Un matériau de construction économique: la "Coralite"

L'église de la Société des Missions de Londres, Avarua, Rarotonga. Bâtie il y a 120 ans, elle constitue un excellent exemple de construction à l'aide de blocs de corail jointoyés par un mortier à base de chaux de corail et de sable, procédé mis au point par les missionnaires. Il convient de remarquer les solides piliers d'arc-boutant et les murs épais de 90 cm.

Lors d'une série d'essais qui se sont prolongés pendant plus de neuf ans, l'auteur de cet article a mis au point un procédé permettant d'obtenir, à partir du corail, un matériau de construction à la fois économique et de bonne qualité. Aux îles Cook, la "Coralite" est maintenant utilisée comme matériau standard pour la construction des édifices publics; elle sert également à bâtir habitations, bureaux, boutiques, etc... Les prix de revient de ces bâtiments en Coralite sont très inférieurs à ceux des constructions en béton.

Par WINTON H. RYAN *

IL y a plus de 100 ans, les missionnaires de la Société des Missions de Londres introduisirent aux îles Cook une nouvelle technique de construction — l'utilisation d'une chaux à base de corail. Le corail étant calciné et transformé en chaux, on faisait ensuite un mortier en ajoutant à celle-ci de l'eau salée et du sable de mer. Ce mortier servait à jointoyer les gros blocs de corail qui constituaient l'essentiel de leur système de construction.

Des lianes étaient parfois utilisées pour renforcer la maçonnerie, mais sa solidité était due essentiellement à l'épaisseur des murs qui atteignait 0,75m pour les grands bâtiments, et 0,45m au minimum pour les petits.

Bien que certains des bâtiments ainsi construits aient aujourd'hui plus de cent ans et qu'ils aient perdu leur toiture depuis longtemps sous l'action des tempêtes et de l'âge, les murs de corail sont toujours debout.

* En qualité de Chef du Service des Travaux Publics aux îles Cook, M. Ryan a dirigé les travaux dont il est question dans le présent article.

Le bâtiment pendant l'après-guerre

Après la seconde guerre mondiale, les îles Cook, comme d'autres territoires du Pacifique, durent rattraper le temps perdu dans le domaine du bâtiment. Cette situation, à laquelle vint s'ajouter la création de nouveaux services, eut pour conséquence une demande sans précédent dans l'industrie du bâtiment. Malheureusement, on manquait de ciment et d'autres matériaux. C'est pourquoi on procéda à des essais avec des matériaux d'origine locale; on pensa automatiquement à utiliser le corail qu'il était plus facile de se procurer. Cependant, la technique suivie par les missionnaires nécessitait

Ci-dessous: Une fosse avant la mise à feu. Noter les ouvertures qui servent à la fois à l'allumage et à la ventilation durant l'opération. A mesure que les blocs de corail se délitent et que le bois placé au-dessous brûle, la masse descend lentement dans la fosse, laissant finalement dans celle-ci un dépôt de chaux pure. Ci-dessous, à droite: Deux fosses placées côte à côte à un stade différent de l'opération. Dans celle qui se trouve à l'extrême droite, on a disposé les bûches servant de combustible de manière à entasser les blocs de corail par-dessus. Dans la seconde, on peut voir le produit fini, environ 50 tonnes de chaux.

Une habitation en construction. Un ouvrier muni d'une brouette apporte le produit à pied d'oeuvre, tandis que deux hommes sont occupés à damer le mélange afin d'éviter la formation de poches d'air dans la masse. La technique employée est simple et tous les travaux sont effectués par des Rarotongans, à l'exclusion de toute main-d'oeuvre européenne.

une main-d'œuvre considérable et un volume de matériaux excessif étant donné l'extrême épaisseur des murs de leurs constructions. On s'efforça donc d'élaborer une technique présentant les caractéristiques suivantes:

1.) Utilisation de matériaux faciles à se procurer,

2.) Bas prix de revient de la construction.

3.) Recours à des méthodes nécessitant un minimum de personnel spécialisé,

4.) Construction de bâtiments durables et de bonne apparence.

Le système élaboré, dont nous donnons les grandes lignes dans cet article, répond à toutes ces exigences. En fait, le succès remporté a été considérable et bien qu'aujourd'hui les importations aient repris normalement, la Coralite a pris rang de matériau de construction standard pour la construction des bâtiments publics du Groupe. On a trouvé qu'elle convenait à l'édification de maisons, d'écoles, de bureaux, de magasins, d'ateliers et d'autres structures.

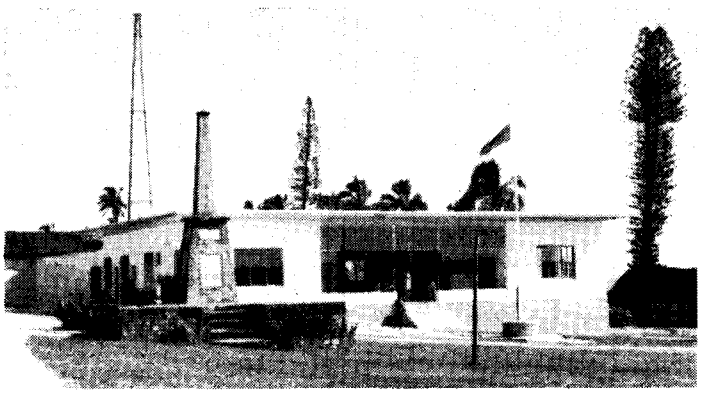
En outre, on a constaté qu'elle avait deux avantages que l'on n'escomptait pas à l'origine. Tout d'abord, de nombreux insulaires ont suivi cette méthode pour construire leurs habitations, leurs boutiques et leurs magasins. Le prix de revient du bâtiment étant surtout alourdi par les frais de main-d'œuvre, les familles ont compris qu'en fournissant elles-mêmes cette main-d'œuvre elles pouvaient avoir des habitations bien supérieures à meilleur marché.

Ensuite, tandis que les fonds consacrés à l'achat de ciment et d'autres matériaux quittent le Groupe, l'argent consacré aux constructions en Coralite profite à l'économie locale et procure un emploi à de nombreux insulaires qui, autrement, seraient sans travail.

Compression des prix de revient

Depuis 1951, on s'est servi de Coralite pour construire quelque 14.000 m² de bâtiments, ce qui représente 42% de l'ensemble du programme de construction des pouvoirs publics réalisé pendant cette période. Celui-ci comprend 26 habitations pour les membres du personnel européen, plusieurs classes, des bureaux, des dispensaires, des cabinets dentaires etc... Tous ces bâtiments sont en condition parfaite et ne présentent aucun signe de détérioration. Le coût de production de la chaux (sur la base de 140 frs CFP par jour pour une main d'œuvre non spécialisée) atteint 1.100 frs CFP la tonne. Par comparaison, le ciment de Portland revient à 5.200 frs CFP la tonne dans le Territoire. Les bâtiments construits en Coralite reviennent à environ 3.000 frs CFP au mètre carré pour les magasins et ateliers, et à environ 4.200 frs CFP au mètre carré pour les habitations du personnel européen. Ces prix de revient sont très inférieurs à ceux de la construction en ciment.

Ci-dessous: Les bâtiments de l'administration, dans l'île de Mangaia. Couvrant une superficie d'environ 350 m2, ils comprennent un bureau de poste, une station d'émission radiophonique, un poste de police, le bureau des coopératives, un tribunal, les bureaux de la Résidence et des logements destinés au personnel administratif. Les murs sont d'une hauteur uniforme et le toit à un pan est incliné vers l'arrière. Les fondations sont en béton, le reste de la bâtisse étant construit en Coralite. Ci-dessous, à droite: un groupe scolaire moderne de quatre classes en Coralite. L'Ecole de Nikao (Rarotonga), bâtie en 1953, fut le premier établissement scolaire construit en Coralite. On y trouve des innovations en matière d'éclairage et de ventilation.



Ci-dessus: Un ensemble de trois habitations destinées au personnel, en cours de construction. Ce type de bâtiment, y inclus l'équipement intérieur, revient à environ 3.800 fr CFP le mètre carré. Salon et salle de séjour font face à la route, les chambres et les communs étant orientés vers l'arrière. A droite: Atelier de menuiserie du Service des Travaux Publics des îles Cook, inclus dans un ensemble comprenant ateliers, magasins et bureaux, soit au total une superficie de près de 4.000 m2. Ce dépôt, entièrement construit en Coralite, a coûté environ 2.250 fr CFP le mètre carré.

Ramassage et cuisson du corail

Toutes les formes de corail vivant peuvent être utilisées pour produire une chaux propre aux mélanges avec un agrégat aux fins de construction. Cependant, la meilleure chaux provient des têtes de corail solides, mais tendres, qui abondent dans les lagons. Parfois on les sort du lagon à l'aide de câbles métalliques tirés par des tracteurs. Plus fréquemment, des équipes d'hommes munis de masses les brisent en morceaux qui sont ensuite transportés sur le rivage.

De nombreuses formes de corail mort sont impropres à la préparation de la chaux. On les reconnaît à leur grain très fin et à leur couleur blanche. Sous cette forme, le corail n'est pas tendre, mais extrêmement cassant et il s'effrite rapidement sous les coups du marteau ou de la hache. On trouve généralement de tels dépôts en surface et, sans aucun doute, ils proviennent de têtes de corail brisées durant les tempêtes et poussées vers la côte par les vagues.

Le corail à gros grain qui contient des coquillages et des corps étrangers devrait être rejeté, car il faudrait employer une grande quantité de combustible pour le réduire en chaux utilisable, l'opération donnant un déchet considérable.

On brûle un mélange de bois à combustion rapide (il s'agit généralement de cocotier) et de bois à combustion lente d'origine locale. Ces deux combustibles s'équilibrent réciproquement durant l'opération. Le foyer est protégé par des bâches tendues sur le côté au vent, ce qui permet d'éviter que la flamme ne soit chassée sur un côté seulement de la pile de bois, assurant ainsi une combustion régulière.

Les bûches sont disposées en lignes se coupant à angle droit, les palmes sèches, la bourre etc... se trouvant placées entre elles et servant de petit bois. Autour de la pile sont pratiquées des ouvertures servant à l'allumage (qui se fait simultanément sur tout le pourtour) et à la ventilation. Des tas de corail sont disposés de place en place autour du foyer et, pendant l'opération, on s'en sert pour recharger lorsque la flamme traverse la couche de corail. Durant les premiers jours de la combustion, des ouvriers armés de perches remuent les blocs de corail pour faciliter le délitage de la pierre.

La construction en Coralite se poursuit régulièrement à Rarotonga; il en résulte que la production de la chaux elle-même est devenue une industrie parfaitement organisée. Nous disposons de trois fosses ayant chacune une capacité de 240 fûts de 200 litres. Ces fosses travaillent par roulement: pendant que la première est allumée la seconde est en cours de préparation, tandis qu'on décharge la troisième. La cuisson dure environ 8 jours. A partir du 3ème jour, les fosses sont arrosées d'eau douce durant les heures de travail.

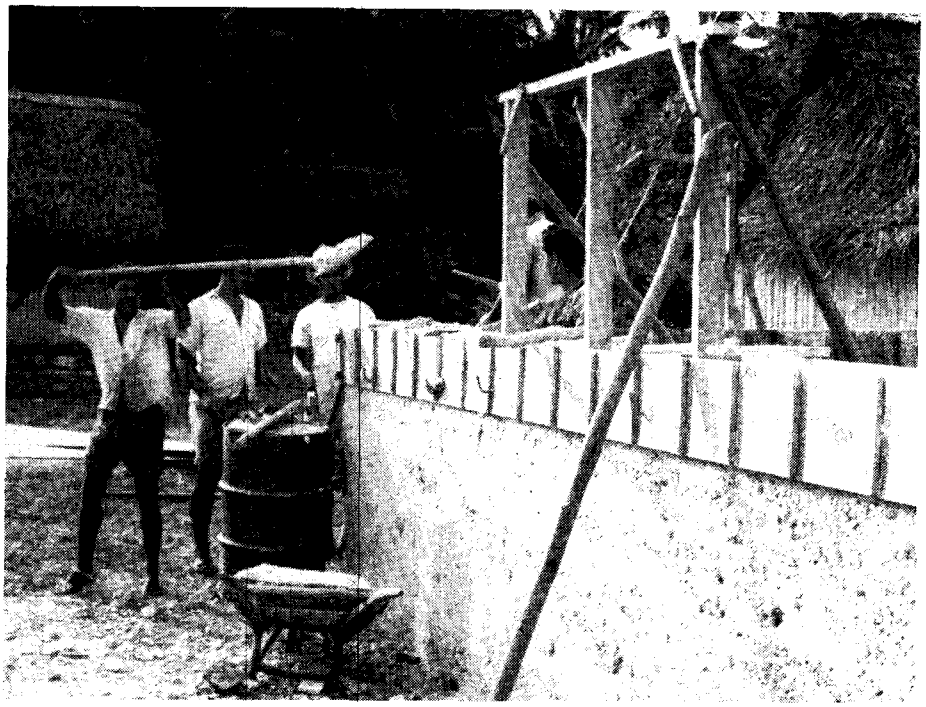
La formule

Les méthodes suivies et les matériaux utilisés varient selon les îles, mais la formule de base est la suivante: 6½ parties de concassé × 4½ parties de concassé tout-venant × 2 parties de mortier, en volume. A Rarotonga, une carrière est pourvue d'un équipement important pour la production de basalte concassé. En d'autres îles, où un vaste programme de construction est en cours (installations portuaires, écoles, hôpitaux, bâtiments administratifs, habitations du personnel), on concasse le corail.

Lorsqu'il s'agit de construire de petits bâtiments ne justifiant pas l'emploi d'un équipement mécanique, on suit une méthode différente; c'est le cas en particulier sur les atolls. A la suite de nombreuses expériences, on a trouvé qu'en mélangeant du mortier et du concassé dans des bétonneuses, comme pour la fabrication du béton ordinaire, on peut construire un mur beaucoup plus fort dont l'épaisseur est réduite. Le mélange No. 9 découle de ces expériences. Ce mélange, dont la formule est donnée ci-dessus, a reçu le

Un autre type de construction scolaire à bon marché bâtie en Coralite. Y compris le toit et l'équipement intérieur, le prix de revient s'élève à 2.700 fr CFP le mètre carré.

La construction en Coralite a la faveur des insulaires qui désirent bâtir des habitations permanentes à bon marché. On voit ici, à Mangaia, une famille en train de bâtir sa maison. Bien que le mélange ne soit pas fait à la bétonnière, dans l'ensemble la technique suivie est celle qui est exposée dans l'article.



nom de Coralite, ceci pour le distinguer du béton à base de ciment Portland et d'autres matériaux à base de corail.

La technique du mélange

Comme on l'a dit auparavant, la chaux de meilleure qualité a la consistance d'un épais mortier, et à ce stade elle contient la quantité d'eau requise par un mélange riche; donc, quel que soit l'agrégat, le mélange sera dur à travailler et il faudra recourir à une bétonnière à moteur.

Certes, on voit parfois des entrepreneurs locaux faire leur mélange à la main dans divers récipients (ils semblent généralement affectionner les vieilles pirogues à cet effet) et ajouter de l'eau pour faciliter l'opération. Toutefois, quand il s'agit d'édifices publics, nous préférons un travail de meilleure qualité et nous utilisons des machines dont la capacité varie de 0,255 m^3 à 0,382 m^3.

Il y a lieu de noter que la chaux retient sa teneur en humidité pendant des années tant qu'elle demeure dans la fosse, mais qu'elle sèche rapidement une fois qu'elle en est sortie. C'est pourquoi on n'en extrait que la quantité nécessaire aux besoins immédiats.

La densité du mélange dépend de l'agrégat, et la proportion est généralement de 1 pour 5, les quantités étant mesurées à l'aide de boîtes carrées de 30 cm de côté.

Coulage du mélange

L'opération est analogue au coulage du béton. Le coffrage est bâti à l'aide de fûts de 200 litres déroulés et fixés sur une armature en bois de 5 x 7,5 cm de section. Bien entendu, on peut utiliser des planches — même des planches de cocotier — mais le coffrage constitué à l'aide de fûts est le plus économique lorsqu'on doit monter un certain nombre de bâtiments.

Le mélange est transféré du malaxeur au coffrage par brouette. On n'emploie pas de vibrateurs, mais deux hommes munis de dames sont nécessaires pour mettre en place le contenu d'une brouette. Leur tâche est pénible étant donné la densité du mélange, et un contrôle rigoureux est requis pour éviter les poches d'air dans la masse.

Pour maintenir le coffrage en place, le mieux est d'utiliser des boulons qui pourront servir indéfiniment. Ces boulons doivent être légèrement dévissés le lendemain du coulage; au cas où l'on négligerait d'effectuer cette opération, on s'apercevrait, au décoffrage, que l'adhérence du mélange aux boulons a provoqué la chute de plâtras aux points de retrait. Il est facile d'éviter ce léger défaut.

Si la pluie menace après l'opération, on recouvre avec de vieilles tôles ou tout autre objet disponible. Par beau temps, particulièrement s'il y a du vent, le décoffrage peut être effectué au bout de trois jours.

La Coralite étant éteinte à l'air (par opposition au ciment Portland qui est éteint à l'eau), la prise est accélérée après le décoffrage. Pour un bâtiment de dimensions moyennes, la préparation du second coffrage prendra environ deux jours, de sorte que le second coulage peut commencer dès le sixième jour qui suit l'exécution du premier.

En pratique, on attend trois jours avant de décoffrer la première charge, quatre pour la seconde, et cinq pour les suivantes. Ces délais sont valables pour un bâtiment d'une hauteur sous plafond de 3 mètres, dans des conditions climatiques favorables et avec exposition au vent.

Bien entendu, on présume qu'il s'agit d'un mélange sec, reposant uniquement sur la teneur en eau du mortier; toute modification à ces données entraînant

Habitations destinées au personnel à Rarotonga. Les murs sont couverts d'un enduit de chaux et de sable, ce qui permet de réduire l'entretien à un simple passage des murs à la chaux.

naturellement une modification des délais indiqués ci-dessus.

Profondeur du coffrage

En ce qui concerne la profondeur du coffrage, on a d'abord utilisé des coffres de 7,5 cm de profondeur. Toutefois, cette dimension fut ramenée par la suite à 5 cm pour deux raisons:

(1) Une épaisseur de 7,5 cm de Coralite prenait deux fois plus de temps pour sécher qu'une épaisseur de 5 cm, avant le prochain coulage.

(2) Un coulage plus profond nécessitait davantage de renforcements. Le bois de coffrage est un matériau de construction relativement coûteux, même lorsqu'il s'agit de cocotier; en effet, ce dernier, donnant des planches très étroites, il faut employer un plus grand nombre de clous et de renforcements.

Dans le cas où l'on exécuterait un vaste programme de construction, j'estime qu'il serait plus économique d'employer des coffres standard en acier, et que dans ce cas, un coulage sur 5 cm de profondeur serait préférable, car la Coralite sécherait plus lentement que dans des coffres en bois.

Détails de construction

La Coralite ayant un taux de compression plus bas que le béton au ciment Portland, sa solidité comme matériau de construction dépend de bonnes fondations, de l'épaisseur des murs et de leur nivellement au sommet nécessaire à une bonne répartition des charges de la charpente. Ce type de matériau ne gagnerait rien à être armé. Les cloisons sont également en Coralite de façon à fournir un renforcement latéral.

On suit généralement les normes suivantes:

(1) *Fondations*: On creuse dans la terre ou le sable une tranchée de 60 cm de large sur 45 cm de profondeur. On y coule de la Coralite tout-venant jusqu'au niveau du sol. Ce mélange tout-venant consiste en résidus provenant de la préparation de la chaux. De gros blocs de corail sont joints à la masse qui est ensuite damée fortement.

(2) *Chaînage inférieur:* Le coffrage est centré sur les fondations et, sous tous les murs, y inclus les cloisons, on coule un béton dense au ciment Portland sur une épaisseur de 23 cm. Deux barres en acier doux de 12,5 mm de diamètre sont prises dans cette ceinture sous 5 cm d'épaisseur. Le chaînage a un double objet: premièrement, la Coralite est poreuse et l'épaisseur de béton dense ainsi coulée réduit son action capillaire. Deuxièmement, elle constitue une base ferme continue pour les murs, prévenant ainsi l'apparition de fissures qui pourraient provenir d'affaissements localisés dans les fondations. Après quoi, on coule de la Coralite dans le coffrage sans autre modification. Lorsque le coulage est terminé et la masse bien nivelée, on y insère de petits blocs coralliens sur champ afin qu'ils servent d'accrochages pour les sections suivantes. Ces points d'accrochage devraient être séparés par une distance d'environ 30 cm.

(3) *Chaînage supérieur:* On le construit en suivant la méthode exposée précédemment et il a également un double objet: premièrement, il permet une répartition équilibrée des charges de la charpente, ceci pour éviter que les murs ne se crevassent. Deuxièmement, il sert à ancrer les tire-fond grâce auxquels sont fixées les fermes. Ces boulons filetés en acier doux de 12,5 mm de diamètre (terminés en U) ont 1,05 m de long. Ils sont ancrés dans les murs de Coralite et passent à travers le chaînage de béton, pour venir coiffer entrait et sablière.

(4) *Autres travaux en béton.* Une petite quantité de béton est coulée sur les bords des portes et fenêtres, afin d'assurer un bon ancrage des chambranles. L'opération est effectuée en même temps que le coulage de la Coralite et on n'utilise aucun tampon dans le coffrage pour séparer les deux mélanges. Bien que le béton prenne plus vite que la Coralite, on n'a pas jusqu'à présent constaté la présence de crevasses entre les deux agrégats.

La nécessité de prévoir des linteaux en béton complique les plans à un degré considérable, car en pays tropical, les habitations doivent avoir un plus grand nombre d'ouvertures que sous d'autres latitudes. Lorsqu'on dresse les plans, on s'efforce donc d'aligner le sommet des portes et fenêtres à une hauteur telle que le chaînage supérieur leur serve en même temps de linteau. Les planchers sont également en béton.

(5) *Epaisseur des murs et des cloisons.* Pour des bâtiments bien cloisonnés dont la hauteur sous plafond ne dépasse pas 3 mètres et dont la largeur n'excède pas 7,30 mètres (écoles, habitations, magasins, petits hôpitaux et dépendances), l'épaisseur des murs et des cloisons est de 30 cm. Un atelier de menuiserie sans cloison, dont les dimensions sont 37 × 11m, a des murs de 45 cm. Un bâtiment administratif ayant les mêmes dimensions, mais cloisonné sur un tiers de sa longueur, a des murs de 37 cm.

(6) *Plâtrage.* On utilise un enduit composé de deux parties de sable de mer tamisé et d'une partie de chaux de corail que l'on délaye avec de l'eau salée et que l'on applique ensuite avec les outils courants du plâtrier. L'enduit est préparé dans des fûts de 200 litres, un jour avant son application. On élimine l'eau en excès qui s'accumule en surface pendant la nuit. Le finissage est fait avec une taloche en bois, grâce à laquelle on aplanit les petites irrégularités qui apparaîtraient sur une surface lisse si l'on utilisait un outil métallique. En l'absence d'un ouvrier de métier, on peut obtenir une surface uniforme en clouant aux angles des planchettes de bois de 1,25 cm. Une ficelle bien tendue déplacée le long des murs entre ces lattes permettra de contrôler l'uniformité de l'ensemble. Par précaution contre d'éventuels dégâts, on découpe au burin la Coralite aux angles extérieurs du bâtiment et on recouvre avec un enduit de ciment. Ces angles sont ensuite arrondis.

Le finissage des surfaces extérieures

Pour le finissage des surfaces extérieures, on emploie un mélange de chaux et d'eau de mer, et il suffit d'appliquer cet enduit de temps en temps pour blanchir les surfaces. A l'intérieur, on utilise diverses peintures mates, y inclus les peintures plastiques, mais on a constaté que la peinture à l'eau, si économique, donne des résultats satisfaisants, et qu'elle retient la couleur mieux que plusieurs marques de peintures plastiques utilisées jusqu'à présent.

LE RELOGEMENT DES INSULAIRES DE NIUE

(Suite de la page 17)

agrandie par l'adjonction de pièces supplémentaires. Les occupants fournissent les portes, les fenêtres et autres extras. La carcasse d'un bloc "ablutions-cuisine" et un réservoir d'eau d'une capacité de 1.800 litres sont également fournis sur les crédits.

Le coût d'une maison varie entre £175 et £250 selon les matériaux utilisés. Si l'occupant rembourse £175 en douze ans, on le tient quitte du reste.

Des plans d'exécution simple

En vue d'une construction peu coûteuse, rapide et ne nécessitant qu'un minimum de surveillance, le département d'architecture du Service des Travaux Publics de la Nouvelle-Zélande a élaboré des plans simples et économiques, ainsi que des épures et une notice explicative pouvant être utilisées par une main-d'œuvre non spécialisée.

Des contremaîtres spécialisés dans l'industrie du bâtiment surveillent des groupes de manœuvres bénévoles qui utilisent des outils donnés par les Gouvernements australien et fidjien ou achetés avec des crédits envoyés à titre de secours.

Ce programme de reconstruction fournit des maisons commodes et solides, mais il offre également d'autres avantages. Le tracé des villages et leur système sanitaire en seront grandement améliorés, tandis que le surpeuplement, qui existait déjà avant les cyclones, sera éliminé.