

# Les essais de matériel destiné aux régions tropicales effectués au Laboratoire de Saint-Cyr

(Office de la recherche scientifique et technique d'outre-mer)

par A. DELRIEU

Ingénieur à l'Office de la Recherche scientifique et technique d'outre-mer

L'équipement des régions sous-développées, l'accroissement de l'industrie un peu partout dans le monde, la recherche de nouvelles sources d'énergie se sont trouvés en face de problèmes nouveaux du fait de la situation géographique des pays intéressés.

La lutte contre le climat se traduit dans les pays les plus développés actuellement, dans les pays tempérés, par la recherche de moyens de chauffage plus efficaces, de revêtements plus étanches, etc... Elle s'est trouvée devant une tâche beaucoup plus importante du fait d'une nature plus agressive lorsqu'il s'est agi de transporter notre activité, nos modes de vie dans des pays dont une partie importante est située sous les tropiques ou subit un climat assez différent du nôtre.

Un climat est déterminé par de nombreux facteurs et l'on peut dire qu'il n'y a pas deux endroits qui aient exactement le même climat. Cependant considérant surtout l'agressivité du climat vis-à-vis des divers aménagements on s'aperçoit que les deux facteurs les plus importants sont la chaleur et l'humidité, d'autres (pouvant du reste devenir prépondérants dans certains cas) étant le sable, les moisissures, les insectes, etc...

## La lutte contre deux éléments dominants : l'humidité et la chaleur

C'est la chaleur et l'humidité qui différencient le plus du nôtre le climat des régions auxquelles nous nous intéressons. L'action de ces deux composantes du climat se manifeste de plusieurs façons.

La chaleur peut se transmettre soit par convection, soit par rayonnement, soit par conduction. Dans les régions tropicales, le matériel peut donc souffrir soit du fait que l'air est à une tempé-

rature élevée, soit que le rayonnement solaire est très abondant ou des deux à la fois.

De toute façon, ces élévations de températures provoquent des dilatations qui peuvent amener des ruptures, des ramolissements, des évaporations de liquides, ainsi que la modification de la plupart des constantes physiques, en particulier, des constantes électriques. Des phénomènes chimiques se produisent également, ils sont en général provoqués par une accélération très grande de réactions difficilement perceptibles dans les conditions normales. Oxydation, attaque par des acides, etc...

L'humidité agit soit sous forme de vapeur en pénétrant au sein des divers matériaux, soit sous forme d'eau condensée en attaquant la surface des revêtements et en pénétrant à l'intérieur. Il se produit également de gros changements des propriétés physiques par imprégnation d'humidité, et des réactions chimiques importantes s'amorcent rapidement, oxydations, etc...

La combinaison de ces deux facteurs, humidité et température, est très préjudiciable au matériel qui, s'il n'est pas spécialement conçu pour fonctionner dans ces climats, est rapidement détérioré.

Remarquons au passage que ce n'est pas tellement une action constante des facteurs dont nous venons de parler rapidement qui est la plus néfaste. La variation continue, mais pouvant être assez rapide, de ces différents facteurs est beaucoup plus nocive. Une suite de dilatations et de retraités alternés désagrège rapidement un ensemble qui présente déjà des solutions de continuité. La variation du taux d'humidité de l'atmosphère est également néfaste, elle provoque des migrations de l'eau contenue à l'intérieur des matériaux, des condensations, peuvent se produire ; l'eau qui

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 29 237 ex 1

Cote : B

se trouve au départ en un certain endroit peut se trouver déplacée en un autre point où son action peut être extrêmement dangereuse pour la vie du matériel.

D'autre part, la présence d'humidité favorise le développement des moisissures dont l'action sur les surfaces est extrêmement active dans certains cas et qui peut conduire à des catastrophes dans le cas de matériel électrique par exemple.

Ceci étant, il est nécessaire si l'on veut équiper les régions placées sous ces climats, de matériel utilisé dans la métropole, d'adapter ce matériel aux nouvelles conditions dans lesquelles il aura à travailler.

Beaucoup de travaux ont été effectués dans ce sens et des résultats intéressants ont déjà été obtenus. Ce sont souvent des problèmes particuliers pour chaque cas et on ne peut pas toujours utiliser des règles générales.

De toute manière, avant d'expédier du matériel en climat tropical, il est nécessaire de faire des essais préalables afin de se rendre compte s'il pourra fonctionner sans défaillance.

On peut, soit expédier des échantillons témoins sur place et faire observer leur comportement ou les faire retourner pour examen au bout d'un certain temps. Ce n'est pas très commode et assez long du fait du transport.

On peut également observer le comportement des divers matériaux en les confiant à des laboratoires qui reproduisent des climats tropicaux types et peuvent faire des mesures sur les différentes caractéristiques des matériaux étudiés pour en noter les modifications et pour vérifier si la protection spéciale prévue est bien efficace.

Le problème de la protection du matériel se divise généralement en trois problèmes différents : celui du transport, celui du stockage et celui du fonctionnement une fois arrivé à destination.

Nous avons vu rapidement en quoi consiste ce dernier, il convient de remarquer aussi que le constructeur fera bien de prévoir que les utilisateurs de son matériel ne seront pas toujours compétents et adroits et que la main-d'œuvre dans les pays dont il s'agit n'est pas souvent spécialisée.

Le problème du transport n'est pas toujours apparent, mais n'en existe pas moins. Si le matériel doit se rendre dans une région de l'hémisphère sud où règne un climat analogue au nôtre, n'ou-

blions pas que pour y arriver il devra passer sous les tropiques pendant quelque temps et subir les effets alternés ou conjugués du brouillard salin et du climat équatorial.

On nous a signalé le cas de peinture d'automobiles qu'on a dû modifier non pas à cause du climat du pays auquel elles étaient destinées mais à cause de la traversée de la mer Rouge particulièrement néfaste.

La manipulation dans les ports éloignés est souvent faite par de la main-d'œuvre non formée et les indications « fragile » ou de position à respecter ne sont pas toujours observées à temps quand elles le sont. Les transports par camions, enfin sur des pistes plus ou moins entretenues, soumettent le matériel à des rudes épreuves de trépidation et de chocs. On nous a relaté le cas de matériel frigorifique comportant des tuyauteries en cuivre. Après 2 000 km de transport sur piste, ces tuyaux présentaient des fuites, le métal ayant été écroui sous l'action des trépidations du camion.

Mentionnons également, bien qu'elles n'aient rien à faire avec le climat, les visites de douanes qui sont quelquefois une épreuve plus dure pour le matériel que tout le restant du trajet.

Le stockage est souvent assez long, il doit avoir lieu dans des installations prévues à cet effet, mais il se peut aussi que celles-ci soient momentanément insuffisantes ou qu'en cours de manœuvre les emballages soient exposés à la pluie dans des pays où celle-ci est beaucoup plus violente que celle que nous connaissons.

Au cours du stockage ce sont surtout des infiltrations d'humidité qui sont à craindre, et si ce stockage se prolonge dans des locaux insuffisamment ventilés, des attaques par les champignons et moisissures.

Nous voyons donc que ce triple problème est très complexe et que seule une étude rationnelle et minutieuse de toutes les possibilités de dommages des emballages et du matériel peut nous conduire à mettre au point des méthodes de protection véritablement efficaces.

C'est dans cet esprit que le laboratoire de St-Cyr a été créé. Rappelons qu'il est situé à St-Cyr dans les locaux du laboratoire de mécanique physique de la Faculté de Paris et qu'il consiste essentiellement en deux chambres dans lesquelles sont reproduites les conditions de climats tropicaux.

Ces chambres sont suffisamment vastes pour qu'on puisse y faire tenir du matériel d'assez gros volume (nous avons fait des essais sur une automobile de l'armée, et sur 8 tonnes de produits chimiques sous emballages).

Dans l'une d'elles, le climat reproduit est un climat chaud et sec qu'on peut rencontrer aux confins du Sahara (température variant entre 30 et 55 °C, humidité de 15 à 30 %) dans l'autre, c'est un climat tropical comme celui d'Abidjan qui est reproduit (température entre 25 et 40 °C, humidité de 80 à 100 %).

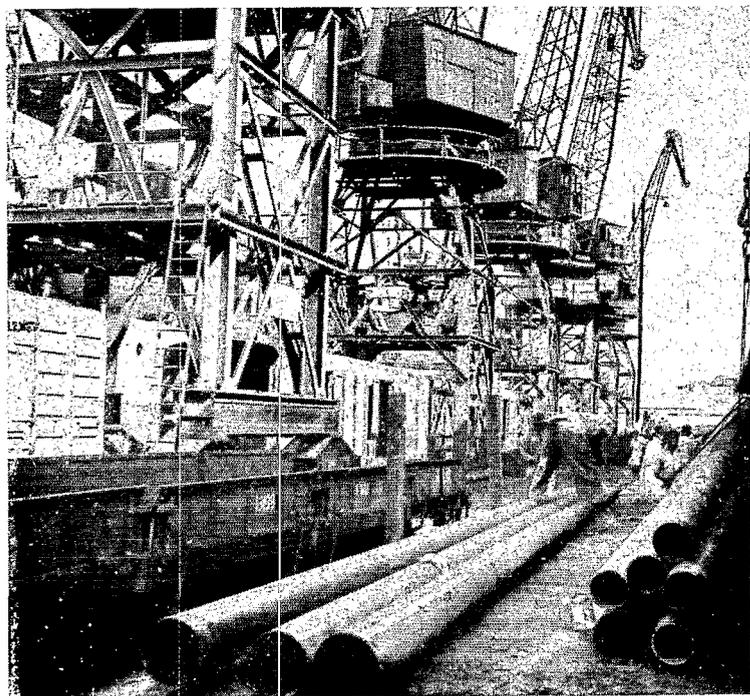
Ces deux climats types ont été choisis d'après des moyennes de relevés météorologiques. La température journalière moyenne est celle du climat réel pendant la saison considérée. Les maxima et minima sont un peu accentués par rapport aux moyennes pour tenir compte des maxima et minima absolus. Les vitesses de variation de la température et de l'humidité ont été prises égales aux maxima réels enregistrés.

Il ne s'agit donc pas d'essais accélérés qui pour être valables demandent qu'une corrélation soit établie entre les essais effectués dans la nature et ceux en laboratoire, et ceci pour chaque matériel.

Insistons particulièrement sur le fait que les conditions de température et d'humidité reproduites varient dans le temps et reproduisent à peu près les changements qui se produisent dans la réalité du fait du jour et de la nuit. Cette variation nous paraît essentielle pour l'étude du comportement du matériel.

Nous avons eu l'occasion dans un précédent article de décrire un peu plus longuement l'installation technique du laboratoire (1).

(1) Industries et Travaux d'outre-mer, n° 7, janvier 1954.



Déchargement de matériel au port de Mombasa

### Essais effectués au laboratoire de St-Cyr

Depuis les premiers résultats que nous avons publiés lors d'une étude générale sur le laboratoire de nombreux essais ont été effectués. L'étude de la protection du matériel métallique a été une activité importante du laboratoire, elle portait sur des meubles de bureau, armoires destinées à contenir des appareils radio, containers, matériel industriel, etc...

Généralement la protection est suffisante. Elle est souvent réalisée par des peintures cuites au four, et ne pêche que par des détails, visserie non protégée ou dont la couche protectrice est insuffisamment épaisse.

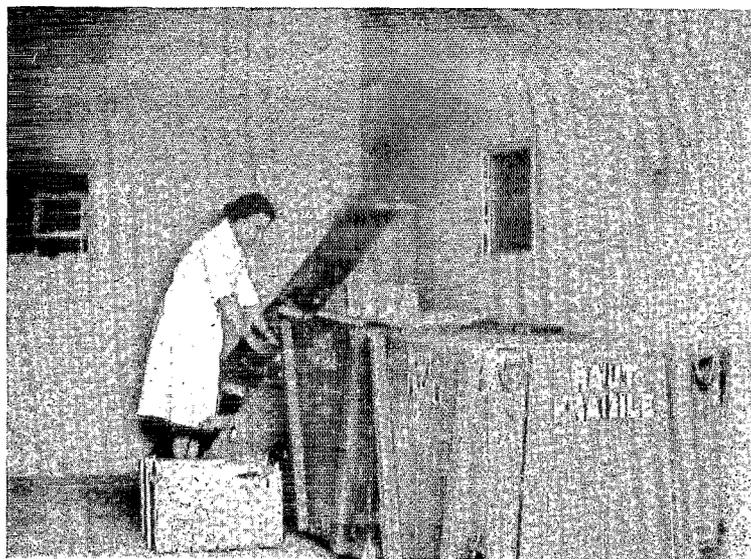
La protection d'ensembles composites est plus difficile et on ne doit pas oublier que le contact de deux métaux différents est toujours à éviter le plus possible.

Un point délicat est également la protection des bords vifs, par exemple pour la tôle assez mince. C'est toujours un point faible où se produit l'attaque à moins qu'il n'ait été particulièrement soigné. Une remarque analogue peut être faite pour la visserie.

La solution est évidemment difficile, tout ce qu'on peut recommander, c'est d'éviter les bords vifs, et il semble qu'il soit possible dans la conception du matériel de tenir compte de cette remarque dans une certaine mesure.

Il convient de remarquer et de souligner une fois de plus que l'état de la surface métallique sur laquelle la protection est appliquée est au moins aussi importante que la qualité du revêtement protecteur lui-même. Des essais ont été réalisés par des spécialistes de traitement de surfaces et l'excellence des résultats obtenus a montré l'importance de toute la préparation de la surface à peindre ou à métalliser.

Différents revêtements à base synthétique ont été essayés, les résultats obtenus sont bons, il semble qu'il y ait maintenant



Essais d'emballages au laboratoire de Saint-Cyr

un choix important de ces matières pour la protection des métaux destinés aux climats tropicaux.

Des métallisations ont été essayées également pendant deux ans en chambre tropicale humide, cadmiages de différentes épaisseurs, etc... zingage, etc...

Le zingage est plus rapidement attaqué, mais la couche d'oxyde formée a empêché la formation de rouille.

Des emballages de produits pharmaceutiques hygroscopiques sont en cours, ce sont surtout des questions de bouchages qui interviennent, avec, en plus des conditions d'étanchéité, celle de la présentation commerciale.

Des emballages en sacs, de produits chimiques divers ont permis d'éliminer des fabrications défectueuses.

D'autres essais ont eu lieu sur des emballages en sacs papier et en sacs jute destinés à contenir des engrais. A ce propos signalons que la destination de ces engrais n'était pas les régions tropicales, mais qu'il s'agissait de placer lesdits emballages dans les conditions de stockage dans un wagon laissé en plein soleil, c'est-à-dire des conditions qui se rapprochent fortement de celles des climats d'outre-mer. Les essais qui ont duré plus de trois semaines ont été très significatifs et ont permis de déterminer quelles étaient les fabrications satisfaisantes. Les essais ont eu lieu dans la chambre chaude et sèche.

On voit par cet exemple que le laboratoire n'est pas uniquement réservé aux essais de matériel destiné à l'outre-mer.

Il est bien des cas où le matériel est placé dans la métropole dans des conditions analogues à celles des régions tropicales.

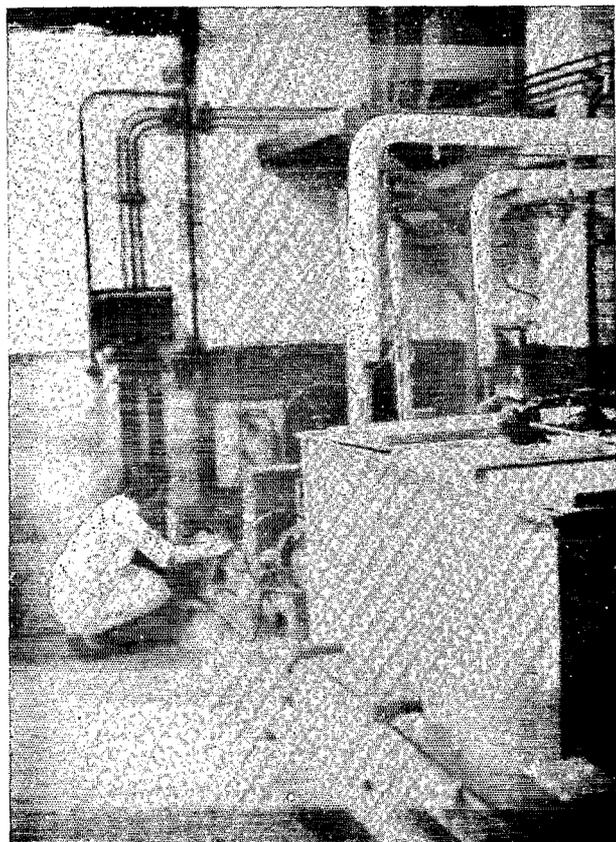
On pourrait sans difficulté trouver un exemple semblable pour la chambre humide.

Il est bien certain que le matériel destiné à être utilisé dans une teinturerie, ou dans la laiterie s'y trouvera dans des conditions de fonctionnement qui justifieraient son passage préalable dans la chambre humide pour prévoir quel sera son comportement en service.

Des objets entièrement en matière plastique ont été essayés en chambre humide. Signalons des contre-collages pour garniture de portières d'automobiles, ainsi que divers emballages.

Des stratifiés à base de polyesters destinés à être utilisés pour la couverture de bâtiments ont été éprouvés dans le but de savoir surtout si leur rigidité était modifiée par la chaleur et l'humidité.

Les résultats sont satisfaisants : après un passage d'un mois dans la chambre sèche et de deux mois dans la chambre humide, en posant ces plaques sur deux tréteaux éloignés de 1,20 m un



Une salle du laboratoire de Saint-Cyr

homme peut monter dessus sans qu'il se produise une flèche exagérée.

Nous avons eu l'occasion d'essayer un matériau isolant constitué par du polystyrène expansé, de très faible densité et dont le coefficient de transmission calorifique est très bas.

L'avantage présenté par ce matériau est surtout son très faible pouvoir absorbant pour l'humidité (moins de 1/500 en poids après un séjour de trois mois dans la chambre humide) et par conséquent la constance dans le temps de son pouvoir isolant thermique, qualité qui est assez rarement réalisée avec d'autres matériaux.

Quelques conditionneurs d'air dont l'emploi se répand de plus en plus dans les climats tropicaux ont subi des essais, tant en chambre sèche qu'en chambre humide, pour observer d'une part, le comportement des pièces qui les constituent, en climat humide et d'autre part pour établir leurs caractéristiques de fonctionnement lorsque la température et l'humidité de l'air entrant dans l'appareil varie.

Des essais ont été faits sur des appareils à refroidissement par eau de 15 000 frigories et sur des appareils plus petits de 2 000 frigories, du type fenêtre, à refroidissement par air. Parmi ces derniers, deux types ont été expérimentés, l'un destiné aux climats humides dans lesquels la température ne dépasse pas 40 °C et un autre destiné aux climats chauds et secs où la température peut être supérieure à 55 °C.

La technique employée pour ces essais était la suivante : l'appareil est mis en marche en circuit fermé dans la chambre, il se dégage à ce moment un excédent de calories, et la compensation en température et en humidité est faite par le système automatique de régulation des chambres.

D'autres essais sont actuellement en cours sur des appareils destinés à humidifier l'air dans les régions très chaudes et très sèche. Ils consistent essentiellement en un laveur d'air dont la surface de contact est assez grande et sert en même temps de filtre. Les essais portent sur les caractéristiques de fonctionnement en chambre chaude et sèche.

Les températures sèches et humides sont relevées à l'entrée et à la sortie des appareils, ainsi que les débits. Des mesures d'échauffement du bobinage des moteurs ont été également effectuées après fonctionnement en atmosphère tropicale.

Disons que tous les appareils essayés ont donné satisfaction et que leur emploi dans des conditions réelles sur place est venu confirmer les essais que nous avons effectués.

## Conclusion

Un grand nombre d'industriels est déjà venu s'adresser au laboratoire de St-Cyr, nous n'en avons pas encore rencontré qui n'aient pu tirer d'enseignement profitable des essais effectués.

Ce sont généralement des détails d'importance secondaire en apparence, qui motivent de légères modifications après lesquelles le matériel est satisfaisant. Disons, à ce propos, que les enseignements que nous avons tirés de l'observation du matériel depuis la création du laboratoire nous permettent quelquefois de conseiller utilement les constructeurs qui nous le demandent.

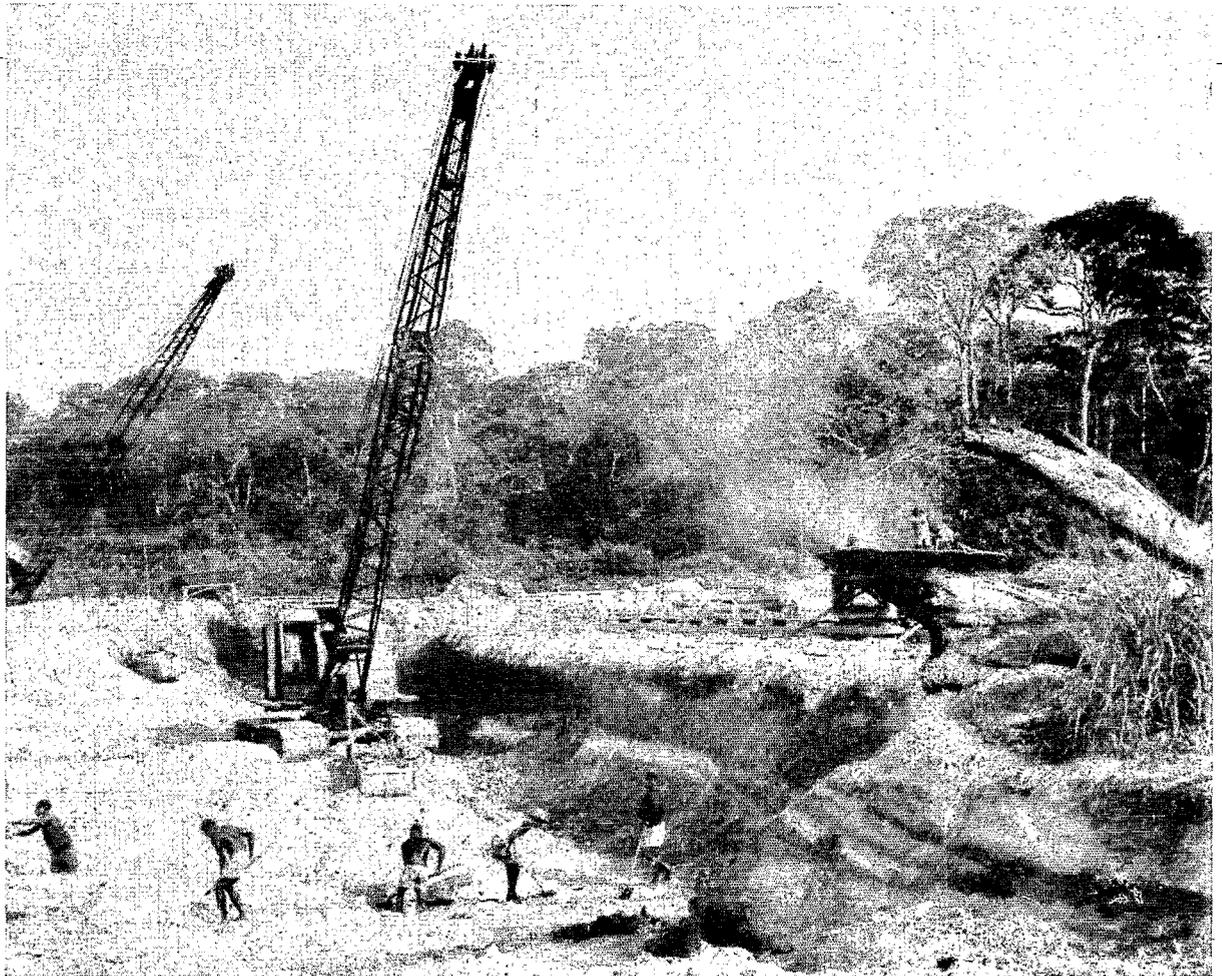
Le laboratoire est assez grand pour recevoir même le très gros matériel et la proximité du laboratoire de Mécanique physique rend possible des mesures diverses qui sont parfois nécessaires pour bien suivre le comportement des appareils en essai.

Les quelques rapports que nous avons pu avoir sur le comportement en climat réel du matériel que nous avons essayé à St-Cyr nous permettent de penser que les cycles climatiques que nous avons adoptés sont satisfaisants.

D'ores et déjà, nous pouvons affirmer que depuis, la création du laboratoire, la qualité des méthodes de protection s'est nettement améliorée.

Nous espérons que les industriels désireux de s'assurer que leur matériel ne leur causera de surprises désagréables lors de son fonctionnement outre-mer, utiliseront de plus en plus souvent le laboratoire de St-Cyr, qui est certainement l'outil le plus commode et le moins coûteux pour ce genre de vérification.

Nous espérons pouvoir vous entretenir dans un certain temps des nouveaux résultats d'essais sur des matériaux divers et des nouveaux progrès réalisés.



Une vue  
du chantier de la Lopo,  
en Oubangui-Chari  
(mines de diamant)