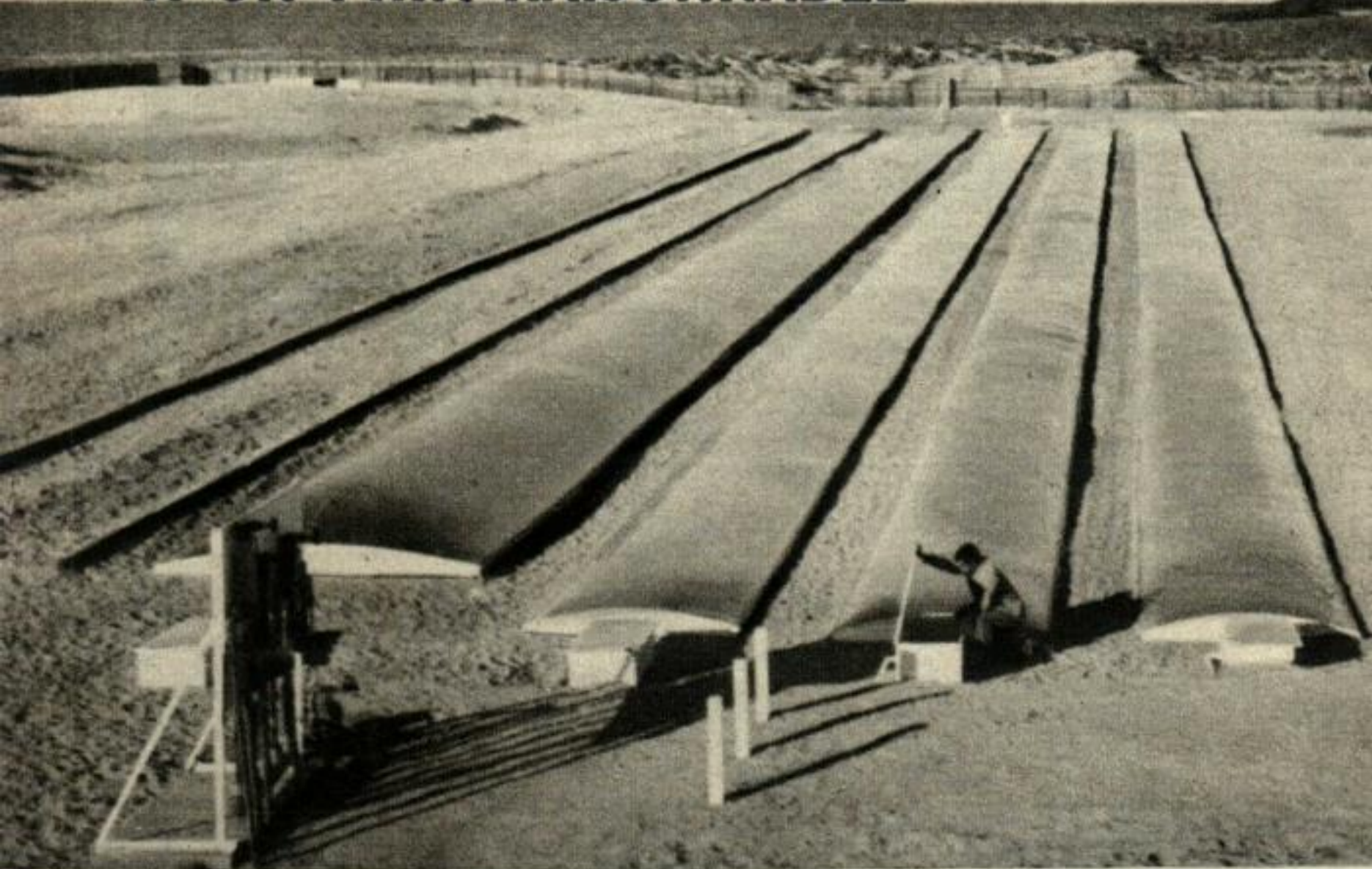


DE L'EAU DOUCE A PARTIR DE L'EAU DE MER A UN PRIX RAISONNABLE



Avec de nouvelles méthodes de dessalination et la production annexe de produits secondaires tels que tomates et électricité, le prix de revient peut être réduit.

Par Thomas STIMSON

LORSQUE Fidel Castro coupa l'eau à la base américaine de Guantanamo, à Cuba, il ne s'attendait certainement pas à la réplique qui fut donnée. Au lieu d'avoir recours à la chicane diplomatique pour rétablir le courant, les Etats-Unis décidèrent de tirer l'eau douce de la mer.

Une installation de distillation d'eau salée qui se trouvait à San Diego, Californie, fut expédiée à Cuba et montée à Guantanamo.

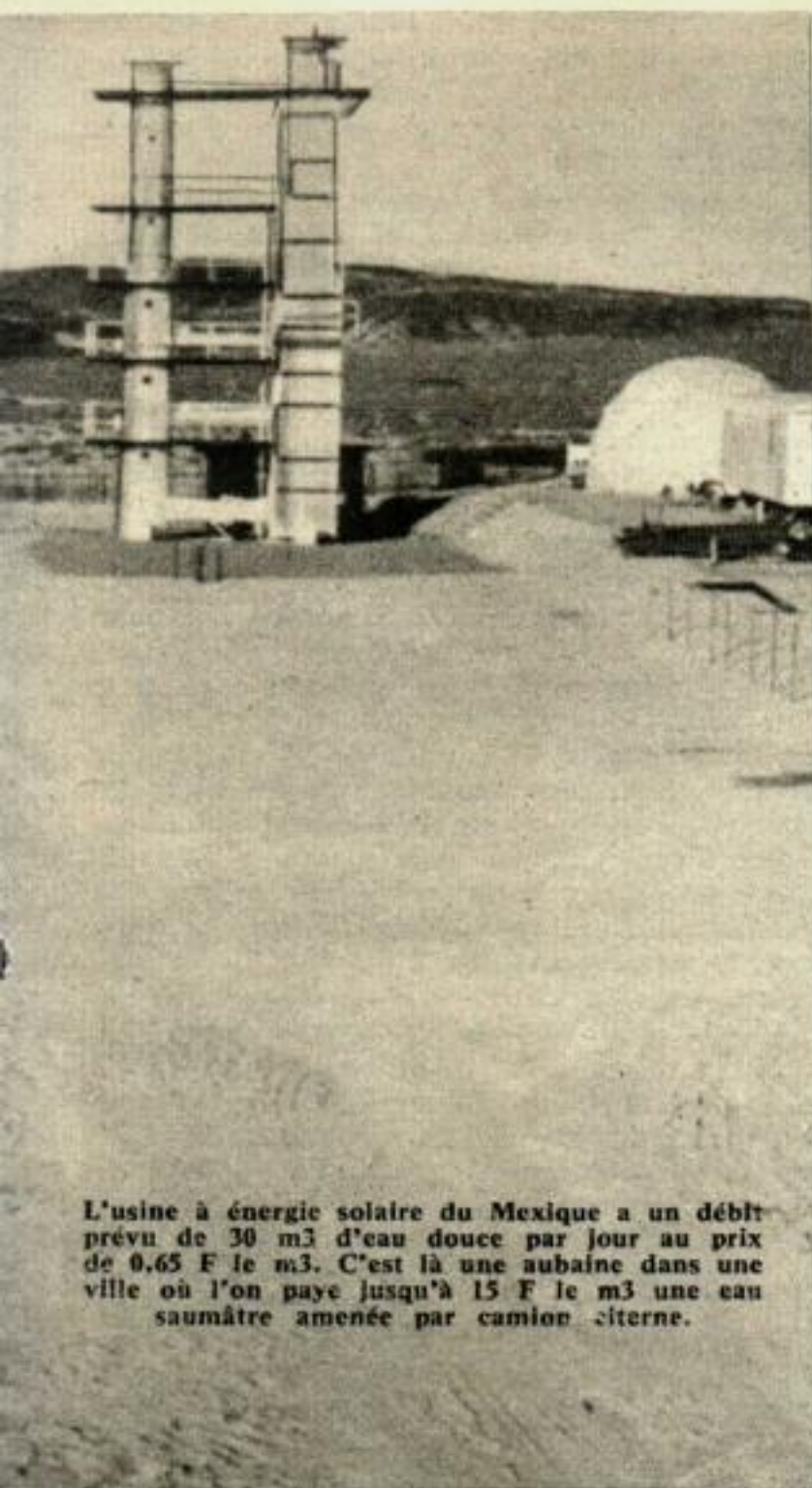
En ce moment même, d'après les assurances officielles données à « M.P. », l'installation doit être en service et fournir environ 4 000 m³ d'eau potable par jour.

Castro n'avait sans doute pas agi dans un but humanitaire, mais son initiative attira

l'attention sur l'intérêt mondial de méthodes économiques d'extraction d'eau douce aussi bien de l'eau de mer que des eaux saumâtres de l'intérieur des terres. On estime que 99 % de l'eau qui se trouve sur la Terre (environ 800 millions de km³) est salée, donc inutilisable pour les méthodes actuelles d'irrigation et pour la plus grande partie des autres utilisations humaines. Le développement de la population et des industries a provoqué une telle augmentation de la consommation d'eau douce qu'une commission parlementaire américaine a prévu que les Etats-Unis pourraient se trouver en grande difficulté en matière d'eau vers 1970. En ce moment même, les pénuries sont limitées à certaines régions. Le sud-ouest et le sud de la Californie sont particulièrement arides.

Mais la question fondamentale est : est-ce que les consommateurs peuvent payer le prix de l'eau dessalée tel qu'on l'évalue actuellement. Les perspectives deviennent plus encourageantes.

Les installations mises sur pied il y a



L'usine à énergie solaire du Mexique a un débit prévu de 30 m³ d'eau douce par jour au prix de 0,65 F le m³. C'est là une aubaine dans une ville où l'on paye jusqu'à 15 F le m³ une eau saumâtre amenée par camion citerne.



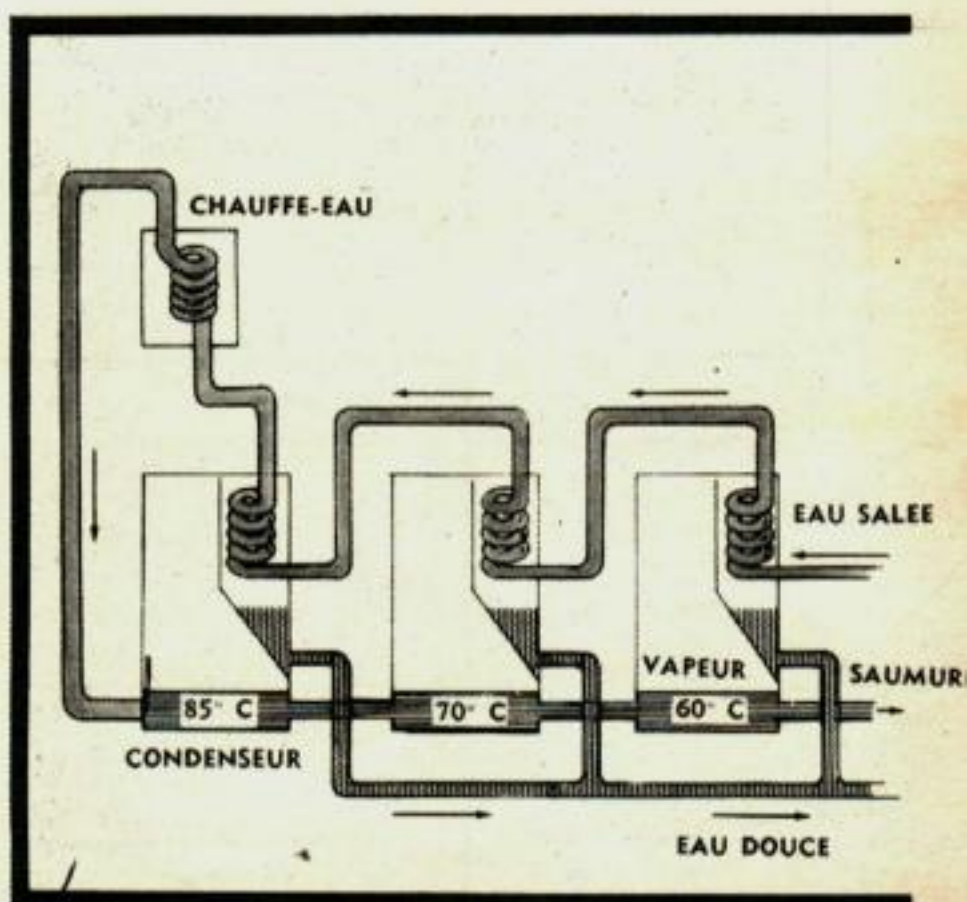
Des tomates et autres légumes poussent à merveille dans la serre de l'Université de l'Arizona. La chaleur et l'eau douce proviennent de la saumure évacuée par l'installation de dessalination.

Voici une disposition classique de distillation par détente. L'eau de mer chauffée abandonne de la vapeur en pénétrant dans une chambre où la pression est légèrement inférieure au point d'ébullition.

10 ans pour convertir l'eau salée en eau douce, en fournissent au prix de 5 F le m³. Avant d'être déménagée, l'installation de San Diego avait abaissé le prix de revient à 1,50 le m³. Suivant les spécialistes, les nouvelles techniques permettront d'abaisser le prix de 60 centimes le m³ (ce prix a d'ailleurs été déjà atteint en convertissant les eaux saumâtres de l'intérieur des terres, mais ces eaux ont une teneur en sel beaucoup plus faible que l'eau de mer).

Quel rapport existe entre ces prix et celui de la distribution de l'eau douce naturelle ? Suivant l'Association américaine des Ouvrages d'Eau, la distribution d'eau coûte 20 centimes le m³ à New York et la moyenne est de 45 centimes pour l'ensemble des Etats-Unis.

« Mais toute comparaison de prix entre l'eau naturelle et l'eau dessalée est comme la comparaison des pommes aux oranges, commente Pat O'meara, un haut fonctionnaire de l'Office des Eaux Salines du Département de l'Intérieur américain. On ne peut



délimiter avec certitude les frais de la distribution naturelle. A-t-on tenu compte, par exemple, de la contribution des municipalités ?

Ce qu'il faut voir, bien entendu, c'est le prix qu'il faut payer pour faire face aux besoins plus grands en eau de l'avenir. »

O'Meara est convaincu que dans beaucoup de régions, la solution la plus économique est la dessalination.

Prix déjà acceptables

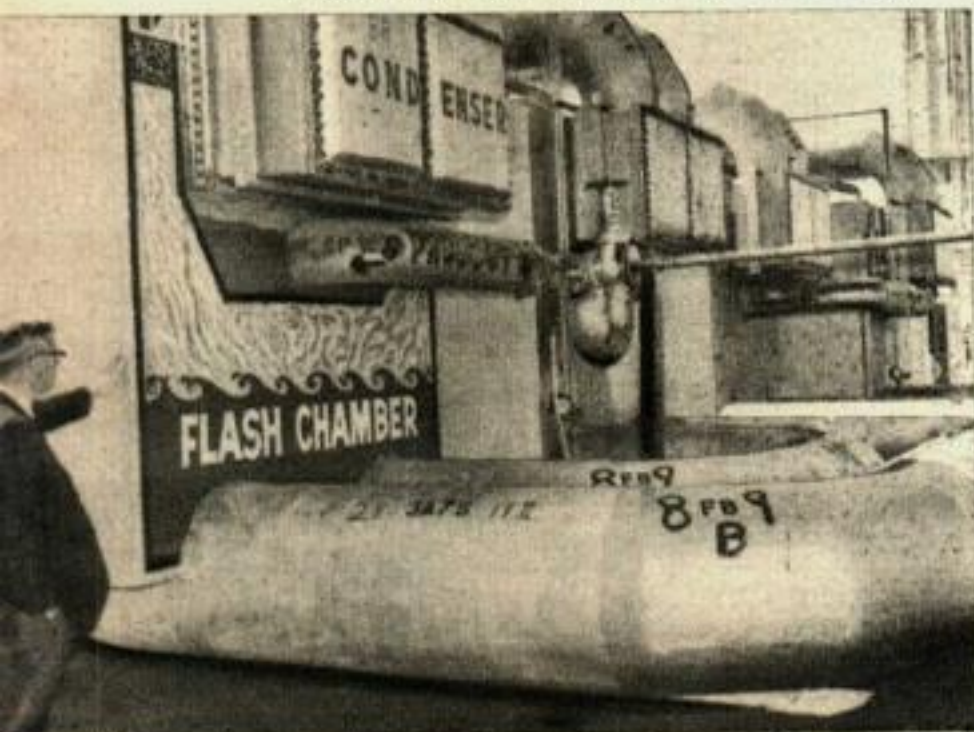
Les prix déjà obtenus conviennent pour certains utilisateurs. Il y a un peu plus d'un an, les habitants de Buckeye, Arizona, las de l'eau de ville qui corrodait la tuyauterie et incrustait d'écailles les ustensiles, avaient voté un emprunt pour la création d'une usine de dessalination. Ils s'en félicitent encore, leurs installations donnant 2 500 m³ d'eau au prix d'environ 60 centimes le m³.

Les recherches de dessalination ont permis d'obtenir des produits secondaires intéressants qui peuvent affecter le prix de revient. Dans un centre universitaire, des savants avaient utilisé la saumure résiduelle pour faire pousser des tomates et autres légumes. Aux îles Canaries, on met en place une installation qui donnera de l'eau douce comme produit annexe de l'électricité. Westinghouse construit cette usine pour un service public local. Elle produira 2 500 m³ d'eau douce et 1 500 kilowatts d'électricité par jour.

Un autre système est en cours d'essai dans le petit port de pêche de Puerto Penasco, sur la côte occidentale du Mexique. Des savants de l'Université de l'Arizona y obtiennent de l'eau douce à partir de l'eau de mer en se servant de l'énergie solaire.

Les 4 000 habitants paient jusqu'à 15 F le m³ d'une eau saumâtre qu'ils font venir par camion-citerne de 30 km de là. Pendant l'été, les camions roulent 24 heures par jour.

Voici une partie de l'installation qui fut envoyée à Cuba. Des pancartes et des peintures voyantes servaient à expliquer le processus au public lorsque l'installation était implantée à San Diego.



Maintenant, l'hôpital et l'école sont alimentés en eau pure et lorsque la nouvelle installation marchera à plein rendement, elle pourra produire jusqu'à 30 m³ au prix d'environ 0,60 F le m³.

Le système de l'Université de l'Arizona est à la fois ingénieux et simple. Il a été mis au point par Carl N. Hodges et son équipe au laboratoire d'énergie solaire de l'Université après 3 ans de recherches. Il peut produire un débit constant d'eau douce la nuit comme le jour, même si le soleil ne brille en moyenne que 8 heures par jour. Cela est possible parce qu'une partie de l'eau chauffée dans la journée est mise en réserve dans des citernes isolantes pour permettre un débit régulier.

L'installation de Puerto Penasco est composée de 3 éléments principaux : une tour d'évaporation, une tour de condensation et un chauffe-eau solaire constitué par un tapis de matière plastique noire de 90 m de long et 1,80 m de large posé sur le sol entre les courbes, sur lequel on fait couler lentement 5 cm d'eau. Une pellicule plastique transparente posée sur la surface de l'eau empêche l'évaporation et une autre feuille plastique transparente maintenue au-dessus de la première par un matelas d'air sous pression empêche le refroidissement par la brise.

L'eau de mer est ainsi chauffée à 65° C dans ce collecteur d'énergie solaire et projetée ensuite en fines gouttelettes au sommet de la tour d'évaporation. La tour est remplie de petits bouts de tubes plastiques perforés entassés en désordre formant des surfaces sur lesquelles l'eau chaude peut ruisseler. Un courant d'air ascendant traverse l'enchevêtrement dans la tour et évapore une partie de l'eau.

La vapeur d'eau ainsi produite est canalisée vers la tour de condensation où elle se dépose en gouttelettes d'eau pure sur les sur-

Un ingénieur de San Diego prend un échantillon de la saumure résiduelle évacuée vers la mer. Une analyse de l'échantillon permet de juger du rendement de l'installation.



faces extérieures de tubes nervurés dans lesquels coule de l'eau de mer plus froide. L'eau douce s'accumule au bas de la tour et elle est pompée vers les citernes.

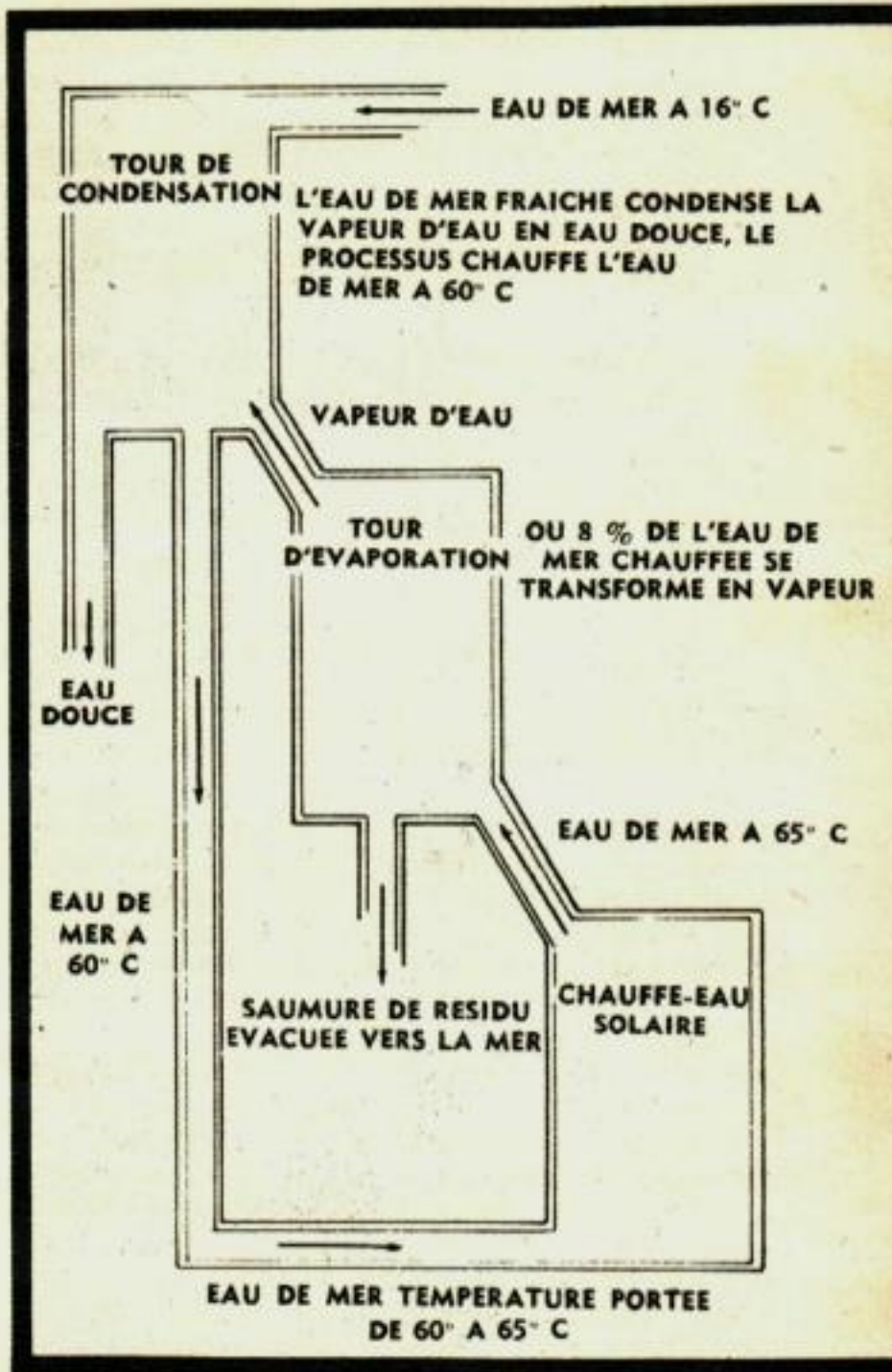
D'autre part, l'eau de mer froide qui a pénétré dans le condenseur à 16° C a été chauffée par la chaleur latente à 60° C. Elle est alors pompée vers le chauffe-eau solaire où sa température augmente encore de 5° C avant qu'elle soit envoyée à l'évaporateur. Ce processus est continu. 8 % seulement de l'eau à 65° C qui pénètre dans l'évaporateur sont convertis en vapeur d'eau et envoyés au condenseur. Les 92 % qui restent portant les sels marins de l'ensemble mais refroidis maintenant à 16° C sont rejetés à la mer, depuis la base de l'évaporateur. Carl Hodges explique qu'il serait possible d'obtenir une proportion plus forte de vapeur d'eau mais que cela n'est pas désirable pour l'instant à cause du risque de précipitation de sel dans l'évaporateur qui serait alors encrassé.

Hodges espère que l'usine pilote de Puerto Penasco pourra produire de l'eau à un prix légèrement plus élevé que 0,65 F le m³. Mais cette installation est simplement le prototype d'un ensemble plus grand pouvant produire 4 000 m³ par jour d'eau douce à un prix encore plus bas.

Dans l'ensemble du monde, les régions les plus arides sont en général très ensoleillées, de sorte que l'expérience tentée par l'Université de l'Arizona (avec la coopération de l'Université mexicaine de la Sonora) est suivie avec beaucoup d'intérêt par les ingénieurs hydrauliciens de l'Amérique du sud, de l'Australie et du Moyen-Orient.

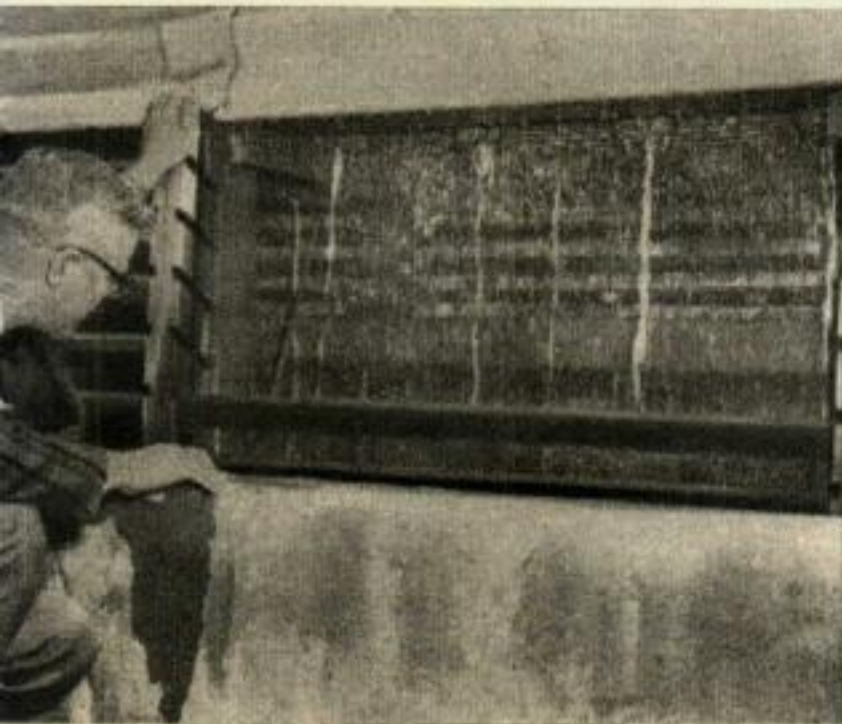
Dans une grande mesure, le prix de revient de l'eau distillée dépend de l'importance de l'installation. Plus le débit est grand, plus le prix unitaire est bas. C'est sur cette base que la Commission de l'Energie Atomique

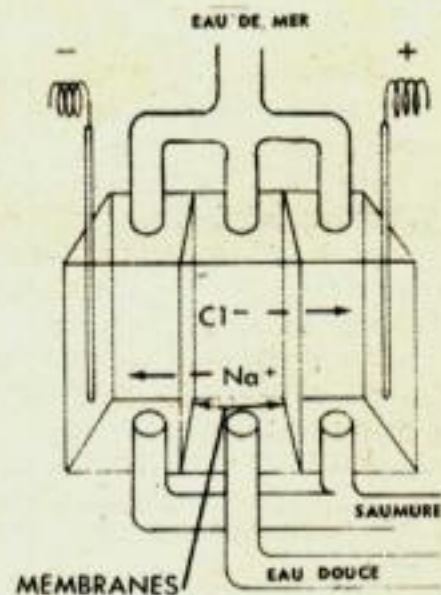
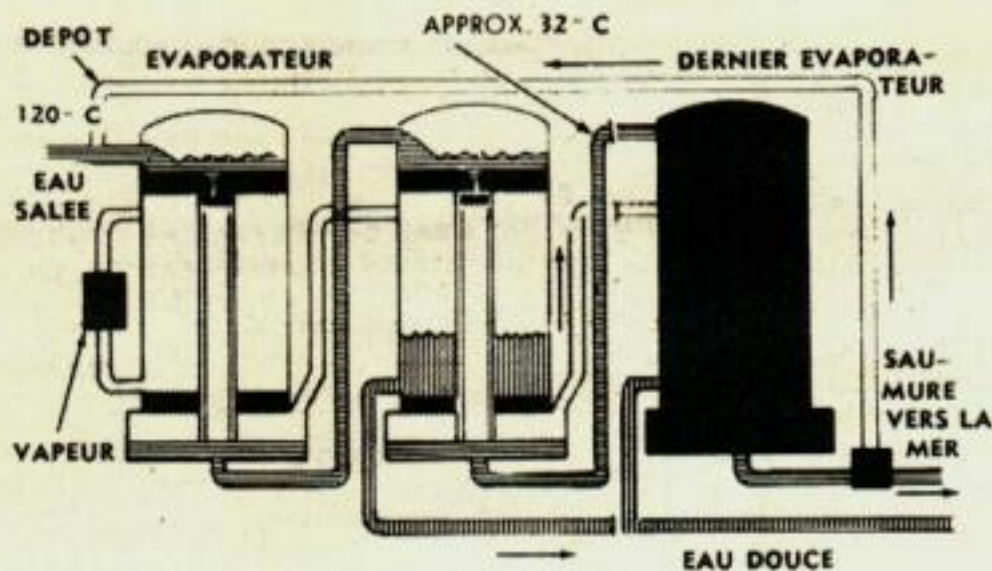
L'eau douce sortant de l'installation de distillation par détente est trop chaude pour être canalisée directement vers le système de distribution d'eau de San Diego. Sa température est abaissée ici dans la tour de refroidissement.



Le schéma d'écoulement montre comment la chaleur solaire est utilisée pour extraire l'eau douce de l'océan. Ce système a été mis au point par des savants de l'Université de l'Arizona.

Cet ingénieur de l'Arizona règle un appareil de mesure solaire qui suit la trajectoire du soleil dans le ciel mexicain. En mettant de l'eau chaude en réserve, on peut faire fonctionner l'installation de nuit comme de jour.





Le schéma d'écoulement (à gauche) montre le fonctionnement du processus vertical à long tube. Il est utilisé pour dessaler l'eau de mer dans une installation du Texas, tandis que la méthode électrodialytique (à droite) est employée dans le Dakota du Nord pour l'eau saumâtre. L'électrodialyse utilise le phénomène d'ionisation des sels à l'état de solution.

et le Département de l'Intérieur des Etats-Unis viennent de proposer une énorme installation produisant à la fois de l'eau et de l'électricité. Le projet commun envisage la construction sur le littoral canadien d'une centrale gigantesque, utilisant l'énergie nucléaire et produisant en même temps l'énergie électrique pour une population d'un million de personnes.

Pour avoir une idée de l'ampleur de cette installation, il faut savoir que suivant les prévisions, la chaleur résiduelle évacuée vers la mer fera monter la température de celle-ci de 12° C à 20° C sur une zone côtière de plus de 60 km et jusqu'à 800 mètres au large.

L'installation à double usage pourra dessaler jusqu'à 3 000 m³ d'eau par jour au prix estimé de 30 centimes le m³ sur les lieux de production et fournir en même temps une puissance électrique de 1 500 000 kw.

L'étude montre que l'installation de Californie peut être construite pour 850 millions de dollars (4.250 000 000 F) et servir de modèle pour la construction d'au moins cinq

installations similaires dans l'Arizona (utilisant l'eau saumâtre du sous-sol) sur le golfe du Mexique et à l'extrémité orientale de Long Island.

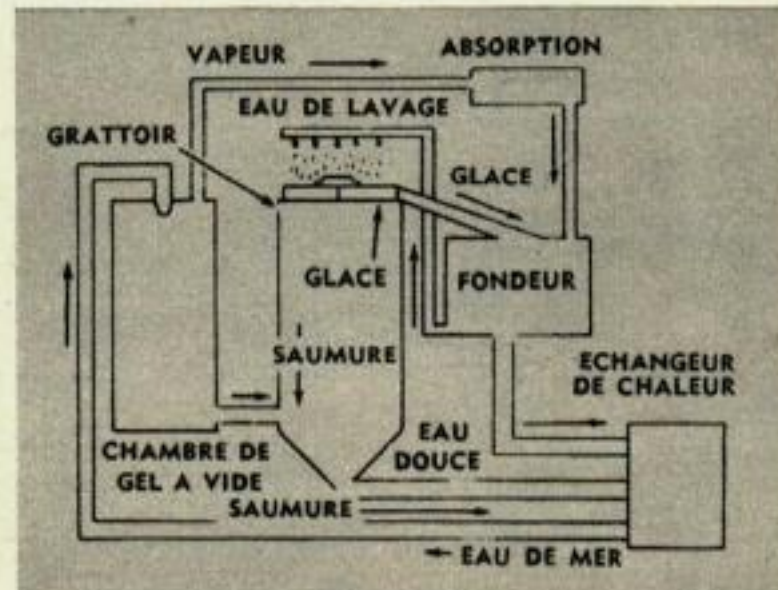
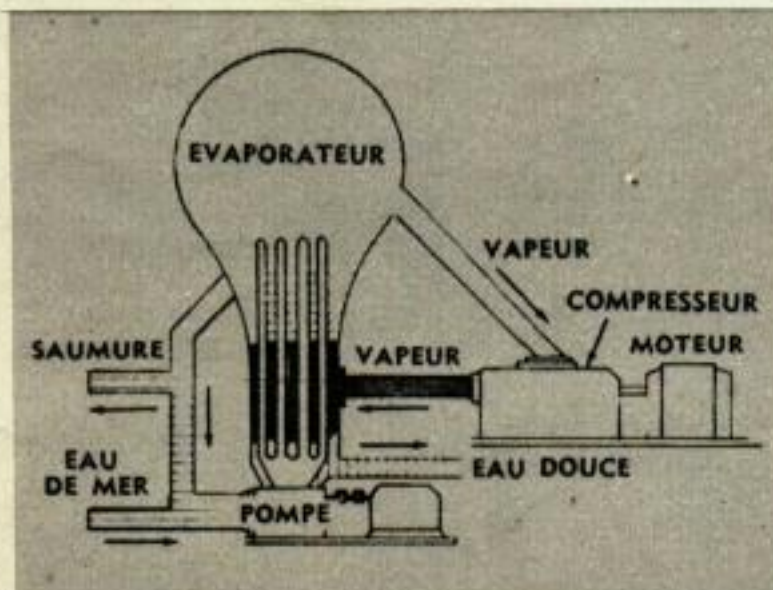
Sur un plan plus modeste, l'office des Eaux Salines fait en ce moment des études de prix de revient de dessalination avec des usines de « démonstration » mises sur pied pour expérimenter cinq méthodes différentes de purification.

Méthode électrodialytique

Une de ces usines, installée à Webster, Dakota du sud, utilise le même procédé que celle de Buckeye — baptisé électrodialytique — L'eau saumâtre coule entre deux membranes en plastique perméable. On applique un courant électrique, les ions négatifs de chlore traversent une membrane, les ions positifs de sodium traversent l'autre mem-

(Suite page 120)

La chaleur intégrée est d'un bon rendement dans le processus à conduite forcée à compression de vapeur (à gauche) parce que la compression augmente l'énergie latente de la vapeur. On trouve une installation de ce type dans le Nouveau Mexique. Une installation de gel, dont on voit aussi le schéma, sera implantée dans la Caroline du Nord. La méthode du gel est nouvelle et donne de grands espoirs.



De l'eau douce à partir de l'eau de mer à un prix raisonnable

(Suite de la page 70)

brane, l'eau qui coule entre les deux membranes devient de plus en plus pure.

Cette méthode semble assez efficace pour dessaler des eaux seulement saumâtres mais ne peut concurrencer d'autres méthodes pour le traitement de l'eau de mer plus salée.

Méthode par compression de vapeur

Les eaux saumâtres de Roswell (Nouveau Mexique) sont purifiées par la méthode par compression de vapeur où l'eau salée est chauffée pour produire de la vapeur d'eau. La vapeur est ensuite comprimée, augmentant sa température et la vapeur chaude ainsi produite circule dans l'évaporateur pour chauffer l'eau salée à l'introduction. La vapeur est refroidie au cours de cette opération et se condense pour donner de l'eau douce.

A Freeport, dans le Texas, un système qui porte un nom de longue haleine — procédé à long tube d'effet multiple vertical — fait ses preuves dans la dessalination de l'eau de mer. En gros, l'eau de mer est portée à l'ébullition dans une série d'évaporateurs à pression progressivement décroissante et la vapeur produite est condensée en eau douce.

La technique du gel

Une autre usine doit être mise en route cette année à Wrightsville Beach, Caroline du Nord, pour faire geler l'eau de mer et séparer ensuite les cristaux de glace du sel ; les cristaux de glace fondus donnent de l'eau pure. Le procédé est basé sur le contact direct d'un réfrigérant à base d'hydrocarbure avec l'eau de mer, la glace étant formée par le transfert de chaleur provoqué par l'évaporation du réfrigérant.

C'est peut-être la plus intéressante des méthodes utilisant le gel.

La 5^e usine, d'abord installée à San Diego, utilise la méthode bien connue des détentes échelonnées pour la distillation de l'eau de mer. Celle-ci après chauffage, pénètre dans une chambre où la pression est maintenue juste en dessous du point d'ébullition de l'eau. La réduction de pression provoque une transformation partielle de l'eau en vapeur. Cette vapeur franchit une barrière et passe à travers un serpentin refroidi par circulation d'eau de mer. La vapeur se condense en eau douce qui s'écoule vers le réservoir.

L'eau de mer passe ainsi successivement par 35 autres chambres, abandonnant chaque fois de la vapeur par détente.

De l'eau trop pure

S. F. Mulford, ingénieur d'installation, révèle qu'au cours de deux années de « débit » cette usine à détentes échelonnées a fourni environ 2 millions de m³ d'eau pure à la ville de San Diego. Cette eau est même si pure qu'on a dû la mélanger à 3 fois son

volume d'eau naturelle tirée du fleuve Colorado avant de l'intégrer dans la distribution. Autrement, l'absence de calcaire ferait se détacher la rouille et les croûtes formées depuis des années et les canalisations seraient obstruées.

Le prix de revient

Dans sa conception, l'usine devait produire 4 000 m³ d'eau dessalée par jour au prix estimé de 1,65 F le m³. Mais peu après la mise en route, les ingénieurs ont pu augmenter la température de fonctionnement de 95° C à 125° C. La production fut augmentée de 25 % atteignant 5 000 m³ par jour. Le prix tomba à 1,50 F le m³, y compris l'amortissement de l'installation.

A l'heure actuelle, toutes les usines de dessalination se débarrassent tout simplement des saumures résiduelles. Ces saumures contiennent des minéraux et des matières chimiques de grande valeur, notamment de l'or. Mais la récupération de ces minéraux ne serait payante que si on avait à traiter des quantités de saumure plusieurs milliers de fois plus grandes que celles évacuées par n'importe laquelle des installations actuelles. Actuellement des recherches sont entreprises pour trouver les meilleurs moyens d'extraire des métaux, des engrais et de multiples matières chimiques de la saumure que produiront les énormes usines d'eau douce de demain.

La culture hydroponique en serre

Dans un cas unique déjà mentionné, la saumure résiduelle d'une installation de distillation d'eau salée est utilisée pour la culture de légumes et d'autres plantes. A l'Université de l'Arizona, on inonde le sol d'une serre avec de la saumure à 20° C qui vient d'une installation expérimentale de dessalination construite sur les terrains de l'Université. La saumure tiède crée une atmosphère chaude et humide dans la serre et une grande partie de l'humidité se condense en rosée d'eau douce sur la verrière de la serre. L'eau condensée s'écoule dans une gouttière et est ensuite canalisée vers les bacs de culture après avoir été additionnée d'éléments nutritifs.

C'est de la culture hydroponique classique ou culture en milieu liquide, à part que l'eau douce et une certaine élévation de température ont été fournies par la saumure de résidu. En été, lorsque les températures intérieures trop élevées seraient défavorables à la croissance, l'eau de mer plus fraîche destinée à alimenter les installations de dessalination serait utilisée au lieu de la saumure chaude. Le travail expérimental est confié à William Jimenez sous la direction du Dr A. Richard Wassandar Junior, au laboratoire d'énergie solaire de l'Arizona.

La nature ne fait pas payer un centime pour évaporer des quantités fabuleuses d'eau de mer et les transporter à l'intérieur des terres où elles tombent sous forme de pluie. Et les frais ne sont guère élevés pour capter cette eau naturelle et la canaliser vers les

consommateurs. L'ennui, c'est que la nature n'a fait aucun effort pour augmenter sa production pour l'adapter à nos besoins de plus en plus grands.

Une solution intéressante consiste à tirer l'eau douce de la mer et des eaux saumâtres de l'intérieur des terres. Heureusement, les spécialistes de la dessalination arrivent à le faire à des prix de plus en plus bas.

L'ELECTRO-MIXTE

L'OUTIL DE L'ATELIER MODERNE, DE L'ARTISAN, DE L'AMATEUR.

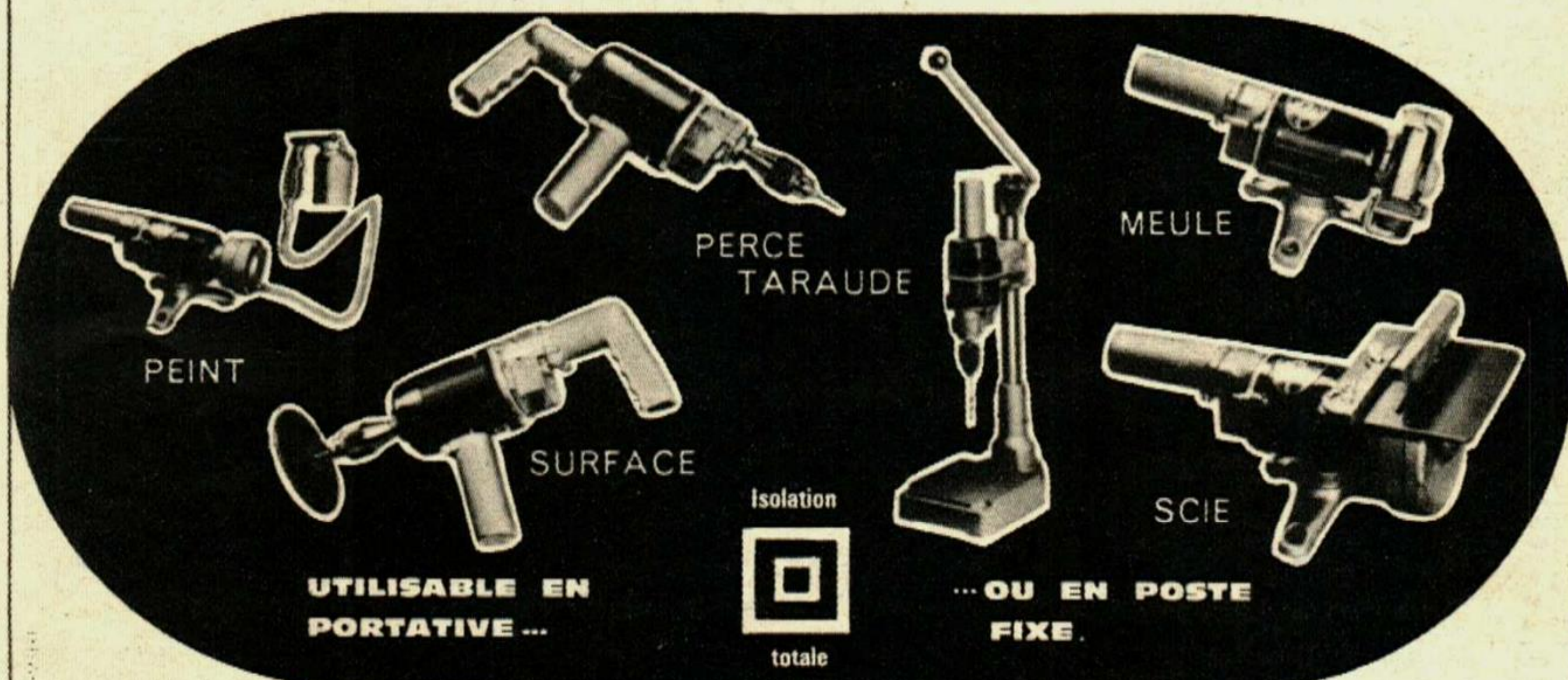
FINIS, LES COLLECTEURS DESSOUDÉS, LES CRACHEMENTS, LES SIFFLEMENTS, LES PARASITES RADIO TÉLÉ...

Moto réducteur asynchrone à 2 vitesses constantes (*sans balais, sans collecteur*)

Fonctionne indifféremment en triphasé (force) 220 et 380 volts et monophasé (lumière) 220 volts

Pour le travail du bois, des métaux, des plastiques

CHEZ SOI, A L'ATELIER, AU CHANTIER...



Production **CONSTAN** - B. P. 42 - JUVISY - (Tél. 921-76-00)