les indicateurs et les règles pratiques destinés aux premières étapes du processus du dessin;
- Générer les méthodes simplifiées qui n'ont pas besoin de grands ordinateurs (en général, effectué en développant des corrélations mensuelle ou annuelles sur la base des résultats horaires);
- Vérifier les méthodes simplifiées qui ont été développées indépendamment;
- Concevoir et analyser des dessins innovateurs, unités structurelles qui peuvent se répétir, ou grands bâtiments (toujours que ce soit justifié par rapport aux coûts);
- Générer les normes d'efficacité énergétique pour les bâtiments;
- Générer les directives en vue de l'administration équitable des crédits et stimulants financiers;
- Planifier la politique à long terme; et
- Faire la preuve de conformité avec les normes d'éfficacité énergétique.

Quelques-uns de ces programmes sont en voie d'utilisation par des firmes de genie et d'architecture, mais leur développement continu est essential pour la généralisation de connaissances a partir des études expérimentales.

Niveau II: Méthodes à Micro-ordinateur

Quoique preferable comme outil de dessin, cependant les coûts et l'expertise requis pour la simulation par ordinateur grand sont prohibitifs. Les micro-ordinateurs, qui peuvent accomoder certaines des petites simulations vont changer cet état de choses. Les travaux actuels au Centre National pour la Technologie Appropriée (NCAT) visent l'adaptation du programme SUNCAT au micro-ordinateur. En outre, l'Institut de Recherche sur l'Energie Solaire (SERI) est en train d'achever un programme de software de base destiné a micro-ordinateur pour la méthode SLR.

Niveau III. Calculateurs Programmables

Presque tous les programmes a carte magnétique destinés aux machines a calcul manuelles représentent l'automatisation des méthodes a main basées sur les corrélations mensuelles ou annuelles, mais ils sont plus vites et plus faciles à utiliser. Néanmoins, ils ne sont applicables que dans la série de suppositions donnée pour la corrélation. Plusieurs des dessins innovateurs ne s'accordent pas avec ces suppositions, ou bien ils utilisent une combinaison de stratégies au-dela des limites de flexibilité de ces outils simples. Pour les dessins en accord avec les suppositions, le calculateur programmable est un outil convenable à un cout minimum. Dans au moins un cas specifique il a été utilisé en vue d'une simulation horaire. Cet usage se discutera dans la section qui traite du programme TEA-NET.

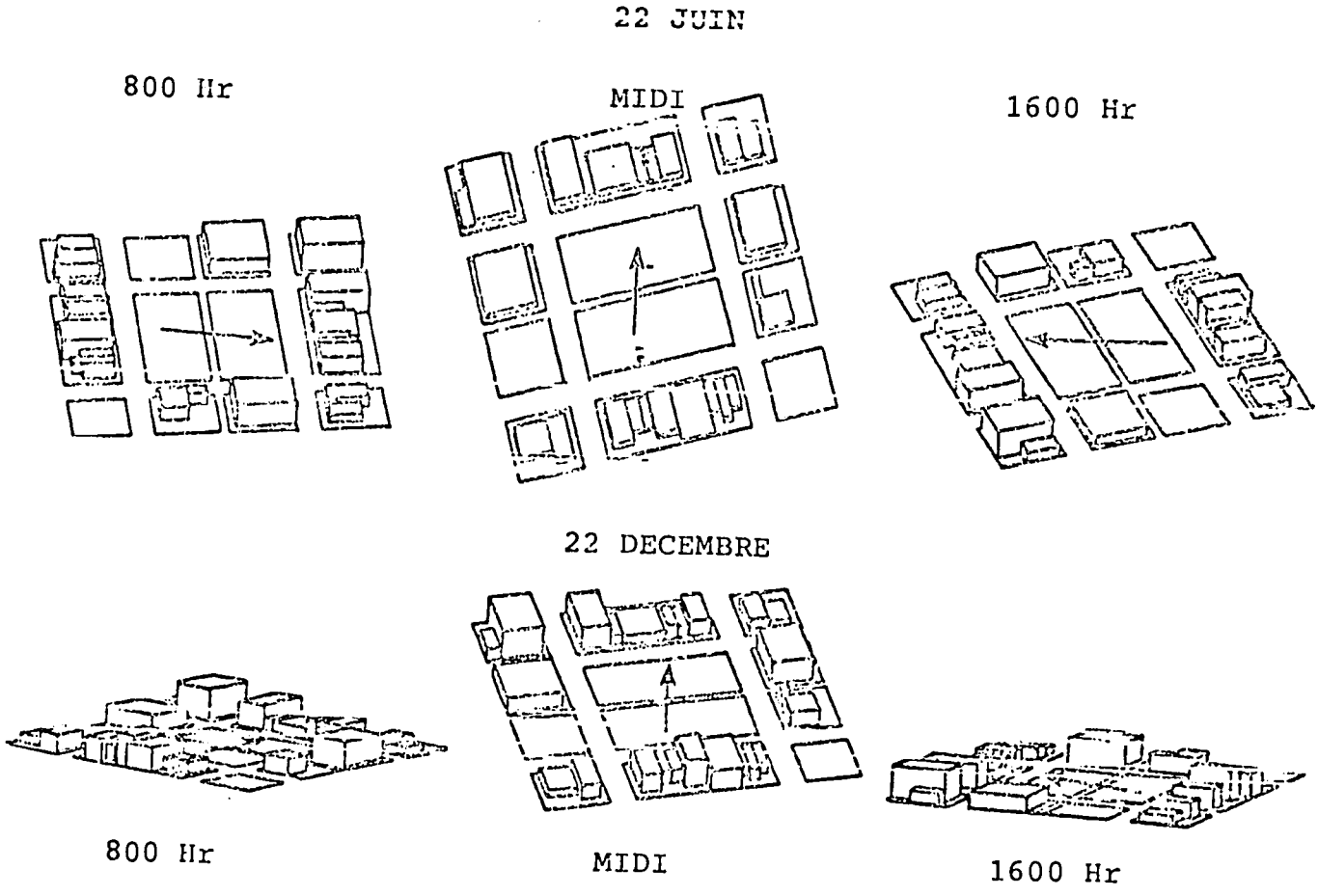
Niveau IV: Méthodes a Main

Les méthodes manuelles sont praticables pour les règles rudimentaires, et les indicateurs et les directives qui peuvent se résumer par quelques pages de diagrammes, de schémas, ou de nomogrammes. Aussitôt qu'un procédé devient trop long ou se répète trop souvent, il perd son utilité en décourageant l'analyse des voies alternatives de dessin. La méthode ou rapport charge-collecteur (employée dans un probleme exemplaire dans une section suivante) représente probablement la limite maximale de complxité pour une operation manuelle. Il n'ya pas de résolution facile de ce problème puis que la simplification, après un certain point, entraîne inevitablement une réduction de souplesse. L'automatisation peut être la seule résolution.

FIGURE 1-a

VUES SOLAIRES D'UNE SECTION URBAINE PENDANT

SOLSTICES D'ETE ET D'HIVER



EXEMPLES SPECIFIQUES DES OUTILS DE DESSIN ET D'ANALYSE

DEROB: "Réponse Énergétique Dynamique Des Bâtiments

DEROB consiste en une série de programmes modulaires développés conjointement par SERI et le laboratoire des Simulations Numériques à l'Université de Texas à Austin. Le programme possède de fortes capacités de modelage pour l'analyse du dessin solaire passif et de la charge epidermique des bâtiments. La technique de la résolution thermique est basée sur l'approche de la "différence finie" ou celle du "réseau" (voir la section qui traite du programme TEA-NET). Cependant, elle ne nécessite pas de connaissances spécialisées au-delà de celles de l'architecte. Les données d'entrée consistent de l'information géométrique qui définit le batiment en tant qu'objet à trois dimensions, ainsi que d'une description physique qui spécifie les matériaux de construction. Le programme comporte le pré-traitement des données pour la détermination des raccordements du réseau et l'emplacement stabilisé. DEROB calcule l'ombrage extérieur et intérieur et pose du rayonnement solaire sur les superficies du bâtiment d'accord avec sa definition geométrique. Table 3 résume les données de DEROB et Table 4 présente quelques-unes des options à l'égard des produits finaux. Table 5 montre des materiaux exemplaires pour la définition des planchers des murs, et des toits.

DEROB facilite les techniques graphiques informatisées, ainsi que l'analyse de la lumière du jour puis qu'il modèle le bâtiment en tant qu'objet à trois dimensions et fait le trace du rayonnement lumineux et infrarouge à travers le batiment. Des versions expérimentales de DEROB ont ete utilisées pour générer des études sur (1) l'optimisation de l'utilisation de la lumière du jour et de l'énergie thermique; (2) l'évaluation graphique informatisée des droits solaires d'un îlot de maisons (figures 1 a et b); et le dessin graphique à ordinateur des appareils de l'ombrage. (Figure 2).

TABLE 3

SOMMAIRE DES DONNEES D'ENTREE POUR LE

PROGRAMME DEROB

---

1. Connexions naturelles de convection entre les zones (définies par l'hauteur entre les orifices d'admission et de sortie, et la surface de l'ouverture la plus petite)

2. Géomètrie du batiment (définies par un schéma de coordonnées X, Y, et Z)

3. Type de fenêtre (à vitrerie simple, double, etc.)

4. Matérial de vitrage (verre reflecteur, ordinaire, etc.)

5. Capacité d'absorption des surfaces opaques des murs

6. Isolation mobile (valeur R et horaire de fonctionnement)

7. Composition de section du mur (le programme possède un catalogue des matériaux)

8. Stratégies de contrôle du thermostat (flottant, "bande morte", point fixe)

9. Option de la capacité de la ventilation, le chauffage, et la climatisation

10.

11. Horaire de la génération intérieure de chauffage

TABLE 4

SOMMAIRE DES OPTIONS POUR LES PRODUITS FINAUX DU DEROB

---

1. Rendement horaire des températures de l'air et l'énergie de chauffage et de refroidissement fournie à l'espace
2. Sommaires mensuelles de l'énergie mensuelle fournie à l'espace pour le chauffage et le refroidissement
3. Le transfert instantané de la chaleur et la température à n'importe quel noeud par heure

TABLE 5

EXEMPLES DE MATERIAUX DU PROGRAMME DEROB

CARREAU INSONORISANT

ADOBE

BRIQUE

BETON

BLOC DE BETON

PANNEAU DE GYPSE

LATTE METALLIQUE ET PLATRE

ISOLATION DE POLYSTYRENE

BOIS DE CONTRE-PLACAGE

ISOLATION DE POLYORETHANE

CREPI (ENDUIT EXTERIEUR)

FIGURE 1-b

LIMITES VERTICALES DE PROPRIETE POUR RESPECTER

LES DROITS SOLAIRES DES VOISINS

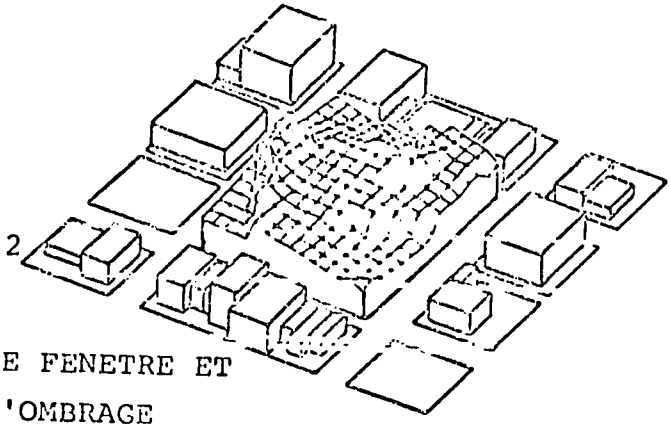
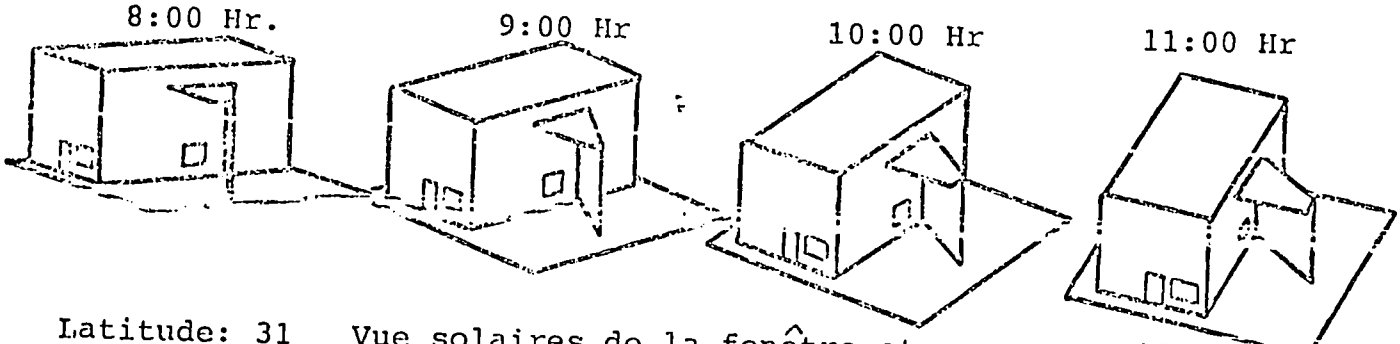


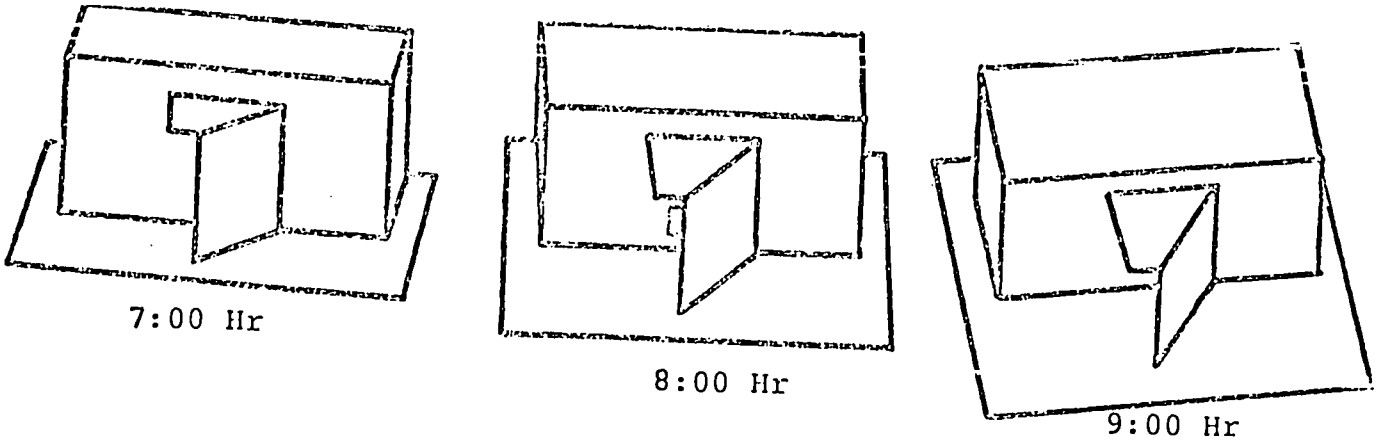
FIGURE 2

VUE SOLAIRES D'UNE FENETRE ET
SON APPAREIL d'OMBRAGE



Latitude: 31
Mois: 12
Jour: 15

Vue solaires de la fenêtre et son appareil d'ombrage pour illustrer le fonctionnement de l'appareil suivant le dessin (d'apres le programme ALKAZAM).



Latitude: 31
Mois: 8
Jour: 15

Vue solaires de la fenêtre et son appareil d'ombrage. A 8:00 Hr la fenêtre est partiellement exposée au soleil. (ALKAZAM)

SUNCAT

SUNCAT, développé au Centre National pour la Technologie Appropriée (NCAT), est une simulation horaire qui est, pourtant, plus petite et moins détaillée que DEROB. Sa résolution thermique est basée également sur une approche de réseau. Dans le cas de SUNCAT, un petit réseau de nature générique est pré-programmé et des parties du résau sont enlevés selon les instructions de l'usager. (Voir Figure 3).

Cette approche limite la flexibilité des configurations du programme aux situations qui se conforment au réseau défini, mais elle permet l'analyse des plus communs des arrangements dans les petits bâtiments à dessin passif. Figure 4 est une vue en plan de la configuration la plus generale qui est permissible avec SUNCAT.

Le modèle possède les characteristiques suivantes:

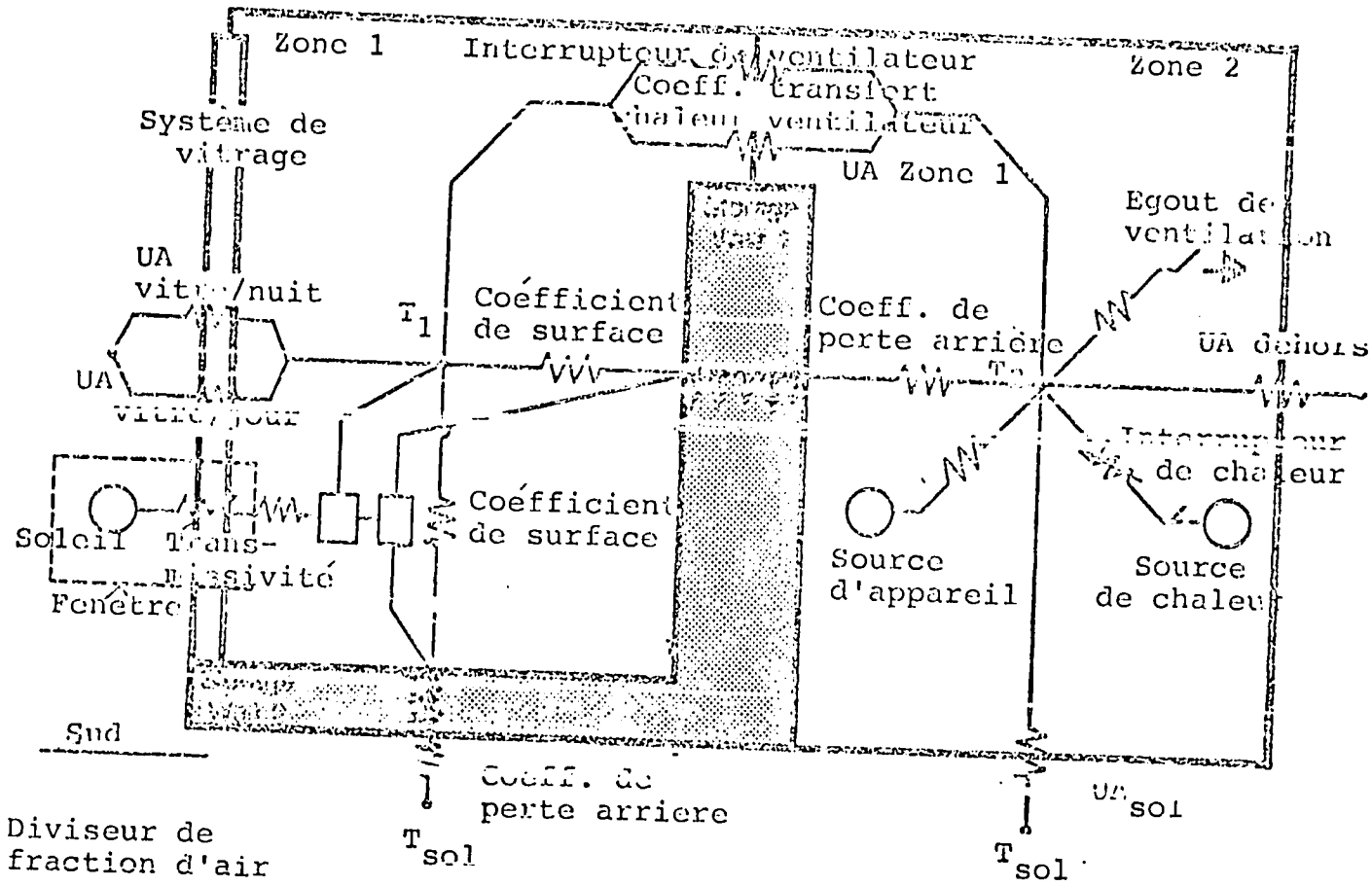
- Il ne peut y avoir qu'une seule zone de réception solaire.
- La chaleur ne peut écouler de la zone de réception aux zones arriérées que par moyen du mécanisme de transfert conducteur, ou par ventilation forcée, sauf dans le cas spécial d'un mur Trombe ou l'écoulement naturel de convection par les events est modelée, ainsi que la conduction à travers le mur.
- Il n'y a pas de passage de chaleur entre les zone d'arrière.
- L'ombrage est calculé uniquement sur les surfaces vitrées de l'exterieur
- L'ombrage intérieur n'est pas calculé, ce qui oblige l'usager de définir les murs qui reçoivent de l'ensoleillement direct. L'energie est répartie entre les murs receveurs dans la forme d'une moyenne pondérée.

Autrement que DEROB, l'usager de SUNCAT doit posséder des connaissances specialisées. Les données d'entrée consistent en paramètres thermiques et physiques agrégés qui ne se trouvent pas d'habitude dans le vocabulaire du dessinateur. Il faut choisir des "chifres magiques" d'accord avec le discernement professionnel.

FIGURE 3

ANALOGUE ELECTRIQUE APPROXIMATIF D'UNE CONFIGURATION

DU MODELE SOLAIRE PASSIF DU NCAT



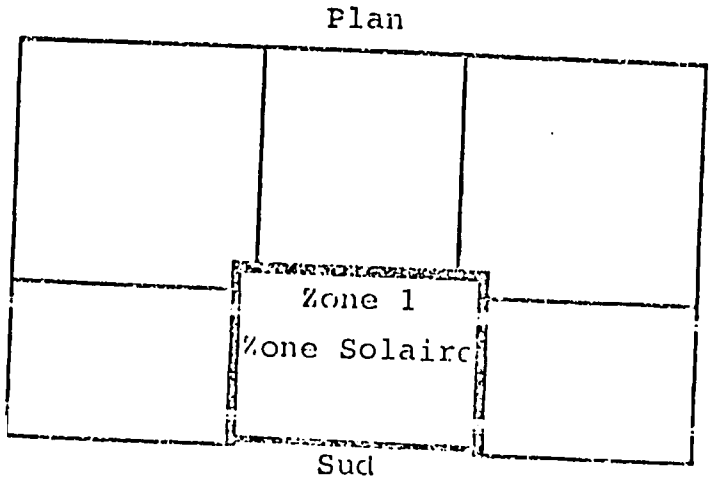


FIGURE 4

VUE EN PLAN DE LA CONFIGURATION LA PLUS GENERALE

PERMISSIBLE DU PROGRAMME SUNCAT

D'une facon generale, les désavantages de l'abréviation du programme sont ceux de la flexibilité réduite ou la responsabilité accrue de discernement et de calcul.

TEA-NET

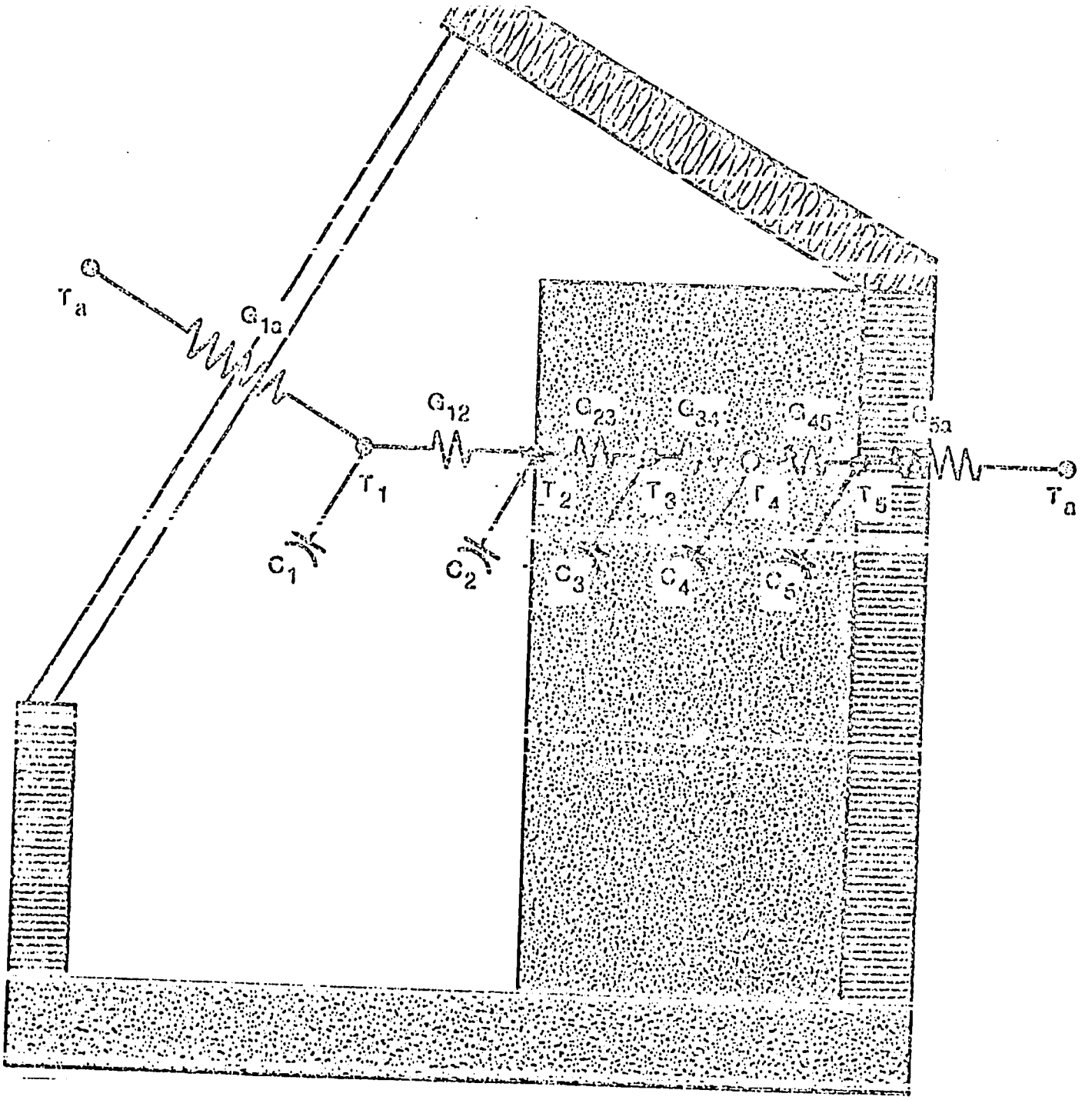
TEA-Net fut developpé originellement par la société "Total Environmental Action" pour s'utiliser par ses propres dessinateurs, mais le programme est actuellement disponible sur le plan commercial. Il est une simulation horaire a sept noeuds à s'utiliser avec le calculateur programmable TI-59 à imprimé mecanique. Il s'utilise principalement pour l'analyse dessin-jour dans lequel l'usager spécifie les conditions atmosphériques et agrégé tous les paramètres du batiment dans de plusieurs noeuds. A cause du nombre limité des noeuds disponibles et la lenteur comparative de la marche, seulement une gamme tres simple des cas peuvent s'analyser. La marche est de 1/50 du temps reel, donc une simulation de 24 heures necessite environ une demi-heure. Cette technique et plus appropriée pour l'analyse du confort et de l'efficacité d'une seule zone ou chambre, sous des conditions sévères ou normales pour une période de plusieurs jours qui représentent les saisons importantes de l'année.

L'utilisateur doit construire un réseau à noeuds pour représenter la situation á modèler. Des instructions detaillées se trouvent dans le manuel de l'usager.

La figure 5 montre une section un peu déformée d'une chambre de gain solaire direct avec une muraille a maçonnerie de beton pour le stockage thermique. La déformation résulte du fait qu'elle a été ébauchée afin de représenter ce qui est important du point de vue thermique. Le mur de stockage n'est pas si épais par rapport à la chambre, mais il est gonflé pour permettre l'examen de son comportement thermique, qui est plus complexe que les autres sections du batiment. Les point T_1 - T_5 représentent des noeuds qui peuvent être consideres comme détecteurs de température et d'écoulement de chaleur. Associée à chaque detecteur est une certaine quantité de stockage de masse, ou "capacitance". Par example, T_1 qui est le noeud de l'air

FIGURE 5

RESEAU DES NOEUDS DE TEA-NET



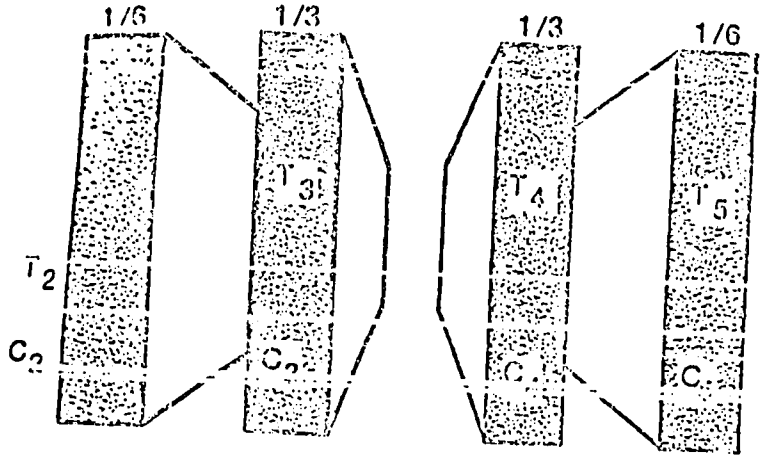


FIGURE 6

CAPACITANCE AGREGEE DES NOEUDS DANS LE

PROGRAMME TEA-NET

de la chambre, a une capacitance C_1 qui représente la capacite de stockage agrégée de l'air ainsi que de tous les matériaux légers de la chambre (panneaux de gypse, plancher, meubles, etc.). C_2 est la capacité de stockage associée au noeud sur la surface du mur et représente une tranche du mur d'emmagasinage qui contient 1/6 de la capacité de stockage thermique du mur. (Voir la Figure 6).

Les "G" (Fig.5) représente le coefficient du transfert total de chaleur entre deux noeuds en tant que conductance. Par example, G_{12} est le coefficient de somme globale couvrant les mécanismes de conduction, convection, et radiation entre l'air de la chambre (T_1) et la superficie du mur de stockage (T_2) représentée comme un seul terme de conductance.

Une fois ces termes ont ete introduits comme données d'entrée, le programme peut calculer les flux d'énergie et les températures horaires qui en résultent en fonction de la température extérieure ambiente, l'énergie solaire par le système d'accumulation au côté du sud, et les charges intérieures. Le thermostat peut être réglé à interruption haute/basse afin que le programme puisse calculer l'énergie supplémentaire qu'il faut pour maintenir le noeud de la température de la chambre a l'intérieur de la "bande morte". La Table 6 indique les produits finaux qui sont oufferts par TEA-NET.

LES METHODES MANUELLES LASL

Les méthodes manuelles LASL comprennent:

- o Règles rudimentaires
- o Méthode LCR (Rapport Charge-Collecteur)
- o Méthode SLR (Rapport Charge Solaire)

Ces trois méthodes (voir les tomes 2 et 3 du DOE Passive Handbook, qui peuvent se faire disponibles par: National Technical Information Service, Etats-Unis) ont été concues principalement pour analyser les petits bâtiments ou les effets de l'épidermie sont de premier ordre, surtout pour s'appliquer aux situations dans lesquelles l'accumulation, le stockage, et la distribution se produisent dans une seule zone volumétrique. Les règles pratiques doivent offrire

une indication générale de la surface d'accumulation à s'utiliser pendant l'étape de la programmation et la conception. Le méthode LCR, destinée a l'étape du dessin schématique, indique très rapidement les voies alternatives de dessin qui offrent la plus haute efficacité annuelle. Plusieurs études detaillées qui accroîssent la flexibilité et l'utilité de LCR ont été effectuées.

TABLE 6

EXAMPLES DES PRODUITS FINAUX DU PROGRAMME TEA-NET

Heure	1200 MIDI
T Exterieur	6 F
Isolation	306 Btu
Supplément/Heure	0 Btu
Supplément/Sous-total	0 Btu
T_1	72 F
T_2	102 F
T_3	80 F
T_4	70 F
T_5	67 F

La méthode SLR precise l'efficacité mensuelle et annuelle et peut être utile pour "l'accord précis" d'un projet pendant le développement du dessin, lorsqu'on a beaucoup d'information sur le bâtiment. Toutes les trois méthodes sont des correlations basées sur les marches multiples du programme de simulation horaire, PASOLE. La Table 7 résume les suppositions de dessin solaire passif qui ont ete faites pour les buts de la corrélation.

TABLE 7

SUPPOSITIONS DE DESSIN DE LA METHODE SLR

Suppositions a l'egard du mur de stockage thermique

Stockage Thermique:	45 Btu/F FT^2 (pied carré) de vitrage
Masse du Bâtiment:	Négligeable
Double-Vitrerie:	Transmittance solaire normale = 0,747
Bande de Température de l'Air dans le Bâtiment:	De 65 F a 75 F
Isolation Nocturne:	R9 quand utilisée: en place de 1700 à 800 heures

Conductance Mur à Chambre: 1,0 Btu/hr - FT^2 F

Caracteristiques du Mur Trombe: K = 1,0 Btu/hr - FT^2 F
Cp* = 30 Btu/FT^3 F

Le mur Trombe a des évents avec soupapes à papillon.

Le Rayonnement solaire transmis est distribué uniformément sur la masse de stockage.

*(Cp = capacité de chaleur volumétrique)

Suppositions à l'Égard du Gain Direct

Stockage Thermique:	45 Btu/F - FT^2 vitrage
Distribution de Masse:	Couche de béton de 6 pouces d'épaisseur sur les murs du nord, est, et ouest. La surface de masse est trois fois la surface de vitrage
Autre Masse Structurelle:	Négligeable
Double Vitrerie:	Transmittage solaire normale = 0,747
Bande de Température de l'Air dans le Bâtiment:	De 65 F à 75 F
Isolation Nocturne:	R9 quand utilisée: en place de 1700 à 700 heures
Conductance Surface de Masse à l'Air de Chambre:	1,0 Btu/hr - FT^2 F
Caractéristiques de la Masse de Stockage:	K = 1,0 Btu/hr - FT^2 F Cp - 30 Btu/FT^3 F
Orientation du Vitrage:	Verticale et au sud
Absorptance Solaire de la Surface de la Masse:	0,8
Surplomb:	Aucun
Surface de Masse/Surface de Vitre	3

Le Rayonnement Solaire est distribué uniformément sur la masse de stockage.

EXEMPLE DE PROBLÈME

Le problème suivant concerne une résidence familiale de 1.200 pieds carrés à Boston. On suivra l'example à travers les étapes de

programmation, conception, et dessin schématique en utilisant les règles pratiques LASL pour le dessin solaire passif et la méthode du Rapport Charge-Collecteur (LCR). Les tables et les diagrammes viennent de l'oeuvre Passive Solar Design Analysis par J. Douglas Balcomb et la branche Q-11 du Laboratoire Scientifique de Los Alamos.

On suivra les étapes suivantes qui sont des éléments intégraux du processus de dessin:

Programmation, Conception

Règles pratiques

1. Utiliser la règle pour faire provenir un indicateur pour le dimensionnement de la surface de collection.
2. Utiliser la règle pour tirer un indicateur pour le dimensionnement et l'emplacement du stockage thermique.

Dessin Schématique

1. Recalculer la surface de collection sur la base des veritables contraintes de dessin et des considérations économiques.
2. Recalculer les dimensions de la masse de stockage d'accord avec la nouvelle surface de collection.
3. Calculer le coéfficient de Charge de Bâtiment (BLC).
4. Calculer le Rapport Charge-Collecteur (LCR)
5. Calculer la Fraction d'Epargne Solaire (SSF)
6. Déterminer la température intérieure moyenne pendant un jour sans nuages en (janvier).
7. Calculer l'épargne estimative de la température de l'air intérieur
8. Calculer l'énergie solaire supplémentaire et utile fournie à la maison pendant l'année.

EXEMPLE RÈGLES PRATIQUES

Site: Boston, Etats-Unis

Latitude: 40° N

Degré - Jour Annuel (DJ) Chauffage: 5.621
Refroidissement: 661

ou $DJ = 65\ F - \frac{T_{max} + T_{min}}{2}$

et T_{max} = Température quotidienne ambiente maximum

T_{min} = Temperature quotidienne ambiente minimum

Température moyenne en janvier	29F
Température maximum moyenne en janvier	36F
Température minimum moyenne en janvier	22F
Température moyenne en juillet	73F
Température maximum moyenne en juillet	81F
Température minimum moyenne en juillet	65F

Surface de plancher proposée: 1.200 FT^2

Etape 1 - Mise à la cote de la Surface de Collection

- Chercher Boston dans la Table des Règles Pratique. (Voir Table 8)

- La surface vitrée de sud doit être de 15 a 29% de la superficie du plancher pour atteindre une fraction d'épargne solaire (SSF) de 17 a 25% sans l'isolation nocturne ou de 40 a 64% SSF avec l'isolation nocturne.

- Ayant decidé de viser le niveau (relativement haut) d'une SSF de 64%, nous pourrons inclure dans la programmation la spécification d'approximativement: 0,29 x 1.200 FT^2 surface de plancher = 350 FT^2 surface de collection

- 350 FT^2 de surface de collection solaire

TABLE 8

EXEMPLE DES REGLES PRATIQUES

Ville	Rapport du Surface En Vitre	Rapport du Surface du Plancher	SSF Sans Isolation Nocturne		SSF Avec Isolation Nocturne	
	Limite Min.	Limite Max.	Limite Min.	Limite Max.	Limite Min.	Limite Max.
	R1	R2	S1	S2	S3	S4
Boston	.15	.29	17	25	40	64

Etape 2 - Dimensionnement et Emplacement de la Masse de Stockage Thermale

- De quelle volume? Quel Epaisseur? Où?
- La mise à la cote du stockage est importante pour empêcher le surchauffage les jours ensoleillés d'hiver et afin de fournir de l'energie suffisante pendant la nuit.

Règle pratique pour le stockage:

Stockage d'eau:	0,6 x SSF (unites lb/ft^2)
Stockage de Maçonnerie:	3 x SSF de vitrage de sud

D'après la règle pratique pour la surface de collection, on doit obtenir environ 64% SSF. Donc, d'accord avec la règle pour le stockage de maçonnerie, il nous faut: 3 x 64 = 192 lb/ft^2 de vitrage de sud.

Jusqu'à maintenant on n'a probablement pas encore décidé si un système de mur Trombe va être employé, ou un système de gain direct, ou une combinaison de systèmes. Le dessin final dépendra de questions esthétiques, d'emplacement et de fonctionnement: Les possibilités de protection acoustique et visuelle d'un mur Trombe en béton epais, l'intégration d'un panorama par moyen d'un système de gain direct, etc. Quoi que soit la résolution finale, il est important de commencer le dessin avec une certaine idée de la quantité et la situation du stockage thermique.

Stockage à Mur Trombe:

Suivant la règle pratique il nous faut 190 lb de stockage pour chaque pied carré de surface de collection.

Le béton pèse approximativement 150 lb/ft^3. Par conséquant, un mur d'un epaisseur de 1,33 ft donnera: 1,33 ft^3 x 150 lb/ft^3 = 200 lb de stockage pour chaque pied carré de surface de collection. La Table 9 indique qu'un épaisseur de 16 pouces (1.33 ft) assure que l'énergie arrivant à la surface extérieure du mur pendant la journée atteigne la surface intérieure du mur pendant le soir lors du besoin.

TABLE 9

RETARD THERMIQUE

Epaisseur du Mur (Pouces)	Oscillation de Température à la Surface Intérieure (F)	Heure de Température Maximale à la Surface Intérieure
8	27	18:00
12	13	20:00
16	6,5	22:30
20	3,0	1:30
24	1,3	4:30

Stockage à Gain Direct:

Le stockage à gain direct dépend plus sur la géométrie et l'organisation intérieure du bâtiment. Les règles de l'emplacement du stockage à gain direct sont les suivants:

- o Dans la lumière directe du soleil autant que possible
- o Dans la même espace avec la surface de collection solaire.
- o Ne pas voiler avec de la moquette, des tentures ou des rideaux
- o Ne pas poser d'épaisseur qui excède 4 pouces, à l'exception du stockage à l'eau, qui peut être de virtuellement n'importe quel epaisseur

Si l'on utilise le gain direct et les matériaux de finition intérieure de maçonnerie ou de ceramique est de 4 pouces d'épaisseur, il faudra environ 1.400 ft^2 de surface dans la même espace de collection solaire en vue d'atteindre environ 190 lb de stockage pour chaque pied carré de vitrage de sud.

Une section de maçonnerie des dimensions (1 ft x 1 ft x 0,333 ft) pèse 0,333 x 150 lb/ft^3 = 50 lb. Puis 190 lb divisés par 50 lb = 3,8 ft^2 de maçonnerie de 0,333 ft (ou 4 pouces) pour chaque pied carré de vitrage de sud.

METHODE LCR

EXEMPLE

Les règles pratiques étaient d'utilité avant d'avoir une idée quelconque de la forme et l'apparence du bâtiment. Elles ont fourni

Fig. 7: Vue de maison de l'exemple, système de gain direct

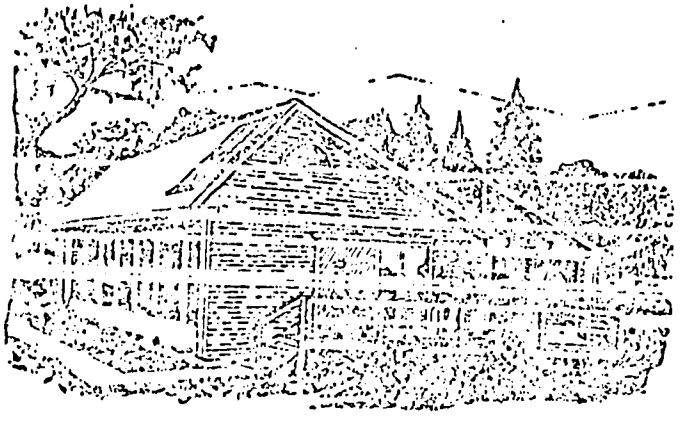
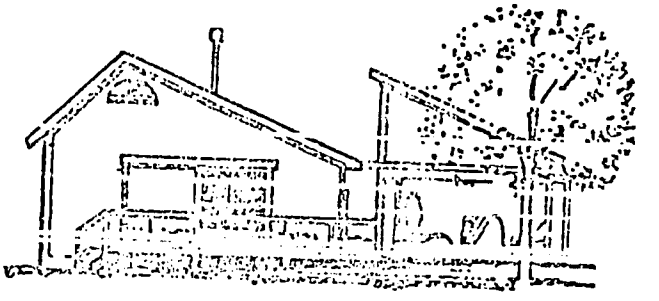


Fig. 9: Façade de l'est



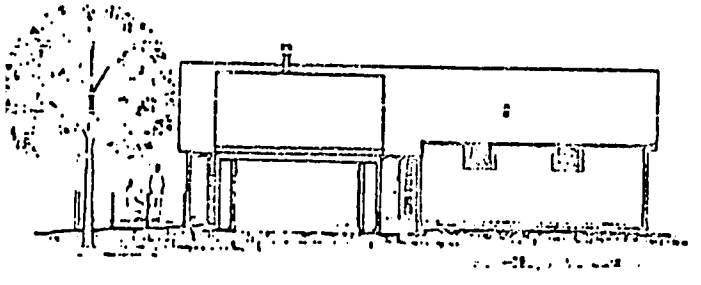


Fig. 8: Façade du nord

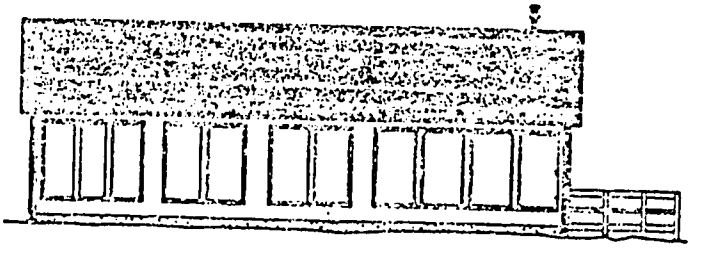


Fig. 10: Façade du sud

de l'information necessaire pour nous aider à assurer la suffisance de l'espace pour les surfaces de collection et de stockage thermique sans égard à la forme éventuelle du bâtiment. Or supposons que nous avons achevé le dessin de conception et que l'étape du dessin schématique est suffisamment avancée afin d'avoir choisi un système pur de gain direct et d'avoir ébauché des plans préliminaires, des sections, et des façades du bâtiment. (Voir les Figures 7 a 10).

Etape 1 - Remise à la Cote de la Surface de Collection d'Accord avec les Veritables Contraintes et Economies

Les croquis faits, on se rend compte du fait que -- si l'on voudra rester fidèle à une configuration conventionnelle de maison et système structurel, et si l'on voudra utiliser les fenêtres à dimensions cote-type -- il sera praticable de réduire la surface de vitrage du mur du sud des 350 ft^2 (comme avait ete conçu par la règle pratique) a 250 ft^2, ce qui se trouve toujour dans la gamme suggéré par la règle pratique.

Etant donné que la surface de collection a été réduite à 250 ft^2, par interpolation, la règle prévoit une fraction d'épargne solaire (SSF) d'environ 53%.

Etape 2 - Remise a la Cote de la Masse de Stockage Basée sur la Nouvelle Surface de Collection

Sur la base d'une supérficie de collection de 250 ft^2, la règle pratique pour le stockage en maçonnerie prévoit 53 x 3 = 160 lb de maçonnerie dans des épaisseurs qui n'excèdent pas quatre pouces (0,333 ft) pour chaque pied carré de surface de collection. Si le stockage de maçonnerie a une densité moyenne de 130 lb/ft^3, il faudra approximativement 900 ft^2 de surface de stockage a un épaisseur de quatre pouces. En utilisant un finissage intérieur de briques ordinaires à 4 pouces sur les murs 1 et 2 (voir la Figure 11) et en utilisant une double paroi en briques (±8 pouces d'épaisseur total) pour les murs 3, 4, 5, et 6, il sera possible de satisfaire au besoin de stockage et au même temps de permettre des tapis sur les parquets de dalles dans le salon et la chambre à coucher.

Fig. 11: Plan

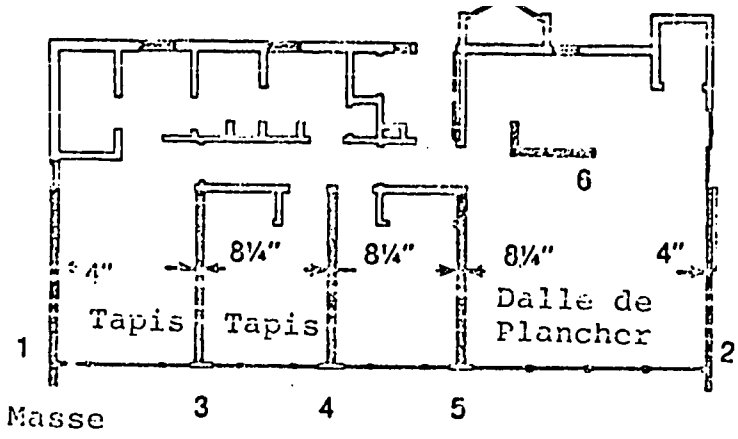


Fig. 12: Section de mur/fenêtre

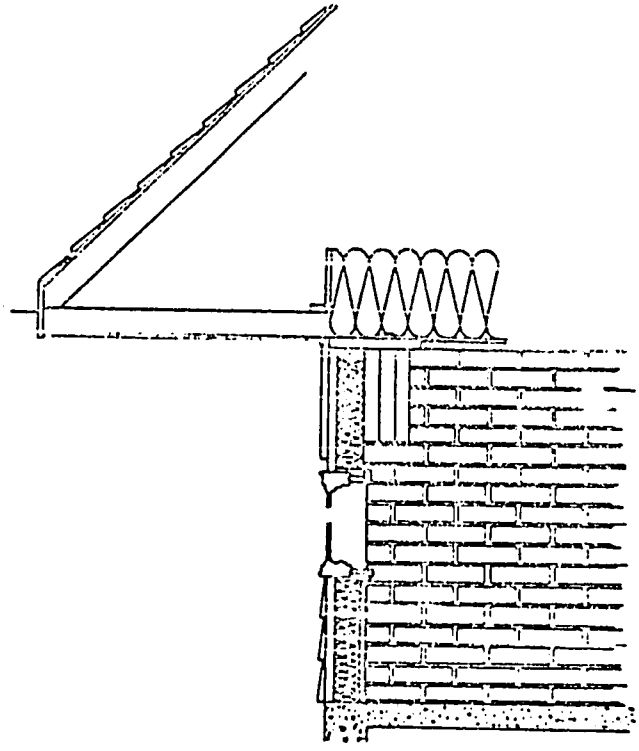
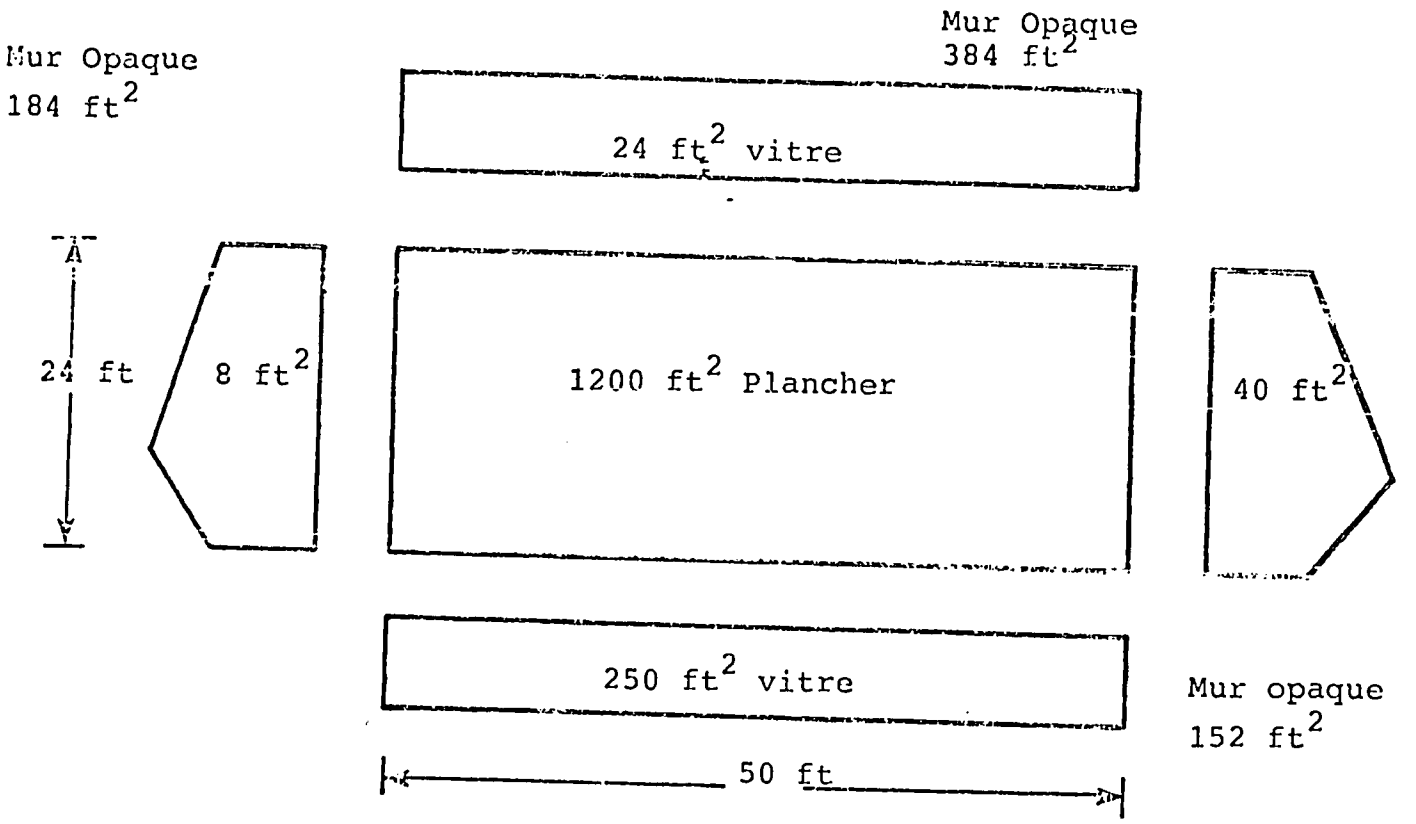


FIGURE 13

SCHEMATIQUE DE SURFACE



Au moment actuel, le dossin comprend les caractéristiques suivantes:

Site: Boston	Isolation du Périmètre: 2 x 12 pouces U = 0,2
Latitude: 40°N	Fenêtres (Triple vitrerie a 0,5 pouces d'air) U = 0,31
DJC* = 5.621	Infiltration: 0,6 AC/hr
Plancher: 1.20 ft^2	Volume: 9.600 ft^3
Dalle sur Pente	Vitrage de sud: 250 ft^2
Un seule étage	Vitrage non-sud: 72 ft^2
Mur R 30	Surface de mur extérieur: 762 ft^2
Toit R 40	Périmètre de Dalle: 148 ft

* DJC: Degré-jour de chauffage U: conductance

Etape 3 - Etablis Coéfficient Charge de Bâtiment (BLC)

	U = Conductance (Btu/hr/F/ft^2)		A = Surface (ft^2)	UA (Btu/hr/ft)	%
Mur	0,033	(R 30)	762	25	12
Toit	0,025	(R 40)	1200	30	14
Dalle	0,20	(R 5)	148 (±t)	30	14
Vitrage de non-sud	0,31	(R 3,2)	72	22	10
Infiltration	(0,6 AC/hr)	(0,018 Btu/ft^3-F)	(9600 ft^3)	= 104*	50
				211	100

* Total de UA + Infiltration
(107) + (104) = 211 Btu/hr/F

BLC = 211 (24) = 5064 Btu/F - jour

Etape 4 - Calculer Rapport Charge - Collecteur (LCR)

$$LCR = \frac{BLC}{\text{Surface Vitrage Sud}} = \frac{5064\ (\text{Btu/F - jour})}{250\ (ft^2)} = 20$$

Etape 5 - Calculer Fraction d'Epargne Solaire (SSF)

- Voir Table LCR (Table 10) pour préciser le rapport à Boston, utilisant le gain direct et avec de l'isolation nocturne.

- LCR = 20

- SSF = 53% (à comparer avec la règle pratique de SSF = 52,8%, avec un rapport vitrage/surface de plancher = 21%)

TABLE 10

TABLE DE LCR (EXAMPLE)

Ville	Type de Système*	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Boston	a	81	35	20	13	9	5	-	-	-
Lat: 40°N	b	159	73	46	32	24	19	15	11	3
DJC: 5621	c	85	36	21	13	8	4	-	-	-
T (janv) 29F	d	150	69	43	30	23	17	13	10	6
	e	49	-	-	-	-	-	-	-	-
	f	158	72	44	30	22	16	11	3	4

* a: Mur à double paroi
b: Mur à double paroi et l'isolation nocturne
c: Mur Trombe
d: Mur Trombe avec de l'isolation nocturne
e: Gain Direct
f: Gain Direct avec de l'isolation nocturne

- Nous avons employé un rapport de 21%

- La fraction d'épargne solaire (SSF) prévue par le LCR sera différente de celle projetee par les règles pratique d'accord avec la concordance entre le coéfficient de charge de bâtiment (BLC) utilisé par la méthode LCR et la méthode supposée dans les règles pratiques. C'est-à-dire, si la maison en question possede une isolation meilleure et plus serrée que la maison supposée dans la règle pratique alors le LCR prédira une SSF plus élevée que celle prévue par la règle pratique. Dans ce cas, la charge epidermique de la maison de l'example n'était pas très éloignée des suppositions de la règle pratique, donc on est arrivé à une concordance très proche dans la fraction d'épargne solaire.

Etape 6 - Déterminer la Température Intérieure Moyenne pour un Jour Ensoleillé en Janvier

$$\bar{T}_{int} = \xi \bar{T}_{ext} + \Delta T_{\substack{charge \\ int.}} + \Delta T_{sol}$$

ou: $\bar{T}_{int}$ = temperature intérieurs moyenne

$\Delta T_{\substack{charge \\ int}}$ = changement dans temp.intérieure à cause de la génération intérieure de la chaleur

$\bar{T}_{ext}$ (utiliser Table 10) = 29 F

ΔT_{sol} (utiliser Figure 14) = 35 F

Donc, à Boston:

LCR = 20
Latitude = 40°N
T_{sol} = 35 F

La température intérieure moyenne pendant un jour ensoleillé en mois de janvier = 29F + 7F + 35F = 71 F. Dans le cas où l'isolation mobile est employée, T_{int} sera un peur plus élevée.

Etape 7 - Estimer les Oscillations de Température

Dans un système de gain direct l'importance de l'oscillation de la température dépendra de la quantité et la surface de la masse de stockage. La Table 11 présente les oscillations pour un système de gain direct avec de divers rapports surface de stockage/surface de vitrage. Dans le cas de l'example, nous avons satisfait aux exigences de stockage en posant 4 pouces (0,333 ft) de finition de briques sur les murs 1 et 2 (voir la Figure 11) et en utilisant 8 pouces de brique à double paroi dans les murs 3, 4, 3t 5. Ceci nous a fourni environ 900 ft^2 de surface de stockage.

900 ft^2 surface de stockage ÷ 250 ft^2 de surface de collection = 3,6

Ceci nous donnerait une oscillation de temperature d'approximativement 0,7 x ΔT (solaire) = 0,7 x 35F = 24.5F

Etape 6 - Déterminer la Température Intérieure Moyenne pour un Jour Ensoleillé en Janvier

$$\bar{T}_{int} = \xi \bar{T}_{ext} + \Delta T_{charge\ int.} + \Delta T_{sol}$$

ou: $\bar{T}_{int}$ = temperature intérieurs moyenne

$\Delta T_{charge\ int}$ = changement dans temp.intérieure à cause de la génération intérieure de la chaleur

$\bar{T}_{ext}$ (utiliser Table 10) = 29 F

ΔT_{sol} (utiliser Figure 14) = 35 F

Donc, à Boston:

LCR = 20
Latitude = 40°N
T_{sol} = 35 F

La température intérieure moyenne pendant un jour ensoleillé en mois de janvier = 29F + 7F + 35F = 71 F. Dans le cas où l'isolation mobile est employée, T_{int} sera un peur plus élevée.

Etape 7 - Estimer les Oscillations de Température

Dans un système de gain direct l'importance de l'oscillation de la température dépendra de la quantité et la surface de la masse de stockage. La Table 11 présente les oscillations pour un système de gain direct avec de divers rapports surface de stockage/surface de vitrage. Dans le cas de l'example, nous avons satisfait aux exigences de stockage en posant 4 pouces (0,333 ft) de finition de briques sur les murs 1 et 2 (voir la Figure 11) et en utilisant 8 pouces de brique à double paroi dans les murs 3, 4, 3t 5. Ceci nous a fourni environ 900 ft^2 de surface de stockage.

900 ft^2 surface de stockage ÷ 250 ft^2 de surface de collection = 3,6

Ceci nous donnerait une oscillation de temperature d'approximativement 0,7 x ΔT (solaire) = 0,7 x 35F = 24.5F

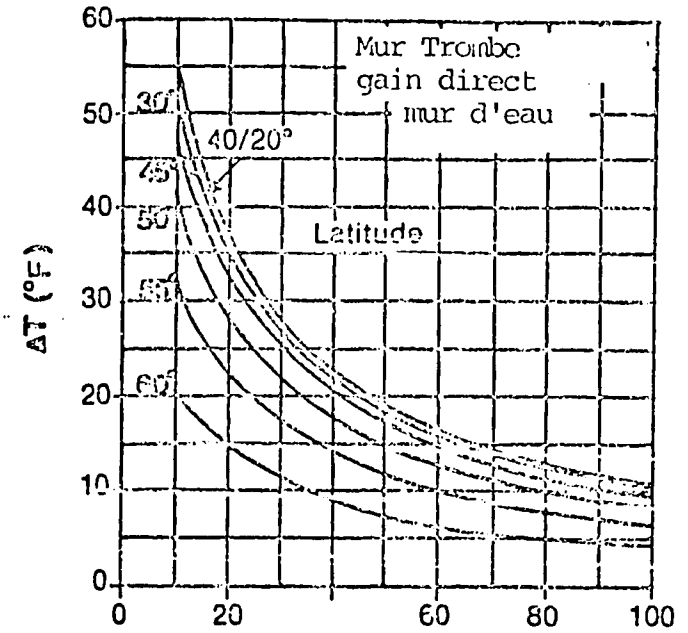


FIGURE 14

RAPPORT CHARGE-COLLECTEUR (LCR)

La difference de temperature entre les T moyennes intérieure et extérieure $\left[\Delta T_{(solar)}\right]$ à s'attendre pendant un jour ensoleilé en janvier. Cette courbe s'applique au cas d'un dessin à système de gain direct, de mur d'eau, ou de mur Trombe à évents. La courbe de 40/20° s'applique à une latitude de 40° ainsi qu'à une latitude de 20°.

TABLE 11

OSCILLATIONS DE TEMPERATURE DE L'AIR INTERIEURE PENDANT JOUR ENSOLEILLE EN HIVER (Stockage à Gain Direct)

Rapport:	Surface de Masse / Surface de Vitrage	Formule pour l'oscillation de la Température
	1,5	1,11 x T_{sol}
	3	0,74 x T_{sol}
	6	0,55 x T_{sol}
	9	0,37 x T_{sol}

Donc les températures minimale et maximale moyennes, si la maison n'est pas conditionée, seraient:

Maximum = 71 + 12 = 83 F
Minimum = 71 - 12 = 59 F

Si l'on voudrait réduire ces oscillations de température, il serait possible d'ajouter du stockage à l'eau ou d'utiliser la dalle dans le salon, la cuisine, et les chambres à coucher pour le stockage thermique. La limite de praticabilité pour l'utilisation de masse structurelle dans une telle configuration de maison serait vraisemblablement de l'ordre de 1500 pieds carrés, ce qui donnerait un rapport de surface masse/collection de six et donc une oscillation de temperature de 0,55 x 35 = 19 F.

Température moyenne maximum = 71 + 9,5 = 80,5 F
Température moyenne minimum = 71 - 9,5 = 61,5 F

Il est évident que la différence dans les oscillations des dessins considérés -- celui permettant l'usage libre du plancher, y compris les moquettes, et celui qui requiert l'articulation de la dalle du plancher a l'espace -- est relativement insignifisant dans ce cas. Néanmoins, par moyen de l'utilisation supplémentaire du

stockage à l'eau ou les murs Trombe, les oscillations de la température intérieure peuvent se réduire d'une façon palpable.

Etape 8 - Calculer le Chauffage Auxiliaire Annuel

Auxiliaire annuel = 1 - SSF x charge de chauffage d'une maison conventionnelle

Charge conventionelle de chauffage par an
= BLC (conv.) x 5621 DJ
= 5064 Btu/DJ x 5621 DJ
= 29×10^6 Btu

$[(1 - 0,53) \times 29 \times 10^6] = 14 \times 10^6$ Btu

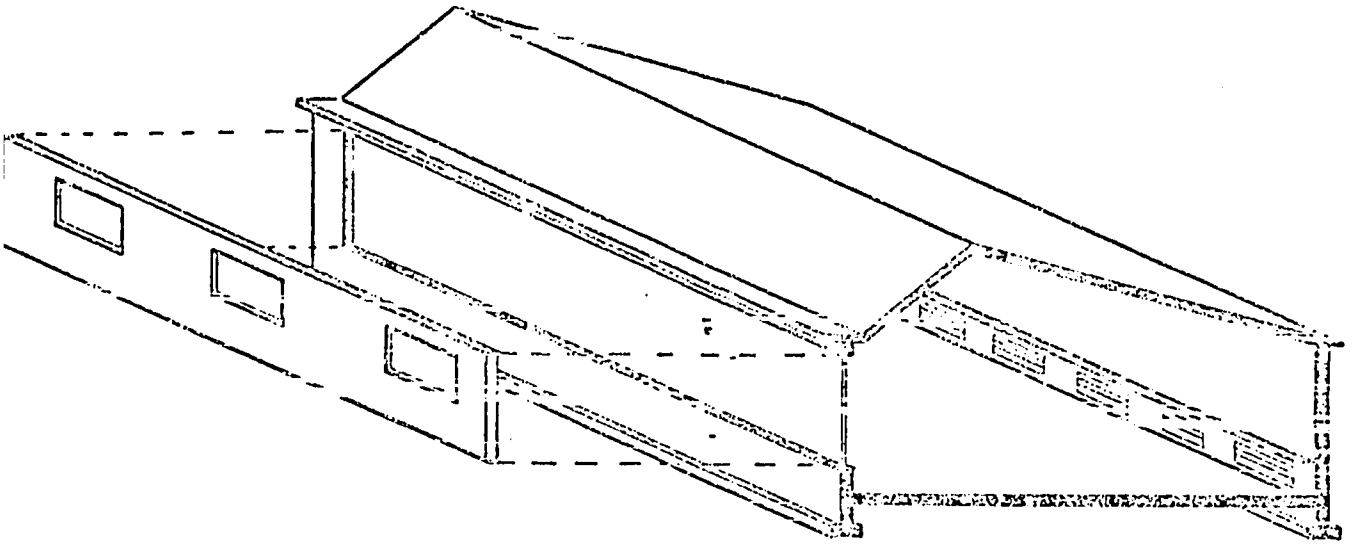
Donc, l'auxiliaire annuel exigé = 14 millions Btu

CONCLUSION

Site: Boston
DJC: 5621
Surface de plancher: 1200 ft^2
Surface collection/surface plancher = 21%
Murs: R 30
Toit: R 40
LCR : BLC/surface de collection = 20 Btu/F - jour/ft^2 de vitrage sud
T_{int} janvier = 71 Ft
Oscillation de température = 24 F
T_{max} janvier = 83 F
T_{min} janvier = 59 F
SSF = 53%
Epargne annuelle d'énergie = 15 millions de Btu

FIGURE

MAISON A FRACTION D'EPARGNE SOLAIRE



LA GESTION ET LES ECONOMIES D'ENERGIE

DANS LES HOTELS ET DANS LES BATIMENTS

TUNIS 11-15 JANVIER 1982

CONCEPTION D'UN HABITAT EFFICIENT EN ENERGIE

CAS DE LA TUNISIE.

MONCEF KAMOUN

CONCEPTION D'UN HABITAT EFFICIENT EN ENERGIE
CAS DE LA TUNISIE

Le logement est toujours considéré comme un système consommateur d'énergie. En effet la construction, la climatisation, le chauffage de l'eau sanitaire et l'électrification du batiment consomment chaque année une quantité considérable de nos ressources énergétiques. Pour réduire alors la consommation en énergie payante d'un batiment, il faut suivre une autre démarche dans sa conception, une démarche qui consiste à réduire les besoins énergétiques du batiment et augmenter les énergies gratuites qu'il peut exploiter. Cette voie existe, c'est celle de "l'architecture solaire bioclimatique", ce terme recouvre une architecture intermédiaire entre la climat extérieur et l'ambiance intérieure.

La conception de cette architecture est tributaire d'une étude préalable faisant intervenir plusieurs thèmes allant du confort thermique à la science écologique en passant par les caractéristiques physiques et thermiques des matériaux de construction. Cette étude doit necessairement tenir compte des spécificités de chaque région, aussi peut on dire que si la démarche à suivre dans ce domaine est la même, les études de base sur lesquelles sont assises les recherche d'une architecture solaire adaptée ne peuvent en aucune façon être importées.

Quelle architecture solaire pour la Tunisie ?

En Tunisie nous ne jugeons pas la solarité d'une maison au nombre de ses capteurs. Une architecture solaire en Tunisie est une architecture qui consiste à mettre au point une forme géométrique qui permet en hiver l'entrée de la lumière du jour à l'intérieur du batiment pour stocker sa chaleur et la restituer la nuit et à briser complètement le soleil d'été, il s'agit alors d'une architecture solaire passive bioclimatique, d'une composition avec le climat et pour cela il faut d'abord analyser notre architecture vernaculaire bien adaptée très riche en solutions architecturales bioclimatiques, puisque pour nos ancêtres l'enveloppe du batiment était l'unique outil permettant d'obtenir et de garder des conditions d'habitabilité favorables à la vie, cette enveloppe

jouait donc à la fois le rôle de filtre, de capteur, d'accumulateur et de restituteur de chaleur.

Pour concevoir une architecture bio-climatique il est indispensable pour l'architecte de savoir comment se présente le rayonnement solaire, ainsi que l'influence de l'environnement sur l'énergie réellement reçue et son interaction avec les autres facteurs climatiques. Par ailleurs le concepteur doit bien connaitre comment le bâtiment réagit lorsqu'il est soumis au rayonnement solaire et également aux facteurs climatiques et quels sont les éléments du bâtiment qui ont une influence sur ces réactions. Pour manipuler ces paramètres, il est proposé de suivre une méthodologie appropriée. Cette méthodologie consiste à analyser au préalable les principaux paramètres influents sur le bâtiment pour mener par la suite une conception solaire bio-climatique adaptée et enfin vérifier scientifiquement le comportement thermique du bâtiment en calculant son bilan énergétique.

A - ANALYSE DE LA REGION

L'architecture bio-climatique doit tenir compte des spécificités de la région dans laquelle elle va être projetée. Ainsi une étude préalable du macro-climat de la région et du microclimat du site d'implantation sera nécessaire. En outre, l'architecte doit bien étudier les matériaux de construction locaux ainsi que l'architecture locale notamment l'habitat traditionnel généralement bien adapté climatiquement et culturellement à l'écosystème physique et culturel de la région.

1 - ETUDE CLIMATIQUE

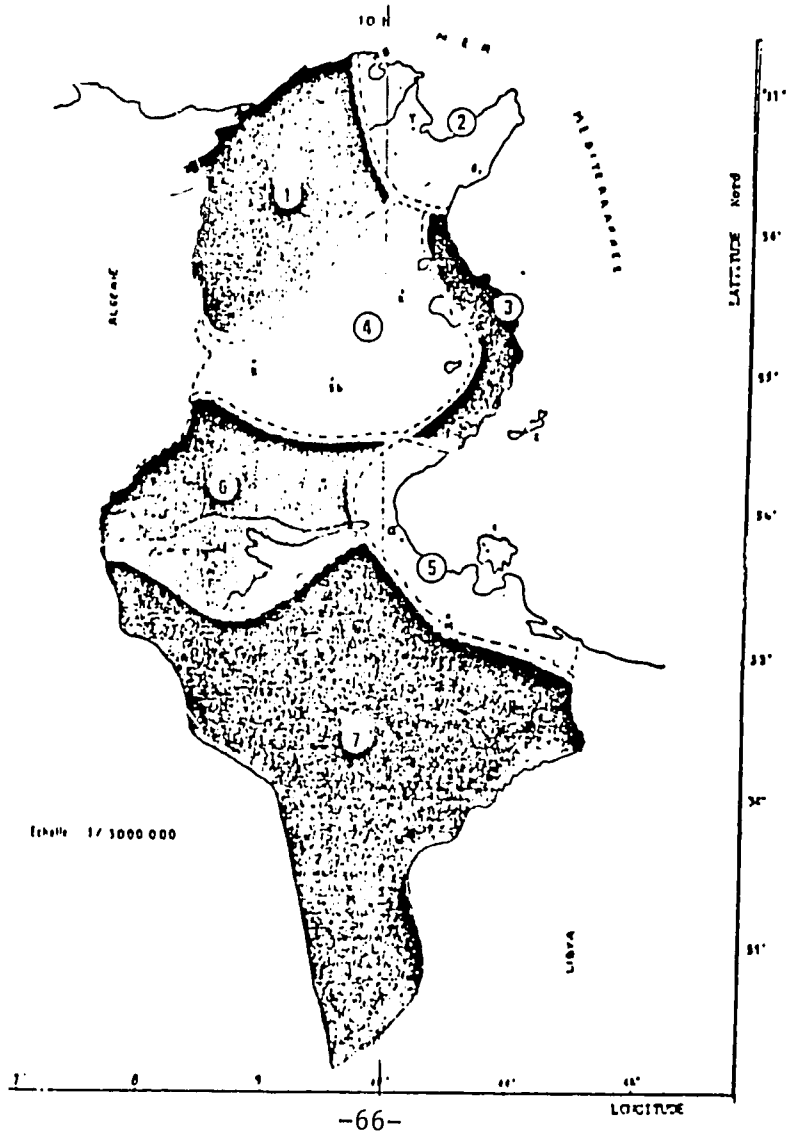
Le climat est la série des états de l'atmosphère au dessus d'un lieu dans une succession habituelle, cette notion est appréhendée à différentes échelles, celle du concepteur qui cherche à connaitre les conditions d'ambiance de la région dans laquelle il va intervenir et celle du climatologue qui cherche à définir les différents climats.

Les paramètres à étudier sont notamment :

- Le rayonnement solaire.
- La température de l'air.
- La pression de l'air et le régime des vents.
- L'humidité atmosphérique et les précipitations.

Au moment de la conception, il faut tenir compte des différents paramètres pris isolément, puis les réajuster dans leur contexte général, et devant la complexité du problème, le recours à une méthode sûre et des outils de conception s'avèrent necessaire.

ZONING CLIMATIQUE



a) Détermination des caractéristiques climatiques

Pour déterminer les caractéristiques climatiques d'une région il faut faire appel à la climatologie et analyser les données météorologiques portant sur plusieurs années, il faut également connaitre la fréquence et les valeurs des extrèmes.

Le soleil

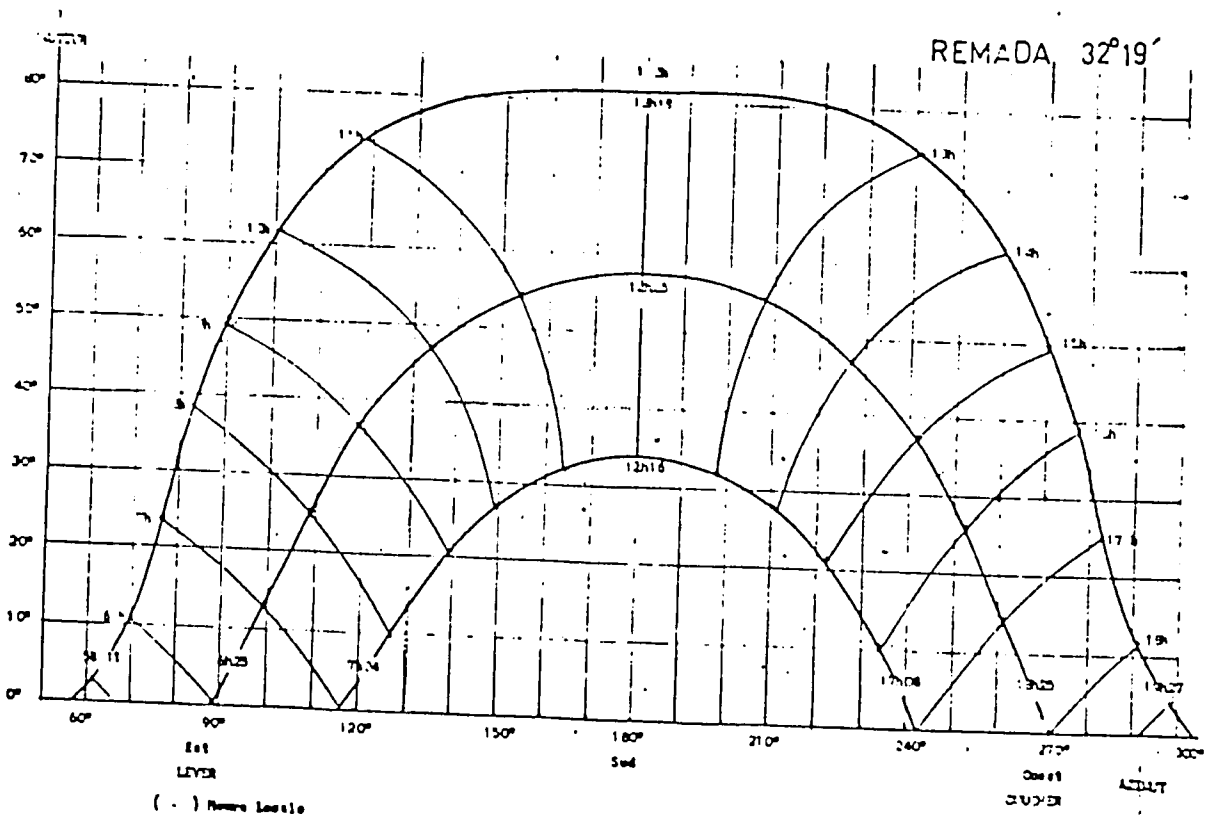
Premier paramètre à étudier, le soleil est le facteur moteur de tous les phénomènes climatiques. La durée d'insolation, le repérage de la course apparente du soleil pour la latitude du lieu, l'estimation de la puissance de l'énergie reçue sur une surface d'exposition donnée dans la région, sont des éléments indispensables pour la conception solaire.

Il faut noter que des outils sont mis à la disposition de l'architecte pour le repérage de la course solaire et l'estimation de l'énergie.

Diagramme solaire

C'est la représentation en coordonnées cartésiennes de la course solaire repérée en coordonnées angulaires. Le diagramme solaire donne pour chaque latitude la hauteur et l'azimuth du soleil à chaque heure durant toute l'année.

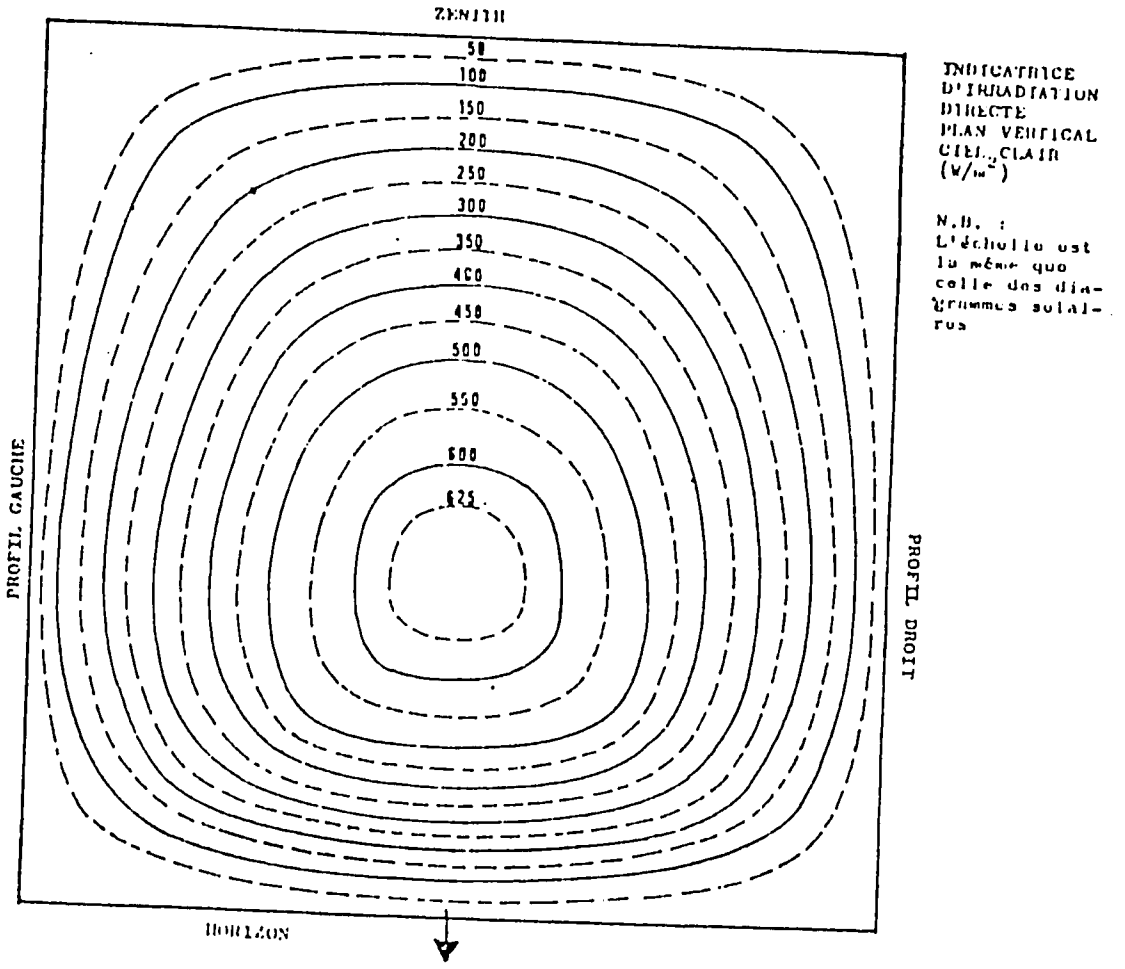
Il est facile de construire ce diagramme à partir de la valeur de la latitude et des valeurs mensuelles de l'inclinaison de l'axe de la terre - Fig 1 -

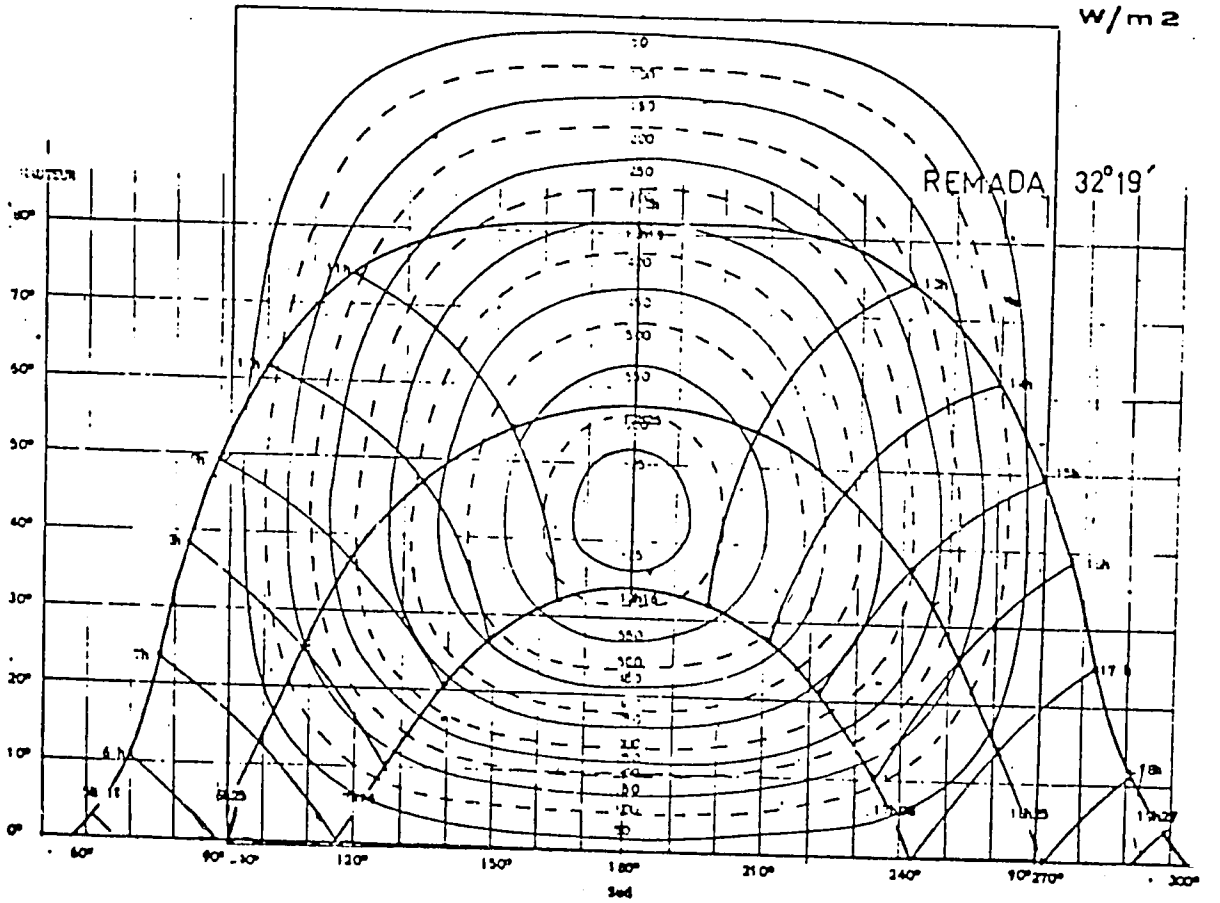


TRAJECTOIRE SOLAIRE

Estimation de l'énergie incidente

L'énergie incidente peut être estimée par la superposition du diagramme solaire avec le "diagramme énergétique universel", et ceci pour toutes les orientations et les inclinaisons du plan recepteur -Fig 2- Par ailleurs, le type, la nature et la quantité des nuages présents à diverses hauteurs déterminent le rayonnement terrestre provenant de l'atmosphère ainsi que l'ensoleillement et sa durée, c'est pour cette raison qu'il est indispensable de connaitre le degré de la nébulosité dans la région.





• La température de l'air

La température de l'air est le deuxième paramètre climatique important. En effet, sa valeur moyenne et ses valeurs extrêmes permettent de déterminer les besoins de chauffage et de refroidissement du bâtiment et aussi le déphasage et l'amortissement et par conséquent l'épaisseur des murs construits avec un matériau donné.

• Le vent

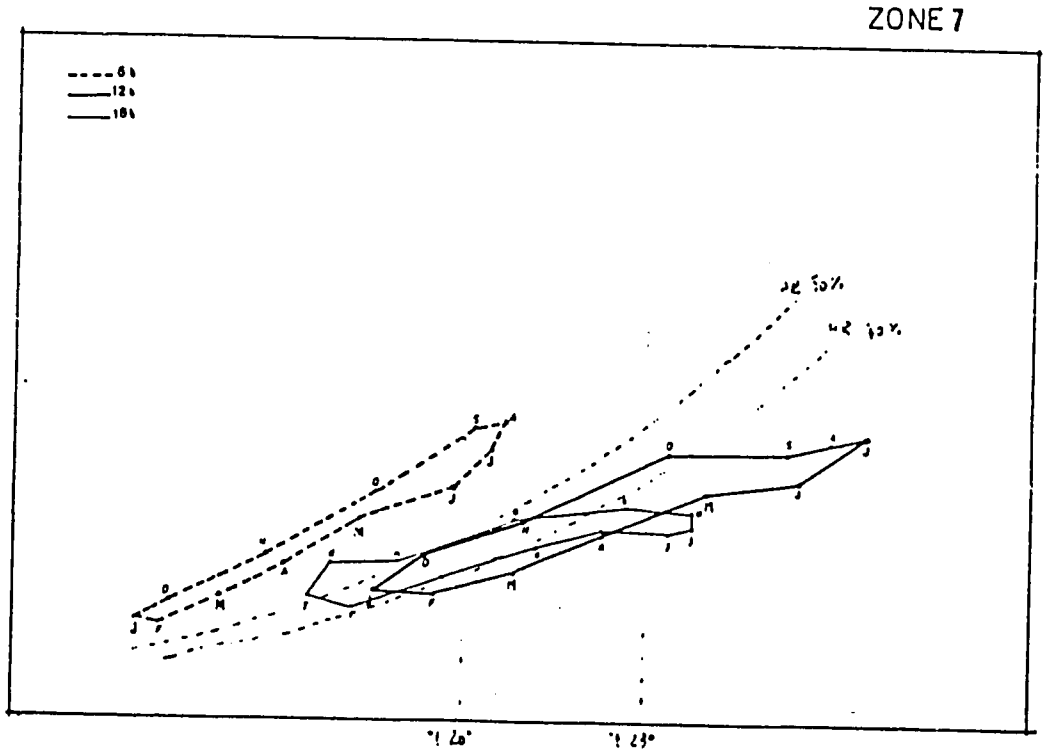
Le troisième facteur climatique dont l'importance ne peut être négligée est le vent. En effet, la direction et la vitesse du vent ainsi ~~ea~~ que sa turbulence associée à la rugosité du sol sont des éléments importants pour la conception bio-climatique car leur connaissance permet de ne pas s'exposer auxmauvais vents (porteurs de pluie et de sable) et de profiter de la brise ~~de vent~~ en été.

• L'humidité et la précipitation

Enfin, le quatrième paramètre climatique à étudier est l'humidité. Les valeurs moyennes et extrêmes de l'humidité relative donnent une idée sur le degré d'évaporation et de rayonnement de l'atmosphère. En outre, la fréquence des précipitations et la quantité d'eau de pluie par an sont deux éléments importants pour l'analyse climatique d'une région.

b) Détermination du climogramme

Pour faciliter leur manipulation, les données météorologiques doivent être présentées sous forme de climogramme c'est-à-dire de régimes tri-horaires simultnés de la température d'air et de l'humidité Les climogrammes sont normalement établis par le service météorologique - Fig 4 -



CLIMOGRAMME

c) Détermination des grandes options architecturales: Utilisation du diagramme bio-climatique

Le digramme bio-climatique avancé par V.OLGYAY et amélioré par GIVONI est un outil qui permet de choisir les grandes options architecturales dans une région climatique donnée pour satisfaire les exigences du confort thermique à l'intérieur du bâtiment. Le principe consiste à représenter sur un diagramme psychometrique tous les facteurs qui permettent de traiter le diagramme bio-climatique à savoir les données du climat extérieur, celles de l'occupant et enfin les données de l'architecture. Le diagramme porte notamment la tension de vapeur d'eau en abscisse et la température en ordonné -Fig 5 -

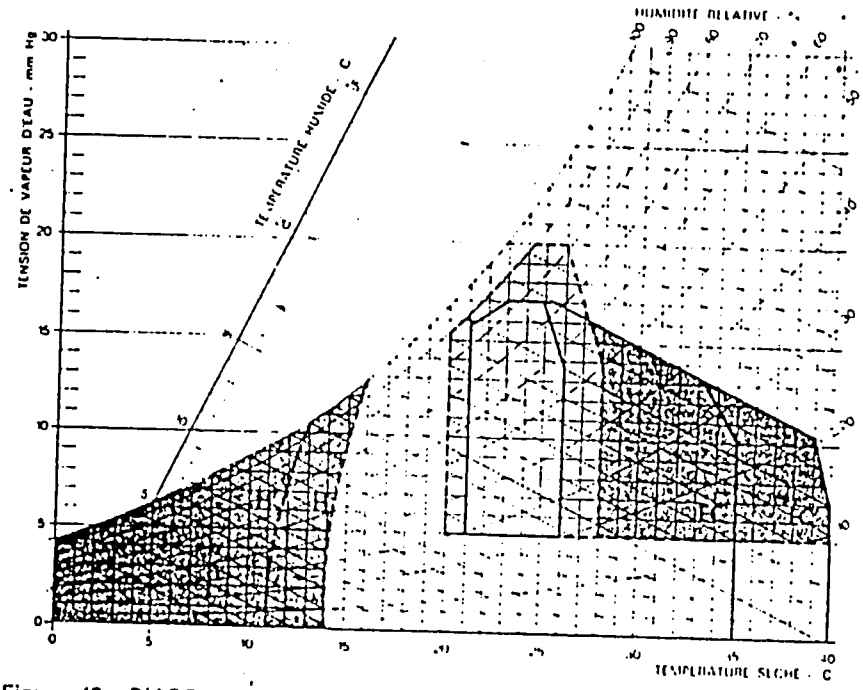
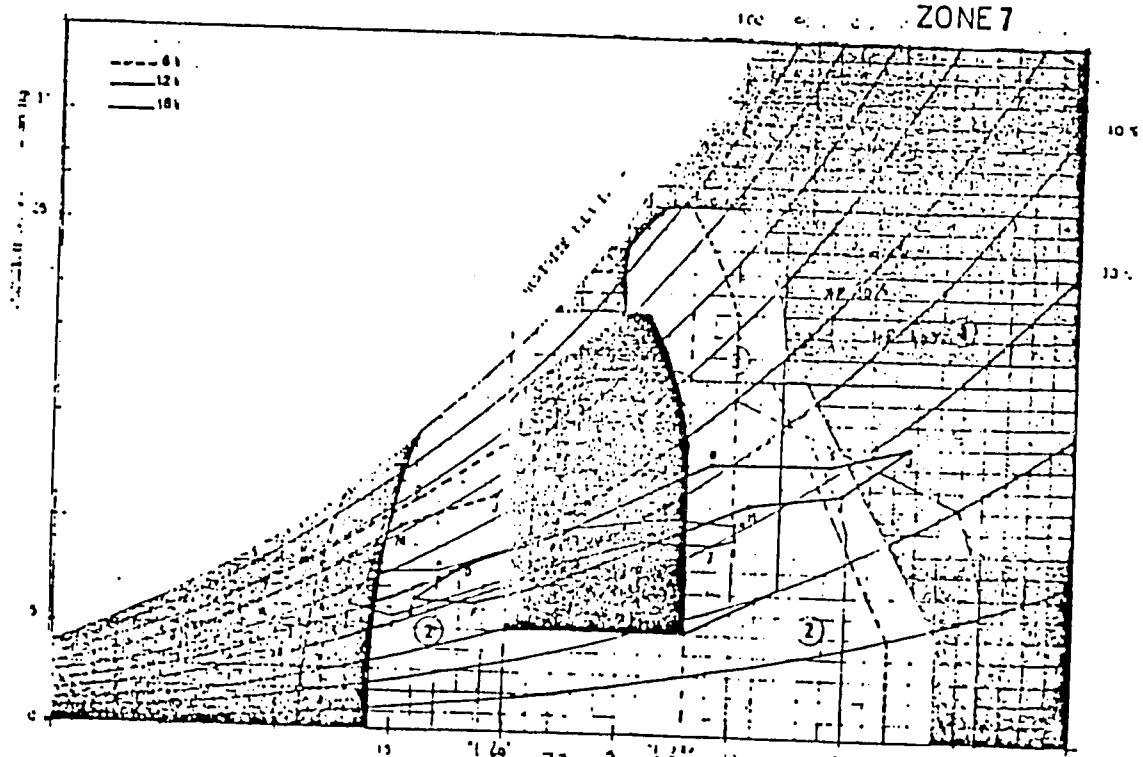


Figure 43 : *DIAGRAMME BIOCLIMATIQUE DU BATIMENT.*
Zones de conditions extérieures pour lesquelles l'humidification de l'air est efficace pour l'autoclimatisation (EC et EC'). Conditions limites extérieures pour lesquelles le chauffage des locaux commence à être requis pour respecter la zone de confort selon deux inerties (limites H et H'). Cette limite témoigne de la "performance" d'un bâtiment à "récupérer" l'énergie solaire.

Utilisation du diagramme bio-climatique

Le diagramme bio-climatique permet de déterminer l'influence de l'inertie thermique, de la ventilation et les performances des dispositifs de conditionnement naturel. Pour cela il suffit de superposer ce diagramme avec le climogramme et selon les parties du diagramme recouvertes, on détermine les principaux choix architecturaux (inertie thermique, programme de captage ou d'occultation du soleil, orientation des ouvertures par rapport aux brises pour la ventilation , etc...) - Fig 6 -



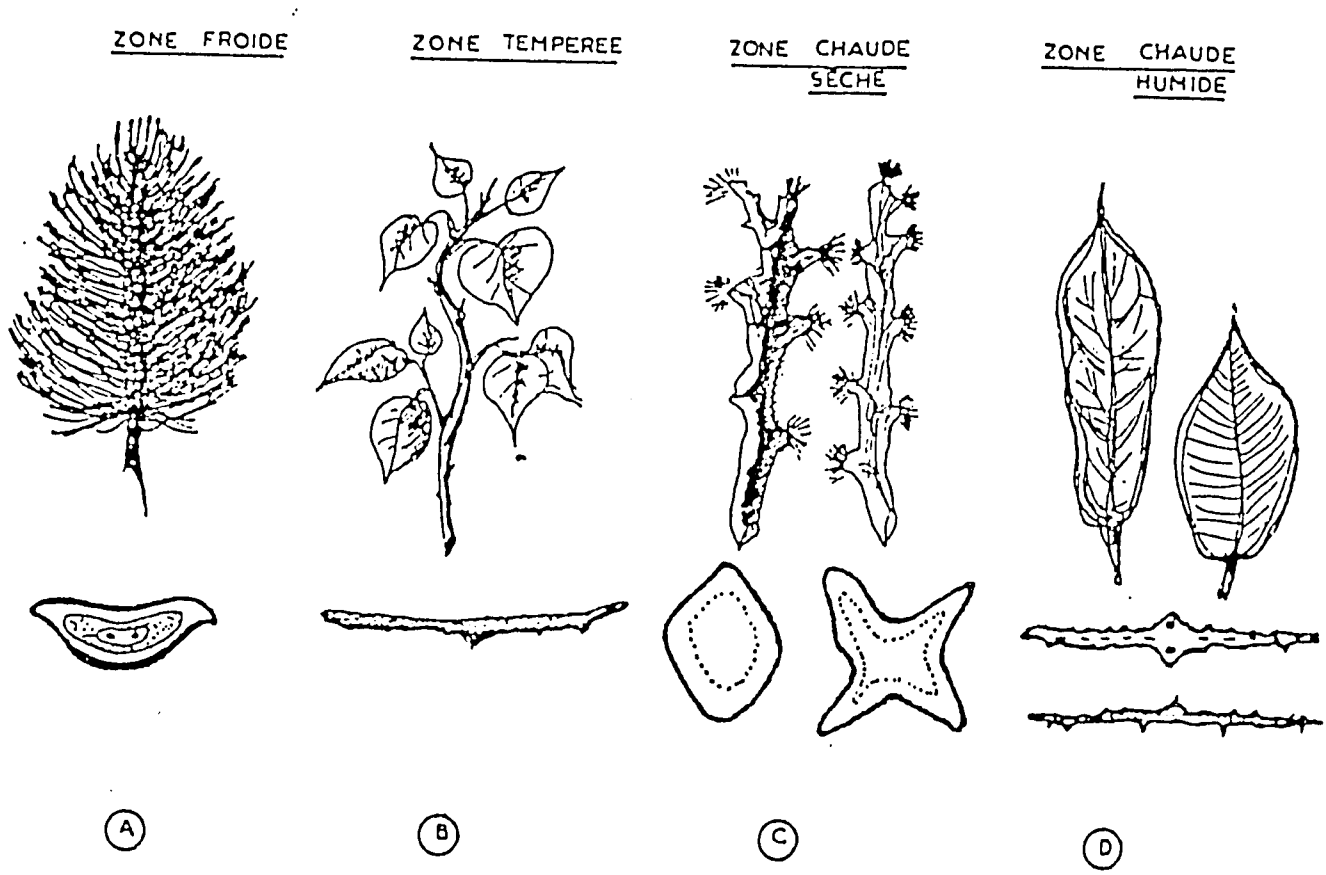
2 -ETUDE DE LA VEGETATION

En architecture bio-climatique,le rôle de la végétation n'est pas negligeable car ses effets contribuent à l'établissement d'un microclimat favorable:effets d'oxigénation,d'humidification de l'air de dosage des rayonnements de courtes et de grandes longueur d'onde, de fixation des poussières,de protection aux vents forts,ainsi que les effets sur les ambiances acoustiques.; .
la végétation à feuillage persistant peut être utilisée pour briser le vent et protéger des pluies,tout en créant une musique agréable lorsque le vent souffle .les arbres à feuillage caduque fournissent de l'ombre en été et canalisent les brises tout en laissant profiter le bâtiment du soleil d'hiver .

La protection du bâtiment par la végétation contre les agressions climatiques,reste un moyen efficace et économique.
Faut-il remarquer que les espèces végétales locales s'intègrent mieux que tout autre type de végétation des points de vue esthétique et climatique ,et leurs exigences en apports nutritifs,en arrosage et en entretien sont négligeables .
Par ailleurs,la végétation permet de créer un 'milieu construit naturel' La technique la plus connue à ce sujet consiste à mettre sur un toit de branches une couche de terre couverte de gazon en croissance qui joue le rôle d'isolant . Actuellement aux Etat Unis des essais sont pratiqués en vue de construire des bâtiments à partir d'arbres vivants. Cette technique consiste à tailler latéralement les troncs et les branches pour les plier et leur donner la direction voulue .

La végétation:une adaptation exemplaire à l'environnement

En biologie,il est de règle de considérer que seules peuvent survivre les espéces en accord avec leur environnement immédiat par leur texture,leur capacité d'adaptation et leur mode de construction. En fonction du milieu favorable ou hostile dans lequel elles vivent; les plantes voient leur surface s'épanouir ou se recroqueviller.La botanique s'avère ainsi la meilleure école d'une architecture organique bio-climatique
L'daptat. e la plante se traduit bien souvent par une forme en rapport avec mode de vie,c'est pourquoi il y a tant de trait commun à tous les végétaux du même milieu.Des exemples de coupes sur des végétaux,montrent à quel point la traduction formelle peut exprimer une réponse à des contraintes du milieu notamment climatiques - Fig 7 -



— (A) En zone froide, les aiguilles de conifères se présentent sous la forme de minces cylindres aplatis, de constitution telle qu'elle leur permet de supporter aussi bien le froid, la sécheresse ou le vent. Les formes sont compactes.

— (B) La face interne de la feuille est trinsparente, permettant le passage d'une grande partie de la lumière.

— (C) Le milieu marque profondément les plantes contre lequel elles ne sont pas très bien protégées, elles s'y adaptent par réduction de la surface des feuilles et des branches, et présentent une prolifération de bourgeonnements. Les formes sont massives par protection.

— (D) Croissance libre et féconde sous un climat favorable (chaud et humide). La surface des feuilles atteint grossièrement deux fois et demie celle des plantes des régions à climat tempéré.

L'architecte doit considérer le bâtiment comme un organe vivant unicellulaire qui s'autorégule à partir des informations ambiantes en recourant à la perméabilité sélective de son enveloppe, car le bâtiment constitué de matériaux sensibles aux variations climatiques, entretenant une température constante dans la maison, bénéficie d'une véritable homéostasie, propriété fondamentale des êtres vivants.

3 -ETUDE DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION LOCAUX

On trouve dans la presque totalité des régions des matériaux sûrs,économiques et à faible teneur énergétique.Déplacer ces matériaux d'une région à une autre ou importer de nouveaux matériaux de construction serait aberrant .Le concepteur doit plutôt analyser les matériaux locaux adaptés et mettre au point de nouveaux procédés et de nouvelles techniques de construction utilisant les briques d'adobes,la pierre, les talus de terre etc...L'utilisation de matériaux locaux de construction est un moyen efficace qui permet à l'architecture de bien s'integrer au paysage,de bien s'adapter au climat et d'économiser une énergie considérable pour la transformation et le transport de matériaux non locaux . Par ailleurs,l'enveloppe détermine un microclimat qui sera définie selon les activités qu'elle renferme,elle doit donc être bien conçue aussi bien en ce qui concerne sa structure que ses matériaux, pour être selon les cas isolante ou inerte . L'isolation limite les échanges dans les deux sens,alors que l'inertie favorise ces échanges.
D'une façon générale

Pour récupérer de l'énergie

- Il faut utiliser l'isolation partout où y a risque de déperdition
- Il faut utiliser l'inertie partout où il y a avantage à récupérer les apports extérieurs

Pour refuser les apports d'énergie

Cela se produit dans les ~~pays~~ régions chaudes où le problème est de conserver le plus longtemps possible la fraicheur de la nuit,ce qui nécessite une protection du côté des apports et échanges sur les autres faces. Dans le cas où il faut récupérer de l'énergie en hiver et la refuser en été,le probléme est alors plus délicat,il s'agit de réaliser un équilibre entre ~~l'isolation~~ l'inertie et l'isolation d'une part et l'inertie et l'énergie récupérer d'autre part,car une masse thermique trop petite ou trop grande peut être la cause d'un fonctionnement inadapté du bâtiment qui peut ainsi être soit surchauffer soit pas assez chauffer. Une méthode assez précise pour déterminer l'inertie thermique en fonction de l'énergie récupérée est établie par le laboratoire scientifique de Los Alamos aux Etats Unis.
Un matériau de stockage doit avoir certaines caractéristiques qui le rend apte à son rôle de volant thermique :sa capacité thermique ($\rho \cdot c$), sa conductivité (λ) et son effusivité ($\sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c}$) doivent être élevées. La masse inerte est utilisée pour contrôler un échange de température entre deux milieux.La quantité d'énergie qu'elle reçoit est restituée selon certains critères pour une utilisation plus ou moins retardée dans le but d'amortir les variations climatiques extérieures à court terme

Pour vérifier l'efficacité thermique d'un mur et estimer l'influence des fluctuations cyclique des températures sur le milieu intérieur, il faudra obligatoirement déterminer l'amortissement et le déphasage, deux paramétres qui se calcule à partir de formules simples. L'amortissement -A- qui est la réduction que subit la fluctuation de température en atteignant la face intérieure de la paroi est donnée par la formule suivante: $A=\exp\left(-\sqrt{\frac{\pi \lambda \rho c}{p}} \cdot \frac{e}{\lambda}\right)$, il est exprimé en pourcentage.
Le déphasage-ϕ- qui est le retard de température que met la fluctuation pour atteindre la surface intérieure de la paroi, est exprimé en heure, et donné par la formule suivante : $\phi = \frac{p}{2} \sqrt{\frac{\lambda \rho c}{\pi \cdot p}} \frac{e}{\lambda}$
où p est la période de fluctuation (24H)

ρ = masse volumique du mur
c = chaleur spécifique du mur
t = le temps

Ces formules montrent que plus la capacité thermique et l'épaisseur augmentent d'une part plus là conductivité thermique diminue d'autre part, et plus le déphasage est grand et l'amortissement important. Les murs lourds en architecture traditionnelle laissent passer la chaleur extérieure au milieu habitable avec un déphasage qui dépasse 12 H , en plus l'utilisation de la terre pour la construction donne au bâtiment grâce à sa capacité à absorber l'humidité en hiver et à la rejeter en été, un caractère isothermique. Le mur de 60cm en terre stabilisée (pisé) utilisée traditionnellement à Msaken et Testour a un déphasage de 15 H 30' et un amortissement de 1,7%, alors qu'un mur de 23cm en brique trouée utilisé actuellement a un déphasage de 7 H et un amortissement de 15% -Fig 8-

4 - ETUDE DE L'ARCHITECTURE LOCALE

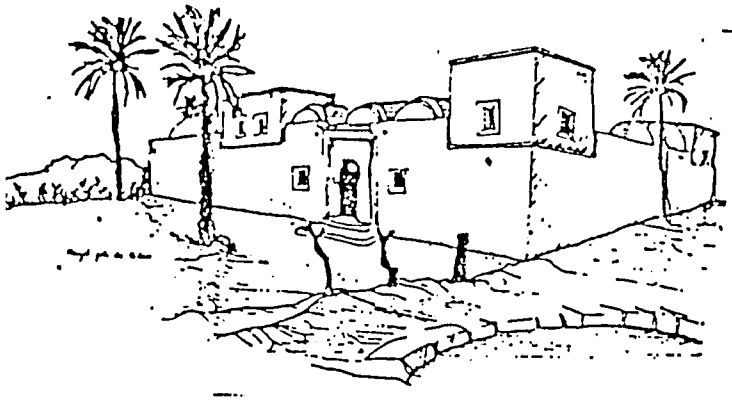
L'architecture bio-climatique ne doit pas rejeter toute l'architecture locale. Au contraire le concepteur doit bien relire et analyser cette architecture et surtout la traditionnelle parmi elle.

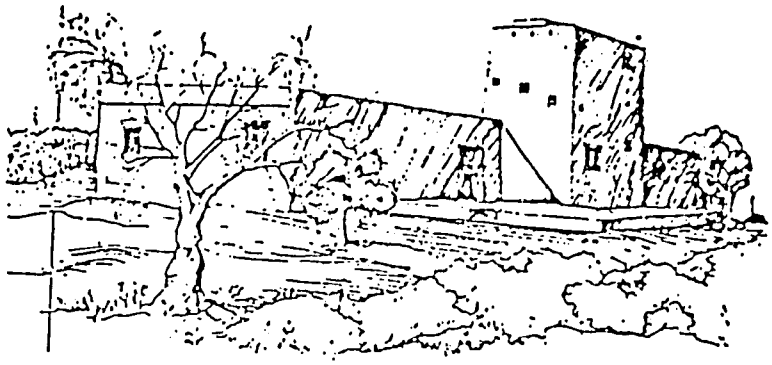
a) L'architecture traditionnelle

L'architecture traditionnelle résultat d'une longue expérience et d'une assimilation progressive des nouveautés, montre une certaine adaptation à l'environnement climatique. L'analyse de cette architecture traditionnelle vernaculaire donne à l'architecte des solutions de volumétrie générale, d'orientation, de choix de matériaux, de jeux spaciaux modulant des relations variables avec les forces et contraintes du milieu naturel. Elle permet également de mettre en lumière le caractère innovant qu'avait eu, dans des contextes donnés, l'introduction

d'éléments architecturaux aujourd'hui admis comme évidents: l'organisation de l'espace habitable autour d'un patio se comportant comme un climatiseur central, la conception d'ouvertures controlant l'admission de l'air, de la lumière et du soleil et l'introduction d'un captage du vent par percement raisonné.

(1) Le borj à sfax





Le menzel à jerba (2)

b) L'architecture actuelle

L'envahissement de la technologie a été à l'origine de l'absence d'une adaptation de l'architecture internationale actuelle à l'environnement. Toutefois, cette architecture peut nous être utile surtout dans les techniques rapides de construction et dans l'évolution de la conception de l'espace en fonction du mode de vie. Une analyse de l'architecture locale dans la région est donc indispensable afin de dégager scientifiquement les solutions qui peuvent nous inspirer aujourd'hui pour la conception d'une architecture adaptée au climat.

B - ETUDE DU SITE D'IMPLANTATION

Avant d'intervenir dans un site le concepteur doit l'analyser afin de bien exploiter ses conditions climatiques particulières à sa situation. Les paramètres importants caractérisant un site sont notamment :

- la latitude moyenne influent sur la température et les précipitations
- l'orientation et le pourcentage des pentes qui limite ou aggrave les problèmes de masques et donc affecte directement l'ensoleillement d"une zone
- le profil des masques constitué par la nature du site entrainant des effets particuliers en liaisons avec les vents dominants (déviations d'écoulement, accélérations ascendantes, zones tourbillonnaires) et modifiant la composition des courants d'air et l'intensité de turbulence.
- la présence ou non de végétation ~~intervenant comme un masque~~
- la nature des sols (albédo, perméabilité à l'eau...)
- les sources de pollution éventuelles
- la présence ou non de constructions environnantes intervenant comme masque

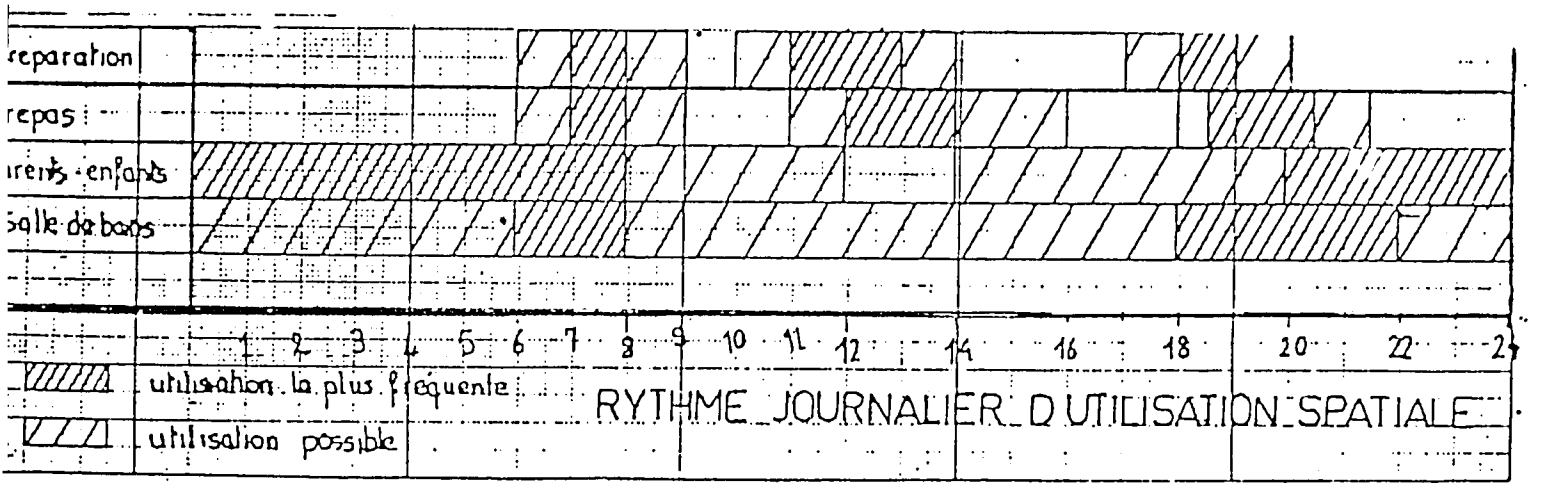
C - ETUDE DU PROGRAMME

L'analyse du programme à suivre pour la conception doit être une synthèse de deux organigrammes, un organigramme fonctionnel et un organigramme établi en fonction de la période d'utilisation des espaces dans la journée et leurs exigences de confort.

La préparation de l'organigramme fonctionnel necessite au préalable l'établissement de l'inventaire de toutes les activités à projeter, par la suite il faut analyser le mode de vie et les habitudes de l'utilisateur de l'espace, car si certaines activités sont conséquents au mode culturel tunisien et restent invariables pour chaque habitant, il y a d'autres activités qui sont en rapport avec la profession et les habitudes. Pour cette raison il est indispensable de faire participer les habitants à l'élaboration de l'organigramme fonctionnel.

Le facteur temps et les exigences de confort sont les données determinantes pour l'établissement du second organigramme,en effet le concepteur doit définir pour chaque espace,d'une part les moments et les durées d'utilisation et d'autre part lesecaractéristiques qui définissent les conditions de confort souhaitables pour chaque activité (température de l'air, température de rayonnement, vitesse de l'air, état vestimentaire, nombre d'usagers etc ...).

A titre d'exemple la cuisine dégage de la chaleur toute l'année, elle pourra donc assurer son propre chauffage en hiver et necessite par contre une ventilation en été. La chambre à coucher n'a pas besoin de dépasser 15° pour l'agrèment du sommeil. Par ailleurs, les zones à forte activité ne réclament pas un stockage thermique aussi conséquent que les espaces où les activités sont plus statiques. La connaissance de ces contraintes permet au concepteur de traiter des éléments tels les volumes des espaces et sous espaces, la répartition spaciale suivant l'avantage thermique que procure la mittoyenneté et même les matériaux et les épaisseurs des murs. Le deuxième organigramme permet en outre de procéder à la hierarchisation spatiale pour des liaisons thermiques entre les espaces qui ont les mêmes exigences de confort ou des exigences complémentaires et permet aussi de déterminer l'emplacement spatial des activités suivant l'échelle définie -Fig -.



L'organigramme final dont on doit tenir compte au moment de la projection sera la synthèse des deux organigrammes décrits ci-dessus.

D - SCHEMA DU PLAN ET DE LA FORME DE LA CONSTRUCTION

C'est aprés cette étude climatique générale de la région et celle spécifique au site et aprés l'établissement de l'organigramme que l'architecte pourra commencer à concevoir une organisation générale des espaces. Il s'agit d'un organigramme spatial tenant compte de tous les facteurs déjà étudiés.

E - CHOIX DES PROCEDES NATURELS DE CONDITIONNEMENT

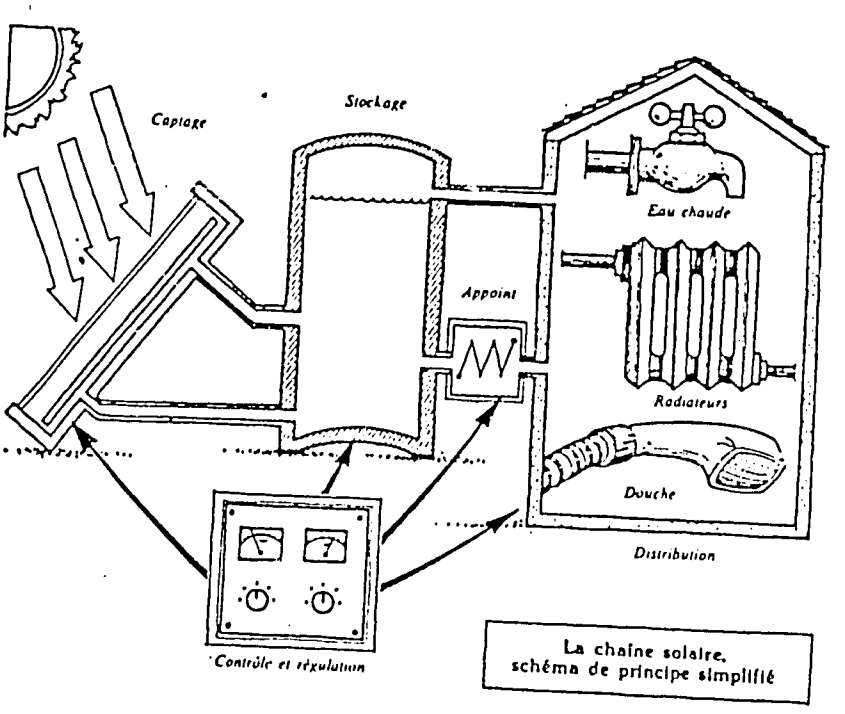
Pour que le bâtiment solaire soit économique le concepteur doit bien choisir les procédés de chauffage et de refroidissement.

1 - PROCEDES DE CHAUFFAGE

Il est vrai que la période de chauffage en Tunisie n'est pas trés longue, mais un espace non chauffé en hiver est inhabitable.
Il existe deux systèmes de chauffage solaire à savoir le système actif et le système passif.

a) Système actif

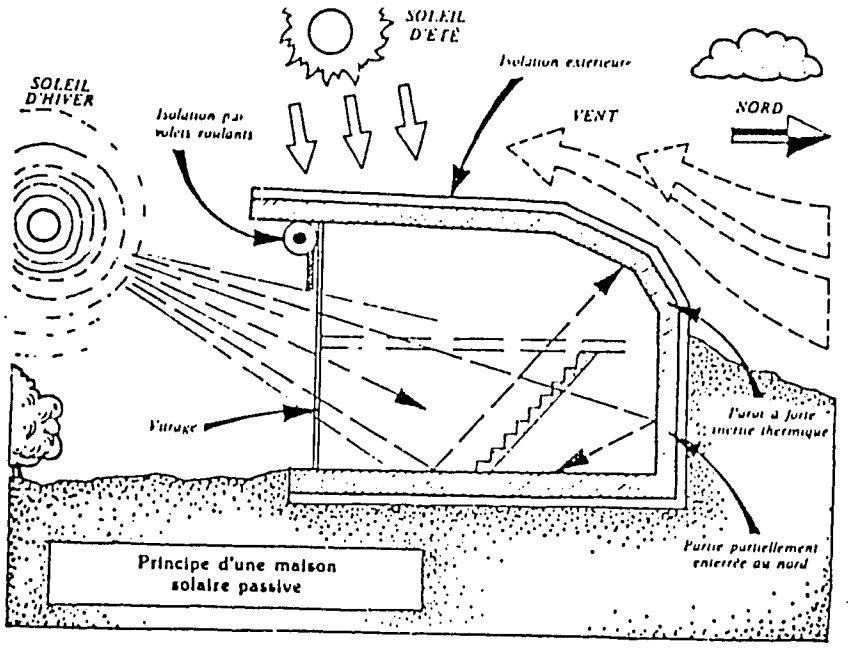
Le systéme actif consiste à chauffer le bâtiment par des capteurs solaires à liquide ou à air placés sur la toiture ou sur la façade, la chaleur captée est véhiculée par circulation forcée vers des dispositifs de stockage puis distribuée dans le bâtiment soit par des radiateurs soit par des convecteurs soit par air pulsé.



La chaine solaire, schéma de principe simplifié

b) Système passif

C'est un système qui consiste simplement à mettre au point une forme géométrique qui permet l'entrée de la lumière du jour à l'intérieur du bâtiment pour stocker sa chaleur et la restituer la nuit. Ce gain de chaleur on pourra l'avoir soit directement en faisant rentrer le rayonnement solaire à l'intérieur sans qu'il soit intercepté, le stockage se fait alors dans les cloisons et le plancher, soit indirectement lorsqu'on fait arrêter les rayonnements lumineux avant leur entrée dans la pièce (les murs capteurs, la toiture skytherm ...). Faudra-t-il remarquer que le gain direct permet de recueillir et distribuer la plus grande quantité de chaleur dans une ambiance. Une fenêtre bien dimentionnée et orientée est le plus simple, le plus économique et le plus efficace des capteurs solaires.



Principe d'une maison solaire passive

2 - PROCEDES DE REFROIDISSEMENT

Comme pour le chauffage, il existe des systèmes actifs et des systèmes passifs de refroidissement de l'espace intérieur du bâtiment. Ces systèmes simples passifs ont été découverts et expérimentés par nos ancêtres et retrouvés et expliqués par la science moderne. Le choix de ces procédés naturels de refroidissement est trés lié aux conditions climatiques de la région, à l'environnement proche du site et à la taille du bâtiement. La ventilation est l'un des moyens les plus efficaces de refroidissement passif, en effet une vitesse de courant d'air de 1m/s fait abaisser la température sèche de 3°C. Un dimentionnement et un emplacement convenable de chaque ouverture en fonction de la direction et de la vitesse du vent permettra à tous les espaces intérieurs de s'adapter aux variations saisonnières. Il faut donc bien étudier le microclimat du site et avoir une bonne connaissance des phénomènes de la ventilation des bâtiments pour pouvoir régler la vitesse de l'air en fonction des exigences de confort. Il faudra noter que les capteurs à vent, le modèle des fenêtres et la végétation proche peuvent efficacement servir à canaliser l'air ~~vers les entrées venant veant~~ venant de n'importe qu'elle direction vers les entrées. Faudra t-il remarquer que les ouvertures de ventilation doivent être thermiquement bien isolées et hermétiques en position fermée. Le patio, la double toiture ventilée l'évaporation naturelle ou forcée, les toitures skytherm et mur d'eau, l'enterrement et le semi enterrement du bâtiment sont des moyens de refroidissement passif que l'architecte doit bien connaitre leur possibilité d'utilisation et leur efficacité pour bien en profiter.

F - ESQUISSE

Aprés l'organisation générale des espaces et le choix des procédés naturels de chauffage et de refroidissement, l'architecte pourra commence à mettre au point l'esquisse du bâtiment à projeter. Il s'agit de concevoir un plan fini et une enveloppe du bâtiment en fonction de tout ce qui a été étudié auparavant.

G - CALCUL DU BILAN ENERGETIQUE DU BATIMENT

Il s'agit d'une vérification du comportement thermique du bâtiment à projeter. Les méthodes de calcul du bilan énergétique sont trés nombreuses, toutefois la méthode la plus précise et la plus facile à manipuler est une méthode récemment établi et publié par le laboratoire scientifique du LOS ALAMOS (LASL), cette méthode est adaptée aux unités européennes par le groupe ABC (FRANCE). La méthode consiste d'abord à déterminer la "fraction d'économie solaire" (FES) c'est à dire l'économie d'énergie réalisée par le bâtiment. Cette fraction d'économie solaire est le rapport entre l'énergie solaire utilisée et la charge thermique de référence.

Charge thermique de référence

Le calcul de la charge thermique de référence est le même que le calcul du coéfficient volumique global de déperdition G, à part que les parois solaires ne sont pas comptées : $CT_{ref} = 24\ (\Sigma ks_{non\ solaire} + 0{,}34\ NV)\ [kwh/°C]$

d'où la consommation de base est égale à :

$$24\ (\Sigma ks_{non\ solaire} + 0{,}34\ NV)\ DJX$$

k = conductance des parois non solaires

s = surfaces des parois non solaires

N = nombre de volumes d'air renouvelés par heure

V = volume du local à chauffer

DJX = degrés jour à base X de la période considérée.

L'estimation de la fraction d'économie solaire à partir de diagrammes nécessite la manipulation de deux grandeurs : le ratio représentatif du bâtiment et l'indice climatique.

Ratio représentatif du bâtiment

Le ratio représentatif du bâtiment est donné par la division de la charge thermique de référence par la surface des parois solaires, d'où la dénomination de rapport charge/captage (RCC)

$$RCC = \frac{24\ (\Sigma ks_{NS} + 0{,}34\ NV)}{S_{captage}}$$

Les valeurs de ce rapport évoluent entre 0,03 et 3 kwh/°Cm2

Indice climatique

Cette grandeur est constituée par les principales variables météorologique qui ont un impact énergétique direct sur le bâtiment : l'écart entre la température de l'air extérieur et celle du milieu intérieur et l'énergie solaire incidente sur un plan vertical ou tout autre plan de référence.

$$\text{indice climatique (pour une periode)} = \frac{\text{énergie solaire sur 1m2 de captage}}{\text{degrés jour X}} \quad [kwh/i\,m^2]$$

La periode généralement utilisée est le mois. Pour pouvoir utiliser l'indice climatique dans les outils de détermination de la fraction d'économie solaire, il faut multiplier la valeur de l'énergie solaire reçue par le facteur de transmission du vitrage et en plus cette valeur doit tenir compte des masques de l'environnement et des éléments architecturaux. Une fois le RCC et l'indice climatique sont connus on peut déterminer à l'aide de diagrammes la fraction d'économie solaire.
La figure A montre la performance du système "apport direct" qui correspond à la baie vitrée. Dans le cas de référence, la masse thermique est assurée par 15cm de maçonnerie dont la surface est égale à trois fois celle du vitrage. La figure B montre la performance du même système mais équipé d'une isolation thermique nocturne (ADIN). ~~L'isola-~~

A. D.

Maçonnerie : 15 cm
Surface masse = 3 fois celle du vitrage

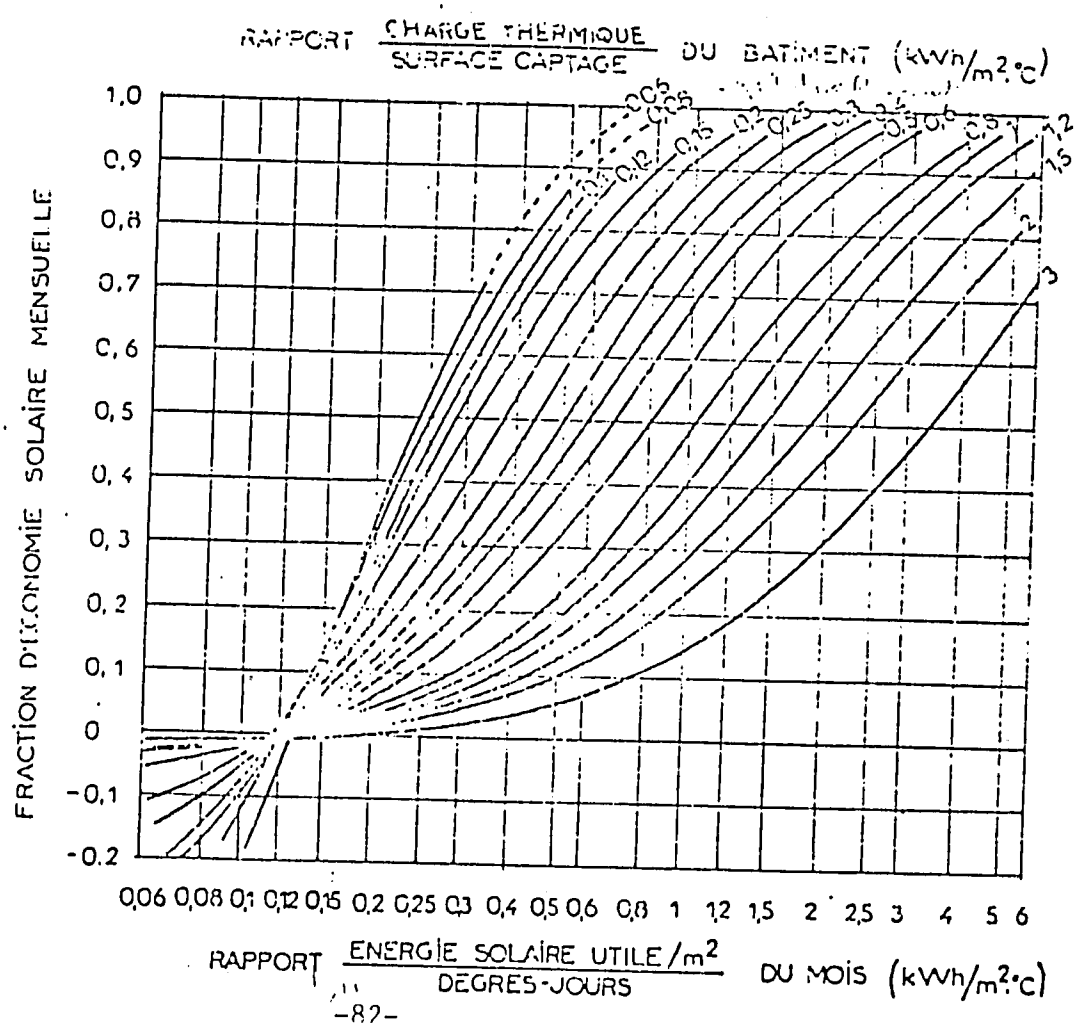


Fig A

A. D. I. N.

Isolation nocturne

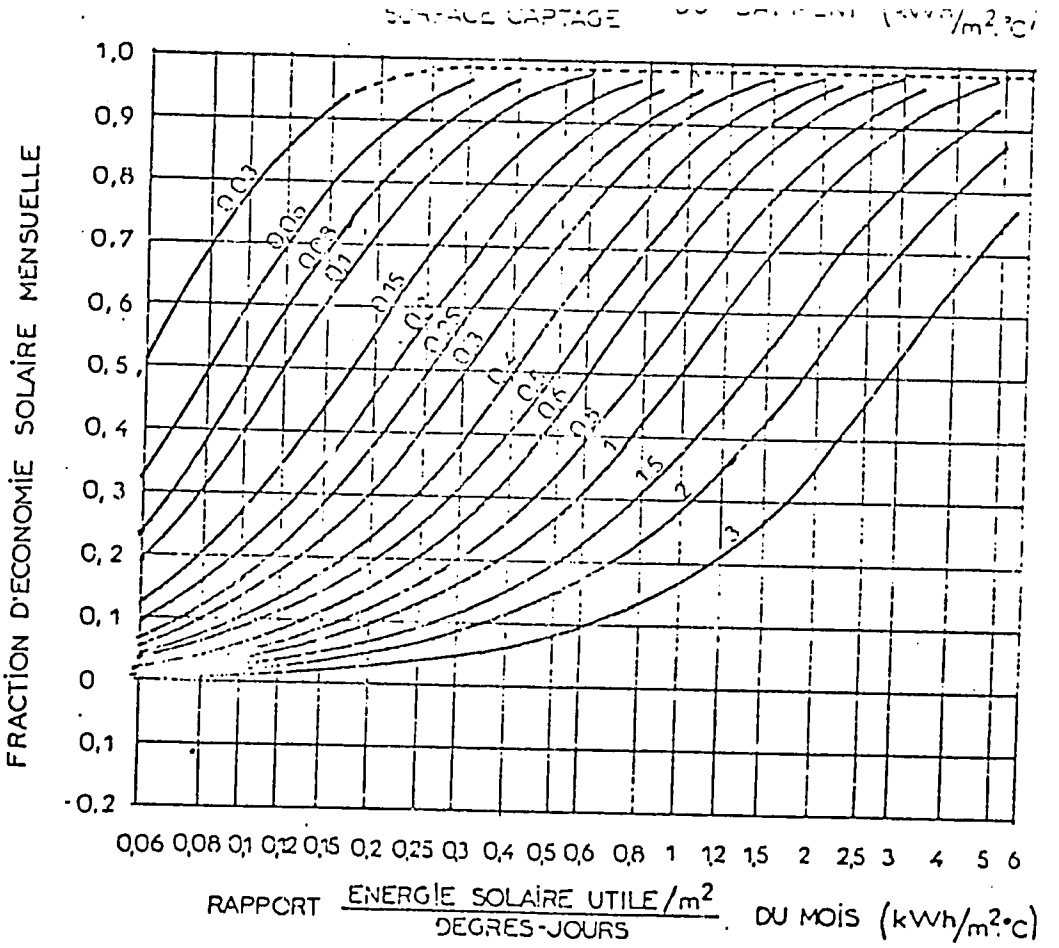
R = 1,58

K = 0,63

Mise en place

17h à 7h

Fig B



L'isolation nocturne est supposée mise en place à 17 H et retirée à 7 H et présente une résistance thermique de 1,6°cm2/w. Lorsque la résistance thermique prévue par l'architecte ne correspond pas à la résistance thermique de référence, le diagramme de correction donne la fraction d'économie solaire correspondant au cas prévu -Fig C-.

$$Y = \frac{1 + R_e/9}{1 + R_e/R}$$

A.D. $R_e = 0,317$

M.T. $R_e = 0,563$

M.E. $R_e = 0,609$

Fig C

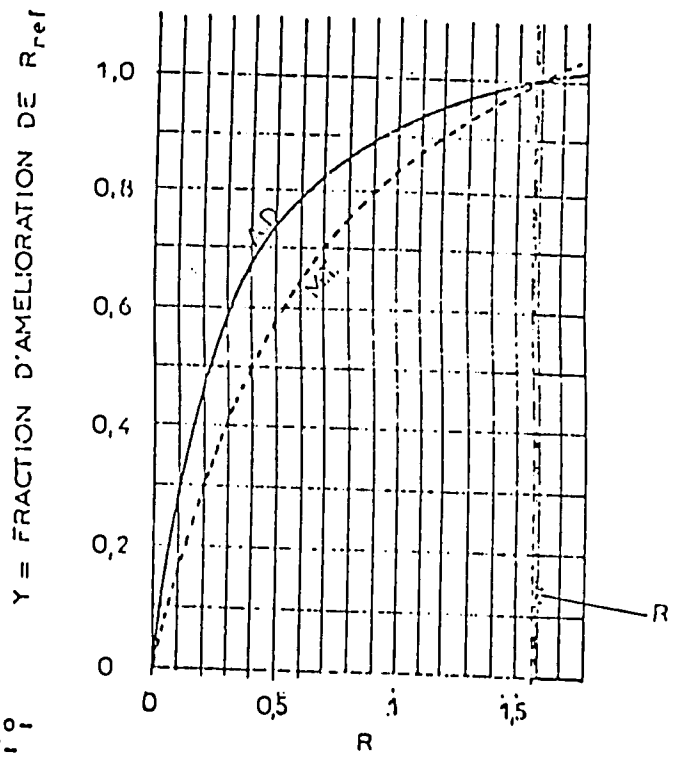


Diagramme permettant de trouver la fraction d'amélioration de F.E.S. due à une résistance thermique différente du cas de référence.

(d'après le LASL)

Pour trouver la FES résultante d'une isolation nocturne quelconque, il faut trouver d'abord la FES avec et sans isolation de référence, en déduire l'écart de FES entre les deux solutions et lire sur le diagramme quelle fraction de cet écart correspond à la résistance thermique utilisée. Il existe d'autres diagrammes pour les autres cas de chauffage solaire passif.

Pour les systèmes de refroidissement naturels il n'existe pas encore de méthodes précises pour vérifier scientifiquement le comportement des systèmes.

H - DETERMINATION DU PROJET FINAL

Aprés cette vérification du comportement du bâtiment, l'architecte doit améliorer l'enveloppe ete les systèmes de conditionnements choisis pour qu'ils correspondent aux résultats souhaité.

Moncef Kammoun

REFRIGERATION PHYSIOLOGIQUE PAR AERATION NATURELLE

RONALD JUDKOFF

INSTITUT DE RECHERCHE EN MATIERE D'ENERGIE SOLAIRE
1617 COLE BLVD
GOLDEN, COLORADO 80401
U.S.A

TABLEAU 4 - HYPOTHESES

	MET	CLO	MRT	Radiation solaire
OLGYAY	1.0 - 1.2	0.5 - 1.0	Symétrique	0
FONGER	1.0 - 1.2	0.5	Symétrique	0
ASHRAE	1.0 - 1.2	0.5	Symétrique	0
AYNSLEY	Sédentaire	légère	Symétrique	0

La figure 9 fait ressortir une discordance substantielle en ce qui concerne l'effet du mouvement de l'air sur le confort en temps chaud. Les courbes d'Olgyay fléchissent très rapidement dans la zone de haute humidité. Celles de Fonger, par contre sont relativement aplaties pour tous les degrés d'humidité. Celles d'Aynsley sont plus élevées que les autres indiquant un grand potentiel de refroidissement par mouvement d'air. ASHRAE fournit deux données seulement ; cependant, elles semblent correspondre d'assez près à celles d'Aynsley.
Il est nécessaire de pousser les recherches plus en avant pour déterminer laquelle de ces courbes est correcte.

Néanmoins, les travaux publiés plus récemment (Fonger, Aynsley, ASHRAE) semblent indiquer une plus grande potentialité de refroidissement par mouvement d'air que ne l'indique Olgyay.

Pour les besoins de l'industrie, il est utile de supposer que la vérité se situe quelque part entre les courbes de Fonger et celles de Aynsley. Pour l'échantillon de problème qui se trouve à la fin de ce papier, nous supposerons que la vérité se situe à mi-chemin entre ces deux séries de courbes.

Ces courbes indiquent un grand potentiel de refroidissement biologique dans les conditions de haute humidité relative et de température d'ampoule sèche même à des vélocités d'air modestes. Cependant, pour utiliser cette information il est besoin de déterminer ce que sera la vélocité de l'air à l'intérieur d'un espace architectural étant donné une source de brise connue.

une aération naturelle contrôlée peut être efficace pour rafraîchir l'air sans recourir à un équipement mécanique de conditionnement d'air.

L'aération naturelle peut être utilisée pour la réfrigération tant structurelle que biologique. Lorsque la température ambiante est égale ou inférieure au niveau de confort comme c'est le cas pendant le jour dans bon nombre d'endroits, la réfrigération du bâtiment peut alors être effectué par l'entrée d'air de l'extérieur.

La masse du bâtiment ainsi refroidie sert alors d'évier de chaleur pendant la partie surchauffée du cycle diurne.

Lorsque la température ambiante est supérieure au niveau de confort et plus élevée que l'intérieur du bâtiment, l'arrivée d'air de l'extérieur ne fera que chauffer l'espace davantage.

Cependant, il est possible dans une certaine mesure, d'effectuer une réfrigération biologique par aération en utilisant le mécanisme de refroidissement par évaporation propre au corps. Ce papier met l'accent sur l'aspect biologique du refroidissement par aération naturelle.

Pour déterminer de façon certaine le plafond du refroidissement par aération, il est nécessaire de déterminer la sensibilité de la zone de confort aux mouvements de l'air. Il convient, à cet effet, de comparer les données d'ASHRAE, de FONGER, d'OLGYAY et d'AYNSLEY (7). Il est possible, de comparer directement les indices pour déterminer les effets de la vélocité de l'air sur le confort humain en traçant un graphique à partir des séries de données contenues dans les figures 3, 5a, 7 et 8, la température d'ampoule sèche étant projetée sur l'axe vertical et l'humidité relative sur l'axe horizontal.
Les hypothèses sous-tendant chacune de ces séries de données figurent dans le tableau 4, lorsqu'elles sont disponibles.

REFRIGERATION PHYSIOLOGIQUE PAR AERATION NATURELLE

RESUME

Plusieurs indices de confort et d'inconfort thermiques sont revus afin de déterminer jusqu'à quel point le corps humain pourrait être refrigéré par aération naturelle.

Plusieurs méthodes de prévision des mouvements et de la vélocité de l'air à l'intérieur d'un espace architectural sont étudiées en vue de déterminer les ressources en brise et mettre au point les modifications nécessaires à la restauration du confort en tenant compte des conditions de température à ampoule sèche et à ampoule humide existants en dehors de la zone de confort. Une méthode manuelle simple est décrite en tant qu'outil susceptible d'aider une réfrigération adéquate lors de l'établissement des plans de construction. Un échantillon de problèmes est également inclu qui concerne un petit bâtiment commercial de la région de Washington D.C.

INTRODUCTION

L'aération naturelle est le processus par lequel l'air se trouvant à l'extérieur d'un immeuble est échangé de façon naturelle avec l'air circulant à l'intérieur. Cet échange s'effectue à travers les fentes et les ouvertures de l'enveloppe du bâtiment sous l'effet de pressions diverses telles que le vent ou la température.

L'aération naturelle peut être désirable ou non selon la nature des conditions climatiques particulières existant autour du bâtiment. Dans une ambiance sous-chauffée, l'infiltration incontrôlable qui s'effectue à travers les fentes cause des pertes supplémentaires de chaleur, des courants d'air et une utilisation accrue d'énergie. Dans une ambiance sur-chauffée, l'infiltration peut augmenter la quantité d'air frais quoique l'effet soit généralement moins sévère que dans une ambiance sous-chauffée. En général, une infiltration supérieure au niveau que requiert une ambiance salubre et sans odeur est nuisible. Cependant, dans une ambiance surchauffée, particulièrement dans les climats hautement humides,

Il est nécessaire également de connaître l'effet de divers paramètres de construction, tels que la taille des ouvertures d'arrivée et de sortie, l'emplacement et l'orientation de la source de brise.

METHODES DE PREVISION DES MOUVEMENTS DE L'AIR DANS LES ESPACES ARCHITECTURAUX

Le mouvement naturel d'air qui s'effectue à travers un espace architectural est causé par les différences de pression qui s'exercent sur l'enveloppe de l'immeuble à partir de l'extérieur sous l'effet du vent ou de la température. Le gros de la littérature indique qu'à l'exception des hauts bâtiments des climats froids, l'aération qui se fait par les cheminées n'est pas assez puissante pour être utilisée pour le refroidissement physiologique là où la vélocité de l'air est un paramètre important (5, 7, 8). Cependant, en ce qui concerne les bâtiments moins conventionnels comportant un atrium ou une serre où il est permis que la température atteingne des degrés considérablement supérieurs au niveau de confort, l'effet de la cheminée peut être beaucoup plus significatif.

EQUATION DE LA CHEMINEE

Toute la littérature est unanime sur la forme générale de l'équation simplifiée de la cheminée. Le taux volumétrique du débit d'air causé par l'effet de la cheminée est fonction de l'aire de la coupe transversale des entrées et des sorties, de la différence de température entre l'air de l'extérieur et l'air de l'intérieur au maximum de la sortie. La dérivation de l'équation de la cheminée est décrite par Aynsley, Vickery et Melbourne (7) et donne la formule suivante :

$$Q = CA \sqrt{H (T_i - T_o)}$$

dans laquelle :—

C = Constante comportant le système de résistance

A = Aire de la coupe transversale des entrées ; les entrées et les sorties ayant une aire égale

H = Moyenne de l'écart entre l'entrée et la sortie

T_i = Température de l'air intérieur au maximum de la sortie

T_o = Température de l'air extérieur.

ASHRAE a estimé la valeur de la constante C à 9,4 en supposant que la résistance interne entre l'entrée et la sortie est négligeable. Ceci est raisonnable étant donné que la coupe transversale de la chambre ou aire effective de canal est normalement grande en comparaison avec la taille de l'ouverture de l'entrée et de la sortie.

En substituant 9,4 à C l'équation devient la suivante :

$$Q = 9,4\ A \sqrt{H\ (T_i - T_o)}$$

dans laquelle : Q = taux volumétrique du débit d'air exprimé en Pied ^{3}/min

A = la plus petite aire de la coupe transversale des entrées ou des sorties (Pied ^{2})

H = moyenne de l'écart entre l'entrée et la sortie (Pied ^{2})

T_o = température de l'air extérieur (°F)

T_i = température de l'air intérieur au maximum de la sortie (°F).

Pour rendre compte des différences entre l'aire de l'entrée et celle de la sortie, ASHRAE ajoute le paragraphe suivant (voir l'figure 10) pour modifier le taux du débit.

La difficulté d'utiliser l'équation de la cheminée en tant qu'outil de plan de construction est causée par la nécessité de savoir ce que sera la différence de température avant la construction du bâtiment. Puisque la stratification dans un espace dépend de bon nombre de facteurs intimement reliés, il est difficile de prévoir exactement ce que sera la température au maximum de la sortie dans des conditions dynamiques. Même les simulations horaires détaillées d'énergie pour la construction supposent une chambre destratifiée pour déterminer la température interne. Il est clair qu'il reste encore des recherches à faire dans ce domaine.

AERATION SOUS L'EFFET DU VENT

Pour déterminer l'utilité des mouvements d'air provoqués par le vent à l'intérieur d'un immeuble, il est nécessaire de connaître (1) la source et la direction de brise disponibles à l'intérieur du bâtiment pendant les parties surchauffées de l'année (2).
Le cours de l'air dans le bâtiment et (3) la vélocité de l'air à travers les occupants.

PREVISION DE LA SOURCE DE BRISE

La plupart des données disponibles concernant le vent ont été enregistrées à une hauteur de 10 m (30 pieds) à partir du sol. Etant donné que le vent a un profil typique sur différentes variétés de terrains, il est possible de calculer la vitesse de l'air à n'importe quelle hauteur si la vélocité est connue pour une hauteur de référence. Pour ce faire, il existe une méthode courante basée sur la loi logarithmique et le concept de hauteur de rugosité. La hauteur de rugosité est approximativement égale à 5 % à 10 % de la hauteur moyenne des éléments de rugosité du sol. Ainsi, si l'on se trouve sur un lotissement d'élévation basse, la hauteur de rugosité serait approximativement de 0,1 x 25 pieds = 2,5 pieds. Le tableau N°5 donne la hauteur de rugosité pour différents types de terrains.

TABLEAU 5 - HAUTEUR DE RUGOSITE

DESCRIPTION DU SOL	HAUTEUR DE RUGOSITE (en Pieds)
Plat, sans arbres	0,003
Plat ou roulé avec quelques arbres ou buissons bas	0,1
Villes basses boisées ou suburbaines	1,0
Bâtiments urbains élevés	10,0

La loi logarithmique se présente comme suit :

$$\bar{V}_H = \bar{V}_{ref} \left[\ln \frac{H}{H\ ruf} / \ln \frac{H\ ref}{H\ ruf} \right]$$

dans laquelle :

$\bar{V}_H$ = Vitesse moyenne du vent à la hauteur H

$\bar{V}$ ref = Vitesse moyenne connue du vent à la hauteur de référence

H = Hauteur H

H ref = Hauteur de rugosité

H ref = Hauteur de référence (généralement 30 pieds)

Disons, à titre d'exemple, qu'à une hauteur de 30 pieds on enregistre une vitesse moyenne du vent de l'ordre de 10 mph. Quelle est dans ces conditions, la vélocité du vent à 6 pieds dans une zone suburbaine.

$\bar{V}$ ref = 10 mph

H = 6 pieds

H ref = 1,0 pied (prise dans le tableau).

H ref = 30 pieds

$$\bar{V}\ H = 10\ \text{mph}\ \left(\ln \frac{6}{1} / \ln \frac{30}{1}\right) = 5{,}3\ \text{mph.}$$

Dans les zones développées denses, il n'est pas de technique mathématique simple qui puisse prévoir la source de brise disponible pour un immeuble déterminé. Dans beaucoup de cas, il n'est pas d'autre choix, pour effectuer une évaluation précise, que de construire un modèle réduit du bâtiment et des environs pour les mettre dans un tunnel aérodynamique.

PREVISION DU MOUVEMENT DE L'AIR DANS UN ESPACE ARCHITECTURAL

L'objectif du refroidissement physiologique est de mettre l'air en mouvement pour les occupants de l'immeuble. Il n'est pas très utile de produire une grande vélocité d'air à travers le plafond ou le plancher. L'idéal est que le maximum de débit d'air soit dans le salon. Dans les bureaux, le débit devrait se situer légèrement au-dessus des bureaux de telle façon que les employés soient réfrigérés et que les broissement des papiers soit au minimum. Dans les chambres à coucher, le débit d'air devrait se situer au niveau du lit. En outre, les séparations intérieures ne devraient pas être construites de telle façon à interrompre le passage du débit d'air. Une manière de se représenter le passage de l'air est de construire des modèles réduits et de les tester dans un tunnel aérodynamique.

Etant donné que ceci n'est pas possible pour tous les projets, il est utile de regarder des photographies de tests de tunnel aérodynamique sur des modèles simples pour acquérir une certaine intuition sur la façon dont l'air se déplace dans les bâtiments. Les figures W 1 à W 30 ont été prises dans Design with Climate de Victor Olgyay (5). Dans toutes les photos, le vent se déplace de la gauche vers la droite. Les jets de fumée bien définis et étroitement espacés indiquent un taux élevé de débit.

Les figures W 1 a, W 4 montrent l'effet que les immeubles peuvent avoir les uns sur les autres selon leur disposition sur plan et en coupe. Les figures W 2 et W 4 démontrent comment une seule disposition peut procurer une protection contre le vent en hiver et une distribution de la brise en été moyennant un changement de la position angulaire de l'ordre de 45 degrés pour les vents dominants de l'hiver à l'été. Ceci est courant dans nombre de régions. Les figures W 5 et W 6 montrent la distribution de la pression et le passage du débit autour d'un bâtiment sur plan et en coupe. Pour provoquer le plus grand débit d'air dans le bâtiment et étant donné que le taux du débit est fonction de la différence de pression (P) entre l'entrée et la sortie, il faut placer les entrées dans les zones de pression positive élevée et les sorties dans les zones de pression négative ou basse. Les figures W 7 à W 10 montrent l'effet de la variation de la taille des entrées et des sorties sur la vélocité du débit. Etant donné l'inégalité des zones d'entrée et de sortie, la taille de ces dernières ne change en rien le taux du débit volumétrique. Cependant, la vélocité du débit en est affectée de façon significative. En effet, une zone de sortie plus grande provoque une vélocité maximale dans le bâtiment conformément au principe aérodynamique de base de la continuité du flux.

<u>masse moyenne du taux de débit</u> $\rho_1 A_1 \bar{U}_1 = \rho_2 A_2 \bar{U}_2$

ou puisque l'air peut être considéré comme un fluide incomprimable dans une situation pareille :

<u>volume moyen du taux de débit</u>, $Q = A_1 \bar{U}_1 = A_2 \bar{U}_2$

Remarque : ρ = densité

A = zone

$\bar{U}$ = vitesse

Ainsi, la vélocité accrue du débit se produit derrière les étranglements du canal de débit, c'est-à-dire derrière l'entrée ou la sortie la plus petite. Ceci est significatif selon qu'on essaie d'effectuer un refroidissement structural lorsque le débit volumétrique est le facteur le plus important, ou un refroidissement physiologique lorsque la vélocité du débit est critique.

Lorsqu'on recherche un débit volumétrique maximum, l'aire d'entrée et l'aire de sortie devraient être aussi égales que possible. Lorsqu'on recherche une vélocité maximale de débit, les sorties devraient être plus grandes que les entrées.

Les figures W 11 et W 12 montrent sur plan l'effet de l'emplacement des entrées et des sorties sur le passage du débit d'air à travers une chambre.

<u>Il est utile de</u> songer à l'effet de l'emplacement de l'entrée sur ~~le passage du débit en terme~~ de relations vectorielles. En se heurtant contre ~~un mur le plus petit de telle façon~~ que le débit a une direction lorsqu'il entre dans ~~la chambre.~~ Cette direction est alors affectée par la sortie. La Figure W 12 montre un mur coupant un des recteurs de telle sorte que le débit d'air ~~à tendance, encore une fois,~~ à entrer par la fenêtre dans la direction du vecteur ~~fort. Les figures W 13~~ à W 15 nous montrent cet effet en coupe. A remarquer que ~~l'emplacement de la sortie sur le mur~~ a peu d'effet sur le passage en coupe, et ce en raison de la hauteur limitée de la plupart des chambres. Si les chambres étaient plus hautes et plus profondes, nous commencerions à voir un effet à partir de la sortie. Les figures 16 à 30 montrent les effets sur le passage du débit d'air pour une variété de configurations. Elles sont expliquées par les légendes.

Une fois les conditions du plan de construction qui tient compte de la température d'ampoule sèche et de l'humidité relative sont connues, il est possible de déterminer à partir de la figure 9 la vélocité du débit d'air qui restaurera le confort.

A partir du Climatic Atlas of the United States, (Atlas climatique des Etats-Unis), (9) nous pouvons déterminer les valeurs de référence pour la vitesse et l'orientation moyennes de l'air, et à partir de la loi arithmétique, il est possible de traduire ces valeurs de référence en source de brise selon la hauteur du bâtiment et le terrain local. L'étape suivante consiste à quantifier le débit volumétrique de l'air et sa vélocité.

Il existe deux approches principales pour prévoir la vélocité de l'air dans un bâtiment : la Méthode du Coefficient de Vitesse et la Méthode du Coefficient de Pression. La Méthode du Coefficient de Vitesse nécessite un tunnel aérodynamique. Elle est décrite par Aynsley (7). En plaçant des anémomètres dans le modèle et sur le passage d'air libre à une hauteur de référence établie à l'échelle des données sur la hauteur de référence du vent, le coefficient peut être obtenu, en égard à la vitesse du passage d'air libre, chaque fois que c'est utile, en utilisant la formule suivante :

$$C_{\bar{V}_1} = \frac{\bar{V}_1}{V\ ref}$$

dans laquelle : $C_{\bar{V}_1}$ = Coefficient de la vitesse sur le modèle

$\bar{V}1$ = Vitesse mesurée sur le modèle

$\bar{V}ref$ = Vitesse du flux libre à la hauteur de référence sur le modèle.

Ainsi, si notre hauteur de référence établie à l'échelle est de 30 pieds et que $C_{\bar{V}_1} = 0.5$ nous savons alors qu'à une vitesse du vent de l'ordre de 10 mph mesurée à 30 pieds au-dessus du sol nous obtiendrons une vélocité d'air égale à 5 mph dans le bâtiment réel au point correspondant à celui où V_1 a été mesurée sur le modèle, étant donné que l'orientation relative du bâtiment et du modèle vers le vent sont identiques.

La méthode du coefficient de la vitesse nécessite des modèles relativement grands et, par conséquent, des coupes transversales des tunnels aérodynamiques grandes. Nombre de critères de dessin à l'échelle doivent être respectée comme pour tout modelage de similitude. Ce procédé représente la dernière réalisation de la technique de prévisions de la vélocité de l'air à l'intérieur et autour d'un bâtiment. Encore faut-il qu'il soit disponible.

METHODE DU COEFFICIENT DE PRESSION

La méthode du coefficient de pression ne nécessite pas un test de tunnel aérodynamique pour chaque bâtiment. Au lieu de cela, les données du coefficient de pression et de décharge obtenues à partir des tests de tunnel aérodynamiques antérieurs peuvent être utilisées dans l'équation du taux du débit volumétrique. Bon nombre de formes différentes de cette équation existent qui permettent divers degrés de détails dans l'analyse.
La dérivation de cette équation est décrite par Aynsley (7), Chandra (8) et Olgyay (5) en suggèrent des formes simplifiées.

La forme générale de l'équation du taux de débit volumétrique est la suivante :

$$Q = CdA\left[(C_{P_1} - C_{P_2})\,Vref^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

dans laquelle :

- Q = taux du débit volumétrique
- C_d = coefficient de décharge
- A = aire de l'ouverture
- C_{P_1} = coefficient de pression au vent
- C_{P_2} = coefficient de pression sous le vent

Cependant, étant donné que dans les immeubles le passage du débit doit traverser plusieurs ouvertures successives, la forme que convient le mieux est la suivante :

$$a = \left[\frac{(C_{P_1} - C_{P_{n+1}})\,Vref^2}{\dfrac{1}{C_{d_1}^2 A_1^2} + \dfrac{1}{C_{d_2}^2 A_2^2} + \dfrac{1}{C_{d_n}^2 A_n^2}}\right]^{\frac{1}{2}}$$

dans laquelle :

Q = taux du débit volumétrique

C_{p_1} = cofficient de pression près de l'ouverture la plus au vent

C_{d_1} = coefficient de décharge de l'ouverture la plus au vent

C_{p_2} = coefficient de pression immédiatement près de l'ouverture la plus au vent

A_1 = aire de l'ouverture la plus au vent

A_2 = aire de l'ouverture située immédiatement près de l'ouverture la plus au vent

V ref = vitesse du vent à la hauteur de référence à laquelle les coefficients de pression ont été calculés (généralement 10 pieds).

La vitesse moyenne du débit près des ouvertures peut être calculée en divisant le taux du débit volumétrique par l'aire effective de l'ouverture en question selon la formule suivante :

$$\frac{Q}{A_n \cos \theta}$$

dans laquelle :

Q = taux du débit volumétrique

A_n = aire de l'ouverture

θ = angle d'incidence du vent

Le coefficient de décharge peut également être modifié pour les angles variables du vent, par la même méthode, c'est-à-dire :

$C_d = C_d$ (normal) $\cos \theta$

Pour utiliser ces équation, il est nécessaire d'avoir des données sur le coefficient de décharge et le coefficient de pression relatifs au bâtiment en question. Les Figures 11a et b fournissent des données sur le coefficient de pression de deux types de bâtiment. La Figure 12 fournit des données sur le coefficient de pression d'un certain nombre de configurations d'entrée et de sortie. Dans ce tableau A_o représente l'aire de sortie et A_1, la coupe transversale de la chambre immédiatement située au vent de la sortie. Ces coefficients ont été pris chez AYNSLEY (7). Autres sources de données sur le coefficient de pression :

- O ASHRAE Guide and Data Book : Systems and Equipment for 1967 (10)
- O Chien, Ning et al ; Wind tunnel Studies of Pressure Distribution ou Elementary Building Forms (11)

La méthode du coefficient de pression est la plus appropriée lorsque toutes les ouvertures sont relativement petites, comparées à l'aire de la surface de la partie non-poreuse du mur. A mesure que l'aire de l'ouverture approche 100 % de l'aire du mur, la caractérisation du coefficient de pression de la vitesse de l'air intérieur n'est plus appropriée. Ceci constitue rarement un problème dans les zones tempérées ou semi-tropicales qui nécessitent un chauffage en hiver et un refroidissement en été du fait que la taille des ouvertures est nécessairement relativement petite.

METHODE SIMPLIFIEE

OLGAY a élaboré une forme simplifiée de l'équation du coefficient de pression qui est utile comme outil grossier dans les premiers stades du processus d'élaboration du plan. Pour les configurations complexes, ou lorsqu'une évaluation précise de la vélocité de l'air intérieur est nécessaire, il convient d'utiliser soit la méthode de vélocité de l'air, soit celle du coefficient de pression détaillé. Cependant, lorsqu'une simple estimation est suffisante, on suggère la méthode d'OLGYAY.

L'équation donnée par OLGYAY similaire à celle donnée par ASHRAE dans le Manuel des Principes, version 1977 (1977 Hand Book of Fundamentals). Cependant, la formule d'OLGYAY est quelque peu plus versatile. Cet auteur a comparé l'équation du coefficient de pression détaillé à la formule d'OLGYAY pour un petit bâtiment commercial et eut raison dans les limites d'une vélocité de l'air de l'ordre de 35 pieds/min. La méthode Olgyay était légèrement plus conservatrice que la méthode détaillée et prévoit une vitesse plus petite.

La formule d'Olgyay est la suivante :

$$Q = E\ A\ V$$

dans laquelle :

Q = Taux du débit volumétrique (pied^3/m)

E = Valeur obtenue à partir du tableau selon le rapport de l'aire de l'entrée et de la sortie

A = Aire des entrées (pied^2)

V = Source de brise dans le bâtiment (m p h)

La valeur E est prise dans le tableau 6

TABLEAU 6 - VALEURS DE E*

Aire des sorties / Aire des entrées	Valeur à substituer à E dans la formule
1 : 1	53
2 : 1	67
3 : 1	71
4 : 1	72,5
5 : 1	73
3 : 4	45
1 : 2	33
1 : 4	18

Une fois que le taux du débit volumétrique Q est connu, la vitesse moyenne près des ouvertures peut être obtenue de la même façon que pour la Méthode du Coefficient de Pression ; c'est-à-dire

$$\bar{V}_n = \frac{Q}{A_n}$$

dans laquelle :

$\bar{V}_n$ = Vitesse Moyenne près de l'ouverture n (Pied/m).

---

* L'auteur a adapté les valeurs originales de E données par Olgyay de telle façon que Q est exprimée en Pied^3/m.

Q = Taux du débit volumétrique (Pied^3/m)

A_n = Aire de l'ouverture n (Pied^2).

L'utilisation de cette méthode est très facile à comprendre surtout si elle est appliquée à un échantillon de problème élémentaire.

ECHANTILLON DE PROBLEME

La Figure S1 montre une vue de plan d'un module situé dans un bâtiment à usage administratif doublement encombré. Dans chaque bureau du soubassement de cet immeuble, il y avait une fenêtre de 10 Pied^2. Ces fenêtres étaient orientées de la façon suivante : 5 Pieds horizontalement et 2 Pieds verticalement, le débit de l'air est augmenté, particulièrement lorsque la brise vient en oblique vers les fenêtres. Les portes sont de taille normale 18 à 20 Pieds^2. Dans la mesure où les portes sont sur le passage du débit et leur aire égale ou supérieure à celle de l'entrée et de la sortie, la méthode simplifiée du calcul de la vitesse du débit peut être utilisée.

Etant donné ce qui suit :

Localisation	Washington, D.C.
Source de brise à l'entrée	5 mph
Direction de la brise	Normale par rapport à l'entrée
Aire de l'entrée	10 Pieds^2
Aire de la sortie	10 Pieds^2
Aire de la porte	20 Pieds^2

La formule simplifiée du taux du débit volumétrique est la suivante

$$Q = E \, A \, V$$

$$\text{Rapport } \frac{\text{Entrée}}{\text{Sortie}} = \frac{10}{10} = 1$$

Il s'en suit, d'après le tableau 7, que :

E = 53

A = aire de l'entrée = 10 Pieds^2

V = source de brise = 5 mph

Q = (53) (10) (5) = 2650 Pieds^2/min

D'après la formule simplifiée de la vitesse du débit

$$V = \frac{Q}{A_n}$$

Ainsi, avec des fenêtres de taille modeste, une vitesse de débit de l'ordre de 265 Pieds/min peut être maintenue dans la mesure où les portes du corridor restent ouvertes et que la source de brise soit maintenue à 5 mph.

En se référant à la Figure 9 et en interpolant au juste milieu entre la courbe de Fanger et celle de Aynsley, on remarque qu'une vélocité d'air de l'ordre de 265 Pieds/m restera . Le confort sur une marge variant de 88° F DB à 60 % RH à 84° F et 100 % RH.

En examinant la Figure S-2 qui fournit des données sur la température du mois de Juillet à Washington, D.C, on observe qu'en moyenne, lorsque la température est élevée RH reste assez bas. En conséquence, dans les conditions estivales normales une source de brise de l'ordre de 5 mph est suffisante pour maintenir le confort dans ce bâtiment à usage administratif.

Il est possible d'augmenter la vélocité du débit encore davantage, moyennant une très petite modification du plan, telle que l'augmentation de l'aire de sortie à 20 Pieds^2. En transformant les équations $Q = E\ A\ V$ et $\bar{V}_n = Q/A_n$, tout en tenant compte du fait que la valeur de E sera maintenant de 67 puisque le rapport de l'aire de la sortie sur l'aire de l'entrée est égal à 2, on remarque qu'avec une source de brise de 5 mph on peut provoquer une vélocité d'air de l'ordre de 335 Pieds/min.

Avec ce niveau de mouvement de l'air, on peut maintenir des conditions confortables à l'intérieur de l'immeuble pendant approximativement toute la durée de l'été moins trois semaines (voir Figure 5-3). Pendant ces trois semaines, on peut utiliser des ventilateurs électriques.

METHODES EMPIRIQUES

- Couvrir les fenêtres de l'extérieur pendant les parties surchauffées de l'année.
- Réduire la réflection du sol au minimum pendant les parties surchauffées de l'année.
- Pour refroidir les climats chargés, utiliser les couleurs claires à basse absorptivité pour les surfaces extérieures des bâtiments.
- Utiliser des murs extérieurs massifs ou bien isolées pour réduire la conductivité au minimum.

- Couvrir les surfaces extérieures, chaque fois que c'est possible.
- Allonger les fenêtres dans le sens horizontal de façon à les exposer les plus possibles à l'angle d'incidence du vent pour que le débit de l'air soit fort (voir Figure S-4).
- Construire les séparations intérieures de façon à ce qu'elles n'interfèrent pas avec le passage du débit d'air.
- S'il est besoin de mettre des moustiquaires, essayer de construire le cadre ou le portiqué du moustiquaire au niveau des entrées (voir Figure S-5).
- Etablir le plan d'emplacement, le dessin des jardins et les façades architecturales de façon à capturer les brises et à les focaliser sur les ouvertures.
- Si une aération croisée est possible, utiliser l'orientation du vent et les façades de façon à accroître les différences de pression entre les fenêtres d'un même mur (voir Figure S-6).
- Utiliser les fenêtres à deux battants pour que l'aire entière de l'ouverture de la fenêtre soit disponible au captage des brises.

CONCLUSIONS

- Les travaux récents sur le confort thermique chez les êtres humains indiquent une grande potentialité de réfrigération physiologique à haute température sèche et à humidité relative avec un mouvement d'air modeste.
- Les méthodes manuelles simplifiées de prévision du mouvement de l'air à l'intérieur des espaces architecturaux et les méthodes plus détaillées sont concordantes, compte tenu du degré d'incertitude inhérent aux critères de confort et aux données sur le vent.
- Avec des sources de brise modestes, il est possible de restorer le confort dans les climats chauds et humides tels que celui de Washington D.C, moyennant de très petites modifications du plan de construction pour les bâtiments conventionnels.

REMARQUE DE L'AUTEUR

Ce papier est le brouillon d'un article sur l'Aération Naturelle qui sera publié dans Federal Buildings Solar Design Workbook qui paraîtra vers la fin de cette année. Veuillez excuser les erreurs et omissions de cette version.

REFERENCES

1 - F.C. Haughton et C.P. Yaglou "Determining Lines of Equal Confort", ASHVE Trans. Vol 29, 1923.

2 - Givoni, B. Man, Climate and Architecture. Applied Science Publishers LTD, London 1976

3 - ASHRAE Handbook and Product Directory 1977 Fundamentals ASHRAE, 345 E.47 th St, New-York, N Y 10017.1977

4 - Fanger, P.O. Thermal comfort Analysis and Applications in Environmental Engineering Mc Graw-Hill, 1970

5 - Olgyay, V.Design with Climate. Princeton University Press, 1977

6 - Nevins, R.G "Psychometrics and Modern Comfort. "Présenté à la réunion mixte ASHRAE-ASME, 28-29 Nov. 1961-

7 - Aynsley, Vickery, Melbourne. Architectural Aerodynamics. Applied Science Publishers Ltd, London 1977

8 - Chandra, S. Principles of Natural Ventilation. Building Research Station, Garston, Watford, UK, 1978

9 - Climatic Atlas of the United States. Us Dept of Commerce, Environmental Data Service. National Climatic Center, Asheville, NC, 1977

10 - ASHRAE Guide and Data Book. ASHRAE, N.Y, N.Y, 1977

11 - Chien, Ning, et al. Wind Tunnel Studies of Pressure Distribution ou Elementary Building Forms. Iowa Institute of Hydraulic Research, State University of Iowa, Iowa City, IA, 1951.

L'EXPERIENCE DES ETATS UNIS DANS LE DOMAINE DES NORMES DE RENDEMENT ENERGETIQUE DANS LE BATIMENT

PAR

THOMAS VONIER ASSOCIATES, INC ARCHITECTS 1927 S. ST, N.W.
SUITE 300 WASHINGTON, D.C. 20009 - USA -

POUR

LE SEMINAIRE SUR LE LOGEMENT ET L'ENERGIE TUNIS, TUNISIE
DU 11 AU 13 JANVIER 1982

RESUME

Les usages ayant rapport au batiment comptent 37 pour cent de la consommation annuelle des Etats Unis. Des efforts considérables ont été faits pour développer des programmes et des méthodes qui aideraient les professionnels de ce domaine à présenter des constructions dont le rendement énergétique serait amélioré d'une façon considérable en comparaison des pratiques actuelles. Ces efforts progressant, l'accent é été mis sur les méthodes d'analyse de l'énergie et sur les caractéristiques de coût et de rendement de technologiesvariées de conservation de l'énergie dans le bâtiment.

Alors que le gouvernement des Etats Unis ne soutiendra plus une approche règlementaire de la conservation de l'énergie dans le bâtiment on aurait pu attendre de ces efforts en vue d'une conservation à long terme des conséquences profondes sur le batiment aux Etats Unis, et qu'ils servent d'exemple pour la communauté internationale.

LE CONTEXTE

L'énergie utilisée dans le bâtiment - pour le chauffage, la climatisation,le chauffage de l'eau et nombreaux autres usages de moindre importance - compte plus du tiers de la consommation annuelle totale de l'énergie utilisée aux Etats Unis. La part relative de l'énergie totale utilisée dans le secteur du bâtiment s'est accrue d'une façon substantielle depuis que de telles statistiques furent développées au début des années 1970, à un tel point qu'en 1979 - la dernière année pour laquelle l'information est disponible - l'utilisation de l'énergie dans le bâtiment s'est élevée à 37 pour cent du total national (1). Dans ce chiffre globale les bâtiments résidentiels comptent pour 22 pour cent du total national, alors que le bâtiment à usage commercial et autre non résidentiel représentent 15 pour cent.

On comprend qu'aux Etats Unis avec une consommation en énergie s'élevant à 19 x 10^8 TEP pour 1979, dont plus de 7. 10^8 dans l'habitat défini ci-dessus, les efforts concernant la conservation de l'énergie se soient portés sur l'environnement bâti. Une part de l'effort des Etats Unis, en vue d'améliorer le rendement de l'énergie dans le bâtiment a porté sur une meilleure connaissance des usages et des quantités d'énergie qui y sont consommées. Le tableau 1 montre une décomposition par usage final durant l'année 1979 pour respectivement les bâtiments résidentiels et commerciaux.

TABLEAU 1

Utilisation de l'énergie dans le secteur du batiment en pourcentage de la consommation totale des Etats Unis.

Usage final	Résidentiel	Commercial	Total
Chauffage des locaux	10,1	6,6	16,7
Climatisation	1,3	2,3	3,6
Chauffage de l'eau	3,3	0,3	3,6
Eclairage	1,3	3,4	4,7
Autre	6,0	2,4	8,4
Total	22,0	15,0	37,0

Source : Département Américain de l'Energie, Administration de l'information sur l'Energie 1980.

Vu de l'intérieur du secteur, les utilisations finales pour les constructions résidentielles et pour le commerce sont distribuées comme le montrent les figures 1 et 2 ci-dessous. Ces figures sont elles aussi basées sur les données de 1979 du Département Américain de l'Energie. Ces données ont suggéré des cibles d'intervention en matière de conservation de l'énergie dans le secteur du bâtiment aux Etats Unis et vont aider à décrire le contexte général des programmes qui ont été appliqués dans ce domaine durant les sept ou huit années qui se sont écoulées. Un certain nombre d'organismes publics et privés ont suggéré qu'un conception améliorée pour les nouvelles construction et qu'un minimum de reflexion sur les structures existantes pouvaient réduire la consommation de l'énergie dans les nouvelles constructions de 50 pour cent par rapport aux pratiques courantes et de plus de 30 pour cent dans les batiments existants (2)

Fig 1

Consommation de l'énergie dans le commerce, 1979.

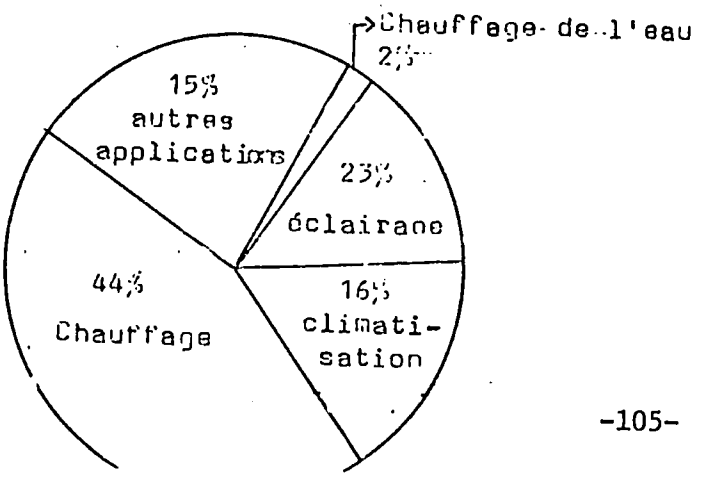
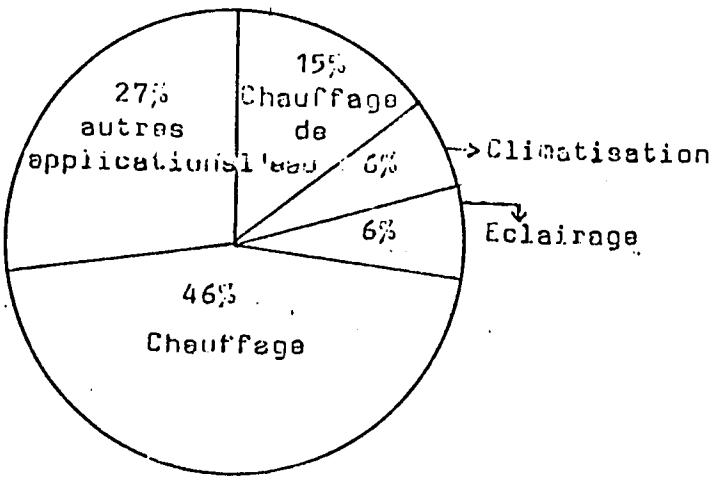


Fig. 2

Consommation de l'énergie dans le secteur résidentiel, 1979.



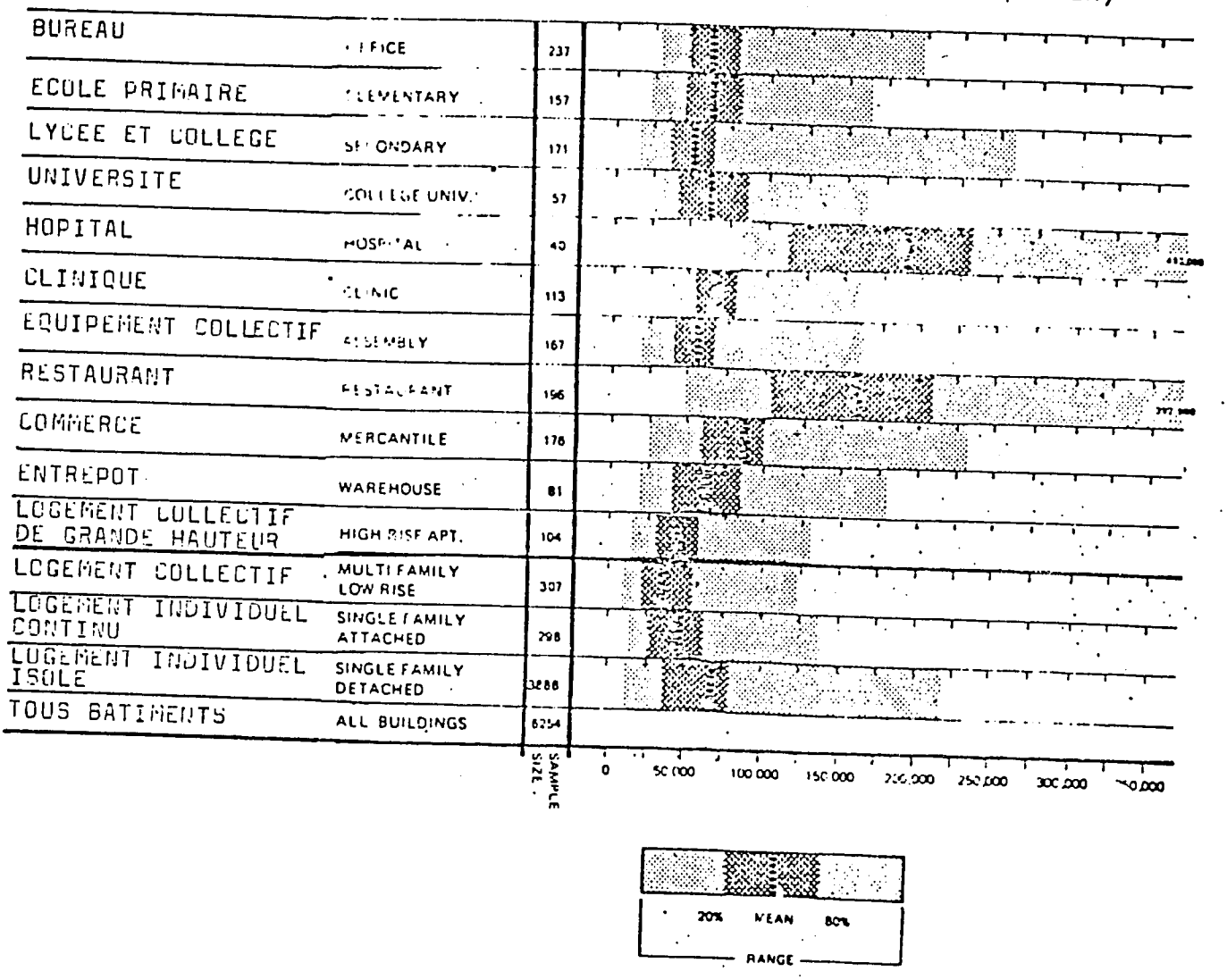
Sous les administration précédentes, le gouvernement des Etats Unis a entrepris une approche politique vigoureuse qui aurait pu amener vers la moitié des années 1980 à l'établissement de normes réglementaires à l'échelle nationale, en matière de rendements énergétiques, applicables à toute nouvelle construction. Le gouvernement actuel élu sur la base d'une réduction de l'activité régulatrice fédérale et d'une politique économique dite "de marché libre " a choisi d'éliminer les normes réglementaires et se basera plutôt sur les incitations du marché à la conservation de l'énergie qui devraient résulter des prix plus élevés de l'énergie. Ce document décrit quelques unes des recherches techniques entreprises pour le programme de développement des normes, revoit quelques unes des conceptions techniques qui pourraient pousser les architectes et les ingénieurs à améliorer le rendement énergétique dans le batiment et conclut sur les perspectives concernant l'avenir de l'utilisation de l'énergie dans le bâtiment aux Etats Unis.

PRATIQUE COURANTE DE LA CONCEPTION

Dans le cadre du développement des normes nationales de rendement énergétique concernant les nouvelles constructions, le gouvernement des EtatsUnis a fait une enquête détaillée sur le rendement énergétique d'un échantillon de batiments construits dans les années 1975-1976. Des estimations sur l'utilisation annuelle de l'énergie ont été faites sur ordinateur à partir de calculs, utilisant les profils standards , les données climatiques et les résultats d'une enquete sur les caractéristiques de la conception des batiments. Le tableau 2 montre des résultats pris de cette enquête concernant toutes les régions climatiques des Etats Unis.

TABLE 2

Distribution des performances énergétiques pour toutes les régions climatiques des U.S.A (en British Thermal Unit par pied carré par an)



Le but de cette recherche était d'établir une référence de pratique courante pour l'utilisation de normes énergétiques de rechange qui seraient utilisées dans la conception des nouvelles contructions. Le rendement énergétique dans les construction était considéré comme fonction de leurs caractéristiques physiques, de l'usage projeté et des conditions climatiques dominantes. En calculant la consommation annuelle de l'énergie de ces constructions les chercheurs ont :

- clarifié les variations dans les types de batiment et les conditions climatiques à travers le pays,
- défini les données requises, établi un échantillon et recueilli les données sur les conceptions du bâtiment dans l'échantillon
- Utilisé des méthodes adéquates pour calculer l'usage énergétique annuel de toutes les constructions de l'échantillon.

La seconde phase de la recherche a démontré grâce aux efforts d'un groupe d'architectes et d'ingénieurs, jusqu'à quel point le rendement énergétique des batiments pouvaient être amélioré en respectant les contraintes économiques de planning initiales. Cette recherche avait aussi pour but de déterminer les effets possibles des diverses normes énergétiques spontanées si elles étaient appliquées à l'échelle nationale.

Dans ce but les premiers architectes et ingénieurs en batiment impliqués dans la première partie de l'enquête furent retenus pour produire de nouvelles conceptions détaillées. Toutes les conditions du programme des constructions initiales furent maintenues et les mêmes sites utilisés. Les budgets de la construction ne furent modifiés que là où c'était justifié par des économies sur le coût du cycle de vie et par l'appréciation des concepteurs sur ce que leurs clients accepteraient et seraient en mesure de payer.

Le second groupe de contructions compris dans l'effort de recherche - un sous groupe de celles comprises dans le premier groupe - fut soumis à une analyse et à un calcul sur ordinateur. Les résultats ont montré les effets possibles sur l'utilisation de l'énergie de :

- toute la nouvelle construction conçue selon les normes énergétiques existantes et

  toute la nouvelle construction conçue pour une efficience énergétique maximum telle que déterminée par un groupe de professionnels de la conception (4)

L'APPROCHE DES NORMES REGLEMENTEES

Se basant sur les efforts de recherche déjà réalisés et sur les analyses économiques détaillées ultérieures, le gouvernement fédéral proposa de mettre en place un ensemble de normes nationales de rendement

énergétique qui pouvait être finalement appliquées à toutes les régions des Etats Unis. Les normes auraient fait appel à des améliorations dans l'usage énergétique variant entre 22 et 51 pour cent dans les constructions à usage non résidentiel, par rapport à la référence et entre 17 et 38 pour cent dans les constructions à usage résidentiel.

Telles quelles, les normes furent transmises aux architectes de nouvelles constructions et mettent en oeuvre trois concepts correllés.

Normes de consommation d'énergie : présentant la consommation maximum d'énergie permise en (TEP/M2/an), indépendamment des méthodes, matériaux ou procédés utilisés par des architectes. Ceux-ci étaient établis pour plusieurs régions du pays et variaient selon l'usage du bâtiment.

Technique d'évaluation de la consommation d'énergie: qui précise les données météorologique, les conditions d'utilisation et autres variables. Elle établi des méthodes de calcul de l'utilisation annuelle d'énergie.

La règlementation aurait simplement imposé que la consommation d'énergie d'un batiment -Telle que fournie par la technique d'Evaluation- n'excède pas les normes de consommation. En ce qui concerne les constructions commerciales les usages finaux de l'énergie, traitées par les normes étaient le chauffage et la climatisation, l'éclairage, la ventilation l'eau chaude domestique, les ascenseurs et les escaliers roulants et autres auxiliaires . En ce qui concerne les constructions résidentielles, les textes fournissent une norme de consommation fixé pour l'eau chaude domestique, et pour le chauffage et la climatisation une norme variant avec la localisation géographique (climat) et le type de résidence. Toujours pour le secteur résidentiel, et la plupart des installations d'éclairage étant réalisées par les propriétaires, le texte ne prévoyaient pas de norme pour cet usage. Si une partie de l'énergie consommée par l'immeuble devait être fournie par une source d'énergie renouvelable (collecteur solaire...) cette partie devait être soustraite de la consommation totale.

Le Département Américain de l'Energie a démontré que l'application de ces normes entraineraient à long terme des économies considérables en dollars et en énergie. Selon le gouvernement, les économies ne devaient atteindre leur véritable ampleur que vers l'an 2000 ; ce n'est en effet que dans cette période que les nouvelles constructions (bâties après 1985) représenteraient une partie significative du stock immobilier total des Etats Unis. Dans le projet du Département de l'Energie l'aspect de réduction de la pollution de l'environnement résultant d'une réduction du fonctionnement des centrales électriques était aussi important que l'économie d'énergie proprement dite.

UNE MODIFICATION DANS LA POLITIQUE FEDERALE

Malgré le poids de ses arguments, le gouvernement était en but aux plaintes et réclamations venant de toute part dans l'industrie du

bâtiment quant aux normes et aux effets qu'elles pourraient avoir sur l'activité du secteur aux Etats Unis. Les entrepreneurs, les promoteurs, les fabricants et beaucoup d'autres, ayant déjà des difficultés financières, avaient peur des coûts supplémentaires que pourrait imposer le respect des normes. Bien que n'étant pas opposés à la conservation de l'énergie ou au besoin d'améliorer les performances énergétiques du bâtiment, ces groupes firent connaitre leurs inquiétudes à propos de la qualité technique des standards et remirent en question la nécessité de l'approche règlementaire.

Avec le changement du gouvernement fédéral, au début de 1981, il y eut un changement dramatique dans la politique énergétique et dans l'attitude gouvernementale à l'égard de la règlementation. Mettant l'accent sur le développement de nouvelles sources d'énergie et sur la réduction du rôle fédéral dans la régulation de l'activité du secteur privé, la nouvelle administration US a supprimé le financement du programme de normes de rendement énergétique du bâtiment et ne cherchera pas à imposer de telles normes à l'échelle nationale par l'utilisation des pouvoirs fédéraux.

Le gouvernement, en supposant que les choses suivent leurs cours présent, s'appuyera sur la combinaison des incitation que constituent un prix de l'énergie plus élevé - dû en partie à la suppression de la règlementation sur la production nationale de pétrole et de gaz naturel- et le crédit d'impôt, pour susciter l'investissement privé dans la conservation de l'énergie. L'administration actuelle considère que ces facteurs, couplés à la mise au point de certaines technologies-clé en matière de conservation de l'énergie dans le batiment, apporteront des résultats satisfaisant à un coût ultime beaucoup plus bas pour le citoyen américain, et sans recourir à des mesures règlementaires encombrantes, coûteuses et souvent impopulaires.

Sous la nouvelle administration, la recherche fédérale en matière d'énergie tendra à se concentrer sur le développement technologique à long terme dans des domaines ou l'industrie privée ne désire pas investir actuellement. Parmi ces technologies à "haut risque/haut profit" se trouvent les cellules photovoltaiques qui convertissent directement l'énergie solaire en électricité.

Il y a une grande divergence d'opinions sur la capacité de cette politique (ou plutôt de cette absence de politique) à influer sur les caractéristiques de rendement énergétique du parc immobilier US. On peut attendre de plusieurs facteurs qu'ils stimulent la réaction du marché à une augmentation des prix de l'énergie et à des incitations fiscales, indépendamment de l'accent mis par le gouvernement sur la consommation de l'énergie dans le batiment. Parmi ces facteurs il y a:

Les codes de l'énergie étatiques et locaux, qui sont maintenant en place dans plus de 35 des 50 états américains et qui, à un bien moindre degré que ne l'auraient fait les normes fédérales, appellent à une amélioration des rendements énergétiques dans la construction nouvelle. Il reste malgré tout à voir si la ferveur antirèglementaire qui a atteint le gouvernement fédéral s'étendra aux états et si les efforts vigoureux nécessaires à la mise en application de ces codes seront faits.

Le développement d'outils de conception et d'analyse, destinés principalement aux architectes et non exempts de défauts techniques, mais malgré tout assez avancés et indiscutablement utiles comme moyen d'améliorer la qualité de la conception des bâtiments du point de vue énergétique. Ces outils ont été développés sur des crédits publics et sont librement disponibles. Beaucoup ont été adaptés avec succès par des entrepreneurs privés et commencent à être utilisés.

La diffusion de l'information sur le coût et le rendement de stratégies de conception variées aidera à faire adopter ces techniques sur une plus large échelle, sans réglementation. De façon plus importante, au fur et à mesure que la clientelle publique et privée du Bâtiment se familiarise avec les données développées par le gouvernement US. comme partie du travail de développement des normes, on pourrait espérer le même résultat que d'un programme réglementaire

Des efforts de marketing de la part des fabricants dont les produits ont un avantage particulier dans le domaine énergétique continueront sûrement à offrir, aux architectes et aux clients, la possiblité d'envisager différentes approches pour l'économie d'énergie . Plusieurs grandes sociétés -notamment dans le domaine du vitrage et de l'isolation- se sont engagés très substantiellement dans le marketing et des programmes de développement de produits touchant à l'énergie.

Sur cet arrière plan de recherche technique extensive et les facteurs qui peuvent continuer à pousser à des efforts nationaux extensifs en matière de conservation d'énergie, il est important d'examiner ce que pouvent être les perspectives du secteur US du bâtiment pour la prochaine décennie. A cet égard il est aussi important de noter que les Etats Unis apparaissent, au dire de tout le monde, trainer loin derrière leurs alliés internationaux pour les efforts de conservation de l'énergie, et ont à relever -au moins dans le domaine du bâtiment- un défit beaucoup plus important. Par exemple, plusieurs études ont placé la consommation énergétique des immeubles américains à usage de bureau de la période 1975, à un niveau pratiquement double de celle des immeubles européen de même âge et de même taille (5). Le modèle américain de croissance et de développement urbains, peut de même, constituer un défit important pour ce pays en comparaison avec d'autres parties du monde (6).

LES PERSPECTIVES D'AVENIR AUX ETATS UNIS

On peut raisonnablement se demander, après l'écoulement de bientôt huit ans depuis le premier embargo moyen - oriental sur le pétrole, et la dépense publique et privée d'un nombre incalculable de millions de dollars en vue de réduire la dépendance américaine vis à vis du pétrole étranger, quels résultats ont été obtenus jusqu'ici dans l'améliore-

tion des rendements énergétiques des constructions nouvelles ou des constructions existantes. Les réponses ne sont pas toutes claires, du fait que la collecte des données pour les années venant après l'enquête 1975-76, à été beaucoup moins large. Certains indices montrent qu'un progrès est en cours, particulièrment dans les plus grands bâtiments à usage commercial et administratif ; mais il est aussi évident que beaucoup reste à accomplir, particulièrement dans le serteur résidentiel. La " Tennessee Valey Authority, par exemple, qui est l'une des plus grande compagnie d'électricité de ce pays, déclare qu'en dépit d'une éducation massive et de programmes d'assistance technique un très grand nombre de ces bâtiment sont encore construits avec une isolation bien en-dessous de niveaux considérés comme prudent même par les plus optimistes des projections des prix futurs de l'énergie.

Une attention considérable commence à etre accordée à l'énergie dans la publicité étatique, et des campagnes de promotion dans les milieux américains de la construction et les principaux organismes commerciaux et professionnels, donnent une haute priorité à ce sujet. Il y a aussi une préoccupation populaire de conservation de l'énergie, qui a été associée récemment à un intérêt accru dans la préservation des monuments historiques. L'utilisation d'énergie solaire pour les batiments , qui de façon intéressant, est souvent vues comme non liée à la consommation d'énergie, bénéficie d'une grande popularité et, avec l'opposition au futur développement de l'énergie nucléaire, est pratiquement devenue une cause politique.

Il y aurait sans aucun doute des changements spectaculaires dans les caractéristiques de conception des batiments, en réponse directe à une modification de la situation énergétique. Celle-ci résultérait des coûts de l'énergie, mais serait aussi susceptible de sensibiliser à la vulnérabilité aux interruptions de livraisons et aux perspectives à long terme. Un propriétaire qui peut utiliser un bâtiment pendant plus de vingt ans est porté, dans cette période de changement et d'incetitude, à chercher à prévoir ce que le futur peut réserver en matière de disponibilité de certains combustibles.

La principale question semble être la rapidité et la profondeur des changements à venir. L'industrie US du bâtiment ne s'est pas faite remarquer dans le passé, par sa rapidité et son enthousiasm à répondre aux nouvelles techniques de conception et de construction (principale justification des normes règlementaires adoptées par la précédente administration fédérale) et l'industrie fait déjà face à de sérieuses difficultés économiques qui ne sont pas toutes dues à la hausse des prix de l'énergie.

Que ce soit le résultat de facteurs économiques ou d'autres facteurs, il est évident que les utilisateurs américains d'énergie font de grands progrès en matière de conservation. Les données préliminaires pour 1980 et 1981 suggèrent que la consommation américaine totale d'énergie a baissé de 4 % par rapport aux années précédentes et que les importations de pétrole on connu une baisse importante à des niveaux inférieurs de 20 % à ceux de 1979. Pour 1981 les chiffres des importations sont encore plus bas.

Il apparait maintenant que ceux qui avaient préconisé une approche basée sur l'économie de marché vont avoir l'occasion sans précédent

de voir mise à l'épreuve la validité de leur thèse. Dans la mesure où des programmes gouvernementaux de test et de démonstration, sophistiqués et coûteux -de concert avec l'accent mis sur la règlementation- ont servi à dissuader l'investissement privé et la coopération dans la conservation de l'énergie, nous pouvons maintenant nous attendre à un épanouissement de l'activité privée. S'il n'en est pas ainsi, les perspectives peuvent être vraiment très tristes.

Notes and References

1. United States Department of Energy, Energy Information Administration, "Monthly Summaries of US Energy Consumption Data," Washington, D.C. (May 1981).

2. American Institute of Architects, Conserving Energy in the Built Environment: A Gap in Current Strategies, Washington, D.C. (1976).

3. United States Department of Housing and Urban Development, Office of Policy Development and Research, Phase 1: Base Data for the Development of Eenergy Performance Standards for New Buildings, Washington, D.C. (October 1978).

4. United States Department of Energy, Office of Conservation and Solar Energy, Notice of Proposed Rulemaking: Energy Performance Standards for New Buildings, Federal Register, Washington, D.C. (November 1979).

5. Organization for Economic Cooperation and Development, International Energy Agency, Comparative Energy Use Data for Member Countries, Paris, France (unpublished working group paper, 1978).

6. Vonier, Thomas, Energy and Urban Form: Suggestions for American Cities Based on European Examples, Washington, D.C. (paper in progress, due for publication January 1982).

LES APPLICATIONS DE L'ENERGIE SOLAIRE DANS LE CHAUFFAGE ET LA CLIMATISATION ACTIFS

D'APRES
JOHN HARTLEY

ENVIRONMENTALLY RESPONSIVE SHELTER, INC
RT 8 BOX 516C CHAPEL HILL
NORTH CAROLINA 27514 U.S.A.

EN VUE

D'UN SEMINAIRE SUR L'HABITAT ET L'ENERGIE
TUNIS, TUNISIE

11 - 13 JANVIER 1982

LES APPLICATIONS DE L'ENERGIE SOLAIRE DANS LE CHAUFFAGE ET LA CLIMATISATION ACTIFS

Dans notre discussion sur les systèmes solaires actifs nous nous limiterons au chauffage et à la climatisation. Les systèmes domestiques de chauffe-eau solaires ne seront pas traités ici.

Les systèmes solaires de chauffage et de climatisation actifs utilisent souvent des capteurs à placer sur le toit et des appareils de stockage séparés. La chaleur se déplace des capteurs vers le réservoir de stockage ou directement vers les pièces par des voies indirectes qui comprennent souvent les tuyauteries ou les radiateurs. Des ventilateurs et des pompes sont nécessaires pour faire circuler les liquides et les gaz du capteur vers le réservoir de stockage de la chaleur. Quand la maison a besoin de chaleur, l'air ou l'eau du système de chauffage transfère la chaleur de son lieu de stockage aux pièces. C'est à cause de cette dépendance de la mécanique pour transférer la chaleur que ces systèmes sont appelés actifs ou indirects. Les avantages qu'ont les systèmes actifs sur les systèmes passifs est qu'ils demandent moins d'attention quotidienne de la part des propriétaires et peuvent être appliqués aux constructions existantes. Les désavantages sont que leur complexité les rendent plus chers à installer et qu'ils sont moins fiables.

Les systèmes solaires actifs ont presque toujours besoin de l'appoint d'un système de chauffage auxiliaire car il est rarement conseillé sur le plan économique de construire un réservoir de stockage de chaleur capable d'alimenter une maison durant les longues périodes froides et sans soleil. En fonction du climat et de la conception de la maison et du système de chauffage solaire 50 à 90 pour cent des besoins en chaleur peuvent être fournis par le soleil. A cause de ces complications, les systèmes actifs sont généralement plus appropriés pour les grands projets tels que les immeubles et les groupes de maisons. Une étroite coordination entre le propriétaire, l'architecte, l'ingénieur et l'entrepreneur est nécessaire pour construire des systèmes actifs si on veut éviter une complexité et des coûts injustifiés. Les composants essentiels d'un système de chauffage solaire indirect sont :

A- Les deux circuits primaires qui transfèrent la chaleur (1) du capteur au réservoir et retour (2) et du réservoir vers les chambres et retour. Ces circuits contiennent un fluide pour le transfert de la chaleur : souvent de l'air ou dans les climats nordiques du propylène glycol pour empêcher le gel.

B- Le capteur solaire pour piéger les radiations solaires.

C- Le réservoir de stockage pour emmagasiner la chaleur en vue des périodes froides.

D- Un échangeur pour transférer la chaleur d'un circuit à l'autre.

E- Des moteurs, des pompes, des valves , des ventilateurs et des organes de commande pour faire circuler la chaleur et les fluides.

F- Un transfert de fluide vers le chauffage auxiliaire dont l'apoint est nécessaire dans les conditions extrêmes.

Un système direct typique fonctionne comme suit : la lumière solaire traverse le couvercle du capteur, frappe la surface d'absorption à l'intérieur du capteur et d'une radiation d'ondes courte se transforme en ondes longues qui est piégée. Le fluide qui circule à travers le circuit de collecte transfère cette chaleur piégée vers l'élément de stockage. Quand on a besoin de chaleur, le circuit de distribution transfère la chaleur de l'élément de stockage de chaleur vers l'endroit à chauffer.

Le type de capteur le plus connu est le capteur plat dans lequel circule soit un liquide soit de l'air. Les composants essentiels d'un capteur plat de type liquide sont illustrés dans cette section. Le capteur est contenu dans une boite isolée plus profonde. La surface supérieure est en verre ou en une autre matière translucide ayant de grandes capacités de transmission. Sous le verre il y a une mince couche d'air et la plaque absorbante formée de tubes posés sur une plaque de métal plate ou intégrés à elle, ces plaques sont souvent recouvertes d'une peinture qui absorbe une chaleur assez importante. Les deux autres capteurs de type liquide sont le type laminaire où l'eau coule simplement sur, et non à travers, la plaque absorbante et le type sandwich où le liquide passe sous la plaque entière.

Les composants d'un capteur de type air sont les mêmes mais au lieu des tuyaux la plaque absorbante peut avoir des ailettes ou être ondulée ou perforée pour assurer une surface d'absorption accrue et les turbulences d'air voulues pour transférer le maximum de chaleur. Dans les deux cas la plaque d'absorption arrête la lumière solaire la converti en chaleur et transfère cette chaleur vers le liquide ou l'air qui circule.

A côté du cpateur plat qui est le plus commun il y a aussi des capteurs à concentration qui ont l'avantage de diriger plus de lumière solaire, entre 50 à 100 %, vers le collecteur mais qui ont l'inconvenient d'avoir à suivre le soleil dans sa course. Les dispositifs nécessaires à cette poursuite pourraient être chers et fragiles.

Il existe un capteur à concentration prometteur pour l'avenir : le capteur parabolique mixte inventé par le Dr Roland Winston. Ce modèle retient la lumière diffuse des journées nuageuses et brumeuses, pratiquement tous les rayons qui passent par une dépressionsont dirigés vers le fond de l'absorbeur. De ce fait le capteur n'a pas besoin de suivre le soleil et peut produire des températures supérieurs à 150 degrés. Avec des températures aussi élevées la production de froid par absorption et la production d'électricité sont possibles.

Stockage

Une certaine capacité de stockage de chaleur est presque toujours nécessaire car le besoin en chaleur persiste quand le soleil disparait, et parce qu'une maison reçoit généralement, lorsque le soleil brille, plus de chaleur qu'elle n'en peut utiliser. En stockant cet excés, le système actif peut fournir l'énergie dont on a besoin sans tenir compte des caprices du temps. Si le facteur prix ne jouait pas on pourrait probablement concevoir une unité de stockage de chaleur assez grande pour supporter les plus longues périodes de temps sans soleil.

Quelques uns des principaux facteurs influençant le coût de stockage de la chaleur sont : le choix du support de stockage, la quantité ou la taille du support de stockage, la taille et le type d'un réservoir et le nombre des pompes ou des ventilateurs nécessaires au déplacement du fluide de transfert. Lors de la conception du stockage de chaleur solaire on doit mettre en balance ces considérations de coût et le rendement du système.

Il faut des températures élevées ou une grande quantité de matériaux pour stocker assez de chaleur : 0,012 TEP pour quelques journées froides et sans soleil. Les rochers et l'eau sont de loin le moyen de stockage le plus commun parce qu'ils sont bon marché et abondants. Le capteur solaire et le moyen de stockage de la chaleur doivent être choisis en même temps. Le capteur de type liquide requiert presque toujours un support de stockage liquide. La plupart des capteurs de type air requièrent un support de stockage fait de petits rochers ou de petits réservoirs d'eau. Entre ces deux catégories principales de stockage de chaleur il y a un grand nombre de variations possibles.

Le système de stockage de chaleur le plus direct est un réservoir rempli d'eau en contact direct avec le capteur et l'installation de chauffage du logement. Le réservoir est en béton et couvert d'une couche de plastique étanche. L'eau la plus froide, qui se trouve au fond du réservoir, est envoyée dans le capteur pour être réchauffée puis revient en haut du réservoir. L'eau la plus chaude, qui se trouve en haut du réservoir, est envoyée directement dans les radiateurs de la maison.

Une variante de ce schéma de base comporte un échangeur de chaleur formé d'un cylindre en cuivre ou d'un tube à ailettes plongé dans le réservoir d'eau chaude. L'eau ou un autre liquide circule à travers l'échangeur de chaleur, collecte la chaleur et la transfère au logement.

Une autre variante comprend à la fois un stockage par l'eau et par la roche. Un réservoir d'eau chaude solaire est entouré de tonnes de pierres de la taille d'un poing. Les pierres fournissent un complément de stockage de chaleur, et fonctionnent aussi en tant que moyen d'échangeur de chaleur à un prix bas. De grands volumes d'air circulent lentement à travers les pierres chaudes et reviennent au logement.

Les rochers sont les mieux connus et les plus utilisés en tant que moyen de stockage de chaleur dans les systèmes du type air. Les coffres de stockage des rochers peuvent être utilisés dans les systèmes qui combinent le climatiseur, le chauffe-eau et le chauffage. L'air frais de la nuit souffle, sur les rochers et la fraicheur est stockée pour être utilisée durant le jour.

Dans cet exemple l'air du capteur chauffé par le soleil est transféré en haut du coffre de rochers. Il est attiré vers le bas à travers les rochers et retourne au capteur par le bas du coffre. Pour chauffer le logement, l'air frais est transféré vers le fond et est chauffé en montant autour du coffre de rochers en thermosiphon naturel. Les rochers les plus chauds qui se trouvent en haut transfèrent leur chaleur à l'air, juste avant qu'il ne soit transféré aux chambres.

Ce deuxième exemple du stockage de rochers à fourneau permet à l'air qui se trouve dans le logement de contourner le stockage du rocher. En général le lit du stockage de rocher ne doit être chauffé par le fourneau que si le lit est localisé à l'intérieur de l'habitation. L'air chauffé par le soleil est transféré en haut du coffre de stockage de rochers pour favoriser la stratification de la température. L'air qui se trouve dans le logement peut à ce moment là être chauffé à une température assez élevée par les rochers les plus chauds qui se trouvent au sommet. Normalement tous les réservoirs de stockage doivent avoir la taille nécessaire et être bien isolés pour retenir le maximum de chaleur.

Le système de distribution de la chaleur

Un système de chauffage solaire actif requièrt un système pour distribuer la chaleur du capteur vers le stockage et du stockage vers les pièces fraiches. Ce système comprend l'échangeur de chaleur, la tuyauterie, les radiateurs, les pompes, les ventilateurs et les détecteurs différentiels des températures. Ce système aurait pour but d'utiliser les températures entre 24 et 26 dogrés C. plus les températures utilisées sont basses et plus l'énergie solaire peut être stockée, plus la capacité du capteur s'accroit. Les organes de commande des températures différentielles sont simples et sont déjà disponibles. La plupart de ces organes de commande déterminent le fonctionnement du capteur en comparant la température du capteur et la température du stockage. Un détecteur de température est posé directement sur l'absorbeur ou sur une surface exposée de la même façon. L'autre est posé sur le volume de stockage près de la sortie. La pompe du capteur commence à fonctionner quand le capteur est de 5 à 20 degrés plus chaud que le stockage.

Le chauffage auxiliaire

Il arrive parfois que toute la chaleur soit utilisée même avec le système de grande capacité de stockage. Il faut donc que le logement ait une source de chaleur auxiliaire. C'est la raison majeure pour laquelle le chauffage solaire actif n'est pas encore très demandé. Dans les climats nordiques les conséquences sévères d'une période de froid continue et de temps nuageux suffisent pour justifier l'appoint d'un système de chauffage conventionel. Dans le bassin Méditerranéen où les températures sont plus douces on peut être amené à faire la dépense d'un chauffage auxiliaire de taille normale.

La pompe à chaleur a servi en tant qu'appareil dans plusieurs systèmes à énergie solaire actifs. C'est essentiellement un appareil de réfrigération fonctionnant à l'envers. La pompe à chaleur prend la chaleur d'un endroit (la source chaude) et la transfère dans un autre (la source froide). La source chaude se trouve refroidie et la source froide réchauffée. Cette capacité des pompes à chaleur à travailler à contre courant permet de les utiliser pour le chauffage et pour la climatisation et permet une économie de fuel tout au long de l'année et donc une période de remboursement de l'investissement initial plus courte.

Le climatiseur solaire actif

Nous nous sommes concentrés jusqu'à présent sur le chauffage solaire. Maintenant nous nous tournons vers le climatiseur. Les systémes à énergie solaire actifs peuvent aussi climatiser une maison durant les saisons de grande chaleur.

Une climatisation substantielle peut être obtenue en utilisant la radiation nocturne pour refroidir le volume de stockage durant la nuit. Les objets chauds diffusent leur chaleur vers le ciel plus frais de la nuit, surtout dans les climats arides. L'air chaud ou l'eau du stockage se refroidit en circulant à travers la surface exposée au ciel nocturne. Le fluide refroidi retourne vers le réservoir de stockage qui se refroidit aussi. Le jour suivant le stockage cède cette fraicheur au logement en absorbant simultanément l'excès de chaleur qui s'y trouve.

Le climatiseur auxiliaire

Le volume stocké peut aussi être refroidi en utilisant un petit compresseur de réfrigération. La plupart des climatiseurs muraux utilisent de tels compresseurs pour refroidir l'air à l'intérieur du logement.

Ce moyen agit en tant qu'élément d'appoint ou en tant que système de climatisation auxiliaire analogue à l'appoint du système de chauffage. S'il fonctionne la nuit seulement, sa capacité peut correspondre à la moitié de celle d'une unité qui travaille seule et permet de faire face aux pointes de chaleur.

Les systèmes à pompes à chaleur peuvent utiliser ces compresseurs pour la climatisation d'été. La pompe à chaleur peut être utilisée pour refroidir le stockage, comme elle le fait en hiver, ou bien prendre la chaleur de la maison et la décharger dans le stockage. Cette chaleur stockée est alors restituée à l'air nocturne par l'intermédiaire du capteur.

Les capteurs solaires peuvent fournir la chaleur nécessaire au climatiseur à absorption faisant du climatiseurs solaires à air pulsé une alternative distincte. Une unité d'absorption de froid utilise deux fluides: un absorbant telle que l'eau, et un réfrigérant tel que l'amoniac. La chaleur qui se trouve dans le capteur fait bouillir le réfrigérant mais pas l'absorbant qui est moins valatile. Le réfrigérant se condense alors et passe dans l'échangeur de la pièce. La il se vaporise encore une fois et absorbe la chaleur de l'air environnant. La vapeur réfrigérante et absorbée à nouveau dans l'absorbant et relache là chaleur dans l'eau fraiche ou dans l'atmosphère.

Les capteurs à concentration fonctionnent particulièrement bien avec le climatiseur à absorption parce qu'ils peuvent fournir des températures élevées avec une efficacité relativement bonne. Une maison solaire expérimentale à l'université de Floride a fourni 100 pour cent de climatisation solaire avec un composant de climatiseur à absorption utilisant l'eau en tant qu'absorbant et l'amoniac en tant que réfrigérant.

Mais le climatiseur à absorption d'énergie solaire est encore au stade de démonstration. A cause de sa complexité et de son prix élevé, le climatiseur à absorption voit son domaine d'application limité aux maisons individuelles.

La dernière approche de technique de pointe pour la méthode indirecte d'utilisation des rayonnements solaires pour le chauffage et la climatisation est le photovoltaïque. Proche cousin des circuits transistore et intégré ces plaquette de la taille d'un biscuit, qui transforment la lumière directement en électricité peuvent jouer un rôle croissant dans la conception mondiale en matière d'énergie.

Les ingénieurs admirent la sophistication de la conception scientifique de leur structure atomique. Les défenseurs de l'énergie alternative et les écologistes les favorisent parce qu'ils promettent une électricité silencieuse, propre, économique et décentralisée. Les grandes compagnies pétrolières investissent dans ce domaine en tant que nouveaux produits potentiellement profitable . Et les analystes de l'énergie aiment spéculer sur le fait de voir comment ils pourraient transformer la manière de produire, de distribuer et d'utiliser l'énergie dans la mesure où leur prix pourrait être suffisemment abaissé.

Cette maison qui vient d'être achevée à carlisle dans le Massachussetts est considérée comme un exemple dans l'art de la technologie solaire indirecte. En effet on s'attend que cette maison soit nette productrice d'énergie. Après avoir fourni toute l'électricité dont la maison a besoin, on s'attend à ce qu'elle revende le surplus d'électricité à la compagnie d'électricité. Les systèmes et les particularités de la conception qui rendent cela faisable sont nombreux et divers : un site approprié, une géométrie adaptée au soleil, une isolation importante, une utilisation maximum des principes de la conception passive pour le chauffage et la

climatisation, des capteurs thermiques actifs pour l'eau chaude et un panneau de cellules photovoltaïque de 7,3 kwp. L'implication de l'entrepreneur et de l'architecte, à la conception a pour but :

de créer des constructions, sourtout à usage d'habitation, qui produisent de l'énergie pas seulement pour satisfaire les besoins du logement lui même, mais assez pour en rétrocéder à la communauté et faire en sorte que le système soit économiquement rentable. Notre approche dans la conception était de commencer par réduire les charges à un strict minimum. Tout d'abord le site est choisi soigneusement et la géométrie de la maison conçue pour piéger le soleil. Toute la façade sud avec son abondance d'ouvertures à double vitrage et un stockage de chaleur sous-jacent, est construite pour capter et retenir la radiation solaire. Les fenêtres qui donnent sur le nord et dans une moindre mesure sur l' Est et l'Ouest sont de taille réduite et l'isolation de toute la structure poussée à l'extrême. Durant l'été on utilise l'effet de thermosiphon pour aérer et climatiser la maison à travers ses portes-fenêtres coulissantes et ses fenêtres à claire-voie. Les banquettes de terre aident à modérer la température intérieure tout au long de l'année. Une fois que vous avez fait tout ce qui est concevable pour réduire le besoin en chauffage et en climatisation vous vous tournez vers les capteurs thermiques actifs, le photovoltaïque et les types de systèmes auxiliaires les plus efficaces que vous pouvez trouver.

La conception du système

La simplicité dans la conception d'ensemble d'un système d'énergie solaire actif fournit souvent les meilleurs résultats. En installant le système dans une nouvelle maison, concervez la maison elle même de façon à ce que les murs et les planchers captent et stockent la chaleur pendant la saison froide alors qu'en saison chaude elle évacue la chaleur vers l'extérieur durant la nuit. Le système de chauffage solaire actif le plus simple a des capteurs qui fonctionnent seulement quand le soleil brille et que la maison a besoin de chaleur. L'air est envoyé de la maison vers le capteur, chauffé par le soleil, et renvoyé dans les chambres par un ventilateur. Le seul réservoir de stockage de chaleur est la maison elle même et plus elle est massive mieux c'est. Le ventilateur fonctionne seulement quand la température du capteur est plus élevée que celle de la maison. Il s'arrête quand le capteur se refroidi en fin d'après midi ou quand la température de la pièce devient trop élevée. Plus la maison est massive plus elle peut stocker de chaleur sans que les températures ne deviennent incontrôlables, et plus large sont les temps durant lesquels elle peut rester sans appoint complémentaire de chaleur. Si après avoir utilisé toutes les ressources de la conception solaire passive, l'architecte désire encore un chauffage et une climatisation additionnels il peut alors se tourner vers les complexités et le coût des systèmes actifs.

IDENTIFICATION DES CHOIX EN MATIERE D'ECONOMIE D'ENERGIE : COUT DES MESURES D'ECONOMIES D'ENERGIE DANS LE SECTEUR RESIDENTIEL

Rédigé par Lee Schipper à partir d'une étude de :
Alan Meier, Janice Wright et Arthur Rosenfeld

Energy and Environnement Division, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, Berkeley, CA 94720

Pour le SEMINAIRE SUR LE LOGEMENT ET L'ENERGIE

Tunis, TUNISIE

11-13 Janvier 1982

RESUME

Le présent document présente une nouvelle méthode d'étude des possibilités en matière d'économies d'énergie. Les courbes d'offre d'énergie représentent un critère cohérent, en matière de comptabilité, pour évaluer diverses mesures d'économies d'énergie. Elles permettent aussi d'établir une comparaison directe de ces mesures entre elles, ainsi que par rapport aux schémas traditionnels de consommation énergétique. Nous avons étudié ces courbes d'offre d'économie d'énergie dans le secteur résidentiel en Californie et présenté certaines conclusions d'ordre pratique.

INTRODUCTION

Le présent document étudie les possibilités techniques offertes dans le domaine des économies d'énergie pour le secteur résidentiel. Nous avons choisi de présenter ces possibilités sous forme de courbes d'offre de l'énergie économisée, afin de pouvoir ainsi donner une idée de l'importance, ainsi que des coûts respectifs des diverses mesures de conservation, comparés entre eux, et par rapport au coût de nouvelles sources d'approvisionnement en énergie.

Après une brève description de la méthode des courbes d'offre d'économie d'énergie, nous passerons en deuxième partie à l'étude des courbes d'offre pour l'électricité et le gaz naturel en Californie. En conclusion, nous présenterons les implications à tirer de ces courbes pour la définition des mesures d'économie d'énergie à adopter en Californie et en Tunisie.

Les résultats présentés dans ce document sont basés sur une étude de Wright et al. (I) et la partie concernant la technique des courbes d'offe est basée sur une études de Meier (2). Pour l'analyse économique, se référer à Schipper ou Schipper et Darmastadter(3).

LE COUT DES ECONOMIES D'ENERGIE

Ce n'est pas de l'énergie pure dont le consommateur a besoin, mais plutôt des services à base d'énergie. Le consommateur requiert un service, tel que la cuisson au moyen du gaz naturel ou en bouteille, ou la réfrigération, au moyen de l'électricité. Il existe toujours un appareil intermédiaire, tel qu'une cuisinière ou un réfrigérateur, qui convertit l'énergie à un usage utile.

Il a été clairement démontré que l'efficacité énergétique de ces divers appareils varie de façon considérable. Ainsi, les conditionneurs d'air existant actuellement sur le marché ont des coefficients de performance s'échelonnant de 1,8 à 8. Le service fourni, c'est-à-dire l'évacuation de la chaleur à une vitesse définie, est le même pour tous les modèles ; c'est la quantité d'électricité requise pour effectuer ce service qui change. En règle générale, une meilleure efficacité nécessite un investissement supplémentaire pour l'achat de meilleurs compresseurs, moteurs, échangeurs de chaleur et commandes.

La principale motivation pour obtenir une meilleur efficacité est d'ordre économique : à mesure que la coût de l'énergie s'élève, il devient plus rentable d'utiliser d'autres ressources, en particulier l'investissement, à la place de l'énergie. Il existe plusieurs méthodes pour évaluer cette équation économique entre un investissement supplémentaire et la réduction de la consommation énergétique. Nous allons étudier ici la méthode du calcul du "coût de l'énergie économisée". La formule du cout de l'énergie économisée permet de déduire, à partir du cout d'un investissement effectué pour obtenir une meilleure efficacité énergétique, la dépense nécessaire pour économiser une unité d'énergie donnée ; cette dépense, ou ce coût, sera exprimé en millimes par kWh ou en dinars/TEP. La formule de récupération du capital, est utilisée, dans le contexte de la formule du coût de l'énergie économisée, pour annualiser l'investissement, comme suit : *

$$\text{Coût de l'énergie économisée (CEE)} = \frac{i}{\Delta E} \times \frac{d}{1 - (1 + d) - n}$$

ΔE étant d'investissement,

E, les économies d'énergie

n, la période d'amortissement,

d, le taux d'escompte.

i, le taux d'intérêt

Nous supposons ici qu'il existe un taux d'escompte réel et un coût de l'énergie économisée exprimé en dinars réels (constants).

Cette formule représente un moyen simple de comparer des investissements ayant une importance, une durée de vie, ou même des taux d'escompte différents. Une mesure d'économie de l'énergie devient attrayante économiquement lorsque son coût (CEE) est inférieur au prix de l'énergie qu'elle a permis d'économiser.

Nous allons maintenant présenter un exemple de calcul du coût de l'énergie économisée ; il existe une variété de réfrigérateurs à usage domestique possédant les mêmes caractéristiques, mais différant par leur consommation en énergie. Ainsi, pour un réfrigérateur de 500 l, il existe des modèles à efficacité normale et des modèles à efficacité supérieure. La durée de vie moyenne d'un réfrigérateur est de 20 ans environ ; cependant, il arriva souvent que son propriétaire le revende plus tôt et, ainsi, il amortit l'investissement sur l'efficacité sur une période plus courte, soit de 10 ans, par exemple ** Si nous supposons que le taux d'escompte nominal du consommateur est de 20 %, il en résultera que son taux d'escompte réel sera de 5 % (les 15 % restants étant du fait de l'inflation). Le coût de l'énergie économisée 0,05 sera donc le suivant :

$$CEE = \frac{31 \text{ DT}}{400 \text{ kWh}} \times \frac{}{1-(1+0,05)-10} = 10 \text{ millimes/kWh}$$

ce qui est très inférieur aux prix actuels de l'électricité à usage domestique aux Etats-Unis.

---

* Si les paiements sont supposés être effectués au début de chaque période, on ajoutera le terme (i+d) au dénominateur. Ceci réduira le coût de l'énergie économisée.

** Voir page suivante

C'est là, par conséquent, une mesure attrayante économiquement. De plus le coût de l'énergie économisée restera constant durant la période de 10 ans, tandis que le prix de l'électricité consommée (en termes réels) augmentera probablement. Si nous prenons une période d'amortissement de 10 ans, l'électricité économisée durant la deuxième moitié de la vie du réfrigérateur sera gratuite.

Le coût de l'énergie économisée pour chaque mesure est calculé en fonction de l'accroissement progressif des économies d'énergie et du coût. Dans un grand nombre de cas, on peut appliquer une série de mesures d'économie à un seul usage final, tel que le chauffage central, l'éclairage ou la climatisation. Pour les climatiseurs (voir tableau 2) la première mesure s'intitule : "Conformez-vous à la norme de C.E.C", car tout nouveau climatiseur vendu en Californie doit avoir une consommation d'électricité en-deçà de la norme fixée par la Californian Energy Commission (C.E.C). Un grand nombre de modèles ont une consommation très inférieure à cette limite, mais sont sensiblement plus coûteux. La deuxième mesure s'intitule : "Achetez le climatiseur le plus efficace possible". Le coût de cette mesure correspondra au coût progressif au-delà du coût d'un modèle comparable qui atteint juste la norme C.E.C.* Les économies d'énergie réalisées par cette mesure seraient celles réalisées au-delà des économies que permettrait ce modèle de référence.

En ce qui concerne l'installation de dispositifs ou d'accessoires pour améliorer l'efficacité des appareils existants, le coût de cette mesure sera simplement celui du dispositif. Cependant, le calcul se compliquera si cette mesure est utilisée pour permettre des économies à deux usages finaux. L'isolation des murs, par exemple, réduit à la fois les besoins en chauffage et en refroidissement des locaux. Dans un tel cas, il faudra répartir l'investissement entre deux mesures, c'est à dire placer l'investissement lié au conditionnement de l'air sous la rubrique "économies sur le conditionnement de l'air réalisées grâce à l'isolation" et placer l'investissement lié au chauffage sous la rubrique "économies sur le chauffage réalisées grâce à l'isolation des murs". Nous avons réparti le coût de l'isolation entre ces deux mesures en fractions à peu près égales aux proportions d'économies d'énergie primaire réalisées par chacune d'elles.

Nous supposons que le propriétaire n'a pas obtenu de prime d'efficacité à la revente de l'appareil. Tant que l'efficacité énergétique d'un appareil n'est pas encore mentionnée dans sa désignation, les réfrigérateurs, efficaces ou inefficaces seront considérés comme identiques de ce point de vue.

Il y a le coût de l'achat d'appareils répondant à la norme. En effet, un climatiseur non-conforme à la norme et acheté au Névada serait probablement moins cher. Etant donc que, sur ce point, le consommateur n'a pas le choix, nous n'avons pas évalué ce coût, qui n'affecterait aucune des mesures suivantes.

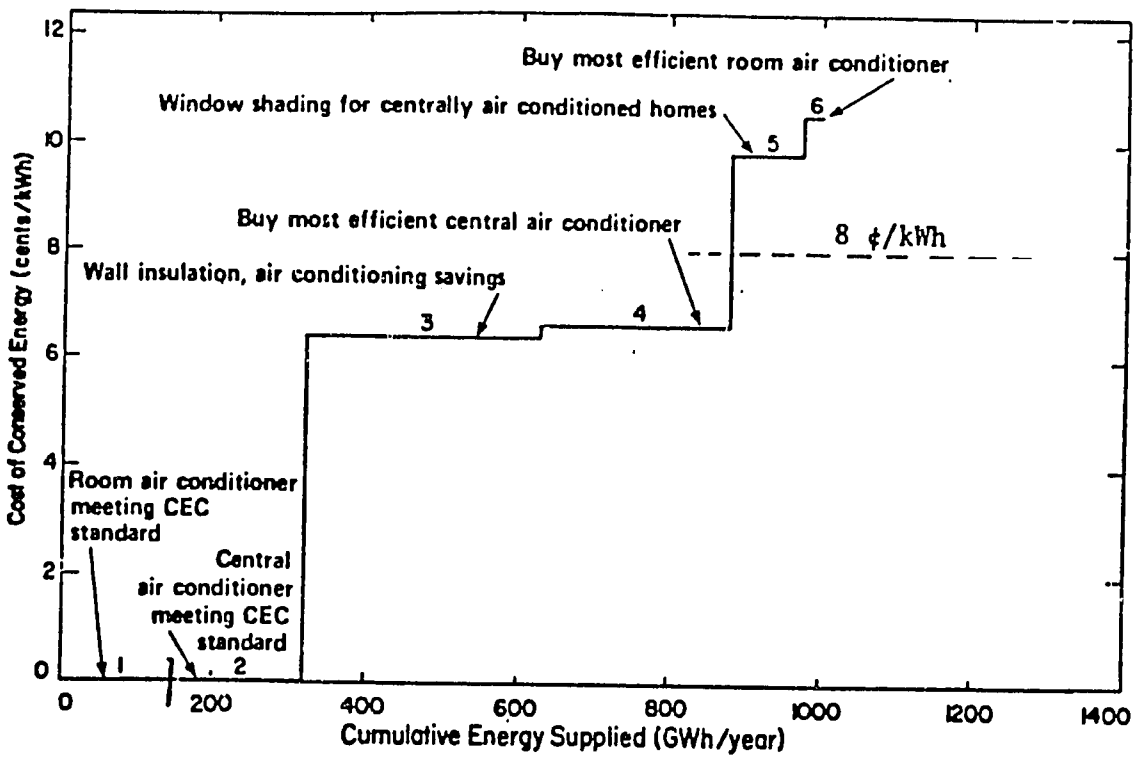


Fig. 2. An air conditioning conservation supply curve for California's residential sector. Each step corresponds to a conservation measure: the y-coordinate is the cost of conserved electricity and the x-coordinate the cumulative energy saved. Total electricity used for residential air conditioning in California in 1978 was 3,500 GWh. We list each of the measures in Table 2.

No.	Measure	Cost of conserved Energy (¢/kWh)	Energy supplied per measure (GWh/year)	Cumulative energy supplied (GWh/year)
1.	Room air conditioner meeting CEC standard	0.0	152.	152.
2.	Central air conditioner meeting CEC standard	0.0	168.	320.
3.	Wall insulation air conditioning savings	6.2	309.	629.
4.	Buy most efficient central air conditioner	6.4	252.	881.
5.	Window shading for centrally air conditioned homes	9.5	95.	975.
6.	Buy most efficient room air conditioner	10.2	24.	1,000.

Table 2. Table to supplement the air conditioning conservation supply curve (Fig. 2). The conservation measures are listed in the order they appear on the curve.

Pour calculer le coût de l'énergie économisée, nous avons posé plusieurs postulats de base. Nous avons adopté la perspective du consommateur, de telle façon que les économies d'énergie obtenues correspondent aux économies au compteur et ne concernent donc pas les économies au niveau de la transmission et de la distribution*. Dans le cas d'installation de dispositifs, nous avons considéré le prix de vente de ces derniers comme étant le coût de l'énergie qu'ils permettent d'économiser ; chaque fois que cela s'imposait, nous y avons ajouté le coût de la main d'oeuvre, nous avons aussi supposé que les périodes d'amortissement sont plus courtes que les durées de vie physique réelles des investissements. Enfin, nous avons supposé un taux d'escompte réel du consommateur de 5 %. Comme nous le verrons, ces postulats sont directement liés au choix des coûts d'énergie.

Il convient tout d'abord d'identifier avec précision les économies d'énergie réelles. Il faudra donc effectuer au préalable des estimations exactes de la consommation d'énergie initiale. Un grand nombre de mesures d'économie de l'énergie permettent d'économiser un certain pourcentage de la consommation initiale plutôt qu'une quantité déterminée, et une surestimation de la consommation d'énergie initiale aura pour conséquence une surestimation de l'énergie économisée (ainsi qu'une sous-estimation du coût de l'énergie économisée). De plus, il est très important de connaître les caractéristiques du cas initial, c'est-à-dire savoir quelles sont les mesures d'économie d'énergie qui ont déjà été appliquée. On doit s'assurer qu'une même mesure ne soit pas appliquée deux fois à la même unité. Cette erreur, facile à détecter dans le cas d'une unité indépendante, l'est beaucoup moins lorsqu'il s'agit d'une installation complexe.

L'ordre dans lequel s'effectuent les mesures d'économie affectera l'importance des économies réalisées par chacune. Ainsi, une couverture d'isolation d'un chauffe-eau économisera moins d'énergie si elle est installée après que l'on ait réduit la puissance du thermostat, puisqu'elle produira une différence de température moins importante. De même, le fait de réduire la puissance du thermostat fera économiser moins d'énergie si on a déjà installé une couverture d'isolation. Cependant, le total des économies d'énergie réalisées par la série entière ne variera pas. Afin d'éviter toute possibilité de double calcul, nous avons calculé les économies d'énergie réalisées par chaque mesure en supposant que toutes les mesures ayant un coût (CEE) moindre que la mesure étudiée avaient déjà été appliquées.

) % de la puissance électrique est perdue, en règle générale, lors de la transission et de la distribution. Par conséquent, les économies d'énergie enregistrées un compteur de particulier permettront de réduire les besoins de production 'électricité d'une proportion supplémentaire de 10 %. Nous n'avons pas non plus ris en compte la consommation supplémentaire d'énergie découlant de l'utilisation nouveaux dispositifs ou de nouveaux services pour économiser l'énergie. Cette ugmentation apparaîtrait principalement dans les secteurs commercial et industriel. s études effectuées au sujet des investissements et des profits tendent à montrer e cette augmentation ne dépasserait pas 10 % du total des économies d'énergie dans secteur résidentiel. (E. Hirst, Oak Ridge National Laboratory, Sept. 1981).

COURBE DES ECONOMIES D'ENERGIE EN CALIFORNIE

On peut établir une courbe des économies d'énergie pour une unité simple en échelonnant les mesures par ordre croissant de leurs coûts (CEE). Cette "micro-courbe d'économies d'énergie", pour aussi intéressante, qu'elle soit, peut être aussi source d'erreurs. Rien ne permet, en effet, de savoir si une micro-courbe donnée se limite uniquement au cas qu'elle représente, ou si elle dépasse ce cas spécifique. En d'autres termes, il est impossible de savoir s'il est possible ou pas de considérer l'unité étudiée comme une unité moyenne, dont les possibilités en matière d'économie d'énergie pourraient être considérées comme une unité de mesure pour la région entière. Pour une discussion détaillée de ce problème, se référer au document de Wright et al (I).

Les courbes régionales d'économies d'énergie sont d'une plus grande utilité que les micro-courbes pour la définition des politiques énergétiques. Ces courbes permettent de localiser les possibilités les plus intéressantes, c'est à dire qu'elles déterminent quelles sont les mesures qui produiront les économies les plus importantes sur le plan de la région toute entière. De plus, elles permettent de comparer les possibilités d'économies d'énergie avec les possibilités d'approvisionnement en sources conventionnelles d'énergie, à la fois du point de vue de la quantité et du cout.

Nous avons établi deux types de courbes régionales : la courbe représentant un usage final unique, et la courbe représentant un secteur entier. Nous vous présenterons dans ce document deux courbes à usage final unique : la première pour le chauffage de l'eau et la deuxième pour le conditionnement d'air. Nous vous présenterons aussi une courbe des économies en matière d'électricité et de gaz pour tout le secteur résidentiel de la Californie.

Les courbes régionales nécessitent des informations supplémentaires concernant les stocks d'équipements consommateurs d'énergie et exigent aussi d'établir certaines hypothèses concernant le calendrier de renouvellement des équipements. Il faudra aussi estimer le nombre d'unités auxquelles peut s'appliquer chaque mesure d'économie. Si une mesure ne peut être appliquée qu'après remplacement d'une unité par une autre, il faudra aussi calculer la vitesse de rotation des tocks.

Dans cette étude, nous avons claculé uniquement les possibilités d'économies d'énergie pour le sotck actuel d'appareils consommateurs d'énergie existant actuellement en Californie. En d'autres termes, le nombre d'unités que compte le stock est considéré comme étant constant, bien que ces unités puissent être graduellement remplacées par des unités plus efficaces. Nous n'avons pas pris en considération le facteur d'accroissement du stock. Nous avons adopté une perspective de dix années, c'est à dire que nous avons attendu dix ans après l'application des mesures pour en évaluer les résultats. Les appareils nouveaux à haute efficacité ont été introduits à des fréquences égales à la fréquence de remplacement habituelle des appareils ordinaires.

Afin d'évaluer les possibilités en matière d'économisation de l'énergie, il faut comparer les coûts de l'énergie économisée au prix qu'il aurait fallu payer pour cette énergie si elle n'avait pas été économisée. Nous avons supposé que les prix réels de l'énergie resteraient

constants durant la période-perspective de six années. Cette hypothèse, sans aucun doûte simplificatrice à l'excès, sous-estime probablement les possibilités d'économies d'énergie en prenant un prix trop bas, qui ne correspond pas à la réalité. La comparaison se complique du fait de la progression croissante des tarifs de l'énergie pour le secteur résidentiel parallèlement à l'accroissement de la consommation et par d'importantes variation dans le prix de l'énergie selon les différentes sources d'énergie.

COURBE DES ECONOMIES POUR LE CHAUFFAGE DE L'EAU AU GAZ

La courbe des économies pour le chauffage de l'eau au gaz (fig. 1) est assez originale, en ce qu'elle commence par deux mesures dont le coût (CEE) est nul : il s'agit de réduire la puissance du thermostat du chauffe-eau et de laver une plus grande partie de la lessive à l'eau tiède. Nous avons supposé que ces mesures n'étaient appliquées dans le secteur résidentiel que si elles n'entrainaient un changement dans la qualité du service. Ainsi, elles ne pouvaient s'appliquer que dans les logements non équipés de lave-vaisselle , car le lavage à l'eau tiède ternit le verre. Etaient aussi exclus de ces mesures les logements où il y a constamment besoin de grandes quantités d'eau chaude et où le thermostat doit être constamment placé à un niveau élevé. La deuxième mesure : lavage à l'eau tiède, ne pouvait pas non plus s'appliquer partout. Les vêtements tachés de graisses ou très sales doivent être lavés à l'eau très chaude. Nous avons cependant estimé que 80% de la lessive pouvait être lavée à l'eau tiède ou froide, sans que la qualité des vêtement en soit affectée.

La troisième mesure : installation de douches à faible débit permet d'économiser de grandes quantités d'énergie et est très peu coûteuse. La plupart des douches peuvent être faciement changées par les particuliers eux-mêmes ; la proportion d'environ 10% des habitants qui requièrent les services d'un plombier a été exclue de nos calculs. De plus, un grand nombre de propriétaires ont déjà installé des douches à faible débit ou des dispositifs modérateurs de débit. Nous rappelons que les économies réalisées varient grandement d'un logement à un autre ; le chiffre que nous avons fixé est une moyenne nationale.

La quatrième mesure : pose d'une couverture d'isolation démontre l'effet anti-synergétique de l'économie de l'énergie. Pour calculer les économies réalisées par cette mesure, nous avons supposé que le thermostat avait déjà été diminué, c'est à dire que le consommateur avait commencé par la mesure la moins coûteuse. Cependant, si le thermostat n'a pas été diminué au préalable, les économies réalisées par la pose d'une couverture isolante seront plus grandes, et le coût de l'énergie économisée sera moins élevé.

Cette règle s'applique aussi à la cinquème mesure : installation d'un registre de tirage, qui permet de réaliser des économies d'énergie d'autant plus importantes que la température d'emmagasinage de l'eau sera plus élevée. C'est donc là une caractéristique générale des courbes d'économies d'énergie : les mesures d'économies appliquées en avance sur leur classement normal dans la séquence des mesures permettra une économie d'énergie plus grande et aura un coût moindre.

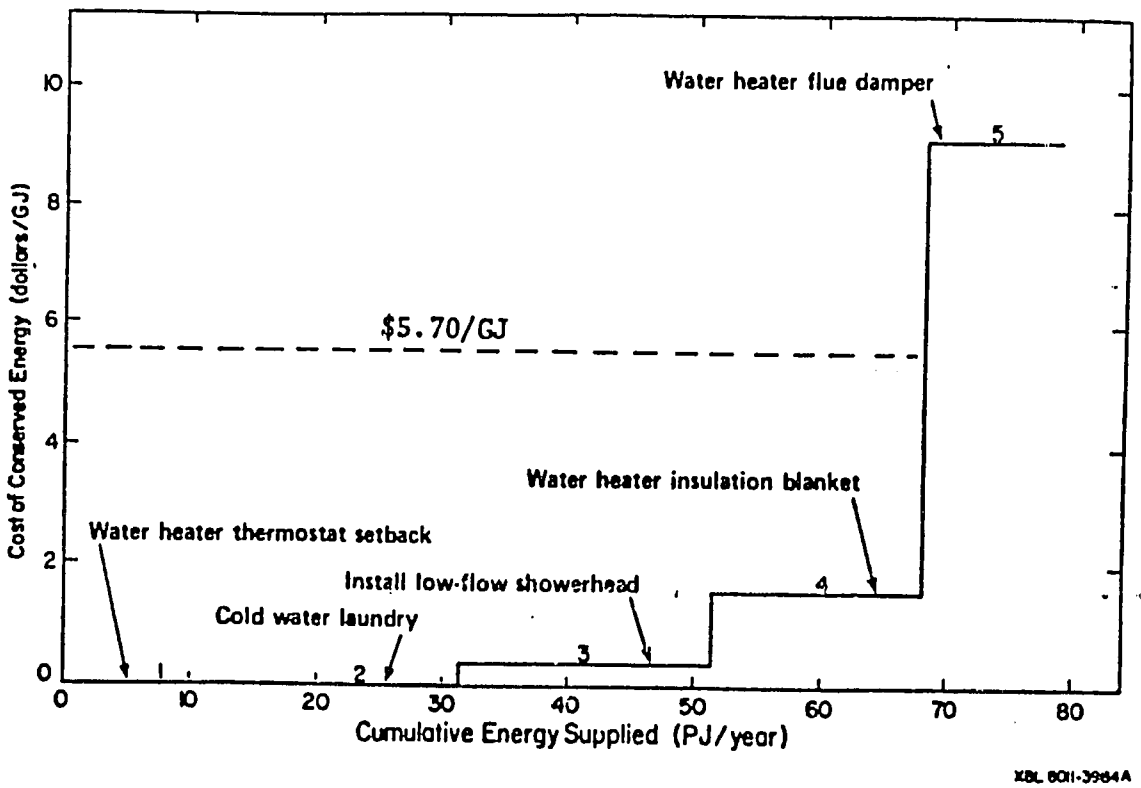


Fig. 1. A gas water heating conservation supply curve for California's residential sector. Each step corresponds to a conservation measure: the y-coordinate is the cost of conserved natural gas and the x-coordinate the cumulative energy saved. Total gas used for residential water heating in California in 1978 was 216 PJ. We list each of the measures in Table 1.

No.	Measure	Cost of conserved energy ($/GJ)	Energy supplied per measure (PJ/year)	Cumulative energy supplied (PJ/year)
1.	Water heater thermostat setback	0.0	15.5	16
2.	Cold water laundry	0.0	16.5	32
3.	Install low-flow showerhead	0.38	19.5	52
4.	Water heater insulation blanket	1.61	17.0	69
5.	Water heater flue damper	9.29	10.2	79

Table 1. Table to supplement the gas water heating conservation supply curve (Fig. 1). The conservation measures are listed in the order they appear on the curve. 1 GJ is approximately equal to 1 x 10^6 Btu (MBtu) and 1 PJ = 10^{15}J = .948 x 10^{12}Btu.

Au terme de la période de dix années, 57% environ du gaz utilisé pour le chauffage de l'eau en 1978 pourra être économisé. Le prix du gaz naturel pour le secteur résidentiel est en moyenne de 83,6 DT/TEP environ. A ce tarif, seules les quatre première mesures citées ci-dessus sont rentables économiquement, et elles restent les seules rentables même pour le tarif le plus élevé qui est de 144,2 DT/TEP.

Durant la courte période qui s'est écoulée depuis que nous avons adopté l'utilisation de cette courbe pour le gaz (en 1980), nous avons identifié de nouvelles mesures d'économies d'énergie. On pourrait, par exemple, fabriquer des détergents pour lave-vaisselles, dont la composition chimique s'exigera pas une eau très chaude. Ceci permettrait de réduire la consommation en eau chaude dans un nombre de ménages et permettrait de réduire le thermostat d'eau chaude dans un nombre encore plus grand de ménages. De même, des machines à laver à faible consommation d'eau permettraient de réduire encore plus les besoins en eau chaude pour la lessive. Il serait aussi possible de faire chauffer l'eau au moyen de l'air chaud évacué par le système de conditionnement d'air. Les économies réalisées par cette mesure et son coût (CEE) dépendraient de la durée de la saison chaude aini que de la quantité d'eau chaude utilisée durant cette période. Ce dernier facteur, à son tour dépendra de l'application ou de la non-application des mesures d'économisation citées plus haut.

On peut aussi intégrer dans la courbe d'économie d'énergie pour le gaz naturel des mesures concernant l'utilisation de l'énergie solaire. Le coût de l'énergie économisée par cette mesure dépendra très étroitement du degré d'application de mesures préalables. Le chauffage de l'eau par l'énergie solaire coûterait de 131 DT à 418 DT/TEP. Cette mesure d'énergie solaire a été classée avant l'utilisation du registre de tirage. Cependant, l'énergie solaire n'est pas disponible pour tous les logements ; elle ne peut pas non plus fournir 100% des besoins en chaleur, ce qui nécessite donce que les logements en California soient aussi dotés de gaz naturel pour le chauffage de l'eau.

COURBE D'ECONOMIES D'ENERGIE POUR LA CLIMATISATION DE L'AIR

La courbe des économies d'énergie pour le conditionnement de l'air est représentée à la figure 2. Les économies annuelles cumulatives réalisées par la série des mesures d'économisation atteignent 29% des 3,500 GWh/an estimés pour la consommation en électricité des systèmes et appareils individuels de condtionnement de l'air en California.

Les deux premières mesures (simple rotation des ventes du stock des appareils de condtionnement) permettront une réduction de 9% de la consommation d'électricité à partir du moment où les appareils deviendront conformes aux normes de la C.E.C.

La troisième mesure (isolation des murs), ne peut etre appliquée que dans les logement dotés d'un système contral de conditionnement de l'air. Le coût de l'énergie économisée par cette mesure a été fixé quelque peu arbitrairement, puisque le coût de l'isolation a été diviés entre économies sur le chauffage et économies sur le conditionnement de l'air. Dans certaines régions de Central Valley, l'isolation permettra d'obtenir plus d'économies sur le conditionnement de l'air que sur le chauffage. Nous n'avons pas inclus les économies d'énergie réalisées par l'isolation pour

les logements équipés de conditionneurs d'air individuels, car nous avons pensé que les occupants auraient alors tendance à augmenter la puissance du conditonneur plutot quà réduire son utilisation.

Les mesures quatre et six : achat du conditionneur d'air le plus efficace possible lorsque l'ancien appareil deviendrait hors d'usage, sont ralativement couteuses. Cependant, le rendement saisonnier maximum des nouveaux-conditionneurs s'élève rapidement. Des unités dont le coefficient de performance dépasse 3,8 existent actuellement sur le marché, alors que la norme C.E.C est de 2,35 , ce qui permet donc de réaliser des économies substantielles. La différence entre le coefficient de performance des conditionneurs individuels les plus efficaces et la norme C.E.C est moindre ; si l'on ajoute à cela que les conditionneurs individuels sont relativement chers, il en résulte que leur coût (CEE) est plus élevé.

Pour la cinquième mesure : installation destores aux fenètres, nous avons établi le coût (CEE) et les économies d'énergie réalisées par la pose de stores à une fenetre orientée à l'ouest, dans la moitié des logements à air conditionné. Il y a plusieurs genres et modèles de stores : nous en avons choisi un modèle à prix modéré (55 DT) fabriqué dans une matière réfléchissante et fortement tendu. Cette mesure réalisera le moins d'économies si elle est utilisée conjointement avec un conditionneur à haute efficacité, ce qui était le cas prévu dans nos calculs. De plus, nous n'avons pas inclus la réduction des gains de chaleur par conduction ou toutes économies de chauffage central pendant l'hiver. Ainsi donc, l'économie d'énegie estimée pour cette mesure a certainement été sous-évaluée.

Malgré les coûts(CEE) relativement élevés estimés pour certaines de ces mesures mentionnées plus haut, le tarif onéreux de l'électricité pendant la saison d'été les rend attrayantes du point de vue économique. Si on prend le tarif de 50 millimes/kWh comme référence, près de1/3 de l'électricité consommée par les conditionneurs d'air pourrait être économisé , par des mesures rentables. Les conditionneurs d'air dans le secteur résidentiel consomment presque le 1/5 de la charge électrique en Californie, lors des journées chaudes d'été. Il est évidant que toute réduction importante de la consommation d'électricité par les conditionneurs d'air pourrait avoir un impact énorme sur les besoins du pays en usines de production d'électricité.

Nous avons aussi envisagé, sans les inclure dans notre liste, plusieurs autres mesures d'économie d'énergie. Dans les pays à climat sec les refroidisseurs à évaporation peuvent être (et sont souvent) utilisés de façon efficace.

On a souvent fait remarquer, cependant, que les climatiseurs à évaporation fournissent un air désagréablement froid et humide et que la qualité de leur service serait donc moins bonne que celle des conditionneurs à compression dair. Toutefois, on vient de lancer sur le marché un climatiseur à évaporation couplé à un échangeur de chaleur air-air à très haute efficacité, qui permettra d'obtenir un air frais et sec. Dans certaines régions, un ventilateur dessevant toute la maison peut fournir une agréable climatisation. Nous avons néanmoins exclu ce cas, qui impliquerait une différence sensible par rapport au conditionnement d'air.

LES COURBES DES ECONOMIES D'ENERGIE PAR SECTEUR

Les figures 3 et 4 représentent les courbes d'économies sur le gaz et l'électricité pour le secteur résidentiel. Ces courbes récapitulent les possibilités de réaliser des économies de gaz et d'électricité pour chacun des principaux usages finaux. Elles révèlent qu'environ 50% du gaz naturel et 25% de l'électricité consommés par le secteur résidentiel en 1978 pourraient être économisés grâce à l'adoption des mesures considérées précedemment, si l'on accorde une période de dix ans pour la rotation des stocks.

Quelles sont les possibilités maximum offertes par les mesures d'économie de l'énergie ? Les évaluations à ce sujet diffèrent selon la perspective adoptée. Dans cette étude, nous avons adopté la perspective du consommateur, c'est à dire que nous avons calculé selon les coûts à la consommation, les taux d'escompte du consommateur, et des périodes d'amortissement courtes. Les prix comparées sont des prix à la consommation. De plus, nous avons supposé que le prix réel de l'énergie demeurerait constant.

Si lon prend les prix actuels de l'énergie pour le secteur résidentiel comme référence (125 DT/TEP et 40 millimes/kWh), les possibilités maximum des mesures d'économie de l'énergie seraient une réduction d'environ 34% du gaz naturel et de 22% de l'électricité consommés par le secteur résidentiel en 1978. Ces estimations sont basées sur le bilan d'une période de dix ans ; les économies en électricité seraient beaucoup plus importantes au bout d'une période de 20 ans. La figure 5 montre le changement qu'entrainerait une exploitation totale des possiblilités en matière d'économie de l'énergie sur la ventilation des usages de l'énergie.

Les possibilités en économies d'énergie doivent être comparées aux possiblités d'approvisionnement en énergie prévues pour la prochaine décennie. une station de distribution du gaz naturel liquéfié à Point Conception permettrait de distribuer du gaz naturel importé à travers toute la Californie. L'énergie économisée correspondrait de la capacité maximum prévue pour cette station. Pour l'électricité, les économies seraient égales à la production de deux centrales conventionnelles.

Nous nous sommes référés jusqu'ici à des données propres à la Californie, mais étant donné que cett Etat a un climat très semblable à celui de la Tunisie du nord, et compte tenu de l'augmentation progressive des revenus en Tunisie, nous pensons que les schémas d'utilisation de l'électricité dans le secteur résidentiel dans ces deux régions présenteront de plus en plus de similarités. Cependant, la plupart des ménages en Californie possèdent déjà un grand nombre d'appareils électro-ménagers, ainsi que des cuisinières à gaz ou des chauffe-eau , ce qui n'est pas le cas en Tunisie. Pour améliorer le rendement énergétique en Californie, il faudra donc un lent processus de remplacement des équipements existants par des équipements plus efficaces, tandis qu'en Tunisie, grâce à la croissance économique rapide que connait ce pays, on adoptera un nombre croissant de ces équipements efficaces. Ainsi, la Tunisie pourra éviter la période de gaspillage d'énergie qu'a connue la Californie.

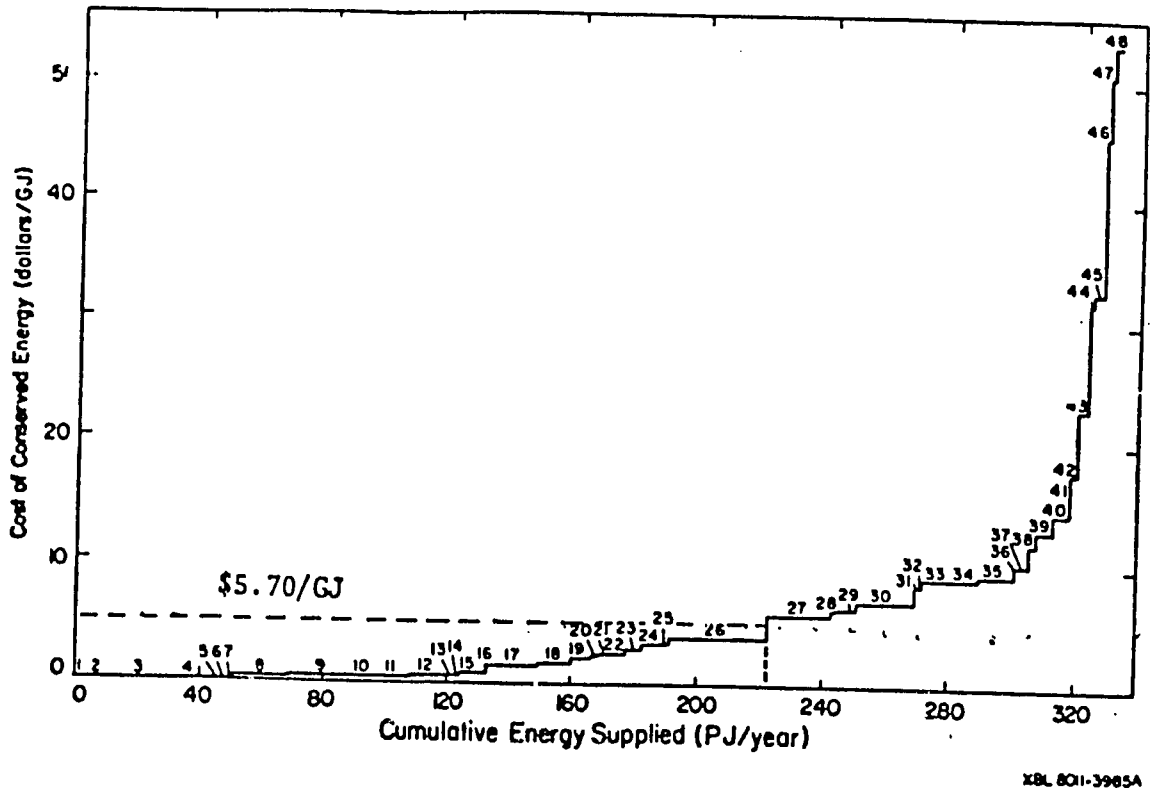


Fig. 3. The grand supply curve of conserved natural gas for California's residential sector. All residential natural gas end uses have been combined on this curve. Each step corresponds to a conservation measure: the y-coordinate is the cost of conserved natural gas and the x-coordinate the cumulative energy saved. We have listed these measures in Table 3. The cumulative energy saved after the final measure corresponds roughly to 50% of the total natural gas used in California's residential sector. California's residential sector consumed 646 PJ of natural gas in 1978.

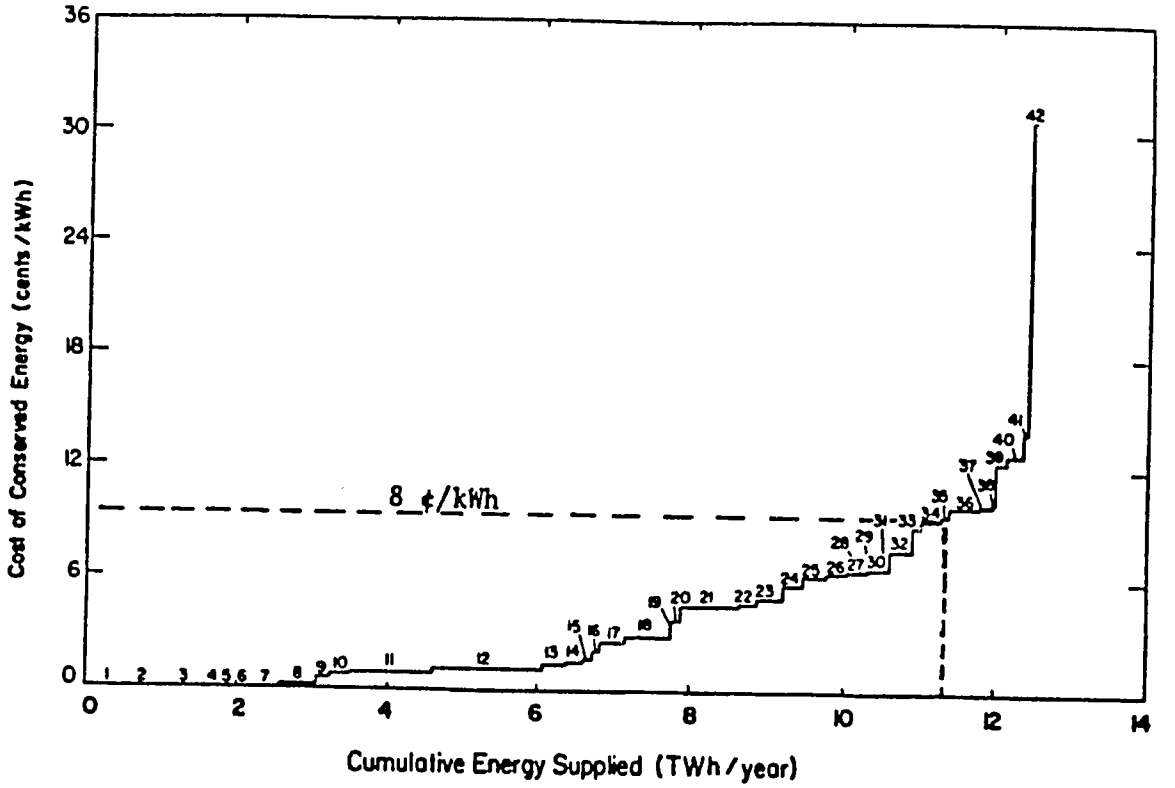


Fig. 4. The grand supply curve of conserved electricity for California's residential sector. All residential electrical end uses have been combined on this curve. Each step corresponds to a conservation measure: the y-coordinate is the cost of conserved electricity and the x-coordinate the cumulative energy saved. We have listed these measures in Table 4. The cumulative energy saved after the final measure corresponds to about 25% of the total electricity used in California's residential sector. This energy is roughly equivalent to the output of two standard 1000 MW power plants. California's residential sector consumed 49.6 TWh of electricity in 1978.

Les courbes étudiées ici peuvent aider considérablement les planificateurs tunisiens à évaluer les mesures d'économie les plus intéressantes à adopter pour les batiments existants ou à construire et pour les équipements nouveaux. Pour un grand nombre de régions dans les Etats Unis, les courbes indiquent le seuil économiquement justifié d'investissements pour une meilleure efficacité du chauffage de l'eau avant que l'installation d'un collecteur solaire installé à cette fin devienne économiquement attrayant. Etant donné que le coût de l'énergie économisée peut être mis en parallèle avec le prix réel de l'énergie, ou avec le prix comprenant les coûts sociaux (le coût découlant de l'obligation d'importer de l'énergie, ou d'avoir à payer pour des sources d'énergie plus chères que celles existant actuellement), le gouvernement pourra sélectionner des séries de mesures qui serviraient au mieux les intérêts budgétaires du pays, ainsi que ceux des ménages, des hotels, ou autres consommateurs auxquels s'appliqueraient les normes d'efficacité. Si le gouvernement décide qu'il est nécessaire de fixer des normes d'efficacité pour les conditionneurs d'air ou les réfrigérateurs, les courbes d'économies d'énergie pourront être utilisées afin de déterminer, même approximativement, le seuil optimum de ces normes, en se basant sur certains postulats concernant le coût de l'amélioration du rendement des appareils.

Les courbes d'économies d'énergie sont aussi utiles pour la planification.Si on considère une nouvelle source coûteuse, telle que le gaz naturel liquéfié, au lieu du gaz naturel, les courbes d'économies indiqueront quels seront les nouveaux investissements en mesures d'économie qui deviendront rentables, compte tenu du prix de cette nouvelle source d'énergie. Aux Etats Unis, ces courbes révèlent qu'au prix que l'on peut raisonnablement prévoir pour le gaz fabriqué à partir du charbon, (et qui est d'environ 250 DT par TEP, soit 35 DT par équivalent de baril de pétrole, ou 6,5 DT/GJ),les mesures permettant de réduire l'utilisation du gaz de 2/3, comparées aux couts actuels, seront économiques.

Il faut cependant bien comprendre que ces courbes ne peuvent être établies qu'après avoir postulé le niveau de consommation, comme par exemple le nombre d'heures d'utilisation du conditionneur d'air ou la température intérieure désirée. Ceci sera certainement difficile dans le cas de la Tunisie, car la rapide croissance actuelle des revenus pousse les gens à augmenter leur utilisation d'équipements consommateurs d'énergie. Cependant, l'augmentation des prix de l'énergie encourage la tendantce contraire, et ceci amènera donc les consommateurs à acheter des appareils plus petits et plus efficaces, qui fournissent un meilleurs service à un prix inférieur . Les courbes d'économies, si elles ne peuvent pas prédire le choix le meilleur ou le plus probable pour les consommateurs, indiquent cependant clairement le choix le plus rentable entre l'investissement pour l'économie et l'approvisionnement en énergie. Pour le propriétaire ou le constructeur, que ce soit d'un appartement, d'une maison, d'un hôtel ou d'un immeuble de bureaux, ces courbes peuvent servir à déterminer les critères de conception et de construction les meilleurs du point de vue de l'économie de l'énergie.

CONCLUSIONS

Les courbes d'économies d'énergie définissent le potentiel en matière d'économies d'énergie mais ne donnent aucune indication concernant la possibilité de réaliser ce potentiel. Cependant, ces courbes ont une double utilité pour la planification énergétique. Premièrement, elles montrent l'importance des mesures d'économie de l'énergie. La croissance énergétique a pratiquement été frainée en Californie et l'on prévoit des taux de croissance très faibles pour l'avenir. Cependant, la nécessité de remplacer les équipements obsolètes, de réduire la consommation de pétrole et de gaz naturel et le désir d'améliorer la qualité de l'environnement sont autant de motivations pour étudier les possibilités en matière d'économies. En Tunisie, l'Economie et la consommation énergétique sont en forte croissance ; ceci signifie que la demande en sources d'énergie va croissant. Les courbes d'économies d'énergie nous indiquent les investissement en économie qui seront moins coûteux que l'augmentation de l'approvisionnement. Enfin ,, les courbes classent les mesures d'économie par ordre d'importance relative, ce qui permet d'établir une comparaison entre ces diverses mesures et répond à la question : "une fois admise l'importance de l'économie de l'énergie, quelles sont les mesures spécifiques les plus rentables à adopter ?"

Quelles sont les potentialités des mesures d'économie de l'énergie ? Les évaluations à ce sujet varient selon la perspective adoptée. Dans cette étude, nous avons adopté la perspective du consommateur, c'est à dire les coûts pour le consommateur , le taux d'escompte du consommateur et de courtes périodes d'amortissement. Par conséquent, la comparaison de prix doit se faire avec des prix de l'énergie à la consommation. De plus, nous avons supposé que le prix de l'énergie demeurerait constant, si bien qu'une comparaison adéquate doit se faire avec les prix actuels. D'autres perspectives sont possibles. On peut adopter la perspective de la compagnie générale d'électricité ou de gaz ; il faudra alors prendre en compte le coût de la gestion d'un programme d'économie de l'énergie et utiliser le taux d'escompte approprié. De plus, les économies d'énergie seront plus importantes dans ce cas, étant donné qu'elles comprennent aussi des économies au niveau de la transmission et de la distribution. Enfin, les prix et coûts comparés doivent être ceux de cette compagnie de gaz ou d'électricité.

Les courbes du gaz et de l'électricité grimpent toutes deux brusquement vers la fin, ce qui pourrait faire croire que l'on a alors épuisé toutes les pssibilités en matière d'économie d'énergie. C'est faux : en fait, cela signifie simplement que nos sociétés n'ont jamais été confrontées jusqu'à aujourd'hui à une telle montée des prix de l'énergie et qu'elles n'ont donc pas encore mis au point des techniques d'économie parfaitement appropriées. De plus, nous n'avons pas inclus dans les courbes toutes les mesures d'économie envisagées, et nous avons en particulier omis toutes celles dont le coût (CEE) était élevé.

Certaines des possibilités en matière d'économie de l'énergie peuvent être réalisées sans (certains diraient même : malgré) l'intervention du gouvernement ou de ses agences. Il faut reconnaitre ici que les gouvernements ont jusqu'ici montré une certaine lenteur, ou une certaine tiédeur vis à vis des actions à entreprendre dans ce domaine.

Enfin, il ne faudrait pas limiter ses efforts uniquement aux régions où la consommation d'énergie est la plus élevée, telles que la Californie. Aux Etats-Unis, par exemple, une augmentation de 50 % de l'efficacité des réfrigérateurs dans le secteur résidentiel permettrait d'annuler la construction de 10 grandes usines d'électricité, dont le coût s'élèverait à 10 milliards de Dinars. La quantité d'électricité ainsi économisée représenterait 2 % de l'électricité vendue aux Etats-Unis en 1980. D'autres importantes économies pourraient être réalisées si tous les logements nouvellement construits utilisaient une réfrigération plus efficace. Quant à la Tunisie, les économies qui y seraient réalisées seraient relativement plus importantes, puisque les nouveaux réfrigérateurs dans les logements actuellement non pourvus de réfrigérateurs amèneraient une augmentation de la consommation d'électricité. Il y aurait donc une très grande différence dans la consommation de l'électricité en Tunisie si tous les les réfrigérateurs achetés durant la prochaine décennie consommaient 1 kWh/jour au lieu de 2 kWh/jour. En Tunisie, comme en Californie, économiser de l'énergie, c'est économiser de l'argent.

REMERCIEMENT

Les auteurs sont reconnaissants à Peter CLEARY pour ses commentaires et son concours.

BIBLIOGRAPHIE

1. J. Wright, A. Meier, A. Rosenfeld, and M. Maulhardt, "Supplying Energy Through Greater Efficiency : the Potential for Energy Conservation in California's Residential Sector". Lawrence Berkeley Laboratory Report "10738 (Jan. 1981), Berkeley : CA 94710.

2. Alan K. Meier, "Supply Curves of Conserved Energy", Ph. D. dissertation (in preparation) 1981, Energy and Resources Group, University of California Berkeley, CA 94720.

3. Schipper, Lee, 1979, "Another Look at Energy Conservation". Am. Econ. Rev. May, or Schipper, Lee, and J. Darmstadter, 1978. "The Logic of Energy Conservation". Technology Review, January.

4. R. P. Lancouth and E. A. Casev, J. of the American Oil Chemist's Society 56, 909 (1979).

5. L. House, P. S. Khalsa, and E. Amir, "Economic Assessment of Residential Electricity Conservation Measures : The Consumer's and the Utility's Perspectives", draft Staff working paper, California Energy Commission, 1111 Rowe Ave. , Sacnamento, CA 95825. December 1980.

6. E. Texelna, California Public Utilities Commission, personal communication, July 7 1980.

7. "Energy Tomorrow : Challenges and Opportunities for California (1981 Biennial Report", California Energy Commission, 1111 Howe Avenue, Sacramento, CA 95825 January 1981.

LES SYSTEMES DU CHAUFFAGE SOLAIRE DE L'EAU ET LE REAMENAGEMENT DE L'ENERGIE DANS LE LOGEMENT

D'APRES

JOHN HARTLEY

ENVIRONMENTALLY RESPONSIVE SHELTER, INC

RT 8 BOX 516C CHAPEL HILL

NORTH CAROLINA 27514 U.S.A.

EN VUE

D'UN SEMINAIRE SUR L'HABITAT ET L'ENERGIE

TUNIS - TUNISIE

11 - 13 JANVIER 1982

LES SYSTEMES DE CHAUFFE-EAU SOLAIRE ET LE REAMENAGEMENT DE L'ENERGIE DANS LE LOGEMENT

Une grande partie des solutions solaires aux problèmes de chauffage et de climatisation, discutées plus tôt peuvent être appliquées avec succès dans les logements existants. Ces projets ne sont pas seulement présentés sur le marché, mais peuvent aussi être fabriqués par le propriétaire. Ils comprennent des chauffe-eaux solaires, des serres et d'autres systèmes de chauffage et de climatisation.

Cette discussion sera divisée en trois sections et comprendra un certain nombre de projets spécifiques. La première partie est une étude détaillée des méthodes de chauffage solaire de l'eau, mettant l'accent sur les systèmes simples et peu coûteux. La deuxième partie examinera plusieurs façons de chauffer une maison existante par le soleil en mettant l'accent sur les systèmes passifs, la fenêtre thermosiphon, les murs capteurs et les serres. La troisième partie examinera les systèmes économiques de climatisation à évaporation.

La technique de chauffage solaire de l'eau à usage domestique est utilisée couramment aux Etats-Unis depuis 50 ans et l'industrie connaît une croissance vigoureuse dans cette technologie éprouvée.

L'utilisation de l'énergie solaire pour chauffer l'eau dans le logement est très similaire à celle qui en est faite pour le chauffage des locaux. Mais la taille plus petite et le prix plus bas des chauffe-eaux solaires font, que ces derniers sont plus à la portée du budget et des compétences du propriétaire. Mieux encore, ils s'intégrent facilement aux systèmes de chauffe-eaux existants.

Le chauffage solaire de l'eau est plus favorable que le chauffage des locaux sur plusieurs plans. Les besoins en eau chaude sont presque toujours les mêmes tout au long de l'année. Le capteur et les autres parties du système fonctionneront toute l'année et le prix initial peut être récupéré entre trois à sept ans. Par contre, un chauffage solaire des locaux n'est vraiment opérationnel que durant les mois les plus froids de l'année et la période d'amortissement est plus longue.

Plus la quantité d'eau dont on a besoin est petite, plus le système est petit et moins il est cher. L'eau chaude représente environ 30 % de l'énergie utilisée par un individu avec une consommation en général maximum le matin et le soir qui correspond à l'utilisation pour le bain et la vaisselle.

Une demande d'eau chaude répartie régulièrement au cours de la journée peut être satisfaite par le moyen d'un tuyau en caoutchouc noir exposé au soleil. En ajustant le débit dans le tuyau, on peut avoir un écoulement d'eau chaude régulier. Mais l'eau chaude doit être disponible après le coucher du soleil et avant son lever, elle doit donc être stockée durant le jour quand la lumière du soleil est disponible et que la demande est faible. Il faut alors relier le tuyau à un réservoir où l'eau chaude peut être stockée, et isoler ce réservoir pour s'assurer que l'eau reste chaude durant la nuit. Pour avoir l'eau chaude durant les jours sans soleil, le réservoir de stockage doit être plus grand et mieux isolé. Si l'eau chaude doit être toujours disponible, il faut raccorder un appareil de chauffage auxiliaire. Plus le volume d'eau chaude est important et plus la durée de stockage est longue, plus le système de chauffage solaire devient complexe et coûteux.

Ce chauffe-eau solaire opérationnel et peu coûteux consiste en un bac peu profond, muni d'un couvercle transparent et exposé au soleil. L'appareil de chauffage est rempli le matin et vidé le soir. Une autre variante consiste en une boîte en bois recouverte d'une enveloppe de plastique qui contient de l'eau. Une eau plus chaude et une réceptivité plus importante sont obtenues si un couvercle transparent est placé sur le sac. Ces boîtes horizontales et plates pour chauffer l'eau sont bien adaptées aux latitudes plus basses où le soleil est haut toute l'année.

Un capteur horizontal est moins efficace à des latitudes plus élevées car le soleil est plus bas dans le ciel. Une solution consiste à utiliser une surface en aluminium pour réfléchir plus de lumière sur l'eau. Si les supports sont réglables, le réflecteur peut être réglé sur l'angle optimum de chaque mois.

On peut aussi incliner l'appareil de chauffage lui-même. Les réservoirs en métal plats inclinés pour une réceptivité optimum ont été construits au Japon, en Algérie et en Inde. Bien que les détails de la construction varient, ces capteurs consistent essentiellement en deux plaques de métal soudées aux bords pour former un récipient de 10 à 20 centimètres d'épaisseur. Le réservoir doit être assez solide pour résister au surcroît de pression de l'eau dû à l'inclinaison.

Le côté exposé au soleil est peint en noir et couvert d'une plaque de verre.

Ce qu'il y a de plus remarquable dans ces deux types de chauffe-eaux est qu'ils fonctionnent en tant que capteur d'énergie solaire et en tant qu'élément de stockage de l'eau chauffée. Le plus grand inconvénient des chauffe-eaux de type stockage est leur perte de chaleur la nuit ou durant les temps nuageux. La réponse la plus efficace à ce problème est d'isoler les côtés et le dos de l'élément et d'utiliser un couvercle isolant mobile pour couvrir l'eau ou le vitrage quand il n'y a plus de soleil. On peut aussi mettre une surface de réflexion sur la face inférieure de ce couvercle et l'utiliser pour collecter plus de lumière quand il est ouvert. Mais une telle solution demande plus d'efforts personnels et une attention quotidienne.

Ce chauffe-eau appelé "Bred Box" est un chauffe-eau type stockage dont les avantages sont le bas prix de revient et la simplicité de conception. Des variantes de ce chauffe-eau étaient utilisées dans les années 1930 mais la version améliorée décrite ici a été développée récemment en Arizona.

Les parties essentielles sont le réservoir d'eau, le couvercle en verre et la boîte isolée. Le réservoir d'eau peut être fait d'une variété de réservoirs ou barils. On choisit généralement le réservoir intérieur d'un chauffe-eau domestique conventionnel débarrassé du revêtement de métal et de l'isolation, ou un baril à pétrole de 55 gallons. En choisissant un réservoir ou un baril approprié, on peut adapter les capacités du capteur et du stockage aux besoins en eau chaude.

Le réservoir est peint en noir mat et placé horizontalement dans la boîte isolée. Généralement, l'axe long du réservoir est orienté d'est en ouest, bien qu'un réservoir incliné soit possible. La conception fait appel à des plaques de verre ou d'autre matière translucide, sur la face sud et le haut de la boîte. On minimise la perte en chaleur de l'eau stockée en isolant la boîte qui enferme le réservoir la nuit et durant les périodes de temps nuageux. Durant le jour, le haut du panneau est relevé et un panneau sur le côté sud est abaissé pour exposer le couvercle en verre et le réservoir au soleil. Les intérieurs des panneaux et la boîte elle-même sont couverts d'une matière telle qu'une feuille d'aluminium qui accroît la réception et la réflexion du soleil sur les côtés et le dos du réservoir. Quand les panneaux sont fermés, ces surfaces réfléchissent la radiation thermique vers le réservoir.

Le réservoir peut être rempli d'eau sous pression ou non. Une fois dans le réservoir l'eau est chauffée lentement mais uniformément. Les courants de convection et la conduction à travers le métal du réservoir distribuent la chaleur à travers l'eau, et, une petite stratification de la chaleur a lieu. Dans les systèmes sans pression, l'eau chaude est presque toute utilisée avant le remplissage du réservoir ; dans les systèmes sous pression l'eau froide de remplacement entre dans le réservoir au rythme de sortie de l'eau chaude et il se produit un petit mélange. Si deux réservoirs sont utilisés, il y a moins de problème avec le mélange. L'eau chaude est tirée d'un réservoir alors que l'eau froide coule dans l'autre. Cet élément qui se trouve au-dessus d'une salle de bain constitue une variante dans la conception du Bread Box. Avec une pomme de douche à faible débit 200 litres d'eau chaude à 55°C ont servi 15 personnes par jour. L'eau froide n'entrait pas dans le chauffe-eau lorsque l'eau chaude en sortait. Le réservoir se vidait durant le jour et était rempli tôt le lendemain.

Le rôle du propriétaire est réduit avec un chauffe-eau à thermosiphon, qui exploite la poussée naturelle de l'eau chaude pour la transporter vers un réservoir isolé qui se trouve loin du capteur. Tout comme dans un volume d'air les températures les plus chaudes d'un volume d'eau non remuée se trouvent vers le haut. A cause de la légère différence de densité, l'eau chaude se déplace vers le haut alors que l'eau froide reste au fond. Par conséquent, si un réservoir de stockage est placé au-dessus du niveau du capteur l'eau chauffée par le soleil s'y accumule. Si le réservoir est isolé cette eau restera chaude pendant la nuit. Au contraitre, pour les chauffe-eaux du type stockage quelqu'un doit fermer le couvercle isolant le soir et l'ouvrir le matin pour obtenir le même résultat.

Le chauffe-eau à thermosiphon le plus simple est peut-être le modèle développé et utilisé aux Antilles. Le capteur est un petit récipient en métal peint en noir sur le côté supérieur et recouvert de verre. Une extrémité du récipient se gonfle pour former un grand réservoir de stockage. Un déflecteur en travers de la section médiane du récipient sert de thermosiphon. L'eau chauffée par le soleil dans le capteur coule vers le réservoir comme on l'a démontré alors que l'eau froide du fond du réservoir retourne vers le capteur. Et comme le réservoir de stockage est isolé, l'eau chauffée par le soleil reste chaude toute la nuit.

La plupart des chauffe-eau à thermosiphon ont un capteur séparé du réservoir de stockage. Bien qu'il existe différents systèmes, tous sont caractérisés par des tuyaux isolés reliant le capteur incliné à un reservoir de stockage bien isolé. Quand l'eau du capteur est chauffée par le soleil, elle s'élève, passe par le tuyau et coule par le haut dans le réservoir du stockage. Simultanément, l'eau froide qui se trouve au fond du réservoir de stockage coule dans le tuyau qui le renvoit au capteur. Aussi longtemps que le soleil brille, l'eau circule et devient de plus en plus chaude.

Le thermosiphonage dans le sens contraire peut être empêché en installant une soupape de contrôle qui se ferme à chaque fois qu'un écoulement commence dans le sens contraire. Mais une différence de hauteur peut produire le même effet. Avec un réservoir localisé à un pied au moins au-dessus du capteur, l'eau froide se dépose la nuit dans la partie inférieure du capteur alors que l'eau chaude reste en haut dans le réservoir. Mais l'écoulement contraire peut se produire si le capteur et le réservoir de stockage se trouvent sur le même niveau et qu'il n'y a pas de valve de contrôle. Le réservoir de stockage peut être bien isolé et placé à l'intérieur du logement si cela est possible. Le tuyau d'entrée qui se trouve au bas du capteur doit l'alimenter à partir du fond du réservoir (sa partie la plus froide). L'eau chauffée par le soleil dans le capteur doit alimenter la partie la plus chaude du réservoir (le haut). La moitié environ du volume de stockage d'une journée doit rester au-dessus de l'admission d'eau chaude pour que l'eau la plus chaude puisse s'y accumuler.

L'eau chaude doit être toujours tirée par le haut du réservoir, qu'elle soit sous pression ou non. Une capacité de stockage de deux jours est généralement l'optimum. Un grand réservoir peut alimenter durant des périodes nuageuses plus longues mais il coûtera plus cher.
Un plus petit réservoir nécessite le recours plus fréquent à une source de chaleur auxiliaire. En général, le capteur doit être assez grand pour fournir les besoins en eau pour un seul jour dans des conditions moyennes.

Au-delà, un capteur plus grand fournit un taux de rentabilité croissant faiblement.

L'utilisation des pompes peut supprimer un grand nombre de contraintes dans l'architecture d'un chauffe-eau a thermosiphon. Un système à pompe est souvent utilisé dans les cas où les conduites sont très longues ou s'il n'y a pas d'emplacement adéquat pour un réservoir de stockage élevé. Le surcoût à payer comprend le prix de la pompe, ses organes de commande et l'électricité qui les fait fonctionner. Mais un capteur à une plus grande efficience avec un écoulement d'eau soutenu et le concepteur a une plus grande souplesse dans l'application du système.

La pompe doit être contrôlée pour que la circulation n'ait lieu que lorsque le fluide qui se trouve dans le capteur est plus chaud que celui qui se trouve dans le réservoir.

Un thermostat différentiel à deux détecteurs, l'un près de la sortie du capteur et l'autre près de la sortie du réservoir est le meilleur dispositif de contrôle mais il peut coûter cher. L'alternative la moins chère est aussi celle qui perd le plus de temps, celle où le thermostat est active la pompe quand le capteur atteint une température présélectionnée.

Cette unité de 160 litres récupérée sur un réservoir à pression est un exemple de chauffe-eau solaire. L'eau froide est amenée par la pompe du puit vers le fond du réservoir puis est chauffée par conduction à partir de l'échangeur de chaleur. L'eau la plus chaude s'accumule dans la partie supérieure d'où elle est tirée pour l'utilisation domestique.

Deux obstacles pour l'utilisation du chauffage solaire des locaux sont la mauvaise orientation de la construction et l'occulation de la lumière solaire en hiver par les arbres et les autres constructions. Comme beaucoup de maisons anciennes sont pleines de courants d'air et mal isolées, le propriétaire doit investir beaucoup dans les mesures de conservation de l'énergie avant de penser au chauffage solaire. Pour les maisons qui n'ont pas les défauts mentionnés ci-dessus, il y a un grand nombre de possibilités. Les projets solaires à petite échelle tel que les boîtes fenêtres en murs capteurs peuvent fournir 20 pour cent seulement de chaleur dont une maison a besoin mais leur prix entrêmement bas justifie leur utilisation.

Les serres accolées qui sont construites par les propriétaires du logement eux-mêmes peuvent fournir jusqu'à 50 pour cent de la chaleur nécessaire Pour ceux qui veulent construire une autre chambre sur le côté sud de leur maison, un pourcentage plus grand de chaleur peut être fourni par le moyen d'autres systèmes de chauffage solaire passifs.

Les systèmes actifs indirects sont rarement rentables du fait de leur complexité et de l'espace qu'ils nécessitent.

LE CAPTEUR BOITE FENETRE ET AUTRES CAPTEURS

La construction d'un capteur boîte fenêtre est un projet de réaménagement rapide que presque tout le monde peut réaliser. C'est une boîte en bois isolée avec une face en verre, plaquée contre le cadre d'une fenêtre orientée au sud. Les rayons du soleil sont absorbés par une feuille en contre plaqué noire, ou, toute autre matériau qui divise la boîte en son milieu. L'air qui se trouve au-dessus de la feuille noire est chauffé et passe dans la maison aspirant en remplacement l'air plus frais de la maison vers le fond de l'élément. Aussi longtemps que le soleil brille ce capteur boîte fenêtre aide à chauffer la maison.

Il est important d'isoler le dos, les côtés et le bas de la boîte. Elle doit être bien étanche et bien ajustée au cadre de la fenêtre. La nuit, les ouvertures n'ont pas besoin d'être fermées car l'air frais descend au fond de la boîte et y reste. En été, la boîte peut être enlevée et rangée ou bien les ouvertures doivent être condamnées par des cadres pour maintenir l'air chaud hors de la maison. S'il y a peu de fenêtres sur le côté sud de la maison, on peut mettre un capteur contre le mur extérieur. Ce capteur à thermosiphon est construit en couvrant de verre une portion du mur et en perçant des trous dans le mur pour laisser entrer l'air frais par le bas du capteur et sortir l'air chaud vers la maison, par le haut. On peut augmenter le captage de l'énergie solaire en construisant un réflecteur d'une feuille d'aluminium et de bois et en le posant par terre en face du capteur.

LES SERRES ACCOLEES

Les serres sont apparues comme une méthode idéale de chauffage solaire. Elles ont aussi plusieurs autres avantages. Le flux naturel d'air chaud fourni par la serre a une humidité relative plus élevée dûe à la vapeur dégagée par les plantes. L'inconfort et même les indispositions respiratoires causés par l'air sec de la maison en hiver ont disparu. Une serre qui produit des plantes et des produits de consommation à bas prix peut aussi faire une agréable extension pour votre maison. Les pertes de chaleur à travers le mur, les portes ou les fenêtres qu'elle contient sont réduites, et elle peut servir de vestibule d'entrée et réduit aussi l'infiltration de l'air froid extérieur.

Dans cette illustration nous voyons une serre simple accolée au mur sud d'une maison. Le mur de stockage était construit avec des blocs de maçonnerie creux remplis de bétons et isolés sur la face externe. Dans beaucoup de serres, une masse thermique complémentaire est fournie par un tonneau de 160 litres rempli d'eau et posé contre le mur.

Dans certaines serres, le sol en terre a été excavé partiellement et remplacé par une couche de rochers qui augmente la masse thermique. Dans d'autres, le sol a été recouvert de rochers, de gravier et de pierres. Les structures peuvent couvrir jusqu'à 50 pour cent des besoins en chaleur de ces maisons. La chaleur de l'été peut s'échapper par une ouverture haute dans le mur est. Une ouverture basse dans le mur ouest aide cette ventilation, surtout quand le vent souffle du sud-ouest.

La plupart de la masse thermique est abritée du soleil de l'été par un toit partiel sur la serre.

REAMENAGEMENT DE LA CLIMATISATION

Malheureusement, le réaménagement de la climatisation est plus difficile à réaliser que celui du chauffage;quelques unes des méthodes les plus simples nécessitent encore des pompes, des tuyaux et des ventilateurs. Quatre moyens de climatisation par évaporation seront mentionnés ici parce qu'ils sont indépendants et présentent les possibilités d'installation les plus simples. Dans chaque cas un ventilateur aspire l'air ambiant à travers des tampons de fibres mouillés ou à travers une pulvérisation d'eau refroidissant l'air par évaporation, avant de l'envoyer dans la maison. L'air est évacué par les fenêtres et autres ouvertures, de préférence à travers quelque point chaud de la serre, pour que la chaleur solaire soit évacuée avant de pénétrer dans l'espace habité. Les climatiseurs à évaporation directe à ruissellement sont utilisés dans le sud-ouest américain, pour le commerce et l'habitat. Il consiste en une boîte de métal contenant un ventilateur et muni des tampons de fibres sur les trois ou quatre côtés. Bien que la pression du réseau de distribution de l'eau puisse être utilisée pour faire ruisseler l'eau à travers les tampons, dans la plupart des installations une pompe recycle l'eau à travers les tampons dans le but d'améliorer l'efficience. Le ventilateur évacue l'air par le fond ou le côté de la boîte. L'importance des surfaces offertes par les tampons de fibres sur chaque élément autorise des vitesses d'écoulement de l'air très basses, donc faciles à maintenir et cela à faible coût.

Les climatiseurs à évaporation de type à vaporisation sont semblables au type à ruissellement mais au lieu des tampons de fibres ils utilisent un gicleur dirigeant un brouillard sur le ventilateur qui l'envoie alors dans la maison. Dans la figure 2, une roue à rotation rapide projette un rideau d'eau dans l'air lequel est brisé en fines goutelettes par l'air qui entre, refroidissant un peu l'air avant de mouiller le tampon de fibres comme dans le cas des climatiseurs de type à ruissellement. Ce tampon mouillé refroidit encore l'air. Ces moyens ont moins de problèmes de bouchage et d'entartrement que les climatiseurs du type

Dans le schéma 3, l'eau est pulvérisée sur des tampons horizontaux. Le refroidissement se produit par l'évaporation du brouillard ainsi que sur le tampons mouillés qui servent à éliminer le brouillard. Tout comme dans le cas précédent, le bouchage et l'entartrage sont très réduits en comparaison avec les tampons verticaux. Les tampons ne tendent pas à s'affaisser et à causer des fuites d'air. L'efficacité de ce système s'améliore quand la taille des goutelettes diminue.

Le schéma 4 est considéré comme exigeant la maintenance la plus réduite de tous les climatiseurs à évaporation et il est silencieux. C'est aussi le plus cher. Une mèche en forme de courroie passe à travers le réservoir d'eau, puis tourne lentement dans le jet d'air qui pénètre dans le logement, refroidissant cet air par évaporation de l'eau qu'il contient. Sa forme et l'absence du brouillard produit par le tambour-en-rotation rendent ce climatiseur intéressant.

Plusieurs genres de climatiseurs à évaporation ont rendu la vie plus facile dans les régions arides et chaudes pour un grand nombre de personnes.
Les arabes du moyen âge se représentait le paradis comme un jardin rafraîchi par l'évaporation de l'eau des fontaines et l'eau transpirée par les feuilles des plantes vertes. La circulation naturelle de l'air pénétrant par des ouvertures dans les murs remplis de brindilles, ou à travers des cheminées humides et des tunnels sous terrain a été aussi utilisée. Ce dernier exemple comprend aussi les effets bénéfiques des températures basses existantes sous terre et donne l'avantage d'intégrer un climatiseur à évaporation à d'autres méthodes de climatisation passive pour maximiser leur efficacité.

Le climatiseur moderne à évaporation directe est simple et pratique et présente une solution valable pour les besoins en climatisation dans les climats arides et chauds.
Mais nous ne devons pas nous contenter de notre connaissance technologique moderne. L'Alhambra le palais des rois maures à Grenade, en Espagne, nous rappelle que nos problèmes ne sont pas nouveaux et qu'ils ont été résolus avec simplicité et élégance dans le passé.

En combinant les solutions simples de nos ancêtres et notre technologie moderne nous serons capables de faire face à nos besoins présents futurs en énergie.

L'EAU CHAUDE ET LES APPAREILS : QUELQUES CONSIDERATIONS SUR LA CONSOMMATION D'ENERGIE

PAR

LEE SHIPPER
STAFF SCIENTIST
ENERGY AND ENVIRONMENT DIVISION
LAWRENCE BERKELEY LABORATORY
UNIVERSITY OF CALIFORNIA
BERKELEY, CALIFORNIA 94720
U.S.A.

POUR

SEMINAIRE SUR LE LOGEMENT ET L'ENERGIE

TUNIS, TUNISIA

11-13 JANVIER 1982

SOUMIS PAR

HUMAN RESOURCES MANAGEMENT, INC
1101 30TH ST., N.W.
WASHINGTON, D.C. 20009

REMARQUES SUR LES APPAREILS MENAGERS

Lee Schipper

Je vais parler brièvement de quelques aspects de la conservation d'énergie dans les appareils de ménage. Les appareils de ménage électrique et à gaz ne comprennent aujourd'hui qu'une petite partie de la consommation d'énergie en Tunisie et dans les autres pays en voie de développement. Toutefois, nos études de l'Europe et du Japon ainsi que des pays en voie de développement en Asie montrent que l'énergie consommée par ces appareils peuvent s'accroître très rapidement ainsi qu'ils deviennent un souci majeur dans quelques décennies. La considération des options et des coûts d'énergie efficace, aujourd'hui, pourrait permettre à la Tunisie d'éviter beaucoup de dépenses superflues et une insécurité énergétique qui accompagnent un développement peu nécessaire à l'égard de la demande d'énergie.

Je dois signaler que cette discussion provient d'un point de vue occidental. La cuisine et les styles de vie en Tunisie reflètent cette perspective ainsi que les perspectives du Maghreb, de l'Afrique, et du Moyen Orient, perspectives qui sont peut-être plus importants à présent. Néanmoins, j'ai vu les appareils occidentaux pénétrer dans les cultures de tous les continents au fur et à mesure que les revenus et les standards de vie s'élèvent. Il existe un tendance dans le monde de mélanger les cultures et les styles de vie; donc, il est inévitable qu'une grande partie des éléments communs aux systèmes discutés ici vont se répandre en Tunisie et ailleurs. Néanmoins, j'espère que cette perspective sera utile pour ceux qui ont des perspectives différentes.

1. Vue d'ensemble des appareils

Il est utile de considérer les appareils d'une perspective internationale et d'examiner l'accroissement de l'utilisation des appareils à mesure que les revenus montent. Cet examen peut s'effectuer dans une certaine mesure relative à un seul pays en regardant les études de l'emploi des appareils par des groupes de revenus différents. On remarque comment l'utilisation des appareils s'augmente en raison de l'augmentation du revenu disponible, ce qui offre des modèles pour les pays en voie de développement.

1.1 Revenu bas : le Kenya

Au Kenya on a analysé l'utilisation d'électricité et de gaz propane liquifié pour des ménages divers. On a trouvé que le GPL se servait

principalement pour faire la cuisine et pour certains cas de l'éclairage, principalement dans les ménages à revenu moyen et dans les ménages éloignés de l'électricité. L'électricité ne servait que pour l'éclairage en très petites quantités dans les ménages à bas revenu; pour les lumières, un poste de radio, peut-être une petite cuisinière, dans les ménages à revenu moyen; et pour la réfrigération, le chauffage d'eau, les laveurs, et pratiquement tous les autres appareils électriques disponibles en Europe et en Amérique du nord dans les ménages de haut revenu.

L'utilisation de GPL et de kérosène s'augmentait rapidement au cours de 1979; je crois que le manque de bois de chauffage ainsi que les revenus montants ont stimulé cette croissance. En 1980, le manque de cylindres GPL et une pénurie de kérosène ont abouti à un arrêt de cette croissance. La croissance de l'utilisation d'électricité était le résultat d'une augmentation rapide de la demande d'électricité. Le pourcentage des maisons reliées au réseau électrique est beaucoup plus élevé en Tunisie qu'au Kenya; donc le Kenya représente une phase de la consommation d'électricité que la Tunisie a passée il y a longtemps. Les maisons à haut revenu, cependant, en Tunisie consomme à peu près 600-900 kWh/mois; les ménages à revenu moyen consomme à peu près 350 kWh/mois. Un calcul représentatif suggère que tous les ménages en Tunisie peuvent atteindre le dernier chiffre, environ 350 kWh/mois, à la fin de ce siècle.

1.2. Revenu moyen : développement rapide

Dans les pays en voie de développement rapide, tels que la Corée et le Taiwan, on a trouvé que l'utilisation d'électricité s'est accrue rapidement au cours des années 70 par ménage jusqu'à 15 % par an, en tant que le revenu des consommateurs s'est augmenté rapidement et qu'ils ont acheté leurs premiers réfrigérateurs, laveurs, et dans de rares cas, des cuisinières électriques. L'utilisation des combustibles est importante aussi. A Taiwan, on préfère faire la cuisine à gaz, GPL ou gaz de ville, à cause de la tradition. La cuisine à électricité est répandue dans une grande partie de l'Europe où le gaz est cher ou non disponible. En Corée, cependant, beaucoup de familles continuent à faire la cuisine au système Ondol, ce qui consiste d'un poêle à charbon dont l'échappement réchauffe l'eau qui réchauffe le plancher de la salle principale. Malheureusement, la fumée de la combustion contient de hautes quantités de l'oxyde de carbone, et beaucoup de gens meurent chaque année de ce poison. Avec du chauffage central à pétrole et gaz et gaz de ville pour

la cuisine, les Coréens des villes commencent petit à petit à changer leurs préférences.

Tandis que le taux de croissance relatif au nombre de clients à haussé la consommation d'électricité au Kenya, le taux de croissance dans la consommation par client était la force motrice aux pays à revenu moyen et en Europe dans les années 60; on trouve une situation pareille aux pays qu'on a étudié à l'Extrême Orient.

1.3 Revenu haut (Europe) : Croissance rapide continue

Le développement rapide dans la consommation d'énergie d'eau-chaude et dans la consommation d'énergie pour les appareils électriques éprouvé par l'Europe était le résultat d'un nombre croissant d'appareils et de leurs dimensions plus grandes. En Italie, par exemple, les réfrigérateurs typiques ont une capacité de moins de 300 litres, et ils n'ont pas de véritables compartiments de congélation; en France, ils sont un peu plus grands, et un pourcentage plus grand contient des congélateurs; en Suède, ils sont aussi grands que 450l avec des congélateurs complets, et en Amérique du nord on trouve typiquement 600l pour congélation et 600l pour réfrigération normale. L'agrandissement des appareils généralement augmente la consommation d'énergie annuelle, excepté quelques appareils, tels que les laveurs, qui utilisent moins d'énergie par unité de rendement (ici, kilo de linge nettoyé) que les plus ptits. Ce changement--qui représente une véritable augmentation dans l'efficacité-- est difficile à remarquer puisqu'il est généralement accompagné des revenus plus élevés et d'une utilisation plus grande de l'appareil.

1.4. Saturation : les Etats-Unis, la Suède, le Canada

L'utilisation d'électricité pour les appareils, et l'utilisation d'énergie pour l'eau chaude, le chauffage et le réfroidissement s'accroîssent encore en Europe central, malgré que les prix plus hauts aient ralenti cette croissance d'une façon frappante. En Amérique du nord et en Scandinavie, cependant, les appareils électriques s'approchent du point de saturation. Il y a plus d'un réfrigérateur et d'un téléviseur pour chaque maison, ce qui ralentit la croissance de la consommation d'énergie relative aux appareils. Au même temps, les prix plus élevés d'énergie forcent les fabricants et les consommateurs de choisir des dispositifs plus efficaces aux meilleurs moteurs, qui ont une meilleur isolation, de meilleurs systèmes de régulateurs d'énergie. Par rapport aux revenus disponibles,

la consommation d'électricité pour les appareils électriques à presque cessé de s'augmenter. La croissance principale aux Etats-Unis de la consommation d'électricité se rapporte à la climatisation et au chauffage en quelques régions.

1.5. Conclusions d'une perspective internationale

Les quinze ans prochains pourraient apporter les développements suivants en Tunisie : D'abord, les prix les plus élevés d'électricité vont ralentir probablement cette croissance par rapport au revenu, comparé avec l'expérience des autres pays au cours des années 60 et 70. Puis, la croissance se ralentira au fur et à mesure qu'elle s'approche de la saturation. La croissance dépendra de la climatisation qui est très influencée par l'architecture et par les habitudes des gens. Il est clair que si l'on prend des mesures pour s'assurerqu'en Tunisie, on ne vend et on n'utilise que les appareils qui emploient l'énergie d'une façon efficace et économique, on peut éviter une quantité de frais et de problèmes qui accompagnent la croissance rapide de la consommation d'électricité. La consommation d'électricité probablement n'atteindra jamais les mêmes niveaux qu'en France et en Italie relative aux niveaux de revenu semblables, parce que les appareils sont plus efficaces en Tunisie.

Il est plus difficile de prévoir la consommation de gaz. La pénétration et l'utilisation de gaz, soit-elle de la canalisation ou des cylindres, dépendra en partie des prix relatifs du gaz et de l'électricité, en partie des habitudes de cuisine et de bains, en partie de la pénétration de l'énergie solaire dans le marché de chauffage d'eau. Comme l'électricité, l'utilisation de gaz peut s'accroître beaucoup au fur et à mesure que les nouvelles maisons utilisent le gaz et qu'elles obtienne les appareils qui chauffent l'eau.

2. Les Déterminants de l'utilisation d'énergie

Pour comprendre comment la demande d'énergie se forme, on va passer en revue avec plus de soin, les déterminants les plus importants de la demande.

2.1 Le Climat

Aux pays qui ont des problèmes de chauffage, le climat se voit parmi les déterminants les plus importants de l'utilisation d'énergie pour le chauffage. Le chauffage en générale entre dans le budget ménager d'abord par l'usage du bois, ou d'autres biocombustibles et le charbon, plus tard, par le pétrole, le gaz ou l'électricité. Aux pays froids, l'eau est plus froide, donc elle exige plus d'énergie pour se chauffer qu'aux pays

chauds.

Aux pays chauds, la climatisation qui est peut-être moins une nécessité biologique que le chauffage, devient importante quand les revenus dépassent à peu près $200 US/capita.

Dans les deux cas, la consommation d'énergie qui dépend du climat est très influencée par le niveau d'activité et les préférences de température. L'énergie destinée à la climatisation, aussi importante, dépend du dessin de la maison et de sa construction. Il est évident que l'architecture traditionnelle du désert au Maghreb et au Moyen Orient était bien adaptée aux journées chaudes et nuits fraîches du désert.

2.2. Grandeur de la famille

La grandeur de la famille détermine d'une façon importante l'utilisation d'énergie du ménage. Il est évident que les nécessités énergétiques pour faire la cuisine n'augmentent pas par rapport direct à l'agrandissement de la famille, à cause des économies que l'on fait en cuisinant avec des pots plus grands. Par contre, la grandeur de beaucoup d'appareils doit s'augmenter pour accommoder les familles plus nobmreuses; la consommation d'eau chaude s'augmente aux pays développés en raison directe de la grandeur du ménage, et la taille de la maison s'augmente par rapport à l'augmentation de la famille, toutes choses égales, d'ailleurs.

Il est évident que l'utilisation d'énergie par ménage diminuera pour un revenu donné à mesure que les familles deviennent moins nombreuses. Au même temps, l'utilisation d'énergie relative aux appareils par personne à une tendance à changer de façons différentes à mesure que les familles deviennent moins nombreuses, parce que moins de monde partage du même service. Les repas doivent être préparés pour moins de monde; les réservoirs d'emmagasinage d'eau laissent échapper de chaleur que beaucoup de gens en tirent de l'eau ou non, et les ménages exigent autant d'énergie pour l'espace.

On a parlé plus tôt du rôle que les revenus plus élevés jouent à stimuler la croissance de l'utilisation d'énergie pour les appareils. Une fois que les nécessités de base pour l'abri et pour la cuisine sont satisfaites, ce qui est le cas pour la plupart des pays de revenu moyen, le revenu augmenté est utilisé pour acheter plus d'appareils de cuisine, les chauffes-eau, les fers à repasser, les laveurs, les téléviseurs, les aspirateurs, etc. Le niveau de la consommation d'électricité, pour un revenu donné, dépend de l'accessibilité et du prix de gaz ainsi que du

prix d'électricité.

2.4. La sorte d'habitation

La sorte d'habitation est un élément important pour déterminer la consommation d'électricité et de gaz par les appareils. Dans les habitations à plusieurs familles, une grande partie des services, tels que l'eau chaude et la lessive, sont partagés par beaucoup de familles. Puisque les familles dans les appartements sont en générale moins nombreuses que celles qui habitent dans les villas, certains services, tels que la réfrigération et l'éclairage, peuvent exiger une plus grande quantité d'énergie par personne.

2.5. L'Efficacité

Les appareils fonctionnent de trois façons; d'une façon continue, comme les réfrigérateurs et les congélateurs; d'une façon discontinue, ce qui dépend sur les habitudes des habitants, comme l'éclairage et les téléviseurs; et d'une façon cyclique, comme les laveurs. L'efficacité des appareils sont en général définie en tant que la proportion de production à l'entrée d'énergie; l'intensité est définie comme l'inverse. Les laveurs peuvent se définir par le poids de linge lavé par 1 kWh; les réfrigérateurs par la proportion de capacité en litres à la consommation d'électricité mensuelle; l'éclairage par la production en lumens divisée par la consommation d'électricité en kilowatts; les chauffes-eau par l'efficacité de conversion des combustibles ou de l'électricité qu'il faut pour chauffer l'eau. Les mesures de conservation sont visées principalement à améliorer l'efficacité des appareils, ce qui hausse ces chiffres.

Il est important de comprendre les rôles relatifs du comportement et de la technologie dans la détermination de l'efficacité des appareils. Il est difficile, par exemple, à mon avis, de demander aux gens de "conserver" de l'énergie par moyen de ne pas regarder la télévision. En principe, il n'est pas juste de demander aux gens de conserver l'énergie par le moyen des sacrifices, et il existe peu d'évidence que les gens s'y conforment en tout cas. Quand les prix d'énergie montent, les gens se servent plus soigneusement des appareils, car ils préfèrent d'économiser les coûts d'énergie et d'employer l'argent pour autre chose.

Par contre, il est juste de demander aux gens d'utiliser leurs appareils avec plus de soin; de faire attention à la température de l'eau chaude et au réglage d'éteindre les lumières qui ne sont pas en marche, et de contrôler la température des réfrigérateurs. En effet, on a trouvé que l'utilisation

appropriée des appareils est aussi importante à court terme que la construction efficace l'est à long terme.

3. Tendances dans l'utilisation d'énergie

On peut regarder l'unité d'utilisation d'énergie et du revenu disponible. On a arrivé à la conclusion que l'utilisation d'énergie pour les appareils électriques monte rapidement à mesure que les revenus s'élèvent jusqu'à $500 US/capita, quand la croissance se ralentit moins que le taux de croissance du revenu. Le niveau réel d'utilisation d'électricité par rapport au revenu dépend des prix d'énergie.

Sur la Table 1, je donne quelques évaluations pour l'utilisation d'énergie pour les appareils importants en Italie et en France aussi bien qu'en Suède et aux Etats-Unis. En tant que groupe, ces pays couvrent un facteur d'à peu près 2 en revenu réel disponible par famille aussi bien qu'en prix d'énergie. (Notre étude détaillée comprend beaucoup d'autres pays aussi.) Les utilisations annuelles reflètent les facteurs de comportement et techniques; la plupart des experts pensent que des améliorations relatives à ces facteurs peuvent réduire la consommation d'énergie d'une forte mesure.

En se servant de l'expérience de plusieurs pays, j'ai conçu un scénario vraisemblable de consommation énergétique des appareils de ménage en Tunisie vers la fin de ce siècle. A Table 2, j'ai catalogué les utilisations principales d'électricité et de gaz ainsi que la consommation par unité et la consommation par ménage, en moyenne du stock entier. Je revois chacune de ces utilisations discutées ci-dessous.

4.1. Des combustibles traditionnels aux combustibles modernes

4. Cuisine

La transition de combustibles traditionnels--en général le charbon ou le bois--à gaz ou électricité marque une étape importante dans l'utilisation d'énergie du ménage. Les habitudes de cuisine déterminent quels combustibles et quels dispositifs sont préférés par la classe moyenne qui surgit. La grandeur de la famille, les habitudes de manger (à la maison ou ailleurs, les les repas maigres ou les festins) sont aussi importantes pour déterminer l'utilisation d'énergie pour la cuisine. On ne peut pas s'y méprendre sur la question d'où l'utilisation commerciale d'énergie pour la cuisine commence à diminuer à mesure que les familles passent plus de temps à gagner de l'argent et de le dépenser dans les restaurants, et moins de temps à faire de grands repas pour de grandes familles. Les

munies d'une allumage électronique, ce qui supprime la nécessité des lampes-témoins ou l'éclairage manuel. Les fours ont plus d'isolation qu'auparavant; les thermostats améliorés réduisent le chauffage superflu et les miniteurs ferment le chauffage où l'on n'en a plus besoin. En plus, de petites cuisinières électroniques ont apparu qui font de gros repas d'une façon efficace, tels que les fours à micro-ondes, ou celles qui font de petits repas.

Auparavant, par exemple, il fallait allumer un four uniquement pour griller le pain ou pour cuire une pomme de terre. Maintenant, les petits appareils électriques ou à gaz peuvent accomplir le même objectif d'une façon qui conserve l'énergie.

5. Le chauffage d'eau

5.1. Tendances

Le chauffage d'eau est généralement oublié dans les études sur l'utilisation d'énergie aux pays en voie de développement. L'utilisation de l'eau chaude des systèmes conçus principalement pour chauffer l'eau s'accroît par rapport à l'urbanisation et au besoin croissant de se baigner; en outre, les revenus plus élevés stimulait l'achat des appareils, y compris les laveurs, les douches et l'eau chaude dans les cuisines et les salles de bain.

5.2. Progrès technique

Bien que les système d'eau chaude solaires soient plus efficaces et populaires, on fait l'essai d'un dispositif, une pompe à chaleur à eau chaude, aux régions de climat chaud des Etats-Unis. Elle utilise la chaleur de l'air pour chauffer l'eau. De telles pompes à chaleur électrique ont la capacité de transférer trois unités de chaleur à l'eau pour chaque unité d'électricité consommée. Leur défaut principal aux pays en voie de développement est qu'ils coûtent chers à entretenir. Différents des climatisateurs, les chauffes-eau sont généralement utilisés 24 heures par jour toute l'année, donc leurs moteurs doivent être très forts. Néanmoins, nous nous attendons aux résultats des tests sur cette technologie de Hawaii.

Les systèmes de combustion à stockage et à non-stockage sont devenus plus efficaces avec l'addition récente d'isolation aux réservoirs et aux conduits, et l'utilisation d'ignition électronique dans les chaudières à gaz

combustibles commerciaux sont convenables et flexibles pour faire la cuisine rapidement, ce que les combustibles traditionnelles ne le sont pas.

4.2. GPL Kérosène

Les combustibles les plus convenables aux pays de revenu moyen sont le kérosène et le GPL (pétrole lampant et GPL), parce que les poêles exigés sont relativement bons marchés et parce que ces combustibles et leurs poêles sont portatifs. Le GPL (Gaz propane liquifié) est plus efficace et il est utilisé dans beaucoup de pays européens où le gaz est préféré mais où il n'est pas canalisé. Tandis qu'il y aura peut-être une surabondance mondiale du GPL pendant la décénnie prochaine, le kérosène devient rare en tant qu'un combustible pour la cuisine et l'éclairage dans beaucoup de pays, à mesure qu'il remplit le vide laissé par le bois et le charbon qui est en voie de disparaître. Un poêle ou une lampe à kérosène est le moins cher de tous, ce qui rend le kérosène intéressant pour les gens à revenus bas qui ne peuvent même pas se permettre un four "Primus", même si la cuisine à gaz est moins chère à la longue.

Il est très avantageux d'améliorer l'efficacité de kérosène dans la cuisine en améliorant les poêles. En effet, la meilleure amélioration est effectuée par un changement à GPL, ou même un Primus, doit être fabriqué, tandis qu'un poêle à kérosène peut se faire des vieux boîtes de conserve. Donc, le plus grand obstacle devant une plus forte efficacité dans la cuisine est le manque d'argent pour acheter un appareil plus efficace et durable.

4.3. Gaz, GPL, électricité

A mesure que les revenus s'élèvent, cependant, l'utilisation de kérosène diminue contre la concurrence de GPL, de gaz canalisé et d'électricité qui sont tous plus efficaces. Dans certains pays, on utilise beaucoup de charbon, mais ce combustible malcommode se voit remplacé petit à petit par le gaz et l'électricité presque partout. La cuisine en Europe et en Amérique du nord se fait presque entièrement par l'électricité ou le gaz canalisé; le GPL est encore important dans quelques endroits.

4.4. Le Progrès technique

Les innovations ont amélioré l'efficacité de la cuisine avec le gaz et l'électricité. Tout d'abord, les cuisinières à gaz en Amérique du nord sont

ou à mazout où l'on se sert de ces combustibles. Les nouveaux systèmes de gaz peut avoir une efficacité de combustion jusqu'à 85 %.

Les systèmes solaires, cependant, sont très populaires pour chauffer l'eau. Ils sont utilisés actuellement dans beaucoup de pays. La plupart des systèmes comprennent l'emmagasinage (réservoirs pour l'eau chaude pour la nuit et les jours nuageux), et l'appui, ce qui fournit de l'eau chaude supplémentaire où nécessaire ou dans le cas d'épuisement de stockage.

Une question technique importante est le choix de combustibles d'appui pour les dispositifs de l'eau chaude solaire; les jours gris, un combustible d'appui doit être utilisé, et le stockage doit être accessible pour chauffer l'eau pendant la nuit. Le gaz et l'électricité sont les alternatifs plus communs.

Mais on oublie souvent que le choix d'électricité, qui est moins cher d'abord, n'est peut être pas le meilleur des choix, parce que le système électrique entier est placé sous une charge immense quand tous les ménages demandent l'électricité pour chauffer l'eau pendant des périodes sombres ou nuageuses. D'autres parts, on utilise le gaz bon marché ou GPL en tant que soutien, malgré qu'il est plus cher d'installer les systèmes à gaz.

Le Kenya a attaqué ce problème en demandant des chauffes-eau électriques un tarif facultatif qui permet l'appareil d'être fermé pendant les périodes de charge maximum. Un signal électronique est transmis à travers le réseau électrique au chauffe-eau. Ce système permet la centrale de vendre de l'électricité bon marché pendant des périodes de charge minimum, ce qui réduit considérablement l'attrait économique des chauffes-eau solaires dans les maisons individuelles. Il est difficile, bien entendu, de mettre un prix convenable sur l'électricité, ce qui représente les coûts de remplacement de la société à la longue. De tels prix fournissent l'encouragement optimal aux consommateurs d'utiliser l'énergie solaire pour chauffer l'eau. A mon avis, à cause de leur propreté à l'égard de l'environnement, les systèmes solaires méritent d'être subventionnés par rapport aux combustibles, y compris l'électricité.

Les prix bas d'énergie ont toujours présenté un obstacle devant les systèmes solaires de chauffage d'eau. Ils préviennent en plus la consommation des appareils à eau plus efficaces. Les prix bas d'énergie aussi ont une tendance à nous faire oublier l'importance des habitudes de consommation et de contrôler la température.

6. La Climatisation

Il est bien connu que la climatisation aux pays chauds est souhaitable; plus de la moitié de toutes les maisons aux Etats-Unis ont de la climatisation centrale ou de la chambre, 20 % au Japon, 15 % à Taiwan, des quantités plus petites à Singapore et en Italie du sud. Cette utilisation d'énergie augmente rapidement quand les petits climatisateurs bon marché deviennent accessibles. Les unités plus efficaces sont plus chères en général. Presque toutes les maisons qui ont de la climatisation s'en servent pendant les heures les plus chaudes de l'année et de la journée, ce qui cause des difficultés pour la centrale électrique. Au Japon, par exemple, la charge maximale de l'après-midi des climatisateurs résidentiels s'est augmentée d'une façon frappante par rapport à la contribution des autres utilisations d'électricité depuis 1965, et cette charge maximum se présente dans les données sur les charges à chaque heure des centrales.

L'utilisation de la climatisation est plus élevée dans les villes, pour un revenu donné, parce que l'architecture résidentielle des villes a plus de limitations d'espace et elle est moins adaptée à l'utilisation de refroidissement naturel, du vent et de l'ombre que l'architecture rurale. J'ai visité d'innombrables bâtiments résidentiels massifs en France, en Italie, en Corée, à Singapore et à Taiwan qui semblent être assemblés à la hâte. Comme on aurait prédit, les résidents des côtés de sud et de l'ouest de ces bâtiments ont trop de soleil pendant les mois chauds et il manque de l'ombre pour réduire l'effet du soleil. Les climatisateurs commencent à apparaître dans ces appartements à mesure que le revenu augmente. Dans les grandes villes, la climatisation est importante pour ceux qui gardent leurs fenêtres fermées pour empêcher la poussière et le bruit d'entrer, une considération importante à Tokyo.

L'efficacité de la climatisation se mesure en tant que la proportion de chaleur enlevée par seconde à l'électricité consommée par seconde, généralement mesurée en British Thermal Units/heures par watt, ou, plus précisement, en watts. Cette proportion s'appelle "le rapport de l'efficacité d'énergie"(REE) et varie (en watts par watt) de 1,3 pour les petites climatisateurs de fenêtre qui sont populaires aux Etats-Unis, au Japon et à Taiwan, à environ 3,3 pour les climatisateurs efficaces américaines jusqu'à cinq pour les meilleurs climatisateurs qui vont app[illegible] bientôt au Japon. Aux Etats-Unis, les climatisateurs plus

petits ont une tendance a être peu efficaces; l'efficacité augmente avec la capacité, parce que les fabricants ont simplement amélioré un petit modèle pour accroître sa capacité sans augmenter sa consommation d'énergie. En Californie, il existe des standards minimums pour la climatisation, qui exigent un PEE qui dépasse 2,6 pour chaque climatisateur vendu en Californie.

Dans le cas de l'eau chaude, l'utilisation d'énergie pour les climatisateurs dépend en grande partie des résidents.

7. Les Appareils électriques

Les appareils principaux sont compris aux tables 1 et 2; ils sont bien connus partout dans le monde. Ce qui n'est pas bien compris est la variation vaste dans l'utilisation d'énergie parmi les appareils qui exécutent des fonctions similaires, tels que la fourniture de 300 litres de +4°C température dans un réfrigérateur, aussi bien que la variation énorme en fonction des appareils qui ont la même apparence. Par exemple, quelques réfrigérateurs de 300L ne fournissent pas de congélation; d'autres ont une boîte où on peut maintenir une température de -18°C, à un coût d'énergie supplémentaire considérable.

Beaucoup de pays, y compris les pays en voie de développement, tels que la Corée et le Taiwan, fabriquent des appareils électriques. Les buts varient à l'égard de l'importance ou l'urgence de produire ou de vendre l'efficacité énergétique. Puisque peu de pays fabriquent tous les appareils qu'ils utilisent, une amélioration à l'égard de l'efficacité énergétique des appareils encourage les gens à choisir l'efficacité quand ils achètent les appareils, non seulement à encourager les fabricants à produire les appareils qui sont efficaces.

8. Le Progrès technique : le Japon, l'Allemagne, la Suède, les Etats-Unis

On a amélioré l'efficacité d'énergie en Europe, au Japon, et en Amérique du nord depuis 1973. Par exemple, les réfrigérateurs ont été améliorés par 100-150 %, les poêles et les fours par 25 %, les laveurs et les laves-vaisselle par 25 % et les séchoirs par 35 %. Néanmoins, les consommateurs n'ont pas commencé à n'acheter que les nouvelles machines efficaces d'une façon automatique, même si les améliorations à l'égard de l'efficacité récupèrent leurs frais. Il s'agit d'éduquer le public à considérer les coûts de cycle de vie de ces appareils, par contraste avec le coût d'achat. Il s'agit aussi d'un problème de l'exigence du consommateur pour un remboursement très

rapide sur l'investissement qu'il fait pour conserver l'énergie. Les appareils peuvent-ils devenir plus efficaces?

Quant aux réfrigérateurs, une meilleure isolation et les joints de porte, les moteurs améliorés, une meilleure ventilation du moteur pour l'empêcher de chauffer la boîte, et l'isolation entre le congélateur et le compartiment normal sont les étapes les plus importantes. Si l'on peut développer les matériaux bon marché d'isolation qui sont plus minces que les plastiques utilisées actuellement, ils seront populaires, puisque le degré d'isolation qui peut s'ajouter aux réfrigérateurs est limitée par ses dimensions. Le réfrigérateur idéal pourrait contenir 300-400 litres de comestibles, comporter un congélateur et se décongéler. Au même temps il ne consommera que 25 kWh/mois.

Les améliorations les plus importantes dans les laveurs comprennent une réduction dans l'utilisation de l'eau chaude, l'emploi de techniques de tournoiement et d'aspiration pour sécher, et l'amélioration de l'efficacité du moteur.

L'isolation supplémentaire dans les laves-vaisselle garde la chaleur de l'eau plus longtemps, mais la quantité d'eau doit être réduite davantage par une action améliorée de nettoyage. Les nouveaux modèles sèchent la vaisselle d'une façon naturelle au lieu de la chauffer d'une façon forcée, qui a une tendance à cuire les taches dans les verres. Il est plus efficace de ne faire marches les laves-vaisselle et les laveurs que quand ils sont complètement chargés.

Les mesures les plus importantes d'améliorer l'efficacité des téléviseurs ont déjà été prises : les parties composantes ont été remplacées par les parties "solid state". Si l'on invente un dispositif d'image "solid state", une quantité importante de l'utilisation énergétique à l'égard de la télévision sera réduite rigoureusement. Les réductions des dimensions des parties composantes, pour les téléviseurs et pour les postes de radio à haute fréquence, permettront de nouvelles réductions de la consommation d'énergie à l'égard des téléviseurs déjà assez basse.

La climatisation est devenue plus efficace au cours des années récentes. Les sociétés japonaises avaient l'objectif d'atteindre une proportion d'efficacité de plus de 4. Les centrales peuvent se servir des signaux électroniques pour fermer les climatisateurs pendant les heures de charge maximum. La substitution des modèles existantes plus efficaces pour les moins efficaces presque doublera l'efficacité. Evidemment, il est évident que le problème est de vendre

l'efficacité et non de le développer.

Les lumières sont généralement le point de concentration, puisque dans les ménages à revenu bas et moyen qui ont peu d'appareils, les lumières consomment la plupart de l'électricité. En outre, les lumières électriques consomment beaucoup moins d'énergie, par unité de lumière, que le kérosène, le gaz ou les lampes à l'huile d'animal qui sont communs aux pays de revenu bas. L'importance de l'éclairage en Europe et en Amérique du nord, cependant, a diminué. La stratégie la plus commune pour conserver l'énergie est de remplacer les globes à incandescence par des tubes fluorescents, ce qui aboutit à une réduction de presque 75 % dans la consommation d'électricité.

En général, perspectives de réduire la consommation d'énergie des appareils par les améliorations, bien que l'éducation à l'égard de l'énergie encourage les gens à acheter et à utiliser les appareils d'une façon plus soigneuse. Mais ces objectifs ne s'atteignent pas tout seul; il faut effectuer des politiques nouvelles.

9. Progrès de politique

9.1. Les imperfections du marché

En théorie, le consommateur achète un appareil et il s'en sert pour tirer le maximum de bénéfices qu'il peut par rapport aux coûts nécessaires. En pratique, ce "marché" n'est pas parfait, à cause des mauvais renseignements parce que le consommateur a des horizons à court terme ou parce qu'il n'achète pas l'appareil en question, on ne paie pas les frais d'énergie d'une façon directe.

Un des problèmes qui confrontent le consommateur est l'horizon du temps. L'individu a une tendance à acheter des denrées de courte durée. On a trouvé que peu de consommateurs aux Etats-Unis investiront dans les mesures visées à améliorer l'efficacité à moins que l'investissement soit remboursé dans quelques années. Par contre, la société fait des investissements qui pourraient exiger des décénniés pour rembourser. Les investissements dans les installations qui produisent l'énergie fournissent un bon exemple. Quand les consommateurs font des investissements qui ont un horizon à court terme, les installations énergétiques supplémentaires doivent se construire aux frais de la société. Donc un décalage entre les horizons du temps--essentiellement un des taux différents d'intérêt--peut coûter cher à la société parce que les investissements bon marché destinés à améliorer l'efficacité sont sacrifiés et l'énergie qui coûte cher est produite en sa place.

Encore un problème commun dans chaque pays est le fait que celui qui installe le matériel, ou celui qui paie pour le logement rarement paie le prix ultime de l'énergie. Celui qui installe le matériel veut réduir au minimum les frais entraînés par l'équipement de la maison, le financier, public ou privé, veut construire des maisons aux prix les plus bas et le plus vite possible. Le locataire n'a pas toujours la possibilité de choisir un appartement à la base des coûts d'énergie. L'acheteur/consommateur a rarement assez d'information pour faire un bon calcul du coût de l'efficacité perdue, et souvent ce n'est qu'après l'achat de la maison ou de l'appareil est effectué qu'on se rend compte du manque d'efficacité.

9.2. Accélération de l'éducation

Evidemment, l'information est la clef à la réalisation de l'efficacité de la vente et de l'utilisation des appareils ménagers. Le gouvernement peut faire beaucoup pour accélérer l'éducation. D'abord, il peut exiger qu'une étiquette soit mise sur chaque appareil qui décrit l'utilisation d'énergie et des coûts, une exigence actuelle aux Etats-Unis. D'une importance égale sont les listes d'appareils qui montrent les comparaisons, mais les étiquettes visibles sur les appareils sont les plus efficaces. L'éducation des vendeurs est aussi importante, pour qu'ils puissent aider les acheteurs de prendre en considération les coûts énergétiques, ainsi que les autres traits et coûts des appareils. Les brochures et les démonstrations sont importantes aussi.

Enfin, il faut souligner d'une façon nette les avantages économiques de la conservation d'énergie. Quand on a demandé aux clients de la région de San Francisco pourquoi ils s'intéressaient à la conservation d'énergie, la plupart répondait "pour économiser de l'argent" au lieu de "pour conserver de l'énergie".

En plus l'information précise pour les constructeurs et les installateurs peut être importante.

9.3. Normes

Puisque l'investissement dans l'efficacité d'énergie est moins cher quand la maison ou l'appareil est fait d'abord, on s'intéresse à l'assurance que certains investissements minimaux seront faits. Généralement, des standards ou normes sont formulés qui exigent ces investissements. Mais les standards ou normes ne peuvent s'exécuter qu'après une étude soigneuse du

marché par rapport aux appareils.

Il y a deux sortes de standards : le standard de rendement exige seulement que l'appareil ou le système satisfait à un niveau minimum d'efficacité sous les conditions mentionnées. Les fabricants peuvent satisfaire à ce minimum de leur propre façon. Les procédés d'essais sont généralement décrits et standardisés. Dans un standard de fonctionnement, tel que ceux qui existent en Californie pour les bâtiments, les réfrigérateurs et les climatisateurs des chambres d'une proportion d'efficacité d'énergie, ou PEE, de moins de 2,4 watts/watt ne puevent se vendre en Californie.

Dans un standard réglementaire, par exemple, l'efficacité du compresseur dans un climatisateur est déterminé par la loi. Dans un standard de rendement, ce n'est que l'efficacité générale qui compte. Les standards réglementaires dans les maisons en Tunisie, par exemple, peuvent exiger certaines sortes d'ombrage pour réduire le chauffage solaire. Les standards de rendement ne détermine que le gain maximum permissible de la chaleur de soleil pour une maison donnée.

Les standards ne déterminent pas la quantité d'énergie consommée, uniquement avec quelle efficacité. Il n'existe pas de standards de comportement, ni de température de l'intérieur, ni d'heures de consommation, qui sont des déterminants importants de combien d'énergie est consommée par une maison, malgré qu'il y ait des recommandations dans quelques domaines. Au Japon, par exemple, le gouvernement encourage les gens de ne pas utiliser la climatisation jusqu'à ce que la température intérieure dépasse 28 °C. Aux Etats-Unis, 25°C est plus commun. Les standards sur le matériel peuvent être "volontaires"; dans ce cas ils ne sont pas vraiment de standards mais plutôt des buts ou des objectifs. Ou ils peuvent être obligatoires, comme en Californie.

Les standards peuvent à la longue stimuler le progrès dans les domaines où la mise en vente plutôt que la technologie semble être le facteur contraignant. Une fois que les fabricants et les vendeurs ne doivent s'occuper que des appareils efficaces, aucun fabricant ou vendeur ne peut gagner un avantage en compétition en vendant des produits moins chers et inefficaces. Au même temps, on devrait reconnaître que les standards doivent être mis en vigueur, et ils sont difficiles à défaire. Aux Etats-Unis, par exemple, les fabricants des conduits en plastique devaient lutter pendant des années pour convaincre les Etats et les localités de permettre leur produit de se vendre. Auparavant, on n'a

permis que les conduits en cuivre.

9.4. Les standards des coûts de cycle de vie

Malgré qu'il soit possible de choisir d'une façon arbitraire une efficacité minimale pour les appareils, un tel standard peut être malavisé à deux égards. D'abord, achever l'efficacité exige généralement un investissement du capital. On peut en effet exiger un investissement plus grand que justifié par l'énergie conservée. Deuxièmement, les consommateurs et les vendeurs auront un mobile pour tromper le standard s'ils voient qu'il augmente véritablement leurs frais.

En Californie, donc on a développé des standards basés sur les coûts de cycle de vie. Fondamentalement, les coûts de cycle de vie prennent en considération l'investissement nécessaire pour atteindre une efficacité plus grande, les coûts d'entretien supplémentaires, le taux d'intérêt, et la valeur de l'énergie conservée.

Ces paramètres déterminent aussi le coût de l'énergie conservée.

10. Les implications de politique

Il n'est pas facile de fixer les standards. Aux Etats-Unis, on rencontre l'opposition des fabricants d'appareils des constructeurs de maisons, et des autres qui résistent l'intrusion des règlements gouvernementaux. Par contre, les imperfections du marché qui aboutissent à une plus grande consommation d'énergie peuvent coûter chères. Il faut que la société achète une capactié plus grande de production d'électricité, surtout pendant les périodes de charge maximales relatives à la climatisation et aux réserves plus grandes de gaz.

Les influences du marché seront-elles à même de balancer les coûts et les bénéfices des appareils efficacesù Quant à moi, je dirais non, ou pas tout à fait, pour les raisons citées en haut. L'expérience de la Californie, où des normes ont été appliquées depuis 1977 en vue de faire disparaître du marché les maisons, les bâtiments, et les appareils les moins efficaces, pourrait mériter une certaine considération en Tunisie.

10.1. Autres stimulants

Parfois on plaide en faveur de l'idée qu'une motivation spéciale soit fournie afin de promouvoir l'efficacité énergétique au-delà de l'effet des prix. Les impôts sur l'énergie constituent une espèce de stimulant négatif, mais ils ne sont pas populaires sur le plan politique, même s'ils ont l'effet

de rapprocher le prix de l'énergie à son véritable coût social.

Et les subventions? Le gouvernement américain, ainsi que les gouvernements européens, donnent des subventions directes et indirectes pour l'isolation des bâtiments et les systèmes d'énergie solaire. Il est plus difficile, pourtant, de proportionner les subventions aux appareils efficaces, puisque les coûts supplémentaires de l'efficacité sont d'habitude beaucoup moins que le coût de la routine bureaucratique pour répondre à la demande d'une subvention!

En outre, il y a toujours la possibilité que la subvention sera utilisée pour acheter un appareil plus grand avec un niveau de consommation proportionnellement plus grand, ce qui n'est pas forcément nuisible, mais qui agit contrairement au but de la subvention. Par contre, l'information et les etiquettes sur les produits sont une forme de stimulant qui n'est pas coûteuse. Un autre encouragement à la conservation consiste en octroyant des dons financiers aux constructeurs qui installent les appareils les plus efficaces dans les bâtiments qu'ils construisent.

L'USAGE DE L'ELECTRICITE POUR LES APPAREILS

(% ménages; kWh/an)

TYPE	FRANCE (1980)		ITALIE (1980)		SUEDE (1979)		ETATS-UNIS (1978)		TAIWAN (1978/9)	
Lave-vaisselles	22%	900	10%	1200	17%	370	50%			
Téléviseur	90%	150	00%	150	99%	200	99%	300	90%	150
Réfrigérateur (200-400l)	95%	410	94%	210	95%	660	100%	1200	85%	750
Congélateur (300l)	20%	-	10%	-	65%	750	65%	1000	-	-
Sécheur-vêtements (électrique ou à gaz)	-	-	-	-	25%	-	40%	-	-	-
Climatisateur (central ou de chambre)	-	-	1%	?		-	65%	1200	5%	?
Chauffe-eau (électrique)	27%	1700	41%	1100	17%	2500	31%	3900	5%	?
Chauffe eau (à gaz)	30%	9GJ	15%	15GJ	59%	24GJ	5%	10GJ	-	-
Poêle/fourneau (électrique)	48%	875	2%	?	95%	750	50%	1200	3%	
Poêle/fourneau (à gaz)	40%	5GJ	95%	5GJ	5%	2,7GJ	59%	10GJ	70%	5GJ

Rémarques : Estimations en provenance de la base de données à Lawrence Berkeley Laboratories. Les valeurs dépendent quelque peu du climat, et encore plus de la taille de ménage. Le pourcentage indique la proportion des ménages possédant un tel appareil. L'astérisque indique qu'on a supposé environ un usage par jour. Les chiffres pour l'Italie et la France comprennent le chauffage de l'eau.

APPAREILS EN TUNISIE

UN SCENARIO POUR L'AN 2000

(Théorique)

FONCTION	SATURATION	CONSOMMATION ANNUELLE ELEC.	CONSOMMATION ANNUELLE GAZ	CONSOMMATION MOYENNE/MENAGE ELEC.	CONSOMMATION MOYENNE/MENAGE GAZ	REMARQUES
Eau chaude (à gaz)	25%		10 GJ		2,5 GJ	
(élec.)	25%	1400 kWh		350 kWh		
(solaire)	50%	350 kWh	2,5 GJ	90 kWh	0,65 GJ	1/4 de l'énergie en prov. de système d'appui (1/2 élec. 1/2 à gaz)
Cuisson (à gaz)	50%		5 GJ		2,5 GJ	
(élec.)	50%	830 kWh		425 kWh		comprend micro-onde
Appareils :						
Réfrigérateur (300 l)	90%	200 kWh		180 kWh		
Congélateur (200 l)	50%	300 kWh		150 kWh		
Autre cuisine	100%	50 kWh		50 kWh		plaque chauffante, petite cuisinière
Laveur de linge	50%	200 kWh		100 kWh		comprend chauffage de l'eau
Fer à repasser	100%	50 kWh		50 kWh		
Aspirateur	100%	50 kWh		50 kWh		
Sécheur de linge	25%	200 kWh				
Lave-vaisselles	25%	200 kWh		50 kWh		
Téléviseur (couleurs)	75%	100 kWh		75 kWh		
(noir et blanc)	25%	50 kWh		12,5 kWh		
Radio	100%	25 kWh		25 kWh		comprend tourne-disques, cassette
Eclairage	100%	350 kWh		350 kWh		

Notes : Cette table a été rassemblée des données de LBL. La colonne de saturation indique le nombre de ménages possédant l'appareil. On suppose que tous les ménages se rattachent au réseau électrique et que 50% ont du gaz. La deuxième et troisième colonnes indiquent la consommation par appareil ou ménage selon la source d'énergie, et les deux colonnes suivantes donnent la moyenne de consommation pour tous les ménages, y compris ceux qui ne possèdent pas l'appareil. La somme de ces deux colonnes donnerait la consommation moyenne totale de l'électricité et du gaz par ménage.

La table attribue une limite supérieure raisonnable à l'utilisation de l'électricité au ménage tunisien dans le cadre 1995-2005, supposant un accroissement réel de trois fois dans le revenu moyen par ménage. Le ménage est supposé d'avoir, en moyenne, trois personnes. Les chiffres de consommation par unité représentent des estimations approximatives de l'efficacité des appareils vers la fin du siècle. (Voir aussi : J. Noergaard, Energi og Husholdinger, Lyngby, Danemark, 1979.)

L'ARCHITECTURE SOLAIRE REUSSIE DANS LA REGION DE LA MEDITERRANEE

PAR

JOHN HARTLEY, PRESIDENT
ENVIRONMENTALLY RESPONSIVE SHELTER, INC
RT. 8, BOX 516C CHAPEL HILL
NORTH CAROLINA 27514
U.S.A.

SEMINAIRE SUR LE LOGEMENT ET L'ENERGIE

TUNIS, TUNISIA

11-13 JANVIER 1982

SOUMIS PAR

HUMAN RESOURCES MANAGEMENT, INC
1101 30TH ST., N.W.
WASHINGTON, D.C. 20009

L'expansion des populations et des moyens de communication modernes ont accélérée l'ancien échange d'idées et des effets techniques. Il faut se rendre compte, néanmoins, que la diffusion générale des formes occidentales doive s'avancer avec circonspection. Ces formes se sont développées à cause du défi des climats frais, et elles peuvent poser des problèmes sérieux quand elles sont adoptées en tant que symboles indigérés et peu appropriés du progrès culturel. Des aperçus précieux de l'utilisation des matériaux locaux et des éléments de construction véritablement originaux peuvent se perdre quand ces traditions sont abandonnées. Aux Etats-Unis, les dessins d'architecture montrent souvent une uniformité insouciante, malgé la grande diversité du climat. Les sortes de maisons, les éléments de construction et les modèles de construction sont utilisés trop souvent dans les environnements divers sans considération de leurs effets sur le confort humain ou même l'efficacité des matériaux. Ces quatre diapositifs montrent des quartiers résidentiels dans quatre régions climatiques très différentes aux Etats-Unis. Manifestement ils ne reflètent pas le caractère de la région, mais le fait que les concepts des maisons étaient transplantés par une population migratrice. On peut citer beaucoup de raisons pour cette uniformité gaspilleuse, mais peut-être l'effet le plus important provient des avances techniques dans le chauffage et la climatisation des maisons. Au lieu d'être utilisés pour permetree un plus grande liberté et diversité de dessin, ces outils nouveaux ont servi d'annuler l'influence du climat sur le dessin. L'architect américain, Walter Gropius, avait pris en considération l'expression régionale quand il a écrit : "On ne peut pas trouver le caractère véritable d'une région par un abord sentimental ou imitatif ou par l'incorporation des vieux emblèmes ou les modes locales les plus nouvelles qui disaparaissent aussitôt qu'elles se montrent. Mais si vous prenez la différence fondamentale imposée sur le dessin architectural par le climat, une diversité d'expression peut se présenter si l'architecte se sert des relations d'une contraste totale entre l'intérieur et l'extérieur comme point de concentration pour sa conception. Il sera souhaitable de travailler avec, et pas contre, les éléments de la nature et de profiter de leurs potentiels pour améliorer les conditions de vie. Nos ancêtres considéraient

le climat dans leurs conceptions, et sans contrôles technologiques sur le climat, ils ont créé un héritage riche et divers de dessins d'habitations réussies. En examinant leur réussites, nous pouvons mieux comprendre et mieux résoudre nos problèmes actuels.

Un abri bédouin requiert un espace frais qui est protégé du soleil, mais qui peut au même temps attraper une brise fraîche. Il doit fournir un peu d'intimité pour un homme et sa femme et à la fois être assez grand pour recevoir du monde. Il doit protéger ses habitants de la pluie et garder secs leurs biens. En plus, il doit être facile à ériger, démonter et transporter.

Ces tentes protègent leurs habitants d'une chaleur de 52° C, des vents violents et des tempêtes de sable, ainsi que des grandes pluies saisonnières, mais elles permettent mêmes les brises les plus légères d'entrer pendant l'été torride. Ces habitations mobiles se sont développées depuis des siècles pour satisfaire parfaitement aux besoins de leurs habitants. Dans un campement de 60 à 70 gens, toutes les tentes s'orientent vers la Mecque et le soleil levant à l'est. Chaque tente, où possible, est située sous ou à côté d'un arbre. L'arbre est à côté sudest de la tente où il peut offrir la meilleure protection du soleil intense de l'après-midi. Les axes des tentes vont du nord au sud, ce qui empêche l'entrée de la majeure partie du rayonnement du soleil pendant le jour et réduit au minimum le rayonnement solaire sur les côtés. Le toit de la tente est soutenu par un palier au centre et par faitières au-dessus desquelles suivent les bandes de toile de 20 centimètres qui soutiennent quatre bandes de toiture en poil de chameau d'une dimension d'un mètre par 18 mètres. L'étoffe est d'un tissu si serré que la tente est imperméable à l'eau. A l'heure actuelle, on voit fréquemment une couche de toile à voiles sur le dessus de la tente. Cette toile protège le toit de poil de chameau, mais ce qui est plus important, l'air attrapé entre les deux membranes fournit une isolation; il raffraîchit la tente en été et la chauffe en hiver. Les côtés de la tente sont faits des bandes d'étoffe de poil de chèvre, et ils peuvent être levés ou baissés pour permettre l'entrée de la moindre brise. Les surplombs à l'est et à l'ouest donnent de l'ombrage à l'extérieur de la tente pour des réunions en famille. Ce peuple peut nous montrer que l'homme est capable de construire des abris très réussis même avec les ressources les plus

restreintes.

Ce petit village près d'El Oued en Algérie du sud s'entasse afin de rendre au minimum la surface exposée à la chaleur torride du désert. Le minimum géométrique des unités individuelles est reflété par le tracé total, ce qui fait un ensemble attirant. Cette proximité protège les maisons contre le soleil par moyen de leur masse. Les murs épais adoucissent et retardent les variations thermiques de jour et de nuit. Les cours sont à l'ombre en partie toute la journée sauf le midi, ce qui offre les endroits frais pour le travail et établit des unités d'habitation qui regardent vers l'intérieur en se détournant de l'environnement hostile. Parfois, les petites fenêtres dans les chambres sont ouvertes mais seulement si le rayonnement peut être contrôlé. Les villages sous ces conditions climatiques s'étendent en général sur un axe de l'est à l'ouest, ce qui réduit la chaleur du matin et de l'après-midi sur les deux façades de bout en été et ce qui les rend à même de recevoir la quantité maximum du soleil de sud en hiver.

Il est évident que le toit est l'élément déterminant de la forme générale et la présentation des types de maisons régionales. Il existe une corrélation pronconée entre les zones climatographiques et les régions où les sortes de toits se présentent habituellement. Les toits voûtés et en forme de dôme se trouvent fréquemment dans les climats chauds et arides partout dans le monde. Dans le cas spécial des toits voûtés et en forme de dôme, la forme arrondie s'est attribuée aux anciennes motivations philosophiques. On a aussi suggéré qu'il était facile de former les dômes avec les branches d'un arbre, ou que la forme est convenable où il y a peu de bois à grandeur de poutre. Mais les dômes et les voûtes aux côtés ouverts sont communs dans les régions chaudes et arides où l'humidité faible produit un échange concentré de rayonnement et crée des variations extrêmes de température entre le jour et la nuit. Il y a une logique fondamentale qui se découvrait probablement à travers des siècles d'expérience : l'enveloppe de la voûte hemisphérique est à peu près trois fois la surface de sa base, ainsi que le rayonnement du soleil quand il est haut soit dilué sur la surface ronde. Ceci résulte en des températures superficielles plus basses, qui sont encore réduites par l'action refroidissante du vent. En outre, la forme arrondie

peut laisser échapper le rayonnement nocturne qui sort et facilite le refroidissement pendant la nuit. Ceci s'applique particulièrement à la construction en maçonnerie où la matière lourde de construction, par moyen du décalage en conduisant la chaleur, assure les conditions thermiques équilibrées.

Ces exemples montrent une correspondance remarquable entre les traits spéciaux de l'architecture et certaines zones climatiques, Il est plus qu'une coïncidence que les groups situés dans des continents différents et appartenants à des fois diverses et à des cultures distinctes ont trouvés d'une façon indépendante des solutions similaires dans la lutte avec les environnement similaires, et qu'ils ont établi des caractéristiques régionales fondamentales.

La ville tunisienne de Matmata et la ville chinoise de Honan connaissaient toutes deux, l'importance de l'isolation de capacité calorifuge. Ces exemples commandent notre respect pour leur ingéniosité en répondant aux forces excessives du climat.

Les "Troglodytes" de Matmata ont situé des chambres souterraines autour des cours centrales et ouvertes, ce qui manifeste à la surface un complexe modèle de communauté organique. Les Chinois de Honan ont tranché leur habitations 10 à 15 mètres au-dessous de la surface de la terre. Ils ont construit des escaliers d'entrée en forme de croc. Ces solutions, extrêmes comme ils sont, ont leurs raisons logiques. Une masse de terre au-dessous de la surface maintient des températures à proximité de celles de la moyenne annuelle, ce qui apporte une chaleur relative en hiver et une fraîcheur en été. Aujourd'hui, ce principe a des adhérents aux Etats-Unis qui proposent l'emploi des habitations souterraines. Ces versions contemporaines des habitations refroidies par la terre montrent comment les principes de l'expérience des siècles peuvent s'intégrer et s'adapter aux régions chaudes et arides à la lumière de la connaissance actuelle.

Un autre village tunisien ingénieux unit les avantages des maisons souterraines de Matmata avec la maison traditionnelle à l'atrium. A Foum Tatahouine, les habitants du village ont creusé les flancs d'une montagne étroite. En se servant des matières creusées, ils ont construit des cours avec des greniers pour protéger leurs approvisionnements et leur bétail. L'axe de la montagne va de l'est

à l'ouest, ce qui réduit la chaleur du matin et de l'après-midi et porte au maximum l'augmentation de chaleur sur la face du sud en hiver. Les chambres intérieures restent toute l'année à une température confortable qui ne varie que rarement plus de cinq degrés centigrade. Les cours fournissent de l'intimité et de l'ombre pour les habitants.

Les Ghorfas de Haddada fournissent un autre exemple de bâtiments recyclés et de l'architecture solaire très réussie. Autrefois, un grenier bien renforcé et une habitation pour les bergers semi-nomades des montagnes, ces édifices voûtés et alvéolés servent ajourd'hui d'hôtel et de restaurant pour les touristes. J'ai visité cet hôtel au mois d'août dans une chaleur de 44 degrés. Le moment de mon entrée par les portes massives quittant l'air torride du désert, j'ai senti tout de suite la fraîcheur des murs rocheux à l'ombre. Après le déjeuner, je suis allé à ma chambre aux voûtes basses pour me reposer dans une ambience qui me semblait 10 degrés moins que la température dehors. Une grande cruche d'eau placée près du trou d'aération à l'arrière de la chambre refraîchissait et humidifiait l'air dans la chambre. Cette nuit quand je suis rentrée dans ma chambre quittant l'air frais de la nuit, j'étais etonné de trouver que la chambre était confortablement chaude comparée à l'air frais de la nuit. La masse thermale des murs en pierre et des voûtes avait absorbe le rayonnement pendant la journée et avait commencé à rendre la chaleur à la chambre.

Une autre habitation ancienne remarquable est le palais souterrain âgé de 2.000 ans à Bulla Regia. Ce villa romain souterrain avec un atrium central ouvert au ciel utilisait non seulement tous les principes de la masse thermale, de l'orientation correcte, du refroidissement par l'évaporation, etc., mais en plus il chauffait toutes les chambres dans la maison avec de l'eau chaude. La chaleur venait des sources naturelles d'eau chaude apportée à la maison. L'eau chaude circulait par un réseau de tuyaux céramiques dans les murs et les parquets. Pendant que l'eau chaude circulait, la chaleur rayonnante passait par les murs et les parquest et chauffait la chambre entière. L'énergie géothermale de cette sorte n'était exploité que récemment aux Etats-Unis. Il y a un nouveau quartier en Californie dont tous les besoins de chauffage et de refroidissement sont satisfaits par les sources souterraines.

Si nous examinons la maison traditionnelle urbaine en Tunisie aujourd'hui je crois que nous trouverons un dessin qui est en harmonie totale avec son climat. Victor Olgyay, Professeur associé à l'Ecole de l'architecture et de la planification urbaine à l'Université de Princeton, a passé 10 ans étudiant l'influence du climat su le dessin et la forme des bâtiments. Pour ses recherches, il avait à sa portée les meilleures bibliothèques et la technologie la plus raffinée. Basé sur les découvertes de ses recherches de 10 ans, il a développé des formes de construction optimales pour les quatre régions climatiques distinctes qui se trouvent sur la terre ajourd'hui : les régions froides, les régions tempérées, les régions chaudes-arides, et les régions chaudes et humides. La meilleure structure pour les régions chaudes-arides est un édifice à un étage avec un rapport de 1 de largeur à 1,3 de longueur dont le côté le plus long est au sud. En coupant une partie du cube et remplissant le centre avec de l'ombre--les murs, les arbres, le treillis, etc., et avec de l'air frais; les pelouses, les arbres ou les fontaines--l'environnement est amélioré encore davantage. Le rayonnement est diffusé par les dômes et les voûtes pendant la journée. Les murs en maçonnerie et les toits, qui fournissent de la masse thermique, rendent au minimum les oscillations de température entre jour et nuit, et les surfaces qui reflètent la lumière réduit encore plus le rayonnement.

Pour parler d'une façon personnelle en tant qu'architecte, la plus importante leçon que je peux tirer des recherches d'Olgyay est que les formes traditionnelles de construction ne doivent jamais être abandonées à la légère ou avant qu'elles soient complètement comprises. Car quand on comprend quelque chose, one ne l'abandonne que rarement, mais on la garde et on la révère. L'Afrique du nord possède un héritage architectural qui est riche, divers, et unique. Comme dans tous les systèmes écologiques, la plus grande la diversité, le plus sain le système. Si nous allons survivre dans le 21ème siècle, en tant que formes de vie intelligente nous devons utiliser la technologie pour encourager notre nature unique et individuelle, et non pour la décourager. L'âge de pétrole semble en voie d'arriver rapidement à son bout. Pour nos générations futures, nous devons tourner vers notre source d'énergie la plus abondante, le soleil.

NOTES SUR LA GESTION D'ENERGIE DANS LES HOTELS

Lee Schipper

INTRODUCTION

La croissance du tourisme dans les pays en voie de développement a souvent accompagné ainsi que stimulé le développement économique problablement à cause de sa capacité d'attirer les devises étrangères. Le secteur touristique est, toutefois, susceptible aux problèmes énergétiques de trois points de vue. Tout d'abord, les coûts des combustibles représentent environ 20 % des frais des billets des avions, sûrtout ceux des sociétés charters. Deuxièmement, les coûts d'énergie dans les pays où la climatisation est importante peuvent s'approcher à plusieurs dollars par chambre par jour. Enfin, les cas d'urgence énergétiques qui mènent aux intérruptions des provisions de l'énergie ou des combustibles peuvent aboutir à un déclin dramatique en activités touristiques. Une telle situation s'est produite au Kenya lors d'une pénurie d'électricité. Maintenant, je vais vous parler brièvement au sujet du problème de l'énergie et des hôtels d'après mon travail en Hawaii et au Kenya.

2. USAGES FINAUX DE L'ENERGIE ET LEUR IMPORTANCE

Les usages de l'énergie les plus importantes dans les hôtels, en ce qui concerne leur part de la consommation ou des coûts de l'énergie, sont le chauffage de l'eau et la climatisation. La répartition précise dépend de la structure de l'hôtel, de son entretien, et bien entendu, du climat.

2.1. Facteurs qui influencent l'usage de l'énergie

Les points clefs à l'égard de la régulation énergétique dépendent des décisions prises concernant l'utilisation d'énergie. Il est utile de diviser, en trois catégories les facteurs qui influencent l'utilisation. Plusieurs facteurs varient en raison du taux d'occupation; d'autres ne varient pas autant selon le nombre de clients dans l'hôtel à un moment donné. Ces facteurs sont les suivants : les clients, le personnel, et le contrôle des appareils.

2.1.1. Les facteurs concernant les clients

Ce sont les clients qui déterminent le niveau d'utilisation de l'eau chaude, la climatisation et l'éclairage. J'ai observé que demander aux clients de coopérer en se baignant moins, se servant moins de la climatisation, et d'éteignant les lumières n'a pas toujours de bons résultats, parce que les clients ont peu d'encouragement de le faire. Il existe, quand même, quelques moyens pour obtenir de meilleurs résultats. L'eau chaude est contrôlée le mieux par les pommes

de douches qui limitent la pression d'eau. Ces pommes réduisent l'écoulement de l'eau chaude d'autant que 20 litres/minute à aussi peu que 4 litres/minute, tout en soutenant un jet d'eau puissant, ce qui reste agréable aux clients. L'Hôtel Philippine Plaza se sert de tels mécanismes, sans signe le leur présence; ils n'ont point reçu de plaintes, à ma connaissance.

Les clients ajustent la climatisation en l'ouvrant et en le fermant, en réglant sa puissance. A Mombassa, on a trouvé que l'on ne pouvait pas demander aux clients de fermer la climatisation, même la nuit, car les fenêtres jalousées n'avaient pas de moustiquaires, et les insectes pouvaient entrer sans obstacles. D'ailleurs, l'hôtel n'avait jamais considéré des réglages alternatifs de la température, et les clients n'avaient pas accès aux régulateurs.

Dans cette situation, j'ai conseillé que le personnel essaie de réduire l'écoulement de l'eau chaude ainsi que d'élever la température de climatisation noter les plaintes, s'il y en a. Je considère rarement la question d'éclairage à moins que la climatisation constiue également un problème. L'éclairage contribue à la charge totale de la climatisation, mais autrement il n'utilise qu'une petite partie de l'énergie totale consommée dans les chambres. Les téléviseurs consomment peu d'énergie aussi.

Plusieurs hôtels à Singapour, en Hawaii et à Washington ont néanmoins expérimenté avec un nouvel appareil qui réduit l'éclairage et la climatisation superflus; ils se servent d'une serrure électronique. Il faut ou insérer la clef de chambre dans un dispositif, ou embrayer la serrure de securité de la chambre pour faire marcher les lumières et la climatisation. Le client peut avoir quelques minutes pour faire cela avant que les lumières s'éteignent, où alternativement les lumières ne s'allument pas avant qu'il ne le fasse. Je préfère la première solution pour des raisons de securité, il vaut mieux pouvoir éclairer une chambre avant d'y entrer.

Malgré que les clients aient toujours une grande influence sur la consommation d'énergie, les stratégies discutées ici seront bien utiles à diminuer cette influence, tout en fournissant de la flexibilité au client.

2.1.2. Utilisation énergétique réglée par le personnel

Le personnel règle une variété d'utilisation énergétiques importantes pour des services. Dans ces cas, l'emploi et l'entretien corrects de ces services ont une grande influence sur la consommation d'énergie. Il s'agit de la blanchisserie, la cuisine, le réchauffeur de la piscine et les grandes chaudières. L'emploi et l'entretien de ces services nécessitent du personnel bien formé et

un engagement d'une certaine période de temps.

Par exemple, couvrir la piscine la nuit, comme on fait dans un pays où les nuits sont fraîches, tel que le Kenya, conserve bien de l'énergie, mais il exige que le personnel soit disponible de bonne heure le découvrir pour les nageurs le matin. Un meilleur emploi des ustensiles de cuisine est important, parce que tant d'hôtels se servent du GPL, qui coûte plus cher que le gaz naturel. Faire la lessive à pleine charge réduit les exigences énergétiques d'un kilo de linge, mais une organisation aussi soigneuse nécéssite de la planification et du personnel alerte. Des expériences avec les températures variées ont montré que l'on peut laver beaucoup de sortes de vêtements à une température plus basse que d'habitude. Certaines améliorations dans la cuisine et la blanchisserie réduisent aussi la charge du refroidissement pour tout le bâtiment, bien que la plupart des salles "chaudes" doivent être aérées de l'extérieur en tout cas.

2.1.3. La consommation énergétique par moyen de l'équipement

En principe, la consommation énergétique est en grande partie déterminée par le dessin du matériel utilisé. Dans un autre rapport, nous parlons du calcul économique que l'on peut employer pour déterminer le meilleur investissement en technologies qui conservent de l'énergie, par le dessin du nouveau équipement ou la modification de l'équipement existant. Le gérant et l'ingénieur ont beaucoup de flexibilité dans le choix des moteurs, des ascenseurs, des pompes, et des compresseurs, basé sur leurs coûts généraux, c'est-à-dire, les coûts de durée de vie, qui se composent du coût central, des frais d'entretien, et les coûts de l'énergie. En général l'équipement d'une plus haute qualité qui consomment moins d'énergie est un peu plus cher. Les compresseurs ont de meilleurs éléments d'échange calorifique, les fenêtres ont des dormants plus étanches, les moteurs ont des circuits "solid state", les réfrigérateurs ont une isolation des joints meilleures. Le coût de chaque élément supplémentaire qui conserve de l'énergie, divisés par l'énergie conservée pendant la vie de l'élément, donne une mesure du coût de l'énergie conservée (ou CEC) que l'on peut calculer en considérant le coût du capital ou le taux de rendement attendu.

Il y a plusieurs options importantes qui sont déterminées par l'équipement, cependant, et dont les coûts supplémentaires peuvent êtres minimaux, pourvu qu'elles soient choisies au moment de la planification de l'hôtel. Ces options comprennent la situation optime des chaudières et des réservoirs de stockage de l'eau chaude. Nous avons visité des hôtels au Kenya dont les systèmes de l'eau chaude se trouvaient éloignés du bâtiment, ce qui causait la perte du stockage et de la transmission. En même temps, l'emplacement bien choisi des facilités chauffées peuvent rendre

intéressante la récupération calorifique : il y a beaucoup de chaleur résiduaire dans l'eau chaude utilisée pour la lessive et dans les séchoirs qui peut être employée pour chauffer l'eau d'entrée d'avance. La chaleur qui s'échappe de la cuisine a aussi sa propre valeur. Au Kenya, on s'est rendu compte que la chaleur résiduaire des générateurs électriques éloignés qui se servaient du combustible diesel pourrait être employé de façon profitable pour le chauffage d'eau pour la blanchisserie ou pour les bains. Les économies de la récupération de la chaleur résiduaire dépend de la planification soigneuse des installations afin de minimiser les coûts et les pertes de transmission.

D'une importance égale, le dessin d'un bâtiment a une grande influence sur la charge de climatisation. Beaucoup d'hôtels à Nairobi, par exemple, n'ont que quelques étages; la plupart des chambres regardent sur le nord ou le sud, et les côtés orientaux et occidentaux sont bien ombragés du soleil. L'Intercontinental, par exemple, a été construit ainsi. Un autre hôtel de l'autre part, avait été construit de façon à ce que toutes les chambres soient exposées au soleil au moins une fois dans la journée. Par conséquent, cet hôtel coûte très cher à ombrager. La nouvelle aile de l'Intercontinental est exposée au soleil du matin et de l'après-midi; donc, elle a besoin de plus de refroidissement que l'aile qui donne sur le nord et le sud. En plus, les chambres dans la vieille aile ont des balcons qui bloquent encore plus l'entrée directe du soleil dans la chambre.

En plus, les éléments passifs qui bloquent le soleil dans les climats chauds, il y a des éléments solaires actifs qui peuvent chauffer l'eau, comme les hôtels au Kenya, au Jamaïque, en Hawaii, et en Asie ont découvert. L'économie du chauffage solaire est intéressante, pourvu qu'on rende rationelle l'utilisation de l'eau en se servant des systèmes d'emmagasinage soigneusement isolés et des appareils de refoulement efficaces, comme des pommes de douches qui limitent l'écoulement de l'eau. Sans prendre soin de s'assurer de l'efficacité. les exigences de capitale pour le chauffage d'eau par l'énergie solaire seront trop hautes; les demandes de pointe relatives à la charge de base, le matin quand la plupart des clients se douchent, seront trop hautes et un soutien cher sera nécessaire.

D'autres options plus conventionnelles ne seront mentionnées que brièvement. Il est important que les compresseurs de climatisation fonctionnent d'une façon plus efficace, particulièrement si les unités de chambre sont utilisées plutôt que les unités centrales. Les unités centrales, si elles sont contrôlées soigneusement, sont probablement moins susceptibles à être mal utilisées ou trop utilisées par les clients; mais si l'unité centrale fait défaut, les clients se trouvent sans confort. Beaucoup de gérants des hôtels sur la

côte de Kenya m'ont dit qu'ils préfèrent de se servir des climatisateurs de chambre, même s'ils fonctionnent d'une façon moins efficace, parce que quelques unités en réserve peuvent être employées s'il y en a qui tombent en panne.

Les verres réflecteurs aussi aident à protéger la chaleur du soleil. A l'Hôtel Amarin à Bangkok, un bâtiment un peu vieux et grandiose, a adapté des verres teinteés dans leurs fenêtres qui sont exposées à l'ouest sans détruire l'ambiance de la façade. On fait des expériences avec des couches de mylar ou d'autres plastiques dans notre laboratoire et ils ont prouvé efficaces aussi. Des arbres et le feuillage peuvent protéger les bâtiments à quelques étages du soleil.

2.2. Indicateurs de l'efficacité de l'énergie

On a passé en revue trois groupes des stratégies pour la gestion énergétique dans le dessin et la direction des hôtels. Ma liste est courte; on va discuter beaucoup d'autres idées au seminaire aujourd'hui. Il est à noter aussi, que d'autres questions importantes influencent les exigences énergétiques dans les hôtels: l'orientation du bâtiment qui dépend souvent de l'espace disponible et l'emplacement; le choix d'un bâtiment à beaucoup ou à quelques étages; le feuillage ou les vents pour le refroidissement. Mais comment le gérant peut-il décider si ses efforts réussissent ou non? Nous allons parler des indicateurs de l'utilisation de l'énergie dans les hôtels qui peuvent s'appliquer aux données disponibles dans l'hôtel pour voir si le progrès se fait. On présente ces indicateurs pour trois hôtels étudiés au Kenya qu'on passe en revue à l'appendice.

Les indicateurs les plus larges sont répartis en combustibles et électricité par client-jour. Les client-jours sont l'indication du total de nombre des clients sur un jour de l'année. On devrait comparer ce chiffre à la capacité de l'hôtel (les doubles comptent comme deux client-jours par jour) et à la capacité aux années précédentes.

Un des hôtels au Kenya, par exemple, montre une réduction considérable dans l'indicateur combustible/client-jour entre 1977 et 1979. La cause principale de cette réduction était le doublage de la capacité de l'hôtel. Bien que l'hôtel se soit agrandi, on n'a pas élargi la chaudière à eau chaude; donc, elle fonctionnait à une capacité générale plus grand après l'agrandissement, ce qui a rendu des économies. Un examen soigneux des données pour cet hôtel montre que l'emploi des combustible/client-jour s'est augmenté au cours de 1977 et 1980 par rapport aux années précédentes, ce qui montre que l'expansion était

la cause des économies énergétiques, et non pas les efforts du personnel.

Un examen soigneux de ces indicateurs peut identifier les efforts réussis. Les données pour le deuxième hôtel à Nairobi, par exemple, montre un progrès net dans la consommation des combustibles et de l'électricité, dominé comme on a montré ci-dessus par l'eau chaude et par le refroidissement réspectivement. Dans le troisième hôtel, pour lequel on n'avait pas de données complètes, le gérant se rendait compte de la nécessité d'une gestion de l'énergie, mais il ne savait pas juger les efforts de son personnel. En effet, l'omission de maintenir des indicateurs précis, ainsi que les régistres simples de la consommation des combustibles et d'électricité est généralement la première indication d'un problème de gestion énergétique. L'enregistrement des données en tant qu'indicateurs montre généralement une prise de conscience de la part du gérant qu'il vaut la peine d'économies d'énergie.

Un programme soigneux de gestion répartit la consommation d'énergie d'une façon plus fine, en se servant des compteurs d'entrée et de rendement, tels que les débit mètres qui mesurent le rendement de l'eau chaude. Des termes tels que "l'eau chaude/client-jour", "cuisine/repas", "électricité/client-jour" répartis à la "chambre à climatisation", "aires publics à climatisation", l'éclairage et les moteurs sont tous des indicateurs importants de l'efficacité. Une connaissance de toutes ces quantités permet une évaluation soigneuse des avantages économiques des investissements ou stratégies différentes de gestion énergétique. Quand le gérant d'énergie a évalué les priorités économiques relatives à la conservation alors il peut les présenter à l'administration pour demander des fonds pour des investissements clés. Tout cela est particulièrement important si l'hôtel appartient à une chaîne multinationale qui regarde de près chaque Dinar.

3. PROBLEMES--LES COUTS MONTANTS D'ENERGIE

Le problème d'énergie dans les hôtels est peut-être non simplement un problème d'un approvisionnement qui peut s'intérrompre ou "de l'énergie qui s'épuise". Le problème devrait être considéré comme celui des coûts montants d'énergie. Puisque le tourisme est très concurrentiel, particulièrement parmi les pays divers qui participent au marché lucratif européen des charters, l'hôtel ou le pays qui fait l'effort le plus grand à contenir les coûts d'énergie et donne le plus de confort à ces clients, peut profiter de la gestion responsable de l'énergie. Quelles sont les obstacles qui empêchent l'exécution des mesures efficaces?

3.1. Information

L'incertitude a toujours été la bête noire de la gestion d'énergie, particulièrement aux pays en voie de développement où les équipements sont souvent difficiles à trouver et à évaluer. A Singapore, par exemple, des experts de construction m'ont plaint en particulier de l'impossibilité de vérifier si les équipements marchaient comme annoncé par la publicité. A cause de ces incertitudes, les gérants peuvent éprouver de la difficulté à convaincre leurs supérieurs de la solidité d'un investissement ou stratégie; en plus, ils doutent eux-même de la rentabilité d'une mesure particulière. Donc, à mon avis, la démonstration subventionnée par le gouvernement peut jouer un grand rôle dans l'évaluation des options.

3.2. La croissance rapide : horizons à court terme

L'industrie touristique a pris un essor aux pays en voie de développement, particulièrement avec la venue des vols bon marché (de charter) à l'Afrique du nord et ailleurs. Dans la hâte de satisfaire à la demande les bâtiments peuvent être construits sans penser aux coûts de fonctionnement. Parfois, les entrepreneurs publics et privés ne s'intéressent qu'à un rendement rapide de leurs investissements, avant que les prix montants d'énergie ne commencent à devenir importants.

Ce problème est plus aigu dans le cas où les propriétaires ou planificateurs d'un hôtel sont en Europe ou en Amérique du nord. Nos efforts à démontrer au Kenya la valeur de couvrir les fenêtres et des pommes de douches qui restreignent l'écoulement de l'eau avait rencontré l'indifférence de la part des hôtels possédés par les propriétaires à l'étranger.

3.3. Les habitudes des clients

Les habitudes des clients sont souvent un sujet délicat. Les gérants hésitent à demander aux clients d'accepter du confort réduit, ce qui est compréhensible, puisqu'ils craignent que les concorrents offrent plus de confort et qu'ils attrayent leurs clients. Cette inquiétude stimule les technologies mentionnées ci-dessus qui réduisent la consommation d'énergie, sans trop déranger le client.

3.4. La formation du personnel

Pendant notre travail au Kenya, on a souligné plusieurs fois l'importance du rôle du personnel. Aux pays qui ont un va et vient continuel du personnel, ce problème est particulièrement aigu. Pourtant, il y a des cas où la rotation du personnel parmi les succursales du même grand hôtel international peut apporter de nouvelles idées.

Il me semble que la meilleure solution au problème de la formation du personnel est de s'assurer que la position de gérant d'énergie soit établi dans chaque hôtel. Les capacités du gérant énergétique doivent comprendre des compétences techniques et de gestion, et il doit s'efforcer d'encourager le personnel de chercher les moyens d'améliorer l'efficacité de l'énergie.

4. CONCLUSION

Basé sur notre expérience au Kenya et à Hawaii, je crois qu'un objectif raisonnable dans un hôtel assez grand est de réduire l'énergie par client-jour de 25 % à court-terme. A la longue, une réduction plus grande est possible, à mesure qu'on ajoute de nouvelles technologies et les systèmes solaires. Il est raisonnable de viser une réduction de 50 % à long-terme. Pour les hôtels neufs, bien entendu, une réduction plus importante est possible.

5. COMMENT REALISER CES ECONOMIES

Il faut un examen détaillé de tous les hôtels proposés, y compris ceux à l'étranger, ce qui veut dire que le Ministre de tourisme, ainsi que le Ministre de construction doivent participer d'une façon active à encourager la construction et l'opération efficaces. Il faut passer en revue soigneuse les dessins de nouveaux bâtiments: les équipements les plus efficaces sont-elles identifiés?

La démonstration est également importante. Il est important d'expérimenter avec le mètrage de chaque sorte d'usage final et avec des chambres différentes pour mieux comprendre les modalités de consommation d'énergie dans les hôtels, l'efficacité de l'eau chaude, les lumières, la chaudière et la gestion de la climatisation.

Finalement, il ne faut pas oublier le dilemme posé par les politiques des prix d'énergie. Dans beaucoup de pays, l'énergie--particulièrement l'électricité et GPL--a un prix au-dessous de sa valeur sur le marché international. Ces prix bas, bien entendu, encouragent une consommation plus élevée, comme reflétée par les indicateurs, ce qui réduit la rentabilité de la gestion énergétique, et rend le chauffage solaire moins intéressant. A coup sûr, les questions des prix d'énergie sont très importantes et ils ont des ramifications qui vont au-delà du problème d'énergie propre. Elles ne peuvent pas se résoudre à cette conférence. Il faut simplement se rappeler qu'elles ne peuvent pas être séparées du problème de la gestion énergétique.

6. L'APPENDICE : TROIS ETUDES DE CAS AU KENYA

La situation énergétique dans les hôtels était particulièrement interéssante.

Un autre examen des hôtels à Hawaii montrait qu'ils dépensaient à peu près $60-70/mois pour l'énergie par chambre. (Ces chiffres sont basés sur un taux d'occupation de 80 %). Ces coûts sont importants pour déterminer les profits. Tous les hôtels qu'on a visités ou les gérants avec lesquels on a parlé démontrait leur inquiétude à l'égard de l'énergie. Les établissements African Tours and Hotels, Serena Hotels, ainsi que Kitchwa Tembo campement à Masai Mara ont exprimé leur mécontentement au sujet des coûts et du fonctionnement des générateurs Diesel. A Kitchwa Tembo, le gérant nous a dit que son approvisionnement de bois, auparavant considéré non-problématique, allait s'épuiser bientôt : ses camions devaient aller de plus en plus loin pour ramasser du bois. Actuellement, Kitchwa Tempo se sert des feux de bois sous les fûts de huile pour chauffer l'eau. Mais même les hôtels modernes rencontrent des difficultés posées par les prix montants d'énergie.

6.1. Nairobi : les hôtels principaux

L'Hôtel principal n° 1 a un système de climatisation totale et se sert du mazout pour chauffer l'eau et le gaz pour la cuisine. Les données présentées ci-dessous démontrent qu'un effort concerté à réduire les frais d'énergie donne un rendement significatif.

Quand l'ingénieur actuel est arrivé, il y avait une consommation très élevée d'électricité, en grande partie due à la lourde charge de climatisation. Par un entretien amélioré, il a parvenu à réduire cette charge d'une façon prononcée, à peu près 35 % par client-jour et presqu'autant par an. Il n'a pas installé les pares-soleil aux fenêtres ou d'autres dispositifs qui offrent de la protection contre le soleil. La première fois qu'on a visité l'hôtel en octobre 1978, on l'a trouvé froid pendant la nuit. En 1981, la température dans les même chambres était beaucoup plus douce. On considère que les pares-soleil aux fenêtres de cet hôtel pourraient réduire encore plus la charge de climatisation, ce qui diminuera peut-être la facture électrique par 15 %. Puisqu'il s'agit d'un système central, il sera possible d'installer les récupérateurs de chaleur pour rendre au maximum l'utilisation de l'air extérieur pour les fins d'aérage au même temps qu'on garde la fraîcheur de l'air d'aspiration à l'intérieur.

Malgré le fait qu'on a fait moins d'efforts pour conserver le mazout et le gaz, les données démontrent une diminution dans la consommation par unité des deux. L'hôtel a une piscine chauffée, mais la température a été réduite. En plus, on pourrait installer des pommes de douche pour chaque hôtel au Kenya, mais il faut les contrôler d'une façon régulière pour l'entartrage. Cela réduira encore

plus la consommation d'énergie par unité.

HOTEL PRINCIPALE N° 1

AN	MAZOUT (TJ)	GAZ (TJ)	ELECTRICITE (GWh)	MAZOUT (MJ/C-J)	ELECTRICITE (kWh/C-J)	GAZ (MJ/repas)
1976	38,7	-	4,61	315	37,5	-
1977	35,5	21,8	4,11	307	35,5	3,87
1978	39,8	20,1	3,25	306	29,4	3,52
1979	33,6	18,2	3,07	260	23,7	2,96

Note : C-J - client-jour

L'hôtel principal n° 2 était bien muni de données. Puisqu'il était la succursale d'un hôtel international, il exigeait de ses ingénieurs de présenter des registres énergétiques mensuels au bureau principal. Ces registres comprenaient la consommation de mazout, la consommation du gaz de cuisine, la consommation de gaz de cuisine, la consommation d'électricité et d'eau, le nombre d'occupations uniques et doubles, et le nombre de repas dans les hôtels. La qualité des données était bonne; on n'avait besoin que de chiffres mensuels pour obtenir la moyenne annuelle.

L'ingénieur rencontré s'intéressait beaucoup à la conservation. Il a observé qu'ils ont fait certaines économies à cause d'une grande augmentation dans le nombre de chambres sans une croissance correspondante dans la capacité de la chaudière. Néanmoins, les chambres nouvelles étaient exposées directement au soleil le matin ou de soir, ce qui augmentait la charge de la climatisation. L'ingénieur ne pouvait pas s'occuper de ce problème ni de celui des pommes de douche qui réduisent l'écoulement de l'eau aux chambres, mais cette expérience a produit de mauvais résultats puisque les clients se plaignaient. Il paraît que l'écoulement d'eau chaude dans les hôtels ne peut se réduire que par moyen des pommes de douche qui réduisent l'écoulement et qui sont vendues partout aux Etats-Unis. On a recommandé qu'il en installe plusieurs dans quelques chambres et que ces chambres soient observées pendant plusieurs mois pour voir si les clients se plaignaient ou si l'entartrage de l'eau calcaire s'accumulait sur les pommes de douche. On a estimé qu'un tel programme pourrait réduire les coûts de l'eau chaude des chambres jusqu'à 40 % ou plus. En supposant que cette consommation d'éau

chaude est la dominante dans l'hôtel, on a prévu une réduction de 20 % au moins dans la consommation générale de mazout. La récupération de chaleur des utilisations de températures élevées (la lessive, la vapeur pour le nettoyage, le lavage de la vaisselle), si rendues aux réservoirs d'emmagasinage d'eau chaude, pourrait économiser du mazout supplémentaire.

Les chiffres sur la table en bas recommandent certains efforts pour la conservation. Cependant, la réduction la plus grande dans la consommation d'unité a eu lieu lors de l'agrandissement de l'hôtel. Puisque les économies d'échelle semblent typiques de beaucoup d'applications d'énergie, il serait difficile de déterminer la quantité d'énergie conservée dans cet hôtel. On a montré la croissance relative au nombre de client-jours depuis 1975. Cette croissance dans l'intensité de consommation d'énergie paraît être en corrélation avec la petite réduction dans le facteur de charge en 1976, tandis que la grande réduction de la consommation en 1978 et 1979 semblent attribuable à l'agrandissement de l'hôtel. En 1979, il y avait plus de client-jours par rapport à l'année 1978 et la consommation a diminué. On considère qu'une décroissance continue de la consommation, même si les facteurs de charge varient, constitue un signe net de la conservation.

6.2. Les hôtels de la côte : une mini-vérification de comptes énergétiques

Les hôtels sur la plage ont eu des problèmes avec leurs systèmes de climatisation, en partie, parce que les chambres n'étaient pas construits afin de faciliter la climatisation (c'est-à-dire, ils n'ont pas d'isolation). On a décidé de regarder de près ce problème de l'énergie dans les hôtels. On a fait une vérification de comptes d'un hôtel de plage principal, en partie, parce que le sous-gérant a montré beaucoup d'intérêt à réduire les frais, mais il a admis qu'il n'a pas fait grande chose pour déterminer les usages d'énergie dans les hôtels. On a signalé les phénomènes suivants :

1. Les villes ont partagé les chauffes-eau électriques à immersion en groupes de trois qui marchent 24 heures par jour. On n'a pas évalué la quantité d'eau chaude utilisée par rapport à l'heure de jour, mais on a soupçonné que ces dispositifs fournissent beaucoup plus d'eau chaude que nécessaire, à un coût d'énergie énorme.

2. Toutes les chambres ont des fenêtres à jalousées avec peu d'ombrage ou pas du tout. Donc, l'infiltration contrebalance constamment l'effet de la climatisation et le soleil réchauffe encore plus la chambre. Les fenêtres n'ont pas de moustiquaires; on ne peut pas les ouvrir sans laisser entrer des essaims de moustiques.

3. Le système central d'eau chaude de bâtiment principal est alimenté de mazout. Aucune évaluation des avantages d'une utilisation réduite d'eau ou du chauffage solaire de l'eau n'a été faite.

4. Néanmoins, on a pris quelques mesures d'une nature doméstique. Celles-ci ne se voient pas sur la table, parce que les données sur les client-jours n'étaient pas disponibles. La réduction dans l'utilisation d'énergie en 1979 semble le résultat d'un intérêt dans la conservation. Le gérant signalait le fait que l'hôtel était géré d'une façon plus soigneuse du point de vue énergétique en 1979 qu'avant. Il paraît que cette attention a commencé à stimuler des bénéfices. Mais beaucoup de possibilités nouvelles sont réalistes. L'obstacle principal est le manque de l'information.

On a étudié d'autres hôtels sur la côte. Une unité solaire de chauffage d'eau avait été essayée à un hôtel qui l'a abandonnée. A d'autres hôtels, les unités solaires nouvelles étaient en voie d'installation. A un hôtel de la côte, la consommation d'électricité s'élevait à 37,1 kWh/client-jours en 1979, un chiffre élevé qui reflète la climatisation; mais, par contre, la consommation de combustible était faible, en partie attribuable au chauffage solaire d'eau.

HOTEL PRINCIPAL SUR LA COTE

AN	MAZOUT TJ	GAZ TJ	ELECTRICITE GWh	MAZOUT(MJ) MJ/C-J	ELECTRICITE kWh/C-J	GAZ MJ/repas
1975	9,37	1,71	1,33	-	-	-
1977	11,25	1,87	1,77	-	-	-
1979	7,68	1,17	1,75	-	-	-

EXEMPLES DES INDICATEURS ENERGETIQUES POUR L'HOTEL

ANNEE	CLIENT	CAPACITE	GAZ	COMBUSTIBLE	ELECTRICITE	NOTES
		FACTEUR JOURS		(CUISINE) Total par repas	Total par C-J	Total par C-J
1975						
1977						
1979						
1981						

Où possible la consommation d'électricité devrait être répartie en climatisation centrale, de chambre, et d'autres utilisations.

L'ORGANISATION ET L'EXECUTION D'UN

PROGRAMME DE CONSERVATION ENERGETIQUE:

ABORD GENERAL

Extrait du

Energy Conservation Manual

The Hospitality, Lodging, and Travel Research Foundation, Inc.

Le But et les Objectifs

Les crises successives des combustibles petrolières continuent à menacer l'industrie hôtelière. On fait face à une situation qui demande une réponse spontanée de tous ceux qui gagnent leurs vies dans l'industries hôtelière. Il existe une nécessité urgente de réduire au minimum les effets pénibles de ce problème en faisant des efforts déterminés afin d'extirper la consommation gaspilleuse de l'énergie sans porter préjudice aux services nécessaires ou bien au confort des clients. Le programme d'information sur la conservation énergétique qui a été établi est inspiré par le but et les objectifs suivants :

But : De fournir de l'information sur la conservation d'énergie qui aidera les hôtels individuels à pratiquer la conservation d'énergie en accord avec l'interêt national.

Objectifs : De stimuler les gérants et les employés de l'industrie hôtelière à participer d'une façon active à l'effort d'éliminer la consommation gaspilleuse de l'énergie.

De rendre disponible aux gérants des hôtels l'information nécessaire pour réduire d'une manière importante la consommation d'énergie dans leurs établissements, sans porter détriment aux services et au confort existants. L'éfficacité accrue doit aboutir à une réduction réelle de 15 à 30 % à la fin de la première année du programme.

De donner aux gérants les moyens de surveiller et d'évaluer les résultats de leurs efforts.

Comment Organiser et Exécuter un Programme d'Energie

Cette section fournit une approche par étapes pour la mise en marche d'un programme d'énergie, ainsi que pour sa continuation. Le programme a été conçu pour un hôtel "typique", ce qui rend probable que certains éléments ne seront pas convenables dans certains cas. Par exemple, lorsqu'on suggère

que le groupe d'action soit composé de sept chefs de divisions, ou plus, et l'établissement n'a même pas sept employés, il faut faire attention au raissonement fondamental de la recommandation spécifique, qui organise l'établissement, soit-il grand ou petit, pour qu'il puisse identifier et éliminer le gaspillage d'énergie. Egalement, lorsqu'il s'agit de la désignation d'un coordinateur du groupe d'action, c'est pour s'assurer qu'un individu précis ait la responsabilité de coordonner les activités du personnel entier pour faire marcher le programme.

En tenant compte des points clés suivants, il doit être possible d'adapter l'information des secteurs qui s'ensuivent sans nuire au programme :

- Assurer l'adhésion de l'administration
- Organiser le personnel
- Conduire un compte de l'utilisation d'énergie
- Mesurer les résultats
- Assurer la continuation du programme

SECTION A : L'Adhésion de l'Administration

Il faut établir l'adhésion et le mandat de l'administration, en désignant un haut administrateur pour fournir la direction générale du programme et un gérant qui s'en chargera et s'identifiera avec le programme dans tous ses aspects.

Tous les membres du personnel doivent participer d'une façon active et ils doivent être jugés, en partie, selon l'accomplissement de leurs tâches de conservation.

SECTION B : Le Groupe d'Action

Le gérant, ayant des responsabilités qui s'étendent à tous les aspects de l'opération de l'hôtel, doit se charger d'une façon directe des activités du Groupe d'action. Il doit montrer une détermination de gérer l'énergie et non pas l'inverse.

Le Groupe d'action doit inclure le chef de tous les départements ou divisions, ou bien un représentant désigné. Puisque le programme nécessite un contrôle régulier et continu, un Coordinateur de l'Action énergétique doit être désigné pour se présenter directement au gérant. Le schéma suivant indique l'organisation possible du Groupe d'action.

Comment Déclencher ...

Tous les employés doivent comprendre l'importance du Groupe d'action. La première réunion des membres du Groupe pourrait même comprendre le personnel entier, surtout dans un petit établissement. Il faut que le gérant soit bien préparé avant la réunion, et qu'il soit à même de démontrer en se servant des cas précis, comment les coûts montants du chauffage, de l'éclairage, etc., ont influencé l'établissement. En outre, il doit étudier soigneusement les matériaux discutés ci-dessous concernant les occasions pour la conservation d'énergie.

Il faut que le personnel entier comprenne la gravité de la situation et que la conservation de l'énergie soit la seule option. Toutes les actions conçues en vue de l'exécution du programme doivent être passées en revue et les responsabilités définies. Il sera avantageux d'indiquer un objectif préliminaire, défini comme une réduction de la consommation d'énergie et exprimé en tant qu'un pourcentage, au moins 15 %.

SECTION C : L'Enquête Énergétique

Tout d'abord, il faut s'orienter à la question de l'énergie et se renseigner sur les faits. Les gérants et les chefs de divisions de l'hôtel devraient se mettre au courant de l'ensemble de la situation énergétique dans l'édifice - où et comment on utilise l'énergie. Etudiez soigneusement les factures des combustibles, du gaz et de l'eau et apprenez à lire les compteurs. Faîtes un effort de comprendre la terminologie dont on se sert pour parler de la consommation d'énergie. Par exemple, l'énergie est consommée par le kilowatt (électricité), par le litre (eau), et par le mètre cube (gaz), et il faut les convertir touts aux BTUs. Il n'y a que quelques termes qu'il faut connaître pour identifier la consommation, mais il faut les connaître bien. Il ne suffit pas de parler des frais sans contexte.

Une fois que vous êtes au courant de la façon dont l'hôtel reçoit de l'énergie et de sa consommation, vous avez une base

sur laquelle vous pouvez prendre des décisions destinées à réduire la consommation et de faire des économies. Il faut, toutefois, toujours se rappeler que l'édifice et ses systèmes internes dépendent l'un de l'autre de façon qu'une action prise pour corriger un problème puisse créer un autre plus grand. Par exemple, dans le cas de certains systèmes de refroidissement qui utilisent les cycles de chauffage, un thermostat mis à ____° C pourrait aboutir à une augmentation dans la consommation d'énergie en ouvrant les serpentins de chauffage. Avant d'agir, il voudrait mieux refléchir sur les avantages et les désavantages de toute décision, considérer les effets secondaires possibles et ne pas perdre de vue les priorités établies. Il va de soi que la conservation d'énergie est d'une importance capitale, mais il est essentiel, et bien possible d'ailleurs, d'atteindre son objectif tout en rendant un haut niveau de service à ses clients.

En premier lieu, faîtes une enquête pour identifier les conditions qui causent un gaspillage d'énergie.

Les Etapes

Assurez-vous que le gérant et les chefs de division soient au courant de toutes les données comprises dans ce document, et faîtes une revue ambulante du bâtiment. On vous recommande d'inviter le responsable de l'entretien de l'hôtel à accompagner ce groupe pendant l'inspection entière et que les directeurs des divisions vous joignent quand l'inspection arrive à leurs propries aires. Il ne faut pas se fier à la mémoire : notez soigneusement toutes les conditions qui peuvent aboutir à une consommation gaspilleuse d'énergie.

Servez-vous de cette inspection pour identifier tout système et tout appareil consommateur d'énergie et pour vous mettre au courant des conditions énergétiques dans chaque division.

Dans le cas où quelques changements de fonctionnement puissent améliorer ces conditions, ces changements devraient être exécutés aussitôt que possible en donnant des instructions aux employés responsables pour telles conditions.

Où les conditions ne nécessitent que peu de dépenses, vérifiez les fonds disponibles et corrigez la situation

le plus tôt possible.

Préparez la formule sur la consommation d'énergie. Après la mise en marche de plusieurs procédés de conservation, vous devrez remarquer une réduction de la consommation dans le régistre mensuel d'énergie consommée.

S'il faut faire des changements qui nécessitent l'investissement du capital, il est recommandé que vous sollicitiez de l'assistance professionnelle pour déterminer la practicabilité technique et économique.

Une Enquête Energétique Formelle

L'exécution d'une enquête énergétique formelle peut être un outil bien avantageux dans un programme de gestion énergétique. Elle rendra plus efficace l'identification du gaspillage de l'énergie.

Une Enquête Energétique Informelle

Une enquête informelle peut être efficace au cas où on n'a ni le temps ni la force d'effecteur une enquête formelle. Les résultats, bien entendu, ne seront pas aussi complets.

SECTION D : Les Objectifs d'Epargnes d'Energie

Etablissez des objectifs d'épargnes basés sur des données recueillies par l'enquête. Fixez un objectif pratique, en tenant compte des objectifs et des ressources financières ainsi que des ressources du personnel.

Voici encore des données qui vous peuvent être utiles concernant la conservation d'énergie, bien que les chiffres ne rapportent pas directement à l'industrie hôtelière :

- Le Bureau National des Normes (NBS) estime qu'à peu près 40 % de l'énergie utilisée pour le chauffage est gaspillée.
- La recherche de la même source indique qu'on peut réduire les niveaux d'exigences de l'énergie destinée au refroidissement par 30 % sans grand sacrifice du confort.

- Selon le NBS, on peut réduire la consommation d'énergie dans l'éclairage par 15 % uniquement en éteignant les lumières qui ne sont pas nécessaires, ajustant les lumières utilisées aux besoins véritables, et se servant des lampes qui emploient moins d'énergie.

Finalement, établissez les objectifs précis et informez le personnel entier de ces objectifs.

SECTION E : Mise en Oeuvre

Pour exécuter son programme, le gérant devrait suivre les étapes ci-dessous :

- Etablissez nettement les responsabilités et l'autorité du Chargé de l'action énergétique, ainsi que des membres du Groupe de l'action énergétique.
- Réunissez-vous d'une façon régulière avec le chargé de l'action énergétique--au moins une fois par semaine.
- Discutez avec les chefs de division leurs responsabilités pour former leur personnel. Soulignez l'importance d'expliquer aux employées à l'échelon bas pourquoi un tel programme est nécessaire.
- Précisez l'importance des inspections réguliéres et fréquentes exécutés par le charge ainsi que par les membres du groupe.
- Etablissez nettement la chaîne de reportage, c'est-à-dire, les chefs de division au chargé de l'action énergétique au gérant.
- Annoncez le lancement du programme à tout le personnel.
- Etablissez des encouragements qui aident à concentrer l'attention sur le programme et qui font participer tout le personnel. On peut considérer des récompenses financières ou des dîners pour reconnaître ceux qui ont le plus contribué à la réussite de cet effort.

- Installez un programme pour promouvoir une prise de conscience des clients et les encourager à coopérer à améliorer la situation énergétique. La publicité peut se communiquer en forme d'affiches, de petites annonces, etc.

SECTION F : La Mesure des Résultats

Mésurez les résultats de cette campagne énergétique. Les objectifs d'une documentation précise visent à donner des renseignements sur les questions suivantes :

- Combien l'énergie l'hôtel consomme-t-il?
- Où et quand la consomme-t-il et
- Pourquoi?

Après avoir passé en revue les réponses à ces questions on aura une bonne idée de la réussite du programme.

Tout d'abord, vous aurez besoin d'un record de base indiquant l'utilisation énergétique pour la période précédente de douze mois pendant laquelle il n'y avait pas de programme de conservation énergétique.

Pour établir un tel record de base, il faut :

- Localiser les factures des combustibles, de l'eau et du gaz pour la période choisie.
- Employer la formule de la consommation d'énergie pour documenter les données provenantes des factures. Laissez en blanc les colonnes qui ne s'appliquent pas à votre hôtel. Les pages suivantes comportent des instructions détaillées sur la méthode de remplir la formule avec un échantillon déjà rempli. La formule exige des données mensuelles parce que il est ainsi que les factures sont généralement rendues. Si la période des factures s'étend sur les parties de deux mois, marquez les chiffres dans la colonne du mois qui a le plus grand nombre de jours.

Une comparaison de l'énergie utilisée pendant un mois donné dans deux années différentes ne fournira pas une perspective complète de l'efficacité des systèmes énergétiques dont se sert l'hôtel à moins que vous teniez compte des différences importantes dans les conditions atmosphériques et dans les taux d'habitation pendant ces deux périodes.

Degré-jours

On mesure la froideur d'un hiver et la chaleur d'un été par les degré-jours. Ce concept est important, parce que les exigences quotidiennes du refroidissement et du chauffage sont influencées par la différence entre °C et la température quotidienne moyenne dehors. La température quotidienne moyenne d'extérieur est la moyenne des températures maximales et minimales dehors pendant les 24 heures d'une journée donnée.

Si la température maximale pendant la journée est °C et le minimum est ° C, le moyen serait °C moins °C, et ils s'expriment ainsi : degré-jours. S'il y a 30 jours dans un mois et chacun a 20 degré-jours, le total de degré-jours pour le mois serait 20 x 30 ou 600. Les degré-jours du refroidissement sont déterminés de la même façon. La température moyenne moins °C égale les degré-jours du refroidissement. Bien que beaucoup d'autres éléments, tels que l'humidité, les conditions solaires et le vent, jouent un rôle important pendant les saisons de chauffage et de refroidissement, il n'y a pas d'indices précis pour les mesurer. Alors, il faut se contenter du concept des degré-jours.

Les conditions atmosphériques extrêmes, telles qu'elles sont indiquées par les données sur les degré-jours, pourraient être utiles pour expliquer des variations dans la consommation d'énergie pendant les périodes saisonnières dont on tient compte. Dans certains hôtels, cependant, il se peut que de telles variations ne s'accordent point aux degré-jours, mais qu'elles dépendent tout à fait des conditions intérieures du bâtiment. Il faut aussi signaler qu'on ne peut obtenir une mesure précisée de l'énergie utilisée par degré-jours à moins que le fonctionnement du chauffage et du refroidissement soient

mesurés indépendamment des autres consommateurs d'énergie.

Taux d'occupation

Il va de soi qu'une certaine quantité d'énergie serait utilisée dans l'hôtel même si le taux d'occupation restait à zéro. Toutefois, a mesure que l'occupation s'augmente, l'énergie nécessaire pour l'éclairage, les ascenseurs, l'eau chaude, le chauffage, le refroidissement, et les téléviseurs s'augmente aussi. Afin de comparer l'énergie utilisée pendant deux mois, il faut tenir compte du taux d'occupation. Ce chiffre devrait égaler "le compte de la maison" chaque nuit pendant tout le mois. Dans un hôtel à 100 chambres qui est occupé de 100 %, deux clients par chambre, pendant un mois de 30 jours, le total se calcule ainsi : 100 x 2 x 30, ou 600 client-jours. Si la moitié des chambres était occupée par deux clients chaque nuit pendant un mois, le chiffre serait 50 x 2 x 30, ou 3,000 client-jours.

Formule de Consommation d'Energie : Instructions et Echantillon

Mois - Colonne 1

Sans regarder à l'échéance d'une facture employée par le pourvoyeur de l'électricité, du gaz, ou de la vapeur, les unités d'énergie qui sont consommées devraient être calculées pour le mois où se trouvent le plus grand nombre de jours. Par exemple, si la période de la facture s'étend du 10 mars au 10 avril, enregistrez les chiffres de l'utilisation sous la colonne de mars. S'il s'agit d'une période de comptes complètement différente, signalez-la dans cette colonne.

Degré-jours de chauffage et de refroidissement- Colonnes 2 et 3

Déterminez les degré-jours pour la période et inscrivez les chiffres dans les colonnes.

Taux d'occupation - Colonne 4

En se servant des dossiers de l'hôtel, déterminez le compte de la maison (nombre de clients) pour la période de

la facture, et inscrivez ce chiffre dans la colonne appropriée.

Electricité - Heures Kilowatt - Colonne 5

Indiquez le nombre d'heures kilowatt indiquées sur la facture de l'électricité pour la période appropriée.

Vapeur achetée - M(LBS) - Colonne 6

Indiquez la consommation de vapeur totale en milliers de kilogrammes, comme indiquée dans la facture. Des milliers de livres se représentent comme M kilogrammes sur la formule.

Pétrole combustible - Gallons - Colonne 7

Indiequez la quantité de pétrole combustible consommée pendant la période. Ce chiffre n'est pas toujours le même que la quantité achetée. Vous pouvez calculer ce chiffre si vous connaissez la quantité existante au début du mois, combien on a ajouté, et combien restait à la fin de la période. Une réglette-jauge ou un indicateur qu'on peut installer dans le bâtiment peut s'employer pour déterminer la quantité de pétrole combustible qui reste dans le réservoir à la fin de la période.

Gaz - mètres cubes - Colonne 6

Indiquez l'utilisation de gaz dans cette colonne. Si vous vous servez du propane en liquide, il faut changer les mètres cubes aux kilogrammes ou aux gallons comme indiqués sur la facture.

Total d'Energie Consommée - Millions de BTUs - Colonne 8

Afin de pouvoir calculer l'énergie consommée, il faut d'abord convertir les unités diverses de KWh, de gallons, de kilogrammes et de mètres cubes à un terme commun, tel que le British Thermal Unit (BTU). A cause de la grandeur de ce chiffre, on emploie des millions de BTUs.

Voici les unités de conversion qui peuvent s'appliquer :

mètres cubes du gaz ÷ 1,000 = millions de BTUs

Pétrole combustible :

gallons de pétrole combustible no. 2 x 0,140 = millions de BTUs

gallons de pétrole combustible #4 x 0,145 = millions de BTUs
gallons de pétrole combustible #6 x 0,154 = millions de BTUs

KWh d'électricité x ,0034 = millions de BTUs

gallons de propane liquide x ,0916 millions de BTUs
livres de propane liquide x ,0216 = millions de BTUs
livres de vapeur ÷ 1,000 = millions de BTUs

Les facteurs de conversion pour le gaz et le pétrole présentés ci-dessus sont des approximations, à cause de la variation dans les régions différentes du pays.

Total d'Energie Consommée

Colonne 10 - L'Année précédente

Indiquez en millions de BTUs le chiffre pour l'énergie consommée l'année précédente dans la colonne 10. Les colonnes 9 et 10 permettent une comparaison de la consommation de cette année avec celle de l'année précédente.

L'Energie Consommée par Unité - MBTU/client-jour

Colonne 11 - Cette année

Indiequez les chiffres de l'année dernière pour les milliers (M) de BTUs utilisées- par client-jour. Cela permet une comparaison rapide de cette année avec l'année dernière.

L'Index d'Utilisation d'Energie - BTU/pied carré

Colonne 13

Cette colonne a les unités totales d'énergie dans la colonne 9 divisées par la superficie en mètres carrés du bâtiment.

La superficie en pieds carrés du bâtiment est la superficie brute qu'on obtient en multipliant les dimensions extérieures de largeur et de longueur, et en multipliant le résultat obtenu par le nombre de planchers similaires y compris les souterrains.

Bien que cet index puissent varier avec le temps et le nombre de clients, il va indiquer la consommation qui peut aider à comparer l'utilisation du fonctionnement actuel aux

périodes similaires. Cet index peut vous montrer où vous en êtes si des restrictions sont imposées sur le total d'énergie utilisée chaque année par mètre carré de l'installation, comme proposé par les nouveaux règlements.

Dans le calcul ci-dessus, on a supposé qu'il n'y a pas de compteurs et factures séparés pour les cuisines et les blanchisseries, ainsi que l'énergie utilisée dans ces endroits est comprises dans le calcul général. Malgré que les comparaisons entre périodes pour un hôtel soient valables quand on comprend ces fonctions, on ne devrait pas faire des comparaisons directes en BTUs/ pied-carré entre des hôtels qui ont des cuisines ou des blanchisseries et ceux qui n'en ont pas, ou ceux qui ont des dimensions différentes.

La cuisine et la blanchisserie consomment beaucoup d'énergie. Alors, il est recommandé que l'entrepreneur installent des compteurs séparés qui vous permettent de surveiller combien les mesures de conservation d'énergie sont efficaces dans ces endroits.

Si les factures pour l'eau et le gaz ne sont disponibles que pour la partie restaurante, il faut préparer un calcul d'énergie séparée pour le montant total des BTUs, ou BTUs par pied carré par an. Des comparaisons de l'utilisation des BTUs par période de comptabilité devraient se faire à la base de BTUs utilisés par repas plutôt que par client-jours.

De même, si l'on fait la compte séparée des blanchisseries, le chiffre de comparaison devraient se faire en BTUs par (kilo) de linge où morceau de linge nettoyé.

Formule de Consommation d'Energie - Echantillon

Page contient une formule remplie pour l'année de base pour un hôtel représentatif,. Les chiffres dans les colonnes 9 et 11 pour l'année de base seront mis dans les colonnes 10 et 12 de la formule de l'année en cours, afin qu'on puisse les comparer aux données sur l'usage d'énergie qui est catalogué après l'exécution du programme de conservation pour l'hôtel représentatif. On a montré les calculs suivants

pour le mois de janvier pour illustrer comment on a arrivé aux chiffres dans les colonnes 9, 11 et 13.

Energie Totale - Millions de BTUs - Colonne 9

Multiplier par le facteur de conversion approprié, (≠ 4 de pétrole supposé)

KWh (de la colonne 5) 200.400 x ,0034 = 681.4 millions de BTUs
Pétrole combustible, gallons (de la colonne 7)
33.059 x ,145 = 4793,5 millions de BTUs
Gaz, mètre cube (de la colonne 8)
3.561 ÷ 1.000 = 3,6 millions de BTUs
5478,5 millions de BTUs

Le chiffre 5478 est mis dans la colonne 9.

Energie par Unité - MBTU/client-jour - Colonne 9

$$\frac{5478 \text{ (de la colonne 9) x 1000}}{6556 \text{ (de la colonne 4)}} = 835{,}6 \text{ MBTU/client-jour}$$

L'Index d'Utilisation d'Energie - BTU/pied carré - Colonne 13

$$\frac{5.478.000.000 \text{ (de la colonne 9)}}{207.655 \text{ (Superficie du bâtiment)}} = 26.380 \text{ BTU/pied carré/mois}$$

Le total des 12 mois dans la colonne 3 donnera l'Index d'utilisation d'énergie chaque année. Pour cet hôtel représentatif, le chiffre est 320.402 BTU/ pied carré/an.

Il est très possible que les gouvernements fédéral et des Etats vont limiter la consommation d'énergie dans les bâtiments. Ce chiffre qu'on a déjà publié dans les articles est à peu près 50.000 à 100.000 BTU/ pied carré/an. Si une telle restriction est imposée, l'hôtel représentatif sera obligé de mettre en oeuvre des changements majeurs destinés à baisser la consommation d'énergie annuelle.

La direction va préparer et copier des formules pour s'en servir.

SECTION G : Programme Continu

Il est peu réaliste de s'attendre à ce que le personnel continue à s'intéresser à la conservation d'énergie à moins que vous donniez des encouragements au programme d'une façon régulière. La meilleure façon en est de mettre le personnel au courant du progrès du programme. Informez-les franchement des réussites et des échecs, et n'oubliez pas de louer ceux qui font un travail efficace.

Continuez à faire connaître votre programme et vos achèvements. Cela encouragera des autres à travailler à alléger nos problèmes énergétiques, créera une impression favorable de votre hôtel, et renforcera le sentiment de vos employés qu'ils sont engagés dans un effort qui en vaut la peine. En outre, la publicité est un moyen important de faire penser les autres que vous continuez à considérer la conservation d'énergie d'une importance capitale.

Il ne faut pas sousestimer ni l'importance, ni la difficulté de faire fonctionner un programme de conservation d'énergie d'une façon continue. Beaucoup d'efforts ont trébuché parce que le gérant a décidé que sa participation n'était plus nécessaire. Apprenez de la triste expérience des autres.

Le gérant doit prendre une responsabilité personnelle continue pour le programme afin de s'assurer qu'il continue à marcher.

Energy Consumption Form

(SAMPLE)

PROPERTY NAME _____ FLOOR AREA _____ YEAR _____

MONTH	HEAT DEG. DAYS	COOL DEG. DAYS	OCCUPANCY HOUSE COUNT	ELECTRICITY	PURCHASED STEAM	FUEL OIL	GAS	TOTAL ENERGY USED MILLIONS OF B.T.U.		ENERGY USED PER GUEST DAY M.B.T.U./GUEST DAY		ENERGY UTILIZATION INDEX BTU/SQ. FT.
				KWH	M (LBS.)	GALLONS	CU. FT.	THIS YEAR	PRIOR YEAR	THIS YEAR	PRIOR YEAR	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
JAN.	935		6,556	260,400		33,059	3,561	5,478		835.6		26,380
FEB.	954		6,442	182,400		33,836	3,468	5,530		858.4		26,631
MAR.	135		6,663	198,000		28,421	3,783	4,798		720.1		23,106
APR.	366	19	7,249	190,800		23,337	3,855	4,036		556.8		19,436
MAY	198	35	7,891	235,200		28,978	4,190	5,006		634.4		24,107
JUNE	27	160	7,918	274,800		43,246	4,100	7,209		910.4		34,707
JULY	3	389	7,975	307,200		52,288	4,237	8,630		1082.1		41,559
AUG.	-	376	10,802	312,000		48,284	4,693	8,067		746.8		38,848
SEPT.	53	117	7,342	264,000		39,048	3,631	6,563		893.9		31,605
OCT.	346		7,824	200,400		19,082	4,084	3,452		441.2		16,624
NOV.	529		6,606	199,200		20,719	3,711	3,685		557.8		17,746
DEC.	807		4,353	202,800		23,368	3,781	4,082		937.1		19,658
TOTALS	4,953	1,096	87,621	2,767,200		393,666	47,094	66,536				320,402

Fig. IIIf-1

LEGEND

B.T.U. — BRITISH TERMAL UNITS
M.B.T.U. — THOUSANDS OF B.T.U.
K.W.H. — KILOWATT HOURS
M LBS. — THOUSANDS OF POUNDS

Energy Consumption Form

PROPERTY NAME _____ FLOOR AREA _____ YEAR _____

MONTH	HEAT DEG. DAYS	COOL DEG. DAYS	OCCUPANCY HOUSE COUNT	ELECTRICITY	PURCHASED STEAM	FUEL OIL	GAS	TOTAL ENERGY USED MILLIONS OF B.T.U.		ENERGY USED PER GUEST DAY M.B.T.U./GUEST DAY		ENERGY UTILIZATION INDEX
				KWH	M (LBS.)	GALLONS	CU. FT.	THIS YEAR	PRIOR YEAR	THIS YEAR	PRIOR YEAR	BTU/SQ. FT.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
JAN.												
FEB.												
MAR.												
APR.												
MAY												
JUNE												
JULY												
AUG.												
SEPT.												
OCT.												
NOV.												
DEC.												
TOTALS												

Fig. IIIf-2

LEGEND

B.T.U. — BRITISH TERMAL UNITS
M.B.T.U. — THOUSANDS OF B.T.U.
K.W.H. — KILOWATT HOURS
M LBS. — THOUSANDS OF POUNDS

de divisions de l'hôtel devraient se mettre au courant de l'ensemble de la situation énergétique dans l'édifice - où et comment on utilise l'énergie. Etudiez soigneusement les factures des combustibles, du gaz et de l'eau et apprenez à lire les compteurs. Faîtes un effort de comprendre la terminologie dont on se sert pour parler de la consommation d'énergie. Par exemple, l'énergie est consommée par le kilowatt (électricité), par le litre (eau), et par le mètre cube (gaz), et il faut les convertir touts aux BTUs. Il n'y a que quelques termes qu'il faut connaître pour identifier la consommation, mais il faut les connaître bien. Il ne suffit pas de parler des frais sans contexte.

Une fois que vous êtes au courant de la façon dont l'hôtel reçoit de l'énergie et de sa consommation, vous avez une base

ELEMENTS ESSENTIELS D'UN PROGRAMME DE GESTION DE L'ENERGIE

PAR

WILLIAM C. POPPERT
DIRECTEUR DE LA GESTION DE L'ENERGIE
CARLSON COMPANIES, INC
12805 STATE HIGHWAY 55
MINNEAPOLIS, MINNESOTA 55441

A L'INTENTION

DU SEMINAIRE SUR LA GESTION ET LES ECONOMIES
D'ENERGIE DANS LES HOTELS

TUNIS, TUNISIE

14 - 16 JANVIER 1982

INTRODUCTION

Au cours de ces dernières années beaucoup de documentation technique de bonne qualité a été élaborée qui traite de la gestion de l'énergie. Cependant, l'application de l'information fournie a traîné. Or le premier défi qui se présente à un gestionnaire d'énergie est la réalisation et la maintenance des programmes de gestion de l'énergie qui traitent des facteurs techniques, humains et externes qui influent sur son utilisation. Une fois que de plus amples renseignements techniques et théoriques ont été triés, la valeur réelle de la gestion de l'énergie sera dans la mise en oeuvre de ces idées.

Il est généralement reconnu que la situation énergétique d'aujourd'hui ne constitu pas une crise ou une aberration à court terme mais une question d'approvisionnement et de coût à long terme. Les coûts de l'énergie sont devenus un facteur important dans les affaires. La gestion de l'énergie est, par conséquent, en passe de devenir une discipline de gestion bien établie. Il existe un nombre de méthodes d'approche pour les programmes de gestion de l'énergie. Cependant, il est clair qu'il s'agit là d'une science multidisciplinaire. Le gestionnaire d'énergie est tenu d'avoir des connaissances sur l'ingénierie, des aptitudes en matière de gestion, et de tenir le rôle aussi bien d'analyste d'investissements que de vendeur pour le personnel de gestion et de conduite.

OBJECTIFS DE LA GESTION DE L'ENERGIE

La première étape pour toute organisation consiste à déterminer quels sont les objectifs de la gestion de l'énergie et comment ils peuvent être atteints. J'utilise le terme "gestion de l'énergie" plutôt que celui "L'économie de l'énergie", simplement pour souligner la grande étendue de ce domaine. Une analyse correcte du rôle de la gestion de l'énergie dans l'organisation doit être faite. Une quantité suffisante de données devrait être analysée en vue de déterminer l'importance de la consommation d'énergie aussi bien du point de vu financier, qu'en termes du manque potentiel à gagner du aux interruptions d'approvisionnement en énergie. Les interruptions indirectes de l'approvisionnement en énergie peuvent également présenter des problèmes sous la forme de manque d'énergie chez le fournisseur, ou de l'impact de ses tarifs et de sa disponibilité sur les habitudes du consommateur.

Une fois que la direction a déterminé l'importance de la gestion de l'énergie dans l'organisation, une série d'objectifs stratégiques à long terme doivent être établis. Par exemple :

Objectifs à long terme de la gestion de l'énergie

1- Economiser l'énergie et réduire les coûts effectifs
2- Assurer des approvisionnements en quantités adéquates et à des tarifs favorables pour les bâtiments nouveaux et déjà existantes
3- Contribuer à l'indépendance future en matière d'énergie - assurer un climat favorable pour les affaires
4- Traiter des codes, réglements et interfaces du gouvernement
5- S'assurer une opinion favorable de la part du public pour les efforts déployés.

Une fois que les objectifs stratégiques ont été établis, ils doivent être traduits en termes d'objectifs spécifiques à moyen terme. Par exemple, pour le cas de l'économie de l'énergie, des objectifs mesurables doivent être établis. Par exemple un programme quinquennal avec pour objectif une réduction de la consommation de l'énergie de l'ordre de 3 à 5 %.

Il faut tenir compte des éléments réactifs et pro-actifs d'un programme de gestion d'énergie. Les éléments réactifs impliquent une réaction aux problèmes internes et externe. Ceci inclue des questions d'approvisionnement, de réglementation et de dépannages.

Un effort doit également être déployé pour les tâches pro-actives partie de programme qui a été planifiée et initiée par ceux qui sont responsables de la gestion de l'énergie. Que ce soit en raison de la faiblesse de la planification du manque de main d'oeuvre, le gestionnaire de l'énergie ne doit pas commettre l'erreur d'être si accaparé par les problèmes tactiques et de perdre ainsi de vue les orientations à long terme.

Enfin, les objectifs du programme doivent être réétudiés périodiquement par le gestionnaire de l'énergie aussi bien que par l'ensemble de la direction. Par exemple,, une organisation qui, pendant 4 à 5 années consécutives a réalisé une économie d'énergie de l'ordre de 5 % peut extimer que les buts devraient être chargés et l'accent mis maintenant sur la consolidation des résultats réalisés, tout en cherchant des solutions techniques ésotériques pour plus d'économie.

CONSIDERATIONS ORGANISATIONNELLES

Une fois que la direction a déterminé les objectifs de la gestion de l'énergie dans son organisation, l'administration et l'organisation du programme d'énergie doivent être établies et les tâches spécifiques du programme définies. Malheureusement, dans beaucoup d'exemples, le programme de gestion de l'énergie nait de la structure organisationnelle existante sans une planification suffisante.

Dans la plupart des compagnies, la première considération lors de l'organisation d'un programme de gestion de l'énergie consiste à déterminer s'il sera confié à un département central ou à des divisions et/ou des services de construction individuels. Souvent, on trouve, au sein d'une organisation un programme hybride dans lequel quelques tâches sont exécutées à l'échelle central et les autres au niveau de la division. En tout cas, la clé du succès du programme de gestion de l'énergie est la compétence et les aptitudes des gestionnaires impliqués dans les travaux de construction, qu'il soient autonomés ou qu'ils rendent compte à un département central de gestion de l'énergie.

Ceci soulève la deuxième question, celle de l'autorité dans la gestion du programme. Un nombre de plus en plus grand de compagnies découvre qu'un programme centralisé de gestion de l'énergie offre certaines garanties.

Cependant, il doit être clairement défini si ce département doit être consultatif et compter sur l'autorité des supérieurs des opérations ou s'il doit faire partie intégrante de la structure de l'organisation. Il existe des pours et des contres aux deux approches et la seule possibilité réelle d'erreur serait de ne pas définir correctement la répartition de l'autorité de la responsabilité.

Un programme central de gestion de l'énergie peut être élaboré de plusieurs façons :

Organisation d'un Programme Centralisé de Gestion de l'Energie.

- Il peut faire partie d'un département d'ingénierie et de plan déjà existant. C'est généralement la conséquence logique d'un département d'ingénierie centralisé.
- Il peut faire partie d'un département de conduite et de maintenance déjà existant. Travailler dans le cadre d'une structure serrée, peut garantir une exécution rapide des plans du programme.
- On peut mettre sur pied un département séparé de gestion de l'énergie. Ceci garanti plus d'autonomie et flexibilité pour le programme. Mais un département de personnel consultatif doit compter sur une bonne coopération et une bonne communication avec le personnel de conduite pour une réussite du programme. Une personne doit être identifiée dans chaque division pour assumer la responsabilité d'une partie du programme. Cette approche réussit bien dans une structure constituée relativement diversifiée.

Une autre considération organisationnelle consiste à déterminer la main d'oeuvre à affecter au programme. Il est également vital que le personnel qui aura la responsabilité du programme soit formé et qualifié dans les techniques nécessaires au succès de l'opération.

Le financement du programme de gestion d'énergie est une autre question à traiter.

Le budget du programme peut être constitué par le biais d'une facturation interdepartementale, à partir des économies faites, ou à partir des fonds généraux de la compagnie. De même faut-il établir une procédure pour incorporer les augmentations des tarifs de l'énergie et les gains réalisés par les projets d'économie de l'énergie dans le processus de budgétisation de l'organisation.

Une fois que ces décisions organisationnelles ont été prises, il restera à déterminer quels objectifs tactiques spécifiques seront réalisés par un programme de gestion de l'énergie. Ces tâches spécifiques peuvent prendre une forme similaire à la suivante :

Objectifs Tactiques de la Gestion d'Energie

- Effectuer la collecte et l'évaluation des données sur la consommation
- Identifier les priorités en matière d'économie et d'approvisionnement

-Evaluation des donnees

-Enquêtes sur les lieux

-Evaluation de sources de remplacement

- Encourager un engagement à l'économie

-Fournir des manuels et organiser des séminaires

- Elaborer des programmes de suivi dans chaque division

-Instruire les gestionnaires et le personnel de conduite

- Assurer une Assistance Technique :
  - Données techniques et données sur l'équipement
  - Analyse financière et plan de réaménagement
  - Répondre aux demandes de renseignements
- Fournir des renseignements et une assistance en matière réglementation gouvernementale
- Etre à jour en ce qui concerne les équipements et les procédures
- Mettre les objectifs et les priorités à jour de façon et garder le contact avec la Direction

Enfin, et c'est peut être là le plus important, il faut qu'il y ait un appui solide pour le programme de gestion, sans quoi, il sera condamné à l'échec ou , au mieux, à l'obscurité au sein de la structure organisationnelle.

COLLECTE ET ANALYSE DES DONNEES SUR L'ENERGIE

Un programme de gestion d'énergie doit être basé sur un système fiable de collecte et d'analyse de données sur la consommation de l'énergie. Toutes les sources et usages d'énergie d'un bâtiment ou d'une installation doivent être recencées. Les données doivent être mis à la disposition du personnel de gestion de l'énergie et du personnel du bâtiment. Là encore, nous nous heurtons au problème de la centralisation et de la décentralisation : c'est-à-dire l'évaluation et la collecte des données à l'échelle centrale ou au niveau du bâtiment. L'expérience montre que la direction centrale de l'énergie aussi bien que le personnel du bâtiment ou de l'installation doivent être tous les deux au fait et impliqués dans le processus de la collecte de données. Sans données adéquates aucun d'eux ne peut évaluer les succès ou échecs de leur stratégie d'économie de l'énergie pour planifier en conséquence.

A moins qu'ils ne soient très bien élaborés et qu'ils n'impliquent un grand nombre de bâtiments. La plupart des programmes énergétiques ne requièrent, dans un premier temps, qu'un programme de collecte manuelle des données. Ce programme doit faire usage de formulaires qui permettent une comparaison de la consommation et du coût période par période. Un accent doit être mis sur la formation du personnel de comptabilité et du personnel technique en matière de remplissage des formulaires. Pour cela, on utilisera les données des compteurs, soit les données des factures. Pour éviter les erreurs, s'assurer que les périodes de facturation soient aussi consistantes que possible d'année en année et de source en source. Si la quantité de données à traiter ou d'analyses à effectuer est importante, le recours à un système informatisé peut se révéler utile. Là, particulièrement. une grande précision est requise à chaque étape de la collecte des données et de leur traitement.

L'économie de l'énergie et l'interprétation des données a été décrite peuvent être traitées selon trois modes différentes :

Trois Points de Vue sur la Gestion de l'Energie

Approche technique dans laquelle l'efficience et le critère le plus important. L'analyse BTU est d'une importance capitale et les amélioration en matière de technologie et d'efficience du fonctionnement sont considérées comme primordiales.

- Approche économique dans laquelle les coûts et leur réduction constituent le premier souci : quelles que soit les tactiques qui sont susciptibles d'assurer le plus rapidement possible la récupération du capital ou les investissements travail, elles sont suivies. Cette approche oriente les efforts vers les domaines où les coût sont les plus élevés et les taux de l'énergie les plus grands. En fin de compte une activité peut être considérée comme consommant autant de BTU que de dollars. Cette approche devrait, peut être, représenter le déterminant final de programme d'énergie constitué.

- Approche morale, dans laquelle l'économie représente un impératif moral et donne la priorité à des buts aussi grandioses que l'autosuffisance future en matière d'énergie et son effet à long terme sur le climat des affaires et les ressources du monde.

En réalité, les données sur l'énergie doivent être envisagées d'un point de vue équilibré qui tien compte des trois approches. Les formulaires les plus courants d'analyse des données sur la consommation de l'énergie sont les suivantes :

METHODES D'ANALYSE DES DONNEES SUR L'ENERGIE

- La comparaison par période à période implique l'examen de la quantité d'énergie consommée tous les semaines, mois, trimestres et années par comparaison à la même période de l'année précédente. Les coûts globaux, les taux et les unités d'énergie consommés doivent être analysés. C'est la méthode la plus simple pour analyser les données sur l'énergie, identifier les problèmes, recenser les économies, contrôler les taux d'augmentation et développer la compétence du personnel de conduite. Ce type de rapport peut également être utilisé pour engendrer des rapports de dérogation lorsqu'un bâtiment a dépassé le budget assigné à son unité d'énergie.

Le nombre de kilocalories par mètre carré est un indice d'approche technique qui permet de comparer la quantité d'énergie utilisée dans un bâtiment à une norme spécifique ou à d'autres bâtiments du même type. Elle identifie l'efficience comparative d'un bâtiment en matière d'énergie mais ne tient pas compte du coût.

Le coût par mètre carré est un indice d'approche économique qui permet une analyse comparative des bâtiments. Il tient compte tant du coût que la consommation de l'énergie.

Le coût de l'énergie en terme de pourcentage des ventes ou des bénéfices est un indice extremement important, qui permet de déterminer "l'importance" de l'énergie pour une division spécifique du bâtiment ou pour le processus de production.

Les indices de production prennent normalement la forme de BTUS par unité de production ou de dollars par unité de production. Dans un processus de production les indices de production vont ensemble avec les indices des kilocalories et du coût par pied carré, permettant ainsi de déterminer l'efficience d'une installation en comparaison au taux de production.

Les coûts et la consommation de l'énergie sont toujours affectés par les facteurs extérieurs. Des variables telles que le temps, l'activité économique et les tarifs de l'énergie affectent les coûts et la consommation autant que l'efficience de base de l'équipement et de la main d'oeuvre. Bien que cela soit devenu un domaine compliqué, il y a eu des essais pour tenter de quantifier l'effet de ces facteurs sur le bâtiment ou sur la consommation d'énergie du processus de fabrication. Des programmes d'ordinateurs sont disponsables qui permettent de quantifier l'effet de quelques unes de ces variables sur la consommation d'énergie. Une estimation correcte de la quantité d'énergie utilisée est d'une précieuse utilité pour ce type d'évaluation.

Enfin, le point le plus important, consiste à mesurer l'efficacité du programme. La première comparaison à faire devrait concerner l'évolution de la consommation totale d'énergie ou celle de l'indice de production d'énergie en terme de pourcentage. Ceci peut être traduit par une figure montrant "l'économie de frais" ou "les frais évités" on doit procéder en relevant les économies (ou excédents des dépenses) en unités d'énergie à partir de la comparaison de période à période et en appliquant le tarif courant de l'énergie. En d'autres termes cette figure indiquerait la somme d'argent qu'on aurait ou à dépenser si une réduction de la consommation d'énergie n'avait pas eu lieu. Il existe d'autres méthodes tangibles, pour mesurer d'un programme d'énergie. Elles impliquent un approvisionnement moins important et des interruptions dans les affaires, des équipements mieux entretenus et mieux gérés, et le bénéfice de relations publiques. Dans nombre de cas un programme réussi de gestion de l'énergie donne également un rehaussement du moral des employés.

FORMATION ET MOTIVATION - DESSEMINATION TECHNIQUE

Une des tâches primordiales de tout gestionnaire d'énergie consiste à veiller à ce que toutes les techniques d'économie de l'énergie soient appliquées "sans frais ou à frais réduits". Ce qui implique une participation dans les opérations correctes de maintenance et de gestion des bâtiments et de l'équipement. C'est là qu'intervient le rôle du gestionnaire en tant que commerçant et en tant qu'expert en matière de motivation.

La formation en technique de conduite et de maintenance peut être dispensée par des manuels qui sont soit confectionnés par l'entreprise, soit sélectionnés parmi le grand nombre de manuels disponibles. Le programme peut également utiliser des projections de diapositives, des séminaires, ou des rappels et des envois postaux périodiques. Le plus important est peut être les enquêtes sur le terrain ou les audits sur l'énergie du bâtiment. La formation en matière de gestion d'énergie doit être également incorporée dans le programme des nouveaux équipements et les nouveaux programmes de formation du personnel.

Pour garantir la meilleure performance de la part du personnel qui est directement impliqué dans l'utilisation de l'énergie, il devrait y avoir une certaine forme d'intéressement. La méthode la plus simple consiste à inclure la performance en matière d'énergie dans la description des tâches et de la considérer comme un des critères d'avancement ou de révision des salaires. En outre un programme de distribution de prix de reconnaissance doit être organisé à l'intention des employés, des divisions et des bâtiments qui ont atteints leurs objectifs ou réalisé une bonne performance. Ces récompenses doivent être très visibles dans la compagnie et pour les collègues. Il existe une autre option qui comporte des encouragements plus soptistiqués qui consistent à partager directement ou indirectement les bénéfices réalisés par le programme d'économie de l'énergie entre les employés. Ceci consiste en des primes qui sont fonction de la quantité d'énergie économisée par les personnes ou les divisions.

RÉALISATION DES REAMENAGEMENTS ET DES DEPENSES EN CAPITAL

Un programme d'économie de l'énergie semble se développer par étapes. Souvent, les bâtiments ou les divisions sont à divers stades, à différentes périodes. Ceci dépend de la complexité technique du bâtiment et des efforts du personnel de conduite :

LES ETAPES D'UN PROGRAMME DE GESTION D'ENERGIE

1- "Les Economies Faciles" sont les économies réalisées par une maintenance et conduite efficaces et qui résultent de la rectification des inefficacités de la gestion.

2- Les réhabilitations à frais réduits impliquent les premières dépenses en capital du programme de gestion d'énergie. Ceci inclu les modifications apportées au bâtiment ou à l'équipement et qui provoquent un effet rapide sur la récupération des investissements.

3- Les aménagements plus sophistiqués impliquent un complément d'ingénierie et de dépenses en capital. Celles-ci deviennent de plus en plus importantes à mesure que le programme de gestion devient mûr.

Il importe de noter que la formation en maintenance et en conduite est un processus continu qui fait partie intégrante du programme de gestion de l'énergie. Un effort doit être déployé dans ce sens à mesure que des programmes plus soptistiqués de dépenses au capital sont exécutés.

La question de l'assistance technique ou de l'assistance en matière d'ingénierie doit également être traitée. L'approche varie largement selon la structure d'un programme donné de gestion d'energie. Cependant les options sont essentiellement les suivantes :

INTRODUCTION DE TECHNIQUE ET DE PROJET

- Le personnel de l'entreprise s'occupe de l'étude des projets de réhabilitation
- Des consultants de l'extérieur sont engagés par le personnel de l'énergie par les offres relatives à l'installation de l'équipement
- Les contractants fournissent des études d'ingénierie aussi bien que l'installation

Chacune de ces approches a ses mérites et il s'agit de savoir appliquer les meilleures procédures pour chaque tâche ou structure organisationnelle. Un petit programme centralisé de gestion de l'énergie peut au départ être basé dans une large mesure sur les consultants extérieurs mais à mesure qu'il se développe et devient économe en terme de base de coût, il permet un recrutement accru d'ingénieur par l'entreprise.

Le gestionnaire de l'énergie doit également devenu un analyste financier, du moins en ce qui concerne les réhabilitations de l'équipement. Il est souvent difficile d'estimer de façon précise les économies potentielles d'un projet spécifique : très souvent, on doit établir une marge d'économies. Ces estimations peuvent alors être comparées aux coûts de la réhabilitation par nombre de types d'analyses financières. Les deux analyses les plus courantes sont :

1- La récupération de l'investissement (ROI), est exprimé en terme de pourcentage des récupérations annuelles des dépenses en capital impliquées

2- La récupération simple est une technique qui consiste à comparer les économies annuelles faites sur les dépenses du capital d'un projet. Ceci fait ressortir le nombre d'années requises pour récupérer l'investissement à partir des économies.

Bien que les techniques précitées soient des techniques très connues de comparaison des alternatives en matière d'investissement, on doit se rappeler que la valeur de l'argent change avec le temps et que la tarification de l'énergie est sujette à une escalade potentielle. Par conséquent ces faits doivent entrer en ligne de compte lors d'une analyse complète.

En analysant les alternatives financières, les taxes et les assistances du gouvernement doivent être prises en considération. Le gestionnaire de l'énergie doit collaborer avec le personnel comptable et le personnel chargé de la fiscalité.

Armé de ces données financières, le gestionnaire de l'énergie doit alors être préparé à intégrer la budgétisation et les dépenses en capital dans son organisation. Ceci implique une connaissance de la structure financière de la compagnie du processus de budgétisation de chaque bâtiment ou division. Ceci inclu également la définition de critères minimum de récupération des investissements et aussi de veiller à ce que les propositions à l'intérieur de la société.

RESUME

La gestion de l'énergie est une nouvelle descipline qui a des origines multiples. Son importance augmente rapidement à mesure que les problèmes des tarifs et de l'approvisionnement en énergie surgissent. Il est maintenant plus impératif d'étudier de plus près une structure plus formelle pour nos programmes la technologie pour l'amélioration l'efficience par usage final et les approvisionnements croissant et disponible.

Nous devons relever le défi qui consiste à mettre nos idées théoriques en exécution. Autrement nous perdrons l'avantage du temps que nous avons encore pour régler la situation de l'énergie.

CARLSON COMPANIES INC HISTORIQUE DU CAS

Voici un résumé de quelques unes de nos expériences en matière d'exécution de programmes.

Carlson Companies Inc est une organisation diversifiée dont le le chiffre des ventes annuelles est de 1,6 milliard $. Elle regroupe Radis son Hôtels, Carlson Marketing Group (primes et intéressement), Contry Kitchen et TGI Friday's restaurants, Ardan and Naum retail stores, Gold Boud Stamps et Carlson Projerties (propriétés immobilières). Ses sources d'énergie sont : l'électricité (40 %), le gaz naturel (45 %) le pétrole combustible (5 %), la vapeur municipale (5 %) et divers (5 %).

Les tarifs et l'efficience de l'énergie ont été utilisés de façon accrue comme critère de décision durant les années 1970.

Un déoartement officiel d'énergie a été créé vers la fin de 1977 en tant que département constitué appelé à travailler avec le personnel de conduite dans les différentes divisions. Notre rôle essentiel est celui d'un département consultatif pour l'économie de l'énergie dans les bâtiments ou pour les économies de dépenses.

Nous avons actuellement un personnel central formé de trois membres ayant une autorité indirecte sur la gestion de l'énergie dans la conduite des bâtiments et sur le personnel d'ingénierie. Avec plus de 500 bâtiments de différentes tailles, le departement compte beaucoup sur le directeur de chacune de ses divisions pour appliquer les recommendations aussi bien que pour aider à collecter les données sûres et résoudre les questions courantes de la consommation d'énergie.

Les programmes en cours peuvent être classés en deux types de tâches, réactive et proactive. Ci après quelques unes des composantes de notre programme :

Composantes Réactives :

1- Etudier les propositions et répondre aux questions émanant des divisions

2- Régler les questions courantes de consommation

3- S'adapter aux règlementations du gouvernement

4- S'adapter aux augmentations des tarifs de l'énergie

Composantes Proactive :

1- Enregistrer d'une manière centralisé les données sur l'énergie

2- Emettre des recommandations pour les procédures et le hordware

3- Aider dans l'élaboration des manuels de conduite et des programmes de formation

4- Définir des critères pour le remodelage des bâtiments et les nouvelles constructions

5- Mener des enquêtes sur le terrain sur l'énergie

6- Appliquer les recommandations antérieures

7- Redéfinir continuellement les objectifs et les priorités

L'objectif à moyen terme établi au début de la création du département est de réduire la consommation énergétique de la Compagnie de 5 % annuellement pendant une période de 5 ans. Cet objectif a été atteint en 1978, 1979 et 1980 par les divisions participantes.

Nous avons consacré le plus clair de notre temps à éliminer les gaspillages et entamons actuellement d'autres programmes qui nécessitent des dépenses en capital importantes. Au stade où nous en sommes, cependant, la plupart des dépenses de capital en cours d'étude sont récupérables en moins de trois ans.

Le feed back sur la gestion est obtenu au cours des réunions périodiques. Une présentation en est faite annuellement au président de la société et au Comité Financier.

Notre stratégie à long terme intéressera davantage les éléments relatifs à l'approvisionnement en énergie et à l'effet des questions d'énergie sur la stratégie du marketing dans les domaines tels que l'emplacement des locaux de vente en détail et le marketing des services de gestion de l'énergie.

NOUVELLES NORMES POUR DES PLANS DE CONSTRUCTION PLUS EFFICIENTS

PAR

WILLIAM C. POOPERT

DIRECTEUR DE LA GESTION DE L'ENERGIE

CARLSON COMPANIES, INC

12805 STATE HIGHWAY 55

MINNEAPOLIS, MINNESOTTA 55441

A L'INTENTION

DU SEMINAIRE SUR LA GESTION

DE L'ENERGIE DANS LES HOTELS

TUNIS, TUNISIE

14 - 16 JANVIER 1982

INTRODUCTION

Le but de cette norme est d'établir les conditions minimales de plan de construction qui sont susceptibles d'améliorer l'utilisation de l'énergie dans les nouveaux bâtiments, les rajouts et les éléments réaménagés des bâtiments

Les dispositions de cette norme concernent :

a) la dotation de l'enveloppe des immeubles d'une résistance thermique adéquate et la réduction des fuites d'air au minimum.

b) la mise au point et la sélection de systèmes et d'équipements mécaniques électriques et d'éclairage efficients en matière de consommation d'énergie

Cette norme n'est pas spécifique aux procédures de conduite, de maintenance et d'usage des immeubles.

Elle est à observer dans toutes les situations sauf pour les cas où les codes locaux sont strictes ou lorsqu'une exception est requise et approuvée.

Une déclaration écrite doit être soumise par les ingénieurs et les entrepreneurs à la Companie Carlson selon laquelle ils s'engagent à se conformer à ladite norme. Il faut inclure une déclaration sur la faisabilité de la récupération de la chaleur, la construction de systèmes d'automatisation, ainsi qu'une étude sur la détermination des ressources en énergie (voir section V).

SECTION I: CONDITIONS REQUISES CONCERNANT L'ENVELOPPE EXTERIEURE DES BATIMENTS

Les critères de chauffage et de refrégération des murs, des toits, des plafonds et des planchers construits sur les espaces non chauffées, le dallage des étages supérieurs, les fuites d'air dans les fenêtres et les portes devront satisfaire ou dépasser à la norme ASHRAE 90A-81 x concernant l'enveloppe extérieure des immeubles.

Outre les critères énumérés dans cette section, le plan de construction proposé devra tenir compte de la conservation de l'énergie en déterminant :

a) l'orientation du bâtiment
b) sa forme géométrique
c) le rapport de la forme du bâtiment (rapport longueur sur largeur)
d) le nombre d'étages requis pour une norme donnée de surface de sol
e) la masse thermique du bâtiment
f) la couleur de la surface extérieure
g) les ombrages ou les réflexions causés par les structures adjacentes
h) les surfaces et la végétation environnantes
i) les possibilités d'aération naturelle
j) la direction et la vitesse du vent
k) l'utilisation des vestibules dans toutes les entrées fréquemment utilisées

---

ENERGY CONSERVATION IN NEW BUILDING DESIGIN, ASHRAE STANDARD 90A.81 dans the American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditionning Engineers , FNC 1971 Tullie Cricle NE, Atlanta, Georgia 30329

l) les possibilités de chauffage solaire passif
m) l'utilisation de rideaux, la coloration des fenêtres, ou l'utilisation d'écrans contre soleil dans les chambres d'invités d'hôtels et tous les autres fenêtrages appropriés

SECTION 2: CHAUFFAGE, AERATION, CONDITIONNEMENT D'AIR (Hv Ac) ET DISPOSITIONS RELATIVES AUX SYSTEMES DE TRAITEMENT

Le calcul de la charge de chauffage et de climatisation, des systèmes de contrôle de température, de chauffage et de climatisation simultanées, de réfrigération par l'air extérieur (cycle économiseur), d'aération mécanique, d'énergie pour le début d'air, de récupération de l'énergie, d'isolation par pompage, d'isolation de l'air par le système de conduites, de construction des conduites, d'équilibre et de coefficient de performance devront satisfaire ou dépasser les critères de la norme ASHRAE 90A-81.

AUTRES DISPOSITIONS

A - Générales

1- L'interrupteur des pompes, des ventilateurs et des équipements de chauffage et de refroidissement devront être localisés dans un panneau de contrôle central pour simplifier les opérations nouvelles et permettre l'installation d'un système de contrôle et de surveillance automatique.

2- Chaque projet sera analysé en vue de déterminer la possibilité d'incorporer un système central automatisé de contrôle dans le bâtiment. Les fonctions qui suivent sont à envisager pour l'automatisation du contrôle et de la surveillance

- Marche/Arrêt/Position/Alarme

Contrôle à distance de l'arrêt et de la marche, marche et arrêt programmables(une semaine, un mois) pour tous les ventilateurs, pompes et autre équipement dont la puissance est supérieure à un cheval-vapeur

- Limitation de la demande et fonctionnement cyclique

Pour tous les ventilateurs, pompes et autre équipement de puissance supérieure à un cheval-vapeur

- Dispositif programmable de contrôle de température

Y compris un cycle d'élévation et de baisse de la température

3- Des systèmes de thermopompe munis d'un coefficient de performance égal à la norme ASHRAE 90A-81 est à envisager pour les bâtiments "tout électrique"

4- Les ventilateurs à vitesse multiples d'approvisionnement et d'évacuation d'air sont à envisager pour les espaces dont les charges de chaleur et de fraicheur

Changement substantiellement

5- Tous les dispositifs d'humidification d'air de l'extérieur doivent être de haute qualité et à fuite d'air réduite

6- Prévoir des thermostats à serrure à clé ou inviolables et utiliser des thermostats "marge neutre" qui permettent un intervalle de température où il n'y a ni chauffement ni refroidissement

7- Les ventilateurs placés dans les salles de réunion pour évacuer la fumée sont à munir d'une minuterie

B- Systèmes de chauffage et de climatisation

1- Tous les systèmes "hydroniques" sont à munir d'un dispositf de contrôle de la température da l'eau de chauffage et de climatisation

2- Les contrôles d'optimalisation des chaudières et des refroidisseurs sont à envisager soit séparément soit comme faisant partie d'un système d'automatisati

3- Les conduits filtrés de dérivation des tour de climatisation

Sont à envisager lorsque c'est possible

4- Le dimenssionnement des chaudières doit aller de pair avec les normes des charges, c'est à dire qu'il faut voir une chaudière de réserve lorsque c'est requis pour le chauffage hors pointe, l'eau domestique etc. Envisager l'utilisation d'un système de chaudière modulaire lorsque c'est possible

5- Pourvoir des systèmes de chauffage infrarouge pour le stockage et les zones de service lorsque c'est possible

6- Envisager l'utilisation de systèmes HVAC de récupération de la chaleur à l'intérieur et à l'extérieur

7- Tous les équipements de climatisation doivent être de haut degré d'efficience conformément à la norme ASHRAE 90A-81

C- Chambres d'invités d'hôtels

1- Les thermostats des chambres d'invités d'hôtels doivent être munis d'un dispositif limitant leurs capacités minimales et maximales

2- Les dispositifs de contrôle des appareils d'humidification de l'air de l'extéri placés dans les chambres individuelles doivent être inviolables

3- Les lampes de chauffage et évacuateurs d'air des salles de bain d'hôtel doivent être branchés à des minuteries qui en limitent l'usage à 15 minutes.

D- Nourriture

1- Les systèmes de récupération des pertes chaleur doivent être évalués en vue de leur remboursement ou que ce soit praticable, prenant en considération la récupération des pertes de chaleur dépensés pour la réfrigération et/ou le conditionnement d'air

2- Les systèmes de récupération de la chaleur dépensée par les machines lave-vaisselle doivent être évaluées ayant égard au remboursement

3- Un système de coupure automatique doit être prévu pour les machines lave-vaisselle. Celui-ci doit comporter un dispositif de blocage minuté pour l'évacuatior d'air

4- Les systèmes d'eau chaude doivent être prévus de la façon suivante :

a- 60°c pour les machines lave-assiette, 45°c pour les petites cuisines munies de lave-assiettes à basse température

b- 45°c pour les robinets des éviers

c- Les systèmes d'eau domestique doivent être munis d'une adoucisseur d'eau si l'analyse de l'eau en établit la nécessité

5- Les équipements de cuisine à gaz sont préférables à tout autre équipement

6- L'allumage électronique est à prévoir pour tous les équipements à gaz

7- Les fours à convection sont les meilleurs

8- Envisager l'utilisation des nouvelles chaudières à infra-rouge, qui sont de haute efficience, si des chaudières sont requises

9- Prévoir des thermostats facilement fixables sur les équipements de cuisine. Envisager l'utilisation de dispositifs de limitation de la chaleur. Les thermostats et autres dispositifs de contrôle doivent être munis d'une graduation très précise, etc...

10- Prévoir une minuterie pour les lampes de chauffage, les tables chauffantes, les équipements de chauffage, d'aération et de conditionnement d'air dans les cuisines

11- Des grille -pain automatiques sont à prévoir pour suppléer les grille -pain de capacité élevée

12- Prévoir des cheminées dont le métal a été trempé à 20 %
L'équilibrage de ce système doit être fait conjointement avec le fournisseur. Les services de première installation sont à assurer par le fabriquant de la cheminée qui est responsable de son bon fonctionnement en veillant à ce que son débit d'air soit conforme au volume recommandé

13- Les cheminées d'évacuation de l'air de cuisine doivent être placée de façon à permettre la fermeture des sections où l'équipement de cuisine n'est pas en cours d'utilisation.
Des boutons de contrôle sont à prévoir à cette fin

14- Prévoir des fermatures de porte automatiques pour tous les refrigérateurs et congélateurs et prévoir des boutons de fermeture fixés à 15 minutes pour toutes les lampes des réfrigérateurs et congélateurs

15- Il est préférable que les équipements de réfrigération à eau soient localisés assez loin, particulièrement en cas d'appareils non munis de système de récupération des pertes d'énergie

16- Les équipements de cuisine doivent être munis, chaque fois que cela s'avère pratique, de dispositifs d'arrêt et de disjoncteurs rapides pour permettre les nettoyages et les réparations

17- Les équipements de chauffage, d'aération et de conditionnement d'air de cuisine doivent être munis de cycles économiseurs, de minuteries, de thermostats "à marge neutre" munis de couvercles à serrure

18- Tous les gaz de cuisine, électricités et eau de lave-vaisselle doivent être munis d'un compteur pour chaque usage final

19- Tous les équipements de réfrigération, de conditionnement d'air et de fabricati de glaçons doivent être de type EER, à haute éfficience

20- L'éclairage, doit être du type fluorescent muni d'un régulateur corrigé d'un haut facteur de puissance efficace

21- Les machines à fabriquer les glaçons et les cafetières doivent être munis de filtres à chaux

22- Prévoir des écritaux métalliques pour tous les équipements de cuisine indiquant le mode d'opération correcte pour un maximum d'efficience et de vie pour les équipements.

E- Buanderies

1- L'approvisionnement en air des séchoirs de buanderie doit être non adouci. Une conduite d'air extérieur séparée doit être amenée à l'arrière de l'enceinte du séchoir pour permettre la récupération de la chaleur à partir de l'échappement du séchoir

2- L'eau chaude de la buanderie doit être amenée, à 60°c maximum, par un système séparé d'eau chaude muni d'une fermeture minutée pour permettre le blocage ou la remise à zéro des chauffe-eaux

3- Des compteurs séparés doivent être prévus pour l'électricité, le gaz et l'eau de la buanderie

4- L'éclairage doit être du type fluorescent, à haute efficience

5- Evaluer la récupération des investissements faites sur les systèmes de récupération d'eau ou d'air les séchoirs, les systèmes de recirculation des échappements, les systèmes de récupération de la chaleur dépensée par le chauffage de l'eau, les installer si possible

6- Les repasseurs et extracteurs sont préférables au séchage de rotation comme étant plus efficient en matière d'énergie

7- Les équipements de chauffage, d'aération et de conditionnement d'air de buanderie doivent être munis de cycles économiseurs d'air, de fermetures minutées et des thermostats "à marge neutre" munis de couvertures à serrure

8- Les équipements de buanderie qui marchent au gaz sont préférables. Ils doivent être munis d'un allumage électronique. Les équipements à gaz doivent être de haute efficience

9- Le taux d'aération pour la buanderie ne doivent pas excéder 15 changements d'air/heure (ou autant que requis pour refroidir la charge)

10- Des écritaux doivent être prévus pour encourager un fonctionnement efficace, un entretien correcte et la fermeture de l'équipement non utilisé

SECTION 3: NORMES REQUISES CONCERNANT LE CHAUFFAGE DE L'EAU DE SERVICE

L'isolation des réservoirs d'emmagasinage d'eau chaude non chauffée et de la tuyauterie d'eau, les dispositifs de contrôle automatique de température, de fermeture, de fonctionnement des pompes, l'économie de l'eau chaude et des piscines doivent satisfaire la norme ASHRAE 90A-81

AUTRES CONDITIONS

A. Les systèmes d'eau chaude domestique et d'eau de buanderie doivent être séparés

B. Les toilettes doivent être munies de chasses d'eau de petite capacité

C. Prévoir des douches à bas débit. Les robinets doivent être munis d'un réducteur de débit

D. Prévoir une valve de réduction de pression si le système de pression de l'eau dépasse 3,5 Kg/cm2

E. Prévoir un couvercle pour les piscines chauffées extérieures

SECTION 4: NORMES REQUISES CONCERNANT LES SYSTEMES ELECTRIQUES

La puissance, le voltage, les chutes de voltage, les interrupteurs et la détermination de l'énergie électrique doivent satisfaire ou dépasser la norme ASHRAE 90A-81 concernant le système de distribution électrique

AUTRES CONDITIONS

A. Prévoir des éclairages spéciaux pour chaque tâche, si possible

B. Les moteurs doivent être de haute efficience, et de haute puissance

C. Des interrupteurs doivent être prévus pour chaque circuit électrique, ou pour des portions de chaque circuit, pour satisfaire les normes d'éclairage partiel requis pour faire le ménage ou pour un complément à l'éclairage naturel

D. Les lumières fluorescentes doivent être munies de lampes et de régulateurs de puissance qui sont efficients en matière d'énergie

E. Envisager d'installer ou d'utiliser un système d'automatisation centralisé pour éteindre la lumière de façon automatique dans les zones appropriées

F. Les couleurs claires doivent être utilisées autant que possible pour améliorer la réflexion à partir des surfaces

G. Limiter l'utilisation des lumières incandescentes autant que possible

H. Utiliser des projecteurs ER pour les installations électriques encastrées

I. Tous les dispositifs pour atténuer la lumière doivent être du type solid-state, efficient en matière d'énergie

J. Prévoir une cellule photo-électrique ou une minuterie pour les éclairages extérieurs

K. Nombre de Watt permis, niveaux d'éclairage recommandés et sources de lumière

Zone	Wattage permis	Niveau d'éclairage recommandé Lux	Sources de lumière recommandées
HOTELS			
Salle de bain et coiffeuse		40 chacune	fluoréscente
Chambre à coucher		40 par lampe	fluorescente
Couloirs		100	fluorescente
Ascenseurs		100	incondescente
Escaliers (au niveau des Girons)		100	fluorescente
Entrée		300	fluorescente ou incandescente
Direction		500	fluorescente
Chambre à linge			
Couture		1000	fluorescente
Activités générales		200	
Hall		100	
Eclairage général			

Zones de lecture et de travail	300-500	Incandescent
Enseigne		
Environs sombres	300	
Environs éclairés	500	
Dancing		
Général	300	Fluorescente ou HID
Lumière faible	300	Incandescent
Lumière forte	500	Incandescent
Salles de réunion		
Général	500	Fluorescent ou HID
Lumière faible	800	Incandescent ou HID
Lumière forte	800	Incandescent
Piscine	800	Fluorescent ou HID
<u>GENERAL</u>		
Zone des toilettes	300	Fluorescent
Lumière forte		Incandescent
Parking (extérieur)	5-10	Haute pressio sodium
Buanderies		
Lavage	300	Fluorescent
Repassage		
Pesage		
Marquage	500	
Triage	700	
Repassage manuel	1000	
<u>Installation du service nourriture</u>		
<u>Zones des restaurants</u>		
Caissier	500	Fluorescent (de préférence)
Type intime		
Environnement éclairé	100	
Environnement adouci	30	
Nétoyage	200	
Type loisir		
Environnement éclairé	300	
Environnement adouci	150	
Type service rapide		
Environnement illuminés	1000	
Environnement normaux	500	
Etalage de la nourriture (deux fois l'éclairage général, pas moins)	500	
Cuisine, inspection commerciale		
Vérification		
Préparation et indication des prix	700	Fluorescent
Hall d'entrée	300	Fluorescent
Enseigne		
Environnements sombres	300	
Environnements éclairés	500	
<u>Bureaux</u>		
Salle de rédaction		

Ebauchage		
Esquissage	1000	
Audit, tabulation, tenue des livres	750-1000	
Travail normal de bureau	500	
Conférences et interviews	300	
Salles de conférence		
Lecture	100	
Conférence	300	
Prise de notes, lors des projections (variable)		
Couloirs	300	
	200	
Magasins ou Détail		
Zones de circulation	500	Fluorescent
Zones de marchandise	500-700	
Etalage		Comme le requiert l'étalage
Salle d'essayage		
Zones d'habillement	500	Fluorescent
Zones d'essayage	1500	
Dépôt	300	
Dépôts		
Inactifs	50	Sodium à ha pression
Actifs		
Volumineux	100	
Moyen	200	
Fin	500	

SECTION 5: DETERMINATION ANNUELLE DES RESSOURCES EN ENERGIE ET EN FUEL

Le but de cette section est de fournir une méthode de calcul de la quantité de fuel et de ressources énergétiques qu'on anticipe de consommer pour satisfaire les besoins d'un projet de construction.

Tous les tarifs d'électricité, de gaz et d'eau doivent être analysé avant de décider de la source d'énergie à utiliser, on doit tenir compte de la disponibilité du fuel, des tendances relatives à la tarification et de la possibilité d'utiliser des fuels de remplacement.

Les conditions requises pour les ressources en fuel et en énergie doivent être inscrites sur le formulaire 1 dans les colonnes A et B. Ce formulaire doit être soumis en même temps qu'un rapport sur toutes les ressources d'énergie disponibles.

Il faut établir un compte rendu des quantités d'énergie qu'on anticipe de consommer annuellement pour satisfaire les besoins du bâtiment. Le formulaire comporte une liste de toutes les fonctions communes à la plupart des bâtiments. D'autres fonctions peuvent être calculées et inscrites dans les espaces vides, si besoin est.

Le total des estimations des besoins en énergie pour les bâtiments doit être inscrit dans les colonnes A1 et A2 sur les lignes appropriées en indiquant l'usage auquel elle est destinée. La colonne A1 est à utiliser lorsque la finalité de l'utilisation est thermique et A2 lorsque la finalité est caractéristiquement électrique. Les valeurs à inclure dans ces colonnes doivent être celles nécessaires pour satisfaire les besoins du bâtiment. Elles ne comporteront ni la conversion ni les pertes d'énergie causées par le systèmes de construction.

Identifier la méthode de calcul des besoins annuels en énergie. Les colonnes B1 à B9 doivent indiquer les quantités annuelles de fuel et d'énergi par source qui devront satisfaire les besoins en énergie de chacun des projets de construction mentionnés dans les colonnes A1 et A2. Les quantités devront inclure la conversion et les pertes d'énergie causées par les systèmes de construction comme calculées par l'ingénieur de l'équipement et des systèmes de contrôle spécifiés. Il faut inclure le timing de fonctionnement et d'utilisation anticipés ainsi que les techniques de fonctionnement. Les chiffres annuels mentionnés dans les colonnes B1 à B9 doivent être exprimés en Kcal.

Les coûts annuels de fuel et d'énergie doivent être calculés en utilisant les prix unitaires courants fournis par les fournisseurs de fuel et d'énergi

FORMULAIRE ANNUEL DE CALCUL DE L'ENERGIE ET DU FUEL

	Projet de Construction		Fuel et Energie Fournis au Local								
Ligne \ Colonne	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
	Thermale 106Kcal	Elect 10^3KWh	Huile légère 106Kcal	Huile lourde	Gaz 10^6Kcal	Charbon 10^6Kcal	Elect hiver 10^3Kcal	Elect été 10^3Kcal	Elect annuelle	Autre	Autr
1 Chauffage											
2 Rafraichissement											
3 Chauffage d'eau											
4 Auxiliaires HVAC											
5 Eclairage											
6 Ascenceurs											
7 Ordinateurs											
8 Cuisson											
9 Buanderie											
10 Autre											
11 Autre											
12 Autre											
13 Totaux											
14 Coût unitaire de l'énergie											
15 Coût annuel											Tota

LES PRIORITES DES MESURES DE CONSERVATION ENERGETIQUE

par

Sam Stewart, President
Sam Stewart and Associates, Inc.
Suite 102
1611 W. County Rd. B
Roseville, Minnesota 55113
Etats-Unis

SEMINAIRE SUR LA CONSERVATION ET LA GESTION D'ENERGIE

DANS LES HOTELS

Tunis, Tunisie

14-16 janvier 1982

Soumis Par

Human Resources Management, Inc.
Suite 301
1101 30th St., N.W.
Washington, D.C. 20007

L'ENVELOPPE DU BATIMENT

	Annees simples de remboursement
LE COUPE-FROID AUTOUR DES PORTES ET DES FENETRES	1-6
L'ISOLATION DES MANSARDES ET DES PLAFONDS	3-8
LES DOUBLES-FENETRES	4-8
LES PANNEAUX ISOLES EN METAL	6-12

CHAUFFAGE/AERAGE/CLIMATISATION

LE CONTROL D'ENERGIE AUTOMATIQUE

APPAREILS DE RAJUSTEMENT DE LA TEMPERATURE DE L'AIR MELANGE 1-4

APPAREILS DE RAJUSTEMENT DES SERPENTINS REFROIDISSEURS DE L'AIR D'EMISSION 1-4

APPAREILS QUI RAJUSTENT LA TEMPERATURE (LE "HOT DECK") 1-4

CONTROLES D'ENTHALPIE 5-10

CONTROLES ECONOMISEURS 1-3

THERMOSTATS DE RECUL NOCTURNE ET "BANDE MORTE" 1-4

MINITEURS 1-4

SOUPAPES DE RADIATEUR A THERMOSTAT AUTONOMES 3-6

SYSTEMES D'AUTOMATION DANS LES BATIMENTS 2-7

CHAUFFAGE/AERAGE/CLIMATISATION

REPARTITION ET EMMAGASINAGE

ISOLATION SUR LES TUYAUX DENUDES DE L'EAU CHAUDE, DE VAPEUR ET D'EAU DE CONDENSATION ET LES RESERVOIRS A EAU CHAUDE 2-5

JOINTS SUR LES SOUPAPES A PAPILLON DE L'AIR D'EXTERIEUR 1-2

REPARATION/REMPLACEMENT DES PURGEURS DE VAPEUR 1-3

REGLAGE D'ECOULEMENT D'AIR 1-4

CHAUFFAGE/AERAGE/CLIMATISATION

RECUPERATION D'ENERGIE

RECUPERATION DE CHALEUR D'ECHAPPEMENT DES CHAUDIERES 2-6

RECUPERATION DE CHALEUR PENDANT L'EVACUATION DE CHAUDIERE 1-2

RECUPERATION DE CHALEUR DE CONDENSATEUR DE CLIMATISATEUR 2-8

RECUPERATION DE CHALEUR DE L'AIR D'ASPIRATION 1-5

CHAUFFAGE/AERAGE/CLIMATISATION

INSTALLATION D'ENERGIE

REGLAGE DU RAPPORT COMBUSTIBLE/AIR	1-3
REMPLACEMENT DES BRULEURS, LES COMPOSANTES DES BRULEURS, DES FOURNEAUX ET DES CHAUDIERES	2-8
LES SYSTEMES D'ALLUMAGE ELECTRIQUES ET MECANIQUES DES FOURNEAUX	2-6
LES APPAREILS QUI MODIFIENT LES OUVERTURES DES CARNEAUX DE FUMEE	1-5
LES SYSTEMES DE CONTROLE AUTOMATIQUE DE LA COMBUSTION	1-5
LES APPAREILS TELS QUE LES TURBULATEURS	1-5

ELECTRIQUE

ECLAIRAGE

LES APPAREILS DE DETECTION PHOTO-ELECTRIQUE 2-8

LES INTERRUPTEURS SEPARES ET LE REMPLACEMENT DE LA CANALISATION ELECTRIQUE 2-8

LES SYSTEMES DE CONTROLE AUTOMATIQUE 2-8

INSTALLATION DES APPAREILS D'ECLAIRAGE, DES LAMPES, DES LENTILLES, DES REGULATEURS ET DES GRADATEURS 2-8

MOTEURS ELECTRIQUES

LES MOTEURS A DEUX VITESSES 4-7

LES STRATEGIES DE CONSERVATION D'ENERGIE QUI

— REDUIT LES EXIGENCES DE CHARGE DE BASE

— REDUIT LES EXIGENCES DE CHAUFFAGE DE L'EAU

— REDUIT LA DEMANDE D'ELECTRICITE

— SONT LIEES A UNE CATEGORIE SPECIFIQUE DE L'UTILISATION DE L'ENERGIE

LES STRATEGIES DE CONSERVATION D'ENERGIE

IL Y A DES CENTAINES DE STRATEGIES QUI CONSERVENT L'ENERGIE QUI SONT APPLICABLES AUX HOTELS ET AUX MOTELS. AUJOURD'HUI, JE VOUDRAIS ME CONCENTRER SUR 4 CATEGORIES QUI ONT, JE CROIS, UN POTENTIEL IMPORTANT POUR CONSERVER L'ENERGIE ET REDUIRE LES DEPENSES.

1) STRATEGIES QUI REDUISENT LES EXIGENCES DE LA CHARGE DE BASE PENDANT LES PERIODES D'HABITATION REDUITE

2) STRATEGIES QUI REDUISENT LES EXIGENCES DE L'EAU CHAUDE DANS LES CHAMBRES, LES CUISINES ET LES BLANCHISSERIES

3) STRATEGIES QUI REDUISENT LA DEMANDE D'ELECTRICITE EN DEPLACANT LES CHARGES MAXIMALES D'ELECTRICITE OU EN CONTROLANT D'UNE FACON AUTOMATIQUE LA DEMANDE POUR L'ELECTRICITE

4) STRATEGIES QUI SONT LIEES A UNE CATEGORIE DE L'UTILISATION D'ENERGIE TELLES QUE: LE CHAUFFAGE D'ESPACE, LE REFROIDISSEMENT D'ESPACE, L'ECLAIRAGE, ETC.

(1) LES STRATEGIES QUI CONSERVENT L'ENERGIE DE LA CHARGE DE BASE

MON EXPERIENCE DANS LE SECTEUR HOTELIER A MONTRE QUE LES EXIGENCES D'ENERGIE DE LA CHARGE DE BASE PENDANT LES PERIODES D'HABITATION REDUITE SON ELEVEES. LE DEFI EST D'IDENTIFIER LES SOLUTIONS TECHNIQUES POUR CE PROBLEME QUI N'ONT PAS UNE INFLUENCE NEGATIVE SUR LE CONFORT ET LA SECURITE DES CLIENTS ET DU PERSONNEL. LES SYSTEMES SUIVANTS CONSOMMENT LA MAJEURE PARTIE DE L'ENERGIE DE LA CHARGE DE BASE:

L'ENERGIE ELECTRIQUE POUR:
- LUMIERES
- AUXILIAIRES DE CHAUFFAGE/AERAGE/CLIMATISATION (CAC), (VENTILATEURS ET POMPES)
- APPAREILS DE LA CUISINE (Y COMPRIS LA REFRIGERATION)
- SYSTEMES DE CHAUFFAGE DE L'EAU

D'ABORD NOUS ALLONS EXAMINER LES STRATEGIES DE FONCTIONNEMENT ET ENTRETIEN QUI NE NECESSITE PAS DE MISE DE FONDS INITIALE ET PUIS NOUS ALLONS EXAMINER LES STRATEGIES QUI NECESSITE DES INVESTISSEMENTS DE CAPITAL. LA STRATEGIE DE FONCTIONNEMENT ET D'OPERATION QUI PEUT S'APPLIQUER A LA PLUPART DES SYSTEMES PENDANT DES PERIODES D'UTILISATION REDUITE EST TOUT SIMPLEMENT CELUI DE FERMER LES APPAREILS QUI CONSOMMENT DE L'ENERGIE.

LES CHAMBRES

ESSAYEZ D'ISOLER LES SECTIONS ET LES ETAGES DU BATIMENT ET PUIS FERMER TOUTES LES LUMIERES DES COULOIRS SAUF L'ECLAIRAGE D'URGENCE, LES POMPES ET VENTILATEURS DE CHAUFFAGE/AERAGE/CLIMATISATION (CAC), ET LES SYSTEMES DE L'EAU CHAUDE QUI SERVENT CES SECTIONS OU ETAGES NON OCCUPES. AVANT DE METTRE CETTE STRATEGIE EN EXECUTION, IL FAUT COMPRENDRE A FOND LES CARACTERISTIQUES DU FONCTIONNEMENT DE TOUS LES SYSTEMES MECANIQUES ET ELECTRIQUES. EN PLUS, A CAUSE DES CONDITIONS ATMOSPHERIQUES, IL POURRAIT ETRE NECESSAIRE DE FAIRE FONCTIONNER LES POMPES ET LES VENTILATEURS DE CAC POUR MAINTENIR LA TEMPERATURE EXIGEE DANS LES CHAMBRES. CETTE STRATEGIE EST PEUT-ETRE LA PLUS CONVENABLE PENDANT LES WEEKENDS QUAND IL Y A PEU DE MONDE.

LES AIRES PUBLIQUES

FERMEZ TOUT ECLAIRAGE ET LES VENTILATEURS ET LES POMPES CAC QUI SERVENT LES ESPACES NON OCCUPES

LES CUISINES ET LES BLANCHISSERIES

FERMEZ TOUS LES APPAREILS A GAZ ET ELECTRIQUES Y COMPRIS LES LUMIERES, LES VENTILATEURS ET LES POMPES CAC ET LES AUTRES APPAREILS QUAND ILS SONT PAS UTILISES.

IL Y A PLUSIEURS MODIFICATIONS QUI DEVRAIENT ETRE CONSIDEREES AUSSI. ELLES SONT:

- LA REMISE A NEUF DE LA CANALISATION DES CIRCUITS D'ECLAIRAGE AFIN D'ISOLER LES ETAGES, LES AILES OU LES SECTIONS ENTIERES

- LES MODIFICATIONS DANS LES CONDUITS QUI PERMETTENT L'ISOLATION DES ETAGES, DES AILES OU DES SECTIONS

- L'INSTALLATION DES APPAREILS QUI POURRONT SURVEILLER ET CONTROLER AUTOMATIQUEMENT LES SYSTEMES CAC.

(2) LES STRATEGIES QUI REDUISENT LES EXIGENCES DE L'EAU CHAUDE POUR LES CHAMBRES, LES CUISINES ET LES BLANCHISSERIES

LES STRATEGIES D'OPERATION ET MAINTIEN QUI S'ENSUIVENT S'PPLIQUENT GENERALEMENT A TOUS LES SYSTEMES DE CHAUFFAGE DE L'EAU :

- BAISSER LES TEMPERATURES DE L'EAU CHAUDE
- REPARER LES FUITES D'EAU DANS LES SYSTEMES DES CONDUITES DE L'EAU CHAUDE
- FERMER LES POMPES DE CIRCULATION QUI SERVENT LES ESPACES NON OCCUPES.

MODIFICATIONS

GENERAL

- COUVRIR LES TUYAUX DENUDES DE L'EAU CHAUDE ET LES RESERVOIRS AVEC DE L'ISOLATION
- INSTALLER LES CHAUFFES-EAU PLUS EFFICACES A COMBUSTIBLES FOSSILES
- INSTALLER LES CHAUDIERES MODULAIRES A COMBUSTIBLES FOSSILES
- INSTALLER LES APPAREILS DE RECUPERATION POUR RECUPERER LA CHALEUR RESIDUAIRE DE LA CLIMATISATION OU DE LA REFRIGERATION

A) LES CHAMBRES

- INSTALLER LES CHAUFFES-EAU INDIVIDUELS INSTANTANES DANS LES CHAMBRES
- REDUIRE LA CAPACITE DE LA POMME DE DOUCHE PAR L'INSTALLATION DES RESTRICTEURS D'ECOULEMENT OU DES POMMES DE DOUCHE NOUVELLES A ECOULEMENT FAIBLE

B) LES CUISINES

- MODIFICATIONS AUX LAVES-VAISSELLES REDUISENT LA CONSOMMATION GENERALE (NOUVEAUX ARBRES À JET D'EAU)
- INSTALLER DES NOUVEAUX CONTROLES DE TEMPERATURE SUR LES LAVES-VAISSELLES
- INSTALLER DES NOUVEAUX LAVES-VAISSELLES QUI CONSERVENT DE L'ENERGIE

3) <u>LES STRATEGIES QUI REDUISENT LA DEMANDE DE CHARGE ELECTRIQUE</u>

- REDUIRE LES COUTS DE L'ELECTRICITE PAR MOYEN DE LA REDUCTION DES HEURES DE POINTE
- DEPLACER LES CHARGES ELECTRIQUES, COMME LE BLANCHISSAGE À DES PERIODES HORS-POINTE
- INSTALLER DES CONTROLEURS AUTOMATIQUES DE DEMAND D'ELECTRICITE POUR LES APPAREILS CAC DANS LES ETENDUES PUBLIQUES
- ETABLIR UN HORAIRE DE RECHAUFFAGE D'AVANCE POUR LES APPAREILS DE LA CUISINE

4) <u>LES STRATEGIES QUI SONT LIEES A UNE CATEGORIE D'UTILISATION D'ENERGIE</u>

- REMPLACER LES APPAREILS INCANDESCENTS DANS LES COULOIRS, LES ESCALIERS PAR DES ADAPTATEURS DES LAMPES FLUORESCENTES OU DES NOUVEAUX APPAREILS FLUORESCENTS

- REDUIRE LES VITESSES DES VENTILATEURS SI LES MESURES DE LA CONSERVATION D'ENERGIE PRECEDENTES ONT REDUIT LES EXIGENCES DE CLIMATISATION
- INSTALLER DES HOTTES DE CUISINES QUI CONSERVENT L'ENERGIE PAR "DILUTION" OU PAR L'AIR RECYCLE À 100 POUR CENT
- REMPLACER LES MOTEURS ELECTRIQUES EXISTANTS PAR DES NOUVEAUX MOUTEURS À HAUTE EFFICACITE

OCCASIONS POUR L'EPARGNE ENERGETIQUE POUR SERVICES D'ALIMENTS ET DE BOISSONS : LE RESTAURANT " JOLLY TIGER"

(Jour 3, D-2)

par

Ron Stewart
Associate Director and Research Professor
Atmospheric Sciences Research Center
State University of New York at Albany
1400 Washington Avenue
Albany, New York 12222

SEMINAIRE SUR LA CONSERVATION ET LA GESTION D'ENERGIE DANS LES HOTELS

Tunis, Tunisie

14-16 janvier 1982

Soumis Par

Human Resources Management, Inc.
1101 30th St., N.W. , Suite 301
Washington, D.C. 20007

Introduction

Le Projet du Restaurant Jolly Tiger en Colonie, dans l'état de New York, était destiné à examiner l'application des systèmes de la récupération de l'énergie à l'industrie du restaurant. Le projet était un effort d'équipe entre les agences du gouvernement fédéral des Etats-Unis et des Etats, les législateurs et leur personnel scientifique, un centre de recherche universitaire, et une maison des ingénieurs-conseil, ainsi que le propriétaire d'un restaurant à succursales multiples et leur fournisseur d'appareils et les ingénieurs.

La portée du projet comprenait :

- Dessin des systèmes de conservation d'énergie et leur adaptation à un dessin d'un restaurant existant
- Dessin et installation d'un système sophistiqué pour l'acquisition de donnés sur le temps d'usage.
- Acquisition et analyse des données quand tous les systèmes de conservation d'énergie sont en marche et des systèmes choisis sont amenés en dérivation
- Comparaison du restaurant existant dont tous les systèmes de conservation d'énergie sont en dérivation, comme contrôle, avec un autre restaurant Jolly Tiger d'un dessin standard dans les alentours.
- Etudes intensives de 24 heures pour déterminer comment les éléments humains influencent la consommation d'énergie dans un restaurant.
- L'analyse énergétique et économique par ordinateur des combinaisons des systèmes de conservation d'énergie pour déterminer quels sont les plus efficaces par rapport aux coûts.
- Une enquête de marché pour projeter l'effet des systèmes de conservation d'énergie sur l'industrie du restaurant.

Le bâtiment sur lequel le projet se concentre est un restaurant Jolly Tiger typique de 4200 pieds carrés qui est situé dans Centrale Avenue à Colonie, New York. Le front du restaurant comporte un café avec des isoloirs et un comptoir et cuisinette. L'arrière du restaurant comporte une salle à manger, des toilettes, une cuisine et d'équipements. Un enclos de 950 pieds carrés a été ajouté derrière l'édifice pour un réservoir d'eau chaude, une

étendue pour l'étalage public et une espace aux instruments. Le restaurant est destiné de desservir aux familles; il est ouvert 24 heures par jour, sept jours par semaine. On y sert une grande diversité des mets américains. Il est bâti sur une dalle en béton avec une construction de béton avec un revêtement de brique et de bois contre-plaqué . Le toit est en terrasse rapportée en mansard autour du périmètre. Malgré que le restaurant ressemble à un restaurant Jolly Tiger typique, il a beacoup de traits de conservation d'énergie, y compris : 2 pouces de l'isolation de mousse rigide sous le périmètre de la tranche du plancher, 1 pouce de mousse rigide ou 3 1/2 pouces d'isolation en laize dans les murs, et 6 pouces d'isolation en laize dans le toit. Les fenêtres extérieures sont à double vitrerie. L'entrée principale a un grand vestibule.

Le système principal du chauffage, ventilation et climatisation consiste en trois thermopompes jumelles et hybrides de zones séparées qui sont appelées unités "AC". La thermopompe jumelle peut fonctionner dans les modes air/air ou eau/air. Les unités servent le café, la salle à manger et la cuisine et une étendue pour le personnel. L'air extérieur est tempéré par l'emploi de l'énergie récupérée de l'eau emmagasinage et la chaleur supplémentaire peut être fournie par moyen d'un chauffe-eau à gaz propane liquifié.

Les traits de conservation d'énergie dans le restaurant peuvent se grouper en trois catégories :

- réduction de la consommation d'énergie
- récupération d'énergie, et
- l'utilisation de l'énergie récupérée

L'énergie récupérée est emmagasinée dans deux réservoirs à eau de 3.000 gallons.

<u>La réduction de la consommation d'énergie comprend :</u>

- o Système de conservation de l'éclairage - l'éclairage des périmètres extérieurs et intérieurs est fermée d'une façon cyclique par les cellules photo-électriques quand il y a de l'éclairage naturel suffisant.
- o Système d'économiser l'air dans les unités AC - L'air extérieur est utilisé au lieu d'un refroidissement mécanique quand l'enthalpie de l'air extérieur peut satisfaire aux besoins de refroidissement de l'espace.

- La capote de l'air de renivellement - l'air pour la capote d'aspiration de la cuisine est fourni principalement par l'air extérieur plutôt que l'air climatisé du restaurant. . L'air d'appoint peut être tempéré un peu par les serpentins à eau chaude pendant un froid sévère.
- Aspiration à vitesses variables pour la cuisine - la capote d'aspiration et les unités de l'air d'appoint ont des réglages de grandes et basses vitesses. Un miniteur choisit d'une façon automatique le fonctionnement à grande vitesse pour les heures d'affluence et le cuisinier dispose d'un commutateur manuel quand il y a une affluence imprévue des clients.
- Volets de freinage dans les ventilateurs des climatiseurs - Ceux-ci sont les pales qui se trouvent entre l'écoulement en aval de l'air extérieur et les ventilateurs d'alimentation. Mis en marche, ces volets réduisent l'écoulement de l'air et donc la consommation d'énergie par les ventilateurs.
- Le régulateur chronométrique sur le ventilateur d'aspiration du lave-vaisselles - ce régulateur ferme la machine automatiquement quelques minutes après que son fonctionnement n'est plus nécessaire.

<u>La récupération d'énergie comprend</u> :

- Le système de récupération dans le lave-vaisselles - Deux échangeurs de chaleur à écoulement axial sont utilisés pour extraire la chaleur de l'effluent de la machine pour réchauffer d'avance l'eau domestique qui entre.
- Système de récupération du râtelier frigorifique - Les condenseurs du râtelier frigorifique sur le toit sont refroidis par l'eau qui vient d'un réservoir principal à 3,000 gallons.
- Système de récupération de l'air d'aspiration - Deux thermopompes à air/eau sont employées pour chauffer le réservoir à °C quand l'air qui s'échappe de la capote du restaurant dépasse °C.
- Récupération en provenance des unités de climatisation à mode de refroidissement air/eau - Quand le refroidissement mécanique est fourni au restaurant, la chaleur rejettée par les unités de climatisation peut être emmagasiné dans un réservoir de l'eau principal jusqu'à ce que la température du réservoir dépasse °C. Alors les climatiseurs changent au mode de refroidissement air/air.

L'utilisation de l'énergie récupérée comprend :

- Réchauffage d'avance de l'eau chaude qui est tirée directement des réservoirs.
- Réchauffage d'avance de l'eau pour le lave-vaisselles - Cette eau est prise directement des réservoirs.
- Réchauffage d'avance de l'air extérieur aux unités de climatisation dans le mode chaleur - Ceci est accompli par une boucle glycol/eau avec un serpentin d'échange de chaleur dans le réservoir secondaire attaché aux serpentins de rechauffage dans les conduites de l'air extérieur des unités de climatisation et de l'air d'appoint.
- Alimentation de chaleur aux unités AC dans le mode chauffage eau/air - La chaleur est alimentée au côté de l'évaporateur des compresseurs des unités AC par l'eau du réservoir secondaire quand le chauffage par la pompe à chaleur est nécessaire.

Ce projet avait pour objectif de mettre à l'épreuve une série d'éléments de conservation de l'énergie qui peut être appliquée aux restaurants. C'est très invraisemblable que tous les éléments mis à l'épreuve seront utilisés dans un seul restaurant. En outre, quelques uns des systèmes mis à l'épreuve seront considérés seulement pour les applications entièrement électriques. Pour cette raison, la rédondance a été incorporé dans le système pour qu'ils puissent être mis à l'épreuve individuellement ou en combinaisons diverses. La nécessité de faire ces épreuves prévient le fonctionnnement continu de suelement ces systèmes qui sont d'une efficacité maximum pour une saison quelconque. En conséquence, le coût annuel pour le fonctionnement du restaurant pendant la période de l'épreuve ne démontre pas le potentiel des systèmes installés.

Les charges de chaleur et de l'eau chaude sont importantes dans une étude de cette sorte, particulièrement puisque la charge de chaleur était sujet aux grandes variations saisonnières. Un appareil de récupération qui est dimensionné pour fournir une proportion importante de la charge de chauffage en hiver peut rester inutilisé en été à moins que le restaurant soit construit avec une autre installation qui exige de l'eau chaude en été.

Acquisition et analyse des données

Après avoir soigneusement considéré les exigences de l'acquisition et de l'analyse des données, on a décidé d'utiliser un système d'acquisitions

sur le temps d'usage. Les traits majeurs de ce système sont les suivants :

- Il examine les variables principaux tous les deux minutes.
- Il contrôle les erreurs et calcule les variables secondaires choisis avec chaque examen.
- Il a une capacité d'interruption pour 12 "évènements".
- Il calcule chaque heure les moyennes pondérées des variables et vérifie les données supplémentaires.
- Il emmagasine à chaque heure les moyennes des variables premières et secondaires sur une bande magnétique cassette et en plus il produit à chaque heure une copie imprimée.
- Les variables premiers enregistrés comprennent la température, le thermoflux, le flux de liquide, les évènements, les interruptions, la consommation d'énergie et le point de condensation.

Les plans du restaurant et l'analyse de l'élément humain

L'analyse de fonctionnement du restaurant comprenait l'examen des équipements, la consommation d'énergie et le fonctionnement sous des conditions diverses. Les données pour ces analyses ont été ramassées par le Système d'acquisition des données. En outre, un équipe d'enquête a fait des études de 24 heures pour déterminer l'influence que le personnel du restaurant exerçaient sur le fonctionnement et l'efficacité des systèmes divers. Les expériences de base ont été faites avec les appareils de conservation d'énergie arrêtés ou amenés en dérivation pour comparaison avec les systèmes de récupération.

La valeur définitive d'une étude de cette sorte réside dans les recommandations avancées au dessinateur et au propriétaire du restaurant. Celles-ci se partagent en deux catégories :

Le fonctionnement du restaurant

Le dessin du restaurant

Les suggestions pour le fonctionnement du restaurant sont très directes et sont cataloguées ci-dessous. Les systèmes de conservation d'énergie ont été analysés afin de leur incorporation dans les dessins du restaurant. Le système de récupération de l'air d'aspiration et le râtelier frigorifique sont à l'origine de la plupart de l'énergie épargnée. Néanmoins, ce qui va déterminer quels dessins seront les plus acceptés est la rentabilité (l'énergie récupérée par dollar dépensé) plutôt que la récupération maximum d'énergie.

Pour le fonctionnement des restaurants, on peut faire les recommandations suivantes :

1. Puisqu'il y a un grand va et vient du personnel dans les restaurants, les systèmes de conservation d'énergie devraient être aussi automatisés que possible pour réduire au minimum l'entraînement continu du personnel. Exemples des appareils qui peuvent être automatisées sont les suivants :
   a. Les systèmes de capote d'aspiration à vitesses variables. Ils peuvent être rattachés à des régulateurs chronomètriques avec un ajusteur manuel.
   b. Les ventilateurs d'usage intermittent, tels que ceux au-dessus des laves-vaisselles. Les miniteurs peuvent être utilisés pour les couper deux ou trois minutes après que la machine soit fermée.
   c. Laves-vaisselles. Les machines qui marchent continuellement devraient avoir des miniteurs ou régulateurs chronomètriques qui les ferment automatiquement un ou deux minutes après que le dernier lot de vaisselles à passé.
   d. Les cellules photo-électriques et/ou les régulateurs chronomètriques peuvent contrôler l'éclairage extérieur et l'éclairage du périmètre intérieur.
2. Les autres appareils doivent être contrôlés par le personnel. Les recommandations suivantes pourront réduire d'une façon importante la consommation d'énergie dans le restaurant :
   a. Réduire au minimum le nombre de fois on ouvre les portes des chambres frigorifiques.
   b. Décongéler les aliments frigorifiés dans les unités de réfrigération quand possible.
   c. S'assurer que les portes aux réfrigératuers, appareils rafraîchisseurs, les machines à glace et les coffrets d'étalage réfrigérés se ferment hermétiquement et qu'elles restent fermées.
   d. S'il y a plus d'une machine à glace, on pourrait en débrancher une en hiver.
   e. Encourager l'emploi des fours à micro-onde pour chauffer les aliments. Ils chauffent plus rapidement et ils sont plus

économes ques les fours ordinaires.

f. Garder les portes des fours fermées autant que possible.

g. Couvrir les pots peut réduire la consommation d'énergie jusqu'à 50 %.

h. Réparer toutes les fuites d'eau aussi vite que possible.

i. Les réchauffeurs de nourriture aux lampes. Ces lampes utilisent beaucoup d'énergie et leur emploi devrait se réduire au minimum.

j. Les portes aux vestibules doivent être fermées quand le chauffage ou climatisation est en marche.

k. Le nombre d'appareils du restaurant qui sont utilisés devrait varier selon le nombre de clients. Il ne faut pas laisser tout marcher toute la journée.

l. Si la facture d'électricité comprend les frais de demande de pointe, ne mettre pas en marche tous les appareils du restaurant à la fois. La consommation d'électricité pour ces articles est plus intense pendant qu'ils se rechauffent.

m. Ne laisser pas en marche les rechauffeurs du café vides et les brûleurs.

n. Souvent on garde les restes sur les rechauffeurs toute la nuit et puis on les jette le lendemain. Cette pratique manifestement gaspille l'énergie.

o. Les rideaux en plastique portuaires peuvent réduire les pertes d'énergie dans les chambres frigorifiques qui sont souvent ouverts.

p. Quand le restaurant est fermé, la température devrait être réduite dans la saison du chauffage et haussée dans la saison de climatisation. La plupart des appareils du restaurant (sauf ceux de réfrigération) et les systèmes d'aspiration et ventilation devraient être fermés.

Les changements dans le fonctionnement et du maintien peuvent réduire la consommation d'énergie par 10 à 30 %.

Quant au dessin du restaurant, on peut faire les recommandations suivantes :

1. Le système du restaurant qui est le plus économe et qui dépense la quantité minimum du capital contient :

- unités de toit pré-emballées et de spécifications standards
- système de récupération à râtelier frigorifique
- système de récupération dans le lave-vaisselles
- gaz propane liquifié pour le chauffage supplémentaire*

Aux prix du marché projetés, la période de remboursement est cinq ans avec le gaz propane et quatre ans avec l'électricité.

2. Le système de restaurant qui conserve le plus d'énergie et dépense le moins de capital consiste en :
   - unités de toit pré-emballées et de spécifications standards
   - capacité d'emmagasiner 3,000 gallons d'eau
   - cycle économisateur
   - réchauffement d'avance de l'air d'appoint
   - système de récupération de l'air d'aspiration
   - système de râtelier frigorifique de récupération
   - système de récupération de lave-vaisselles

Néanmoins, la période de remboursement est moins que neuf ans aux prix projetés du marché pour une installation qui n'utilise que de l'électricité.

3. Le système de restaurant qui conserve le plus d'énergie, si les dépenses accrues du capital sont dans les limites budgétaires du restaurant, comprend :
   - système de pompe à chaleur hybride
   - capacité d'emmagasiner 3.000 gallons
   - systèmes subordonnés supplémentaires mentionnés à 2 ci-dessus, qui ont une période de remboursement de quatre ans aux prix projetés du marché de gaz propane liquifié.
4. Les systèmes de conservation d'énergie du dessin décrit ci-dessus ou similaire sont disponibles pour l'industrie du restaurant.
5. L'utilisation des systèmes multiples de récupération d'énergie seront plus économes si le restaurant est situé près d'une autre opération qui peut utiliser d'une façon efficace la chaleur supplémentaire produite en été (telle qu'une laverie de voitures ou une laverie automatique).

On doit constater que l'industrie du restaurant est un mélange des petites et grandes entreprises, qui ont une grand influence sur la structure économique et sociale de notre pays. Ce projet démontre d'une façon nette aux petits et grands entrepreneurs, que la mise en oeuvre de

la conservation d'énergie sera avantageux pour les conditions financières actuelles et futures. Manifestement, le degré de conservation et de récupération est contrôlé par les limites budgétaires. Ce rapport a essayé de détailler les systèmes et appareils nouveaux et adaptés qui, étant donné les limitations précises dans les dépenses du capital, rendraient au maximum l'acceptation de ces systèmes dans le marché par les propriétaires des restaurants, les architects, les ingénieurs, et les pourvoyeurs (le degré de limitation du capital a été indiqué d'une façon précise dans la partie économique de ce rapport).

On doit noter que ces recommandations ont été prises avec la coopération des fabricants des appareils de chauffage, d'aérage, de climatisation et de récupération dans l'industrie de construction. Les données sur les coûts et la simulation par ordinateur du système du Jolly Tiger ont été fournies par des sociétés qui n'étaient pas subventionnées par le projet Jolly Tiger.

L'analyse du marché

La conservation d'énergie ppur l'industrie du restaurant est actuellement disponible. L'industrie du restaurant peut faire des profits plus grands et réduire la consommation d'énergie annuelle en utilisant "l'influence du marché" qui peut exiger l'utilisation des voies alternatives d'énergie et d'économie expliqués dans ce rapport. Avec des précautions et une gestion professionnelle, ceux qui travaillent dans l'industrie du restaurant peuvent faire de tels profits avec un minimum de risques. On a fait une analyse du marché pour évaluer la réaction des propriétaires et le ingénieurs des restaurants à l'appareil de récupération.

En général, la réaction du marché était favorable envers quelques éléments précis du système mécanique du projet Jolly Tiger. Presque toute réaction négative se montrait envers l'action réciproque complexe entre les systèmes subordonnés. Il y avait beacoup d'observations sur les dimensions des réservoirs; les architectes, les ingénieurs et les propriétaires mettaient en question les dimensions convenables si seulement une partie du système mécanique avait été installée. On a questionné les composants du système par rapport à la fiabilité et la praticabilité de l'entretien. On a fait mention fréquent des autres sources d'appareils et/ou produits similaires. Le marché actuel des restaurants s'intéresse aux récupérateurs des laves-vaisselles et les échangeurs des capotes d'aspiration. Néanmoins, tout le monde

doit être persuadé de sa fiabilité et doit avoir une connaissance intime des fabricants de tels appareils.

Conclusions

L'analyse des données ramassées des systèmes de récupération au restaurant Jolly Tiger à Colonie, New York, nous a amené à faire les conclusions suivantes :

1. Les systèmes de récupération peuvent fournir des quantités importantes d'énergie aux restaurants. D'une façon générale, on considère qu'une épargne totale de 15-20 % est possible avec la technologie actuelle.
2. Les programmes d'entretien préventif et les procédés de fonctionnement contrôlés seigneusement sont nécessaires pour conserver et récupérer la quantité maximum d'énergie.
3. Les réservoirs à grande capacité sont nécessaires pour profiter le mieux possible des systèmes de récupération d'énergie, en excéption des échangeurs à flux transverse pour le réchauffement d'avance de l'eau chaude.
4. On doit placer les restaurants avec de grands systèmes de conservation d'énergie à côté des autres installations qui peuvent utiliser la chaleur supplémentaire qui est récupérée pendant l'été.
5. Les systèmes de récupération devraient trouver un acceuil plus général aux prix plus hauts de gaz naturel, pourvu que la fabrication en grande série aboutissent à :
   - une réduction de la complexité du système
   - un coût réduit (relatif à et dépendant sur les prix du gaz naturel)
   - une régularité améliorée de marche
6. Les systèmes subordonnés qui trouvent un acceuil favorable au marché à court terme semblent avoir quatre critères de base :
   - les traits de fonctionnement simples
   - un record connu de régularité de marche quant au fonctionnement et de fiabilité quant au fabricant
   - efficacité par rapport au coût à courte échéance
   - les systèmes connus de marketing, avec des records d'une efficacité et assistance éprouvées

On a fait une analyse profonde du fonctionnement et de l'économie sur une série de systèmes de conservation d'énergie pour les restaurants. On a déterminé quels systèmes sont les plus pratiques dans les restaurants. L'industrie du restaurant veut bien et peut incorporer les systèmes de conservation d'énergie dans les restaurants nouveaux et dans les programmes d'adaptation des restaurants existants. L'influence du marché a encouragé les fournisseurs de l'industrie du restaurant de fabriquer ces appareils. Les programmes de recherche, tels que ceux qui sont subventionnés par le gouvernement, fournissent à l'industrie l'information technique et économique qui la permet de prendre des décisions plus rapides sur la conservation d'énergie.

SCHEMA DES ECHANGES THERMIQUES

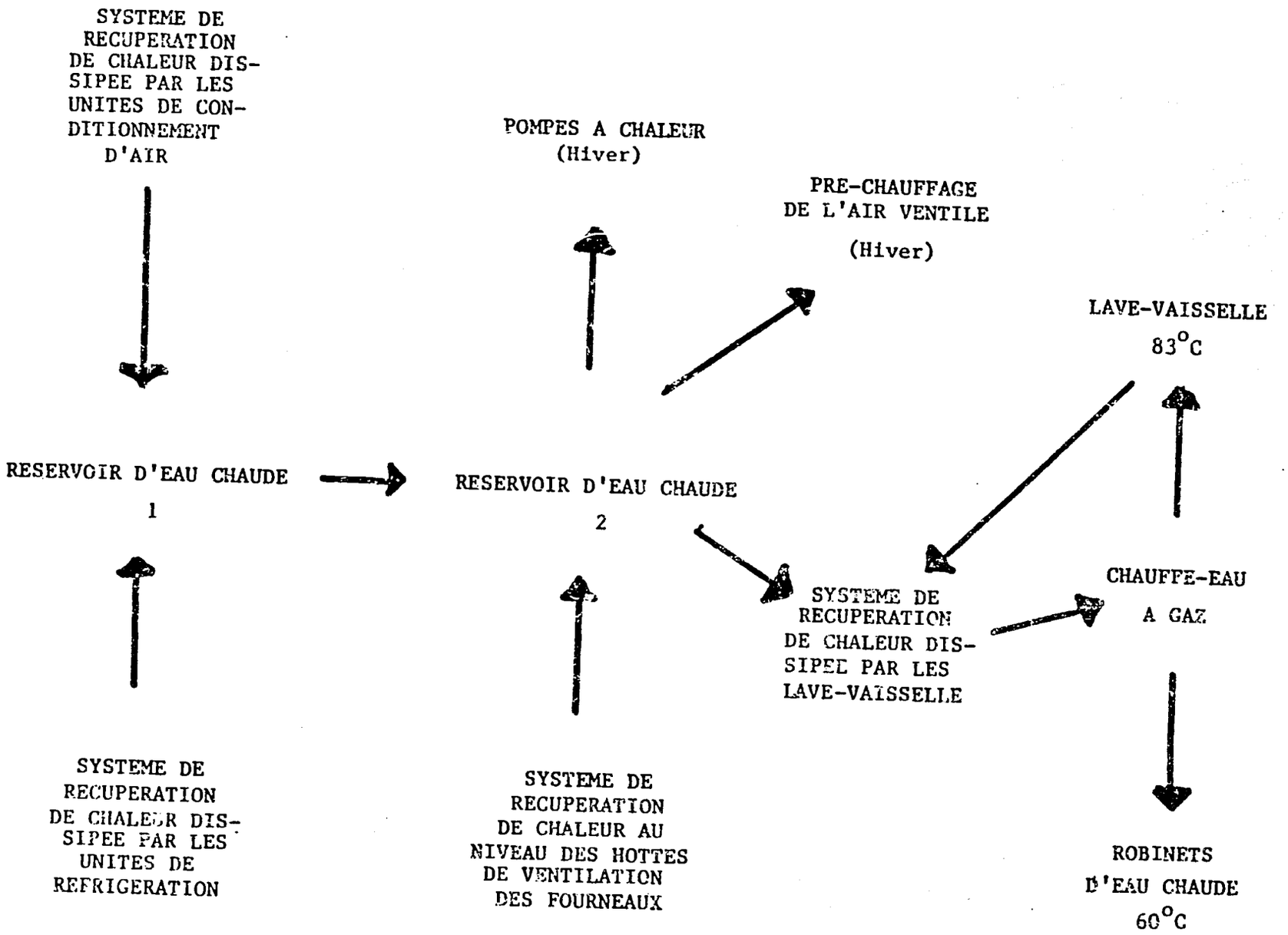


TABLE I

Consommation annuelle d'électrécite par catégorie

		kWh	BTU/FT^2/YR	%
Unités réfrigérantes		45,971	28,789	11.3%
Système de récuperation de l'air extrait (Pompes a chaleur)	PAC-1	26,243	16,434	6.4%
	PAC-2	23,219	14,541	5.7%
TOTAL SRAE		49,462	30,975	12.1%
Unités de contionnement d'air	AC-1	44,992	28,176	11.0%
	AC-2	20,998	13,150	5.2%
	AC-3	28,430	17,804	7.0%
TOTAL		94,420	59,130	23.2%
Eclairage et équipement de cuisine		203,050	127,158	49.8%
Locaux D'ASRC		14,550	9,112	3.6%
TOTAUX		407,453	255,476	100%

Note$_1$: Le Facteur de conversion est: 3,413 BTU/kWh

Note$_2$: Pour produire 1 kWh d'électrécité, environs 3 kWh d'énergie primaire (pétrole, charbon, etc.) sont nécessaire.

TABLE II

Gaz propane

	Gal	BTU/FT^2/HR	%
Chauffage et eau chaude	13,845	232,444	52.7%
Fourneaux	12,413	208,401	47.3%
	26,258	440,845	100%
	BTUs	BTU/FT^2/YR	
Energie totale consommée (achetée) (Propane & Electrécité)	3,794,949,450	696,321	

TABLE III

Energie récupérée nette

	kWh	BTU/FT^2/YR	%
Unités réfrigérantes	31,034	19,435	35.4%
Système de récupération de l'air extrait	40,192	25,170	45.9%
Echangeurs des lave-vaissele	12,697	7,951	14.5%
Unités de conditionnement d'air	3,653	2,288	4.2%
TOTAL	87,576	54,844	100%

TABLE IV

Energie récupérée brute

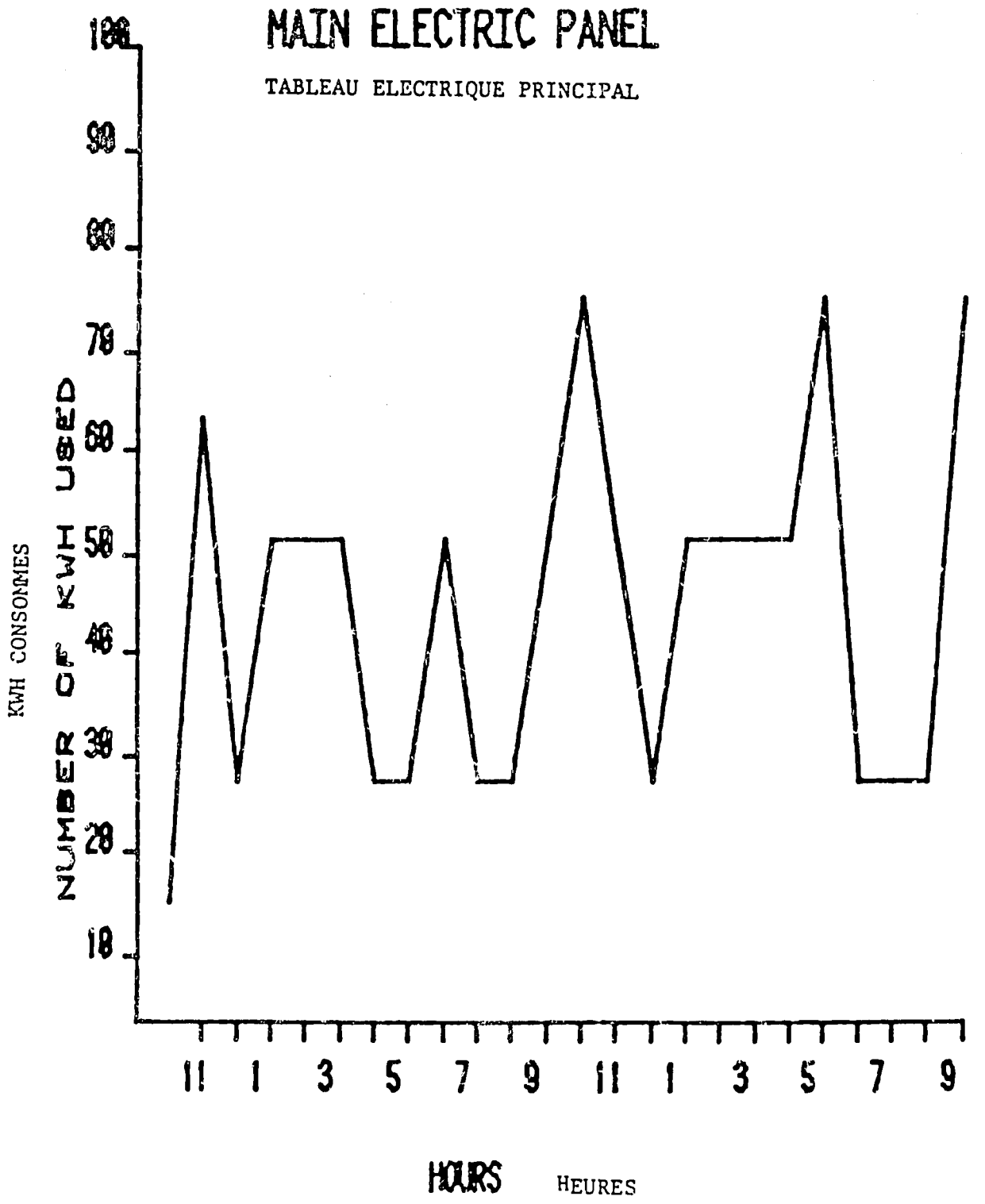
	kWh	BTU/FT^{2}YR	%
Unités réfrigérantes	35,677	22,342	25.2%
Système de récuperation de l'air extrait	89,654	56,145	63.2%
Echangeurs des lave-vaisselle	12,697	7,951	9.0%
Unités de conditionnement d'air	3,653	2,288	2.6%
TOTAL	141,681	88,726	100%

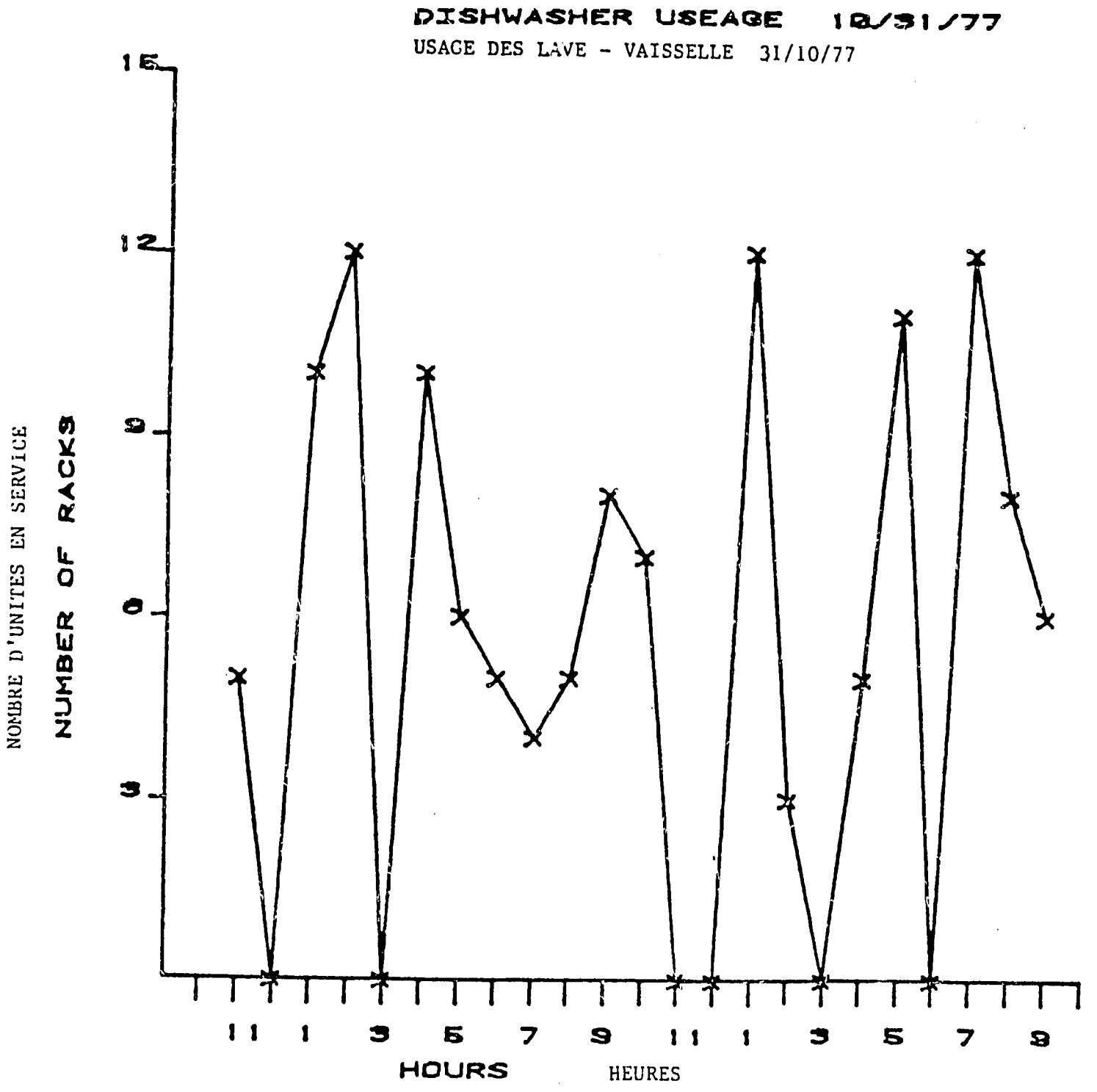
	BTUs	BTU/FT^2/YR
Energie totale utilisée par le restaurant	4,278,506,150	785,047

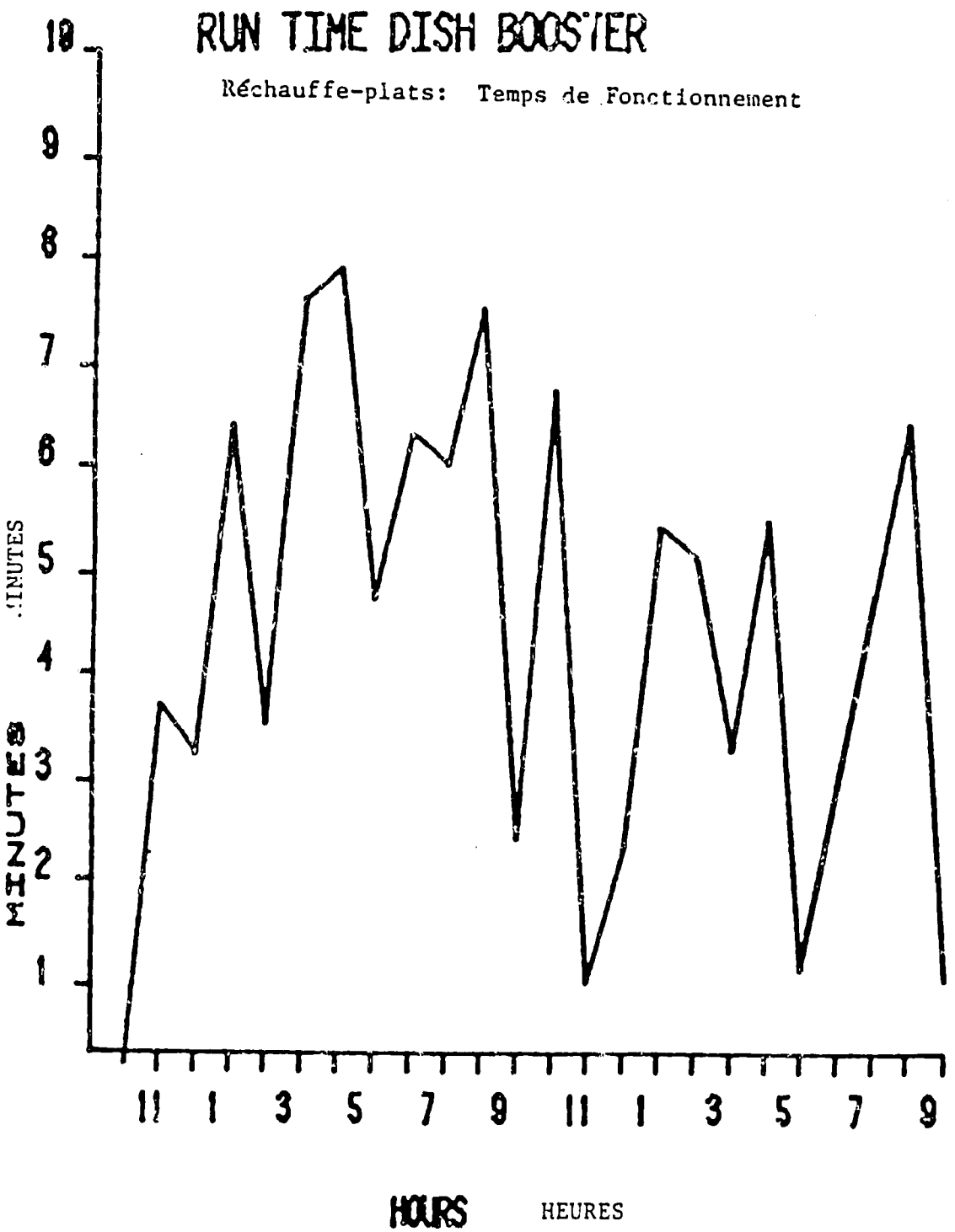
Surface totale du restaurant: 515m^2

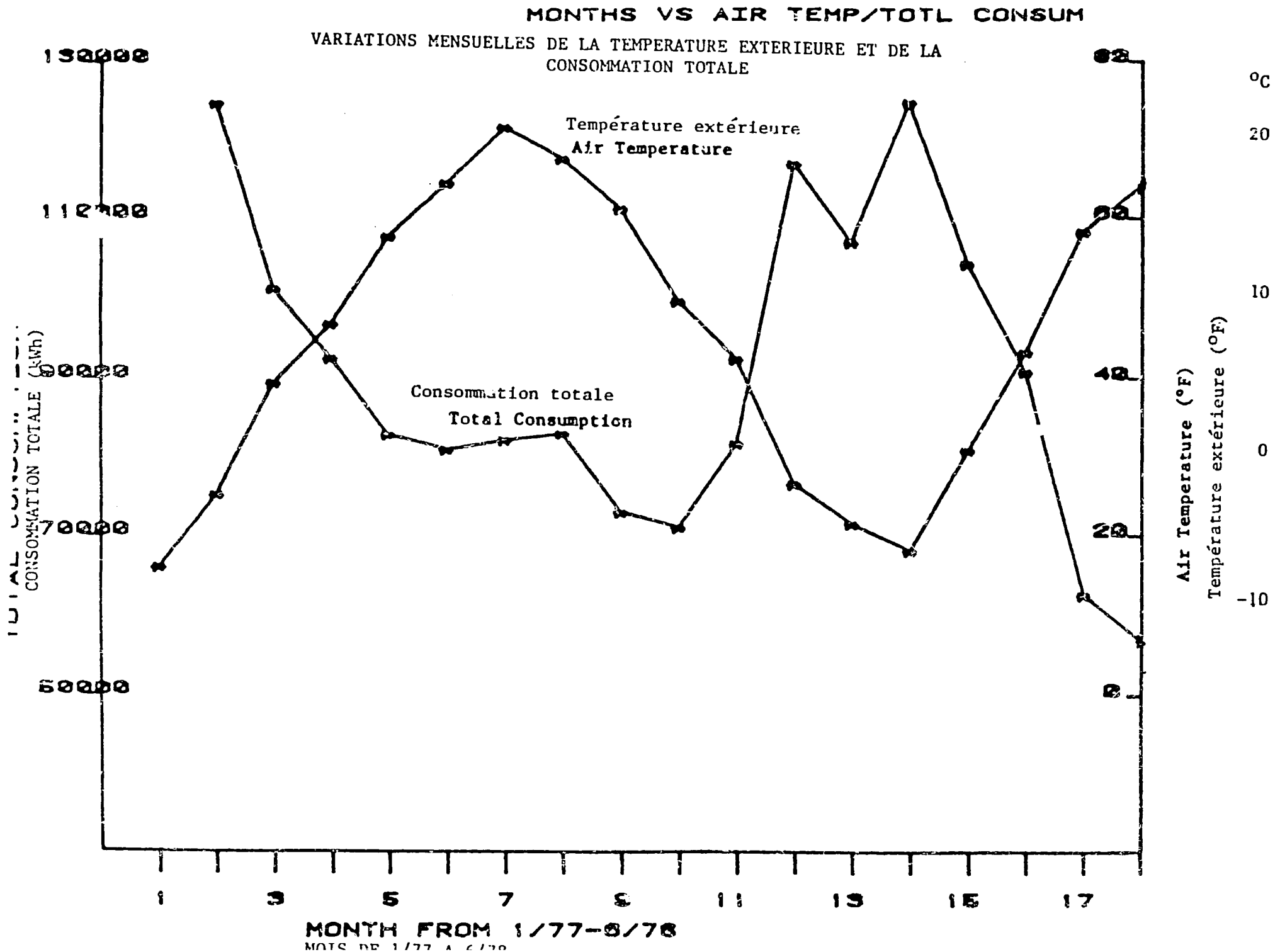
TABLE V

	BTUs	BTU/FT^2/YR	%
Gaz propane pour chauffage et eau chaude	1,266,819,800	232,444	72.4%
Energie récupérée pour chauffage et eau chaude	483,556,700	88,726	27.6%
Energie utilisée pour chauffage et eau chaude	1,750,376,500	321,170	100%

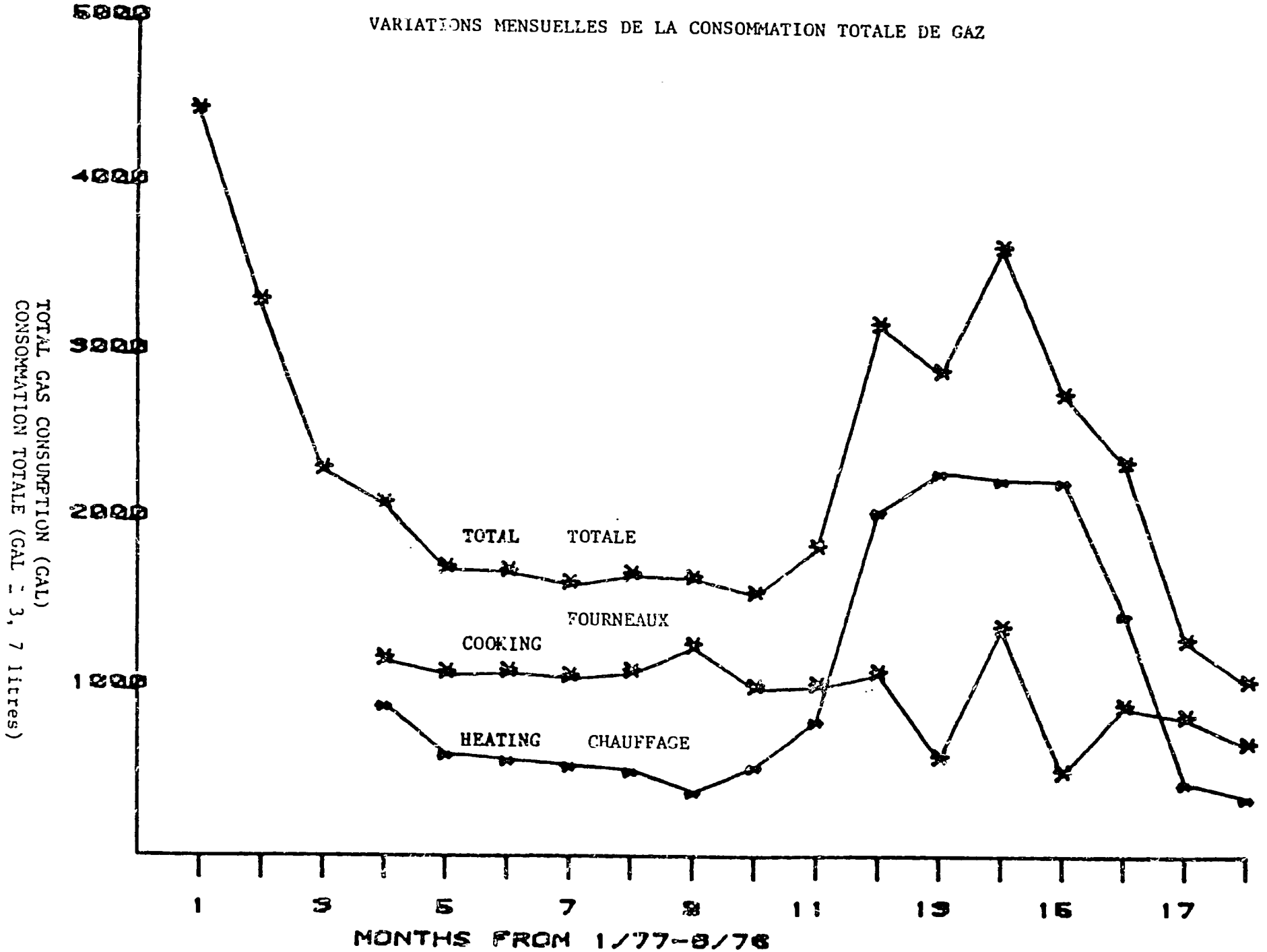

MAIN ELECTRIC PANEL
TABLEAU ELECTRIQUE PRINCIPAL
NUMBER OF KWH USED
KWH CONSOMMES
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
11 1 3 5 7 9 11 1 3 5 7 9
HOURS
HEURES


DISHWASHER USEAGE 10/31/77
USAGE DES LAVE - VAISSELLE 31/10/77
15
12
9
6
3
NUMBER OF RACKS
NOMBRE D'UNITES EN SERVICE
11 1 3 5 7 9 11 1 3 5 7 9
HOURS
HEURES


RUN TIME DISH BOOSTER
Réchauffe-plats: Temps de Fonctionnement
MINUTES
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
11 1 3 5 7 9 11 1 3 5 7 9
HOURS
HEURES


MONTHS VS AIR TEMP/TOTL CONSUM
VARIATIONS MENSUELLES DE LA TEMPERATURE EXTERIEURE ET DE LA CONSOMMATION TOTALE
Température extérieure
Air Temperature
Consommation totale
Total Consumption
CONSOMMATION TOTALE (kWh)
Air Temperature (°F)
Température extérieure (°F)
°C
20
10
0
-10
50000
70000
90000
110000
130000
1
3
5
7
9
11
13
15
17
MONTH FROM 1/77-8/78
MOIS DE 1/77 A 6/78

VARIATIONS MENSUELLES DE LA CONSOMMATION TOTALE DE GAZ



MOIS DE 1/77 A 6/78

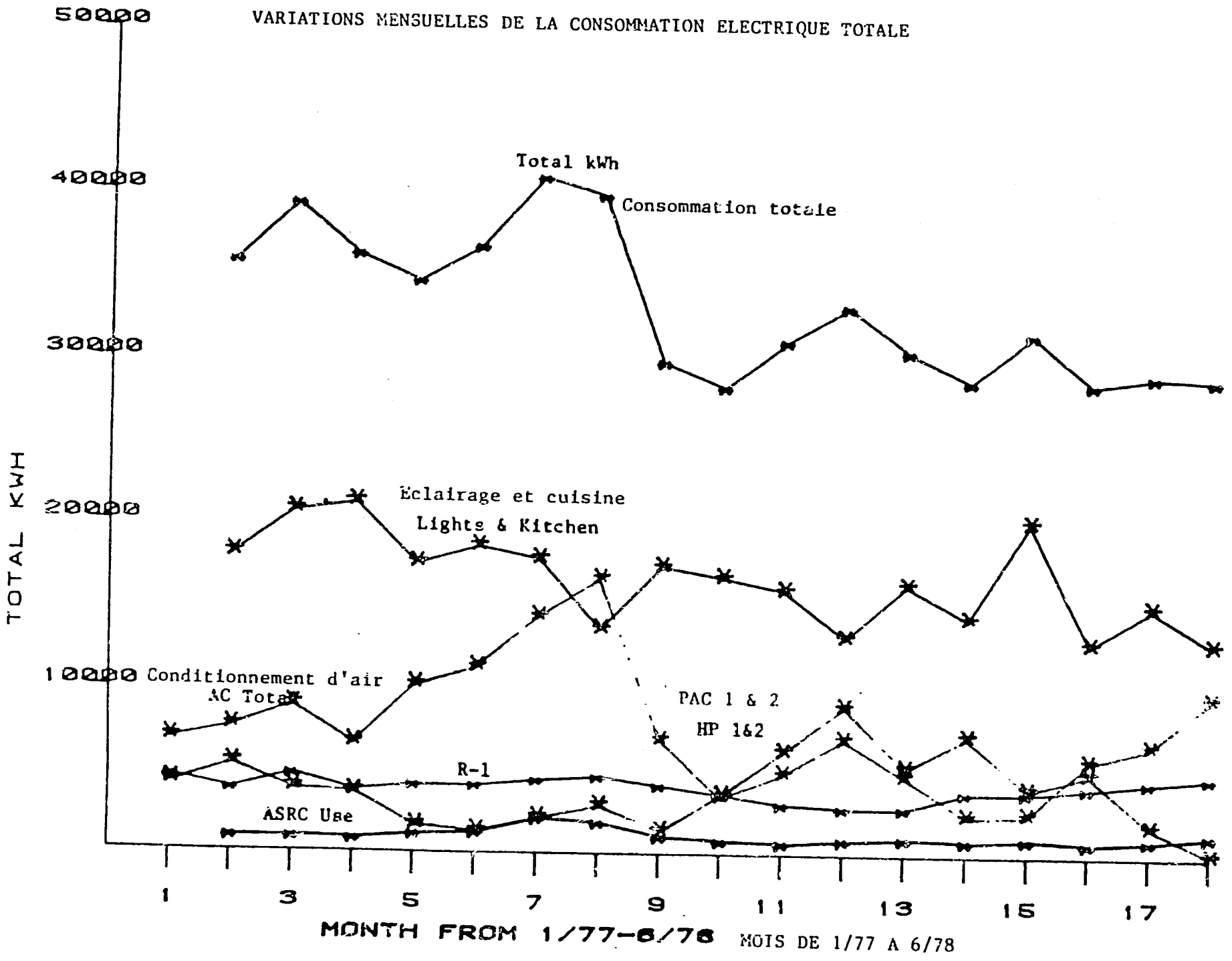

VARIATIONS MENSUELLES DE LA CONSOMMATION ELECTRIQUE TOTALE
50000
40000
30000
20000
10000
TOTAL KWH
Total kWh
Consommation totale
Eclairage et cuisine
Lights & Kitchen
Conditionnement d'air
AC Total
PAC 1 & 2
HP 1&2
R-1
ASRC Use
1
3
5
7
9
11
13
15
17
MONTH FROM 1/77-6/78
MOIS DE 1/77 A 6/78

Figure 3

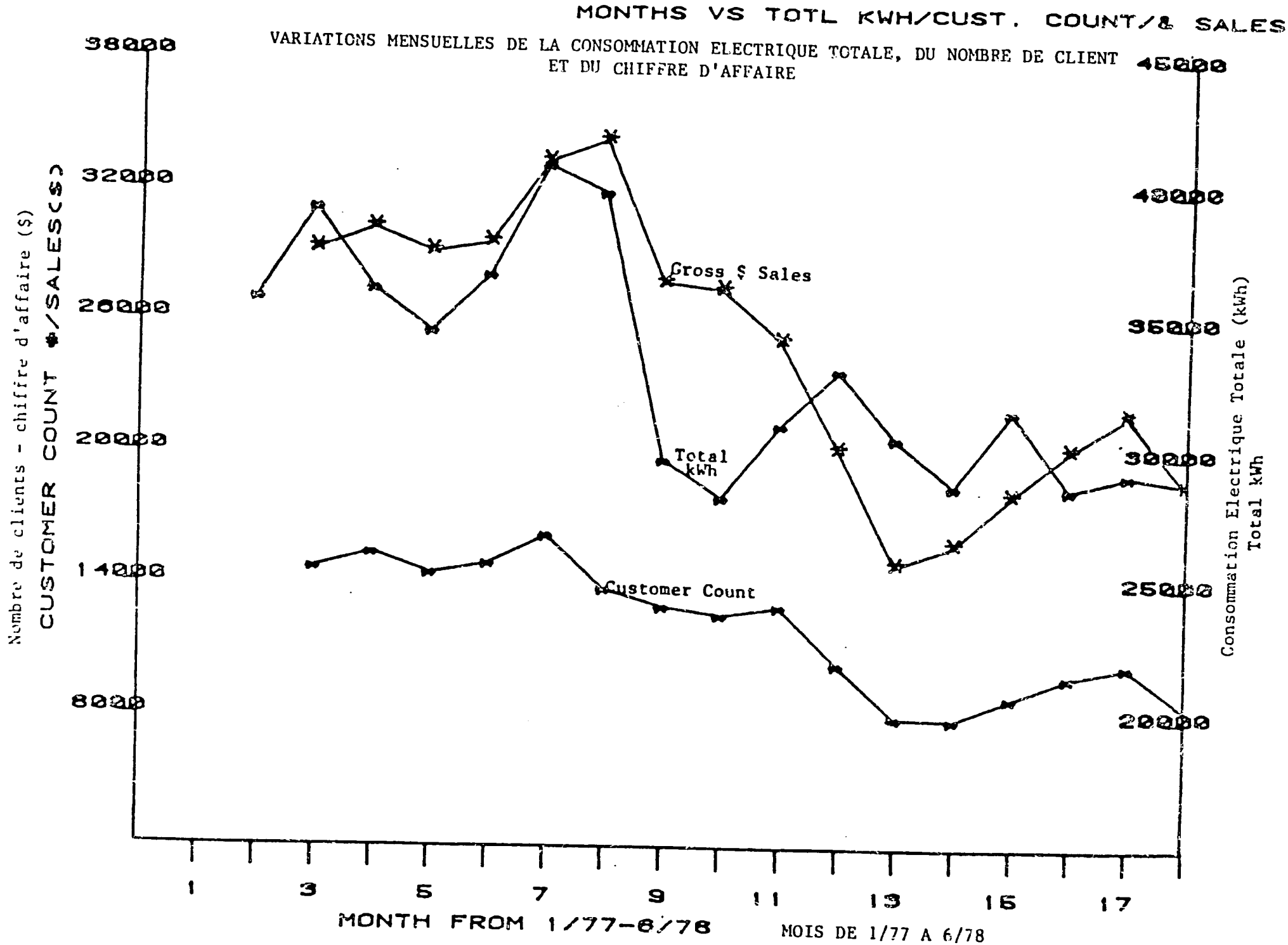
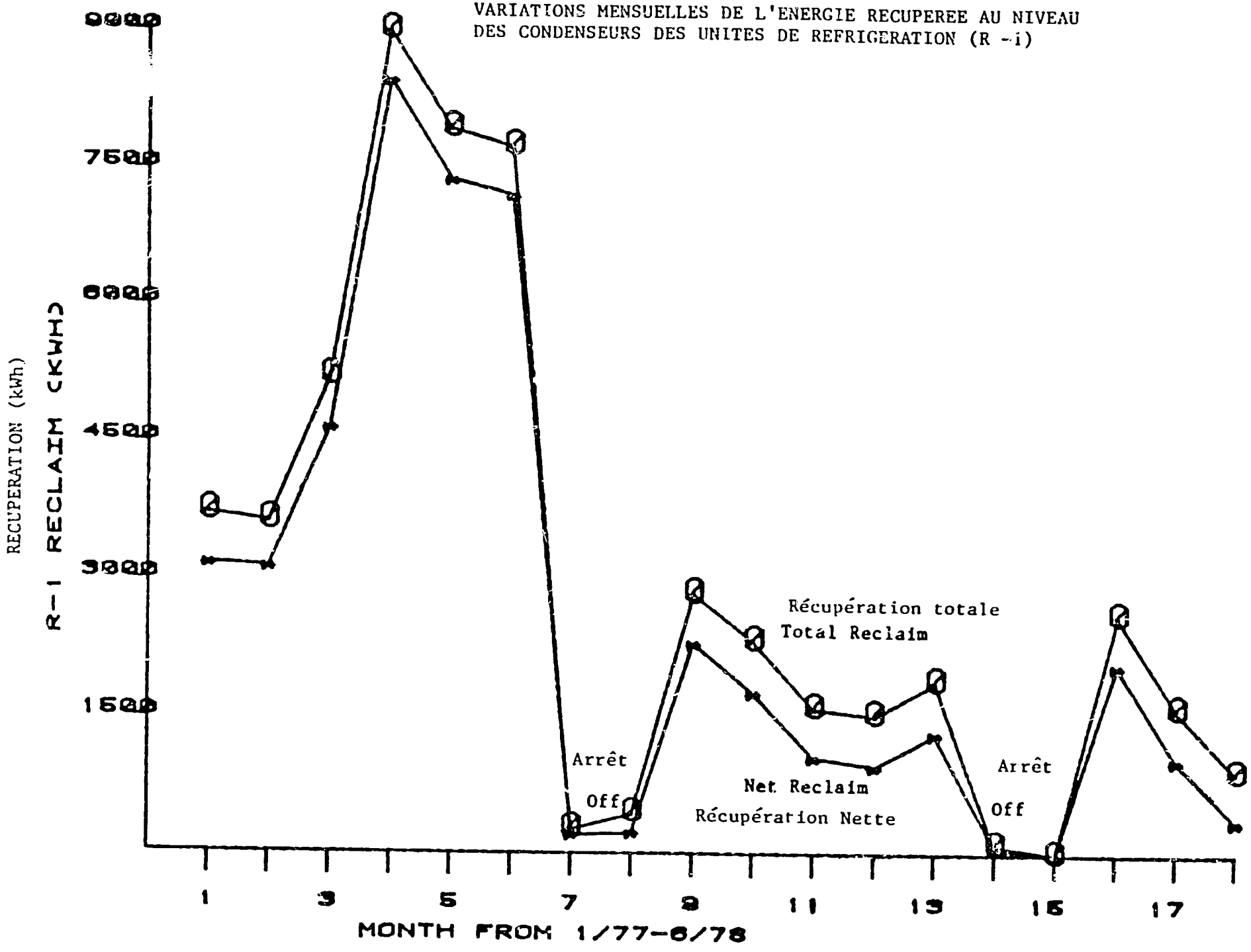

MONTHS VS TOTL KWH/CUST. COUNT/& SALES
VARIATIONS MENSUELLES DE LA CONSOMMATION ELECTRIQUE TOTALE, DU NOMBRE DE CLIENT ET DU CHIFFRE D'AFFAIRE
Nombre de clients - chiffre d'affaire ($)
CUSTOMER COUNT $/SALES($)
38000
32000
26000
20000
14000
8000
Consommation Electrique Totale (kWh)
Total kWh
45000
40000
35000
30000
25000
20000
Gross $ Sales
Total kWh
Customer Count
1
3
5
7
9
11
13
15
17
MONTH FROM 1/77-6/78
MOIS DE 1/77 A 6/78

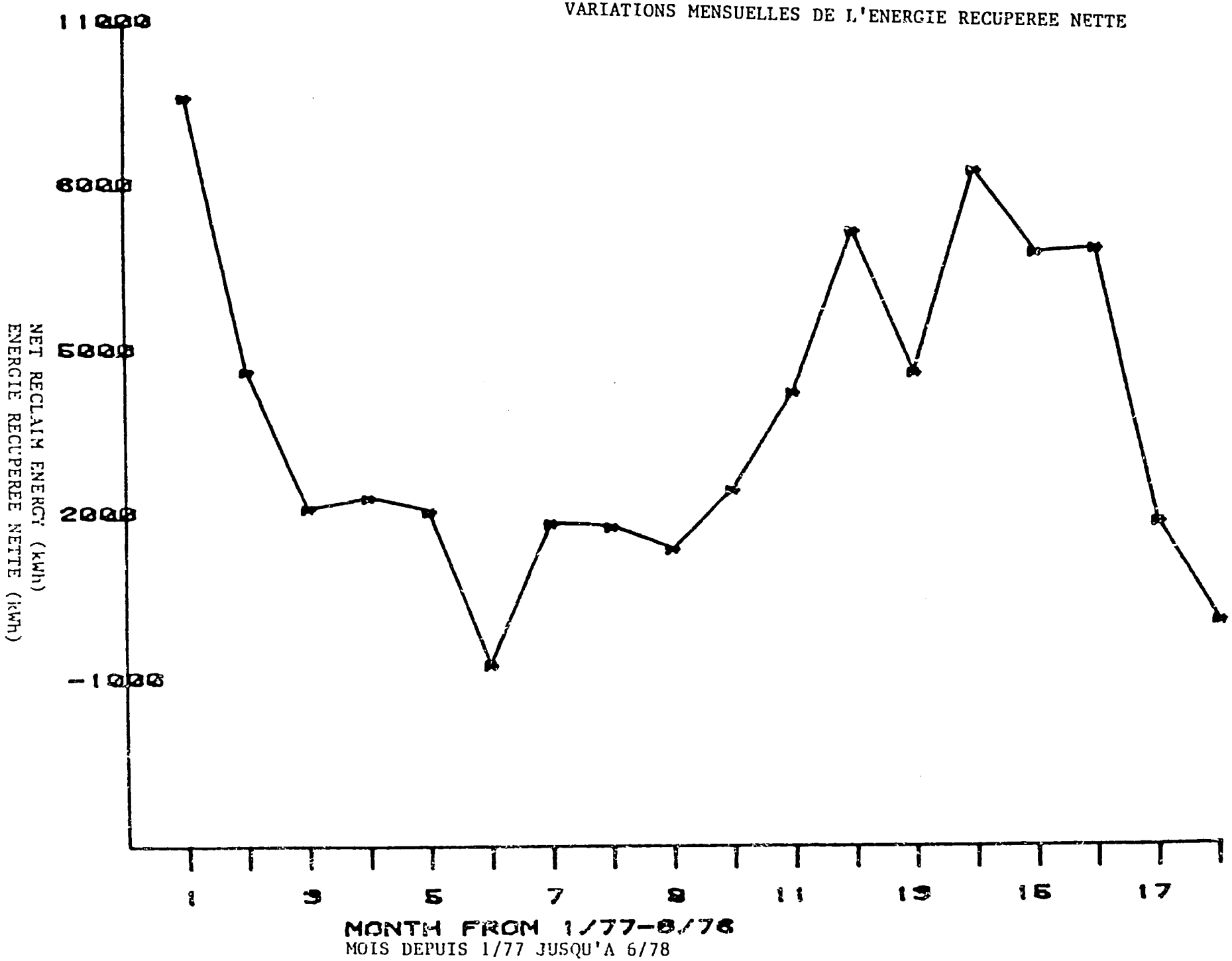
Figure 2

VARIATIONS MENSUELLES DE L'ENERGIE RECUPEREE AU NIVEAU DES CONDENSEURS DES UNITES DE REFRIGERATION (R -1)



MOIS DE 1/77 A 6/78

VARIATIONS MENSUELLES DE L'ENERGIE RECUPEREE NETTE



APPLICATIONS SOLAIRES : LE PROJET "ALUMNI HOUSE"

(Jour 3, B)

par

Ron Stewart
Associate Director and Research Professor
Atmospheric Sciences Resarch Center
State University of New York at Albany
1400 Washington Avenue
Albany, New York 12222
Etats-Unis

SEMINAIRE SUR LA CONSERVATION ET LA GESTION D'ENERGIE

DANS LES HOTELS

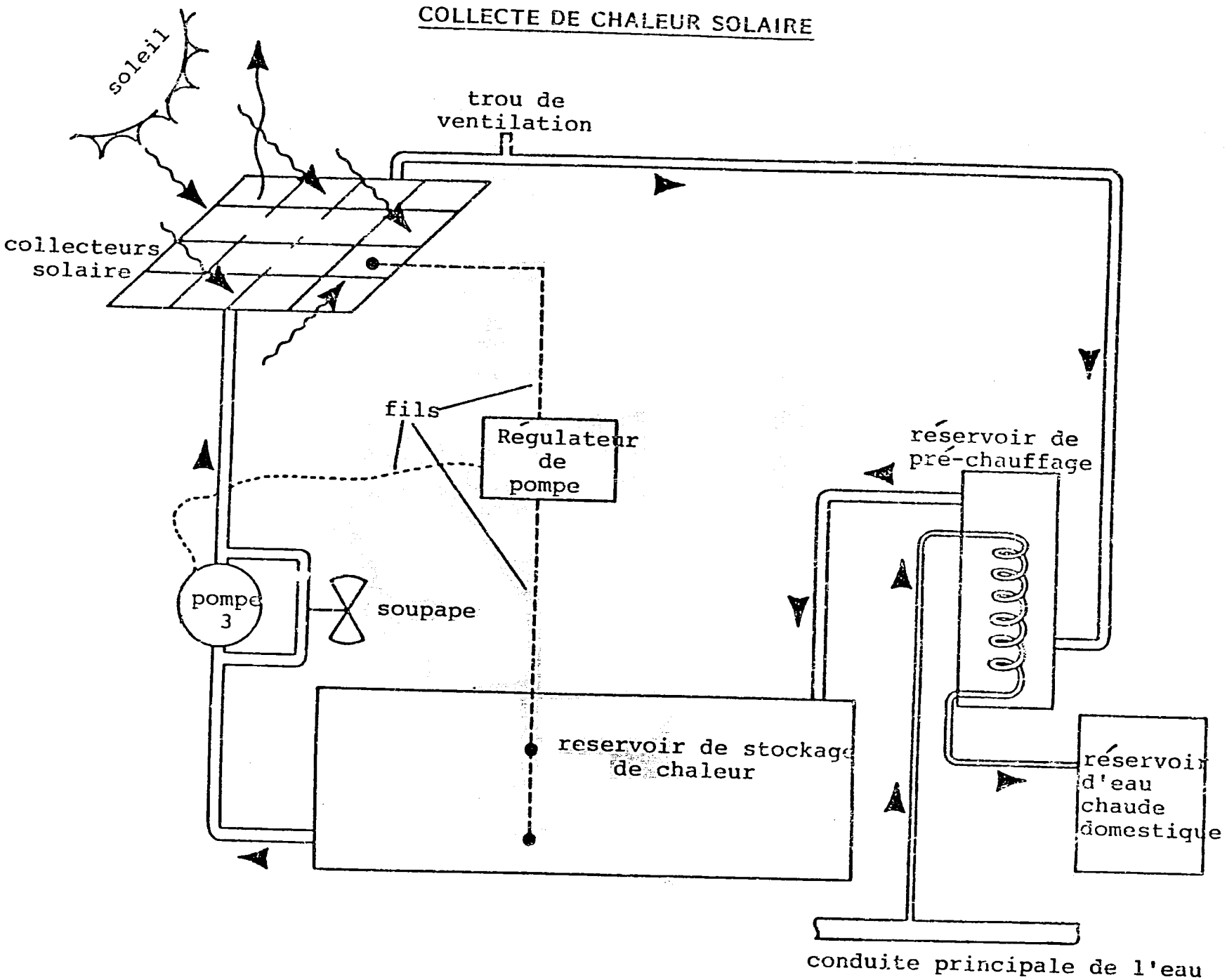
Tunis, Tunisie

14-16 janvier 1982

Soumis Par

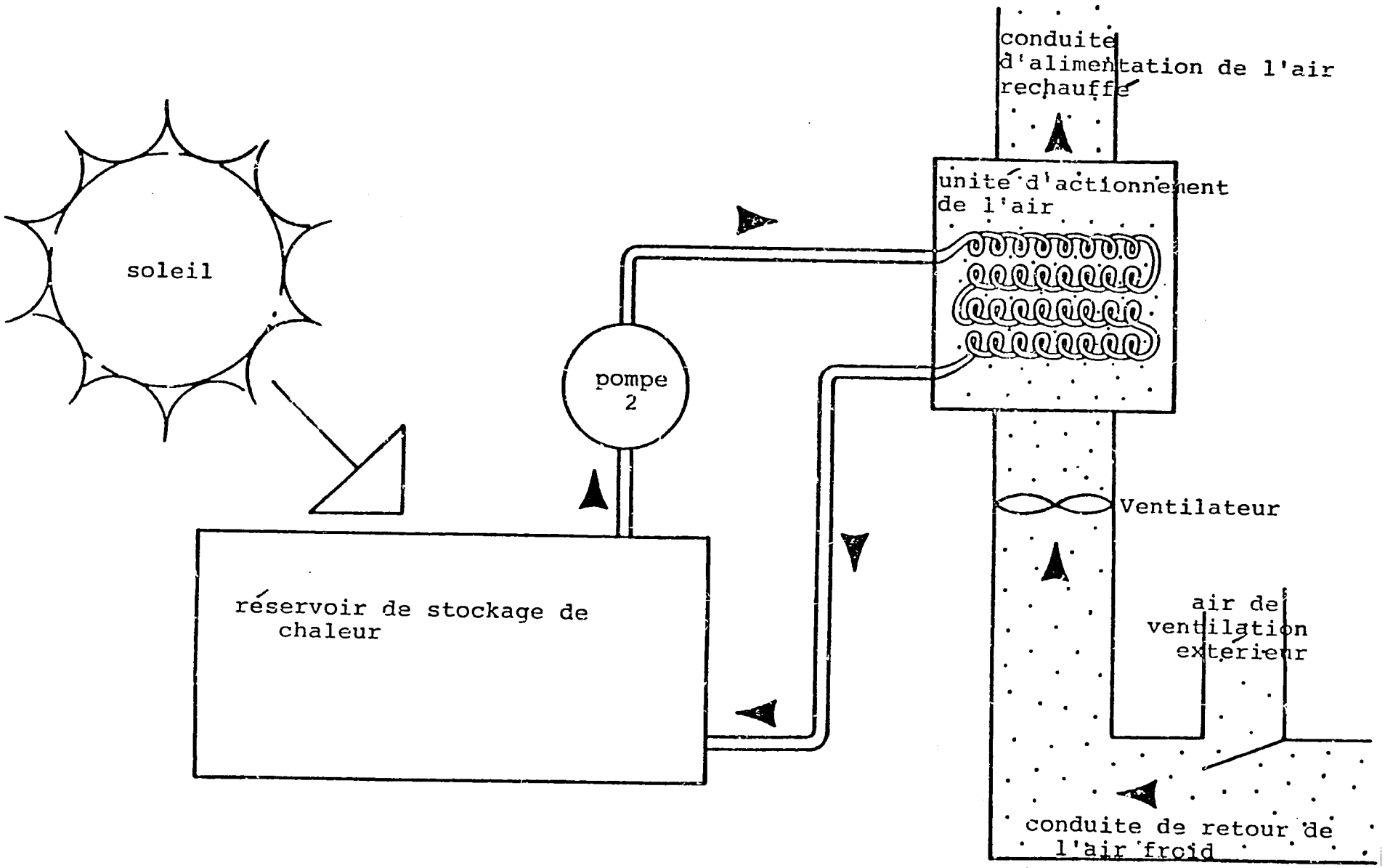
Human Resources Management, Inc.
1101 30th St., N.W., Suite 301
Washington, DC 20007

COLLECTE DE CHALEUR SOLAIRE



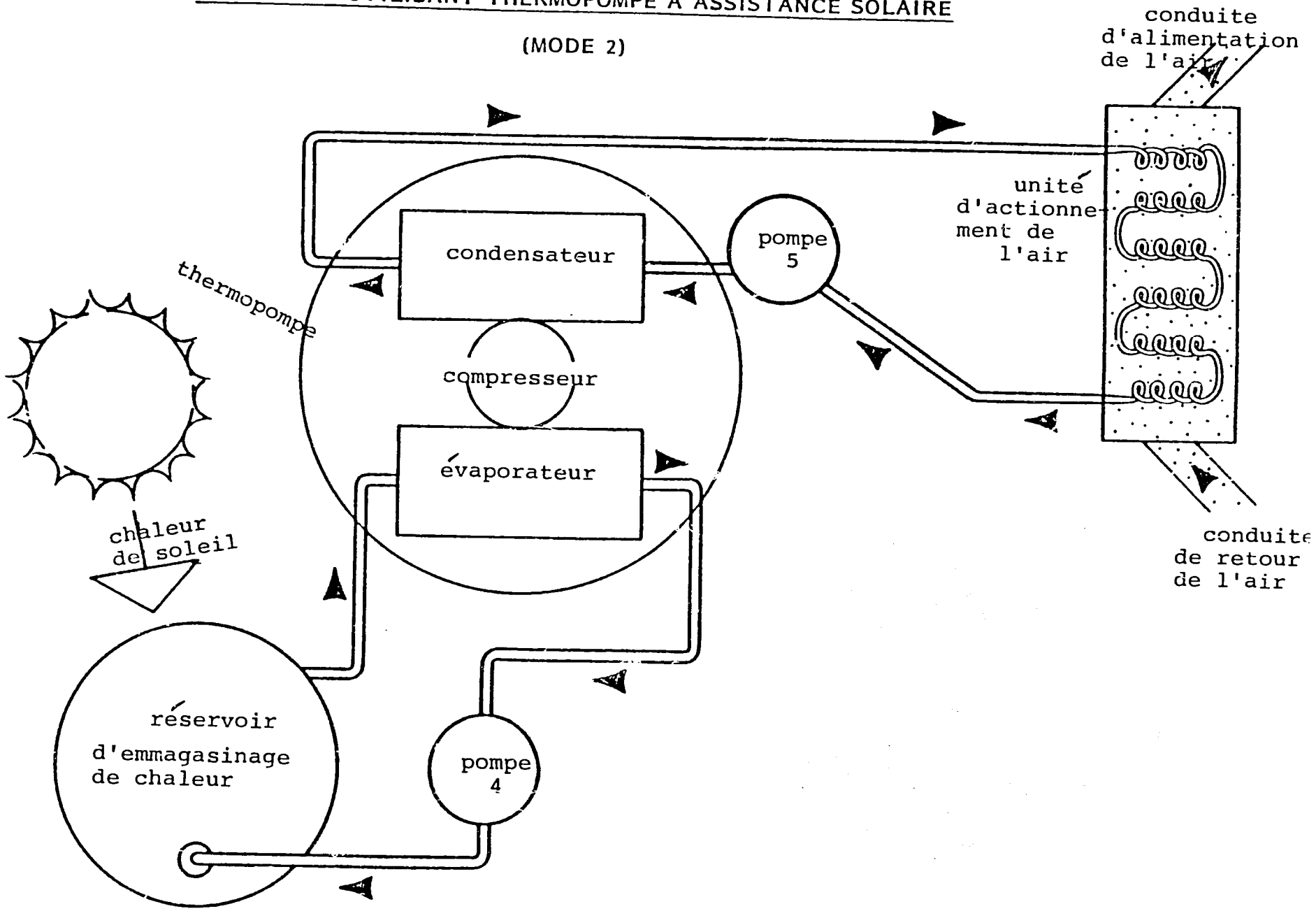
CHAUFFAGE UTILISANT ENERGIE SOLAIRE EMMAGASINEE

(MODE 1)

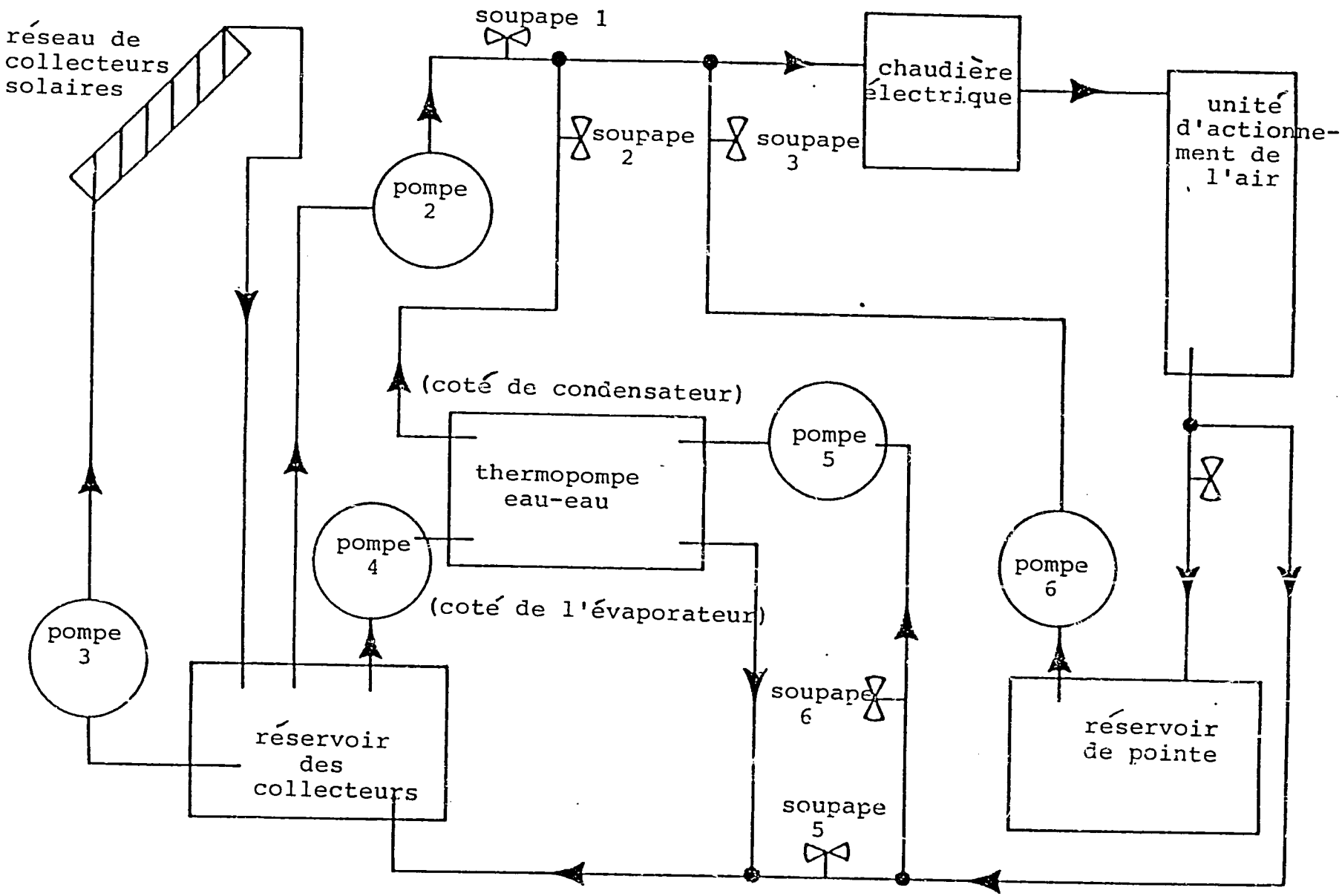


CHAUFFAGE UTILISANT THERMOPOMPE À ASSISTANCE SOLAIRE

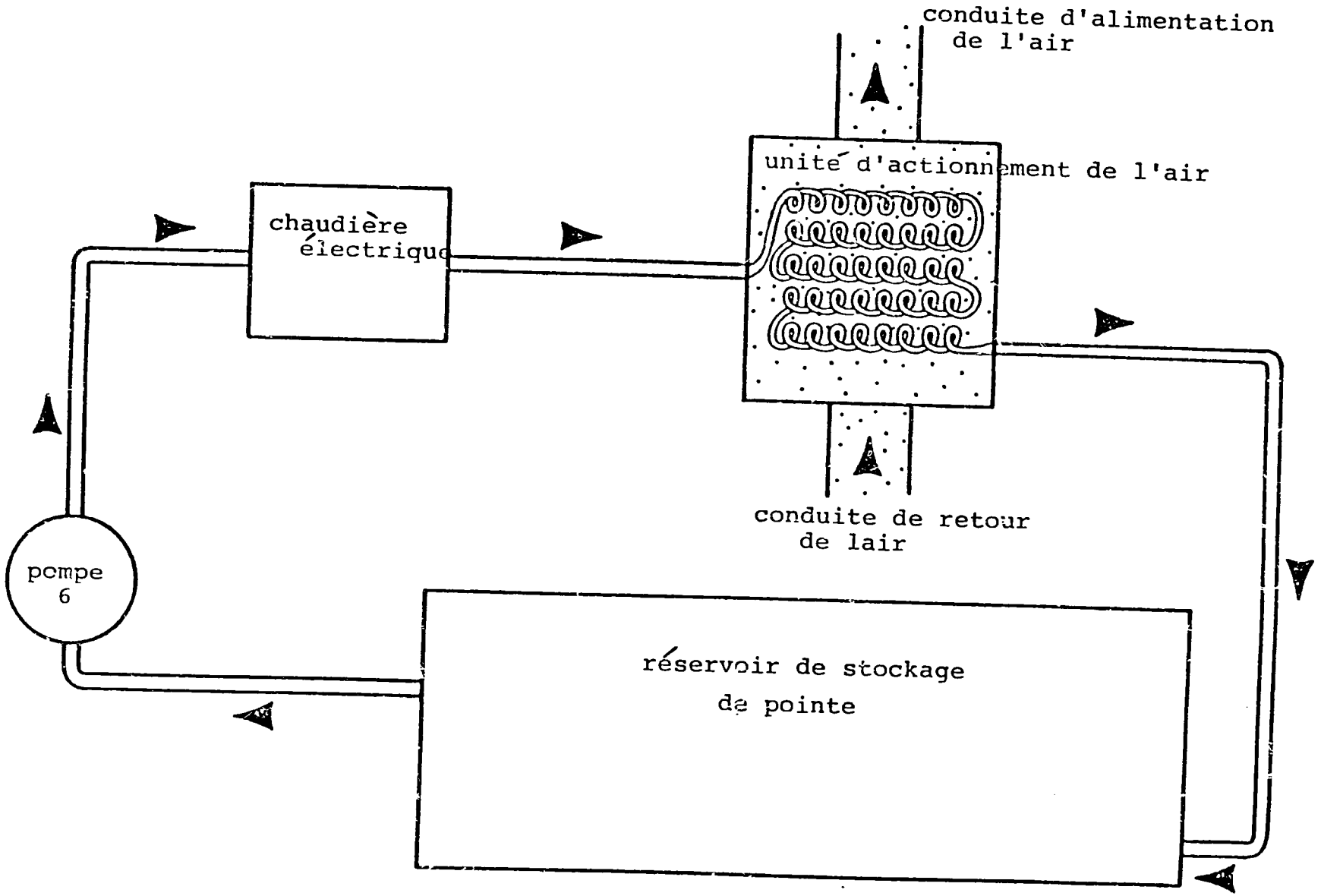
(MODE 2)



SCHEMA SIMPLIFIE DU SYSTEME DE CHAUFFAGE DE "ALUMNI HOUSE"

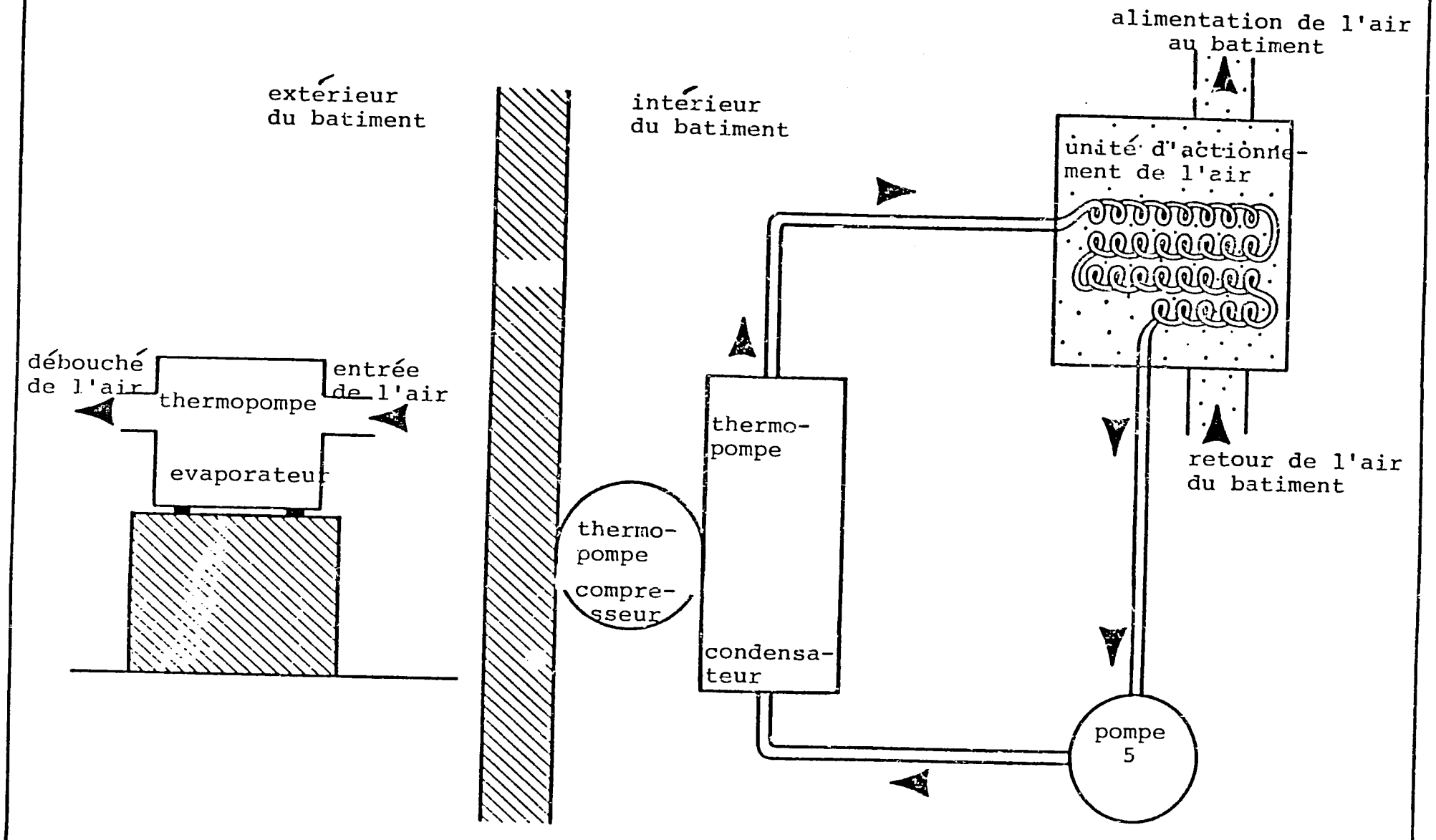


FONCTIONNEMENT DU RESERVOIR DE POINTE



CHAUFFAGE UTILISANT THERMOPOMPE AIR-EAU

(MODE 5)



PROGRAMME D'ADAPTATION ENERGETIQUE DESTINE AUX BATIMENTS EXISTANTS

par

Sam Stewart
President
Sam Stewart and Associates, Inc.
Suite 102
1611 W. County Road B
Roseville, Minnesota 55113
Etats-Unis

pour

SEMINAIRE SUR LA CONSERVATION ET LA GESTION D'ENERGIE DANS LES HOTELS

Tunis, Tunisie

14-16 janvier 1982

Soumis Par

Human Resources Management, Inc.
1101 30th St., N.W., Suite 301
Washington, DC 20007
Etats-Unis d'Amerique

LES ELEMENTS DE BASE D'UN PROGRAMME D'ADAPTATION POUR LES BATIMENTS/PROCEDES

- COMPRENDRE OU ET QUAND ON SE SERT DE L'ENERGIE
- IDENTIFIER ET QUANTIFIER LES OCCASIONS D'ECONOMISER L'ENERGIE ET LES FRAIS
- EXECUTER LES MESURES QUI CONSERVENT L'ENERGIE
- DETERMINER LES ECONOMIES DANS L'ENERGIE ET LES COUTS QUI RESULTENT DE CES MESURES

COMPRENDRE OU/QUAND L'ENERGIE

S'UTILISE POUR LES CATEGORIES SUIVANTES

CHAUFFAGE D'ESPACE

REFROIDISSEMENT D'ESPACE

CHAUFFAGE DE L'EAU

ECLAIRAGE

AUXILIAIRES DE CHAUFFAGE, D'AERAGE, ET DE CLIMATISATION

ASCENSEURS/ESCALIERS ROULANTS

AUTRES

LIER L'UTILISATION DE L'ENERGIE AUX ACTIVITES COMMERCIALES

DIAGRAMME DE CIRCULATION DE L'ENERGIE

HOTEL

CATEGORIE	COUT D'ENERGIE PAR AN (DOLLARS U.S.)	% DU TOTAL
CHAUFFAGE D'ESPACE	45,042	39 %
REFROIDISSEMENT D'ESPACE	12,307	11 %
L'EAU CHAUDE	17,440	15 %
ECLAIRAGE/AUTRE ELECTRIQUE	37,997	32 %
CUISINE	2,296	2 %
LESSIVE	1,555	1 %
TOTAL	$116,637	

LA CONSOMMATION D'ENERGIE

PEUT ETRE DETERMINEE PAR

COMPTAGE A REPARTITION (SUB-COMPTEURS)

ALLOCATIONS MANUELLES

PROGRAMMES DE SIMULATION PAR ORDINATEUR

MODELES DE COMPTABILITE D'ENERGIE

VERIFICATION DES COMPTES D'ENERGIE

NIVEAU 1

- UN RAPPORT SUR L'ENERGIE

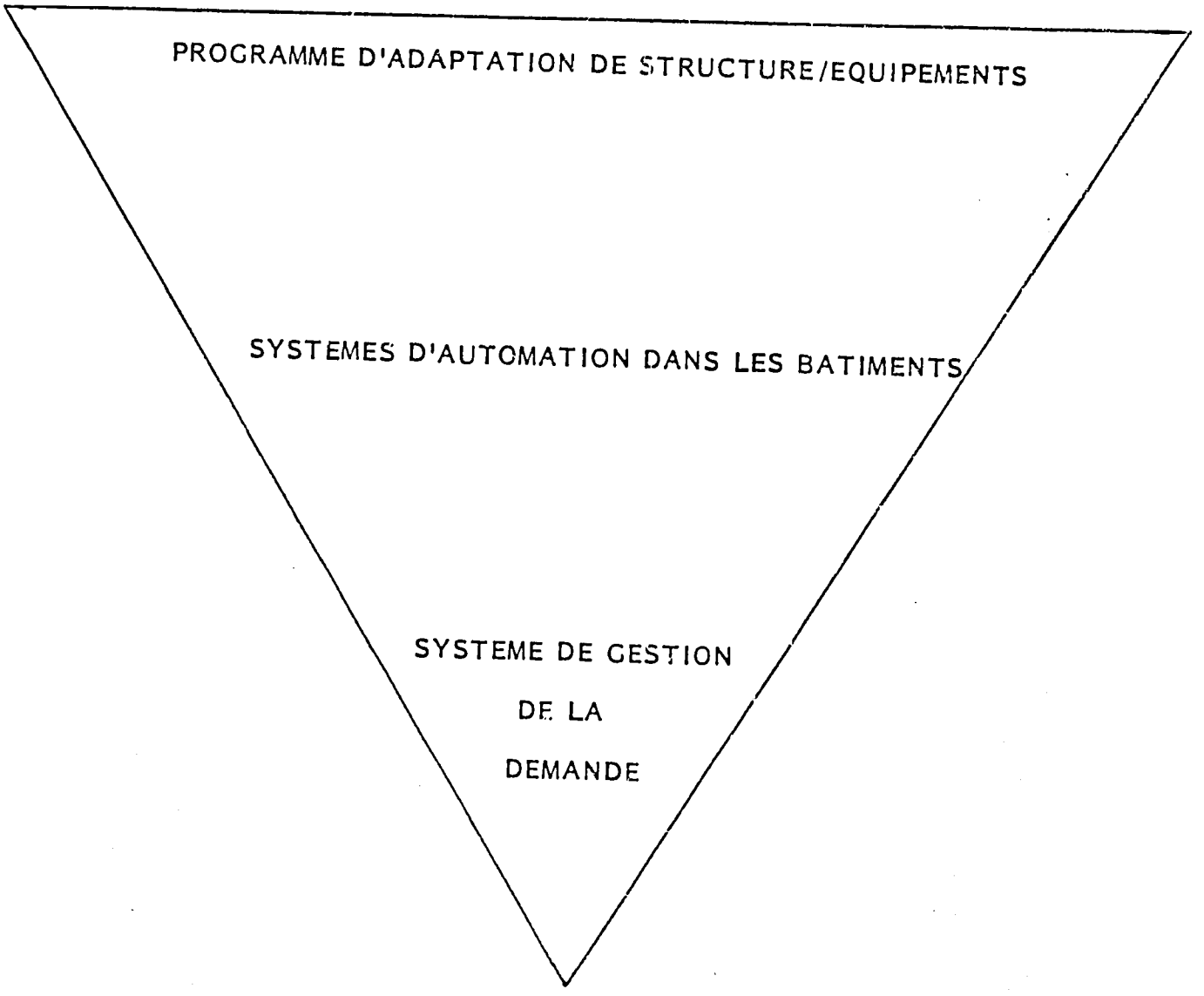
NIVEAU 2

- UNE VERIFICATION RAPIDE SUR LE SITE

NIVEAU 3

- UNE VERIFICATION DETAILLEES DES COMPTES

LE PLAN GENERAL

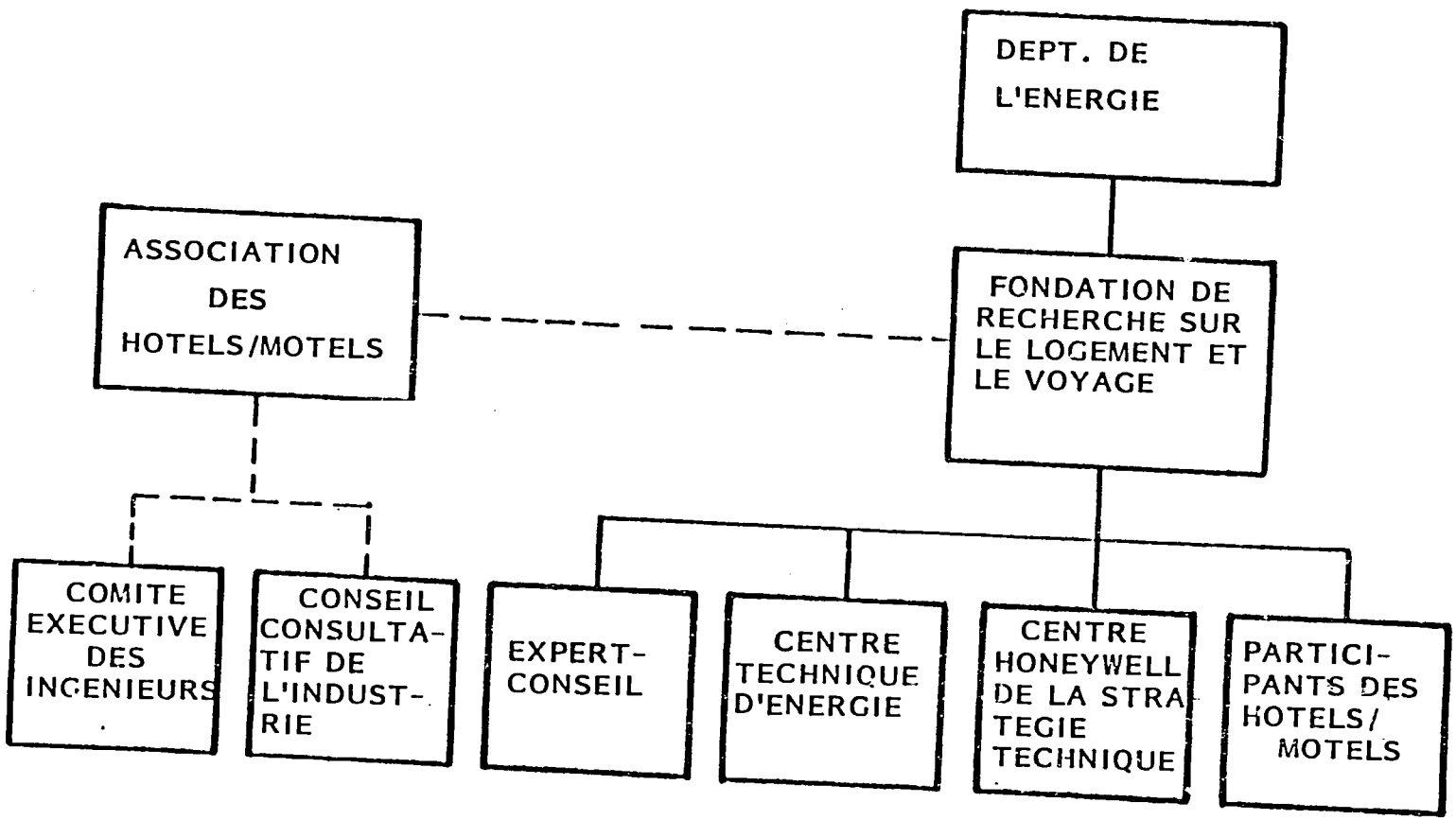


PROGRAMME DE DEMONSTRATION

POUR LA CONSERVATION DANS

LES HOTELS MOTELS

ORGANISATION DU PROGRAMME POUR LA DEMONSTRATION DE CONSERVATION DANS LES HOTELS/MOTELS



S. STEWART

LES OBJECTIFS DU PROGRAMME DE DEMONSTRATION DE CONSERVATION DANS LES HOTELS/MOTELS

- DETERMINER LA CONSOMMATION D'ENERGIE POUR LES ACTIVITES DES HOTELS/MOTELS
- DETERMINER LES PARAMETRES D'ENERGIE POUR LES ACTIVITES DES HOTELS/MOTELS
- DETERMINER L'EFFICACITE DE CONVERSION (D'ENTREE vs DE SORTIE)
- DETERMINER LE POTENTIEL DES STRATEGIES DE CONSERVATION D'ENERGIE
- DEVELOPPER DES PROFILS ENERGETIQUES (CONSOMMATION ET DEMANDE) POUR CHAQUE HEURE, CHAQUE SEMAINE ET CHAQUE MOIS, POUR LES SYSTEMES ET APPAREILS PRECISES
- SOUS-PRODUIT - DETERMINER LA CONSOMMATION DE L'EAU CHAUDE ET FROIDE

LES FONCTIONS DES HOTELS/MOTELS

- CHAMBRES
- AIRES PUBLICS
- AIRES DE SERVICE
- CUISINES
- SALLES A MANGERS
- BLANCHISSERIES
- PISCINES
- ASCENSEURS
- AUTRES

LES CATEGORIES DE L'UTILISATION D'ENERGIE DES HOTELS/MOTELS

- CHAUFFAGE D'ESPACE
- REFROIDISSEMENT D'ESPACE
- CHAUFFAGE D'EAU
- CUISINE
- LE SECHAGE DU LINGE
- ECLAIRAGE
- AUXILIAIRES DE CHAUFFAGE/AERAGE/CLIMATISATION
- ASCENSEURS
- AUTRES

PARAMETRES ENERGETIQUES POUR LES FONCTIONS DES HOTELS/MOTELS

- BTU/PIED CARRE/DEGRE-JOUR DE CHAUFFAGE
- BTU/PIED CARRE/DEGRE-JOUR DE REFROIDISSEMENT
- BTU/CLIENT-JOUR
- BTU/REPAS SERVI
- BTU/PIED CARRE DE PARQUET