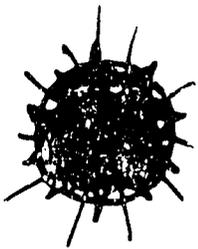


**PROJET DE
DEVELOPPEMENT
URBAIN A DJIBOUTI
CONCEPTION PERMETTANT
LA CONSERVATION D'ENERGIE
POUR LE PROJET DE LOGEMENT
A SALINES-OUEST**

**PAR
DANIEL C. DUNHAM**

**AVEC LA COLLABORATION DE SEYMOUR JARMUL
DANS LA PREPARATION DES ANALYSES
COUT-PROFIT DE LA CONSOMMATION ELECTRIQUE**



PROJET DE DEVELOPPEMENT URBAIN A DJIBOUTI
Conception Permettant la Conservation d'Energie
pour le Projet de Logement à Salines-Ouest

Préparé pour

l'Institut Supérieur d'Etudes et de Recherches Scientifiques
et Techniques

Volontaires en Assistance Technique

l'Agence des Etats-Unis pour le Développement International

La Banque Internationale pour la Reconstruction
et le Développement

Préparé par:

Daniel C. Dunham

avec la collaboration de Seymour Jarmul dans la préparation
des Analyses Coût-Profit de la Consommation Electrique

Publié par:

Volontaires en Assistance Technique (VITA)
1815 North Lynn Street, Suite 200
Arlington, Virginia 22209 USA

Numéro du Contrat USAID: 603-0013-C-00-2001-00

janvier 1985

REMERCIEMENTS

VITA tient à exprimer sa gratitude à l'Agence des Etats-Unis pour le Développement International pour le soutien qu'elle lui a apporté dans le cadre de la préparation et la publication du présent document.

L'auteur sait gré aux nombreux responsables à Djibouti, en France, et aux Etats-Unis qui lui ont apporté leur collaboration, et grâce auxquels le présent document a pu être réalisé.

En France, les membres du bureau d'études Groupe Huit/SEDFS ont su trouver le temps, malgré leurs emplois du temps chargés, pour lui apporter leur collaboration professionnelle dans leurs bureaux, mais également leur aide personnelle, au cours de son séjour à Paris. L'auteur tient à remercier tout particulièrement MM. Tacufik Lahlou, Gérard Bonnot, et Hugues Leroux pour les renseignements et les suggestions qu'ils ont fournis.

A Djibouti, M. Ahmed Ali Ahmed, Directeur du Projet de Développement Urbain de Djibouti, a fourni des informations particulières inestimables qui ont permis à l'auteur de mieux connaître les préférences locales, en termes de pratiques de construction. Les critiques et les suggestions qu'il a faites ont permis à l'auteur d'apporter les changements appropriés à la conception.

Mme. Judy Hirsch, Ingénieur constructrice de VITA/ISERST, a fourni à l'auteur des informations récentes sur les coûts et les matériaux, et a offert son expertise dans les domaines de la conception, de la construction, et des problèmes pratiques de construction à Djibouti.

La présente étude-conseil a été le fruit de l'intérêt porté par M. Jon Lundgren, administrateur de l'USAID, aux problèmes énergétiques de Djibouti. Sa coopération ininterrompue a garanti le succès de cette étude-conseil.

L'auteur tient à exprimer ses remerciements aux responsables de la Banque mondiale, tout particulièrement à Mlle Carolle Carr et M. Gérard Tenailles, pour leurs encouragements et les informations qu'ils ont fournies.

L'auteur exprime ses remerciements les plus vifs à Mmes. Margaret Crouch et Donna Read, à Mlle Sharon Callahan, et à M. Jim Steward, de VITA/Arlington, dont les efforts, en termes de rédaction et d'organisation, ont permis la réalisation de la présente étude-conseil et la publication de ce document.

L'auteur tient également à exprimer ses remerciements à M. Kamal Kharchi pour la traduction et la révision de ce document.

TABLE DES MATIERES

I.	RESUME.....	1
II.	HISTORIQUE.....	2
	Observations de l'Expert-Conseil.....	3
	Modifications Climatiques.....	5
	Eléments de Rajout permettant la Conservation d'Energie.....	6
III.	ANALYSE D'ELEMENTS DE RAJOUTS APPLIQUES A LA CONCEPTION DE LOGEMENT DE BASE.....	6
	Source de données.....	6
	Coût des Modifications Incorporées dans la Présente Conception.....	7
	Possibilités des Caractéristiques d'Ajout permettant une Economie d'Energie.....	10
	Eléments d'Ajout pour Réduire les Températu es Rayonnantes.....	11
	Coût de la Protection contre la Chaleur Rayonnante..	12
	Eléments de Rajout Permettant d'Accroître l'Aération et la Circulation de l'Air.....	13
	Possibilités de Recherche.....	17
IV.	ANALYSE COUT-PROFIT DE LA CONSOMMATION ELECTRIQUE...	17
	Introduction.....	17
	Eclairage.....	18
	Réfrigérateurs.....	21
	Climatiseurs.....	23
	Ventilateurs de Plafond.....	25
V.	RECOMMANDATIONS.....	26

I. RESUME

La présente étude-conseil, à laquelle VITA et l'USAID ont apporté leur soutien, constitue un essai d'utilisation des études climatiques et de l'expérience acquise par le Projet d'Energie Renouvelable de VITA/ISERST à Djibouti. L'objectif consistait à fournir une assistance pratique dans le domaine de la conception basée sur les exigences climatiques et la conservation d'énergie, au cours de la période de planification des logements qui seront construits dans le cadre du Projet de Développement Urbain à Djibouti.

Compte tenu du contexte djiboutien, cette étude-conseil représentait un type de coopération internationale, et inter-agences, entièrement nouveau. Pour cette raison, elle a été rendue suffisamment souple, en vue de concilier tous les problèmes et utiliser au maximum de toutes les possibilités, au fur et à mesure qu'elles se présentaient. A l'heure actuelle, on est en train de fournir des experts américains en conception basée sur les exigences climatiques et la conservation d'énergie qui apporteront leur collaboration à la planification des unités de logement et à la préparation de points de détail rentables du point de vue énergétique. Leur contribution fournira, entre autres, des informations qui permettront une analyse des coûts initiaux pouvant jouer un rôle dans l'amélioration de la performance énergétique globale du projet.

Il était prévu que l'étude-conseil se déroule en quatre phases distinctes. Au début, l'expert-conseil avait collaboré à Paris avec le bureau d'architecture (Groupe Huit/SEDES) qui était en train de réaliser les études préliminaires et les devis nécessaires au projet. Cela a précédé une visite à Djibouti, au cours de laquelle l'expert-conseil a entrepris des discussions et des estimations des plans préliminaires avec les autorités de Djibouti, les personnels de VITA, et de l'USAID. Sur le chemin du retour, l'expert-conseil a effectué une visite à Paris où il a eu l'occasion de participer, avec les membres du bureau d'architecture, à l'inclusion de modifications structurelles et climatiques exigées dans les plans préliminaires, avant que les plans de travail n'aient été entamés. Une fois que les plans finaux auront été préparés par le bureau parisien d'architecture, une phase finale, celle consacrée à l'étude l'effet qu'auraient d'éventuels éléments de "rajout" permettant de conserver de l'énergie, a été entreprise aux Etats-Unis. Cette phase a compté la participation d'un expert-conseil, Seymour Jarmul, qui est spécialiste du coût-efficacité des caractéristiques de conservation d'énergie.

La première phase de conception a porté sur la mise au point de plans-types, de dimensions d'espace, et sur le placement

des unités de logement sur leurs lots. Au cours de cette première phase, des décisions ont été prises, quant aux types de détails de construction et d'architecture qui pourraient être réalisés dans les limites du budget spécifié. Ces détails permettraient d'entreprendre des adaptations en vue de la conservation de l'énergie, comme, par exemple, une meilleure aération, un isolement convenable, etc. Les caractéristiques climatiques et énergétiques, non comprises dans les unités de base construites au cours du projet, pourront être installées plus tard par les acheteurs du logement.

II. HISTORIQUE

A Djibouti, le besoin en logements est très sérieux. Chaque année, entre 2000 et 3000 unités sont nécessaires, en vue de répondre à l'accroissement démographique naturel, de loger de nouveaux habitants, et de remplacer les immeubles existants et dont la qualité se situe en-dessous des normes acceptables. Au cours des années précédentes, peu de nouvelles constructions de logements ont été entreprises. Le manque qui en a découlé a été comblé en partie par le biais de constructions ou de transformations semi-légales de maisons en bois, ainsi que par l'accroissement du nombre de personnes résidant dans les structures actuelles.

En 1983, le Groupe Huit/SEDES a préparé un Rapport de Projet de la Banque mondiale pour le compte d'un Projet de Développement Urbain à Djibouti. Parallèlement à des plans visant à l'amélioration des conditions qui prévalent dans les zones d'habitation actuelles de la ville, le rapport comportait des propositions visant à fournir de nouveaux emplacements pour la construction de logements destinés aux familles disposant de revenus bas ou moyens. Selon ce plan, une infrastructure de logement devait être préparée pour accueillir 5500 habitants répartis sur 1084 lots à Salines-Ouest (terrain vague d'une superficie de 20 hectares, situé dans la partie sud-ouest de la ville et contigu à la Route d'Arta). En plus de la fourniture de l'infrastructure (routes, égouts, eau et électricité), ce plan prévoyait la construction de 257 maisons de base, comme programme-pilote. Dans ce plan, on a également inclus une estimation du coût encouru par la construction de chaque maison.

La partie du Projet de Développement Urbain relative à Salines-Ouest a été l'objet de modifications substantielles dans l'estimation effectuée par le Personnel de la Banque mondiale (avril 1984), qui a donné au programme de logement sa conception actuelle. Bien que le plan général applicable à la zone de Salines-Ouest doive être respecté, la construction d'une petite portion seulement, prévue dans les plans originaux, prévoit d'être incluse dans le Projet de Développement

Urbain actuel. Le plan recommande la construction de 176 lots d'habitations sur 2,8 hectares. On prévoit la construction de quatre types d'unités de logement sur 106 lots, le reste de ces lots sera vendu sans construction.

Le prix par unité, qui avait été estimé à l'origine, a connu une augmentation de près de cinquante pour cent dans l'estimation effectuée par le personnel de la Banque mondiale en 1984. Cela a été causé, en partie, par l'inflation que l'on a connu au cours de la période intermédiaire, et, également, du fait d'estimations de coûts plus réalistes qui ont tenu compte des coûts de construction élevés, qui sont caractéristiques de Djibouti. En octobre 1984, le bureau d'urbanisme français, Groupe Huit/SFDES, a entamé les travaux sur les conceptions-types. Une fois que les plans finaux auront été achevés en décembre 1984, ils seront révisés à Djibouti. Les travaux de construction prévoient de commencer au cours du dernier trimestre de 1985. Le gros de la construction sera entrepris en 1986, et les logements devraient être prêts vers la mi-1987.

Les fonds de financement du projet, fournis par la Banque mondiale et l'USAID, serviront à l'installation de l'infrastructure à Salines-Ouest. Le terrain est actuellement la propriété de la Société Immobilière de Djibouti (SID), laquelle sers responsable de couvrir les coûts de construction des unités de logement. La SID sera responsable, en fin de compte, de la vente de ces unités, ainsi que de la gestion financière du projet, une fois qu'il sera achevé.

Observations de l'Expert-Conseil

Tout projet de logement à loyer modéré qui est proposé à Djibouti se doit de tenir compte de certains problèmes fondamentaux. Tout d'abord, comme partout ailleurs dans le monde en développement, il est impératif de minimiser les coûts, afin de rendre les unités de logement accessibles, du point de vue économique, au groupe de revenus visé. Ce problème est spécialement grave à Djibouti, du fait du coût élevé des matériaux et de la main-d'oeuvre. A l'exception des produits en terre, tous les matériaux de construction doivent être importés. Les salaires accordés à la main-d'oeuvre spécialisée doivent être compétitifs avec ceux, élevés, offerts dans le pays du Golfe voisins de Djibouti. La nécessité de coûts minimum est admise par le premier rapport de la Banque mondiale, dans lequel les normes minimales, proposées pour les unités de logement, la font ressortir. Ces maisons de base sont simples, de dimensions plus petites, et sans les installations intérieures que l'on retrouve dans les unités de logement plus anciens, à Djibouti, et qui avaient été subventionnés de manière très importante par l'aide française. Les nouveaux logements de Salines-Ouest refléteront les

normes de logement réduites que les ressources actuelles du pays peuvent satisfaire. Ces normes minimales, aujourd'hui courantes dans d'autres pays en développement, seront nouvelles pour Djibouti et pourraient représenter un compromis important, à la fois pour les agences djiboutiennes chargées du projet, et pour celles qui achèteront les unités de logement.

Djibouti est bien connu pour avoir un climat rude. Il existe peu de cas similaires, dans le monde tropical, où l'on retrouve pareille combinaison de niveaux élevés de température et d'humidité. Par conséquent, des conceptions et des systèmes de construction ayant réussi ailleurs, dans les autres pays tropicaux, pourraient connaître un succès moindre et être moins acceptables dans le cas de Djibouti. Les considérations climatiques ont exigé une attention toute particulière, lors de la conception des premières unités de base. Celles-ci doivent être planifiées, de façon telle qu'elles permettent aux éventuels acheteurs d'apporter des changements à la conception première, et à leur permettre d'effectuer des constructions complémentaires.

La période d'étude-conseil a traité de ces problèmes fondamentaux. Au cours des premiers stades de conception de la construction, il est impératif que les exigences climatiques et énergétiques soient considérées de manière simultanée avec le coût, les méthodes de construction, et avec les aspects fonctionnels et sociaux. Le rapport établi en 1983 avait fixé la forme fondamentale de logement. Ce rapport avait indiqué de manière spécifique le tracé et les dimensions des lots, les emplacements et les types de chambre, et lesquelles parmi les quatre maisons-types devaient disposer de commodités, telles que l'eau et l'électricité. Les coûts, qui avaient été calculés dans ce rapport, avaient sous-estimé les dépenses encourues lors de la construction de maisons sur des terrains de remblai, ainsi que les exigences structurelles de construction dans une région sujette aux séismes. Même avec les coûts ajustés que contient le rapport de 1984, il a été difficile de respecter les exigences du programme, en termes de dimensions des chambres, etc.

De façon fondamentale, les détails de construction pour les quatre maisons-types seront identiques, et satisferont aux conditions structurelles du chantier, ainsi qu'à celles du climat, qui sont les mêmes, du fait de l'orientation du chantier. Les architectes sont actuellement en train d'incorporer dans la conception les ajustements structurels nécessaires. Les ajustements permettant d'obtenir un maximum de fraîcheur et de confort naturels ont été incorporés dans la conception des maisons de base, dans la mesure où les limites budgétaires le permettent.

Modifications Climatiques dans la Maison Type A-1

Au cours de la période d'étude-conseil, une attention toute particulière a été accordée à l'unité la plus petite (Type A-1) qui représentera la majorité des unités à construire, et qui nécessitera plus de 50% du coût total de construction.

Les spécifications de cette unité de base centrale figurent dans le rapport de Projet de la Banque mondiale de 1983, lequel comporte également les schémas de la configuration qu'elle pourrait avoir. L'unité se compose d'une seule chambre, faisant 12,75 m², et de latrines d'une superficie de 3,2 m². Les fonds du projet ne prévoient ni eau, ni électricité. Il est prévu que la structure soit en maçonnerie, et qu'elle ait un toit en tôle ondulée posé sur une charpente en bois. La maison ne sera ni plâtrée, ni peinte, et une seule fenêtre est prévue. Le coût de construction pour cette unité a été estimé à 1.048.300 FD (6.000 dollars américains) en avril 1984.

Il a fallu altérer certaines caractéristiques et ajouter de nouveaux éléments au programme de conception originale. Parmi ces caractéristiques, on compte des murs résistants aux tremblements de terre et des fondations renforcées, lesquels ne figuraient ni dans le programme, ni dans le devis originaux. D'autres modifications ont été apportées au plan, afin de permettre à l'immeuble de mieux répondre aux périodes de température élevées que connaît Djibouti. Ces changements portent notamment sur le placement des salles sur le côté-rue de chaque lot. Cet emplacement frontal, de pair avec un espace d'entrée commun à deux maisons contigües, offre des ouvertures permettant une aération de l'unité de logement principale sur trois côtés. Il permet également une aération directe de la salle principale, tout comme il permet à la maison d'être séparée, de la manière la plus grande possible, de l'unité qui est construite sur les lots contigus se trouvant à l'arrière de la maison. Cet emplacement permet à la brise de circuler librement entre les maisons.

On a ajusté la hauteur moyenne des toits, afin de permettre l'installation ultérieure d'un faux-plafond. Lorsqu'il est installé par le propriétaire, un plafond peut fournir un isolement contre l'air chaud et la chaleur rayonnée provenant du toit métallique, au cours de la journée. La hauteur prévue pour le toit permettra une utilisation rentable et sans risques de ventilateurs de plafond électriques, dans le cas où ils sont installés. Parmi les autres compléments inclus dans le plan, on trouve des ouvertures d'aération installées sous le toit et la possibilité de mettre en place des portes conçues d'une façon spéciale, leur permettant d'être utilisées pour la ventilation, lorsqu'elles sont entrebâillées.

On peut incorporer les installations mentionnées ci-dessus, en y consacrant une modique somme initiale, ou pas.

Bien qu'au cours de la période d'étude-conseil, l'accent ait été mis sur les unités de logement de Type A-1, les modèles ayant donné les meilleurs résultats sont appliqués aux types de maisons plus spacieuses. L'unité la plus petite est celle qui est la plus difficile à concevoir de manière rentable. Les unités les plus spacieuses, et les plus coûteuses, disposent, à l'origine, de plus d'éléments de confort, et peuvent être protégées plus facilement contre les rigueurs du climat.

Eléments de Rajout Permettant la Conservation d'Energie

Des innovations supplémentaires, destinées à satisfaire aux exigences climatiques, nécessiteront des dépenses additionnelles de la part des agences parrainant le projet, dans le cas où elles doivent être incluses dès le début, ou de la part du propriétaire, si elles doivent être ajoutées plus tard. Ces innovations pourraient comprendre des fenêtres supplémentaires, afin de permettre une aération maximale, la peinture de la structure, afin de réfléchir plus de chaleur solaire rayonnée, l'installation de porte-à-faux et de balcons, pour fournir de l'ombrage aux parties des murs qui sont exposées au soleil, la reconception des fenêtres, des portes, et des ventilateurs, l'installation de matériau isolant dans les murs, les parterres, les plafonds, etc. L'incidence de ces éléments, sur le confort humain et sur l'équilibre énergétique des structures, sera analysée au cours de la dernière phase de l'étude-conseil. Cette étude comprendra leur impact sur le coût de l'énergie commerciale employée par les propriétaires des maisons.

III. ANALYSE DES ELEMENTS AJOUTES A LA CONCEPTION DE LOGEMENT FONDAMENTALE

Sources de données

Ce qui suit constitue un commentaire sur les éléments nouveaux apportés aux unités de logements de Salines-Ouest, dont le but est d'améliorer l'efficacité par rapport au climat, et accroître la rentabilité énergétique. Ces éléments sont conçus à partir des plans, des élévations, des sections, et des estimations de coûts que le bureau d'études français (Groupe Huit/SEDES) a fourni en janvier 1985. Ces plans et documents seront fournis aux autorités de la Banque mondiale, celles de l'USAID, ainsi que celles de Djibouti en février 1985.

Les plans et documents du projet qui ont été étudiés sont les suivants.

Général

1. Plan d'Emplacement, Plan Général du Chantier
2. Résumé du Coût du Projet de Logement

Maison de Type A-1

3. Plans de Fondations, Plans des Chambres, Plan de Chantier
4. Elévations, Sections
5. Etudes de Quantités, Estimation de Coûts

Maison de Type B-1

6. Plans de Fondations, Plans des Chambres, Plan de Chantier
7. Elévations, Sections
8. Etudes de Quantités, Estimation de Coûts

Maison de Type B-2

9. Plans de Fondations, Plans de Chambres, Plan de Chantier
10. Elévations, Sections (Type C-2 compris)
11. Etudes de Quantités, Estimation de Coûts

Maison de Type C-2

12. Plans de Fondations, Plans des Chambres, Plan de Chantier
13. Etudes de Quantités, Estimation de Coûts

Il est difficile d'obtenir à l'avance des coûts précis des matériaux de construction et de la main-d'oeuvre à Djibouti. Les coûts qui ont été utilisés dans les calculs l'ont été, en se fondant sur les coûts obtenus par le Groupe Huit/SEDES (et utilisés dans leurs documents) et sur les coûts que le personnel de VITA/ISERST et ses experts ont recueilli à Djibouti. Ces coûts représentent les estimations les plus précises possible. Cependant, ils devraient être ajustés par rapport aux coûts réels de chantier, comme dans le cas des Etudes de Quantités/Coûts soumis par le Groupe Huit, au fur et à mesure qu'on les obtient.

Coût des Modifications Incorporées dans la Présente Conception

Les types de maisons, conçus pour Salines-Ouest, se conforment aux directives relatives au type de logement de base et énoncées dans le Rapport de Projet original de 1983. Les coûts de logement estimés en 1985 indiquent un accroissement de 19,75 pour cent par rapport à l'estimation de coûts effectuée en avril 1984 (Rapport d'Estimation du Personnel). Cela

est dû à plusieurs raisons. En plus de l'inévitable accroissement provoqué par l'inflation, d'autres coûts proviennent de la nécessité d'introduire certaines caractéristiques importantes qui ne figuraient pas dans l'estimation originale. Par exemple, il a fallu fournir des fondations en béton armé, ainsi que des colonnes et des poutres utilisant le même matériau, afin de résister aux séismes. Les nouveaux coûts comprennent également les changements qui ont été apportés pour répondre à la chaleur extrême que connaît Djibouti. Compte tenu des limites budgétaires, tous les efforts ont été faits pour s'assurer que les unités de logement originales aient une structure solide, et qu'elles soient conçues pour convenir aux exigences climatiques de Djibouti. Seuls les ajouts considérés comme essentiels, par le bureau d'études et par l'expert-conseil de VITA/ISERST, ont été inclus dans les présentes conceptions de base.

Certains ajustements climatiques ont été effectués sans dépenses supplémentaires. D'autres modifications ont nécessité des dépenses additionnelles. Cependant, elles sont conformes aux pratiques de construction actuellement en vigueur à Djibouti, et seraient prévues par les autorités et les éventuels acheteurs. On a également prévu la possibilité de voir les propriétaires éventuels apporter des éléments supplémentaires aux unités originales ou aux nouvelles structures qu'ils bâtiront eux-mêmes plus tard.

L'établissement des emplacements et l'orientation des unités centrales de chaque lot figurent parmi les modifications qui ont été effectuées sans dépenses supplémentaires. Les unités centrales de chaque lot ont été placées de manière à fournir un espace découvert suffisant entre les structures mitoyennes, et de manière à permettre un maximum de circulation de l'air naturel. Dans la mesure où les murs est ou ouest reçoivent le maximum de rayonnement solaire, on a orienté les bâtiments de façon que ces murs soient exposés le moins possible, afin de réduire les apports de chaleur dans les chambres. Là où l'on a bâti des murs est ou ouest, on les protège du soleil, au cours des périodes critiques, grâce à l'installation de balcons extérieurs ou par des murs mitoyens.

D'autres modifications climatiques, ayant été apportées aux conceptions indiquées dans le Rapport de Projet de 1983, ont nécessité de plus grandes dépenses. Elles constituent une réponse logique au climat, et sont considérées comme étant normales, en termes de pratiques de construction en vigueur à Djibouti. On trouvera ci-dessous la liste des ajouts mentionnés, de pair avec leur coût pour chaque unité et pour le projet entier. Cette liste comprend ce qui suit:

1. La fourniture d'une hauteur minimale de toit (2,92 m) permettant une installation ultérieure d'un plafond

(d'une hauteur de 2,8 m) qui réduira l'apport calorifique réfléchi par le toit. La hauteur a été déterminée par l'espace nécessaire en vue de permettre l'aération de l'édifice et l'utilisation d'un ventilateur électrique de plafond, sans aucun risque et de manière rentable.

2. La construction de baies d'aération en-dessous de la surface du toit, afin de permettre l'échappement de l'air chaud qui s'y accumule.
3. L'installation d'embrasures convenables de portes et de fenêtres, afin de garantir l'aération transversale et la circulation de l'air à l'intérieur de l'espace vital.

On trouvera ci-dessous le coût de ces modifications climatiques, de pair avec le pourcentage qu'elles représentent par rapport au coût global de chaque unité et par rapport au projet tout entier.

<u>Type de Maison</u>	<u>Coût (FD) des Éléments Climatiques</u>
<u>Maison de Type A-1 (1.210.240 FD)</u>	
Accroissement de la hauteur du toit	24.484
Blocs d'aération de toit	2.970
Fenêtre supplémentaire (en plus du coût de la porte)	<u>5.000</u>
Total	32.454 FD par maison

2,6% du coût de construction

<u>Maison de Type B-1 (1.570.280 FD)</u>	
Accroissement de la hauteur du toit	26.993
Blocs d'aération de toit	<u>2.180</u>
Total	29.173

1,9% du coût de construction

<u>Maison de Type B-2 (2.269.320 FD)</u>	
Accroissement de la hauteur du toit	35.694
Blocs d'aération de toit	2.180
Fenêtre supplémentaire	<u>25.000</u>
Total	62.874

2,7% du coût de construction

Maison de Type C-2 (2.272.920 FD)

Accroissement de la hauteur du toit	35.694
Blocs d'aération de toit	<u>2.180</u>
Total	37.874

1,6% du coût de construction

Le coût total des modifications, mentionnées ci-dessus, pour les 106 unités que l'on prévoit de construire, est de 3.895.950 FD. Ce montant représente 2,4 pour cent du coût total prévu du projet de logement qui s'élève à 163.030.640 FD.

L'inflation et les éléments structurels supplémentaires, pour résister aux tremblements de terre, sont responsables d'une partie importante de l'accroissement de 19,75 pour cent prévu dans les coûts, par rapport à l'estimation effectuée en avril 1984. Les éléments d'ajout destinés à réduire les charges de refroidissement dans les unités de base sont à l'origine de moins de 1/6^{eme} de cet accroissement. Ni les architectes, ni les experts-conseil ne doutent un seul instant de la justification de ces accroissements. Ils garantiront le caractère habitable seulement, et non le confort, des unités de logement fournies par le projet, et réduiront la consommation d'énergie dans celles des unités qui utilisent des appareils électriques pour le refroidissement.

Possibilités des Caractéristiques d'Ajout permettant une Economie d'Energie

Tout calcul des économies réalisées en termes de coûts énergétiques présuppose le recours à l'électricité pour rendre l'environnement intérieur plus habitable, grâce à l'emploi de lampes, de ventilateurs de plafond, et de climatiseurs.

Selon les spécifications du projet, il était prévu à l'origine que seules 42 unités, sur les 106 que l'on doit construire, seront alimentées en électricité. Il y a peu de doute que les nouveaux propriétaires de ces logements, sans branchement électrique, seront bientôt raccordés aux lignes électriques qui sont en train d'être fournies par le projet entrepris sur le chantier. Les pratiques actuelles indiquent que les familles fourniront un sacrifice financier considérable pour obtenir et utiliser des appareils de refroidissement électriques.

Le type de refroidissement mécanique, ventilateurs ou unités à courant alternatif, qui sera installé, dépendra du niveau de revenu de l'occupant. L'importance de l'utilisation de ces appareils dépendra de la "température effective" de la

salle. Celle-ci représente la température à laquelle répondent les êtres humains, c'est-à-dire un mélange de la température de l'air, la température rayonnante, l'humidité, et la circulation de l'air. Toute réduction des "températures effectives" intérieures se traduira par une réduction du temps d'utilisation de l'appareil de refroidissement électrique, ou par la puissance à laquelle il fonctionne.

Seule la climatisation permet de réduire la température de l'air et l'humidité relative, existant à l'intérieur de la maison, à des niveaux inférieurs à ceux des conditions extérieures. Le détail de l'architecture et de l'emplacement peut influencer la réduction de la température rayonnante à l'intérieur d'une salle, et l'accroissement du mouvement de l'air naturel qui la traverse. La section suivante traite en détail des économies d'énergie réalisées grâce à la réduction des charges de climatisation, pendant les saisons où cela est exigé. Les éléments de conception, discutés plus bas, accroîtront les périodes au cours desquelles la maison est agréable, sans refroidissement mécanique, et réduiraient les charges de refroidissement et, par conséquent, les demandes en énergie aux moments où elle est nécessaire.

Éléments d'ajout pour Réduire les Températures Rayonnantes

Réduire d'un degré les températures moyennes des surfaces d'une salle, des murs, du sol ou du plafond, a le même effet que la réduction de la température de l'air de 1,4 degrés. Par conséquent, réduire de 10 degrés la température moyenne des surfaces pleines entourant les personnes se trouvant à l'intérieur d'une salle, aurait sur eux le même effet que celui que produirait une réduction de 14 degrés dans la température de l'air. Le sol d'une salle aura une température qui sera proche de la moyenne saisonnière. Les parois intérieures et les murs extérieurs ombragés auront des températures réfléchissant la moyenne de la température de l'air sur une certaine période de 24 heures. Les surfaces extérieures des murs ou du toit, qui sont exposées au soleil, peuvent aisément dépasser de 20 degrés ou plus la température de l'air ambiant. La température de leurs surfaces intérieures peut être à peu près la même, comme dans le cas des murs en maçonnerie. Par exemple, pendant le mois d'avril, dont la température moyenne de l'air extérieur à midi est de 29°C, la température effective d'une salle typique du Projet de Salines-Ouest serait égale à 34°C, si le toit et un mur sont exposés au soleil et que leurs températures respectives passent à 49°C et 39°C. Celles-ci seraient plus élevées que la température extérieure à laquelle on s'attendrait deux mois plus tard, en mai ou au début du mois de juin, et exigeraient un refroidissement mécanique, si l'on veut que la salle soit agréable. La protection de ces surface peut maintenir les surfaces de la salle à une température proche de la véritable

température de l'air du mois d'avril, et éliminer ou réduire le besoin en refroidissement mécanique.

Coût de la Protection contre la Chaleur Rayonnante

Murs: Comme cela a été indiqué dans la section précédente, on a protégé deux murs, et trois dans certains cas, de chaque salle contre le soleil, grâce à l'établissement des emplacements et la planification des unités de logement actuellement conçues. Il serait possible de protéger les autres murs contre la lumière du soleil, grâce à la construction d'un porte-à-faux de protection, ou par de la végétation.

Un moyen de protection contre la lumière du soleil qui réduirait le rayonnement solaire sur un mur de 50 pour cent environ donnerait lieu à une baisse légèrement inférieure à un degré de la température effective intérieure, durant la partie du jour où la chaleur du soleil pénètre à l'intérieure du mur. La nuit, les porte-à-faux ne produiraient aucun effet, tout comme les murs qui ne sont pas exposés à la lumière du soleil. Le coût de construction des porte-à-faux se situerait entre 18.000 FD et 33.500 FD par salle, en se basant sur les estimations de coûts de toit. Cette légère baisse de température ne justifie pas le coût d'une construction spéciale d'éléments permanents de protection pour ce projet.

La végétation permettrait d'accomplir presque le même effet d'ombrage, et à un coût moindre. A en juger par d'autres projets de logement entrepris dans la ville, les propriétaires consacreront un temps et un effort considérables à faire pousser, et à entretenir, de petits arbres dans leurs cours intérieures. S'ils sont placés de façon convenable, ces arbres peuvent fournir de l'ombre aux murs des salles faisant face à la cour, pendant les périodes et saisons critiques. Le projet devrait couvrir les "arbres de trottoir" qui sont placés pour avoir le même effet sur les façades donnant sur la rue. Il est difficile d'évaluer le coût de ce plantage, mais il serait inférieur à une protection qui emploierait des éléments de construction. Une fois mûrs, les arbres auraient les avantages supplémentaires d'améliorer l'aspect visuel du projet, et de réduire les températures de l'air extérieur. Actuellement, la région du projet est en train de faire pousser un certain nombre de petits acacias. Il faudrait effectuer des recherches pour savoir quels types d'arbres pourraient donner de bons résultats, une fois plantés sur le terrain du projet achevé.

Toits: Il n'existe pas de moyens simples permettant de protéger les toits contre les rayons du soleil. En installant des plafonds légers au-dessus de chaque salle, il est possible de protéger les habitants de la maison contre l'air

chaud et le rayonnement qui proviennent de la partie inférieure d'un toit métallique. En isolant convenablement une telle barrière, on peut, au cours de la partie la plus chaude de la journée, réduire la température du plafond jusqu'à trois à quatre degrés au-dessus de la température de l'air contenu dans la salle. On devrait comparer ce résultat à la température du toit qui peut dépasser de 20 degrés ou plus celle de l'air.

Des dispositions avaient été prises, dans les conceptions de base, en vue d'une hauteur de toit convenable permettant au propriétaire de la maison d'installer un plafond. La dépense supplémentaire, qui découle d'une telle installation, est incluse dans les présents devis qui sont établis pour chaque unité de logement. Dans la section suivante, relative au coût-efficacité, on trouvera l'analyse de la valeur isolante des différents matériaux que le propriétaire peut utiliser pour installer le plafond, ainsi que leur efficacité, en termes de réduction de l'énergie utilisée pour le refroidissement.

Possibilités de Recherche: On dispose d'une très grande latitude pour évaluer les qualités thermiques des matériaux de construction typiques de Djibouti, par rapport à leur coût. On devrait mettre à l'épreuve, dans les conditions djiboutiennes, la conductance et le décalage qui a lieu dans les matériaux de construction habituels, comme par exemple, les blocs de ciment typiques. On devrait également tester les mêmes caractéristiques dans d'autres matériaux possibles employés dans la construction de murs, toits, et plafonds. On devrait se pencher tout spécialement sur les panneaux légers et les matériaux produits sur le plan local. De plus, il est recommandé de préparer un catalogue rassemblant les caractéristiques et les conditions d'entretien des plantes modifiant le climat, et de le mettre à la disposition des autorités de la ville et des propriétaires.

Eléments de Rajout Permettant d'Accroître l'Aération et la Circulation de l'Air

L'aération (c'est-à-dire le retrait de l'air chaud des structures) et la circulation de l'air (le passage de souffles refroidissant à travers les salles) réduisent non seulement la température réelle de l'air de la maison, mais réduisent également les températures effectives que ressentent les habitants. Ces principes ont été admis dans la présente conception, dans la limite du possible, et compte tenu du budget extrêmement limité dont on dispose. Ces principes pourraient être développés encore plus au sein de ce projet, et dans le cas où l'on dispose de fonds, ou pourraient être pris en considération par les propriétaires, dans le cas où ils les utiliseraient, plus tard, dans les constructions sur les lots.

Baies d'Aération: Des chatières, permettant à l'air chaud de s'échapper hors des parties supérieures de la maison, sont essentielles. La présente conception comporte de simples blocs perforés. Il serait possible d'agrandir de tels trous d'aération, lesquels pourraient offrir un avantage considérable. A moins que ces chatières ne soient de dimensions appréciables, la faible force de l'air chaud ascendant ne suffit pas, à elle seule, à faire dégager l'air hors de la maison. Une aération efficace exige que les chatières soient aussi grandes et aussi dégagées de toute obstruction que possible.

De manière idéale, les chatières d'aération devraient être installées à deux niveaux différents, l'un juste en-dessous de la section la plus élevée du toit, et l'autre se trouvant légèrement en-dessous du niveau prévu pour le plafond. A ce niveau-là, ce trou peut servir à l'évacuation de l'air chaud hors de la salle, une fois que le propriétaire aura procédé à l'installation d'un plafond.

L'expérience, que l'on a connue, en termes de chatières d'aération employées dans d'autres projets de logement entrepris dans la ville, n'a pas toujours donné de bons résultats. Dans la plupart, sinon la totalité, des cas, les occupants de la maison avaient bouché les trous pour empêcher l'entrée de poussière, d'insectes, ou d'animaux. Le fait qu'ils aient décidé de supporter la chaleur accrue à l'intérieur de la salle, plutôt que de subir les répercussions indésirables de trous d'aération laissés sans protection, devrait être respectée et reconnue dans la présente conception.

L'amélioration de l'aération dans les logements de Salines-Ouest exigerait que deux modifications soient apportées aux conceptions actuelles. La première consisterait à ajuster et à placer les trous d'aération-mêmes (on peut facilement justifier un dédoublement de la surface réelle de l'espace ouvert). La seconde consisterait à mettre en place une nouvelle conception de ces trous d'aération, afin d'empêcher l'entrée d'éléments indésirables. Dans certains cas, cela se traduirait par des trous qui pourraient être complètement fermés par les occupants, au cours de certaines périodes de l'année, comme par exemple, lorsque la poussière devient gênante. Ces trous resteraient ouverts lorsqu'il fait trop chaud. Lorsque la climatisation est en marche, les ventilateurs seraient fermés. Il serait nécessaire que ces ventilateurs soient de forme simple, solide, et qu'ils puissent être facilement utilisables. Les ouvertures installées entre le toit et le plafond doivent seulement être protégées de la pluie, et peuvent rester ouvertes. Celles qui se trouvent dans la salle doivent être en mesure de se fermer complète-

ment. Il n'existe aucune conception simple pour la réalisation de ce genre d'appareils, mais le problème n'est pas compliqué.

Il est possible de calculer le coût de l'agrandissement des trous d'aération. Pour le moment, on ne peut qu'évaluer le coût de l'installation de ventilateurs protégés, capables de se fermer. On trouvera ci-dessous les chiffres approximatifs relatifs à l'accroissement des coûts pour chaque type de maisons. Cette approximation est établie sur la base d'un doublement des dimensions des trous d'aération, et en supposant des coûts ajustés d'unités de fenêtres pour les ventilateurs que l'on peut fermer.

<u>Type de Maison</u>	<u>Coût de Ventilateur Modifié (en FD)</u>
A-1	13.386
B-1	12.596
B-2 et C-2	23.013

Une aération adéquate prolongera la période pendant laquelle les salles peuvent être utilisées, sans le recours à des appareils de refroidissement mécaniques, et, par conséquent, prolongera les périodes de l'année au cours desquelles on n'aura pas besoin d'électricité. Une aération adéquate agrandirait également les périodes au cours desquelles des ventilateurs seulement seraient suffisants, et réduiraient la vitesse à laquelle on devrait les faire marcher. Dans le cas où l'on considère l'installation de la climatisation, un espace bien aéré situé au-dessus du plafond, c'est-à-dire un espace qui reste proche de la température de l'air ambiant, réduirait de manière importante la charge de refroidissement.

Circulation de l'Air: La circulation naturelle de l'air à travers une salle est contrôlée et dirigée par les dimensions et l'emplacement des fenêtres et des portes. Bien que le nombre et les dimensions des fenêtres aient été ajustées dans certains types de maisons (cf. la description de la conception actuelle), à cause des limites budgétaires, le nombre d'ouvertures installées dans chaque salle reste minimal.

L'installation d'au moins une fenêtre supplémentaire (coûtant approximativement 25.000 FD) dans chaque salle (selon la conception actuelle, deux fenêtres par salle constitue la norme adoptée pour la plupart des salles), et d'ouvertures entre les salles (portes ou fenêtres) de la maison, faciliterait la circulation de l'air à l'intérieur de la structure. Comme on l'a décrit dans le cas des ventilateurs, un emplacement et des dimensions adéquats faciliterait un refroidissement naturel pendant la plus grande partie de l'année. Un nombre infime, ou un mauvais emplacement, d'ouvertures exige l'utilisation d'appareils mécaniques de refroidissement pendant

des saisons où ils ne devraient pas l'être. Bien que le coût des fenêtres supplémentaires (25.000 FD chacune) soit facile à calculer, les concevoir de manière convenable constitue un problème extrêmement compliqué.

Les fenêtres servent à l'accomplissement de tâches variées, tout autant qu'à faciliter la circulation de l'air. Elles permettent à la lumière du soleil de pénétrer dans la salle, comme elles permettent de voir à l'intérieur de cette salle. En plus, elles forment un élément esthétique de base sur la façade de la maison. Se présentant sous la forme d'une ouverture dans le mur de protection, leur conception doit refléter les exigences de la société, en termes de vie privée, et doivent fournir une sécurité pour les occupants de la maison, ainsi que pour leurs possessions. Elles devraient être conçues de façon que la lumière solaire indésirable ne pénètre pas à l'intérieur de la maison, au cours de la saison chaude. Ces fonctions multiples sont remplies de manière satisfaisante, seulement si les fenêtres sont conçues de manière spécifique, en tenant compte de leur fonction, leurs matériaux, leur entretien, et leur coût.

Le modèle à plusieurs lucarnes, figurant dans les plans architecturaux des conceptions actuelles de la maison, satisfait à la plupart des conditions relatives au climat. Deux lucarnes/volets verticaux protégeront les fenêtres contre le rayonnement latéral. La lucarne horizontale supérieure permettra à un certain volume d'air de circuler, quand bien même la section inférieure de la fenêtre serait close, pour des raisons de sécurité, ou pour se protéger des regards indiscrets. Un porte-à-faux horizontal (qui n'est pas fourni) aurait fourni une meilleure protection contre les rayons solaires verticaux et contre la pluie. Les portes sont également sujettes aux mêmes exigences découlant de cette pluralité de fonctions.

Les coûts proposés pour les portes et les fenêtres (15,00 et 30,00 FD) permettraient une variété de types. Les conceptions appropriées ne pourraient provenir que d'études spécifiques, établies selon les conditions locales, et n'entrant pas dans les responsabilités du contrat d'urbanisme habituel. Par exemple, la conception de fenêtres donnant sur une cour intérieure devrait être différente de celles qui donnent sur un passage public, où la question de vie privée peut constituer une considération qui prime toutes les autres. On devrait s'attendre que les fenêtres protégées par des toits à véranda soient différentes de celles qui sont exposées à la lumière solaire, sans protection aucune. On peut concevoir les portes, de façon à permettre la circulation de l'air, quand elles sont entrouvertes. Les matériaux, dont sont faits les panneaux, doivent se conformer aux procédures locales de coûts et d'entretien. Une conception convenable d'installa-

tion de fenêtres ne devrait pas accroître les coûts de construction. On devrait s'attendre qu'elle améliore le confort et la commodité, et qu'elle donne lieu à des économies d'énergie, réalisées au cours des saisons de transition.

Possibilités de Recherche

Un programme, dont le but consiste à fournir des conceptions convenables d'ouvertures d'aération, et des types de fenêtres et de portes économiques et efficaces, pourrait énormément servir à ce projet. Ces conceptions auraient une valeur considérable pour la construction future de logements dans la région. Des études devraient être consacrées à la mise au point de conceptions, convenant tout spécialement aux logements à revenu modéré. Des conceptions-types devraient être en mesure d'être construites et entretenues, compte tenu des ressources de l'acheteur. Ces modèles de logement devraient être construits de façon à résister aux rigueurs du climat de Djibouti. Ces ouvertures d'aération devraient être planifiées, leurs dimensions et leur emplacement établis dans le dessein de fournir un maximum de protection aux espaces intérieurs. Elles devraient être conçues, de manière à encourager un refroidissement naturel et à réduire la consommation énergétique des appareils de refroidissement mécanique.

IV. ANALYSE COUT-PROFIT DE LA CONSOMMATION D'ELECTRICITE

Introduction

Les points suivants sont discutés par la présente analyse:

1. Eclairage
2. Réfrigérateurs
3. Climatiseurs
4. Ventilateurs de Plafond

Mis à part l'éclairage, aucun autre type de matériel n'est prévu par les documents de construction. Le meilleur moyen de réaliser des économies d'énergie consiste à n'installer aucun parmi ces équipements supplémentaires.

Néanmoins, le temps aidant, il est bien possible que ces appareils soient, en fait, achetés dans l'avenir. Par conséquent, il nous semble approprié de voir quelles mesures peuvent être prises, afin d'améliorer la conception des maisons de Salines-Ouest et réduire la consommation énergétique à venir.

Il serait simpliste de dire que l'effort de conservation d'énergie ne devrait être entrepris qu'une fois les appareils électriques utilisés, dans la mesure où les nombreuses décisions prises améliorent le confort dans les logements, même si ces appareils ne sont pas utilisés.

D'un point de vue général, les mesures de conservation, que l'on a décrites, disposent d'un potentiel de réduction de la consommation d'énergie équivalent à moins de la moitié de ce qu'il serait, dans le cas où ces appareils n'étaient pas utilisés. Les coûts d'un tel effort sont tels que les économies d'énergie, réalisées au cours de la première année seulement, permettront de récupérer les dépenses investies.

Eclairage

Les documents de construction prévoient l'installation du nombre suivant d'appareils électriques de 60 watts à verre dépoli, pour chacune des unités de logement:

<u>Type d'Unité</u>	<u>Nombre d'Appareils Electriques</u>
A-1	Aucun dans les unités de base 3 si l'on choisit d'utiliser l'électricité; l'analyse suppose que cette option sera choisie.
B-1	3
B-2	4
C-2	4

En supposant que, pendant une année, chaque appareil électrique fonctionnera, en moyenne, pendant cinq heures par jour, la consommation électrique totale de chaque unité sera de:

<u>Type d'Unité</u>	<u>Nombre de KWH par année</u>
A-1	328,5
B-1	328,5
B-2	438
C-2	438

Le coût de la consommation d'électricité pour l'éclairage dépendra du type de branchement électrique choisi, autrement dit, savoir lequel des deux taux, 1 KVA ou 3 KVA, convient:

<u>Type d'Unité</u>	<u>Coût Annuel pour 1 KVA</u>	<u>Coût Annuel pour 3 KV</u>
A-1	9.231 FD (\$52,15)	11.990 FD (\$67,74)
B-1	9.231 FD (\$52,15)	11.990 FD (\$67,74)
B-2	12.308 FD (\$69,54)	15.987 FD (\$90,32)
C-2	12.308 FD (\$69,54)	15.987 FD (\$90,32)

Recommandation:

Substituer des appareils fluorescents à 15 Watts aux appareils à incandescence spécifiés. Lorsqu'on utilise une barrette régulatrice, la lampe fluorescente consomme 23 Watts, comparé aux 60 Watts que consomme la lampe à incandescence. Il en découle une réduction proportionnelle de la consommation d'énergie et des coûts. La lampe fluorescente produit une lumière d'une puissance de 870 lm, alors que la lampe à incandescence n'en produit que 855.

La consommation électrique annuelle pour les lampes fluorescentes, utilisées dans chaque unité, connaîtra un total de:

<u>Type d'Unité</u>	<u>KWH par année</u>
A-1	125,9
B-1	125,9
B-2	167,9
C-2	167,9

Le coût annuel pour les lampes fluorescentes sera de:

<u>Type d'Unité</u>	<u>Coût Annuel pour 1 KVA</u>	<u>Coût Annuel pour 3 KVA</u>
A-1	3.539 FD (\$19,99)	4.596 FD (\$25,97)
B-1	3.539 FD (\$19,99)	4.596 FD (\$25,97)
B-2	4.718 FD (\$26,66)	6.128 FD (\$34,62)
C-2	4.718 FD (\$26,66)	6.128 FD (\$34,62)

Bien que le prix d'une lampe fluorescente soit deux fois et demie plus élevé que celui d'une lampe à incandescence, la durée de vie de la première est dix fois plus grande que

celle de la seconde. Par conséquent, le coût annuel des lampes est beaucoup plus en faveur des lampes fluorescentes:

<u>Type d'Unité</u>	<u>Lampe à Incandescence</u>	<u>Lampe Fluorescente</u>
A-1	849 FD (\$4,80)	213 FD (\$1,20)
B-1	849 FD (\$4,80)	213 FD (\$1,20)
B-2	1.132 FD (\$6,40)	284 FD (\$1,60)
C-2	1.132 FD (\$6,40)	284 FD (\$1,60)

En mettant ensemble les coûts de l'énergie et celui des lampes, la comparaison suivante des économies, réalisées chaque année dans l'éclairage, provient de l'emploi de lampes fluorescentes:

<u>Type d'Unité</u>	<u>Economies Annuelles 1 KVA</u>	<u>Economies Annuelles 3 KVA</u>
A-1	6.328 FD (\$35,76)	8.030 FD (\$45,37)
B-1	6.328 FD (\$35,76)	8.030 FD (\$45,37)
B-2	8.438 FD (\$47,68)	10.707 FD (\$60,50)
C-2	8.438 FD (\$47,68)	10.707 FD (\$60,50)

Il est important de souligner un aspect supplémentaire favorable à l'utilisation des lampes fluorescentes à Djibouti: elles dégagent moins de chaleur que les lampes à incandescence. La lampe à incandescence de 60 Watts dégage 54 Watts de chaleur, alors que la lampe fluorescente munie de la barrette régulatrice n'en dégage que 18.

Le tableau ci-dessous indique l'excès de chaleur dégagé pendant une année par les lampes à incandescence. De plus, il indique le nombre d'heures pendant lesquelles un climatiseur de dimensions acceptables--12.000 BTU/h--doit fonctionner pour rejeter cette chaleur à l'extérieur de la maison.

<u>Type d'Unité</u>	<u>Excès de Chaleur (en BTU)</u>	<u>Nombre d'Heures de Fonctionnement du Climatiseur</u>
A-1	672.702	56
B-1	672.702	56
B-2	896.936	75
C-2	896.936	75

Coût d'Installation et Delai de Récupération

Le coût des appareils électriques dépendra de la qualité des appareils que l'on choisira. Lorsqu'on utilise des appareils électriques de qualité moyenne, la différence, en termes de coût de construction, est moindre. Par conséquent le capital est récupéré immédiatement.

Réfrigérateurs

Dans la mesure où l'installation des réfrigérateurs, dans le cas où elle a lieu, sera à la charge des occupants de la maison, il est impossible de savoir quel appareil donné sera responsable de la consommation d'électricité. Par conséquent, la discussion, que l'on trouvera ci-dessous, devra être adaptée selon les circonstances.

La quantité d'électricité consommée par un réfrigérateur dépend de son volume, de son modèle de construction, de sa rentabilité énergétique, du lieu et de la façon dont il est utilisé. Se fondant sur les études comptables, réalisées à Djibouti en 1983, on peut dire que la consommation annuelle d'un réfrigérateur est de 2.000 KWH environ. Pour cette quantité d'électricité, un abonné à 1 KVA a payé près de 56.200 FD (317 dollars), alors que l'occupant souscrivant à 3 KVA a payé 73.000 FD (412 dollars). Par conséquent, au cours d'une seule année, l'électricité nécessaire au fonctionnement d'un réfrigérateur revient à près de la moitié de la somme sacrée à son achat.

Il existe deux façons très importantes de réduire cette consommation d'électricité.

1. Isolement: L'isolement, dont sont équipés les réfrigérateurs actuellement utilisés à Djibouti, ne suffit tout simplement pas à supporter les températures élevées du pays.*

Si, tout simplement, on installait une gaine de plaquettes en mousse d'uréthane de 40 mm d'épaisseur, sur le dessus et les côtés du réfrigérateur, on réduirait de 20 pour cent sa consommation annuelle d'électricité. Cela représenterait une économie de 11.240 FD (63 dollars) à 14.600 FD (82 dollars) par année pour l'utilisateur. L'installation de l'isolement revient à 2.500 FD (14 dollars), que l'on récupère en moins de trois mois.

Bien entendu, il est possible de réaliser de plus grandes économies, si l'on place du tissu autour de la porte et la

* Cf. Chapitre VI sur les réfrigérateurs familiaux dans la "Réduction de la Consommation d'Energie dans les Immeubles" de Seymour Jarmul, et publié par VITA en 1984.

partie arrière de l'enceinte du réfrigérateur. Cependant, il se pourrait que l'utilisateur moyen éprouve des difficultés à faire cela, et accepte d'utiliser le réfrigérateur de cette manière.

2. Réfrigérateurs à rendement élevé. Lorsque le terme de "rendement" est utilisé pour les réfrigérateurs, il se réfère au volume de refroidissement produit par une quantité fixe d'électricité. Ainsi, un réfrigérateur qui dispose d'un taux de rendement élevé utilise moins d'électricité pour produire un volume donné de refroidissement qu'un réfrigérateur, dont le taux de rendement est bas.

Les méthodes d'évaluation du rendement varient d'un pays à un autre, et d'un fabricant à un autre. Néanmoins, au moment où il achète un réfrigérateur, un acheteur devrait faire attention à comparer les rendements relatifs des réfrigérateurs qui l'intéressent.

Quand bien même les modèles à rendement élevé pourraient coûter plus cher, près de 20 pour cent de plus que les modèles courants, ils peuvent réduire de près de la moitié leur consommation d'électricité, par rapport à ces derniers.

Supposons, par exemple, que l'acheteur soit obligé de payer un droit de 20.000 FD (113 dollars) pour l'acquisition d'un réfrigérateur à rendement élevé qui, autrement, est comparable à un modèle courant. Supposons, de plus, que le modèle à rendement élevé réduise la consommation annuelle d'électricité de 30 pour cent. Le profit réalisé chaque année par l'abonné à 1 KVA est de 16.860 FD (95 dollars), et celui de l'abonné à 3 KVA est de 21.900 FD (124 dollars) par an. L'investissement consenti pour l'achat d'un réfrigérateur à rendement élevé est récupéré après presque une année, et la consommation électrique continue d'être réduite par la suite.

Dans le cas où le consommateur dispose du capital pour acquérir un réfrigérateur à rendement élevé, le coût supplémentaire encouru représente une dépense qui a un sens.

Encore un mot, à propos de l'entretien des réfrigérateurs:

Lorsque le serpentín du condenseur, placé à l'arrière du réfrigérateur, se couvre de saletés, le retrait calorifique devient difficile à accomplir et, ainsi, le rendement du réfrigérateur en souffre. En dépensant près de 1.000 FD (5,65 dollars), on peut facilement obtenir une brosse servant spécialement au nettoyage aisé du serpentín. Cette brosse est de forme conique et a des poils spéciaux qui ramollissent la

saleté qu'un aspirateur ne peut atteindre, et que les brosses ordinaires n'arriverait pas à enlever.

Considérées ensemble, les trois mesures mentionnées ci-dessus permettent aux réfrigérateurs de ne consommer que la moitié de l'électricité qu'autrement ils continueraient à consommer.

Climatiseurs

Les documents de construction ne prévoient l'installation d'aucun climatiseur. Tout comme, aucun branchement d'alimentation électrique n'a été prévu pour eux. Cependant, il est probable que, dans les années à venir, l'occupant du logement décide d'en installer un, s'il dispose de l'argent lui permettant d'acheter un climatiseur et de l'utiliser. Si cela devenait réalité, il est très probable que le climatiseur soit utilisé dans la chambre à coucher, lorsque les occupants sont en train de dormir; bien que cela puisse changer d'un utilisateur à un autre.

En se basant sur les observations faites au cours de l'audit énergétique, entreprise en 1983 par VITA, la consommation électrique d'un tel climatiseur serait à peu près égale à 3.600 KWH, et coûterait à 131.400 FD (742 dollars). Ce coût est basé sur un taux de 3 KVA, dans la mesure où un climatiseur ne pourrait pas fonctionner sur 1 KVA.

On trouvera dans le Chapitre VII, consacré aux climatiseurs et aux ventilateurs de plafond, du manuel de Seymour Jarmul sur la "Réduction de la Consommation Énergétique dans les Immeubles" qui a été publié en 1984 par VITA, une discussion des moyens de réduire cette consommation énergétique. Les recommandations formulées dans ce chapitre s'appliquent au projet proposé pour Salines-Ouest.

Comme exemple de la rentabilité en fonction du coût de certaines de ces mesures, on examinera ci-dessous le recours à l'isolement et à celui d'une barrière de rayonnement de plafond.

Les documents de construction pour Salines-Ouest indiquent ce qui suit:

Superficies des Différentes Parties (en m²)

Type d'Unité	Superficie de la maison		Superficie du plafond		Superficie des murs (superficies des fenêtres et de la porte non-comprises)	
	Salle N° 1	Salle N° 2	Salle N° 1	Salle N° 2	Salle N° 1	Salle N° 2
A ₁	12,23	--	12,23	--	39,93	--
B ₁	15,20	--	15,20	--	44,02	--
B ₂	15,20	12,80	15,20	12,18	44,98	40,61
C ₂	15,20	12,80	15,20	12,18	44,98	40,61

Isolement

L'utilisation d'un isolement en mousse d'uréthane pour les murs (d'une épaisseur de 40 mm) et pour le plafond (50 mm) réduira la consommation annuelle de près de 50 pour cent, par rapport aux niveaux d'origine. Cette constatation est fondée sur les audits énergétiques entrepris à Balbala 2 et à Isotherma, où les mesures ont permis des réductions respectives de 93 pour cent et 75 pour cent.*

Une réduction de 50 pour cent représente une économie annuelle de 65.700 FD (371 dollars). Le coût de l'installation de l'isolement sera d'environ 1.000 FD/m² (5,65 dollars). En supposant que cet isolement soit installé dans une salle faisant 15,20 m² de surface (voir le tableau ci-dessus), l'installation de cet isolement sur les murs et sur le plafond reviendra à 60.180 FD (340 dollars). Cette somme sera récupérée après moins d'une année.

Barrière de rayonnement de plafond

Les barrières de rayonnement de plafond peuvent être très efficaces, lorsqu'elles sont utilisées, sous des climats chauds, avec des immeubles, dont la majorité de l'équipement

* Ce chiffre englobe d'autres mesures, en plus de l'isolement; toutefois, l'avantage principal découle de l'isolement.

est à charge superficielle (par opposition à une charge de rayonnement élevée).**

La construction initiale des immeubles de Salines-Ouest suppose l'installation d'un toit en tôle ondulée. Si l'expérience passée devait servir à quelque chose d'utile, la plupart des Djiboutiens ajouteront un faux-plafond, d'un type quelconque, en-dessous de cette pellicule extérieure, aussitôt qu'ils pourront se le permettre.

Le coût marginal de l'installation de feuilles d'aluminium au cadre du plafond, ou en le clouant--seul--à la chambre de ventilation du grenier, s'élèvera à près de 350 FD/m² (deux dollars).

Lorsque le climatiseur est en marche, il est supposé que la porte et les fenêtres sont (nous l'espérons) fermées. L'effet produit par la barrière de rayonnement consiste en la réduction de la température de la pellicule interne du plafond. Cela, par conséquent, réduit le volume de chaleur rayonnée en direction des occupants de la maison qui se trouvent en-dessous. Dans le cas où, n'ayant rien d'autre qu'un toit en tôle ondulée au-dessus, la partie inférieure du métal atteint une température supérieure de 15 à 20 degrés centigrades par rapport à la température ambiante à l'intérieure de la salle, le recours à un panneau de plafond, équipé d'un panneau de fibres agglomérées de 15 mm d'épaisseur, et enveloppé de feuilles d'aluminium, fera tomber la température à deux ou trois degrés au-dessus de la température ambiante. En retour, le confort des occupants de la maison sera amélioré de manière substantielle.

Le nombre d'heures d'utilisation réduite du climatiseur, découlant du recours à la barrière de rayonnement, n'est appuyé par aucune statistique, obtenue sur le terrain, permettant d'illustrer le profit réalisé. Si l'on suppose une réduction de 15 pour cent seulement, cela représente une économie annuelle de 13.140 FD (74 dollars), comparé au coût d'installation, pour une salle ayant une surface de 15,20 m², de 5.320 FD (30,06 dollars). La récupération est réalisée en moins de cinq mois.

Ventilateurs de Plafond

Se fondant sur les observations faites au cours des vérifications énergétiques, on peut dire que le ventilateur de pla-

-
- ** 1. "Les Toits sous les Tropiques Chauds et Humides", O. Koenigsberg et R. Lynn, publié par Lund Humphries, 1965.
2. "Des Barrières de Rayonnement pour des Maisons plus Fraîches", P. Fairey, Solar Age, juillet 1984.

fond moyen consomme entre 500 KWH et 600 KWH chaque année. A 550 KWH par an, cela représente des dépenses de l'ordre de 16.860 FD (95 dollars) pour un abonné à 1 KVA, et 20.075 FD (113 dollars) pour un abonné à 3 KVA. Il ne sera pas possible de réduire pareille consommation, quelles que soient les mesures prises, tant que les gens continueront de mettre en marche un ventilateur aussitôt qu'ils rentrent dans une salle, et le font marcher jusqu'à ce qu'ils la quittent.

Les mesures de conservation d'énergie, discutées précédemment, amélioreront les niveaux de confort. En conséquence, les gens pourraient, en théorie, finir par ne pas autant utiliser leurs ventilateurs.

Il va falloir énormément d'observations sur le terrain, avant que l'on ne puisse affirmer, avec certitude, qu'une réduction de la consommation est possible dans ce domaine.

V. RECOMMANDATIONS

Le projet-pilote de Salines-Ouest constituera la première tentative, effectuée par Djibouti, en vue de fournir un abri, que pourront se permettre les personnes à revenus bas et moyen, avec un minimum de subventions. Cet effort représente la première étape en direction de la solution au problème de logement que connaît Djibouti, et devrait être utilisé, avec le dessein d'établir des normes de conception de logement appropriée, que l'on pourra reproduire.

Les contraintes que connaît Djibouti sont douloureuses, et dues à des ressources en matériaux limitées, des coûts élevés, et un climat rigoureux, sont douloureuses. Jusqu'ici, aucun effort de recherche structuré n'a été entrepris dans les domaines de la conception et de la construction. Autant de problèmes auxquels les constructeurs continueront de faire face à Djibouti. L'importance modeste du projet de Salines-Ouest, au vu du problème de logement actuel, comporte l'assurance que toute unité bâtie sera vendue, même si la planification et la construction sont loin d'être idéales. Cela ne devrait pas cacher le fait que le projet d'habitat de Salines-Ouest constitue une occasion unique pour mettre à l'épreuve de nouvelles conceptions, des méthodes de construction, et de nouveaux matériaux. Leur application aura lieu non seulement à ce projet, mais également à tous les projets futurs d'habitations à loyer modéré.

Le besoin de résultats, provenant d'une recherche effectuée dans la construction, et dans un pays spécifique, augmentera au fur et à mesure que le secteur du bâtiment deviendra plus important à Djibouti. Parmi les domaines sur lesquels il faudrait se pencher on retrouve: l'expérimentation menant à

la production de matériaux de construction faits à partir de ressources locales, la conception de normes et codes de construction qui seront établis à la mesure d'immeubles à un étage réalisés sur une petite échelle, des études de planification et d'énumération architecturales, afin de tempérer le climat de la région. Il reste suffisamment de temps pour organiser des recherches pratiques, visant de manière spécifique les problèmes du projet de Salines-Ouest. On pourrait utiliser un tel projet pour servir de catalyseur, en vue d'organiser l'intérêt et le soutien pour la recherche dans le bâtiment, dont ont fait part des agences internationales, collaborant avec le Djibouti dans le domaine de l'aide.

BIBLIOGRAPHIE

DOCUMENTS DE LA BANQUE MONDIALE:

Djibouti: Projet de développement urbain,
Groupe/SEDES, septembre 1983. (Texte en français)

Djibouti: Urban Development Project,
Groupe Huit/SEDES, septembre 1983. (Résumé en
Anglais)

Rapport d'estimation du personnel, projet de
développement urbain à Djibouti, Rapport No.
5005-DJI, avril 1984. (Texte en anglais)

Rapport d'évaluation, Djibouti projet de développement
urbain, août 1984. (Texte en français)
"Constructions de maisons aux Salines-Ouest:
Avant-projet sommaire", Groupe Huit/SEDES, Octobre
1984.

DOCUMENTS DE VITA:

Building for the Maritime Desert: Climate, Construction,
and Energy in Djibouti, (texte en anglais). ISERST/
VITA, Daniel C. Dunham, August 1983.

Construire dans la région du désert maritime:
Climat, construction et énergie à Djibouti
(texte en français).

Reducing Energy Consumption in Buildings: The Potential
for Conservation in Djibouti (texte en
anglais). ISERST/VITA, Seymour Jarmul, juillet
1984.

Réduire la consommation d'énergie dans les
bâtiments: Les Possibilités de conservation
d'énergie à Djibouti (texte en français).

Djibouti Energy Initiatives: National Energy Assessment,
ISERST/VITA, Matthew Milukas et al., septembre
1984.