

# SCIENCE ET VIE

AOÛT 1945

N° 335

15 FRANCS



# Bénéficier...

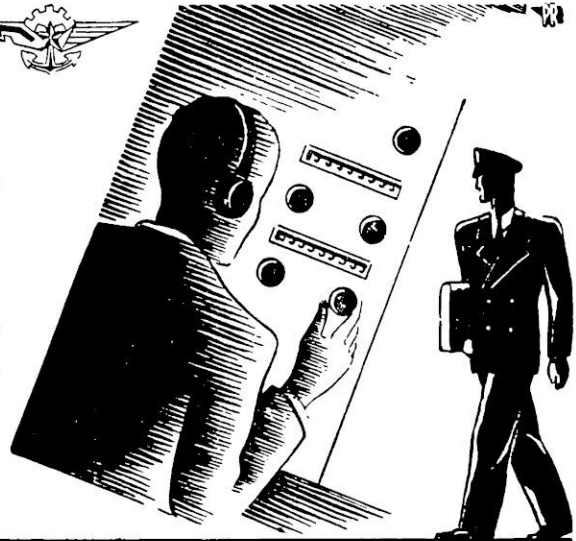
toute votre vie du renom d'une Grande Ecole Technique

# Devenir...

un de ces spécialistes si recherchés, un technicien compétent,

# En suivant...

les cours de l'



## ECOLE CENTRALE DE TSF

12, RUE DE LA LUNE PARIS

COURS DU JOUR, DU SOIR  
OU PAR CORRESPONDANCE

*Demander le Guide des Carrières gratuit*

### “Je vous apprendrai à dessiner...” dit Marc Saurel, créateur de la nouvelle méthode “LE DESSIN FACILE”

POUR peu que vous aimiez le dessin, vous pouvez acquérir en moins d'un an, toutes les notions qui font la base de l'éducation artistique et connaître la joie de dessiner. Le talent n'est pas un don du ciel, il s'acquiert par la méthode, la pratique, le métier.



• 34 ans de pratique et de succès continus ont permis à Marc SAUREL de créer sa nouvelle méthode d'enseignement du dessin par correspondance. “LE DESSIN FACILE”, qui obtient chaque jour le plus éclatant succès.

Pour les adultes :

**LE DESSIN FACILE** Croquis, paysage, portrait, caricature, nu académique, perspective, anatomie, etc...

**LA PEINTURE FACILE** Techniques de l'aquarelle, de la gouache et de la peinture à l'huile.

Pour les enfants de 6 à 12 ans :

“JE DESSINE” Petit Cours amusant et instructif en 10 leçons.

Autres cours techniques :

DESSIN INDUSTRIEL · DESSIN ANIMÉ DE CINÉMA · DESSIN DE MODE · AFFICHE ET PUBLICITÉ · ILLUSTRATION POUR LIVRES ET JOURNAUX · DESSIN DE LETTRES.

Demandez la brochure qui vous intéresse en joignant 6 Frs en timbres et le bon ci-contre



**LE DESSIN FACILE** 11, Rue Keppler, Paris-16<sup>e</sup>

### “LA PHOTO FACILE”

95% des amateurs se servent mal de leur appareil et se fient au hasard !

Demandez-nous aujourd'hui la magnifique brochure illustrée SV.61 que vous présente le nouveau Cours de Photographie par correspondance “LA PHOTO FACILE” établi par l'un des Maîtres de la photographie moderne, Lucien LORELLE, selon les célèbres méthodes de Marc SAUREL. Au lieu de gâcher votre temps et votre argent, vous deviendrez en quelques mois un excellent artiste de l'objectif capable de réussites dignes des meilleurs professionnels. Maître de son appareil et de sa technique la photographie connaît les mêmes joies inépuisables que le peintre et le dessinateur car la photo est un art qui est à votre portée.

Joindre 6 frs en timbres pour frais.

### “LA PHOTO FACILE”

11, rue Keppler  
PARIS XVI<sup>e</sup>

## Les cours par correspondance DE L'ÉCOLE UNIVERSELLE

permettent à ses élèves d'effectuer le maximum de progrès dans le minimum de temps. Ceux de ces cours qui préparent aux examens et aux concours publics conduisent chaque année au succès plusieurs milliers d'élèves.

Vous pouvez faire CHEZ VOUS, QUELLE QUE SOIT VOTRE RÉSIDENCE, sans déplacement, sans abandonner l'emploi qui vous fait vivre, en utilisant simplement vos heures de loisirs, avec le MINIMUM DE DÉPENSES, quel que soit votre âge, en toute discrétion si vous le désirez, toutes les études que vous jugerez utiles pour compléter votre culture, pour obtenir un diplôme universitaire, pour vous faire une situation dans un ordre quelconque d'activité, pour améliorer la situation que vous pouvez déjà occuper ou pour changer totalement d'orientation.

L'École Universelle vous adressera gratuitement, par retour du courrier, celle de ses brochures qui vous intéresse et tous renseignements qu'il vous plaira de lui demander.

**BROCHURE L. 70.880.** — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Bourses, Brevets, etc.

**BROCHURE L. 70.881.** — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de mathématiques spéciales incluse, Bourses, Examens de passage, Baccalauréats, etc.

**BROCHURE L. 70.882.** — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats.

**BROCHURE L. 70.883.** — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES.

**BROCHURE L. 70.884.** — POUR DEVENIR FONCTIONNAIRE : Administrations financières, P. T. T., Police, Ponts-et-Chaussées, Génie rural, etc...

**BROCHURE L. 70.885.** — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS. Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

**BROCHURE L. 70.886.** — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural.

**BROCHURE L. 70.887.** — COMMERCE, COMPTABILITÉ, INDUSTRIE HOTELIÈRE, ASSURANCES, BANQUE, BOURSE, etc... Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

**BROCHURE L. 70.888.** — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, CALCUL, ÉCRITURE.

**BROCHURE L. 70.889.** — LANGUES VIVANTES, TOURISME, Interprète, etc.

**BROCHURE L. 70.890.** — CARRIÈRES de l'AVIATION MILITAIRE et CIVILE.

**BROCHURE L. 70.891.** — CARRIÈRES de la MARINE de GUERRE.

**BROCHURE L. 70.892.** — CARRIÈRES de la MARINE MARCHANDE (Pont, Machines, Commissariat).

**BROCHURE L. 70.893.** — CARRIÈRES des LETTRES (Secrétariats, bibliothèque, etc...)

**BROCHURE L. 70.894.** — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Chant, Professorats.

**BROCHURE L. 70.895.** — ARTS DU DESSIN : Professorats, Métiers d'art, etc.

**BROCHURE L. 70.896.** — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE, etc.

**BROCHURE L. 70.897.** — ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ.

**BROCHURE L. 70.898.** — CARRIÈRES DU CINÉMA.

ÉCOLE UNIVERSELLE

LYON, 11-12, place Jules-Ferry - 59, boul. Exelmans, PARIS

## Apprenez l'ANGLAIS

C'est aujourd'hui plus que jamais votre devoir, à l'heure où la Victoire resserre encore davantage les liens qui nous unissent à nos Alliés et que nos relations d'amitié reconnues indispensables deviennent chaque jour de plus en plus étroites.

Apprenez l'anglais, c'est aussi votre intérêt, car bientôt, dans tous les domaines, commerce, tourisme, sport, politique, diplomatie, etc..., nous aurons besoin de l'anglais, et celui qui ne saura pas cette langue sera terriblement handicapé.

Mais apprendre l'anglais, c'est encore acquérir des joies nouvelles, d'abord celle de mieux connaître la vie anglaise, les grands journaux, les magnifiques magazines de Londres, d'écouter et de comprendre les concerts de la radio ; enfin le plaisir de goûter dans la langue originale les bons films qui, « doublés », perdent la moitié de leur valeur.



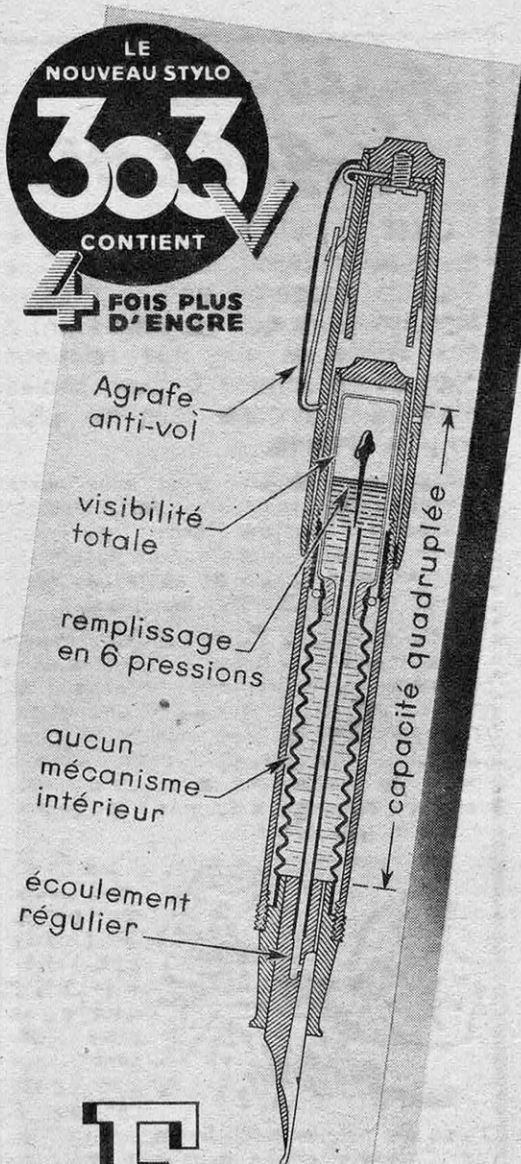
Sachez maintenant que par la Méthode LINGUAPHONE quelques mois suffisent pour apprendre l'anglais. A

l'aide de disques et de livres, par le son, par l'image et par le texte, cette méthode de réputation mondiale vous enseigne chez vous la langue parlée et la langue écrite. Votre accent est parfait et vous écrivez correctement après seulement quelques semaines ; vous êtes très vite étonné de pouvoir vous débrouiller avec des Anglais ou des Américains.

La preuve... il vous suffit de nous demander notre brochure C. B. 8 qui vous donnera tous renseignements sur notre méthode (joindre 6 frs en timbres pour tous frais) ou mieux, si vous habitez Paris, venez à notre Institut, nous vous ferons une démonstration personnelle.

## LINGUAPHONE

Service CBO, 12, rue Lincoln (Champs-Élysées) PARIS



**E** prouvez  
la réelle supériorité  
technique du 303

**STYLOMINE**  
2, Rue de Nice - Paris XI<sup>e</sup>

Vente au détail : exclusivement dans les bonnes papeteries  
et les grands magasins.

## N'IMPORTE QUI PEUT DESSINER

Il suffit de savoir écrire.

Pas plus que l'écriture, le dessin  
n'est réservé à des privilégiés.

Mais, si vous saviez que, par la simple utilisation des lignes que vous tracez en écrivant, vous devez pouvoir reproduire ce que vos yeux ont vu, vous ne résisteriez pas plus longtemps au désir que vous avez souvent manifesté de dessiner.



*Croquis pris sur le vif  
par un de nos élèves.*

C'est en effet si simple :  
les lignes que vous tracez  
ne sont-elles pas les mêmes  
que celles qui  
composent les  
lettres de l'alpha-  
bet, les mêmes  
droites, les  
mêmes courbes ?  
Il suffit de les  
voir. En somme,  
ce n'est qu'une

question de méthode, et vous avez tout intérêt à connaître celle de l'École A. B. C. qui vous permettra d'utiliser pour dessiner l'habileté graphique que vous avez acquise en écrivant :

**A ce propos, la brochure que l'École A. B. C. de dessin met gracieusement à votre disposition vous révélera que c'est dans les deux premières heures de vos études que vous apprendrez comment on dessine.**



Deux heures ; puis avançant pas à pas, vous réaliserez chaque jour de nouveaux progrès avec plus de sûreté, avec une joie toujours plus grande. Après avoir pris comme modèles les objets, les décors qui vous sont familiers, vous reproduirez les traits, les attitudes de ceux qui vous sont chers et, de progrès en progrès, vous connaîtrez le bonheur de créer des œuvres où vous pourrez donner toute la mesure de votre personnalité.

**BON**  
pour une  
brochure  
C. B. 34

### BROCHURE ILLUSTRÉE

Demandez notre brochure  
C. B. 34 (joindre 6 frs en timbres  
pour tous frais). Spécifiez bien  
le cours qui vous intéresse :  
Cours pour Adultes ou Cours  
pour Enfants.

**ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN**

12, rue Lincoln (Champs-Élysées) PARIS

# SCIENCE ET VIE

Tome LXVIII - N° 335

Août 1945

## SOMMAIRE

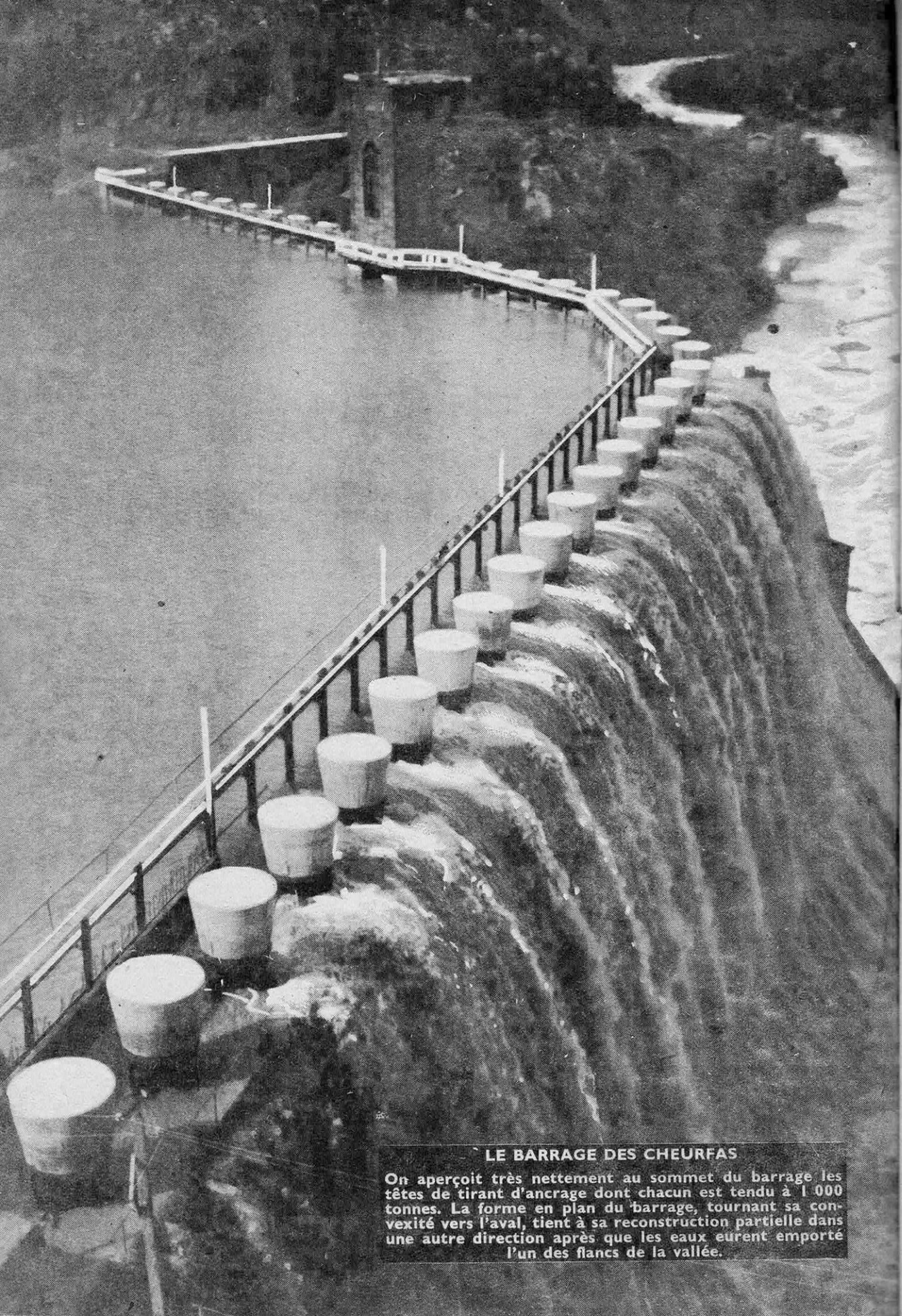
- \* Le problème de l'eau et les grands barrages en Afrique du Nord, par André Fournier..... 47
- \* La charge creuse, nouvelle étape de la lutte contre cuirasse, par Camille Rougeron..... 57
- \* Le D.D.T., formidable moyen de destruction des insectes nuisibles, par Georges Lefranc..... 65
- \* La vie dans les déserts, par Pierre Beck..... 69
- \* Virus et bactériophages, par J. F..... 76
- \* La fabrication et les applications des éponges artificielles, par Léon Ducas..... 77
- \* La survie des organes isolés, par le Dr Bargeton..... 79
- \* Les A Côté de la Science, par V. Rubor..... 86



L'Afrique du Nord française, favorisée par une main-d'œuvre abondante et par le soleil, ne pourra devenir dans son ensemble une riche région agricole que lorsque le problème de l'irrigation y aura été résolu. Déjà de nombreux barrages-réservoirs (trois dans le département d'Alger, quatre dans celui d'Oran, trois dans celui de Constantine) ont été édifiés dans ce but. Dans la construction de ces ouvrages d'art, les techniciens se sont heurtés aux difficultés inhérentes à la structure du sol et ont dû également faire face au grave danger résultant des crues, aussi subites qu'importantes, auxquelles sont sujets les cours d'eau africains. Les déversoirs qui doivent écouler rapidement des masses d'eau considérables ont fait l'objet d'études spéciales, tel celui des Beni-Bahdel, que représente la couverture de ce numéro. Il est muni, à sa partie supérieure, sur la face amont, de dents creuses en béton armé, destinées à accroître le développement en longueur de la lame déversante et par suite à réduire la hauteur de celle-ci et les efforts supportés par l'ouvrage (voir l'article sur le problème de l'eau en Afrique du Nord, p. 47).

« Science et Vie », magazine mensuel des Sciences et de leurs applications à la vie moderne. Rédaction, Administration, Publicité : actuellement, 3, rue d'Alsace-Lorraine, Toulouse. Chèque postal : n° 184.05 Toulouse. Téléphone : 230-27. Adresse télégraphique : SIENVIE-Toulouse. Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « Science et Vie », Avril mil neuf cent quarante-cinq. Registre du Commerce : Toulouse 3235 B.

Abonnements : France et Colonies, un an : 150 francs. Chèque postal : 184-05 Toulouse.



#### LE BARRAGE DES CHEURFAS

On aperçoit très nettement au sommet du barrage les têtes de tirant d'ancrage dont chacun est tendu à 1 000 tonnes. La forme en plan du barrage, tournant sa convexité vers l'aval, tient à sa reconstruction partielle dans une autre direction après que les eaux eurent emporté l'un des flancs de la vallée.

# LE PROBLÈME DE L'EAU ET LES GRANDS BARRAGES EN AFRIQUE DU NORD

par André FOURNIER

*Le problème du développement de la production agricole française est, à l'heure actuelle, un des plus graves que nous ayons à résoudre. Or, les hommes, l'eau et le soleil, conditions essentielles des plus riches cultures, se trouvent réunis en Afrique française du Nord, et spécialement dans les plaines alluvionnaires sèches, dès qu'on résout le problème de l'eau par des barrages d'irrigation destinés à compenser l'extrême irrégularité du régime des pluies, non seulement suivant les saisons, mais encore dans une certaine mesure suivant les années. S'il n'est pas nécessaire, comme ce fut le cas aux États-Unis, de peupler le pays par une migration massive, les conditions d'établissement des grands barrages y sont par contre rendues beaucoup plus difficiles par la nature même des terrains. Aussi la technique de leur construction a-t-elle dû obéir à des règles de sécurité extrêmement sévères, tenant compte des graves déboires éprouvés par les premières réalisations algériennes. Les grands barrages viennent d'être achevés ; ils transformeront complètement l'exploitation agricole de vastes étendues et feront de ces régions une véritable « Californie européenne ».*

## L'agriculture : des hommes, de l'eau, du soleil

**D**ÉPUIS que les hommes parcourent la Terre, les armes à la main, pour se saisir des zones les plus fertiles, on pourrait croire que l'exploration en a été faite avec assez de soin pour qu'il ne reste plus beaucoup de déserts à transformer en riches plaines verdoyantes. Des expériences récentes prouvent cependant que des terres qui comptent aujourd'hui parmi les plus riches du globe, étaient, il y a quelques dizaines d'années, des régions pauvres ou désertiques. L'exemple de la Californie américaine est un des plus connus. Mais en France même, la basse vallée du Rhône, dont la mise en valeur n'est pas encore achevée, nous montre comment de vastes étendues pauvres peuvent être entièrement transformées ; dans notre Empire, la vallée du Chélif en Algérie, les terrains irrigués de la boucle du Niger sont les deux régions types dont l'aménagement est assez avancé pour qu'on puisse en voir les premiers résultats.

La première condition pour tirer du sol ce qu'il peut donner est la présence de l'homme. Plus que toutes les autres, les cultures riches, malgré toute la « mécanisation » qu'on peut y introduire, consomment de la main-d'œuvre. C'est un des gros avantages de l'Afrique du Nord, et spécialement de l'Algérie, d'offrir sur place cette main-d'œuvre en abondance. Pour transformer la Californie, il a fallu, aux États-Unis, organiser une vaste migration intérieure. La mise en valeur des régions irriguées de la vallée du Niger suppose résolu le problème démographique ; il faut d'abord « faire du Noir », ou, comme on l'a proposé, y transporter l'excédent

de population nord-africaine ; mais ce sont là des problèmes autrement difficiles que la construction d'un barrage. N'était-ce point aux mêmes difficultés que se heurtait récemment l'Allemagne en Ukraine, où elle s'efforçait d'implanter des paysans belges et hollandais pour remplacer les hommes valides que les autorités soviétiques avaient obligés à se replier devant l'envahisseur ? Et, cependant, il ne s'agit pas de produire en Ukraine des fruits et primeurs, mais simplement de pratiquer une culture extensive ne réclamant qu'une main-d'œuvre minime. Trouver l'homme sur place, comme c'est le cas en Algérie, où une natalité élevée oblige à fournir des terres nouvelles à une population qui s'accroît rapidement, est un avantage inestimable ; il justifie à lui seul la construction d'ouvrages coûteux, où le prix de revient du mètre cube distribué est certainement très supérieur à celui des barrages du Niger, mais où l'on n'a pas ensuite à créer les populations qui utiliseront cette eau.

Une fois résolu le problème de l'homme, le soleil et l'eau sont à peu près les conditions nécessaires et suffisantes de la fertilité. Elles ont le grave défaut d'être généralement contradictoires. Il serait extrêmement désirable d'avoir, d'avril à septembre, vingt-huit journées de beau soleil par mois séparées par deux journées de pluie. Même dans des régions tempérées aussi privilégiées que la France, cette répartition reste l'objet irréalisable des vœux du paysan ; il pleut toujours ou trop ou pas assez. Il faut donc que l'homme corrige la nature, et comme il n'a pas trouvé encore le moyen de suppléer économiquement la chaleur solaire insuffisante, il lui faut se résigner à choisir des régions où elle est systéma-

# MÉR MÉDITERRANÉE

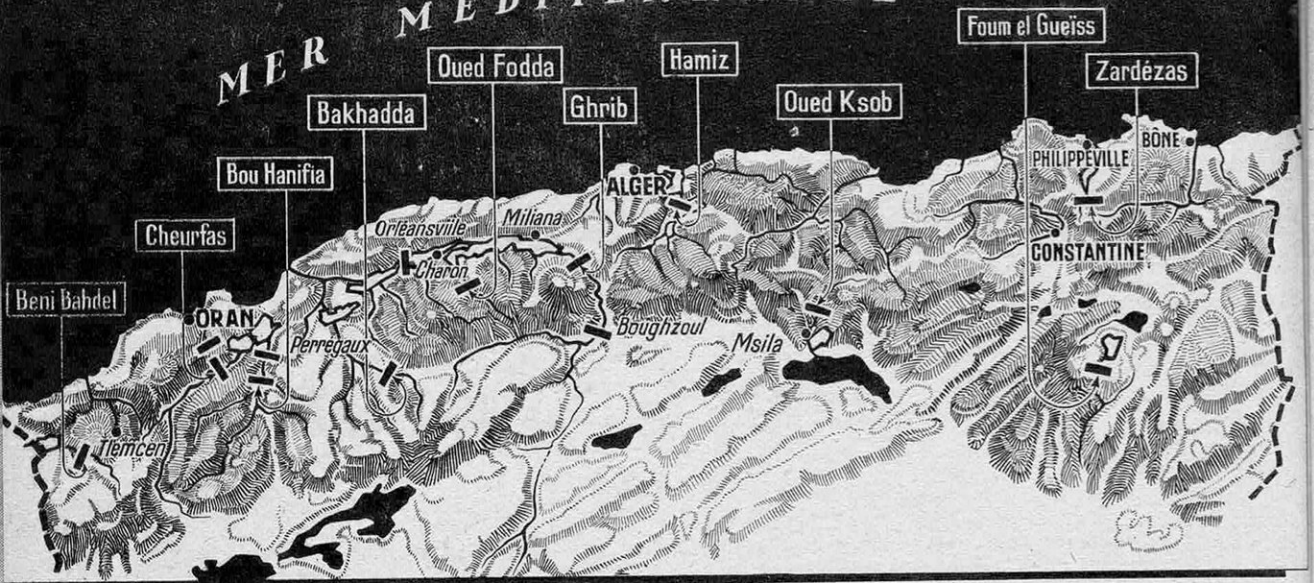


FIG. 1. — LES GRANDS BARRAGES ET LES ZONES IRRIGABLES DE L'ALGÉRIE

La réserve totale d'eau emmagasinée dans cette série de barrages est de 700 millions de mètres cubes et peut être portée à 900 millions. Le cube d'eau annuellement distribuable est de 500 millions de mètres cubes. Les surfaces irrigables annuellement sont de près de 100 000 hectares, dans un périmètre dominé total de 140 000 ha environ. Voici, pour les barrages indiqués sur la carte ci-dessus, les données principales : Beni Bahdel : hauteur, 54 m, cube emmagasiné, 73 millions de mètres cubes ; périmètre irrigable, 12 000 ha ; Cheurfas : 27 m, 6 millions de mètres cubes, 8 000 ha ; Bou Hanifia : 54 m, 75 millions de mètres cubes, 20 000 ha ; Bakhadda : 45 m, 37 millions de mètres cubes, 10 000 ha ; Oued Fodda : 90 m, 225 millions de mètres cubes, 20 000 ha ; Ghrif : 65 m, 280 millions de mètres cubes, 30 000 ha ; Hamiz : 45 m, 23 millions de mètres cubes, 10 000 ha ; Fom-el-Gueiss : 23 m, 2 500 000 millions de mètres cubes, 5 000 ha ; Zardézas : 35 m, 11,2 millions de mètres cubes, 5 000 ha.

tiquement surabondante, et à leur fournir artificiellement l'eau qui leur manque. Les terres les plus fertiles seront donc le plus souvent celles où les pluies sont très insuffisantes, et où l'irrigation décuplera la production.

Pour distribuer de l'eau, encore faut-il qu'il y en ait, donc que les pluies en apportent au moins un peu ; le problème de l'irrigation sera alors de concentrer dans une faible zone l'eau recueillie dans une vaste région. Le type de la terre fertile sera donc la plaine alluvionnaire alimentée par un bassin versant étendu, dans un pays fortement ensoleillé, à climat nettement sec, surtout en été. Ces conditions ne se trouvent réunies qu'en des régions assez exiguës et assez rares, et ce n'est pas là un trait particulier à notre Afrique du Nord. Dans les territoires immenses de l'Amérique du Nord, il a fallu les chercher en Californie, à 4 000 ou 5 000 kilomètres des principaux centres de consommation, et la partie du territoire californien (et de celui des États voisins) qui a pu ainsi être aménagée n'est qu'une fraction très faible du total. Aussi ne s'étonnera-t-on pas que, sur les dizaines de millions d'hectares plus ou moins cultivables de l'Afrique du Nord française, quelques centaines de milliers seulement répondent à ces exigences ; ils sont essentiellement groupés en Algérie, dans la vallée du Chélif.

## L'aspect financier du problème des barrages

L'irrigation par pompage dans une nappe souterraine, ou par prise d'eau dans un cours d'eau voisin, est souvent une opération payante. Par contre, on peut affirmer qu'il n'y a pas au monde un seul barrage pour irrigation, quelque favorables qu'aient été les circonstances, qui ait « payé » au sens financier du mot.

Toutes les affaires d'irrigation, surtout à

grande échelle, se heurtent à une difficulté générale : la durée de la transformation d'un pays où l'on veut implanter les cultures riches, qui seules peuvent payer l'eau au prix nécessaire pour rémunérer les dépenses de premier établissement, et qui atteint fréquemment vingt à vingt-cinq ans. L'importance des intérêts intercalaires condamne donc presque toujours l'affaire dès que les dépenses de premier établissement sont importantes. Ce qui est financièrement acceptable pour le pompage, même si on paye cher la force motrice, est interdit pour le barrage ; c'est que, dans le premier cas, on ne payera l'eau que lorsqu'on s'en servira, et que, dans l'autre, on aura dû faire le barrage longtemps avant d'en utiliser l'eau à plein.

Mais, en une question de cet ordre, les calculs d'intérêts composés doivent-ils vraiment nous guider ? Si l'on avait voulu raisonner ainsi pour la reconstruction des exploitations agricoles dévastées au cours de la guerre de 1914-1918, on les aurait laissées en l'état : il en coûtait fréquemment cinq ou six fois plus de remettre en exploitation une propriété en reconstruisant les immeubles, refaisant les clôtures, nivelant les terres, que d'acheter une propriété non sinistrée de même valeur. La même objection se présente pour l'assèchement des marais, le reboisement des montagnes... La notion d'intérêts composés, qui est à la base de la rémunération financière des affaires à longue échéance de production, doit donc être considérée avec un certain scepticisme, aussi bien dans ce qu'elle promet (qui ne connaît la transformation de la terre en un bloc d'or par le jeu des intérêts composés, en plaçant une somme modique à la naissance de Jésus-Christ ?) que dans ce qu'elle semble interdire.

Sans les irrigations, dont les succès financiers ont cependant été très rares, la Californie serait restée un désert. Or c'est actuellement un pays splendide, d'une prospérité inouïe, qui a



résisté beaucoup mieux que la plupart des régions des États-Unis à la crise générale et spécialement agricole de 1929. L'opération qui transformera de la sorte la vallée du Chéouli se justifie, même si elle n'apparaît pas financièrement saine.

Cependant, cette vérité est loin d'être reconnue. Lorsque l'Administration américaine a investi des sommes énormes dans les irrigations d'État, elle a cru, comme les particuliers, que cette entreprise pouvait payer. Et nous ne sommes pas très sûrs que les Délégations financières algériennes, lorsqu'elles adoptèrent, en 1920, un vaste programme de grands travaux où la part la plus importante était réservée à l'hydraulique agricole, auraient engagé une dépense de 2 milliards si elles avaient eu une vue aussi exacte, mais aussi pessimiste, du rendement à en escompter.

En réalité, si l'on faisait entrer en compte

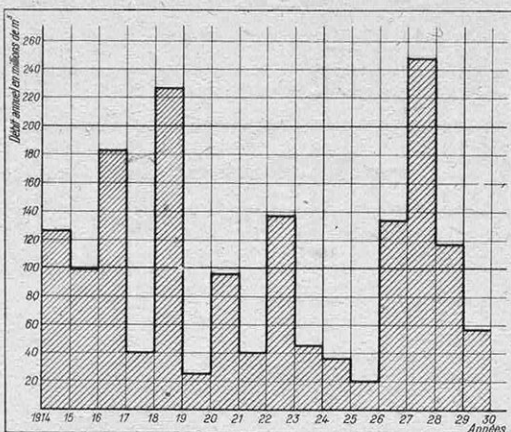


FIG. 2. — DÉBITS ANNUELS DE L'OUED FODDA

La courbe des débits annuels, sur une période de quinze années, montre la nécessité d'une régulation interannuelle, pour parer à la succession de plusieurs années sèches, par exemple 1923-1926.

toutes les conséquences économiques de l'irrigation, on trouverait qu'elle dirige vers les caisses de l'État, par voie indirecte, des sommes très supérieures à la vente de l'eau. Quelque soin qu'on prenne de ne pas enrichir indûment les particuliers, ceux-ci finissent bien par y parvenir, et l'hectare d'agrumes qui s'est vendu jusqu'à plus de 200 000 francs et se payait presque par la récolte pendante, n'a certainement pas versé une grande part de sa plus-value dans les caisses du service de l'hydraulique agricole. Il l'a versée dans une autre caisse au titre des droits de mutation, dans une autre encore au titre de l'impôt

sur le revenu... Qui, plus que l'État, est aujourd'hui sûr de bénéficier de l'enrichissement général d'une contrée pauvre ?

Et il est même certain que les grands barrages d'Algérie seront une des rares exceptions, d'ailleurs simplement apparente, à la règle qui con-

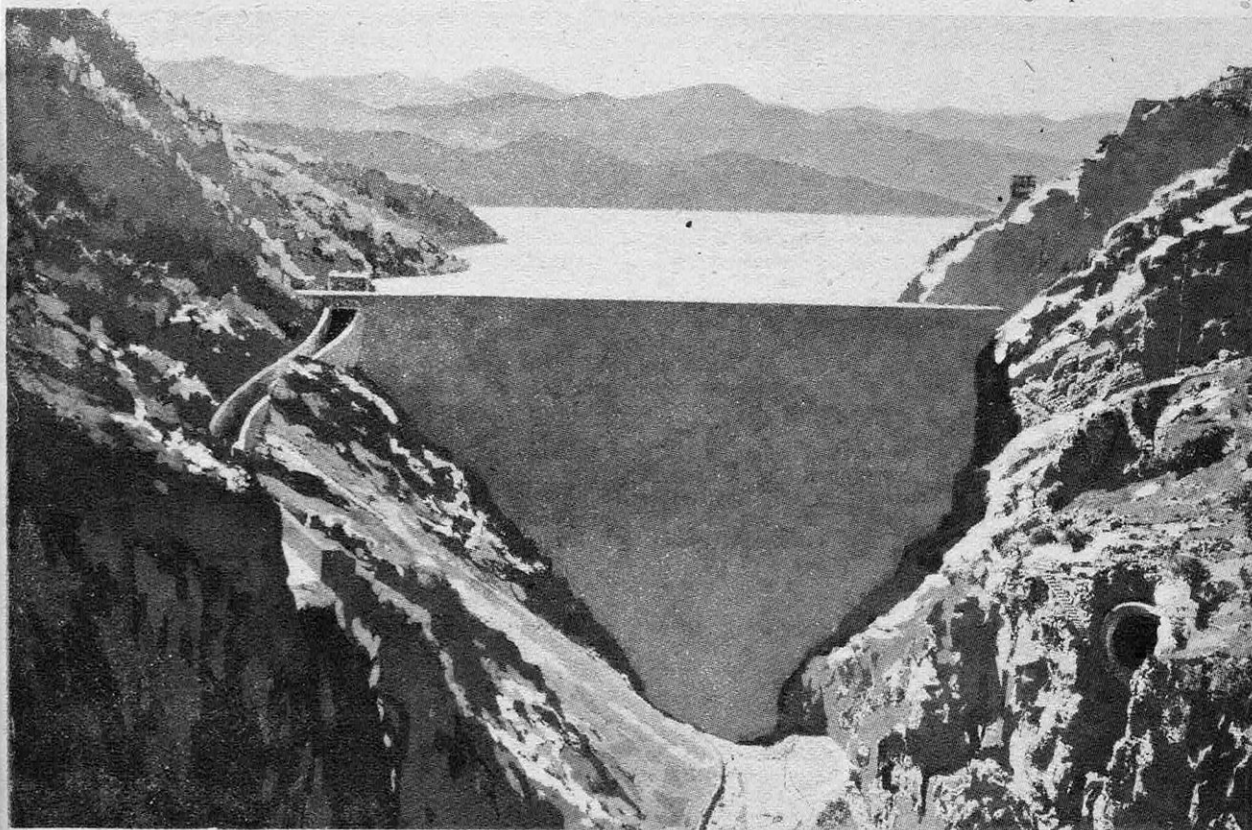


FIG. 3. — LE BARRAGE DE L'OUED FODDA, DE 90 M DE HAUTEUR, RETENANT UN CUBE D'EAU DE 225 MILLIONS DE MÈTRES CUBES

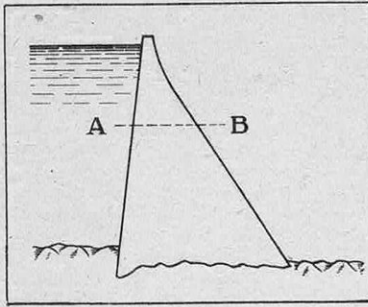


FIG. 4. — LE BARRAGE A GRAVITÉ

Ce barrage résiste à la poussée de l'eau par son poids sans s'appuyer sur les parois latérales. Fait à l'origine en maçonnerie, il est généralement construit aujourd'hui en béton. Le premier profil rationnel dit « d'égalité résistance », a été appliqué au barrage du Furens (1861); c'était un profil à parements amont et aval courbes, calculé d'après la condition qu'en toute section horizontale AB la pression au point B du parement aval, quand le réservoir est plein, et au point A du parement amont, quand le réservoir est vide, ne dépasse pas la limite de sécurité admise; il fallait, en outre, que tout danger de glissement sur une assise horizontale quelconque fût écarté. Le profil triangulaire, qui se prête mieux au calcul, a été imposé en France par la circulaire du 19 octobre 1923; il est légèrement plus volumineux que le profil minimum pour les petits et moyens barrages.

damne le barrage d'irrigation au déficit financier. La période de dévaluation générale des monnaies qui commençait lorsque le programme fut décidé aura permis de payer les frais de premier établissement avec une monnaie de valeur à peu près régulièrement décroissante. Peut-on croire qu'il y aura la moindre difficulté à faire payer l'eau un prix suffisant pour rémunérer, en apparence, un prix de revient calculé suivant la moyenne des valeurs du franc de 1920 à 1939, et à donner ainsi satisfaction aux gardiens les plus sévères de notre équilibre financier ?

### Le régime des pluies algériennes et la régulation interannuelle

Pour le cultivateur habitué aux pluies d'Europe, les pluies d'Afrique du Nord se caractérisent par leur mauvaise répartition. Elles sont faibles ou nulles pendant de longs mois, de mai à septembre; elles sont fréquemment torrentielles. Il faut ajouter le ruissellement intense dans la plupart des régions victimes d'un déboisement inconsidéré. Mais, comme nous l'avons exposé au début, cette irrégularité annuelle n'est pas un facteur fâcheux; elle est la condition même du succès régulier de la culture d'élevage irriguée.

Un caractère beaucoup plus gênant des pluies d'Afrique du Nord, du point de vue de l'irrigation, est leur irrégularité interannuelle. Dans la région du Chéouf, la moyenne annuelle des pluies est de 400 à 500 mm; 396 mm à Orléansville, 397 mm à Oued Fodda, 479 mm à Affreville, 507 mm à Duperré. Mais cette moyenne annuelle correspond à des valeurs successives très différentes; les extrêmes, sur une période de quinze

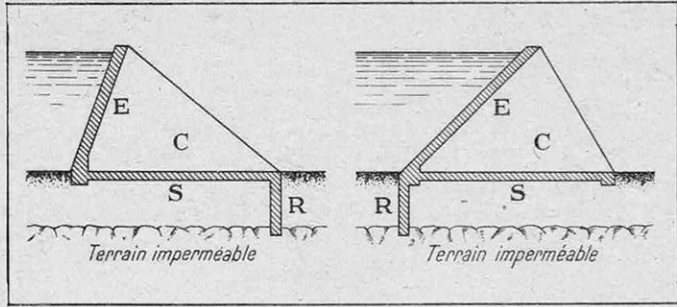


FIG. 5. — BARRAGES EN BÉTON ARMÉ

Le barrage en béton armé est formé d'un écran E, en béton armé recevant la pression de l'eau et la transmettant à une semelle S par l'intermédiaire de contreforts C; un rideau parafouille R prolongé jusqu'au terrain imperméable empêche les fuites. Le barrage en béton armé, type le plus récent et souvent le plus économique, a connu de nombreux accidents à ses débuts; la figure de gauche reproduit les dispositions à éviter, celle de droite les dispositions recommandées. L'écran a été, surtout aux débuts, une dalle plane en béton armé encastrée au droit de chaque contrefort et avec la semelle à la base; le barrage formait ainsi un monolithe d'une grande résistance. On préfère aujourd'hui constituer le rideau par des portions de voûtes inclinées ayant les contreforts pour piles; la matière se trouve mieux utilisée; la dilatation s'opère librement par travée, ce qui garantit des fissures qu'elle pourrait provoquer. L'inclinaison de l'écran doit être suffisante (45° environ) pour la stabilité de l'ouvrage en appliquant fortement la semelle sur le sol. Les contreforts, n'ayant que des efforts de compression à subir, peuvent être en béton non armé. Il y a tout avantage à faire la semelle discontinue en donnant à la base des contreforts l'emplacement nécessaire pour ne charger le sol de fondation que dans la limite voulue, et à solidariser les contreforts par des entretoises reliant leur pied; on évite ainsi l'effet des sous-pressions particulièrement à craindre sur des barrages aussi légers. Enfin, le rideau d'étanchéité R doit être établi en amont de l'ouvrage et non en aval, toujours pour éviter l'effet des sous-pressions sur la semelle ou les pieds des contreforts.

années, varient largement du simple au double, par exemple 294 à 694 mm à Duperré, 257 à 562 mm à Orléansville. Observons, en passant, que les chiffres les plus faibles, surtout dans les conditions de répartition annuelle des pluies, ne permettent que des récoltes insignifiantes et expliquent l'irrégularité extrême des résultats agricoles en Afrique du Nord suivant les années.

Si l'on passe du régime des pluies au régime des cours d'eau, on constate, comme il est naturel, que l'irrégularité s'accroît. Le graphique ci-contre (fig. 2) donne sur une quinzaine d'années le débit de l'Oued Fodda, un des affluents du Chéouf sur lequel est établi le deuxième en importance des grands barrages algériens. On trouve en 1925-1926 une année à 20 000 000 m<sup>3</sup>, suivie, deux ans plus tard, d'une année à 248 000 000 m<sup>3</sup>. Sur le Chéouf même, au débit moyen de 120 000 000 m<sup>3</sup>, on a observé, pendant la construction du barrage du Ghrib, une année à 20 000 000 m<sup>3</sup>, suivie d'une année à plus de 500 000 000 m<sup>3</sup>.

L'irrégularité est encore plus gênante lorsqu'on envisage le débit instantané. Le débit naturel d'été descend le plus souvent à quelques litres par seconde pour ne pas dire zéro. Le maigre débit moyen annuel de 120 000 000 m<sup>3</sup> du Chéouf, au barrage du Ghrib, est fourni par 23 000 km<sup>2</sup>; il ne correspond qu'à la très faible hauteur d'eau de 5 mm, si on rapporte le débit annuel à l'étendue du bassin versant. On conçoit donc que certaines précipitations puissent donner lieu à des débits instantanés énormes, eu égard à la capacité des barrages. C'est ainsi que le barrage de Perréaux a été emporté par une crue de 5 000 m<sup>3</sup>/s au cours de l'hiver 1927-1928, alors

que, depuis cinquante ans, on n'en avait pas observée de plus de 300 m<sup>3</sup>/s.

Ainsi, les conditions du régime des pluies imposent aux barrages algériens, d'une part, la régularisation interannuelle, c'est-à-dire l'accumulation de l'eau excédentaire des années très humides en vue de sa restitution pendant une série d'années sèches, d'autre part, des ouvrages évacuateurs des crues d'une importance inusitée. Ce sont les deux causes générales du prix de revient élevé de l'eau distribuée.

### Les grands barrages-réservoirs d'Algérie

Il restait encore à vaincre une difficulté supplémentaire : le terrain.

Presque tous les barrages de grande hauteur construits dans le monde sont fondés sur un rocher résistant et peu fissuré, souvent granitique. Les barrages d'Algérie ont dû être fondés sur des terrains plus récents, beaucoup moins consistants, des marnes, des grès hétérogènes parfois presque sableux ; les meilleurs terrains rencontrés ont été des calcaires résistants, mais très fissurés ; l'étude géologique du barrage de l'oued Fodda par certaines des entreprises concurrentes leur avait fait affirmer qu'à l'exemple de certains barrages italiens et espagnols on pourrait le construire, mais non le remplir. La nature du terrain compliquait encore le problème des ouvrages évacuateurs de crues, le moindre affouillement donnant lieu à des érosions très rapides. Ces difficultés ont été surmontées par des solutions variées, souvent originales, et qui paraissent devoir donner aux nouvelles constructions une sécurité très supérieure à celle des barrages plus anciens, qui ont connu de nombreux malheurs.

Les premiers barrages-réservoirs avaient été construits en Algérie au début de la colonisation. On n'envisageait alors que de l'accumulation annuelle et on limitait même la capacité de manière à avoir la quasi-certitude de remplir le barrage chaque année. Le bénéfice des irrigations était réduit, et, conséquence plus grave encore, la capacité, faible à l'origine, se réduisait rapidement par l'envasement, les oueds algériens transportant beaucoup de matières solides. L'histoire de ces barrages, malgré leurs dimensions modestes, n'était d'ailleurs pas très encourageante.

Le barrage des Cheurfas, construit sur le Sig, dans le département d'Oran, d'une contenance de 18 000 000 m<sup>3</sup>, était à peine rempli pour la première fois

quand, le 8 février 1885, les eaux emportèrent, non l'ouvrage lui-même, mais le coteau de rive droite où il était encastré et dont les marnes ne purent résister à la charge d'eau. L'eau, s'échappant par une brèche de 40 m, atteignit le barrage de Saint-Denis-Sig, de 3 275 000 m<sup>3</sup> seulement, le remplit, déversa sur une tranche de plus de 5 m et l'emporta. La plaine et la ville de Saint-Denis furent ravagées ; l'alerte ayant pu être donnée à temps, une dizaine de personnes seulement furent noyées.

L'histoire du barrage de Perrégaux, sur l'oued Fergoug, était encore moins rassurante. Construit de 1866 à 1871, le barrage formait déversoir sur 125 m ; on avait admis que la lame déversante ne dépasserait pas 1,60 m. Un mois après l'achèvement de l'ouvrage, une première crue infirma ces prévisions en endommageant le déversoir, sous une lame de 2 m, sur 50 m de longueur. On le répara, et, neuf ans plus tard, le 16 décembre 1881, une crue plus forte porta à 2,25 m la hauteur de lame déversante en renversant toute la partie supérieure de l'ouvrage ; la vallée fut dévastée et quatre cents personnes y trouvèrent la mort. On le reconstruisit en le renforçant et, le 25 novembre 1927, le plan d'eau de la retenue montait en onze heures de la cote + 8,00 à la cote + 32,00, niveau du déversoir ; la hauteur de la lame déversante atteignait 3,85 m lorsque, le 26 novembre, le barrage céda une deuxième fois ; la vallée fut encore une fois dévastée, mais il n'y eut aucune victime à déplorer parmi les populations rendues prudentes.

On conçoit donc que les constructeurs des nouveaux barrages se soient montrés sévères dans l'estimation de la résistance et de l'étan-

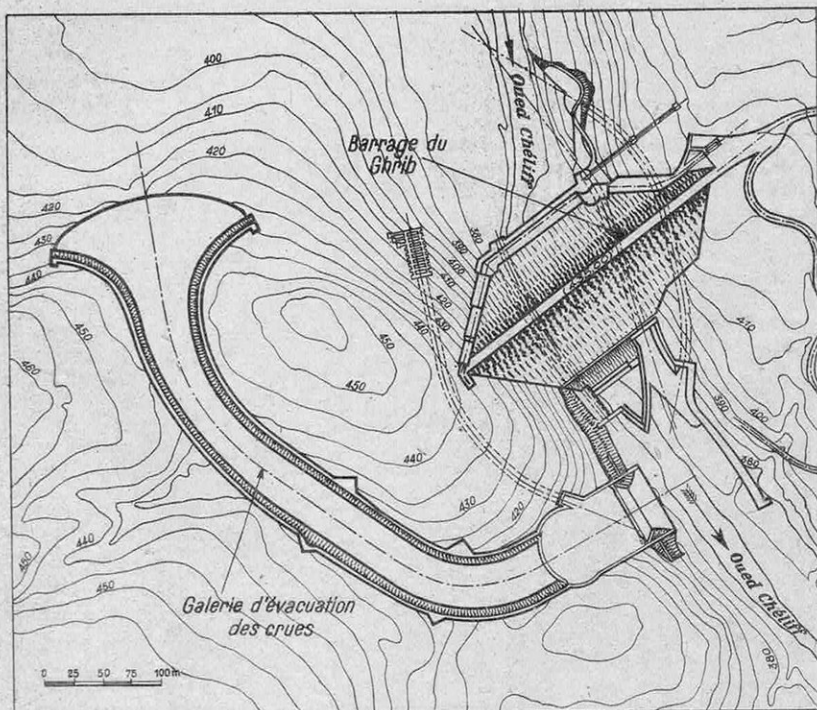


FIG. 6. — PLAN D'ENSEMBLE DU BARRAGE DU GHRÎB.

Sur ce barrage, le plus important des barrages d'Algérie (cube emmagasiné : 280 000 000 m<sup>3</sup>), on notera la part considérable prise par les ouvrages d'évacuation des crues représentés sur la gauche du plan.

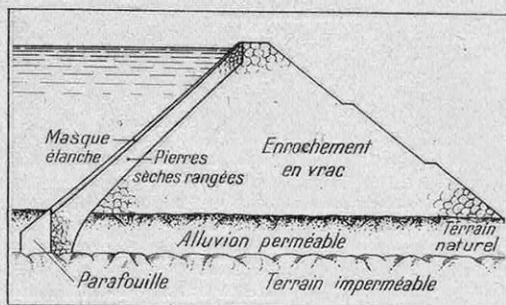


FIG. 7. — BARRAGE EN ENROCHEMENTS

Le barrage en enrochements est un type dans lequel l'étanchéité est demandée à un masque (béton armé, béton bitumineux...) et la stabilité à une masse de matériaux rocheux soit jetés pêle-mêle, soit plus ou moins arrimés. Il convient à des terrains de résistance très inférieure à celle qui est nécessaire pour l'établissement d'un barrage à gravité en maçonnerie ou béton, et d'un barrage en béton armé. Il donne beaucoup plus de sécurité que le barrage en terre qu'un suintement, se transformant en renard, puis en courant, peut désagréger et emporter avec une rapidité déconcertante.

chéité des terrains et dans le calcul des ouvrages d'évacuation des crues.

Les grands barrages-réservoirs d'Algérie, tous en service actuellement, comprennent :

— Dans le département d'Alger, deux barrages nouveaux, celui de l'oued Fodda et celui du Ghrib, et un barrage ancien renforcé et surhaussé, celui du Hamiz ;

— Dans le département d'Oran, les quatre barrages de Bakhadda, des Cheurfas, des Beni Bahdel et de Bou Hanifia, ce dernier remplaçant le barrage de Perréaux rompu en 1927 ;

— Dans le département de Constantine, les trois barrages beaucoup moins importants des Zardezas, de Foun-el-Gueiss et de l'oued Ksob. Voici quelques détails sur les plus intéressants de ces ouvrages :

Le barrage de l'oued Fodda (fig. 3), qui dessert la région d'Orléansville, est un barrage en béton du type dit à gravité (fig. 4) de 100 m de hauteur totale et de 68 m de largeur à la base. Sa capacité est de 225 000 000 m<sup>3</sup> ; elle laisse d'ailleurs perdre un peu du débit des grandes crues. Le débit régularisé annuel est d'au moins 75 000 000 m<sup>3</sup>. C'est celui dont la construction s'est présentée dans les meilleures conditions, car il est fondé sur un calcaire très dur auquel on ne peut reprocher que d'être très fissuré. Pour parer au risque de non-remplissage, on a dû employer, pour la première fois à une pareille échelle en matière de grands barrages, la technique très spéciale des injections à haute pression de produits chimiques (1) et ciments, telle qu'on la pratique en matière de forages de puits de mine à grande profondeur. Il a fallu 9 500 mètres de forages et une dépense de 20 millions, mais le résultat a été très satisfaisant ; le barrage est plein depuis 1936 et les fuites sont très minimales. Le coût total des travaux a atteint 150 millions, soit 0,65 f au mètre cube.

Le barrage du Ghrib (fig. 6), qui alimente en eau la vallée du Chéouli, de Dollfusville à Oued-Fodda, est, avec ses 280 000 000 m<sup>3</sup> emmagasinés, le plus important des barrages algériens. La capacité pourra être portée plus

(1) Silicate de soude et sulfate d'alumine qui réagissent pour donner du silicate d'alumine.

tard à 350 000 000 m<sup>3</sup> à l'aide de vannes de 5 m de hauteur édifiées sur le déversoir. C'est un barrage en enrochements de 65 m de hauteur et 140 m de largeur à la base. Il offre un exemple typique des difficultés de construction des barrages algériens. Le terrain est constitué par des bancs alternés de marne se délayant dans l'eau et d'un grès très hétérogène, tendre, friable et fissuré. La solution du barrage à gravité en béton devait être rejetée, étant donné la compressibilité du terrain. On a adopté le barrage en enrochements (fig. 7) constitué par un énorme remblai en matériaux rocheux revêtu d'un masque étanche sur le parement amont. La compressibilité du terrain était telle qu'on a dû rejeter la solution du masque en béton armé ; en de tels terrains, le masque en béton armé de certains barrages américains s'était déchiré le long des ancrages à la mise en eau, avec fuites considérables. Pour parer à ce danger, on a mis au point et utilisé, pour la première fois au barrage du Ghrib, une technique entièrement nouvelle, celle du masque souple en béton bitumineux, ce béton étant composé d'un mélange de pierraille, de gravier, de sable et de poussière fine enrobé dans du bitume jouant le rôle de liant. Cette technique est depuis longtemps employée pour les routes, mais, là, l'appui du béton bitumineux est quasi horizontal et le revêtement n'a pas tendance à glisser. Au contraire, posé sur un parement incliné à 45°, on court le risque de voir ce liquide qu'est le bitume couler progressivement vers le pied du barrage. La fi-

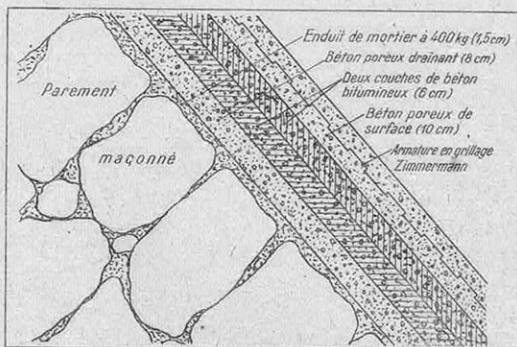


FIG. 8. — MASQUE BITUMINEUX ÉTANCHE DU BARRAGE DU GHRI

Le masque comprend : un enduit de mortier de ciment dosé à 400 kg/cm<sup>3</sup> qui égalise la surface en « opus incertum » du parement amont et assure le collage du béton poreux trop pauvre en éléments fins ; une couche drainante en béton poreux qui doit éliminer les sous-pressions au cas où des fuites se produiraient à travers la couche étanche ; une double couche de béton bitumineux de 12 cm d'épaisseur totale collée sur le béton par une peinture au bitume ; une couche de béton armé de surface, destinée à la protection thermique de la partie du masque non noyée. La composition du béton bitumineux a été déterminée après de nombreux essais, en vue de concilier la stabilité du revêtement incliné, qui demande un béton à gros éléments et une faible teneur d'un bitume dur, et l'élasticité, la plasticité et la « workability » (facilité de mise en place) qui exigent des conditions opposées. La stabilité du masque aurait été aléatoire aux températures de 70° C qui peuvent être atteintes par insolation directe ; la couche calorifuge en béton armé maintient la température au voisinage de l'ambiance et réduit de plus de moitié les écarts journaliers : elle est armée par un grillage, découpée en dalles de 2 m x 3 m, et amarrée à la partie supérieure du barrage sous une tension légère, pour éviter que son poids entraîne le béton bitumineux.

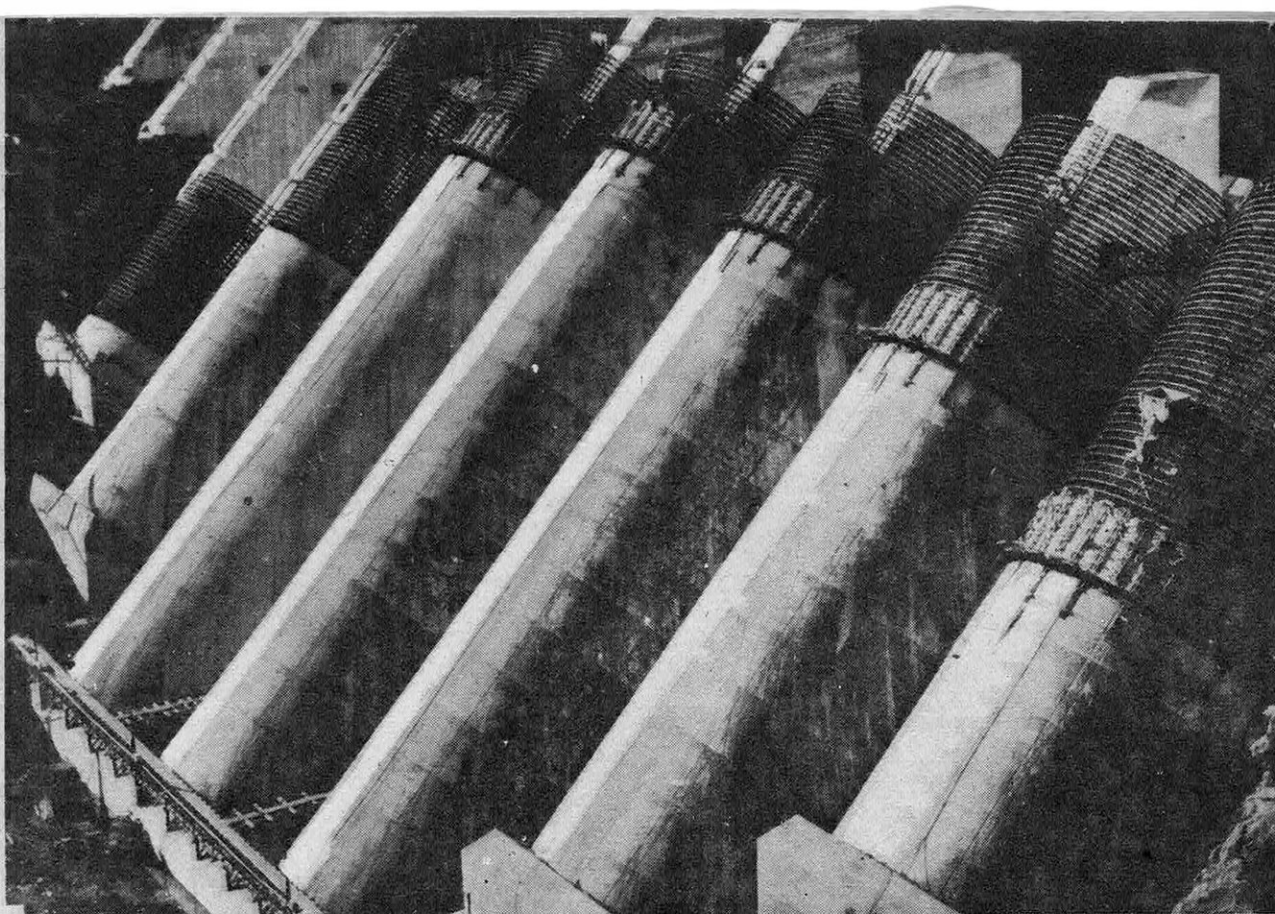


FIG. 9. — VUE DE L'AMONT DU BARRAGE DES BENI BAHDEL EN COURS DE CONSTRUCTION

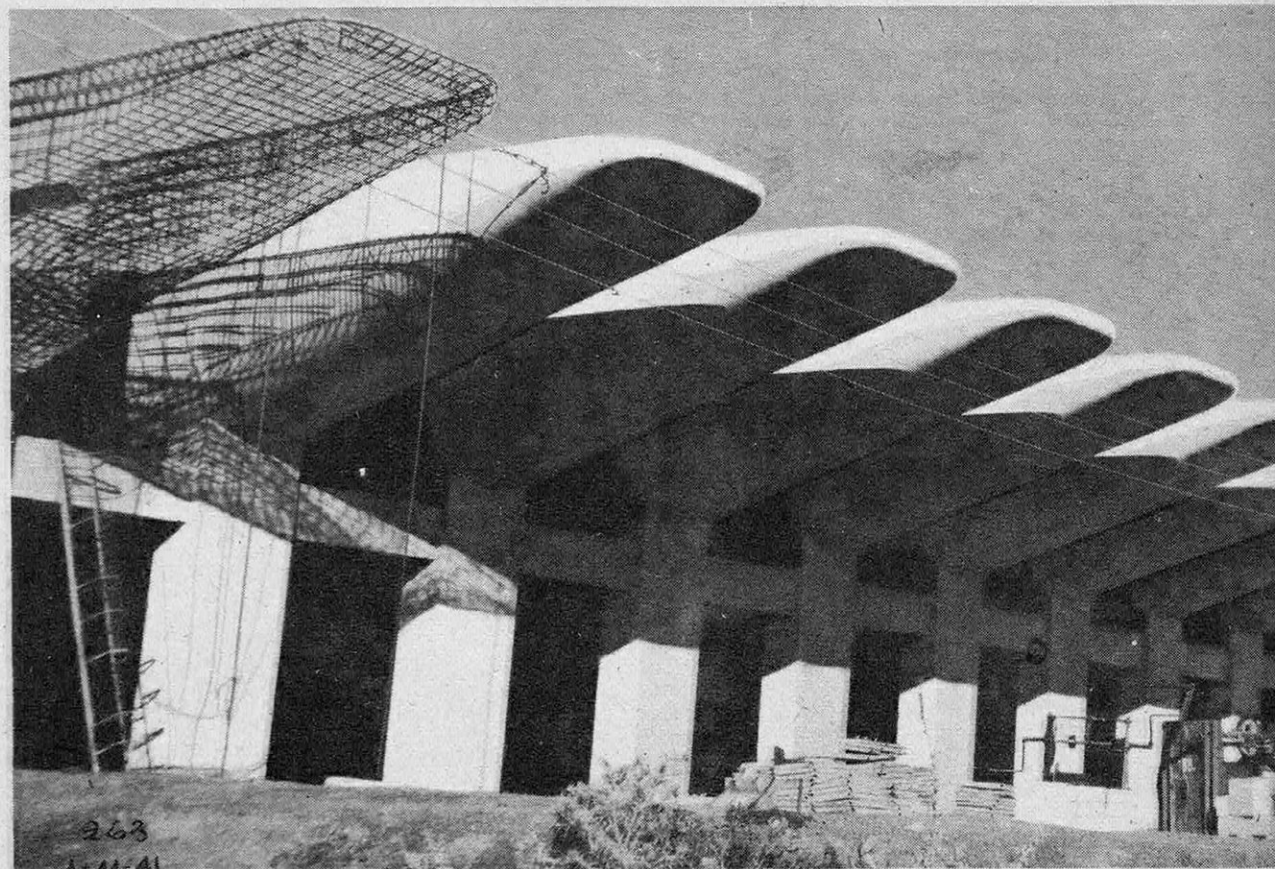


FIG. 10. — LES DENTS EN BÉTON DU DÉVERSOIR DES BENI BAHDEL

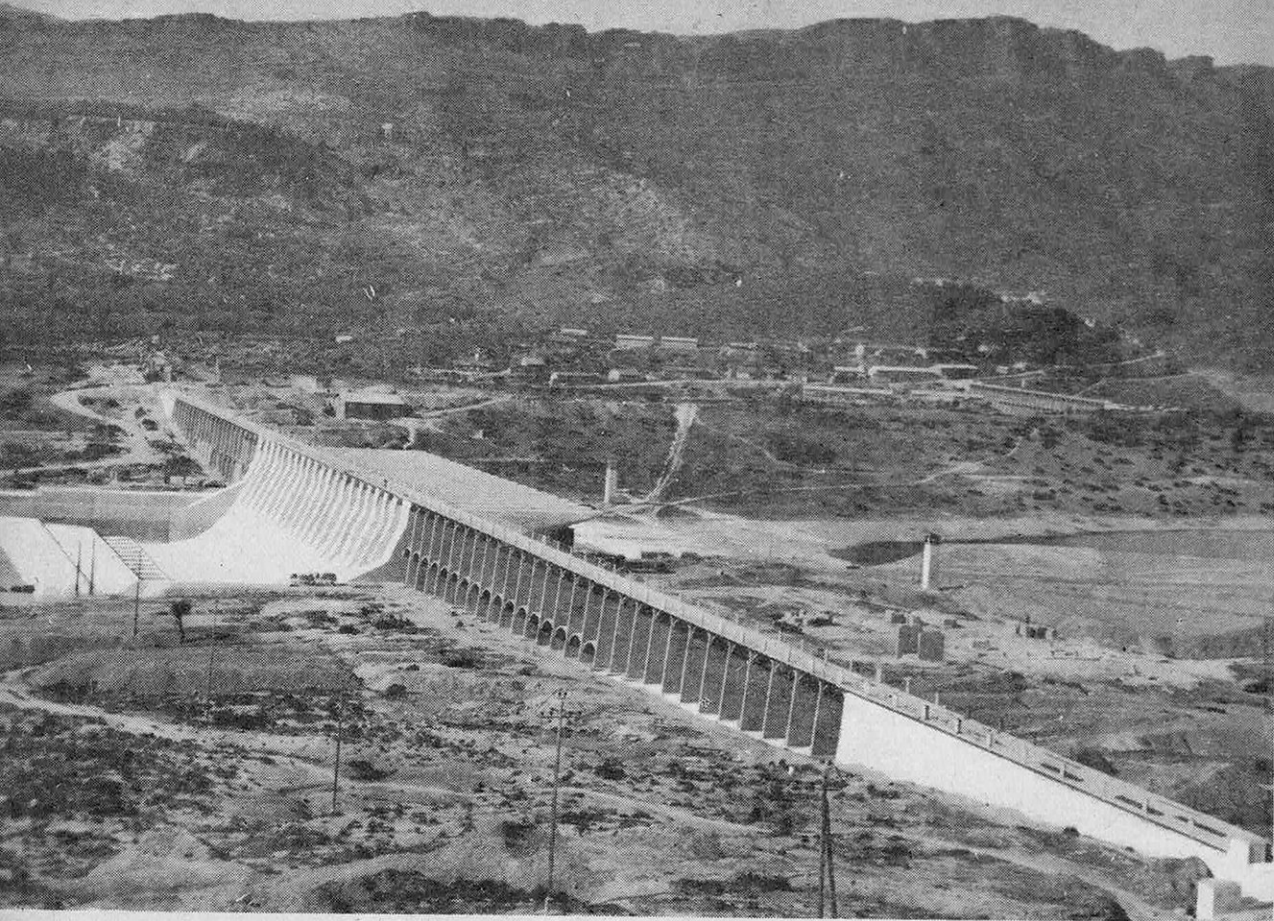


FIG. 11. — VUE GÉNÉRALE DU DÉVERSOIR DES BENI BAHDEL

*Le déversoir est indépendant du barrage. On notera la disposition nouvelle très intéressante des dents creuses en béton par où s'évacue l'eau. Cette disposition vise à augmenter le développement en longueur de la lame déversante, donc à réduire sa hauteur et, par suite, la charge d'eau à laquelle doit résister l'ouvrage. On évite ainsi tous les appareils mécaniques, plus ou moins automatiques, installés dans le même but au sommet des barrages-déversoirs.*

gure 8 et sa légende indiquent les précautions prises pour parer à ce danger.

Les travaux pour l'étanchéité du terrain ont pris ici un développement considérable. Il a fallu 38 500 m de forages exécutés au marteau perforateur jusqu'à une profondeur de plus de 100 mètres; le coût total des travaux d'injection a été de 50 millions. Le prix total de l'ouvrage, qui n'a été achevé qu'au cours de la guerre, était évalué à 318 millions de francs. Le mètre cube d'eau emmagasiné reviendra donc à environ 1 franc.

Le barrage des Beni-Bahdel (fig. 9 et 13), à l'extrême ouest du département d'Oran,

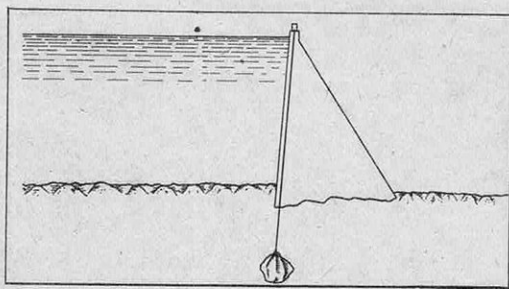


FIG. 12. — ANCRAGE DES BARRAGES PAR TIRANTS EN ACIER

*Les barrages à profil insuffisant peuvent être renforcés par des tirants en acier à haute résistance, ancrés à grande profondeur en terrain résistant, et mis en tension par des vérins. On augmente ainsi le taux de compression sur la face amont du barrage en charge; on évite donc les fissures, amorces de rupture, qui commencent lorsque le béton est soumis à des efforts d'extension. Les tirants en acier employés sont obtenus par un laminage à froid qui leur donne une limite élastique de 110 à 120 kg/mm<sup>2</sup>; ils sont mis en tension par vérins hydrauliques à une charge d'environ 90 kg/mm<sup>2</sup>. Ils peuvent être placés soit à l'intérieur du barrage, soit à l'extérieur.*

est un ouvrage de 47 m de hauteur à l'origine, surélevé au cours de la guerre à 54 mètres, dont la capacité est de 73 000 000 m<sup>3</sup>. C'est un barrage à voûtes multiples en béton armé reposant sur des contreforts. Le cube de béton est notablement inférieur à celui d'un barrage à gravité. Le terrain, formé de bancs alternés d'un grès dur et d'un schiste de qualité douteuse, se prêtait à cette réalisation. La division des fondations en une série de contreforts distants de 20 m a permis d'atteindre pour chacun un terrain de fondation sûr en évitant les cubes excessifs d'excavation et de béton en fondation qu'aurait exigés un barrage à

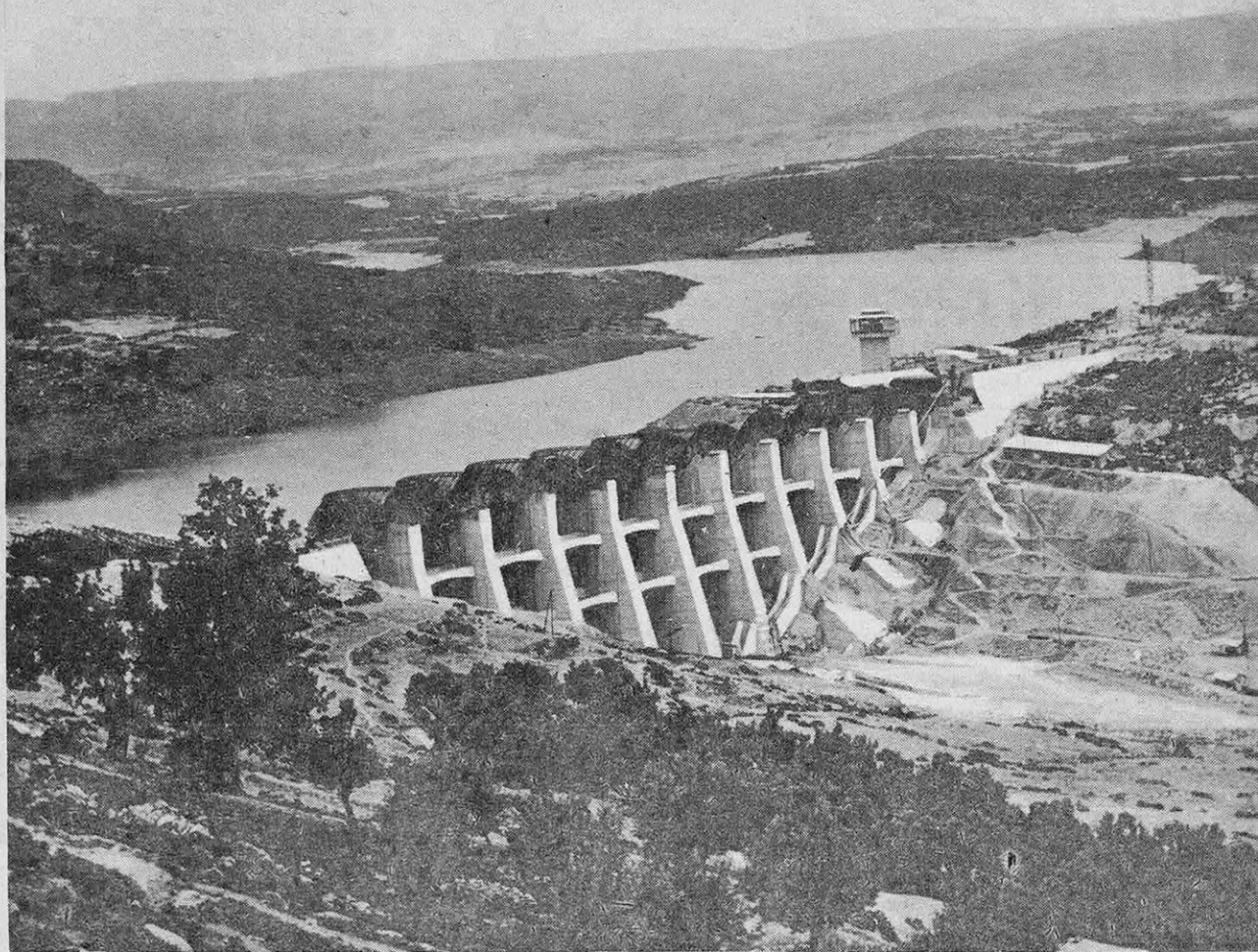


FIG. 13. — LE BARRAGE DES BENI BAHDEL VU DE L'AMONT

*Les contreforts du barrage des Beni Bahdel sont une application intéressante des « bétons précontraints » (procédés Freyssinet). Le relèvement de hauteur du barrage a été décidé après construction des contreforts. On a pu les conserver sans risquer de faire travailler à la tension le béton de leur face amont en comprimant par vérins la face aval. On aperçoit sur la photo trois contreforts préparés au pied pour l'application des vérins et un quatrième entaillé en gradins, sur lequel on va faire le même travail. On rapprochera ce mode de renforcement de celui employé au barrage de Cheurfas (tirant en acier à haute résistance tendu sur la face amont).*

gravité. De plus, le barrage à voûtes multiples a le double avantage, en cas de légers tassements de terrains, de « prévenir » en manifestant aussitôt les tassements par de petites fissures des voûtes non immédiatement dangereuses, qui apparaissent par des suintements, et, d'autre part, de dégager le terrain que l'on peut surveiller et injecter en cas de besoin.

Le point le plus intéressant dans la construction du barrage des Beni Bahdel a été son renforcement après exécution des contreforts et des voûtes, qui a permis de surélever à 54 mètres le barrage prévu pour une hauteur de 47 mètres au-dessus du lit. Ce travail a été fait suivant la technique du béton précontraint de M. Freyssinet (1).

(1) Le béton armé est composé de deux éléments : le béton proprement dit, qui travaille à la compression, et l'acier de l'armature qui travaille à la traction. Quand la traction exercée sur l'armature devient excessive, c'est le béton lui-même qui est amené à en supporter une partie, ce qui peut entraîner sa fissuration. Pour reculer la limite au delà de laquelle le béton armé ne peut sans inconvénient travailler tendu, on exerce une traction sur l'armature avant la prise du béton, et celui-ci se trouve soumis, par le phénomène d'adhérence, à une compression perma-

Le barrage ancien des Cheurfas (page 46), qui alimente la plaine du Sig, a été jugé à profil insuffisant pour sa sécurité. La consolidation en a été faite, en même temps que la capacité portée de 6 000 000 m<sup>3</sup> à 13 500 000 m<sup>3</sup>, par un procédé très intéressant de tirants en acier à haute résistance, scellés dans le terrain à grande profondeur et mis en tension à l'aide de vérins pour ancrer en quelque sorte le barrage dans le terrain (fig. 12). Cette technique, mise en œuvre en France pour la première fois, est due à l'ingénieur en chef des Ponts et Chaussées Coyne ; c'est d'ailleurs une application particulière des bétons précontraints de M. Freyssinet.

#### L'Algérie, « Californie de l'Europe »

La prédiction en a souvent été faite ; elle est certainement exacte. Mais dans quels délais la transformation sera-t-elle achevée ?

Comme nous l'avons signalé au début, la transformation ne se fait généralement pas au cours des quelques années indispensables pour qu'un arbre fruitier atteigne la période de production. En Californie comme ailleurs, le pas-

sente au moins égale à la traction qu'il devra supporter. C'est ce qu'on appelle la technique du béton précontraint.

sage des cultures non irriguées aux cultures riches actuelles s'est fait par étapes successives.

L'eau a été employée d'abord à l'arrosage des céréales et du maïs, et surtout pour la prairie artificielle. L'association des pâturages naturels non irrigués et des pâturages irrigués (luzerne...) a permis un élevage prospère qui, même aujourd'hui, tient encore en Californie une place importante dans l'économie du pays. Les bénéfices ont permis de couvrir les frais de passage à des cultures plus riches, coton et plantes industrielles. Le coton, devenu peu rémunérateur, a été remplacé par les arbres fruitiers (abricots, pêches...). Les bénéfices accumulés ont finalement payé les frais considérables de premier établissement des agrumes et des cultures potagères, terme ultime de l'évolution californienne.

Est-il indispensable que l'Algérie parcoure cette longue route avant d'atteindre pareil résultat ? Tout permet de croire que la transformation sera infiniment plus rapide. Les périodes de troubles monétaires et de guerre ont au moins cet avantage de lancer vers l'agriculture les capitaux inquiets en quête d'emploi. Les plantations d'agrumes, même avant la guerre, ont dépassé très largement les prévisions les plus optimistes ; elles se poursuivent aujourd'hui à une cadence qui est limitée par le débit des pépinières ou l'insuffisance de la main-d'œuvre, mais certainement pas par le manque de capitaux.

Ainsi, l'Algérie, « Californie de l'Europe », est non seulement une certitude, mais une certitude à échéance proche.

André FOURNIER.

## LA GAZÉIFICATION SOUTERRAINE DE LA HOUILLE

Le procédé habituel de transformation de la houille en gaz combustible exige l'extraction préalable de la houille et son transport jusqu'aux usines à gaz. Ne serait-il pas possible de transformer directement la houille en gaz sous terre, de façon à économiser le travail de l'extraction ? Il y a très longtemps qu'on a cherché à résoudre ce problème, mais ce n'est que récemment qu'une solution pratique lui a été donnée en U. R. S. S.

Le principe de la gazéification est le même que celui des gazogènes ordinaires : transformation du carbone en oxyde de carbone gazeux par combustion partielle (en insufflant de l'air en quantité insuffisante pour que la combustion soit totale). Comme le carbone gazéifié de la sorte possède encore 70 p. 100 de son pouvoir calorifique primitif, on voit que la chaleur perdue dans cette combustion partielle est faible comparée à l'économie réalisée en supprimant l'extraction.

Dans la pratique, on opère de la façon suivante : une galerie traversant une couche de houille communique à ses extrémités avec la surface du sol par deux puits dont l'un sert à l'insufflation de l'air, l'autre à l'évacuation du gaz (voir fig.). La gazéification se fait de façon discontinue : on insuffle de l'air, puis on coupe le courant d'air pour laisser la réaction se produire (elle démarre toute seule, car le charbon est porté à haute température par les opérations pré-

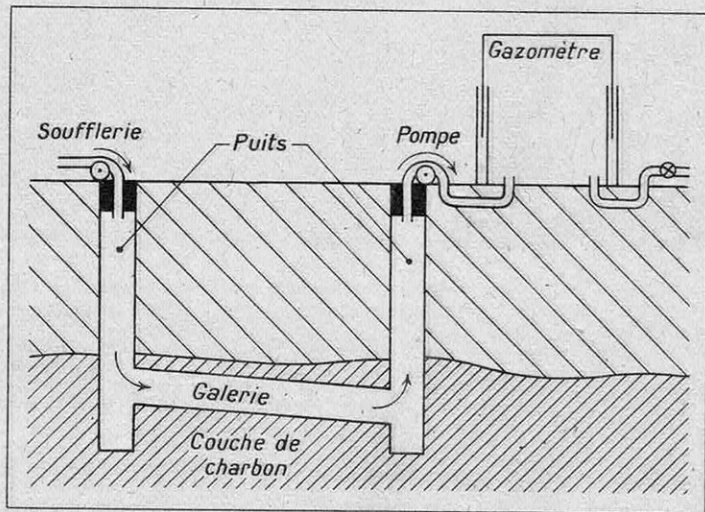


SCHÉMA D'UNE INSTALLATION POUR LA GAZÉIFICATION DE LA HOUILLE

cédentes). Enfin on rétablit le courant pour chasser le gaz produit et le capter, et l'on recommence.

Le gaz ainsi fabriqué ne contient pas seulement de l'oxyde de carbone. Il contient aussi de grandes quantités d'azote provenant de l'air insufflé. Ce gaz inerte n'entrave nullement l'utilisation de l'oxyde de carbone comme carburant, mais il le dilue. On peut diminuer la teneur du gaz en azote et, par conséquent augmenter son pouvoir calorifique, en enrichissant artificiellement l'air insufflé en oxygène. Outre l'azote, le gaz contient les hydrocarbures volatils se trouvant naturelle-

ment dans la houille. On peut le débénzoler de la même façon que le gaz d'éclairage et récupérer ainsi de précieux sous-produits.

Deux usines de gazéification souterraine de la houille fonctionnent déjà en U. R. S. S., et, dans l'une d'entre elles, une galerie a été exploitée pendant dix-huit mois sans interruption de la combustion. La mise en exploitation d'usines semblables est à l'étude en Angleterre, où l'on envisage la possibilité d'une révolution complète dans l'industrie de l'extraction de la houille, si les résultats pratiques sont conformes aux prévisions.

J. F.



# LA CHARGE CREUSE

## Nouvelle étape de la lutte : canon contre cuirasse

par Camille ROUGERON

*Les engins à charge creuse sont l'application militaire d'un phénomène connu depuis plus d'un demi-siècle par les spécialistes en explosifs. Présentée à la veille de la guerre, l'idée a connu un succès rapide, parce qu'elle permettait de perforer des blindages au moyen d'armes de faible poids et de faible vitesse, alors que l'artillerie antichars lançant un projectile dont on utilisait la force vive pour cette perforation devenait de plus en plus lourde et volumineuse. La charge creuse est aujourd'hui en usage sur les engins les plus variés, grenades à main, grenades à fusil, fusées perforantes, projectiles d'artillerie, grenades d'aviation et mines antichars. Son emploi doit bouleverser entièrement, sur terre, sur mer et dans les airs, les matériels blindés et leur tactique.*

### La charge creuse, ses précurseurs et ses réalisateurs

La charge creuse, qui est — aujourd'hui, — la plus puissante arme antichars, est apparue pour la première fois en Tunisie. Le fantassin américain qui la lançait avec un « bazooka » de quelques kilogrammes arrêta avec elle des chars « Tigre » devant lesquels l'artillerie de campagne était impuissante. Mais, s'il n'y a même pas trois années qu'elle est en service, son histoire complète est beaucoup plus longue.

C'est vers la fin du siècle dernier que furent signalés les puissants effets de destruction dirigée dans l'axe d'une cavité creusée dans un bloc d'explosif. D'une masse d'explosif convexe partent des ondes divergentes dont l'effet diminue à mesure qu'on s'éloigne. Parties d'une charge à forme concave, ces ondes convergent dans la direction de l'axe et donnent un effet localisé, mais très intense. On montre encore, dans un musée américain, une plaque de métal au contact de laquelle l'un des expérimentateurs à qui est due cette découverte avait fait éclater un bloc d'explosif dans lequel il avait gravé son nom ; le nom avait été reproduit en creux dans le métal.

Quelques années plus tard, un autre chercheur eut l'idée de garnir la cavité d'un chapeau métallique. Il réalisait ainsi un véritable canon par la projection du métal dans l'axe de la cavité sous l'effet de l'explosion.

Mais l'un et l'autre de ces effets restaient à l'état de curiosités de laboratoire. Ce n'est qu'à la veille de cette guerre qu'un inventeur suisse eut l'idée de rechercher les applications militaires du phénomène. Il étudia une forme de cavité, une épaisseur de chapeau, une composition d'explosif, mélange de penthrite et de tolite... qui lui permirent de perforer avec un pétard une épaisseur de blindage sensiblement égale à son diamètre. Il ne lui restait qu'à placer son invention en quelque pays désireux de s'assurer l'énorme supériorité qu'eût représentée, au début d'une guerre, la mise entre les mains de chaque fantassin d'une arme portative pour l'arrêt du char, ou le montage sur vedette d'un engin perforant une ceinture de cuirasse.

L'inventeur choisit la France et, entre les nombreux services techniques compétents, celui qui lui parut le plus susceptible de s'intéresser à l'affaire. On l'envoya à un centre d'expériences, où il fit éclater quelques pétards contre des blindages qu'ils perforèrent très correctement. La difficulté commença quand il parla de reproduire le résultat au combat. N'avait-on point, pour percer les blindages, d'excellents canons ? Les ingénieurs auxquels on offrait l'arme nouvelle n'étaient-ils point capables d'en établir d'autres aussi puissantes que le progrès des blindages l'exigerait ? On conseilla finalement à l'inventeur de porter sa découverte au département voisin, qui, lui aussi, avait des blindages à perforer et des ingénieurs qui auraient peut-être des idées différentes.

L'inventeur suivit le conseil, fit d'autres pétards, perfora d'autres plaques. Il ne réussit pas davantage à convaincre les intéressés que son engin pouvait remplacer un projectile de rupture.

Il lui restait à faire le tour des bureaux d'étude privés. La guerre venait d'être déclarée et les armes antichars orthodoxes d'être écrasées en Pologne sous l'effort combiné des divisions blindées et des escadres d'assaut. L'un des bureaux d'étude pressentis lui signa un contrat au vu des photographies de plaques perforées et n'eut pas de peine à convaincre l'état-major général qu'une grenade conçue suivant ce principe et lancée par fusil était la meilleure des armes antichars. Si bienveillant que fût l'accueil fait à cette offre, il fallait tout de même quelques mois pour transformer le pétard éclatant au repos en grenade empennée à explosion commandée par une fusée percutante instantanée. Le prototype était adopté et la commande de série lancée lorsque la bataille de France vint tout interrompre.

Le constructeur n'eut aucune peine à obtenir l'autorisation de placer sa grenade en Angleterre et aux États-Unis, d'où elle revint sur les champs de bataille occidentaux. Le plus curieux de l'affaire est qu'il entreprit d'en doter l'armée de Vichy. On obtint sans difficulté l'accord de la commission d'armistice, et les usines d'armement françaises se mirent à fabriquer, à partir de

1941, une grenade d'infanterie à charge décomposée en deux morceaux, dont il suffisait d'enlever l'un pour la transformer en une excellente grenade antichars.

La tradition française ne s'accommode point des consignes rigoureuses qui limitent la connaissance des secrets militaires à un très petit nombre de personnes spécialement qualifiées par leurs fonctions. Elle préfère miser sur l'inaptitude des services de renseignements à discerner les informations intéressantes des autres, et, pourvu qu'on avertisse l'interlocuteur qu'il s'agit d'une question secrète, elle admet fort bien qu'on puisse en parler. Ainsi prévenus du bon tour qu'ils allaient jouer à l'occupant, les quelques centaines de personnes qui étudièrent, expéri-

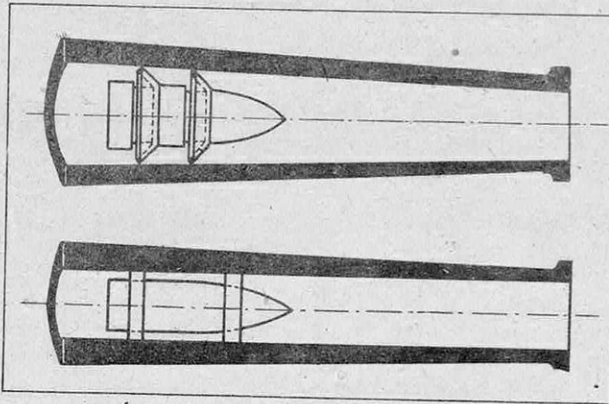


FIG. 1. — CANON CONIQUE ET SOUS-CALIBRAGE

Le canon conique Gerlich tire un projectile du calibre de la bouche, tenu dans l'âme par des ceintures en forme de jupe qui se referment pendant le déplacement du projectile et prennent place dans des logements préparés. Le projectile sous-calibré est, au contraire, tiré dans un tube cylindrique; les ceintures éjectables en métal léger sont tronçonnées à l'avance et tenues par un fil qui se rompt à la bouche sous l'effet de la force centrifuge. L'une et l'autre solution permettent d'atteindre des vitesses initiales très élevées avec des pressions dans l'âme qui ne soient pas exagérées.

mentèrent, commandèrent et construisirent la grenade antichars n'en laissèrent rien transpirer. Aucun des contrôleurs allemands qui en surveillèrent la fabrication n'eut l'idée de demander la raison de cette charge décomposée en morceaux s'emboîtant l'un dans l'autre.

Le secret de la détection radio-électrique n'avait-il pas été conservé de la sorte pendant cinq ans? Les quelques centaines de Français qui en avaient reçu la confiance et avaient essayé, puis mis en service de septembre 1939 à juin 1940 les premiers matériels, avaient-ils laissé transpirer vers l'Allemagne quelque indice susceptible d'orienter la Luftwaffe sur ce qui a certainement été la plus importante innovation

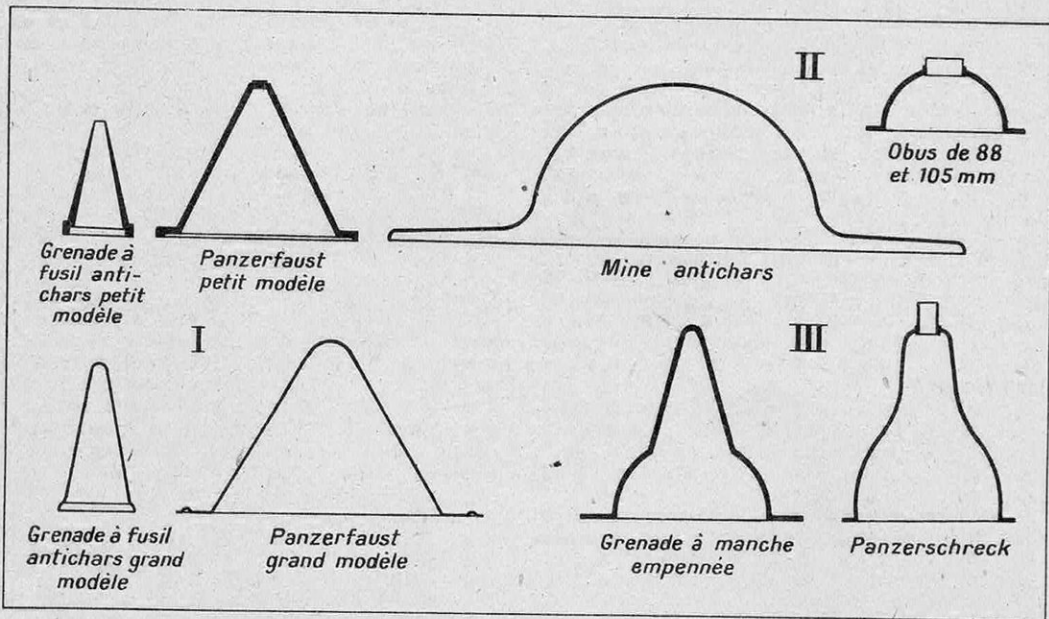


FIG. 2. — QUELQUES MODÈLES DE CHAPEAUX POUR CHARGES CREUSES

I. — Les chapeaux tronconiques sont employés sur les grenades à fusil et les « Panzerfaust » à propulsion par fusée. On notera que leur angle au sommet varie beaucoup d'une munition à l'autre. D'autres détails aussi importants que l'ouverture du cône les différencient. C'est ainsi que le chapeau de la grenade à fusil petit modèle est à épaisseur progressive du sommet à la base, quand celui de la grenade à fusil grand modèle est d'épaisseur constante. De même le chapeau ne règne pas sur la petite base du tronc de cône dans le premier; il est maintenu, au contraire dans le second. — II. Les chapeaux hémisphériques sont employés dans les obus de 88 et de 105 mm, ainsi que dans la mine antichars. On pourrait conclure de cet emploi que l'action de la charge creuse hémisphérique est moins sensible à la distance entre charge et plaque que la charge conique. — III. La combinaison, sur la grenade à manche empennée, du chapeau conique et du chapeau hémisphérique est destinée à cumuler les avantages des deux types quant au rapport entre profondeur et largeur de la débouchure dans la plaque.

de cette guerre ? Les nombreux journalistes qui étaient avertis de la question suivaient avec intérêt une « bataille d'Angleterre » ou le « radar » jouait le premier rôle ; ils notaient l'absence de curiosité de ce commandement allemand qui ne s'étonnait point de trouver chaque fois, sur la route de ses bombardiers, souvent même au large des côtes britanniques, les chasseurs d'interception. Mais ils attendirent patiemment, pendant deux années de guerre, que les Allemands aient monté leurs premiers postes et que l'armée britannique ait rempli les journaux d'annonces réclamant du personnel pour ses services de radio-détection, avant d'en faire des sujets d'articles.

**La perforation par la force vive du projectile**

Pendant tout près d'un siècle, c'est uniquement à la force vive d'un projectile que l'on a demandé la perforation d'un blindage. Il faut bien reconnaître que, de cette lutte entre le canon et la cuirasse, le canon était toujours sorti vainqueur. Le complexe de supériorité du constructeur de canon semblait justifié et expliquait probablement l'attitude des ingénieurs d'artillerie à l'égard des premières charges creuses. Ils oubliaient que, si le budget d'un grand pays est assez copieux pour offrir à son armée et à sa marine des canons antichars de 1 200 kg et des tourelles de cuirassés de 2 500 t, cet armement est assez difficile à dissimuler à l'avion. Mais quel est le héros qui se résignera, pour une telle raison, au « bazooka » caché dans une touffe d'herbes, ou à la vedette portant un 155 mm sans recul, en laissant sans emploi les crédits alloués à ses chapitres de matériel ?

La force vive réclamée pour la stricte perforation d'une cuirasse d'épaisseur *a* (en dm) par un projectile de calibre *e* (en dm également) et de poids *p* (en kg) est donnée par diverses formules assez peu différentes dont la plus usitée est celle de Jacob de Marre :

$$pv^2 = 1\,530^2 \cdot R^2 \cdot a^{1,5} \cdot e^{1,4}$$

La vitesse d'impact, supposée perpendiculaire à la plaque, est *v*. Le coefficient *R* définit la qualité respective de l'ensemble plaque-projectile ; il est en moyenne de 1,25 pour une plaque cimentée attaquée par un projectile coiffé. Plus il est grand, et plus il faut une force vive élevée pour perforer une plaque d'épaisseur donnée par un projectile de calibre donné, donc plus le projectile est mauvais ou la plaque est bonne.

Les principales lois de la perforation résultent de cette formule.

On en déduit d'abord que la perforation des plaques suit sensiblement les règles de la similitude, c'est-à-dire qu'à vitesse d'impact donnée il y a un rapport constant entre le calibre du projectile et l'épaisseur qu'il peut perforer. Pour que la loi soit rigoureuse, il faudrait que la somme des exposants de *a* et de *e* fût de 3, de manière que le second membre de la formule variât comme le cube des dimensions linéaires, ainsi que le fait le poids *p* dans le premier membre. Au poids moyen des projectiles de rupture, 15 kg pour un calibre de 100 mm,

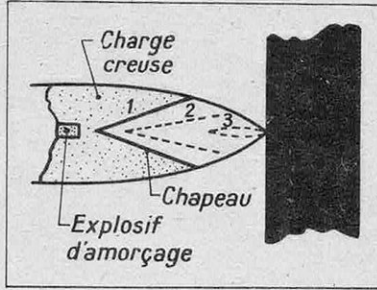


FIG. 3. — PRINCIPE DU FONCTIONNEMENT DE LA CHARGE CREUSE

*A l'impact, une fusée instantanée, ou à très léger retard, non représentée, fait détoner la charge creuse, à partir de la charge d'amorçage. Le cône 1 est projeté vers l'avant et replié sur lui-même pour prendre les positions 2 et 3, où il constitue finalement un véritable projectile façonné et lancé par l'explosif.*

l'épaisseur strictement perforée est égale au calibre pour une vitesse d'impact de 500 m/s environ.

La même formule de Jacob de Marre explique également le succès de quelques autres innovations au cours de cette guerre, qui montrent bien que la résistance à l'introduction de la charge creuse dans l'armement n'était pas un phénomène particulier, mais s'appliquait à toute nouveauté en matière de perforation.

Le calibre intervenant au deuxième membre de la formule avec une puissance supérieure à l'unité, la force vive nécessaire à la perforation d'une plaque d'épaisseur donnée est d'autant plus faible que le calibre est plus petit. L'ingénieur allemand Gerlich avait présenté, il y a quelques années avant la

guerre, un canon conique, d'un calibre plus faible à la bouche qu'à la naissance des rayures, qui tirait un projectile muni de ceintures en forme de jupes se refermant à mesure que le projectile avançait dans l'âme. Il augmentait donc la section moyenne sur laquelle s'exerçait la pression des gaz de la poudre ; il pouvait ainsi tirer, avec des pressions modérées, dans les armes de longueur normale, des projectiles dont les vitesses, de l'ordre de 1 500 m/s, leur permettaient de perforer des plaques de plusieurs fois leur calibre. Il n'eut aucun succès jusqu'à la guerre, ni en Allemagne, ni ailleurs, et ce n'est qu'en 1943 que la « Wehrmacht » fut dotée de pièces antichars de ce genre, remarquablement puissantes pour leur poids.

Une solution analogue avait été présentée en France avec le projectile sous-calibré, à ceintures éjectables, où des ceintures de duralumin saillantes, tronçonnées à l'avance et tenues simplement par un fil qui se rompait à la bouche sous l'effet de la force centrifuge, permettaient de tirer dans un tube un projectile de calibre

DÉSIGNATION	POIDS	POIDS d'explosif.	PORTÉE pratique.	ÉPAISSEUR perforée.
	kg	kg	m	mm
Grenade à fusil petit modèle.	0,230	0,050	100	60
Grenade à fusil grand modèle.	0,390	0,130	100	80
« Panzerfaust » petit modèle.	1,800	0,700	30	160
« Panzerfaust » grand modèle.	3,025	1,600	30	200
« Panzerschreck ».	3,410	0,630	180	125

FIG. 4. — CARACTÉRISTIQUES DE CHARGES CREUSES ALLEMANDES

*Des modèles plus récents de grenades à fusil perforent des blindages plus épais, allant jusqu'à 125 mm. On notera la différence de caractéristiques entre les « Panzerfaust », engin puissant à faible portée, et le « Panzerschreck », engin de puissance moindre, à portée très supérieure.*

environ 25 p. 100 plus faible, dont le poids n'atteignait même pas la moitié du projectile normal, mais dont la vitesse était relevée en conséquence. L'intérêt de cette disposition n'avait pas davantage été admis en France que celui du tube conique Gerlich en Allemagne. Il fallut attendre l'hiver 1939-1940 pour qu'on se décidât à commander des projectiles sous-calibrés destinés au canon de 75 mm modèle 1897, qu'ils transformaient en une arme de mêmes caractéristiques (poids de projectile, vitesse initiale, tension de trajectoire, durée de trajet...) que le remarquable canon de 57 mm qui apparut en 1942 dans l'armée britannique de Libye. Mais, en juin 1940, la première commande de série de projectiles de 75 mm sous-calibrés était encore en chargement à Bourges, où l'armée allemande put en prendre livraison. Elle y porta assez d'intérêt pour que la longue liste des projectiles réglementaires de son obusier de 105 mm comportât un projectile de ce type.

Une troisième amélioration importante au projectile de perforation consiste dans l'emploi d'un noyau de carbure de tungstène avec chemise en alliage léger. Le carbure de tungstène agit non seulement par sa dureté — c'est le produit qui entre dans la composition des outils modernes à coupe rapide, — mais surtout par sa densité voisine de 16. Elle permet d'établir un noyau perforant de poids donné à calibre beaucoup plus faible que l'acier. Le gain, considérable, peut être apprécié par la formule de Jacob de Marre. Pour la même vitesse d'impact,

une plaque donnée ne réclame pour sa perforation qu'un projectile quatre fois moins lourd, donc une arme quatre fois moins puissante, si la densité est doublée. Là encore, le projectile antichars à noyau en acier à forte teneur de tungstène, puis en carbure de tungstène, avait été proposé et expérimenté en France avant 1939. Il avait été refusé, pour des raisons d'économie, à une époque où le ferro-tungstène à 60 p. 100 de métal rare se vendait dans les 30 francs le kilogramme, et où les munitions perforantes de petit calibre coûtaient plusieurs fois ce prix. La Wehrmacht, qui n'avait ni les ressources financières, ni les réserves de tungstène des Alliés, et qui avait dû étudier de près l'économie de l'opération, a mis en service en 1943 le projectile à noyau en carbure de tungstène, en le combinant au tube conique dans le canon de 28 mm.

### La charge creuse

Le mécanisme de la perforation par charge creuse ne doit pas être encore entièrement élucidé malgré les recherches poussées dont il a fait l'objet chez les Alliés, comme dans les pays de l'Axe. Il suffit, pour en juger, de regarder les formes de cavités relevées sur les différents types allemands de charges creuses (voir fig. 2) dont un très grand nombre sont tombées entre les mains alliées, au cours de la bataille d'Allemagne. Il est probable que, de son côté, l'armée allemande a pu recueillir et expérimenter la



FIG. 5. — LE PLUS RÉCENT MODÈLE DE « BAZOOKA » AMÉRICAIN

*Cet engin se fragmente en deux parties pour faciliter son transport. Quelques autres perfectionnements lui ont été apportés. L'organe d'appui sur l'épaule est modifié et allégé. La mise de feu est commandée par une petite magnéto à main au lieu d'une pile. Le tube est allongé, ce qui donne à la fois un meilleur guidage et une précision améliorée, protège en même temps les servants de la projection des gaz chauds de la fusée.*



FIG. 6. — UN SOLDAT AMÉRICAIN ARMÉ DU « BAZOOKA » APPROCHANT D'UN « CHASSEUR DE CHARS » ALLEMAND QU'IL A IMMOBILISÉ ET INCENDIÉ

plupart des modèles alliés, mais il convient pour l'instant de se limiter aux quelques remarques que suggèrent les très nombreux types d'engins allemands.

Il est certain que la perforation tient à la fois à l'effet direct sur le blindage de l'onde de choc émise par l'explosion, et à la projection sur ce blindage des résidus du chapeau métallique. On peut aisément le vérifier en supprimant le chapeau ; la pénétration subsiste, à moindre profondeur ou à un diamètre plus faible. Les premiers essais exécutés sur la charge creuse ne comportaient d'ailleurs pas de chapeau.

Il est aisé de se rendre compte des conditions de formation du pseudo-projectile constitué par le chapeau. A partir de la charge d'amorçage, placée dans l'axe de la cavité, l'explosion se propage dans la charge à une vitesse constante, qui ne dépend que de la nature de l'explosif. Cette vitesse est de plusieurs milliers de mètres

à la seconde, elle dépasse 7 000 m/s pour les explosifs habituels tels que la tolite ou la mélinite ; elle est de l'ordre de 8 000 m/s pour les explosifs plus puissants tels que la penthrite ou l'hexogène, employés en mélange avec les précédents dans les charges creuses. Chaque élément du chapeau est projeté, comme le serait un éclat ordinaire, perpendiculairement à la surface d'explosif avec

laquelle il est en contact. Mais, à la différence du corps de projectile convexe qui se fragmente parce que sa surface tend à augmenter sous l'effet de l'explosion, il n'y a ici aucune nécessité à cette fragmentation. Le chapeau se referme sur lui-même, les différents éléments étant projetés vers l'axe à des vitesses, qui, comme celles des éclats, peuvent atteindre 1 000 à 3 000 m/s. Là, ils se heurtent et s'agglomèrent en un fragment de métal qui, par raison de symétrie, se trouve animé d'une vitesse de plusieurs milliers de mètres/seconde dans la direction de cet



FIG. 7. — ATTAQUE D'UN CHAR AVEC DES CHARGES CREUSES A ADHÉRENCE MAGNÉTIQUE

La charge employée, à forme conique, a près de 150 mm de diamètre. On distingue nettement les trois aimants qui donnent l'adhérence en maintenant la charge à la distance optimum du blindage.

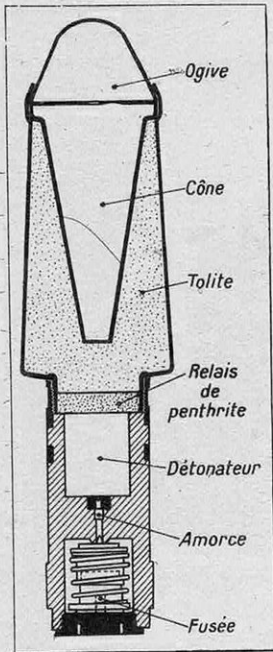


FIG. 8. — GRENADE A FUSIL ALLEMAND GRAND MODÈLE

Cette grenade, stabilisée par rotation, est lancée à l'aide d'un tromblon et d'une cartouche sans balle. L'ensemble de la construction est en acier, à l'exception de la tige, en alliage léger ou en matière plastique, suivant les modèles.

Les phénomènes sont beaucoup plus complexes. Il y a à la fois transformation en chaleur de l'énergie mécanique contenue dans l'onde de choc, qu'elle peut transmettre soit directement à la plaque, soit indirectement par l'intermédiaire du chapeau ; il y a également échange de chaleur entre les gaz de l'explosion à plusieurs milliers de degrés et le chapeau ou la plaque. Enfin, la nature du métal du chapeau intervient, et non pas seulement par sa densité ou sa dureté. On a essayé notamment l'aluminium, le zinc... avec des résultats fréquemment supérieurs à ceux que donnait l'acier.

La forme de la cavité doit évidemment jouer un rôle considérable dans le résultat. Le calcul, à partir d'hypothèses assez exactes sur la vitesse de propagation de l'explosion, et d'autres, plus hasardées, sur la vitesse de projection des éléments de coiffe, a été employé. Il n'a pas donné de résultats bien sensationnels, et la forme hémisphérique ou la forme conique donnent des résultats au moins aussi bons que les cavités de révolution à méridienne d'équation plus compliquée. Il n'en reste pas moins que l'effet, dans le cas de la charge conique, dépend de l'angle au sommet du cône, et qu'on peut faire varier dans de larges mesures la proportion du diamètre de la perforation à sa longueur en choisissant convenablement la forme de la cavité. C'est certainement à de telles différences qu'il faut attribuer la combinaison des évidements coniques, et hémisphériques de la grenade allemande à manche empenné, et la forme assez

voisine, avec raccordement entre cône et sphère, du « Panzerschreck ».

Enfin, un facteur important du résultat est certainement la distance de la charge creuse à la plaque lors de l'explosion. Avec certaines formes de cavité, la distance peut varier dans d'assez grandes limites sans que la puissance de perforation baisse notablement ; il faut bien le conclure des excellents résultats que certains engins donnent, même en tir sur plaques très inclinées.

Le principe de la charge creuse peut être mis en œuvre sur des armes très différentes. Avec le « bazooka » américain, on a commencé par une grenade propulsée par fusée, et guidée au départ dans un tube. Le lancement supposait deux servants, dont l'un portait le tube sur l'épaule, pendant que l'autre le pointait. Avec le P. I. A. T. britannique (*projector infantry anti-tank*), on est passé à un véritable canon, où l'on diminuait le recul par l'artifice bien connu du tir à l'instant où le tube était projeté vers l'avant.

Les engins allemands, créés les derniers, se sont multipliés sous des formes très diverses qui ne se retrouvent pas toutes encore dans les armées alliées.

Les engins lancés ou placés à la main comprennent une grenade à manche de forme extérieure semblable à celle de la grenade contre le personnel, mais pourvue en outre d'un empennage déployant en toile analogue à celui des bombes à parachute pour vol rasant. Une charge creuse à adhérence magnétique est également en service.

Les grenades à fusil sont de plusieurs modèles. Elles sont destinées à être tirées dans un tromblon s'adaptant au bout du fusil, comme la grenade VB française, mais au moyen d'une cartouche sans balle. La stabilité sur la trajectoire est obtenue par une rayure usinée sur la queue de la grenade. Les variantes les plus récentes ont une puissance de perforation considérable. Le grand modèle, de 61 mm de diamètre, perce près de 125 mm de blindage à incidence normale, soit plus de deux fois son calibre.

Les « Panzerfaust » (littéralement « poings contre blindés ») sont des engins plus puis-

voisine, avec raccordement entre cône et sphère, du « Panzerschreck ».

Enfin, un facteur important du résultat est certainement la distance de la charge creuse à la plaque lors de l'explosion. Avec certaines formes de cavité, la distance peut varier dans d'assez grandes limites sans que la puissance de perforation baisse notablement ; il faut bien le conclure des excellents résultats que certains engins donnent, même en tir sur plaques très inclinées.

Le principe de la charge creuse peut être mis en œuvre sur des armes très différentes.

Avec le « bazooka » américain, on a commencé par une grenade propulsée par fusée, et guidée au départ dans un tube. Le lancement supposait deux servants, dont l'un portait le tube sur l'épaule, pendant que l'autre le pointait. Avec le P. I. A. T. britannique (*projector infantry anti-tank*), on est passé à un véritable canon, où l'on diminuait le recul par l'artifice bien connu du tir à l'instant où le tube était projeté vers l'avant.

Les engins allemands, créés les derniers, se sont multipliés sous des formes très diverses qui ne se retrouvent pas toutes encore dans les armées alliées.

Les engins lancés ou placés à la main comprennent une grenade à manche de forme extérieure semblable à celle de la grenade contre le personnel, mais pourvue en outre d'un empennage déployant en toile analogue à celui des bombes à parachute pour vol rasant. Une charge creuse à adhérence magnétique est également en service.

Les grenades à fusil sont de plusieurs modèles. Elles sont destinées à être tirées dans un tromblon s'adaptant au bout du fusil, comme la grenade VB française, mais au moyen d'une cartouche sans balle. La stabilité sur la trajectoire est obtenue par une rayure usinée sur la queue de la grenade. Les variantes les plus récentes ont une puissance de perforation considérable. Le grand modèle, de 61 mm de diamètre, perce près de 125 mm de blindage à incidence normale, soit plus de deux fois son calibre.

Les « Panzerfaust » (littéralement « poings contre blindés ») sont des engins plus puis-

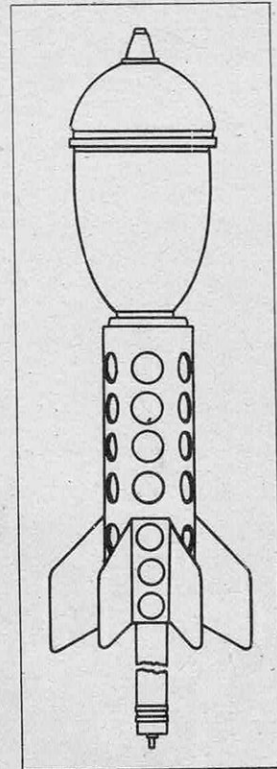


FIG. 9. — GRENADE A TIGE POUR LE CANON ANTI-CHARS DE 37 MM

Cette grenade, au calibre de 160 mm, qui pèse près de 9 kg et a environ 934 mm avec la tige de lancement qui pénètre dans le tube, peut être tirée à 100 m/s environ dans le canon de 37 mm. Elle constitue une arme très puissante, à laquelle aucune cuirasse de char ne peut résister, et peut être tirée avec une précision assez grande jusqu'à environ 500 m.

sants, qui existent également en deux tailles. Ce sont la contrepartie des « bazooka » américains ; ils sont propulsés comme eux par fusée à partir d'un tube-guide, mais peuvent perforer jusqu'à 160 et 200 mm de blindage respectivement. Le « Panzerschreck » (littéralement « terreur des blindés ») est un engin de poids un peu plus élevé, dont on a accru la portée au détriment de la puissance de perforation.

Toute une série de projectiles à charge creuse a été adaptée au tir par les canons antichars ou par l'artillerie de campagne. C'est ainsi que le canon de 37 mm, qui était l'arme antichars de base de la Wehrmacht en 1939, peut désormais tirer un projectile surcalibré à 160 mm de diamètre environ, stabilisé par empennage, dont la queue s'engage dans l'extrémité du tube. Le canon de 88 mm, à la fois antiaérien et antichars, tire un projectile à charge creuse au calibre de l'arme, comme l'obusier de 105 mm ; ce sont là les deux canons qui constituent la presque totalité de l'artillerie allemande de moyen calibre.

Enfin, la charge creuse est adaptée en Allemagne à la mine antichars, à la grenade d'aviation.

### L'avenir de la charge creuse

Il est impossible de se dissimuler que la charge creuse va être à l'origine d'un bouleversement complet des armes à feu, et, par elles, des maté-



FIG. 10. — UN FANTASSIN ALLEMAND ARMÉ D'UN SIMPLE PISTOLET TIRANT UNE GRENADE A CHARGE CREUSE POUR L'ATTAQUE RAPPROCHÉE DES CHARS (100 M ENVIRON)

riels de guerre, au même titre que la fusée. Il ne se limitera certainement pas à la guerre sur terre. Lorsqu'un canon antichars de 37 mm, qui pouvait tout juste lutter contre les chars français de 1939, tire aujourd'hui une charge creuse de 160 mm, qui peut perforer une ceinture de cuirassé, on conçoit que de tels matériels, adaptés ou spécialement étudiés, vont introduire quelques changements dans l'armement et la protection des grands navires. Et l'emploi, contre les ponts blindés d'un cuirassé, des grenades antichars qui constituaient l'armement des chasseurs-bombardiers de la Luftwaffe, n'est cer-

tainement pas une éventualité improbable, même s'il faut extrapoler la grenade sous la forme d'une bombe de quelques kilogrammes. D'ailleurs, si l'avion trouve dans ce progrès l'occasion de multiplier sa puissance en allégeant les armes qu'il destine au char, au fortin, au cuirassé... il les verra très rapidement retourner contre lui au moment où le problème de la perforation des blindages est un aspect des plus importants du tir contre avion, à terre, à la mer, ou en combat aérien.

Pour s'en tenir aux applications déjà connues et qui ont la sanction de plusieurs années de guerre, on peut affirmer que la charge creuse a transformé complètement le problème du char pendant la période où la Wehrmacht s'est trouvée aux prises avec l'énorme masse des chars alliés. C'est la charge creuse sous ses diffé-



FIG. 11. — D'UNE PORTÉE MAXIMUM DE QUELQUE 200 M, CETTE GRENADE ALLEMANDE A CHARGE CREUSE TIRÉE PAR UN FUSIL SERVAIT CONTRE LES CHARS

rentes formes qui, aux mains du fantassin allemand, a tenu tête aux chars anglais et américains, alors que les autres armées de défense antichars, malgré leur puissance, ou plutôt à cause de leur puissance qui ne leur permettait pas d'échapper à l'avion, étaient détruites le plus souvent avant d'avoir pu intervenir ou dès qu'elles avaient tiré quelques coups. C'est également à la charge creuse que l'on attribue en général le demi-échec des plus récents chars russes, dans la campagne qui les mena de Varsovie à Berlin. Ces chars étaient sans doute beaucoup plus puissamment armés et protégés que les matériels allemands contemporains. Dans un combat de chars, ou dans un combat de chars appuyé d'une artillerie antichars du type classique, tractée ou automotrice, les chars soviétiques devaient écraser l'adversaire par leur double supériorité en puissance et en nombre. Ces engins magnifiques furent arrêtés par des enfants et des vieillards allemands, dans un trou d'homme ou dans une cave, armés de « Panzerfaust » ou de « Panzerschreck ».

La charge creuse aura suffi à faire échec aux plans américains et russes de 1941-1942, qui visaient à venir à bout de l'Allemagne par une énorme supériorité d'engins mécaniques. On se souvient certainement des programmes Roosevelt pour 1942 et les années suivantes, où l'on prévoyait des fabrications annuelles de 60 000 à 75 000 chars. Il sera intéressant de savoir un jour combien de ces chars auront réellement été fabriqués en trois ans et demi, et combien auront été engagés contre l'Allemagne et le Japon. Personne n'aura l'idée d'attribuer la différence entre le programme et l'exécution à une insuffisance de l'industrie américaine; la production des avions, qui était beaucoup plus complexe que celle des chars, a été menée à bien et a même dépassé les programmes de 1942. Si l'Amérique n'a ni engagé, ni produit les quantités de chars qu'elle prévoyait alors, c'est que leurs attaques massives, suivant la tactique des « Panzerdivisionen » en 1939, auraient été aussi sanglantes pour l'assaillant aux prises avec les nouvelles armes du fantassin allemand, qu'une charge de cavalerie devant une défense de mitrailleuses.

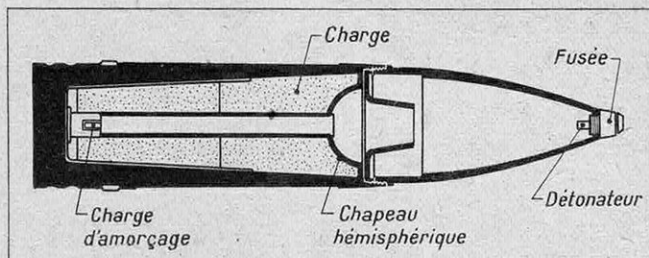


FIG. 12. — PROJECTILE A CHARGE CREUSE DE L'OBUSIER DE 105 MM

L'obusier allemand de 105 mm, modèle 1918 et 1918 M, qui constitue le principal matériel d'artillerie divisionnaire, possède toute une gamme de projectiles, dont un projectile sous-calibré et un projectile à charge creuse pour le tir antichars. On notera, sur ce projectile, le chapeau hémisphérique de la charge creuse et la transmission de l'explosion, à partir du détonateur de la fusée instantanée d'ogive jusqu'à la charge d'amorçage arrière sans aucun relais d'explosif. Le projectile est fortement allégé, la fusée, l'ogive, le tube central sont en alliages légers. On atteint ainsi les vitesses initiales indispensables au tir précis d'un obusier contre chars.



FIG. 13. — LE FUSIL COURBE ALLEMAND « POUR TIRER DANS LES COINS »

C'est une des armes fréquemment employées pour lancer des grenades dans un char immobilisé par un adversaire qui est parvenu à se glisser contre le char, à l'abri des armes de défense rapprochée.

L'U. R. S. S. avait des programmes de fabrication qui, pour ne pas être aussi grandioses que ceux des États-Unis, ne devaient pas moins lui donner une grosse supériorité numérique en matériel mécanique sur la Wehrmacht. Les chars russes ont d'ailleurs, depuis le début de 1942, presque toujours surclassé les chars que l'Allemagne leur opposait à la même date. L'aviation d'assaut russe, avec ses « Stormovik » attaquant les blindés allemands, apportait en outre une aide puissante à l'Armée Rouge. L'U. R. S. S., à la différence des États-Unis, a exécuté jusqu'au bout le programme qu'elle s'était fixé. Il lui en a coûté des pertes élevées, et, à aucun moment, la résistance de la Wehrmacht ne s'est effondrée devant la puissance mécanique russe. Sur l'Oder encore, les chars « Staline » et « Super-Staline » ne réussissaient pas mieux à vaincre la résistance de l'infanterie allemande que les « Sherman » ou les « Comet » sur le front ouest.

Les dernières années de la guerre auront marqué le triomphe progressif complet des moyens de lutte contre le char, moyens terrestres ou aériens. La charge creuse, comme la bombe-fusée, imposera à la guerre mécanique une transformation complète, et cette transformation s'étendra certainement au matériel et à la technique de la guerre navale et aérienne.

Camille ROUGERON.



# LE D. D. T.

## Formidable moyen de destruction des insectes nuisibles

par Georges LEFRANC

La découverte des extraordinaires propriétés insecticides du D. D. T. est certainement une des plus importantes qui aient été faites durant cette guerre. Elle nous met en effet en présence d'un produit aussi efficace contre les insectes nuisibles que l'est la pénicilline contre la plupart des microbes. Le D. D. T. trouve ses principales applications dans la préservation des récoltes et la protection de la santé publique ; il a notamment permis d'enrayer l'épidémie de typhus de Naples en 1943 et de réduire à un taux infime les pertes infligées par la malaria aux troupes qui combattent en Extrême-Orient (1). En même temps que la découverte du D. D. T., la guerre actuelle a vu celle de deux autres nouveaux et puissants insecticides : la thanite et le gammexane.

### Qu'est-ce que le D. D. T. ?

Le nom usuel du D. D. T. est formé des initiales de son nom scientifique : dichlorodiphényl-trichloréthane (2) (fig. 1). Ce composé organique, parfaitement défini et cristallisé, incolore et inodore, ne présente pas de particularité chimique exceptionnelle. Il avait été synthétisé dès 1874. Mais sa remarquable toxicité pour les insectes et, d'une façon générale, pour tous les animaux à sang froid, n'a été reconnue que tout récemment par l'entomologiste Wiesmann.

Aux États-Unis, l'étude des modalités de son emploi comme insecticide a été entreprise dès 1941 par R. C. Roark, qui l'a essayé sur les insectes les plus nocifs et les plus déprédateurs, ainsi que sur les parasites de l'homme et des animaux domestiques. Toutes sortes de plantes cultivées ont été soumises aux essais. Les excellents résultats obtenus ont été confirmés ensuite et étendus dans vingt-cinq stations expérimentales agricoles ; le D. D. T. est un insecticide puissant ; c'est aussi un insectifuge et un fongicide et, propriété plus précieuse encore, il est multivalent.

La plupart des insectes nuisibles à l'homme sont si sensibles à l'action du D. D. T. qu'il suffit de quantités infimes pour en débarrasser des espaces extrêmement vastes. Quelques dizaines de grammes répandues à la surface d'un étang tuent toutes les larves de moustiques qui s'y trouvent. D'ailleurs, chose curieuse, mais assez fréquente en pharmacodynamie, le D. D. T. est beaucoup plus efficace dilué que concentré. La concentration optimum dans les solutions et émulsions commerciales varie selon le cas entre 4 et 5 p. 100. L'efficacité est la même *per os* et par contact.

Le procédé industriel de fabrication du D. D. T. a été breveté en 1940 par la société suisse J. R. Geigy, de Bâle, qui baptisa ce produit *Gésarol*, d'après les premières lettres de son nom. L'appellation américaine de D. D. T. a toutefois entièrement supplanté cette dénomination. Dès la publication du brevet, des

licences d'exploitation furent accordées en Suisse, en Allemagne, aux États-Unis et en Angleterre. En 1943, et dans les seuls États-Unis, quatre usines fabriquaient déjà 120 t de D. D. T. par mois, la presque totalité de cette production étant réservée à l'armée.

Les applications du D. D. T. sont de trois ordres :

- Lutte contre les insectes domestiques ;
- Lutte contre les insectes nuisibles aux récoltes ;
- Lutte contre les insectes transporteurs de germes de maladie.

### Les applications domestiques

Le D. D. T. s'emploie soit mélangé à une poudre inerte, soit en solution dans une essence semi-volatile. Dans le premier cas, il s'applique par saupoudrage, dans le second par pulvérisation. Les murs traités au D. D. T. sont débarrassés de mouches et moustiques pour plusieurs mois. Les lits infectés de punaises en sont débarrassés de façon définitive. Le linge traité au D. D. T. peut être blanchi cinq ou six fois sans cesser d'être insectifuge. L'homme ou les animaux domestiques épouillés au D. D. T. restent immunisés pour deux ou trois mois.

Un mode d'emploi original, efficace et économique du D. D. T. consiste à le mêler à la peinture des murs et, d'une façon générale, à tous enduits, badigeons, etc. Campbell et West ont effectué une expérience concluante en faisant éclore des œufs de mouches dans une cage dont les parois étaient enduites d'une peinture à 5 p. 100 de D. D. T. : les mouches mouraient à peine écloses. Les mêmes expérimentateurs ont montré que cette méthode est tout aussi efficace appliquée dans une chambre d'habitation ou dans une cantine d'usine. Il est donc à prévoir que le D. D. T. sera bientôt un ingrédient usuel en peinture murale.

Un autre mode d'emploi nouveau et très économique, qui s'applique d'ailleurs à tous les insecticides, consiste à les répandre sous forme d'aérosols. On dissout l'insecticide dans un liquide bouillant à très basse température, tel que le mélange butane-propane, ou le fréon (1).

(1) Le fréon est un dérivé du méthane dans la molécule duquel plusieurs atomes d'hydrogène sont remplacés par autant d'atomes de chlore ou de fluor. Il est utilisé comme fluide frigorigène dans certaines machines frigorifiques.

(1) Voir : " Médecine de guerre " (*Science et Vie* n° 334, juillet 1945)

(2) Les abréviations de ce genre sont d'un emploi fréquent aux États-Unis. C'est ainsi que les Américains appellent T. N. T. le tri-nitro-toluène (puissant explosif que nous nommons « tolite » et les Allemands « trotyl »).

Ces liquides possèdent d'ailleurs un pouvoir insecticide propre qui n'est pas négligeable. La solution est logée en bouteilles métalliques résistantes et portatives. Si, au lieu de laisser la solution s'évaporer spontanément quand on ouvre le robinet de détente, on la chauffe légèrement de façon à la faire bouillir doucement, il s'en dégage un fin brouillard ou *aérosol* qui reste en suspension dans l'air bien plus longtemps que les plus fines gouttelettes des liquides pulvérisés au moyen des meilleurs appareils atomiseurs. Ce brouillard pénètre dans les cavités les plus profondes et les plus ténues des locaux habités, de la literie, des meubles, du linge et des objets qui s'y trouvent.

On cite le cas d'une usine où 10 millions de mètres cubes de locaux ont été désinsectisés sans qu'on eût à interrompre le travail un seul instant. Le solvant employé était le fréon (difluorométhane) qui a sur le mélange butane-propane l'avantage que sa vapeur ne forme pas de mélange explosif avec l'air.

### Les applications agricoles

L'utilisation du D. D. T. en agriculture permet de combattre efficacement les insectes qui s'attaquent à un grand nombre de plantes cultivées, notamment les doryphores, les chenilles de la piéride du chou, les pyrales des pommes, les aphides, les vers des fruits, et même les térébrants de céréales contre lesquels tous les autres insecticides s'étaient avérés inefficaces.

Le fléau que constituent ces insectes est de plus en plus menaçant à mesure que se développent les moyens de communication, en particulier l'aviation. De nombreuses espèces qui ne survivaient pas à un long voyage sur mer peuvent résister à quelques heures de voyage aérien. Sur les seuls aérodromes des États-Unis, les inspecteurs de la « quarantaine des plantes » ont intercepté, entre janvier 1941 et novembre 1944, huit cent cinquante espèces différentes d'in-

sectes apportés par les envois en provenance de l'étranger. Pour combattre ce danger, les producteurs d'ananas des îles Hawaï avaient pris, dès 1935, des mesures comprenant l'entretien d'un représentant permanent de leur syndicat à l'île Midway, où il était chargé d'inspecter tous les appareils y faisant escale et se dirigeant vers les îles Hawaï, et d'intercepter les insectes qui se trouveraient à leur bord.

La désinsectisation des avions s'effectue au moyen d'une bouteille de mélange D. D. T.-fréon, qui est ouverte dans la cabine de l'appareil, soit en plein vol, soit aussitôt après l'atterrissage. On ne pense pas que des organismes animaux puissent être transportés sur les parois extérieurs d'un avion. Mais ces précautions ne dispensent pas de lutter contre les fléaux qui continuent à s'abattre certaines années sur les récoltes. Aussi envisage-t-on l'emploi généralisé du D. D. T. à cet effet, en le répandant sous forme d'aérosol au moyen d'avions survolant les champs et vergers menacés. Cette méthode, déjà pratiquée par certains producteurs privés, sera encore plus efficace lorsqu'elle sera appliquée par des organismes officiels, car les précautions prises par certains ne risqueront plus d'être rendues vaines par la négligence de leurs voisins.

L'emploi du D. D. T. en agriculture ne se borne pas à la protection des champs et vergers. Il peut également servir à celle des forêts, ainsi, bien entendu, qu'à celle des animaux domestiques.

### Les applications sanitaires

La découverte des extraordinaires propriétés insecticides du D. D. T. a apporté une contribution capitale à la lutte contre certaines maladies endémiques ou épidémiques répandues par des insectes : malaria, typhus, fièvre jaune, dengue, maladie du sommeil, fièvre ondulante ou méli-tococcie, fièvre à pappataci (1) des pays méditerranéens, et peut-être aussi choléra et peste bubonique. Dans l'état d'Arkansas, où la malaria est très répandue parmi les cultivateurs de coton, les services de la santé publique ont récemment fait répandre du D. D. T. par les élèves des écoles sur les murs de toutes les maisons situées dans une zone d'une centaine de kilomètres carrés. Il en est résulté une diminution de 94 p. 100 du nombre des moustiques dans ces maisons pour une durée d'au moins deux mois et une diminution corrélative de l'extension de la malaria dans cette région.

Sur le théâtre d'opérations d'Extrême-Orient, où la malaria constitue pour les armées un danger presque aussi redoutable que l'ennemi, l'emploi du D. D. T., conjugué avec celui des succédanés de la quinine (2) récemment découverts (atébérine, plasmochine, totaquine) a per-

(1) Les pappataci sont de tout petits moustiques presque invisibles et silencieux, mais dont la piqûre provoque une douleur très vive.

(2) Voir : « Synthèse de la quinine » (Science et Vie n° 334 juillet 1945).

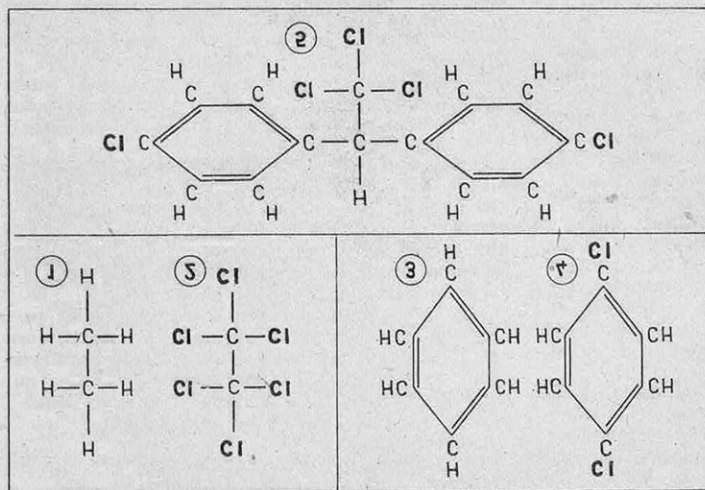


FIG. 1. — LA FORMULE DU D. D. T.

En substituant les 6 atomes d'hydrogène de l'éthane (1) par des atomes de chlore, on obtient l'hexachloroéthane (2), qui possède déjà des propriétés insecticides notables. D'autre part, en substituant deux atomes d'hydrogène du benzène (3) par des atomes de chlore, on obtient le paradichlorobenzène (4) qui possède également des propriétés insecticides. On retrouve dans la formule du D. D. T. (5) à la fois le radical « trichloroéthane » de l'un et les radicaux « chlorophényl » de l'autre. D'où le nom de Dichloro-Diphényl-Trichloroéthane, soit en abrégé D. D. T.



FIG. 2. — DANS LES FORÊTS DES MONTAGNES ROCHEUSES, LE D. D. T. EST UTILISÉ SUR UNE GRANDE ÉCHELLE POUR COMBATTRE LE VER DU BOIS

mis de réduire les pertes des Alliés dues à la malaria à moins de 0,01 p. 100 des forces engagées.

L'emploi du D. D. T. pour combattre sur une vaste échelle le typhus (qui est propagé par le pou du corps, et constitue par conséquent une menace permanente pour toutes les armées en campagne) fut pratiqué pour la première fois en Égypte au début de 1943. L'épidémie qui sévissait alors dans ce pays était la plus terrible qu'on eût jamais vue. La mortalité, très faible chez les enfants, atteignit le chiffre record de 50 p. 100 chez les individus de plus de quarante ans. On recourut d'abord au traitement classique : ingestion de doses de 2, puis 4 et 8 g d'acide paraminobenzoïque toutes les deux heures, car ce corps, comme les sulfamides, s'élimine rapidement. Mais ce n'était là qu'un traitement curatif et non préventif, d'une efficacité qui s'avéra d'ailleurs insuffisante. On décida alors d'épouiller systématiquement toute la population au D. D. T. pour détruire le véhicule de la maladie. En quelques semaines, l'épidémie put être enrayée.

### L'épidémie de typhus de Naples

L'expérience acquise en Égypte devait être mise à profit à Naples, où le D. D. T. obtint son succès le plus remarquable.

Le typhus fit son apparition dans cette ville en mars 1943, six mois avant l'arrivée des troupes alliées. Un camp de prisonniers serbes ayant été bombardé, plusieurs prisonniers s'évadèrent, furent rattrapés et incarcérés, et quelques-uns tombèrent malades en prison. Comme les médecins fascistes n'avaient pas l'habitude de déclarer les cas de maladie qui auraient pu porter atteinte à leurs impressionnantes statis-

tiques sanitaires, aucune mesure ne fut prise à ce moment.

Lors de l'entrée des Américains à Naples, au mois d'octobre, on comptait déjà plusieurs dizaines de cas et l'épidémie se propageait. Ce n'est toutefois qu'en décembre que les autorités napolitaines demandèrent l'aide de la commission américaine du typhus au Caire. Celle-ci envoya aussitôt une commission d'enquête qui jugea la situation très sérieuse. Dès le 20 décembre arrivèrent à Naples le personnel (36 officiers) et le matériel (vaccin et D. D. T.) nécessaires pour organiser la désinfection et la vaccination systématique de toutes les personnes susceptibles d'avoir été en contact avec des typhiques (familles, amis, voisins).

Quarante-deux postes, les uns pour hommes, les autres pour femmes, furent établis et épouillèrent jusqu'à 75 000 personnes par jour avec leur linge et leurs vêtements. En un mois, toute la population de la ville (1 300 000 personnes) put être traitée, et nombre de personnes revinrent même une seconde fois. Le résultat ne se fit pas attendre : alors qu'on comptait 311 cas le 7 janvier, il n'y en eut plus que 99 le 4 février et 39 le 18 février.

Ce succès sans précédent est presque exclusivement dû à l'emploi du D. D. T., car les quantités limitées de vaccin disponible ne permirent pas d'immuniser toute la population, mais seulement les docteurs, prêtres, infirmiers, policiers, etc. (15 000 personnes en tout).

On comprend donc que la découverte des propriétés du D. D. T. soit considérée aux États-Unis comme la deuxième par ordre d'importance (après celle de la pénicilline) qui ait été faite pendant la guerre. A l'heure actuelle, des recherches sont en cours en vue de trouver un

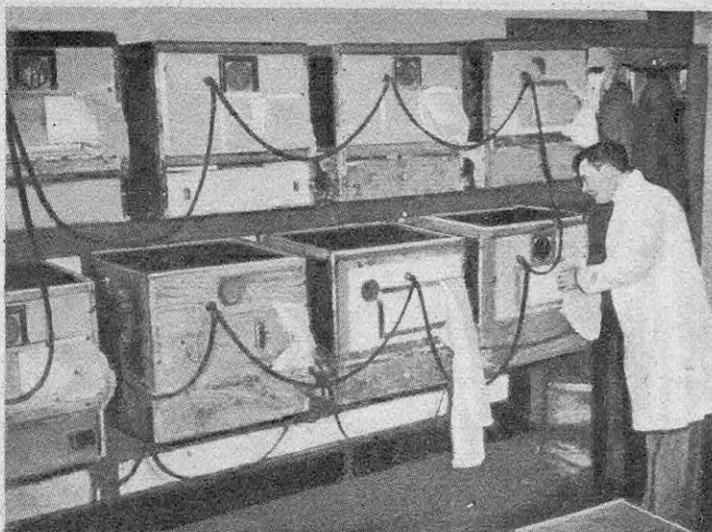


FIG. 3. — DANS LES LABORATOIRES DES IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES (I. C. I.) DE HAWTHORNDALE (ANGLETERRE), ON PRATIQUE L'ÉLEVAGE DES CRIQUETS POUR EXPÉRIMENTER LA TOXICITÉ DU NOUVEL INSECTICIDE, LE « GAMMEXANE »

moyen de l'employer, en agriculture notamment, sans détruire les poissons, batraciens et insectes utiles qui, comme tous les animaux à sang froid, sont plus ou moins sensibles à son action (1).

### La thanite

Un autre insecticide puissant a été découvert récemment aux États-Unis : la *thanite*.

La thanite n'est pas à proprement parler une nouveauté, car elle est préparée à partir des graines d'une plante dont les Indiens du Mexique se servaient depuis des siècles pour éloigner les insectes de leurs habitations. Cette plante, que les Américains appellent *sabadilla*, semble être la même que la *cebadilla* (2) des Mexicains et que notre *cévadille* (*Schoenocaulon officinale*). C'est une liliacée vivace, de la tribu des Vérastrées, à rhizome tubéreux, qui a été importée du Mexique en Europe. Pulvérisées, les graines de la cévadille servaient autrefois, sous le nom de *poudre de capucin*, à détruire le pou de la tête. Le traitement était efficace, mais dut être abandonné, car les applications sur le cuir chevelu provoquaient souvent, surtout chez les enfants, des vertiges, des convulsions et même la mort. On ne savait pas alors que ces graines renfermaient de la *vératrine*, corps extrêmement toxique, qui se trouve également dans les graines de l'*ellébore blanc* (*Veratrum album*).

A l'heure actuelle, on sait que la vératrine est un mélange d'au moins cinq alcaloïdes parfaitement identifiés, dont quatre sont des toxiques violents (doués de propriétés sternutatoires, émétiques, purgatives et narcotiques), le cinquième étant le principe qui conférait à l'ensemble ses propriétés insecticides bien connues. La préparation de la thanite consiste à isoler ce principe des alcaloïdes toxiques auquel il est mélangé, de façon à pouvoir l'utiliser sans danger. M. T. C. Allen, de la station expérimentale du Wisconsin, qui a le premier eu l'idée de

(1) Le D. D. T. n'est toxique pour les animaux à sang chaud et l'homme qu'à des doses telles que son emploi est sans danger.

(2) Diminutif de l'espagnol *cebada*, orge.

cette séparation, a mis au point un procédé par lequel on obtient une poudre qui remplace pyréthrine et roténone, et qui s'emploie de la même façon, en poudrages ou pulvérisations.

### Le gammexane

Les recherches poursuivies systématiquement ces dernières années en Angleterre en vue de trouver un insecticide puissant et sans danger ont également abouti à une très grande découverte. Parmi les substances qui avaient donné les meilleurs résultats aux premiers essais figurait l'hexachloro-cyclohexane, de formule brute  $C_6H_6Cl_6$ , vulgairement appelé « 666 ». Ce corps avait déjà été étudié et préparé par Faraday en 1825, et l'on avait montré plus tard qu'il se composait en réalité d'un mélange de trois isomères (1) désignés par les lettres grecques alpha, bêta et gamma. Ce n'est toutefois qu'en 1943 que le Dr Roland Slade, de Liverpool, montra que, de ces trois isomères, un seul était toxique pour les insectes, le gamma, qu'il nomma *gammexane* (abréviation de *gamma* et *hexachloro-cyclohexane*).

Le « 666 » brut de Faraday ne contient que 10 p. 100 de gammexane et son pouvoir insecticide peut donc être décuplé en isolant l'isomère actif. Le gammexane détruit charançons, moustiques, guêpes, etc. Il s'emploie généralement sous forme de poudre (mêlé à du gypse), parfois aussi en solution huileuse. Sa résistance à la chaleur permet de le volatiliser par chauffage de façon à le répandre sous forme de fumées. La fabrication industrielle du gammexane a été mise au point il y a deux ans et la production se compte aujourd'hui par centaines de tonnes.

Le plus récent et le plus important succès remporté par ce produit est la destruction des *sauterelles*. Des essais de laboratoire ont en effet montré que le gammexane est plus toxique pour ces insectes qu'aucun autre produit, et l'application pratique de cette propriété est à l'étude en Afrique du Nord.

### La chimie au service de l'homme

Les chimistes ne se sont donc pas bornés pendant cette guerre à mettre au point des moyens de destruction toujours plus puissants. La découverte de puissants insecticides comme la thanite, le gammexane et surtout le D. D. T. nous offre des moyens nouveaux et efficaces de combattre les fléaux de l'agriculture et d'enrayer certaines épidémies, donc d'augmenter le rendement du travail de la terre et de protéger la santé publique. Ainsi, en dépit des circonstances, la chimie a-t-elle contribué pendant ces années de guerre à épargner des vies humaines et à préparer un avenir meilleur.

Georges LEFRANC.

(1) Des composés chimiques sont dits *isomères* lorsqu'ils renferment les mêmes proportions des éléments qui les composent, mais que ceux-ci sont disposés à l'intérieur des molécules respectives suivant des architectures différentes.

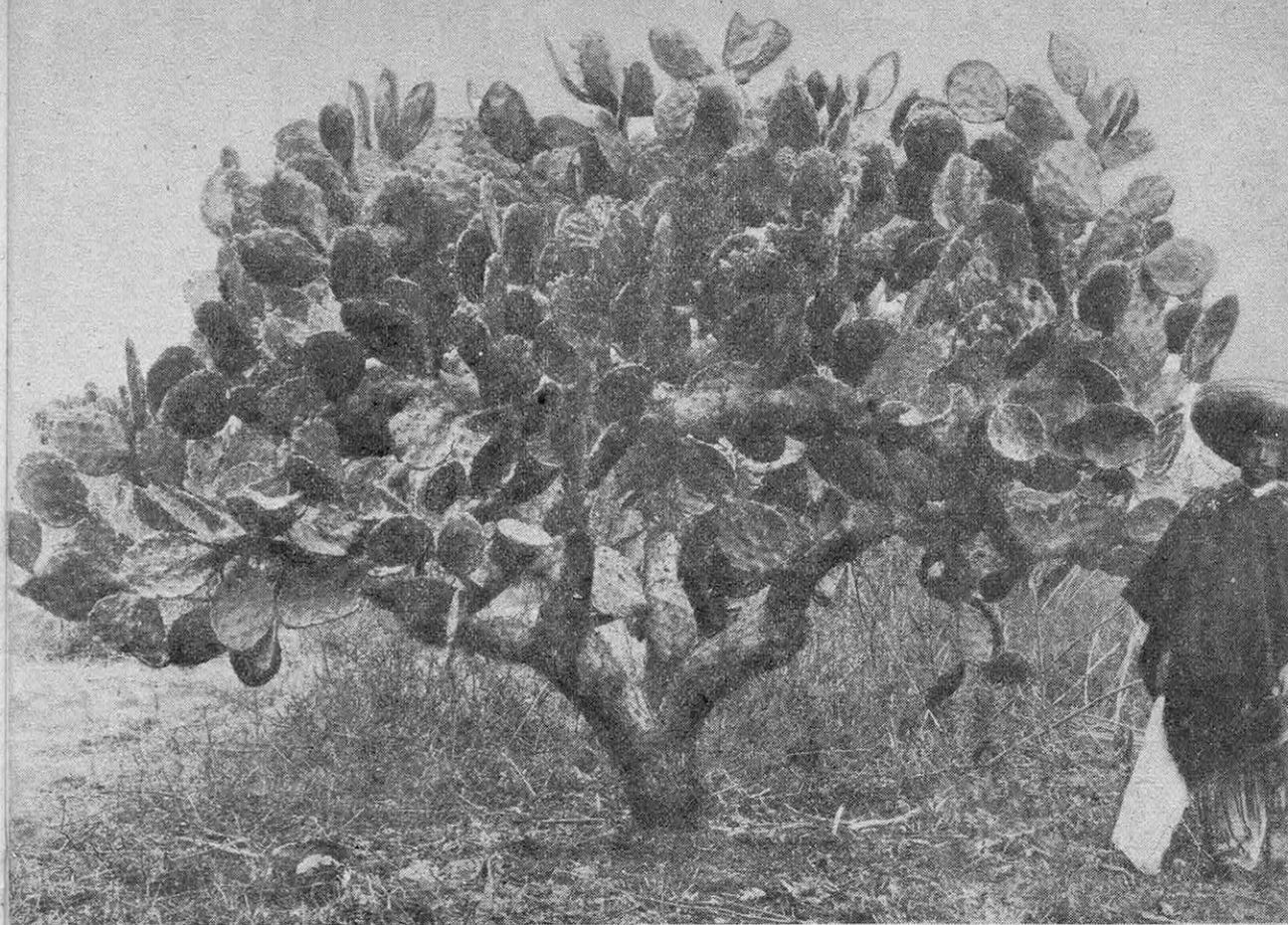


FIG. 1. — LES CACTÉES, PLANTES SANS FEUILLES (APHYLLES)

Parmi les Cactées, les *Opuntia*, aux tiges plates en forme de raquette, sont les plus connues. Originaires des déserts américains, certaines espèces se sont acclimatées dans les régions sèches d'Afrique du Nord et d'Europe méridionale.

## LA VIE DANS LES DÉSERTS

par Pierre BECK

*Le terme de désert évoque pour beaucoup une étendue immense, sableuse ou rocheuse, où la vie est complètement impossible, où pas une plante ne pousse, où pas un animal ne vit, et où règne une chaleur torride. Ce tableau est loin d'être exact, car il existe des déserts froids aussi bien que des déserts chauds. Le Sahara, le plus grand désert du monde, qui couvre une superficie presque égale à celle de l'Europe, est loin d'être uniforme par son climat et sa végétation. Les déserts ne sont évidemment pas des endroits particulièrement favorables à la croissance des plantes et à la pullulation des animaux. Mais tous renferment une flore et une faune qui, sans être abondantes, ne sont pas négligeables. L'aridité mortelle des périodes de sécheresse disparaît au premier orage, des plantes y germent alors et croissent avec une incroyable rapidité, fleurissant et fructifiant en quelques jours. Insectes, reptiles, oiseaux, rongeurs forment une faune numériquement peu nombreuse, mais dont les caractères biologiques particuliers sont intéressants à plus d'un titre.*

### Le milieu désertique

**C**E qui caractérise avant tout le climat désertique est une sécheresse presque absolue. Elle est la conséquence de fortes pressions atmosphériques qui rendent impossible la formation de nuages : en effet, la con-

densation de la vapeur d'eau est presque toujours due à son refroidissement provoqué par des mouvements ascendants de l'air, et ces mouvements ne se produisent que là où il y a dépression barométrique. Autrement dit, dans les régions où la pression barométrique est élevée, il y aura un climat sec, non par manque de

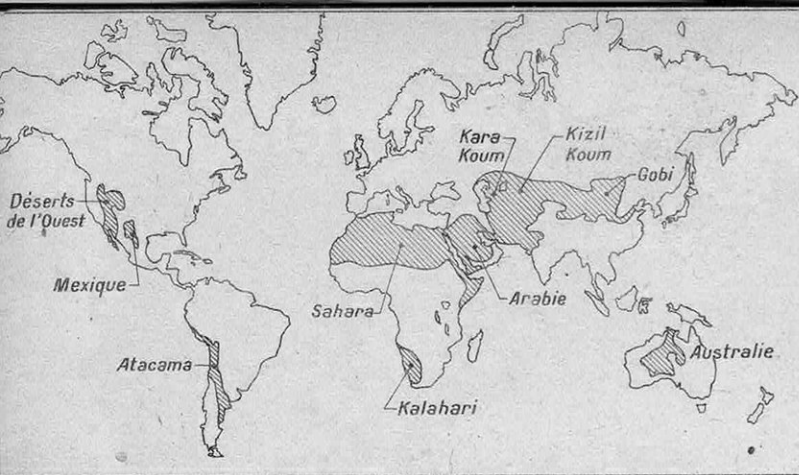


FIG. 2. — LES GRANDS DÉSERTS DU GLOBE.

Les déserts forment, dans les régions tempérées et subtropicales de l'hémisphère nord, une ceinture presque continue qui comprend : ceux d'Asie centrale (Gobi, Kizil Koum, Kara Koum), d'Arabie, d'Afrique du Nord, du Mexique et des États-Unis. Dans l'hémisphère sud, une ceinture analogue, bien que moins complète, comprend les déserts australiens, du Sud-Ouest africain (Kalahari) et d'Amérique du Sud (Atacama).

vapeur d'eau, mais parce que celle-ci ne peut former de nuages et par suite se précipiter en pluie. De telles régions existent, pour des raisons que l'on ne peut développer dans le cadre de cet exposé, en des points variés du globe. Les plus étendues forment, dans la zone subtropicale et tempérée de l'hémisphère Nord, une ceinture presque continue comprenant les déserts d'Asie centrale, d'Iran et d'Arabie, le Sahara et les déserts de l'Ouest des États-Unis (fig. 2). D'autres zones désertiques moins vastes s'observent dans la zone subtropicale sud : ce sont les déserts d'Australie, du Sud-Ouest Africain, du Chili et d'Argentine (fig. 2). Le total des précipitations y est toujours très faible. La moyenne annuelle des pluies à Biskra (Algérie) est de 177 mm, alors qu'elle est de 500 à 600 mm dans la région parisienne. Elle est souvent beaucoup plus faible encore : en dix ans, à Adrar (Sahara), il n'est tombé que 254 mm d'eau, dans les pampas d'Atacama (Chili) il n'a pas plu du tout de 1823 à 1852.

La répartition de ces rares ondées est très irrégulière, toute la quantité d'eau qui tombe en une année peut être le résultat d'une averse seulement, ou du moins d'un très petit nombre. C'est ainsi que, le 28 février 1919, il est tombé à Adrar 93 mm d'eau, ce qui représente pour cette localité beaucoup plus que la moyenne annuelle normale. D'aussi violentes chutes d'eau ne sont guère utilisables par les végétaux, car elles ruissellent, formant des ravines où coulent des ruisseaux temporaires. D'autres fois, au contraire, les pluies sont si peu importantes que le sol n'est pratiquement pas humecté.

Les nuages jouent normalement un rôle d'écran protecteur, amortissant les écarts thermiques. Lorsqu'ils font défaut, comme cela est le cas dans les déserts, les différences de température entre le jour et la nuit, entre l'hiver et l'été sont considérables. Dans l'Air (au sud du Tanezrouft, dans le territoire du Niger), il n'est pas rare d'enregistrer dans la journée des températures voisines de 40° C, alors que, pendant la nuit, le thermomètre descend à -1° ou -2° C. A Boukhara (Asie Centrale) alors que le maximum observé en juillet est de +44° C, le minimum de janvier est de -22,5 C.

Comme rien n'arrête les rayons du soleil, le sol s'échauffe fortement : Kachkarov (1) a noté dans les Kara-Koum (sables noirs du Turkestan, à l'est de la mer Caspienne) une température de 64° C sur le sable, alors que celle de l'air n'était que de 33,5 à 2 mètres au-dessus du sol.

Une dernière conséquence de l'absence de nuages est une très grande luminosité, facteur qui, en soi, est favorable à la végétation ; mais celle-ci ne peut guère se développer par suite de la sécheresse.

(1) On trouvera de plus amples détails dans l'ouvrage de Kachkarov et Korovine, « La vie dans les déserts », Payot, éditeur.

Un autre caractère du climat désertique est la fréquence de vents très violents, ce qui est lié au fait déjà signalé que ce climat s'observe dans des zones de hautes pressions ou anticyclones. Ces hautes pressions chassent de l'air vers les régions voisines où règnent des pressions plus basses. Des ouragans allant à une vitesse de 40 m à la seconde ne sont pas rares. L'explorateur saharien Augieras décrit ainsi une de ces tempêtes : « Le 13 mars 1915, au point d'eau de Bou-Bernous, mon camp a été complètement dévasté par un ouragan d'Ouest : des selles de chameaux ont été projetées à plus de 200 m, mes cantines éventrées, les hommes jetés à terre, etc... Tout cela au milieu de nuages de sable. C'est le plus fort coup de vent que j'aie jamais vu. Il avait d'ailleurs l'allure d'un cyclone ; j'évalua sa vitesse à plus de 50 mètres par seconde. »

En résumé, les déserts correspondent donc à des zones présentant les caractéristiques climatiques suivantes : sécheresse presque totale pendant une grande partie de l'année, très gros écarts thermiques entre le jour et la nuit et entre l'hiver et l'été, luminosité forte et prolongée, coups de vent violents et fréquents. Bien que l'on s'imagine presque toujours un désert comme une étendue infinie de sable, la nature du sol peut être très variée. Elle influe sur la répartition des animaux et des plantes, car, nous l'avons déjà dit, la vie n'est pas absente des déserts.

### Les plantes du désert

Les végétaux que l'on y pourra rencontrer appartiennent à deux groupes biologiques : les uns, annuels, ne présentent aucune adaptation morphologique ou anatomique spéciale, mais leur rapidité de développement leur permet de parcourir tout leur cycle de vie pendant la courte période de pluies : ce sont les « Éphémères » ; les autres, vivaces, sont plus ou moins adaptés à la sécheresse.

Les Éphémères ne s'observent que dans les déserts où existe tous les ans une courte période de pluie. Elles germent, grandissent, fleurissent, mûrissent fruits et graines en quelques jours. Quand la sécheresse réapparaît, elles meurent ; seules subsistent les graines qui germeront à la prochaine grosse averse. Pendant une très courte période, le désert se couvre ainsi de fleurs et prend un aspect riant. Ces Éphémères sont principalement des graminées, des légumineuses et des crucifères. Étant donné leur très courte période végétative, ce sont des plantes de petite taille : elles ne dépassent pas 2 à 3 cm.

Les végétaux dont une partie ou la totalité de l'appareil végétatif subsiste toute l'année présentent des adaptations spéciales leur permettant de résister à une sécheresse rigoureuse. Dans beaucoup d'espèces, les parties souterraines se développent en bulbes ou tubercules qui

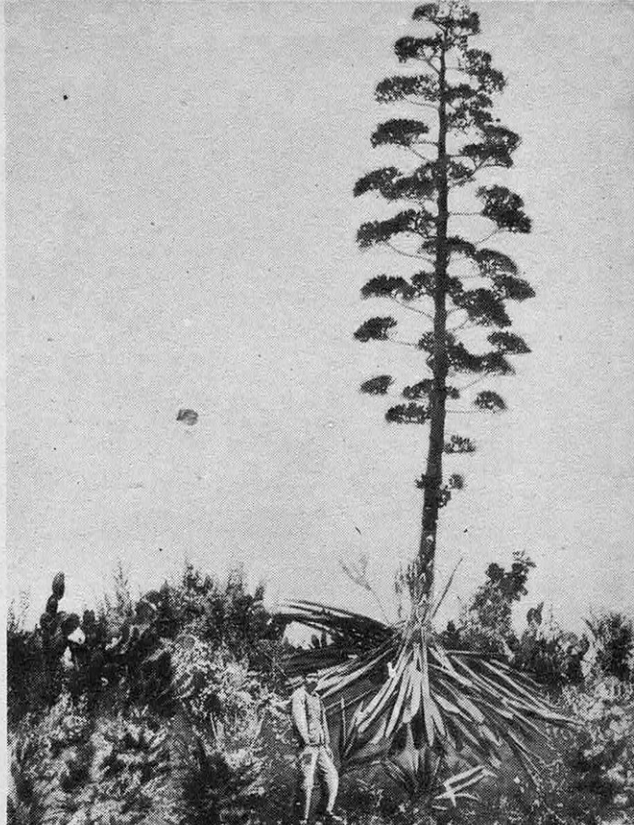
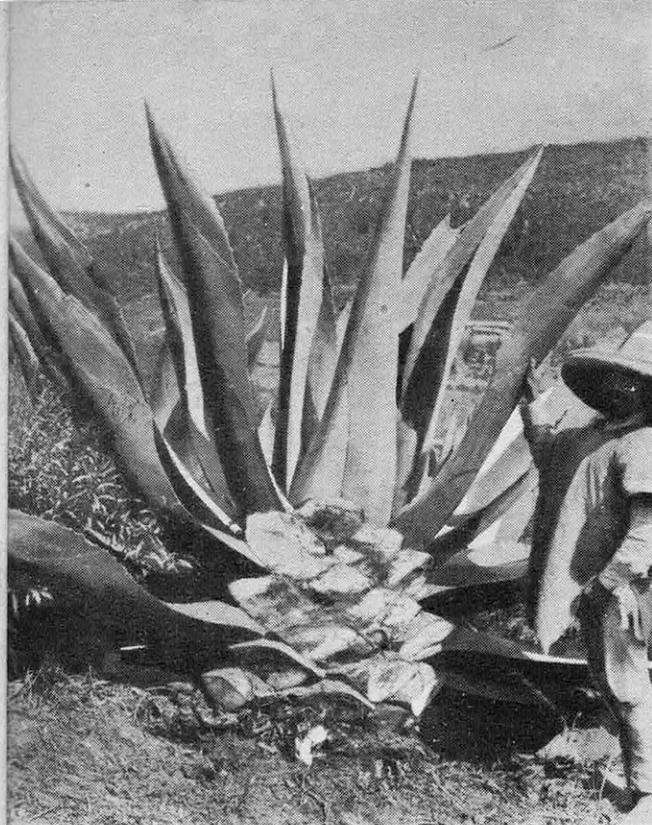


FIG. 3. — L'AGAVE ET SA FLEUR

Les agaves sont des plantes dont les feuilles sont durcies et rendues rigides par une épaisse couche de cire qui les protège contre l'évaporation.

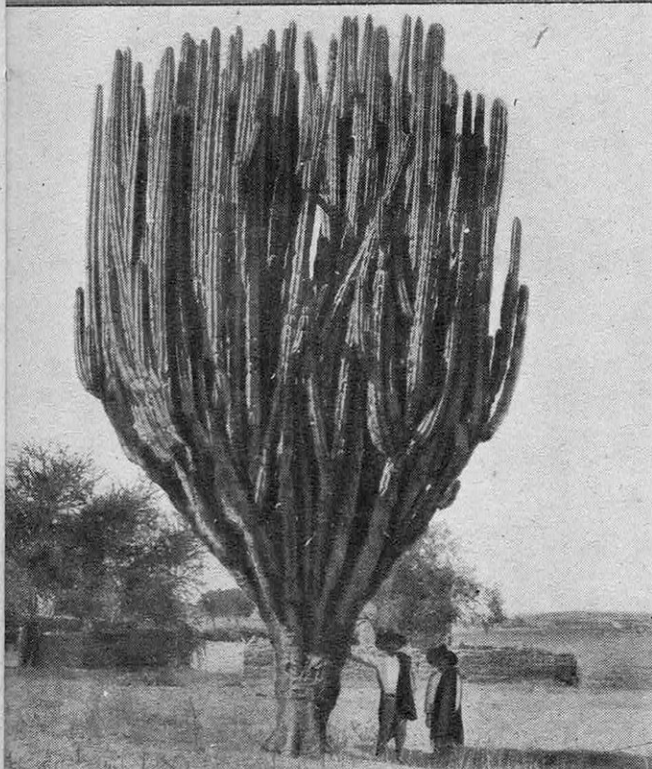


FIG. 4. — UN CACTÉE D'AMÉRIQUE, LE « PILO-CEREUS SCHOTII » (CIERGE GÉANT).

Les cierges sont des Cactées à tiges cylindriques souvent cannelées, ce qui augmente la surface d'assimilation. Le cierge géant des déserts d'Amérique peut atteindre 15 mètres de haut et renfermer dans ses tissus charnus de 2 000 à 3 000 litres d'eau.



FIG. 5. — L'« ÉCHINOCACTUS INGENS », AUTRE TYPE DE CACTÉE

Les « Echinocactus, » sont les plus répandues des Cactées à forme sphérique. Certains ont 1 mètre de diamètre. L'« Echinocactus Williamsii » (Mexique), dont le suc contient toute une série d'alcaloïdes, est bien connu par ses propriétés narcotiques.

accumulent des réserves, retiennent un peu d'eau et passent la plus grande partie de l'année à l'état de vie ralentie à l'abri des rayons directs du soleil. Les parties aériennes ne se forment que pendant les quelques jours de pluie, fleurissent et meurent très rapidement. De telles plantes ne jouent donc véritablement un rôle dans l'aspect du désert que pendant une très courte période, période pendant laquelle se développent également les « Éphémères ». Leurs bulbes, souvent très nombreux, constituent pendant toute l'année une part importante de la nourriture des animaux fouisseurs. On aura une idée de leur importance en considérant que, dans certaines parties des Kizil Koum (sables rouges du Turkestan, au sud-est de la mer d'Aral), on trouve jusqu'à 1 000 bulbes de tulipes sauvages dans 1 mètre carré.

Beaucoup plus remarquables sont les plantes dont les parties aériennes vivaces doivent pouvoir résister à la sécheresse. Cette résistance sera rendue possible par des dispositifs diminuant dans de notables proportions les pertes d'eau inévitables dues à l'évaporation et à la transpiration, et par d'autres permettant l'accumulation, pendant les rares jours humides, d'importantes réserves aqueuses.



**FIG. 6. — L'AGAME SANGUINOLENTE**

*Au-dessus des sables brûlants règne une fraîcheur relative. Aussi certains animaux du désert, comme l'Agame sanguinolente (Asie centrale), passent-ils des heures sur les buissons. Taille : 25 à 30 centimètres.*

La transpiration s'effectue chez les végétaux par des organes spéciaux, les stomates, présentant un orifice réglable, l'ostiole, et situés sur les feuilles. Une première adaptation à la sécheresse est la diminution du nombre des stomates. Quelquefois, ils sont localisés à l'une des faces de la feuille seulement, et celle-ci se replie en une gouttière dans laquelle les stomates se trouvent enfermés. Ils s'y constituent une atmosphère rapidement saturée, la transpiration cesse.

D'autres fois, les feuilles sont revêtues de longs poils qui, s'enchevêtrant devant les ostioles, en diminuent l'ouverture. Beaucoup de plantes désertiques ont ainsi un aspect laineux. Ces poils ont également un autre rôle : ils interceptent les rayons du soleil qui ne frappent pas directement l'épiderme, ce qui empêche l'échauffement trop considérable des tissus vivants.

Les feuilles ne perdent pas d'eau uniquement par transpiration, mais également par simple évaporation sur toute leur surface. Cette évaporation est considérablement diminuée, chez beaucoup de plantes de pays secs, par une couche de cire épaisse qui recouvre tout l'épiderme foliaire, sauf en face des stomates, donnant à la feuille une grande rigidité et un aspect brillant. C'est le cas des

de pays secs, par une couche de cire épaisse qui recouvre tout l'épiderme foliaire, sauf en face des stomates, donnant à la feuille une grande rigidité et un aspect brillant. C'est le cas des

**FIG. 7. — UN RONGEUR DÉSERTIQUE, LA GERBOISE**



La Gerboise est une sorte de rat dont les pattes postérieures sont développées en forme d'échasse, tandis que les pattes antérieures, très courtes, ne lui servent qu'à porter la nourriture à la bouche.

**FIG. 8. — LE FENNEC, ANIMAL FOUISSEUR DÉSERTIQUE**



Petit renard de 40 centimètres de long, à longues oreilles, le Fennec se creuse des terriers dans les dunes de sable du Sahara. Presque tous les mammifères des déserts sont fouisseurs.



feuilles d'agaves ou d'aloès, par exemple (fig. 3.)

Une adaptation beaucoup plus radicale est la suppression totale des feuilles, que l'on observe chez bon nombre de plantes désertiques. Cette disparition entraîne une diminution de la surface d'évaporation et la perte des organes de transpiration. Le Saxaoul des déserts salés d'Asie centrale, qui atteint 5 à 6 m de haut, et les cactées (fig. 1, 4 et 5) constituent de bons exemples de ces plantes « aphyllées ». Les feuilles ne jouent pas uniquement le rôle d'organes de la transpiration, elles sont dans les végétaux normaux les seules parties riches en chlorophylle. La présence de ce pigment, qui transforme l'énergie calorifique de certains des rayons du spectre solaire en énergie chimique, rend possible la synthèse des matières organiques à partir du gaz carbonique de l'air et des sels minéraux puisés dans le sol. La perte de ces organes aurait donc pour la plante de funestes conséquences si la chlorophylle ne s'accumulait dans les tiges qui deviennent le siège de l'assimilation. De plus, les plantes aphyllées ont souvent des tiges ou des rameaux aplatis, présentant aux rayons du soleil une grande surface, ce qui offre pour elles un avantage sérieux, l'assimilation n'étant possible que si la chlorophylle est exposée directement à la lumière.

La sécheresse a souvent pour effet de provoquer la sclérisation des tissus végétaux. C'est ce qui explique qu'un si grand nombre de plantes désertiques soient épineuses et cela dans les familles les plus différentes : cucurbitacées, euphorbiacées, cactées, papilionacées, etc...

Un autre caractère très fréquent chez les plantes des déserts est la succulence (richesse en suc). Les plantes succulentes sont riches en mucilages, ce qui augmente leur pression osmotique interne et empêche par suite la sortie de l'eau. Le fait, pour un végétal, de pouvoir accumuler en peu de temps dans des tissus charnus des quantités d'eau importantes, lui permet de s'adapter au climat désertique à très courte saison humide. Pendant la saison

sèche, il peut continuer à végéter, vivant sur ses réserves aqueuses. Elles sont quelquefois si abondantes que, lorsque l'on sectionne la plante, de l'eau suinte sur la surface de section. Cette propriété est bien connue des Mexicains qui, durant la traversée de leurs déserts, étanchent leur soif en coupant des cactées. Un cierge géant de 15 m de haut peut renfermer entre 2 000 et 3 000 l d'eau (fig. 4).

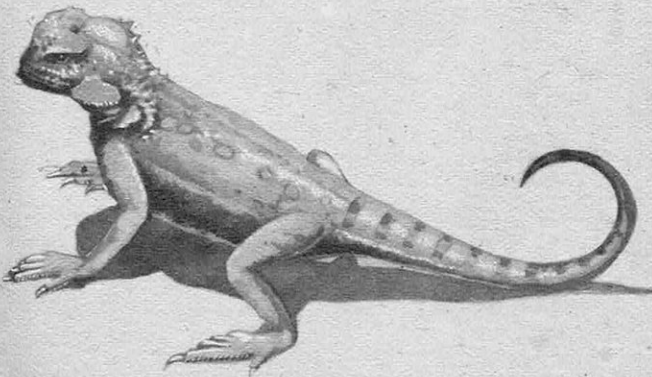
De plus, presque toutes les plantes désertiques ont un système racinaire très étendu, couvrant une énorme surface, ce qui leur permet, à l'époque des pluies, d'absorber de grandes quantités d'eau. Un Echinocactus en forme de boule de 1 m de diamètre peut avoir un réseau de racines couvrant une surface de 25 m<sup>2</sup>.

### Les animaux désertiques

Les végétaux épineux ou succulents ne sont pas les seuls êtres vivants que l'on rencontre dans les déserts. Un certain nombre d'animaux y vivent également. La faune des déserts, pauvre en espèces, parfois riche en individus, ne présente dans son ensemble que peu d'adaptations morphologiques ou anatomiques. Tout au plus peut-on signaler le derme mince et peu vascularisé, l'épiderme épais et corné, la disparition totale ou partielle des glandes sudoripares chez quelques mammifères, oiseaux ou reptiles désertiques, dispositifs qui contribuent à réduire la perte d'eau par l'organisme. On peut noter également la couleur claire de beaucoup d'animaux des déserts de sable, ce qui diminue leur échauffement par les rayons solaires. Cette dépigmentation semble être une conséquence des conditions du milieu désertique. On a soulevé à propos de ces teintes pâles, souvent très analogues à celles du sol sableux, la question de savoir si elles jouent un rôle protecteur efficace. Ce rôle semble très illusoire : les formes sombres, et il en existe un nombre assez important, sont aussi nombreuses en individus que les formes claires. Les prédateurs (aigles, buses, etc.) capturent indifféremment les unes ou les autres.

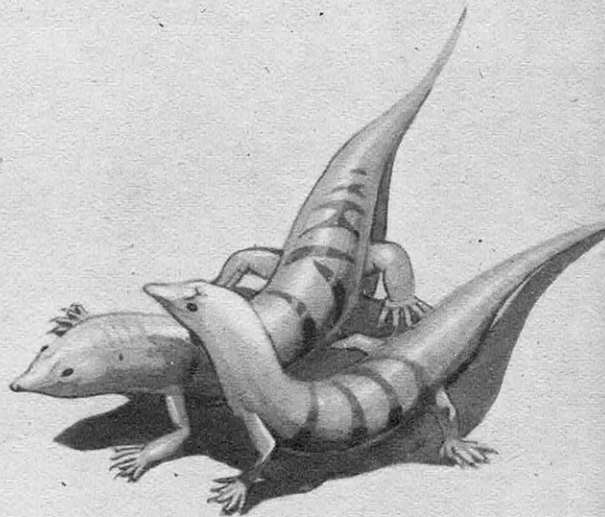
Si les adaptations morphologiques sont rares

FIG. 9. — LE PHRYNOCÉPHALE OREILLARD



Vivant dans les déserts d'Asie (Kizil Koum et Kara Koum), ce reptile se creuse de véritables terriers où il passe le milieu du jour.

FIG. 10. — LE SCINQUE DES BOUTIQUES



Grâce à sa forme en fuseau, cet animal, long de 20 centimètres, se déplace dans le sable avec une grande rapidité. On le vend séché dans les boutiques des souks, d'où son nom d'espèce.

et peu marquées, les adaptations biologiques sont plus intéressantes. Les animaux désertiques sont, dans leur grande majorité, fort sensibles aux températures diurnes très élevées qui caractérisent, nous l'avons vu, leur milieu. C'est ainsi que, si, en l'attachant par une patte, on oblige un lézard des déserts d'Asie centrale, l'*Eremias velox*, à rester en plein soleil sur du sable à 55° C, température fréquente dans les régions qu'il habite, sa respiration s'accélère rapidement (le nombre des inspirations passant de 32 à 168 par minute), devient spasmodique, et la mort survient en trois ou quatre minutes. Des résultats identiques seraient obtenus en faisant la même expérience avec n'importe quel autre reptile ou n'importe quel mammifère désertique. Beaucoup d'insectes des sables périraient de même rapidement si on les obligeait à rester au soleil de midi. Ne pouvant supporter la température qui règne en plein jour sous le soleil, les animaux des déserts passent les heures chaudes soit sur des buissons, soit dans des terriers.

Nous avons vu que le savant russe Kachkarov avait noté dans un désert d'Asie centrale une température de 33°5 à 2 m au-dessus du sol surchauffé à 64°. Des observations analogues peuvent être faites dans tous les déserts : une fraîcheur relative règne au-dessus des sables brûlants. Aux mêmes heures de canicule, un certain nombre d'oiseaux, d'insectes et même de reptiles désertiques cherchent un refuge sur les buissons. C'est ainsi que, dans les déserts de l'Asie centrale, on trouve l'Agame sanguinolente (fig. 6) étendue pendant les heures les plus chaudes sur les branches des Saxaouls ou d'autres arbustes.

Mais c'est surtout dans le sol que les animaux s'abritent pendant le milieu du jour. Les mammifères fouisseurs, nombreux dans les déserts, sont en grande majorité des rongeurs dont les plus curieux sont les Gerboises (fig. 7), si extraordinaires par leurs longues et grêles pattes postérieures à l'aide desquelles elles sautent, tenant repliés sur la poitrine leurs minuscules membres antérieurs. Elles abondent au Sahara et dans les déserts asiatiques. Les carnivores, peu nombreux, sont également terricoles ; tel le Fenec (fig. 8), charmant petit renard à

longues oreilles qui vit dans les dunes de sable du Sahara. Les reptiles désertiques renferment, eux aussi, une très forte proportion de fouisseurs. Certains, comme l'étrange Phrynocéphale oreillard (fig. 9), si abondant dans les déserts d'Asie centrale, se creusent de véritables terriers dans lesquels ils passent le milieu du jour, ne se montrant que le matin jusqu'à 10 ou 11 heures, et le soir après le coucher du soleil. D'autres peuvent s'enfoncer très rapidement dans le sable, à l'intérieur duquel ils se déplacent presque aussi aisément qu'un poisson dans l'eau. Ainsi, le Scinque des boutiques (fig. 10), au corps en fuseau, nage littéralement dans les dunes sahariennes. La redoutable vipère cornue (fig. 11) des déserts africains passe ses journées à quelques centimètres de profondeur et ne vient en surface que durant la nuit. Elle peut disparaître en quelques secondes dans le sable grâce à des ondulations latérales très rapides du corps. Certains oiseaux eux-mêmes se réfugient dans le sol pour échapper aux brûliants rayons solaires. Les passereaux désertiques du genre Traquet, par exemple, dont quelques espèces se rencontrent en Asie centrale, une autre au Sahara, habitent volontiers les terriers abandonnés de rongeurs, au fond desquels ils nichent. Cette fraîcheur que tous recherchent dans le sol est bien réelle comparée à la température de la surface. Lorsque le sable superficiel est à 55 ou 60° C, on peut noter à une dizaine de centimètres de l'entrée d'un terrier de Gerboise ou de Phrynocéphale une température de 25 à 28° C.

Si la question des fortes températures diurnes estivales est ainsi résolue par les animaux désertiques, comment vont-ils résoudre le grave problème du manque d'eau ? Certains d'entre eux, rapides et capables de parcourir de très grands espaces, gagneront chaque jour une oasis, où ils trouveront une source. Bien qu'habitants des déserts, ils peuvent donc se soustraire à leurs lois. Tel est, par exemple, le cas de beaucoup d'oiseaux et de certaines espèces de gazelles. Les autres se contentent de l'eau contenue dans les tissus végétaux, lorsqu'il s'agit d'herbivores, ou dans le sang de leurs proies lorsqu'il s'agit de carnivores. Les animaux désertiques appartiennent presque tous, d'ailleurs, à des familles

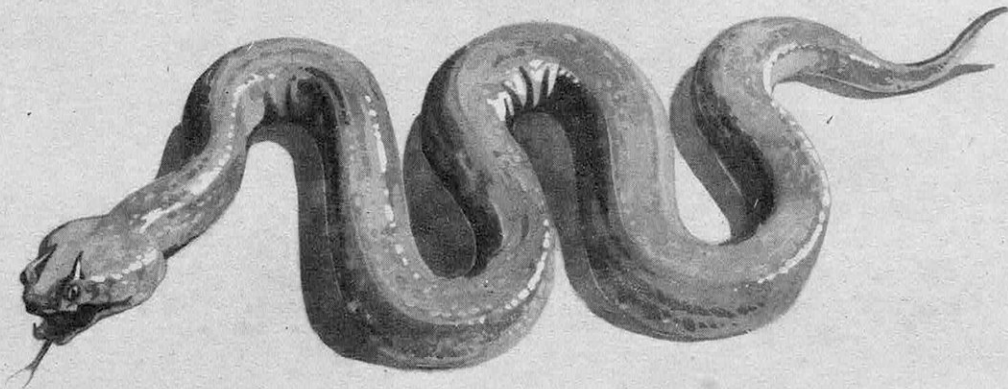


FIG. 11. — LA VIPÈRE CORNUE

C'est le plus redoutable reptile du Sahara et des déserts égyptiens ; elle se cache dans le sable aux heures chaudes, et mord tout homme ou tout animal qui passe sur elle. Taille : 70 centimètres.

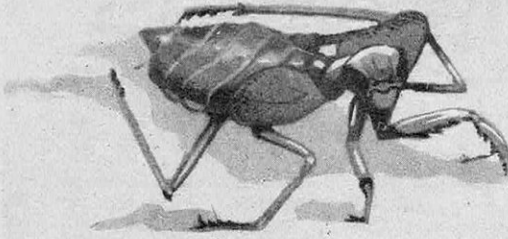


FIG. 12. — L'ÉRÉMIAPHILE, OU MANTE DU DÉSERT  
Les plus remarquables des Orthoptères sont les Éremiaphiles à élitres courtes et pattes très longues, que l'on trouve uniquement dans les déserts d'Afrique du Nord et du Sud-Ouest de l'Asie.



FIG. 13. — LE « SCHIZODACTYLUS MONSTRUOSUS »  
Grâce aux extraordinaires prolongements de leurs tarsi, qui s'applatissent sur le sable, ces insectes peuvent se mouvoir rapidement sur le sable sans risquer de s'enfoncer.

ayant de faibles besoins d'eau. Pour ne prendre qu'un seul exemple, c'est au groupe des rongeurs qu'appartient la majorité des mammifères désertiques : tout le monde sait que les lapins, rongeurs non désertiques, peuvent se passer d'eau libre, celle qu'ils trouvent dans les plantes leur suffisent, et ils ne constituent pas à cet égard une exception dans leur famille. De plus, il ne faut pas perdre de vue que les plantes, même celles des déserts, contiennent des quantités d'eau qui sont loin d'être négligeables. Un chameau, animal essentiellement désertique, peut accumuler dans sa « poche à eau », partie différenciée de son estomac de ruminant, 15 à 20 l d'eau après un repas normal de plantes de dunes. C'est là qu'il faut chercher l'explication du fait que cet animal possède toujours de l'eau dans son estomac, même s'il n'a pas bu depuis longtemps. Point n'est besoin d'évoquer une capacité d'absorption extraordinaire. Un chameau, lorsqu'il rencontre une source, ne fait pas, comme on le dit trop souvent, son plein d'eau pour plusieurs jours, mais, au cours de chacun de ses repas, il extrait des végétaux qu'il absorbe de quoi se désaltérer jusqu'au repas suivant. Le volume relativement restreint de la poche destinée à ses réserves aqueuses devrait, d'ailleurs, suffire à démentir la légende du chameau buvant en une fois la quantité d'eau nécessaire pour une semaine ou davantage.

Si l'eau, dans les déserts, n'est pas visible pendant la plus grande partie de l'année, il en existe donc tout de même une quantité suffisante pour y assurer la vie. Celle qui est tombée pendant les quelques jours pluvieux est accumulée dans les plantes qui l'utilisent au fur et à mesure de leurs propres besoins et beaucoup d'entre elles la cèdent finalement aux animaux herbivores qui les mangent. Un nombre important de ceux-ci étant avalés par des

carnivores, c'est à ces derniers que se termine souvent cette chaîne de l'eau.

Grâce aux végétaux désertiques, dont un grand nombre présentent des adaptations spéciales, la vie est présente dans ces étendues sèches, torrides le jour, glacées la nuit, que sont les déserts d'Asie moyenne, d'Afrique, d'Amérique ou d'Australie. Vie d'ailleurs précaire, qui ne se maintient qu'avec peine. Il arrive que l'absence totale de pluie pendant plusieurs années la détruise complètement sur de vastes étendues, laissant subsister en quelques points privilégiés, par suite, par exemple, de la présence d'une nappe d'eau souterraine, quelques rares individus d'animaux et de plantes qui recommenceront patiemment, avec leurs descendants, la reconquête des espaces perdus. De tous les êtres qui réussissent à subsister en ce milieu hostile, fort peu s'y sont véritablement adaptés. On ne peut le dire que de quelques plantes vivaces, les autres, et c'est la grande majorité, ne peuvent y vivre qu'à condition de se tenir le plus possible à l'abri des conditions extérieures qui le caractérisent. On peut se demander alors comment il se fait que la plupart des espèces désertiques ne se rencontrent pas ailleurs, dans les milieux qui leur seraient plus favorables. Peut-être s'agit-il dans bien des cas d'espèces mal armées pour l'implacable lutte pour la vie et qui se sont réfugiées là où les espèces plus favorisées ne cherchent pas à s'implanter. Quoi qu'il en soit, le monde vivant des déserts est un ensemble bien individualisé par ses caractères morphologiques et biologiques propres.

Pierre BECK.

N. D. L. R. — Les photographies des pages 69 à 75, nous ont été aimablement communiquées par le Laboratoire de Culture du Muséum National d'Histoire naturelle.

# VIRUS ET BACTÉRIOPHAGES

par J. F.

**L**a découverte des propriétés extraordinaires des virus-protéines (1) a donné une forte impulsion aux recherches portant sur les virus, et des résultats importants ont été acquis dans ce domaine au cours de ces dernières années.

C'est ainsi qu'une nouvelle conception de la place qu'occupent les virus dans la nature tend à se répandre. Il y a trois ou quatre ans, on voyait dans leurs propriétés, intermédiaires entre celles

des différences très nettes ont été mises en lumière entre les différentes catégories de virus. Ainsi les virus qui s'attaquent aux plantes sont cristallisables, tandis que ceux qui s'attaquent aux animaux ne le sont pas.

L'étude des virus qui s'attaquent à l'homme est rendue très difficile par la spécificité de leur action : inoculés à des animaux, ces virus sont souvent sans effet, ou produisent des effets différents de ceux produits sur l'homme. Cette difficulté a pu être tournée dans certains cas en greffant des tissus humains sur l'enveloppe d'un embryon de poulet maintenu en vie *in vitro*, et en cultivant le virus sur les tissus ainsi greffés. Cette méthode a notamment été utilisée pour l'étude du virus de l'herpès.

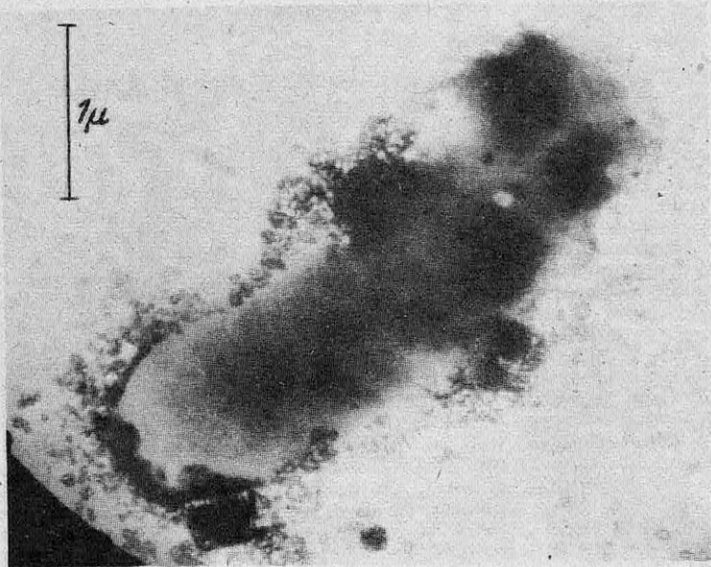
La modification subie par le virus de la fièvre jaune, quand on le cultive dans du cerveau de souris, a permis d'obtenir un vaccin efficace utilisé sur une grande échelle dans l'armée américaine. (L'emploi de ce vaccin a fait apparaître quelques cas de jaunisse, mais on a établi que c'était le sérum humain employé pour le fabriquer, et non le virus, qui en était responsable).

Certains virus existent sous plusieurs variétés différentes qui ne peuvent coexister côte à côte et se « neutralisent » mutuellement. Tel est le cas des virus de l'influenza, de la poliomyélite et de la fièvre jaune. Les épidémies de ces maladies pourraient être dues

à une prédominance temporaire d'une variété du virus qui les produit.

Enfin l'étude des bactériophages (virus parasites des bactéries) a permis d'établir un parallèle curieux entre ces virus et les spermatozoïdes. En effet, non seulement ils ont un aspect semblable (se composant les uns et les autres d'une tête et d'une queue), mais ils présentent une grande ressemblance dans leur mode d'action. On sait, en effet, que tout spermatozoïde entré en contact avec un ovule rend celui-ci insensible à l'action des autres spermatozoïdes. De même, si un bactériophage trouve accès à une bactérie, aucun autre bactériophage ne peut plus avoir accès à cette bactérie. Il est encore impossible de prévoir à quelles conclusions peut conduire cette analogie.

J. F.



UN COLIBACILLE ENVIRONNÉ DE BACTÉRIOPHAGES, PHOTOGRAPHIÉ AU MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE SOUS UN GROSSISSEMENT DE 14 000

dé la matière inerte et celles de la matière vivante (2), des raisons de croire qu'ils constituaient une étape de passage de l'une à l'autre. Aujourd'hui, l'on pense plutôt que les virus seraient le résultat d'une dégradation biologique ayant eu pour effet de réduire certaines bactéries à un état plus simple. Cette théorie s'appliquant surtout aux virus d'ordre le plus élevé, il n'est d'ailleurs pas exclu que l'ancienne et la nouvelle conception soient compatibles entre elles : chacune serait valable pour une classe déterminée de virus. Il faut remarquer à ce propos que

(1) Voir : " Aux frontières de la matière et de la vie " (*Science et Vie*, n° 306, février 1943).

(2) On sait en effet, par exemple, que la reproduction des virus peut être affectée de mutations comme celle des êtres vivants, et que, d'autre part, des virus peuvent cristalliser comme une substance chimique inerte.

# LA FABRICATION ET LES APPLICATIONS DES ÉPONGES ARTIFICIELLES

par Léon DUCAS

*La pêche des éponges, qui se pratique principalement en Méditerranée et au large des côtes de la Floride, de Cuba et des îles Bahamas, produisait jusqu'en 1939 un total annuel d'un millier de tonnes environ. Mais la guerre a considérablement restreint l'activité des pêcheurs d'éponges, et la production est devenue très inférieure aux besoins mondiaux. D'autre part, une maladie mystérieuse, apparue en 1938, a dévasté les fonds les plus riches en éponges. La fabrication des éponges artificielles a donc été appelée à prendre un grand essor dans la plupart des pays. Aujourd'hui, les éponges artificielles ne se contentent plus d'imiter les éponges naturelles, mais elles leur sont supérieures pour un grand nombre d'usages. On peut, en effet, déterminer à volonté leur forme, leurs dimensions, leur consistance, et la grandeur de leurs trous, de façon à les approprier au mieux à l'emploi auquel elles sont destinées.*

## La fabrication

**L**a fabrication des éponges artificielles utilise trois matières premières, dont deux feront partie intégrante du produit fini (la viscosose et la fibre végétale), la troisième étant éliminée en cours de fabrication (le sel marin) (1).

La viscosose se prépare de la même façon que dans l'industrie de la rayonne. On trempe et malaxe des feuilles de cellulose en pâte dans une lessive alcaline caustique, puis on les broie et les émiette. La cellulose est alors mélangée et agitée avec du sulfure de carbone. Par dissolution du produit de la réaction dans de l'eau légèrement alcaline, on obtient la viscosose qui se présente sous la forme d'un liquide épais et ambré, semblable à de la mélasse.

La fibre végétale se prépare en efflochant des copeaux de bois dans un broyeur. La fibre est l'agent qui donnera à la masse sa cohésion.

Quant au sel marin, il sert à la création des pores de l'éponge : on incorpore dans la masse des cristaux de sel que l'on dissoudra ultérieurement de façon que leur disparition produise les vides désirés. Le sel doit être préalablement moulu et trié, de façon à séparer les cristaux de la grosseur voulue.

Viscosose, fibre et sel sont malaxés ensemble pendant un temps déterminé (fig. 1), puis le mélange est coulé dans des moules d'acier. On plonge ensuite ceux-ci dans une solution saline bouillante, qui a pour effet de coaguler la viscosose en même temps que de dissoudre les cristaux de sel à la place desquels ne subsiste-

ront que des cavités dans toute la masse de la substance. Le sel dissous est évacué par des trous ménagés dans le fond des moules. Quand on sort ceux-ci de la bassine, ils contiennent un gâteau verdâtre d'une matière qui n'a plus qu'à être purifiée et séchée pour pouvoir servir d'éponge.

Ces gâteaux sont lavés à l'eau pure, puis purifiés chimiquement de la même façon que les éponges naturelles retirées de la mer. On lesessore dans un panier centrifuge et, finalement, on les sèche dans des fours jusqu'à ce qu'ils aient une teinte jaune pâle. Le processus complet de fabrication nécessite une dizaine de jours.

La dimension des trous de l'éponge artificielle peut être déterminée à volonté en utilisant des cristaux de sel de dimensions appropriées selon la destination de l'éponge.

Quand on retire les blocs d'éponge de leurs moules, ils sont entourés sur les parois latérales d'une pellicule de viscosose mince, molle, et dépourvue d'orifices importants (1). On enlève habituellement cette membrane, mais on la laisse parfois aussi sur l'éponge, qui est ainsi pourvue de trous larges sur les faces supérieure et inférieure et de trous étroits sur les faces latérales et peut ainsi servir indifféremment pour le nettoyage ou pour la toilette.

Les éponges pour laver les autos ou les pièces d'artillerie sont faites dans des moules ayant la forme d'un ellipsoïde de révolution. On les coupe en deux suivant le plan de symétrie perpendiculaire à l'axe de révolution de façon à obtenir deux éponges identiques qui n'ont de gros trous

(1) Il ne sera pas question ici des éponges en caoutchouc, dont les propriétés ne rappellent que de loin celles des éponges naturelles : l'imperméabilité du caoutchouc les empêche d'absorber de très grandes quantités d'eau. D'ailleurs le caoutchouc est devenu trop rare pour qu'on puisse l'employer à de tels usages.

(1) Ce phénomène est dû à un « effet de paroi » analogue à celui qui se produit lors du coulage du béton : le nombre des particules solides en suspension (cailloux dans le cas du béton, cristaux de sel dans celui des éponges artificielles) est plus faible au voisinage des parois qu'au cœur de la masse. La couche superficielle de l'éponge artificielle est donc presque dépourvue de trous.

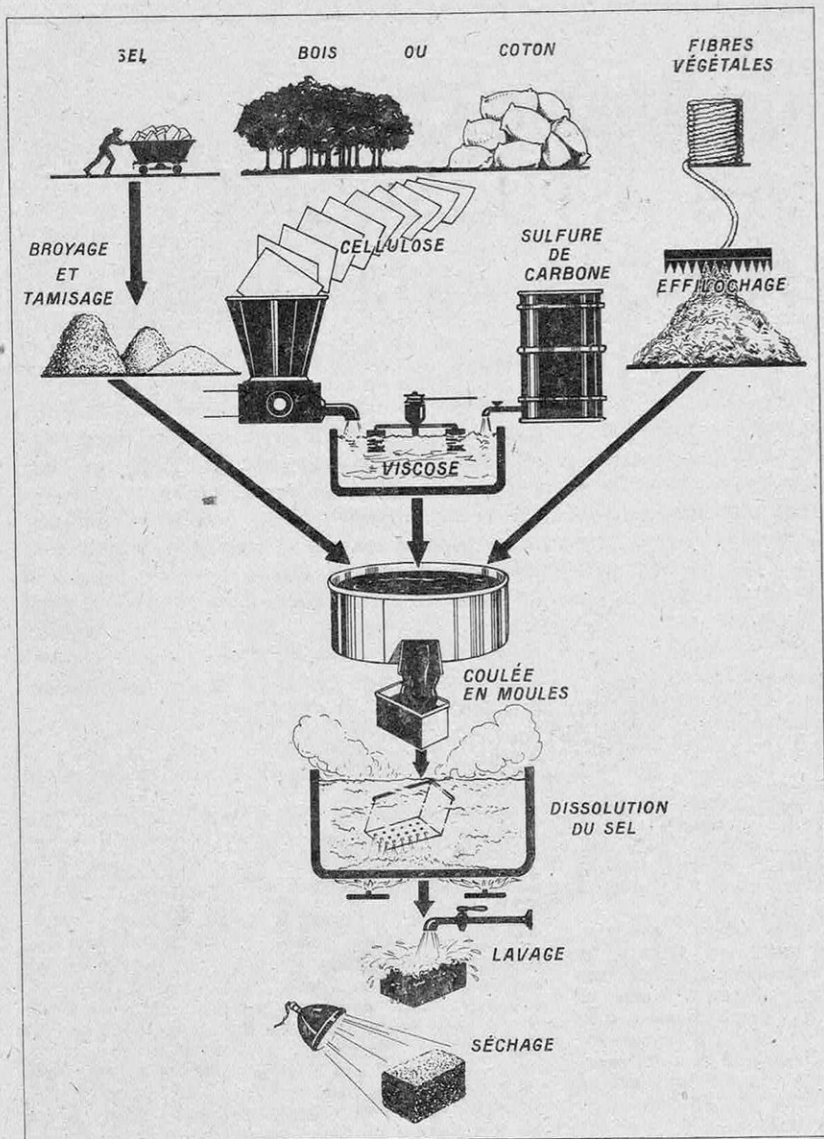


SCHÉMA DE LA FABRICATION DES ÉPONGES ARTIFICIELLES

que sur leurs faces planes. On y laisse la pellicule extérieure pour les rendre plus commodes à manier et permettre de les tenir fermement sans exprimer l'eau trop rapidement.

Les blocs d'éponge purifiés et séchés sont examinés aux rayons X afin de repérer et d'éliminer tous cailloux, éclats de bois, ou autres corps étrangers durs qui pourraient s'y trouver. Les blocs sont enfin découpés à la dimension et la forme désirées. Le découpage se fait au couteau ou à la scie, selon qu'on vise à obtenir une surface lisse ou rugueuse.

### Caractéristiques et applications

A l'état sec, l'éponge artificielle est plus dure et plus rêche qu'une bonne éponge naturelle, mais elle ramollit et s'assouplit dans l'eau.

L'éponge artificielle peut être stérilisée par

ébullition sans altération de sa consistance. Elle n'est pas attaquée par les détergers et ne s'use que lentement. On peut effectuer plus de cent cinquante lavages d'autos avec la même éponge.

Les éponges artificielles peuvent être fabriquées à différents degrés de compression, allant jusqu'au tiers de leur volume normal à l'état sec, afin de diminuer la place qu'elles occupent. Les éponges comprimées ne prennent leurs dimensions normales qu'une fois mouillées. On loge notamment de telles éponges à bord des canots de sauvetage où la place est très mesurée et où elles servent à écoper l'eau de la mer.

Les éponges artificielles absorbent aussi bien des huiles que l'eau et on les utilise pour répartir les lubrifiants dans certains mécanismes. La firme américaine Du Pont a même réalisé une éponge synthétique sélective qui absorbe l'essence et non l'eau. C'est une éponge synthétique ordinaire traitée par une substance hydrophobe. On peut la placer dans les ailes des avions pour absorber l'essence qui pourrait se perdre malgré l'emploi de réservoirs auto-obturants. On envisage enfin la possibilité de fabriquer des éponges artificielles à

base d'amidon pour servir de pansements chirurgicaux internes. Ces pansements pourraient être laissés dans le corps après fermeture de la plaie opératoire, ils se dissoudraient et seraient absorbés progressivement par l'organisme en même temps que les produits antiseptiques ou autres.

Les éponges artificielles flottent, sont inodores, absorbent vingt fois leur poids d'eau. Leur forme (taillées en parallépipède, elles ne roulent pas au loin quand on les laisse tomber), leur taille, leur texture, la dimension de leurs pores peuvent être déterminées à volonté selon l'usage auquel elles sont destinées.

Les éponges artificielles ne font donc pas qu'imiter les éponges naturelles, mais présentent sur celles-ci des avantages notables qui les font préférer pour de nombreuses applications.

Léon DUCAS.

# LA SURVIE DES ORGANES ISOLÉS

par Daniel BARGETON

*L'observation de tous les jours nous montre que, si, d'un organisme animal vivant, on détache un fragment, ce dernier meurt plus ou moins rapidement. Depuis une cinquantaine d'années, cependant, on sait maintenant en survie des organes isolés, et beaucoup de progrès ont été accomplis non seulement pour prolonger la durée de cette survie, mais pour la rendre de plus en plus semblable à la vie normale et pour l'étendre à une variété toujours croissante d'organes. On a beaucoup appris de l'étude des organes isolés. Elle a permis tout d'abord de préciser les conditions nécessaires à la vie des cellules et des tissus. Un organe, d'autre part, dans sa situation normale, est souvent profond et peu accessible ; isolé et maintenu en survie, il autorise une analyse à la fois plus facile et plus précise de ses fonctions. Beaucoup de médicaments sont contrôlés et titrés par leur action sur un organe isolé convenablement choisi, qui réagit souvent avec une très grande sensibilité, supérieure à celle des meilleurs réactifs chimiques. Les organes isolés constituent ainsi de remarquables réactifs biologiques.*

## Les conditions générales de la survie

**Q**UEL QUE soit l'organe envisagé, un certain nombre de conditions très générales doivent être satisfaites pour que la survie soit assurée.

On doit fournir un milieu liquide analogue au milieu intérieur de l'animal sur lequel l'organe a été prélevé (plasma ou partie liquide du sang chez les vertébrés, hémolymphe chez les invertébrés) ; ce liquide doit apporter des éléments nutritifs ; il doit contenir une quantité suffisante d'oxygène ; enfin, il doit être à une température convenable.

Mais ces conditions sont plus ou moins difficiles à remplir suivant l'organe choisi et suivant l'espèce de l'animal qui l'a fourni. D'une façon générale, les organes de mammifères sont très exigeants ; ceux des vertébrés à sang froid le sont beaucoup moins ; quant aux organes d'invertébrés, ils sont le plus souvent assez accommodants.

## Le cœur de l'escargot

On peut très facilement, et sans un appareillage compliqué, maintenir en survie un organe d'invertébré tel que le cœur d'escargot. Le cœur de l'escargot est un organe très simple qui ne comporte que deux cavités, un ventricule et une oreillette ; on le prélève en ouvrant la première spire de la coquille ; on noue un fil fin autour du sillon qui sépare l'oreillette du ventricule, un autre à la pointe du ventricule ; l'un des fils est amarré au fond d'un tube de verre ouvert en haut, l'autre fil est attaché à l'un des bras d'un levier très léger dont l'autre bras se déplace devant un cylindre recouvert de papier enfumé. Dans le tube de verre, on met de l'eau salée à 7 p. 1 000 (fig. 1). Pendant plusieurs heures, le cœur d'escargot se contracte de façon rythmée et ses contractions, amplifiées par le levier auquel il est attaché, viennent s'inscrire en blanc sur le papier enfumé du cylindre tournant. Les conditions de survie sont ici bien peu compliquées à réaliser. Un bain d'eau salée est suffisant (dont la concentration n'a pas besoin d'être

ajustée avec exactitude), dépourvu de tout élément nutritif (car le muscle cardiaque de l'escargot contient assez de réserves pour vivre sur ses provisions pendant plusieurs heures) et dont l'oxygénation est suffisamment assurée par le contact de l'air avec sa surface libre. La température du bain n'a pas besoin d'être contrôlée, et le cœur d'escargot fonctionne de façon satisfaisante à la température ambiante.

Le rythme des contractions ralentit si l'on refroidit le bain, il s'accélère si on le réchauffe, et ceci illustre l'influence qu'exerce la température ambiante sur les animaux à sang froid, actifs en été, engourdis en hiver.

On peut facilement étudier les effets de certains toxiques et de certains médicaments sur le cœur isolé d'escargot. Il suffit d'ajouter au liquide qui le baigne des traces de chloroforme pour voir les contractions ralentir, puis disparaître. Si l'on remplace alors le bain toxique par du liquide neuf, les contractions reparaissent, mais elles reprennent plus vite leur rythme et leur amplitude normale si l'on ajoute au liquide un peu de caféine.

On voit là un exemple d'organe isolé qui continue à vivre sans que l'on soit obligé à recourir à une technique compliquée et qui peut être utilisé pour étudier l'action de la température sur les êtres vivants, celle des toxiques et celle des médicaments capables de combattre une intoxication.

## Le cœur de la grenouille

Pour maintenir en survie un organe isolé de vertébré à sang froid, il faut s'entourer de plus de précautions que cela n'est nécessaire pour le cœur d'escargot. Comment y parvient-on pour le cœur de grenouille par exemple ? L'appareil essentiel est une petite ampoule de verre de quelques centimètres cubes de capacité, terminée dans le bas par une tubulure effilée, c'est la canule de Straub. On prélève le cœur d'une grenouille décapitée, et on introduit dans le gros vaisseau artériel qui en part, l'aorte, l'extrémité effilée de la canule de Straub, une ligature de fil assure l'étanchéité du joint et, en même temps, suffit à suspendre le cœur la pointe en bas.

La tubulure de la canule pénètre jusque dans le ventricule et on remplit le tout, canule de Straub et ventricule, d'un liquide convenable; un fil est attaché à la pointe du cœur et relié à un levier inscripteur très léger permettant d'enregistrer, amplifiées, les contractions cardiaques. Pour plus de précautions, on peut placer le tout dans une enceinte fermée pour éviter la dessiccation. Ainsi installé, le cœur de grenouille va continuer à battre régulièrement pendant plusieurs heures. Lorsqu'il se contracte, il chasse le liquide dans la canule de Straub; lorsqu'il se relâche, le liquide redescend par son poids dans le ventricule. La pression hydrostatique qui est exercée à l'intérieur de la cavité cardiaque est, en effet, une des conditions nécessaires pour que le cœur continue à battre, c'est-à-dire à vivre. Il y a là un exemple d'une loi très générale valable pour tous les organes contractiles creux: ils ne se contractent d'une façon normale que s'ils sont soumis à une certaine distension.

Les autres conditions de survie du cœur isolé de grenouille sont exprimées par la composition du liquide utilisé pour l'irriguer ou le « perfuser » comme on dit plus souvent. Le liquide doit satisfaire à certaines exigences d'ordre physique et d'ordre chimique. Il doit avoir une concentration moléculaire globale telle que sa pression osmotique soit égale à celle des fluides de l'organisme; on dit alors qu'il leur est *isotonique*. Une solution de sel marin à 9 p. 1 000 est isotonique, mais elle fournirait pour le cœur de grenouille un liquide de perfusion médiocre ne permettant qu'une survie très courte, car l'isotonie n'est pas suffisante; des conditions d'ordre chimique sont également nécessaires.

Le liquide de perfusion doit avoir une concentration en ions hydrogène voisine de celle des fluides de l'organisme. Il doit avoir comme eux un *pH* voisin de 7, pour employer la notation couramment utilisée (1), c'est-à-dire être légèrement alcalin. En pratique, on y parvient en ajoutant des substances dites « tampon » dont la plus utilisée est le bicarbonate de soude.

Le liquide doit, de plus, contenir en quantités convenablement équilibrées un certain nombre d'éléments: chlore, sodium, potassium, calcium. Ainsi, si l'on supprime le potassium, ou si l'on ajoute un excès de calcium, le cœur s'arrête en contraction, en *systole*; inversement, s'il y a défaut de calcium ou trop de potassium, le cœur s'arrête en relâchement, en *diastole*. Le rythme cardiaque normal n'est maintenu que s'il existe l'équilibre convenable entre le calcium et le potassium.

Pour que le cœur continue à battre longtemps, il faut lui fournir le combustible utilisé de préférence par la contraction musculaire, le glucose; ce sucre figure dans le liquide de perfusion à la concentration de 1 p. 1 000 comme dans le sang humain. Il faut également fournir l'oxygène nécessaire à la respiration; on y parvient facile-

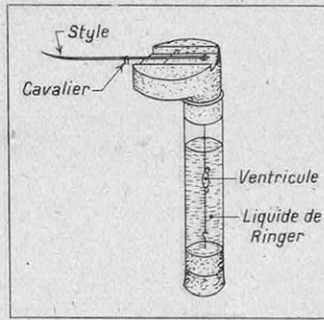


FIG. 1. — ENREGISTREMENT DES MOUVEMENTS D'UN CŒUR ISOLÉ D'ESCARGOT

Les contractions du ventricule, amplifiées par un levier, sont inscrites par un stylet sur un cylindre tournant recouvert de papier enjumé (non représenté).

ment dans le cas du cœur isolé de grenouille en aérant le liquide de perfusion et en laissant sa surface libre au contact de l'air; mais nous verrons que d'autres organes sont, sous ce rapport, beaucoup plus exigeants et demandent pour survivre une oxygénation importante.

Le cœur isolé de grenouille est très largement utilisé par les pharmacologues pour étudier les médicaments tonocardiaques et pour titrer leur activité, notamment pour l'essai des préparations de la série de la digitale et du strophanthus, très couramment employées en thérapeutique. Il a ainsi, sur le plan pratique, aidé les médecins à mieux traiter les maladies de cœur, comme, sur le plan théorique, il a aidé les physiologistes à mieux comprendre le fonctionnement du cœur normal.

Le cœur isolé qui continue à battre prouve l'existence de l'automatisme cardiaque de ce fait que le cœur possède lui-même les causes de son mouvement, en dehors de toute intervention du système nerveux. Son étude expérimentale a permis de discerner certaines conditions mécaniques, physiques et chimiques qui règlent cet automatisme; aussi à ces différents titres, méritait-elle d'être considérée avec quelques détails.

### La tête de poisson

On sait que les centres nerveux supérieurs sont les organes les plus nobles, mais aussi les plus délicats et les plus exigeants; il est pourtant parfaitement possible de les maintenir en survie à l'état isolé.

Sur un poisson, une incision au milieu de la face ventrale, un peu en arrière des ouïes, permet de découvrir le cœur et le bulbe artériel qui le prolonge en avant. On y introduit et on y fixe par une ligature une canule de verre effilée dirigée la pointe en avant (fig. 2). La canule, reliée à un réservoir à une hauteur convenable, irrigue toute la partie du poisson située en avant, c'est-à-dire les branchies et la tête. Le liquide pénètre dans le bulbe aortique comme s'il provenait du cœur, traverse les branchies par les arcs aortiques, puis va perfuser les centres nerveux. Dans de telles conditions, la tête isolée de poisson survit, les centres nerveux continuent à fonctionner, et la manifestation la plus visible de leur activité est la persistance de mouvements respiratoires réguliers. La tête isolée respire, la bouche s'ouvre, puis se soulèvent les opercules qui recouvrent les branchies. Ces mouvements de la bouche et des ouïes persistent de longues heures, pourvu que l'on emploie pour la perfusion un liquide convenable, et l'on a pu faire à ce sujet d'intéressantes constatations.

Le liquide qui s'offre le premier à l'esprit lorsqu'il s'agit de faire survivre la tête isolée d'un poisson de mer est l'eau de mer elle-même; l'expérience prouve, en effet, qu'elle permet une survie notable. Mais, au bout de vingt minutes ou d'une demi-heure, les mouvements respiratoires cessent. Il y a donc mieux à faire qu'à employer l'eau de mer; en lui ajoutant du glucose, on obtient de meilleurs résultats, mais on peut chercher à se rapprocher davantage des condi-

(1) On désigne par *pH* le logarithme changé de signe de la concentration en ions hydrogène; ainsi une solution dont la concentration en ions hydrogène est de 1 p. 10 000 000 (soit 1 sur 1 suivi de 7 zéros) a un *pH* de 7.



tions de la vie normale. Or, le sang du poisson contient une proportion importante d'urée; aussi, a-t-on essayé d'ajouter ce corps au liquide de perfusion, et c'est ainsi que l'on a été conduit à irriguer la tête isolée de poisson avec de l'eau de mer, additionnée de glucose et d'urée. On obtient ainsi des survies beaucoup plus longues qu'avec l'eau de mer seule ou l'eau de mer glucosée; des mouvements respiratoires amples et réguliers persistent pendant plusieurs heures.

L'urée, qui est généralement considérée comme une substance de déchet, peut donc contribuer à maintenir l'activité normale des organes et, chez le poisson tout au moins, elle joue, avant d'être éliminée, un rôle utile dans l'organisme. Il s'agit là d'une notion importante, bien mise en évidence par l'expérimentation sur la tête de poisson.

Il convient également de citer les études électro-physiologiques faites sur la tête isolée de poisson mettant en évidence l'automatisme du centre respiratoire.

On a pu enregistrer les courants d'action lancés dans le nerf trijumeau, nerf respiratoire moteur du poisson, par les centres bulbaires isolés du poisson rouge, *Carassius auratus*, qui continuent à manifester une activité rythmique automatique, alors qu'ils sont maintenus en survie complètement isolés. Ainsi les centres nerveux qui commandent les mouvements respiratoires n'ont pas besoin d'être mis en jeu par des excitations venues du dehors et une preuve de cette autonomie fonctionnelle a pu être fournie par l'expérimentation sur l'organe isolé.

### Les organes isolés de mammifères

Les organes de mammifères sont beaucoup plus exigeants que ceux des animaux à sang froid. Pour qu'ils conservent leur activité normale, doivent être satisfaites des conditions mécaniques, physiques et chi-

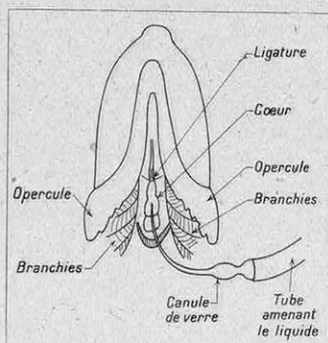


FIG. 2. — COMMENT ON ASSURE LA PERFUSION DE LA TÊTE ISOLÉE D'UN POISSON

miques, analogues à celles nécessaires dans le cas du cœur de grenouille par exemple. Mais il faut de plus assurer une fourniture abondante d'oxygène, car ici la respiration est très active, et maintenir la température dans d'étroites limites au voisinage de la température normale du corps, soit 38° pour la plupart des espèces de mammifères.

Les liquides utilisés doivent être isotoniques, avoir un pH convenable et une composition chimique assez étroitement fixée. De nombreuses formules en existent, adaptées à chaque cas particulier; plus connues sont celles de Ringer, de Locke, de Tyrode. Tous ces liquides contiennent des chlorures de sodium, de potassium et de calcium, du bicarbonate de soude, du glucose et, de façon moins constante, des sels de magnésium et des phosphates. On a pu chercher à les épaissir et à leur donner la viscosité du plasma sanguin en leur ajoutant de la gélatine, des gommes ou du plasma. Mais, dans certains cas, on doit préférer des liquides plus voisins du sang normal et l'on emploie alors du plasma sanguin ou du sang rendu incoagulable (sang défibriné, sang additionné d'un anticoagulant tel que le citrate de soude).

L'organe est maintenu à température constante en le met-

tant dans un thermostat et divers procédés assurent une oxygénation suffisante. Quant aux conditions mécaniques, elles varient essentiellement suivant l'organe considéré. Le plus souvent, le dispositif expérimental utilisé permet d'explorer graphiquement l'activité de l'organe par divers procédés d'enregistrement mécanique ou électrique, d'explorer également son activité chimique.

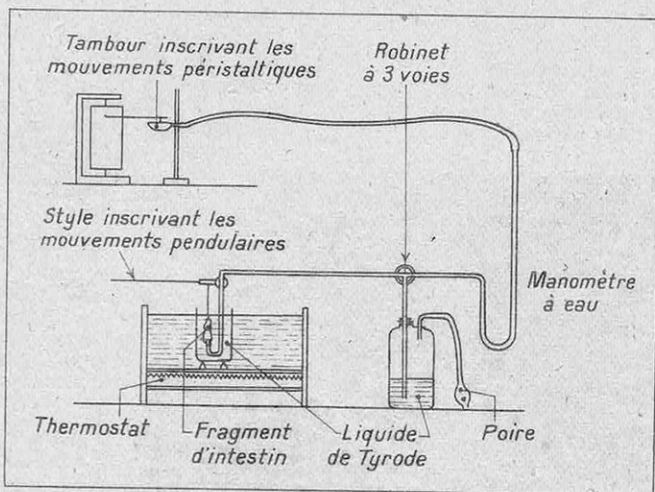


FIG. 3. — INSCRIPTION DES MOUVEMENTS PENDULAIRES ET PÉRISTALTITIQUES DE L'INTESTIN ISOLÉ

Le fragment d'intestin étant plongé dans un bain oxygéné maintenu à 33° par un thermostat, les mouvements pendulaires, dus soit aux fibres longitudinales, soit aux fibres circulaires sont enregistrés par un style fixé à l'extrémité d'un levier amplificateur. Pour enregistrer les mouvements péristaltiques qui résultent de l'action coordonnée des deux sortes de fibres, et dont le rôle est d'assurer la progression du contenu intestinal, il faut produire une distension du fragment d'intestin. Pour cela, on ferme en cul-de-sac l'extrémité supérieure du fragment d'intestin et on relie l'extrémité inférieure à un manomètre à eau. Un robinet à trois voies permet de remplir tout d'abord le fragment d'intestin du liquide spécial (de Tyrode), puis le tube du manomètre jusqu'au niveau correspondant à la pression désirée, et enfin d'établir la communication directe entre l'intestin et le manomètre. Le style de la capsule manométrique inscrit les pulsations de pression dues aux mouvements péristaltiques.

### L'intestin isolé

L'immersion dans du liquide de Ringer ou de Tyrode maintenu à 38° et convenablement oxygéné suffit à assurer la sur-

vie d'un segment d'intestin. Du fait de la minceur des parois de l'organe, les échanges entre les tissus et le bain liquide ont lieu de façon satisfaisante par simple diffusion, alors que, pour la plupart des organes de mammifères, on doit assurer une véritable circulation dans les vaisseaux.

On oxygène le bain dans lequel plonge l'intestin par un barbotage d'air ou d'oxygène et on le maintient à 38° dans le thermostat. Dans de telles conditions, l'intestin isolé survit de longues heures comme en témoignent ses contractions que l'on peut enregistrer graphiquement (fig. 3). On sait que l'intestin a deux couches de fibres musculaires, une longitudinale et une circulaire. Si le fragment d'intestin est un segment de quelques centimètres de long, fixé par son extrémité inférieure et relié par son bout supérieur à un levier inscripteur, on peut enregistrer les contractions des fibres longitudinales. Si l'on monte de façon analogue un anneau d'intestin coupé transversalement, on inscrit les contractions des fibres circulaires. Mais, fait important : l'intestin en survie dans de telles conditions ne présente pas de mouvements péristaltiques. Ces mouvements résultent de l'action coordonnée des fibres longitudinales et circulaires, ce sont des ondes de striction qui se propagent le long de l'intestin, toujours dans le même sens, et qui assurent la progression du contenu intestinal. Le péristaltisme est donc pour l'intestin la forme d'activité motrice de beaucoup la plus importante. Or, pour qu'elle se manifeste sur l'organe isolé, une condition mécanique doit être satisfaite : l'existence d'une certaine distension de l'intestin.

Si l'on ferme en cul-de-sac l'extrémité supérieure du morceau d'intestin et si on lie son bout inférieur sur un tube par lequel pénètre du liquide de Ringer tiède, à une pression convenable (2 à 10 cm d'eau), des ondes péristaltiques apparaissent et se propagent régulièrement le long du segment intestinal ainsi distendu. On peut les

cinématographier ou en enregistrer graphiquement la traduction mécanique, en reliant la lumière de l'intestin à un manomètre enregistreur, chaque onde péristaltique chassant une partie du liquide contenu dans la cavité de l'organe.

Nous avons signalé, à propos du cœur isolé de grenouille, qu'un organe creux ne se contracte de façon normale que s'il règne à l'intérieur de sa cavité une pression hydrostatique suffisante ; cette loi générale, valable pour le cœur, l'est aussi pour l'intestin ; elle l'est de même pour l'uretère et la vésicule biliaire, que l'on peut maintenir en survie en utilisant le même dispositif que pour l'intestin.

On étudie facilement l'action de certains corps sur l'intestin en les ajoutant au liquide baignant l'organe isolé, qui se montre dans certains cas extraordinairement sensible. C'est ainsi que quelques millièmes de milligramme d'histamine ou d'acétylcholine provoquent une contraction énergique, et que d'aussi faibles quantités d'adrénaline amènent le relâchement de l'intestin. Des traces aussi minimes de ces corps ne pourraient pas être mises en évidence par des méthodes chimiques, et l'intestin isolé constitue à leur égard un moyen de détection extrêmement délicat qui a largement été utilisé. On expérimente aussi sur l'intestin isolé l'action de médicaments utilisés en thérapeutique humaine, tels que les antispasmodiques employés pour relâcher un état de contracture pathologique, ou les péristaltogènes destinés à lutter contre la paresse intestinale.

### Le poulmon isolé

Pour maintenir en survie un organe volumineux comme le poulmon, on ne peut se contenter de l'immerger dans un bain, comme cela suffit pour l'intestin ; il faut établir dans ses vaisseaux une véritable circulation, et l'on désigne habituellement cette circulation artificielle sous le nom de « perfusion ».

Comment procède-t-on en pratique ? Sur un chien anesthésié, puis sacrifié par saignée, on prélève en bloc les deux poulmons et la trachée qui sont placés dans une enceinte close à 38° et où règne une atmosphère saturée de vapeur d'eau, pour éviter la dessiccation de l'organe (fig. 4). Le sang prélevé est maintenu liquide par addition d'un anticoagulant (citrale de soude par exemple) ; il est chauffé à 38° et une pompe l'envoie dans l'artère pulmonaire sous une pression pulsatile comparable à celle que lui communiquerait le ventricule droit. Après la traversée du poulmon, le sang est recueilli à la sortie des veines pulmonaires et ramené dans un réservoir où le reprendra la pompe qui entretient ainsi une perfusion en circuit fermé (fig. 5 et 6).

L'oxygénation est assurée par le jeu du poulmon lui-même. Pour cela, on fait

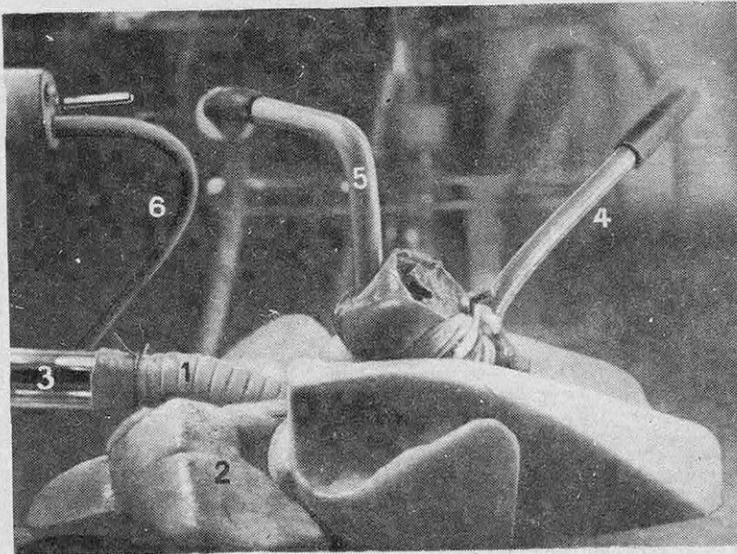


FIG. 4. — ASPECT DES POUMONS ISOLÉS MAINTENUS EN SURVIE A L'INTÉRIEUR D'UNE CUVE DE VERRE ÉTANCHE

1, trachée; — 2, lobes pulmonaires (en inspiration); — 3, tube d'arrivée d'air; — 4, tube d'arrivée de sang; — 5, tube de sortie de sang; — 6, arrivée de courant pour le chauffage intérieur de la cuve.

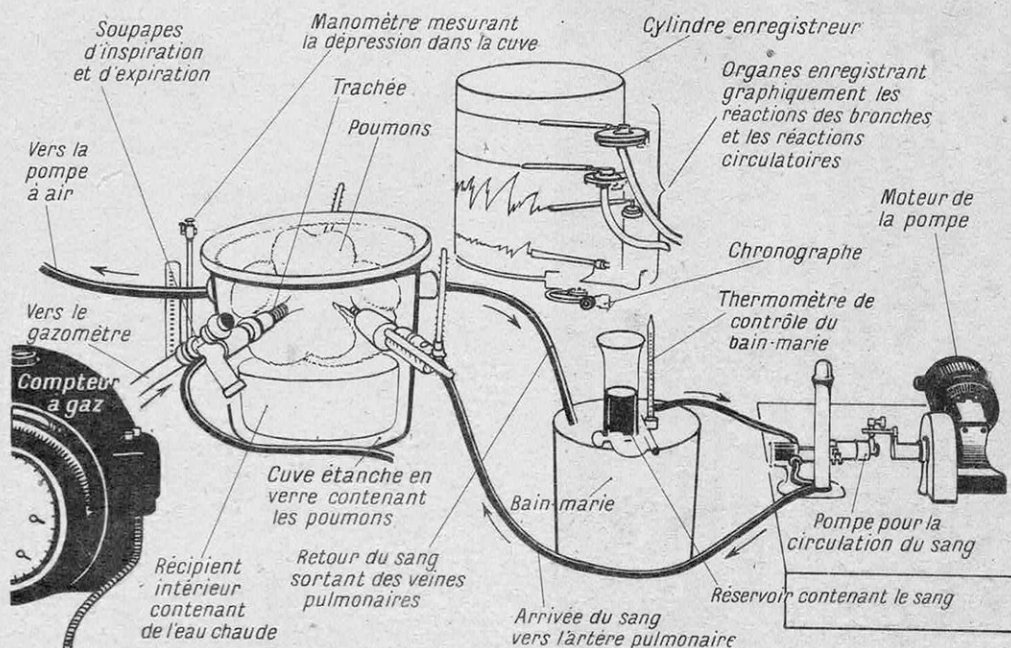
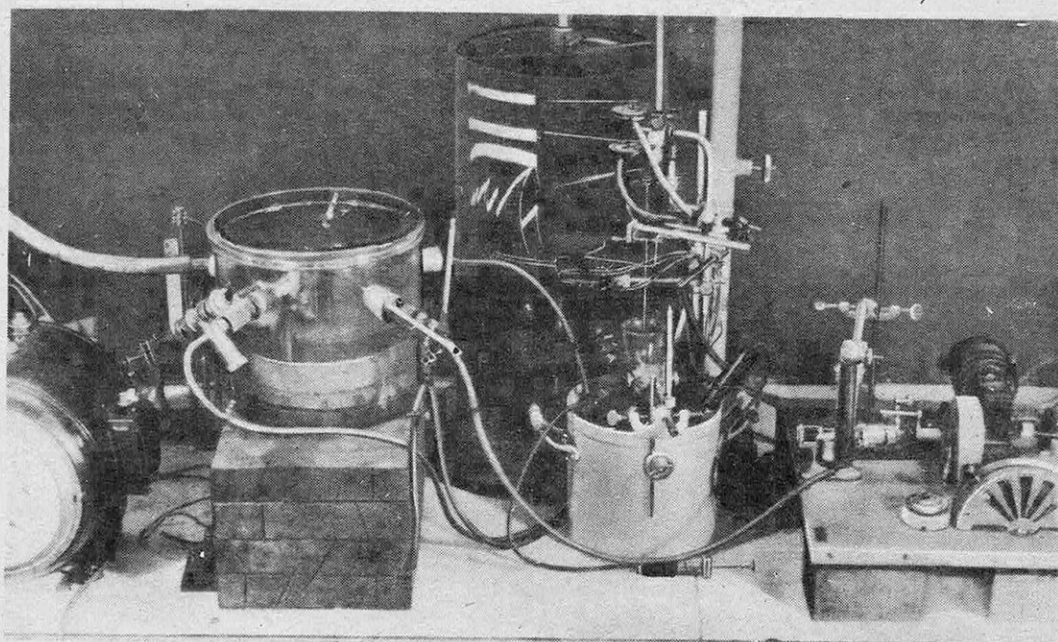


FIG. 5 ET 6. — PRINCIPAUX ORGANES DESTINÉS A ASSURER LA SURVIE DU POUMON ISOLÉ ET A EN ÉTUDIER LES RÉACTIONS  
 La pompe à air établissant une dépression rythmée dans la cuve contenant le poumon, ainsi que le gazomètre  
 fournissant l'air inspiré, ne sont pas représentés.

régner dans l'enceinte qui le contient une dépression rythmée, la trachée étant liée sur un tube qui s'ouvre à l'extérieur de l'enceinte. A chaque période de dépression, les poumons se dilatent et se remplissent d'air qui leur arrive par le tube fixe dans la trachée ; lorsque la pression dans l'enceinte redevient égale à la pression atmosphérique, les poumons reviennent sur eux-mêmes par leur élasticité et chassent l'air qu'ils contiennent ; ainsi se succèdent inspiration et expiration. Les poumons sont donc traversés, comme

à l'état normal, par un double courant sanguin et aérien ; ils sont le siège d'échanges gazeux, comme à l'état normal, entre l'air et le sang avec absorption d'oxygène et rejet de gaz carbonique. Pendant de longues heures, ils survivent et conservent toutes leurs activités normales. Des appareils permettent d'explorer la circulation aérienne et sanguine. Ainsi complété, le dispositif expérimental se prête admirablement à l'étude de multiples problèmes de physiologie et de pathologie pulmonaires. C'est ainsi que l'on

peut provoquer sur le poumon isolé une embolie, une crise d'asthme ou d'œdème aigu, créer des troubles comparables à ceux qui viennent parfois compliquer gravement les suites d'opérations chirurgicales.

On sait qu'après les interventions les plus variées et, avec une toute particulière fréquence, après celles portant sur l'estomac, peuvent survenir des complications pulmonaires dont pendant longtemps on a mal compris le mécanisme. Il y a quelques années seulement, on a pu établir qu'il s'agissait essentiellement d'un état d'atélectasie pulmonaire, condensation d'une partie du poumon par disparition de l'air qui, normalement, remplit les alvéoles.

L'atélectasie provient d'une diminution de la ventilation pulmonaire qui s'observe souvent chez les opérés, surtout si l'on est intervenu au voisinage du diaphragme. Sur le poumon isolé, il est facile de provoquer l'apparition de plaques d'atélectasie en diminuant la ventilation, ce qui est aisé puisque la ventilation est réglable à volonté. Il suffit ensuite de faire de la surventilation pour observer la disparition de l'atélectasie. Le mécanisme de bien des complications pulmonaires postopératoires se trouve ainsi éclairci

et, du même coup, sont indiqués les moyens de les prévenir et de les guérir.

### Les perfusions d'autres organes

Les mêmes principes de perfusion peuvent s'appliquer à la plupart des organes de mammifères, mais l'oxygénation n'étant plus assurée par l'organe lui-même, il faut intercaler un oxygénateur sur le circuit de perfusion. Un type très utilisé de ce genre d'appareils consiste en une série de disques superposés tournant autour d'un axe vertical, séparés par des disques fixes ; on fait ruisseler le sang sur cet ensemble qui est contenu dans un carter étanche parcouru par un courant d'oxygène saturé de vapeur d'eau (pour éviter la dessiccation du sang).

Les organes isolés ainsi maintenus en survie se prêtent beaucoup mieux à l'exploration que dans leur place normale, et la technique de perfusion a été très largement utilisée, en particulier pour le rein et pour le foie.

C'est ainsi que l'on met parfaitement en évidence, pour le rein isolé perfusé, l'action anti-diurétique des extraits de lobe postérieur d'hypophyse. Cette action est utilisée pour corriger le diabète insipide.

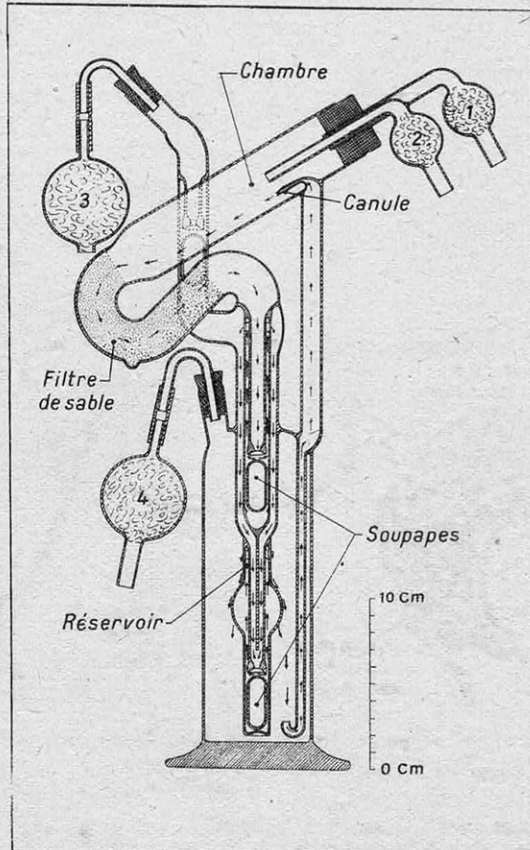
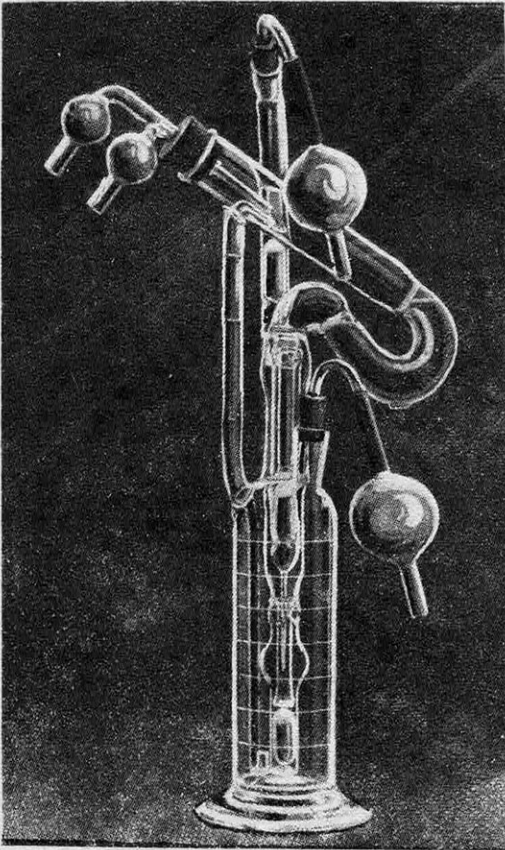


FIG. 7 ET 8. — LE BLOC ASEPTIQUE DE L'APPAREIL DE LINDBERGH CONTENANT L'ORGANE ISOLÉ

Le bloc est entièrement en verre, y compris les soupapes qui constituent les seules pièces mobiles. L'organe étant enfermé dans la chambre de l'appareil, le liquide nutritif circule suivant le trajet indiqué par les flèches : il pénètre dans l'artère par la canule, s'écoule en sortant de l'organe, traverse le filtre de sable et retourne par gravité au réservoir. Sa circulation est contrôlée par les soupapes. La pression d'air pulsatile qui fournit la force motrice est transmise à travers les filtres 3 et 4. Les filtres de coton 1, 2, 3 et 4 maintiennent aseptique l'atmosphère contenue dans l'appareil. La pression pulsatile est fournie par un dispositif non aseptique, distinct du bloc stérile (voir fig. 9).

La perfusion du foie mérite une mention particulière. On sait que le foie a une double irrigation sanguine; il reçoit du sang provenant des viscères digestifs par la veine porte, et du sang artériel par l'artère hépatique; pour réaliser des conditions voisines des conditions normales, la perfusion du foie devra donc être une double perfusion, la veine porte étant alimentée à une pression beaucoup plus faible que l'artère hépatique. C'est cependant par une technique infiniment plus rudimentaire que Claude Bernard, dans la célèbre expérience du foie lavé, démontra, en le perfusant simplement avec de l'eau, que le foie fabrique du sucre aux dépens du glycogène qu'il contient. C'est donc grâce à

une expérience de perfusion d'organe isolé qu'a été découverte la fonction glycogénique du foie et qu'a été établie pour la première fois la notion si féconde de glande à sécrétion interne.

### Les perfusions aseptiques et les survies prolongées

Dans la plupart des recherches expérimentales sur les organes isolés, il n'est pas nécessaire d'assurer la survie pour plus de quelques heures. Pendant ce laps de temps, les microbes n'ont pas le temps de se développer de façon appréciable.

Dans quelques cas cependant, il faut pouvoir assurer une survie prolongée; il est alors absolument nécessaire de protéger l'organe isolé contre l'infection, c'est-à-dire de réaliser une perfusion rigoureusement aseptique, ce qui soulève de très grandes difficultés techniques; mais ces difficultés ne sont pas insurmontables. Un des dispositifs les plus parfaits permettant la perfusion aseptique d'un organe isolé, a été mis au point par Carrel et Lindbergh. La partie essentielle

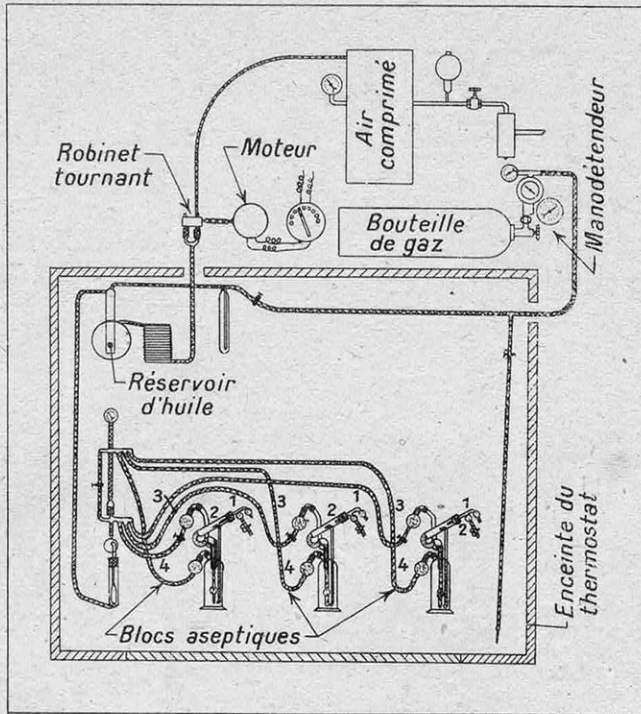


FIG. 9. — SCHÉMA D'ENSEMBLE DE L'APPAREIL DE LINDBERGH

Dans l'enceinte du thermostat, trois blocs aseptiques contiennent chacun un organe isolé en survie. La pression d'air pulsatile qui provoque la circulation du liquide nutritif dans les trois blocs aseptiques est fournie par un dispositif extérieur au thermostat: L'air comprimé venant d'un réservoir traverse un robinet tournant entraîné par un moteur; son écoulement est ainsi périodiquement interrompu. La pression d'air pulsatile est transmise, par l'intermédiaire d'une colonne d'huile contenue dans un réservoir, au mélange gazeux convenablement composé, contenu sous pression dans une bouteille munie d'un manodétendeur réglant l'écoulement. Ce mélange gazeux assure la respiration de l'organe et, par ses pulsations, actionne la circulation du liquide nutritif. Seuls sont aseptiques les blocs, protégés contre la contamination microbienne par les filtres 1, 2, 3 et 4.

du dispositif groupe en un bloc compact entièrement en verre et stérilisable, la chambre qui contient l'organe isolé, le réservoir qui renferme le liquide nutritif, les canalisations et les soupapes qui en assurent la circulation (fig. 7, 8 et 9).

Ce bloc ne communique avec l'extérieur que par des tubulures garnies de filtres empêchant toute contamination microbienne, mais permettant l'action d'une transmission pneumatique qui assure une perfusion pulsatile dont on peut régler la fréquence, la pression maximum et la pression minimum. La pulsation pneumatique transmise à l'appareil de perfusion proprement dit et qui lui fournit la force motrice nécessaire est produite par

des organes qui, eux, ne nécessitent pas d'être maintenus stériles (les filtres d'air empêchent la contamination du bloc aseptique).

En utilisant cet appareillage, il est possible de maintenir en survie pendant plusieurs mois un organe isolé tel que le corps thyroïde.

Beaucoup d'ingéniosité, de recherche, de patience ont été nécessaires pour trouver et perfectionner les conditions de survie des organes isolés. Le but que l'on se proposait n'a jamais été la réalisation d'un tour de force technique, la création d'une sorte de vie monstrueuse en dehors de l'organisme, capable de frapper l'imagination à la manière d'une attraction foraine. Ce que l'on cherchait, en maintenant en survie un organe isolé, c'était de créer un outil qui permette de mieux connaître le fonctionnement normal d'un organe ou d'en mieux soigner les maladies.

Les quelques exemples que nous avons passés en revue montrent que cet objectif a été atteint et qu'un travail qui a demandé les forces d'innombrables chercheurs n'a pas été fait en vain.

D. BARGETON.

# LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

## Ballons bombardiers japonais

Le continent américain, a reçu des bombes, malgré son éloignement des théâtres d'opérations, qui semblait le mettre à l'abri des agressions ennemies. Ces engins ont été signalés sur les territoires de l'ouest des États-Unis et du Canada, où les Japonais ont réussi à faire parvenir des ballons libres, porteurs de bombes, explosives et incendiaires, dont un certain nombre ont pu être recueillis et étudiés, le mécanisme automatique destiné à les détruire à leur arrivée n'ayant pas fonctionné. Ces ballons sont de construction très sommaire et par suite fabriqués sans doute en grande série à très bas prix. Le plus grand nombre d'entre eux doit se perdre dans les flots du Pacifique. L'enveloppe, de couleur gris-bleu et de 10 m de diamètre, est constituée par cinq couches de papier huilé. Elle est gonflée d'hydrogène. Elle supporte un certain nombre de bombes, de sacs de lest et un mécanisme automatique, commandé par des baromètres an-

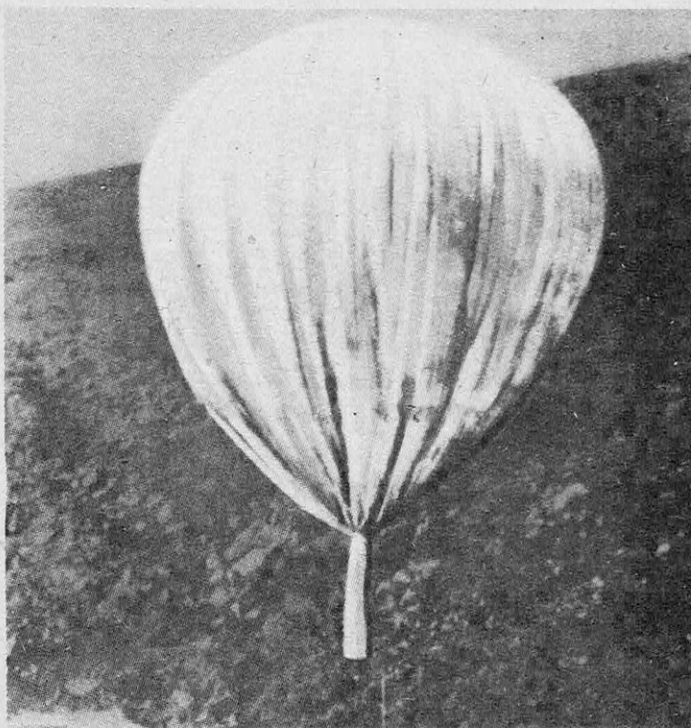


FIG. 2. — LE BALLON JAPONAIS EN PAPIER QUI TRANSPORTE DES BOMBES SUR LE CONTINENT AMÉRICAIN

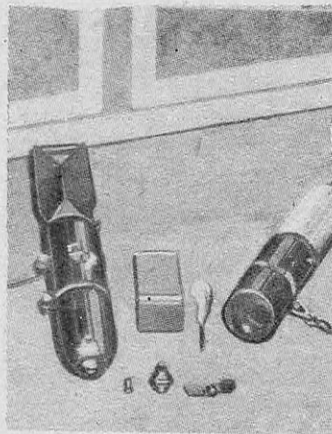


FIG. 1 — BOMBE EXPLOSIVE (A GAUCHE) ET BOMBE INCENDIAIRE (A DROITE) TRANSPORTÉES AU-DESSUS DU PACIFIQUE PAR LES BALLONS JAPONAIS

roïdes, libérant des sacs de lest d'abord, puis les bombes une à une, chaque fois que le ballon perd de l'altitude et descend au-dessous de 7 000 m environ. A chaque lâché de lest ou de bombes, le ballon fait un nouveau bond. Le même mécanisme déclenche la soupape du ballon quand il dépasse une altitude fixée à l'avance, qu'on suppose de l'ordre de 20 000 m. Le ballon se maintient ainsi entre deux limites, dans une zone où règnent de violents vents soufflant toujours d'ouest en est, et on estime que sa vitesse peut y dépasser 150 km/h. Celle-ci est évidemment très irrégulière et on pense que les ballons mettent entre cinquante et cent heures pour franchir les quelque 8 000 km qui séparent les îles japonaises de l'Amérique. Il est inutile de souligner que la pré-

cision de tels « bombardements » est nulle.

Le

## « pied de tranchée »

ON a parlé de nouveau de pied gelé, comme pendant la dernière guerre. On l'appelle maintenant « pied de tranchée », car c'est une lésion complexe dont l'humidité et la macération sont responsables autant que le froid.

Une publication américaine nous apprend que, jusqu'à décembre 1944, près de 18 000 soldats américains ont été écacués pour « pied de tranchée ». Depuis cette date, on a obtenu une diminution de 75 p. 100 des cas grâce à des mesures préventives simples,

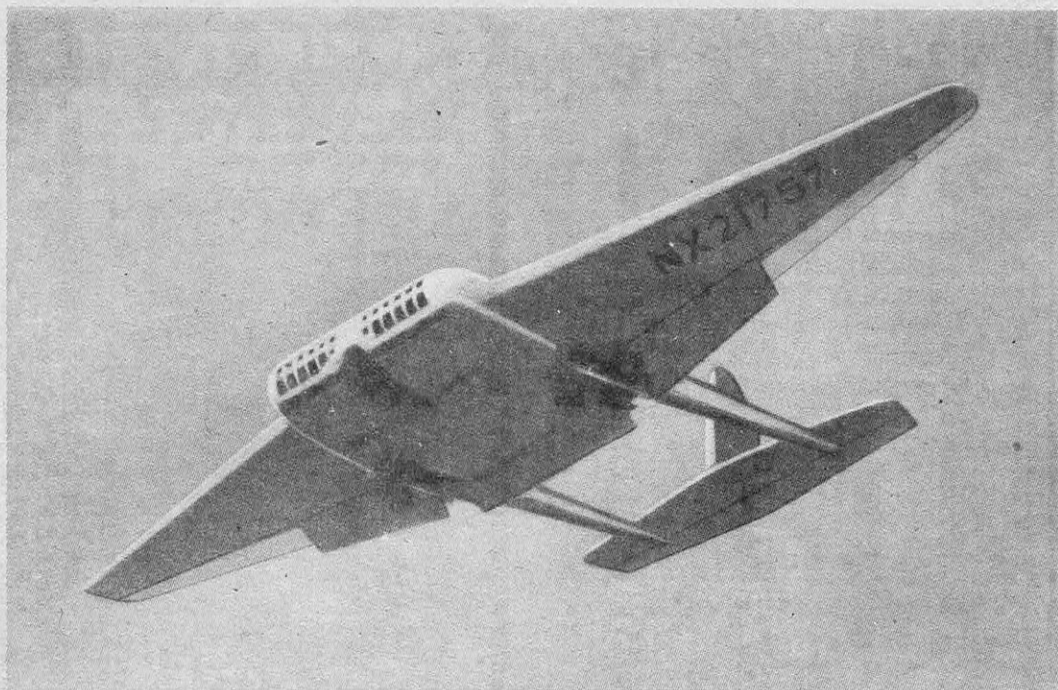


FIG. 3. — LE NOUVEAU PLANEUR GÉANT AMÉRICAIN DANS UN VOL D'ESSAI AUX ÉTATS-UNIS

mais minutieuses et systématiquement appliquées : meilleures chaussures, chaussettes sèches (on conseille de les sécher sous le blouson ou sous le casque), massage.

Le massage régulier est très efficace, ainsi que l'application fréquente de corps gras sur les pieds. Ces mesures sont en vigueur dans l'armée anglaise où l'on n'observe pas de « pied de tranchée ». Au contraire, les cas de pied de tranchée ont été nombreux chez les soldats allemands. Dans l'armée russe, une discipline très stricte a eu raison du « pied de tranchée », même dans les conditions de campagne les plus dures. Les soldats russes sont groupés par paires et ils doivent se masser l'un l'autre régulièrement, un soldat étant sévèrement puni si son compagnon a le « pied de tranchée ».

### Un planeur géant

POUR l'Aviation d'Armée américaine, on vient de mettre à l'essai aux États-Unis, un planeur d'un modèle nouveau, d'une grande capacité de transport. Ses ca-

ractéristiques sont encore secrètes. C'est un appareil à aile médiane, à train d'atterrissage tricycle escamotable, dont l'empennage est porté par deux poutres longues et minces. On remarque à l'avant de la partie centrale de l'aile une série d'orifices. Il s'agirait, paraît-il, de prises d'air destinées à réduire la résistance à l'avancement, et ce dispositif serait le fruit de longues études.

### Du pétrole en Angleterre

DES nombreux forages exécutés depuis cinquante ans en Grande-Bretagne, aucun n'avait jusqu'ici donné de résultat positif et il semblait que les Îles Britanniques fussent encore plus défavorisées que la France du point de vue pétrolifère. Pour la première fois, des sondages ont abouti, il y a quelques semaines, et l'on vient d'annoncer la découverte en Angleterre d'un gisement exploitable. Ce gisement a été repéré grâce à l'application d'une méthode récente d'exploitation du sous-sol, fondée sur la

mesure de la vitesse de propagation d'une onde explosive dans les terrains étudiés.

### Le plus grand barrage du monde

UN ingénieur américain, M. Savage, a dressé les plans d'un gigantesque barrage à édifier en Chine, sur le Yang-Tsé, dans les gorges en amont de Tchoung King. Les crues périodiques du fleuve ravagent actuellement des millions d'hectares. La régularisation due au barrage permettrait l'exploitation régulière de 24 millions d'hectares, en même temps que les installations hydroélectriques (construites dans des grottes à l'abri des bombes), produiraient annuellement 10 milliards de kWh. En outre, le barrage du Yang-Tsé ouvrirait le fleuve aux navires de haute mer de 10 000 t sur une grande partie de son cours.

V. RUBOR

Abonnements : France et Colonies : 150 fr. Chèque postal 184-05 Toulouse.

# JEUNES GENS !

Occupez vos loisirs en suivant par correspondance les cours qui feront de vous, en peu de temps, un homme de valeur. Faites-vous une situation d'avenir dans l'une des branches suivantes :



## DESSIN INDUSTRIEL

Situations agréables dans toutes les industries sans exception : Aviation, Automobile, Constructions mécaniques et électriques, Travaux publics, Grands Administrations d'État. Partout, il y a place pour des milliers de dessinateurs hommes et femmes.



## AVIATION

Le développement formidable que prendra l'Aviation demain offrira de nombreuses et excellentes situations à un personnel spécialisé. L'Aviation vous attire ? Alors devenez à votre choix Electro-Mécanicien ou pilote.



## RADIOÉLECTRICITÉ

Industrie à l'avenir illimité, qui, avec ses actuelles applications du Cinéma sonore et de la Télévision, fait appel à des techniciens de tous grades : du monteur à l'ingénieur, elle réserve à ces techniciens un travail aussi passionnant que bien rémunéré.

### TRAVAUX PRATIQUES

Avec le matériel que l'Ecole mettra GRATUITEMENT entre vos mains et quelle que soit votre résidence, vous deviendrez un **TECHNICIEN VRAIMENT COMPLET**

Notre documentation illustrée vous sera adressée GRATUITEMENT sur simple demande (Bien spécifier la branche choisie)

**ECOLE PROFESSIONNELLE SUPERIEURE**  
51, boulevard Magenta, PARIS (10°)

# DEVENEZ REPORTER

SPORTIF - THÉÂTRAL  
INFORMATION - CINÉMA  
CRIMINEL - VOYAGES, etc.

OU  
CORRESPONDANT  
DE  
PRESSE

EN SUIVANT SANS QUITTER  
VOS OCCUPATIONS HABITUELLES  
NOS COURS PAR CORRESPONDANCE

SITUATIONS D'AVENIR  
INDÉPENDANTES ASSURÉES

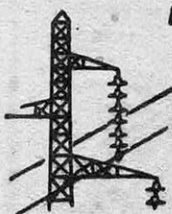
Pour tous renseignements  
gratuits écrire à l'

**ECOLE TECHNIQUE  
DE REPORTAGE**

8, Boulevard Michelet, 8  
**TOULOUSE**



## APPRENEZ L'ÉLECTRICITÉ



**PAR CORRESPONDANCE**  
sans connaître  
les mathématiques

Tous les phénomènes électriques ainsi que leurs applications industrielles et ménagères les plus récentes sont étudiées dans le cours pratique d'électricité sans nécessiter aucune connaissance mathématique spéciale.

Chacune des manifestations de l'électricité est expliquée à l'aide de comparaison avec des phénomènes connus par tous et toutes les formules de calcul sont indiquées avec la manière de les utiliser. En dix mois vous serez à même de résoudre tous les problèmes pratiques de l'électricité industrielle.

Ce cours s'adresse aux praticiens de l'électricité, aux radio-électriciens, aux mécaniciens, aux vendeurs de matériel électrique et à tous ceux qui sans aucune étude préalable désirent connaître réellement l'électricité, tout en ne consacrant à ce travail que quelques heures par semaine.

**COURS PRATIQUE D'ÉLECTRICITÉ**

222, Boulevard Perseire - PARIS-17<sup>e</sup>

**BON**  
pour la documentation 4 B  
(joindre 6 frs en timbres).

## l'école DU CRAN

On confond souvent le cran avec la témérité, mais, si l'audace est à la base d'étonnantes réussites, elle entraîne aussi des échecs retentissants alors que le cran, synthèse de plusieurs qualités complémentaires, détermine toujours une plus grande valeur de l'action. Le cran assure au succès un climat favorable. Le cran exige des qualités étendues de l'intelligence et du caractère : compétence, confiance en soi, maîtrise qui se refuse à faiblir, extrême rapidité de décision, sens aigu du réel, inflexible ténacité, courage qui va jusqu'au mépris de la mort. Voilà qui confère une forte personnalité et vous impose. Or, ces qualités ne sont pas les prérogatives de quelques privilégiés : elles se développent vite si l'on dispose d'une bonne méthode d'entraînement. Livré à votre seule initiative, il vous faudra des années d'expériences pénibles et des échecs renouvelés pour obtenir les résultats que quelques mois d'application de la **MÉTHODE PELMAN** vous vaudront à coup sûr.

La **MÉTHODE PELMAN**? C'est une méthode basée sur la psychologie appliquée qui permet un rapide développement des qualités de l'intelligence et du caractère. L'Institut Pelman l'enseigne par correspondance depuis cinquante-quatre ans dans le monde entier. Il s'y consacre exclusivement et pour toutes les questions de psychologie pratique son expérience est inégalée. La **MÉTHODE PELMAN** vous permet une meilleure orientation de toutes vos qualités innées autant qu'acquises et fertilise ainsi le meilleur de vous-même. La **MÉTHODE PELMAN** est aussi... Mais, si vous voulez tout savoir, demandez la documentation VI 3 à l'Institut Pelman, 176, bd Haussmann, Paris (8).

LONDRES AMSTERDAM NEW-YORK CALCUTTA  
DUBLIN STOCKHOLM MELBOURNE DELHI

**ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL** PARIS, 152, av. de Wagram  
NICE, 3, rue du Lycée

**ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE**

### MATHÉMATIQUES

Enseignement des Mathématiques, Physique, Mécanique, Chimie, Astronomie, à tous les degrés.

### INDUSTRIE

CONTRAMAÎTRE, DESSINATEUR, TECHNICIEN, SOUS-INGÉNIEUR, INGÉNIEUR en Mécanique générale, Constructions aéronautiques, Électricité, Electro-mécanique, Chimie industrielle, Bâtiment, Travaux publics, Constructions navales, Géomètres

**COMMERCE - DROIT** Secrétaire, Comptable, et Directeur, capacité en droit, études juridiques, brevet d'expert comptable de l'Etat.

**AGRICULTURE** Agriculture générale, Mécanique et Génie agricole, Sylviculture, Industries agricoles.

**ADMINISTRATIONS** Tous les cours techniques des diverses administrations France et Colonies, Armée, Air, Marine.

**AVIATION CIVILE** Brevets de navigateurs aériens et de Pilotes, Concours d'Agents techniques et d'Ingénieurs adjoints, Météorologistes, Opérateurs radioélectriciens, Chefs de Poste et Mécaniciens d'aéronefs.

### BACCALAURÉATS, ÉCOLES NATIONALES

Préparation à l'entrée à toutes les Ecoles nationales, secondaires, techniques et supérieures et aux Baccalauréats, Brevets Math.-Géné.

Envoi du programme désiré contre 10 francs en

**ÉCOLE DE T. S. F.**

### JEUNES GENS !

Les meilleures situations, les plus nombreuses, les plus rapides, les mieux payées, les plus attrayantes...

### sont dans la RADIO

P. T. T., AVIATION, MARINE, NAVIGATION AÉRIENNE, COLONIES, DÉFENSE DU TERRITOIRE, POLICE, DÉPANNAGE, CONSTRUCTION INDUSTRIELLE, TELEVISION, CINÉMA.

### COURS SCIENTIFIQUES, TECHNIQUES, PRATIQUES, PAR CORRESPONDANCE

Les élèves reçoivent des devoirs qui leur sont corrigés et des cours spécialisés. Enseignement conçu d'après les méthodes les plus modernes perfectionné depuis 1908.

Possibilité d'exercices pratiques chez soi : lecture au son, manipulation, montage et construction de poste.

Préparation à l'entrée aux écoles privées d'Enseignement maritime, ainsi qu'aux écoles en exercice de l'Aviation et de la Marine militaires. COURS SUR PLACE ont lieu à Nice à l'École d'Enseignement maritime, 21, boul. Frank-Pilatte.

timbres. (INSCRIPTIONS A TOUTE ÉPOQUE.)

**INSTITUT  
ELECTRO-RADIO**  
6, RUE DE TÉHÉRAN, PARIS, 8<sup>e</sup>

prépare  
**PAR CORRESPONDANCE**  
à toutes les carrières de  
**L'ÉLECTRICITÉ :**

**RADIO  
CINÉMA - TÉLÉVISION**

**VOTRE AVENIR  
EST DANS CE  
LIVRE**

**L'ÉLECTRICITÉ  
ET SES  
APPLICATIONS**

**GRATUITEMENT**  
Demandez-nous notre documentation et le  
livre qui décidera de votre carrière

AUTOMOBILE - AVIATION - CINÉMA - COMMERCE - VENTE  
ET PUBLICITÉ - CUISINE - DESSIN - DICTIONNAIRES ET  
ENCYCLOPÉDIES - ÉLECTRICITÉ - ÉLEVAGE - ENSEIGNEMENT  
GÉNÉRAL - FINANCE - GÉNÉRAL - JARDINAGE  
JEUX DE SOCIÉTÉ - MAGNÉTISME - ASTROLOGIE - MARINE  
ET YACHTING - MÉDECINE - GÉNÉRAL - HYGIÈNE  
MENUISERIE - MODELES REQUISITS - PÊCHE - PHILATELIE  
PHILOSOPHIE - PHOTO - PHYSIQUE ET CHIMIE  
RADIO - TÉLÉVISION - TRAVAUX D'AMATEURS - SCIENCES NATURELLES - ARTISANAT

**TOUS LES  
OUVRAGES  
TECHNIQUES ET DE  
VULGARISATION  
SCIENTIFIQUE**

**SCIENCES ET LOISIRS**  
17, AV. DE LA RÉPUBLIQUE, PARIS (XII<sup>e</sup>)

CATALOGUE GÉNÉRAL CONTRE 10<sup>FRS</sup> EN TIMBRES

## LES MEILLEURES ÉTUDES PAR CORRESPONDANCE

se font à l'ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS, où les meilleurs maîtres, appliquant les meilleures méthodes d'enseignement par correspondance, forment les meilleurs élèves.

**ÉTUDES PRIMAIRES OU SECONDAIRES.** — Des centaines de brillants succès au B. E., au B. E. P. S., au Baccalauréat, établissent la haute efficacité des méthodes de l'École des Sciences et Arts. — Brochure gratuite n° R 17100.

**NOS COURS D'ORTHOGRAPHE ET DE RÉDACTION** vous assureront une connaissance solide de votre langue maternelle, un style correct, clair, élégant. Notice gratuite n° R 17101.

**LES COURS DE FORMATION SCIENTIFIQUE** vous permettront de compléter vos connaissances en Mathématiques, Physique, Chimie, etc. — Notice gratuite n° R 17102.

**DESSIN INDUSTRIEL.** — Préparez-vous à un Certificat d'aptitude professionnelle, ou directement à l'exercice de la profession de Dessinateur dans l'Industrie et le Bâtiment. — Notice gratuite n° R 17103.

**CARRIÈRES COMMERCIALES.** — Nos Cours de Commerce et de Comptabilité constituent la meilleure des préparations à ces carrières comme aux Certificats d'aptitude professionnelle commerciale. — Notice gratuite n° R 17104.

**LA CÉLÈBRE MÉTHODE DE CULTURE MENTALE « DUNAMIS »** permet à chacun de développer toutes ses facultés, d'acquiescer la confiance en soi et de « forcer le succès ». — Notice gratuite n° R 17105.

**LE COURS DE DESSIN ARTISTIQUE,** en vous

apprenant d'abord à voir, puis à interpréter votre vision personnelle, vous donnera la formation complète de l'artiste et l'accès aux plus brillantes carrières. — Notice gratuite n° R 17106.

**PHONOPOLYGLOTTE** vous apprendra, par le phonographe, à parler, comprendre, lire, écrire l'Anglais, l'Espagnol, l'Allemand, l'Italien. — Notice gratuite n° R 17107.

**LE COURS D'ÉLOQUENCE** vous mettra en mesure d'improviser une allocution émouvante, de composer un discours persuasif. — Notice gratuite n° R 17108.

**LE COURS DE PUBLICITÉ** vous permettra soit de vous assurer dans cette branche un brillant avenir, soit de donner à vos affaires le maximum de développement. — Notice gratuite n° R 17109.

**LE COURS DE FORMATION MUSICALE** fera de vous un musicien complet, capable de déchiffrer n'importe quelle œuvre, non seulement maître de la technique musicale, mais averti de toutes les questions d'histoire et d'esthétique. — Notice gratuite n° R 17110.

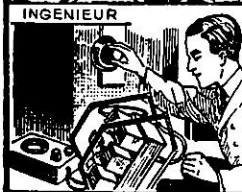
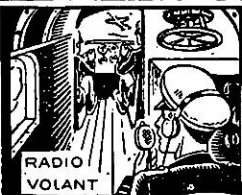
**LE COURS D'INITIATION AUX GRANDS PROBLÈMES PHILOSOPHIQUES** est le guide sûr de tous ceux qui veulent savoir comment se posent et comment peuvent être résolus les grands problèmes de la liberté humaine, de l'immortalité de l'âme, etc. — Notice gratuite n° R 17111.

**FONCTIONS PUBLIQUES.** — Nous vous recommandons les situations de l'Administration des P. T. T. : *Commis masculin* ou *Commis féminin*, *Contrôleur stagiaire*. — Notice gratuite n° R 17112.

**ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS**

16, rue du Général-Mallette, PARIS (16<sup>e</sup>). - 81, boulevard des Belges, LYON.

# LA RADIO *manque* DE SPECIALISTES!



**JEUNES GENS!**  
 Pour répondre aux besoins sans cesse grandissants de la Radio française en cadres spécialisés, nous conseillons vivement aux jeunes gens de s'orienter délibérément vers les carrières de la T.S.F.

AVIATION CIVILE ET MILITAIRE, INDUSTRIE, MARINE MARCHANDE ET MARINE NATIONALE, COLONIES, MINISTÈRES ET ADMINISTRATIONS. Ces carrières réaliseront les aspirations de la jeunesse moderne, puisqu'elles joignent à l'attrait du scientifique celui de travaux manuels importants.

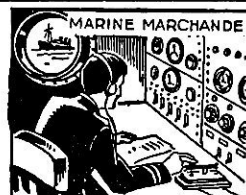
**PREPAREZ CES CARRIERES** en suivant nos cours spécialisés **PAR CORRESPONDANCE** conçus d'après les méthodes les plus modernes de l'enseignement américain.

**INSCRIPTIONS A TOUTE EPOQUE DE L'ANNEE**  
 TOUS NOS COURS COMPORTENT LES EXERCICES PRATIQUES A DOMICILE

**PLACEMENT**  
 A l'heure actuelle, nous garantissons le placement de tous nos élèves opérateurs radiotélégraphistes diplômés.

L'Ecole délivre des **CERTIFICATS DE FIN D'ETUDES** conformément à la loi du 4 août 1942.

Notices gratuitement sur demande.



## ECOLE GENERALE PROFESSIONNELLE RADIOTECHNIQUE

VICHY, 14, rue de Bretagne — Prochainement réinstallation de nos locaux de PARIS.

# Devenez DESSINATEUR et PEINTRE!



Renseignez-vous aujourd'hui même sur l'ÉCOLE INTERNATIONALE et sur les lucratives et passionnantes carrières auxquelles vous pourrez prétendre lorsque vous saurez dessiner. L'ÉCOLE INTERNATIONALE vous offre, gratuitement un très bel Album qui vous expliquera comment vous pouvez apprendre rapidement et agréablement, chez vous, à dessiner et à peindre. Pour recevoir cet Album, sans aucun engagement pour vous, il vous suffit de découper le bon ci-dessous, d'y joindre 5 Frs, à votre gré, ainsi que votre nom et adresse, et d'adresser aussitôt votre lettre à

**L'ÉCOLE INTERNATIONALE**  
 PAR CORRESPONDANCE

**DE DESSIN ET DE PEINTURE**  
 SERVICE D Q \_\_\_\_\_ PRINCIPAUTÉ DE MONACO





*Tout Madame  
Tout Monsieur*

L'ENSEMBLE  
**Edacoto 87**

*fait  
très distingué*



CH. LEMONNIER 215

# Edacoto

USINES : 104, BOUL<sup>g</sup> ARAGO  
PARIS ET ORLÉANS

IMP. CRÉTÉ, CORBEIL (S.-ET O.) C. O. L. 31 1631