

SCIENCE ET VIE

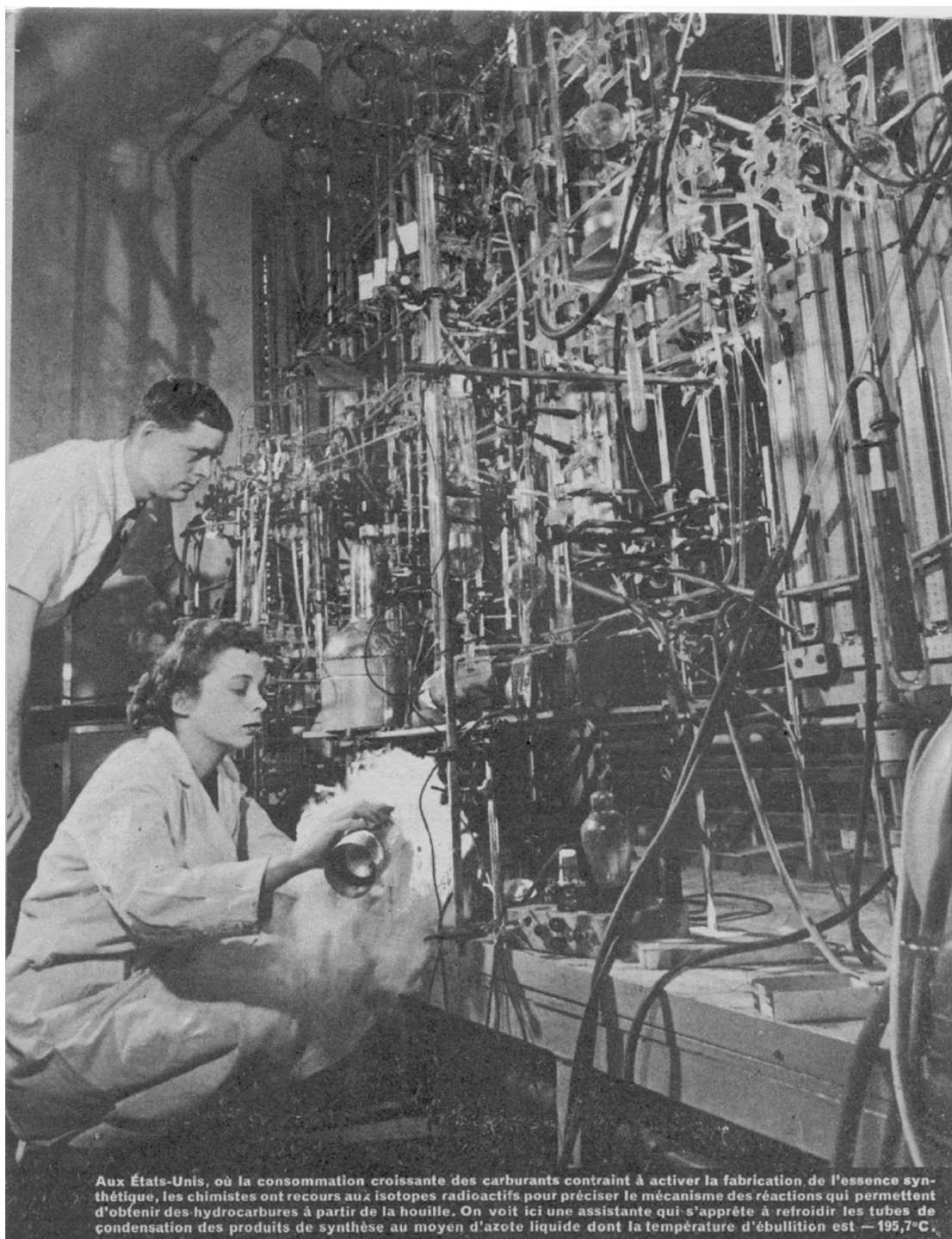
JUILLET 1949

N° 382

60 FRANCS



Voir page 26



Aux États-Unis, où la consommation croissante des carburants contraint à activer la fabrication de l'essence synthétique, les chimistes ont recours aux isotopes radioactifs pour préciser le mécanisme des réactions qui permettent d'obtenir des hydrocarbures à partir de la houille. On voit ici une assistante qui s'apprête à refroidir les tubes de condensation des produits de synthèse au moyen d'azote liquide dont la température d'ébullition est $-195,7^{\circ}\text{C}$.

Découvert à Tunis par un biologiste français

LE PÉTROLE DE FERMENTATION peut être produit partout

A Tunis, le Dr Jean Laigret vient d'obtenir du pétrole par l'action d'un ferment, le bacille « *perfringens* », sur les matières organiques les plus diverses. Cette découverte qui élucide le problème de la formation du pétrole naturel peut provoquer une révolution économique. Elle apporte un prestige nouveau à l'Institut Pasteur de Tunis, dont le directeur, Charles Nicolle (1866-1936), avait reçu le prix Nobel de médecine en 1928.

EN 1943, à l'Institut Agronomique d'Alger, deux ingénieurs, MM. Ducellier et Ismann, s'efforcent de mettre au point un procédé de production de « gaz de ferme » ou méthane obtenu par fermentation du fumier. « Méthane » est l'un des noms du gaz des marais. En laboratoire, on l'obtient assez aisément ; mais lorsqu'ils opèrent sur de grandes quantités et en utilisant des déchets, les techniciens algérois constatent que leur production est constamment interrompue ou gênée par des incidents dont ils ne parviennent pas à démêler la cause. A la même époque, le Dr Laigret était professeur de bactériologie à la Faculté de médecine d'Alger. Né à Blois, en 1893, il a fait ses études à l'École de Santé navale de Bordeaux et, après un séjour aux Instituts Pasteur de Brazzaville et de Saïgon, s'est signalé à Dakar par des recherches sur la fièvre jaune. Charles Nicolle l'a appelé à Tunis pour l'aider dans les travaux qui devaient aboutir à la mise au point du vaccin de la fièvre jaune.

Le gouvernement lui demanda d'étudier le comportement des diverses bactéries qui intervenaient dans la formation du gaz du fumier. Il ne tarda pas à se convaincre que la production de ce gaz n'était perfectible qu'au stade de l'exploitation industrielle.

Mais il fut ainsi amené à observer l'action d'un des bacilles anaérobies les plus communs dans la nature, le bacille *perfringens*. Les bacilles anaérobies sont des microorganismes capables de vivre dans un milieu privé d'oxygène. Le *perfringens* possède déjà une certaine notoriété : c'est en effet l'un des microbes les plus importants de la grangère gazeuse ; d'autre part, son action de ferment destructeur de la matière organique aux dépens de laquelle il produit du gaz carbonique et de l'hydrogène est bien connue. Néanmoins, tout cela n'est rien comparé au rôle que va lui découvrir au bout de plusieurs années de recherches le Dr Laigret.

Trois séries d'épreuves

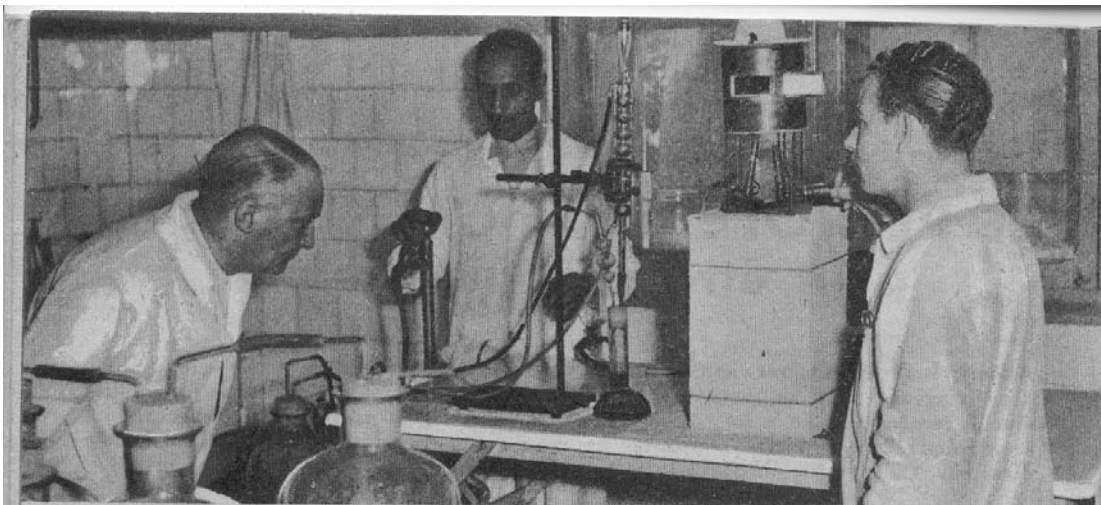
Une première série d'épreuves consista à faire provoquer par le bacille *perfringens* la fermentation de liquides organiques auxquels n'était ajoutée aucune substance susceptible de les modifier : au bout de 6 à 10 heures on obtint des gaz où l'anhydride carbonique et l'hydrogène se mêlaient en proportions variables. Ils étaient combustibles quand la proportion d'hydrogène dépassait 30 à 35 %, mais très vite le liquide devenait acide et la fermentation s'arrêtait.

Dans une deuxième série d'épreuves, les liquides fermentescibles furent additionnés, avant ensemencement du microbe, de formiates alcalins, en particulier de formiates ammoniacaux. Les dégagements de gaz ne se produisirent plus que le deuxième ou le troisième jour, mais ils furent plus réguliers et prolongés, les acides étant saturés par la base au fur et à mesure de leur production. Les gaz étaient plus abondants ; composés par parties égales de gaz carbonique et d'hydrogène, ils ne renfermaient jamais de méthane.

Dans la troisième série d'épreuves, qui s'acheva en 1945, les liquides furent additionnés, en sus du formiate alcalin, de traces d'iode (1 pour 5 000 sous forme de solution dans l'iodure de potassium). Dans ces conditions, après un premier dégagement de gaz semblable aux précédents, mais plus riche en hydrogène, on constata un arrêt presque complet de 10 à 15 jours après lequel un deuxième dégagement se produisit, riche ou très riche en méthane. Ce résultat était obtenu avec les substances les plus diverses, contenant ou ne contenant pas de cellulose. L'action de l'iode était celle d'un catalyseur, c'est-à-dire que son effet s'exerçait sans altération appréciable de son état propre. Le Dr Laigret, confirmant que la production du méthane n'était pas liée à la fermentation de la cellulose — puisqu'il l'avait obtenue avec d'autres matières — venait de démontrer que le bacille *perfringens* était, sans l'aide d'aucune autre bactérie, capable de provoquer la fermentation méthanique, à la condition qu'un catalyseur aidât la réaction. Les rendements étaient considérables puisqu'un gramme de formiate produisait jusqu'à 1 600 cm³ de gaz, dont la première moitié renfermait plus de 80 % d'hydrogène, et la seconde plus de 80 % de méthane. Oxygène de carbone en moins, le mélange avait la composition des meilleurs gaz de distillation de la houille.

Nouvelle orientation

Rentré à l'Institut Pasteur de Tunis, le Dr Laigret poursuivit ses travaux dans un sens différent. Là où il y a du méthane, il peut ne pas y avoir de pétrole, mais on ne trouve jamais de pétrole sans méthane à proximité. Le ferment méthanique n'était-il pas ferment pétrolique ? Les nouvelles recherches furent donc effectuées avec le même microbe que les précédentes et dans les mêmes conditions. Elles furent conduites cette fois en partant d'un acide gras supérieur : l'acide oléique. La matière première fut du savon ordinaire du com-



Dans son laboratoire de l'Institut Pasteur de Tunis, le D^r Laigret observe la condensation du pétrole dans une éprouvette ; ses assistants surveillent l'un (à droite) la température de distillation des produits de la fermentation et l'autre leur pression.

merce, fabriqué avec de l'huile d'olive. Dans l'été 1947, les résultats étaient les suivants : la fermentation ne donnait qu'un dégagement de gaz carbonique, mais, en outre, se formait à la surface du milieu fermenté un liquide noir, qui était combustible et ne se mêlait pas à l'eau. L'analyse montra que ses caractéristiques permettaient de le classer dans la catégorie des dérivés du pétrole appelés gasoils. L'expérience fut renouvelée dans cinq flacons où la fermentation fut entretenue de façon continue avec les mêmes résultats. Dans chaque flacon d'un litre, l'apport quotidien de 4 g de savon fournissait en moyenne 3 cm³ de pétrole.

Ainsi, ce qui n'était jusque-là qu'une hypothèse se trouvait matériellement démontré : le pétrole pouvait être produit par une fermentation bactérienne ; le processus qui présidait dans le sol à la constitution d'un gisement pouvait être produit en laboratoire, et, le bacille *perfringens* n'étant pas seulement un producteur puissant de méthane, son pouvoir s'étendait en réalité beaucoup plus loin, jusqu'à l'élaboration des carbures liquides constituant les pétroles. Le processus de fermentation observé était exactement, à quelques détails près, celui que l'on considérait comme vraisemblable.

Il est évidemment possible que des gisements ou parties de gisements pétroliers aient une origine minérale, qu'étant d'origine organique ils se soient constitués autrement que par fermentation, que d'autres bactéries que le *perfringens* soient également des fermentés pétroliers. Il n'en demeurerait pas moins que l'un des processus naturels de la formation du pétrole était reproduit et pouvait l'être à volonté.

La façon dont s'est formé le pétrole à l'état naturel préoccupe en effet depuis longtemps les chercheurs.

L'évolution d'une théorie

Les premières hypothèses admettaient une origine minérale du pétrole. Dans la suite, Berthelot (1886) obtint expérimentalement des hydrocarbures analogues au pétrole en faisant agir de l'acide carbonique sur les métaux alcalins en présence de vapeur d'eau et à haute température. Après lui, Sabatier et Senderens ayant réussi, par hydrogénation de l'acétylène en présence du fer et du nickel réduit, à

obtenir les constituants du pétrole, on avait acquis la conviction qu'à l'intérieur de la Terre et à grande profondeur, l'eau, en agissant sur les métaux alcalins et les carbures métalliques, produit l'hydrogène et l'acétylène, qui, à leur tour, grâce à des catalyseurs divers, donnent toutes les espèces de pétrole. Plus tard encore, on constata que l'action des émanations radioactives sur le méthane à l'abri de l'air aboutit à la formation d'hydrocarbures gazeux lourds et d'hydrocarbures liquides. Sokolov a montré qu'un kilomètre cube de roche poreuse contenant des éléments radioactifs et imprégnés de méthane doit donner, sous une pression de 100 atmosphères, 1 million de tonnes d'hydrocarbures en 100 millions d'années.

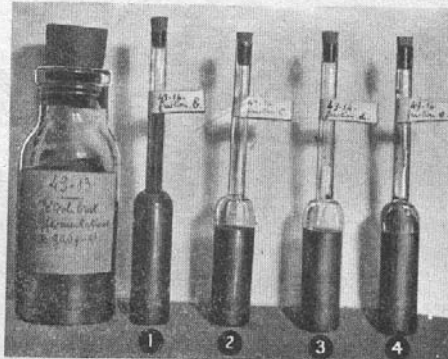
Mais le pétrole naturel semblait être d'origine organique, car il renferme de l'azote sous forme de combinaisons complexes (quinoléine). Comme un grand nombre de substances élaborées par les cellules vivantes, il est optiquement actif, c'est-à-dire dévie le plan de polarisation de la lumière. Enfin l'analyse spectrale révèle des produits dérivés de la chlorophylle. Les hydrocarbures d'origine minérale ne présentent aucune de ces caractéristiques. La présence des eaux salées iodurées (eaux primaires) dans les gisements confirmerait cette hypothèse, dont la vraisemblance fut démontrée au laboratoire.

Dès 1863, en effet, Laurent avait obtenu des hydrocarbures forméniques en distillant des acides gras dans un courant de vapeur d'eau surchauffée. On arrivait au pétrole par la distillation, en vase clos et sous pression de 20 à 25 atm, des huiles de foie de morue, d'olive et de colza, du beurre, de la cire d'abeille, et enfin, en 1924, d'une boue formée d'algues monocellulaires en voie de décomposition et qui provenait d'une lagune sur la côte de la mer Baltique.

D'autre part, la présence des eaux primaires faisait penser que la matière organique aux dépens de laquelle le pétrole s'est formé s'était développée dans un milieu marin. Cette théorie trouvait une confirmation dans le fait que les gisements pétroliers se situent en général à proximité des mers intérieures encore existantes : Caspienne ou mer Noire, ou des mers anciennes : Venezuela, des dépressions lagunaires de ces mers s'étant constituées à la faveur de plissements.

DISTILLATION DU PÉTROLE BRUT →

Les carbures liquides provenant de la distillation doivent être distillés à nouveau, comme on distille les hydrocarbures provenant de forages, pour séparer les unes des autres les diverses essences et huiles composant les pétroles bruts. Voici les produits de distillation fractionnée du pétrole brut obtenus à partir des boues d'égouts. Le flacon 1 contient les fractions légères distillant au-dessous de 175° et correspondant à l'essence de tourisme (proportion : 26 %) ; le flacon 2, les fractions distillant entre 175° et 280° et correspondant au kérosène, ou essence poids lourds, ou pétrole lampant (proportion : 21 %) ; le flacon 3, les fractions distillant entre 280° et 310° et composées d'huiles lourdes constituant le gasoil et le fueloil (proportion : 21 %) ; le flacon 4, les fractions les plus lourdes, constituant les huiles de graissage (proportion : 22 %). Les 10 % restants sont constitués d'une part par des eaux ammoniacales servant à la fabrication d'engrais (5 %), d'autre part par des gaz de cracking (5 %). Les proportions sont exactement respectées sur notre photographie.



Du plankton au pétrole

Voici finalement sous quelle forme peut s'énoncer la théorie la plus récente sur la formation du pétrole à partir d'organismes vivants. La mer est un des milieux dans lesquels la synthèse biologique de la matière organique est le plus active. La densité de la vie dans un milieu marin est inimaginable : la mer des Sargasses est une prairie d'algues flottantes dont la surface égale le tiers de celle de l'Europe ; les algues monocellulaires se développent parfois avec une telle intensité qu'elles changent la couleur de la mer (oscillaires et chromacées de la mer Rouge). En 1882, à la suite d'une pénétration d'eau froide dans la zone de l'Atlantique comprise entre Boston et Philadelphie, on estima à 1,8 m d'épaisseur, 500 km de long et 100 km de large, la couche de cadavres de poissons constituée par ce seul accident ; enfin il suffirait de 1 300 ans — un instant dans la vie de la Terre — pour que les harengs sortant annuellement de la mer du Nord soient capables de produire tout le pétrole contenu dans les gisements de Galicie. Les cadavres des végétaux et des poissons tombent au fond des eaux salées, où ils s'ajoutent aux cadavres des organismes microscopiques qui forment le plankton. (On désigne par ce mot la masse des êtres qui flottent dans les eaux marines ou lacustres, de la surface au fond.) Dans un bassin à peu près fermé, les apports de haute mer se concentrent en raison de la difficulté d'écoulement en sens inverse. Les couches supérieures deviennent le lieu d'élection du plankton

qui y pullule, tandis qu'en profondeur les cadavres s'accumulent. La concentration devient telle que l'oxygène en disparaît (dans la mer Noire, de nos jours, il n'y a plus d'oxygène à partir de 200 m de profondeur près des rives et de 50 m au large). Si elle s'accroît, l'oxygène disparaît même de la surface.

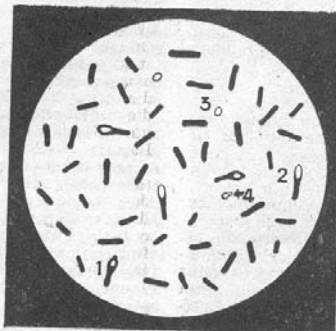
L'absence d'oxygène, nécessaire pour leur multiplication, permet l'action des anaérobies. Les amoncellements de cadavres se transforment d'abord, sous l'action bactérienne, en une boue putride appelée par Potonié *sapropel*. Les graisses sont saponifiées en acides gras et glycérine, suivant un processus chimiquement bien connu. Les acides gras non saturés évoluent lentement par un processus dit de « polymérisation », au cours duquel leurs molécules se soudent les unes aux autres pour former des molécules plus lourdes et, après action des bactéries anaérobies, sont mutés en hydrocarbures et cétone. Il y a un brassage de tous les produits qui passent en solution dans les acides gras saturés et donnent une masse visqueuse lourde, nommée *protopétrole*. Par une série de réductions lentes (hydrogénation), aux environs de 200 degrés, le *protopétrole* se transforme en pétrole.

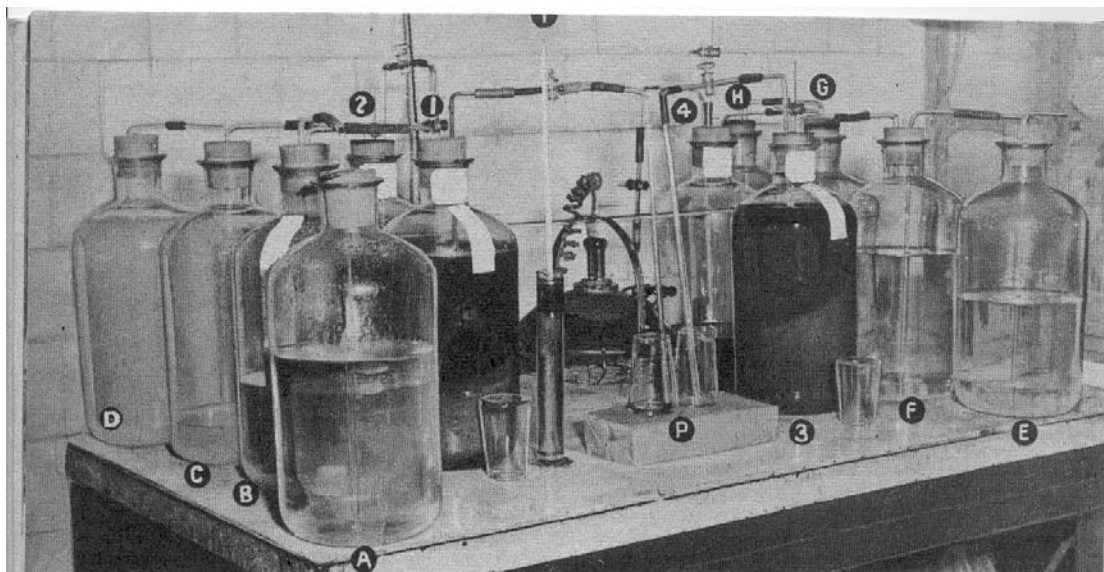
Telle était la théorie à laquelle on s'était généralement arrêté ces dernières années. Mais, bien qu'on eût retrouvé dans les gisements pétrolifères des bactéries anaérobies fossiles ou même encore vivantes, il restait à prouver expérimentalement la possibilité de cette synthèse du pétrole par fermentation. C'est ce qu'a fait le D^r Laigret.

Recours aux déchets organiques

Nous en étions restés, avant cette digression sur la formation naturelle du pétrole, à la fabrication expérimentale, réalisée par le D^r Laigret, de 3 cm³ de pétrole par jour et par litre moyennant l'apport quotidien de 4 g de savon. Du point de vue scientifique, c'était splendide. Seulement, les huiles végétales, qu'elles proviennent d'olin ou de l'arachide, sont des produits chers et rares, et leur transformation en pétrole n'était pas susceptible d'applications industrielles. L'aspect de la question changea quand le D^r Laigret fit porter ses expériences sur des

Culture de bacilles *perfringens* →
 gens, grossie 1 600 fois. Gros bacille à bouts légèrement arrondis, il est immobile, à la différence du vibron septique avec lequel il est aisément confondu sur les préparations colorées comme celle-ci. Il présente parfois des spores (1), qui finissent par occuper toute l'extrémité du bacille (2), puis se détachent (3) et germent (4). Le bacille *perfringens* est bien connu depuis longtemps, car il est très répandu dans la nature. Abondant dans l'intestin, il est un des germes les plus souvent rencontrés dans les pus gangréneux (appendicite, etc.) et les gangrènes provoquées par les plaies de guerre.





ENSEMBLE DU DISPOSITIF DE FERMENTATION UTILISÉ PAR LE D^r LAIGRET

Les cuves 1, 2, 3 et 4 sont celles dans lesquelles les produits fermentescibles, auxquels ont été ajoutés des produits chimiques en très faibles quantités, sont ensemencés en bacilles *perfringens*. Les cuves A, B, C, D, E, F, G et H sont des gazomètres dans lesquels sont recueillis les gaz dégagés par la fermentation. L'eau qu'elles contiennent, à pression connue, permet de déterminer le volume des gaz. A la cuve 1 correspondent les cuves A et B, à la cuve 2 les cuves C et D, etc. Au centre du dispositif est placé le radiateur qui maintient la température extérieure, surveillée grâce au thermomètre T, au niveau désiré. Des tubes installés pour les prélèvements de contrôle des produits fermentés aboutissent aux récipients P. L'expérience photographiée ci-dessus est une fermentation d'écorces d'oranges sèches pour les cuves 1 et 2 et de déchets de viande de cuisine pour les cuves 3 et 4. Dans les cuves 1 et 2 la fermentation commence. Dans la cuve 3, la fermentation est terminée et l'on distingue à la surface du liquide le pétrole brut surnageant sous la forme d'une épaisse nappe noire. Dans la cuve 4, la fermentation est également terminée et les liquides ont déjà été récoltés en vue de leur distillation.

matières organiques sans utilisation courante: huile de pourghère et déchets d'huilerie, déchets ménagers, boues d'égouts, fumier, feuilles mortes.

Il avait, à la lumière de l'expérience, modifié ses techniques. De celles-ci, malheureusement, rien de précis ne peut être divulgué en raison de l'importance que la question est susceptible de revêtir dans l'avenir. L'opération en laboratoire, réduction de ce que pourrait être l'opération industrielle, n'a pu jusqu'à présent, faute de matériel, porter que sur des volumes faibles. Le D^r Laigret pense pouvoir l'étendre, très prochainement, à des volumes bien plus importants. Elle se fait en deux temps: la fermentation, puis la distillation.

La fermentation est engagée par ensemencement en bacilles *perfringens* des produits fermentescibles auxquels ont été ajoutés des produits chimiques très bon marché et en quantités très faibles.

Influence de la température

La température extérieure joue un grand rôle, d'abord sur le délai nécessaire (une semaine en principe, mais ce temps largement excédentaire peut être ramené à trois ou quatre jours), ensuite sur les résultats. Au-dessous de 30° C, on peut avoir surtout des produits gazeux, le méthane apparaissant même à partir de 20° C. A partir de 30° C, la marche de la fermentation est satisfaisante. Elle atteint son point optimum entre 37° et 40° C, car alors s'établit entre la température intérieure du milieu et la température extérieure un équilibre qui provoque une réactivation de la fermentation telle que les résultats sont de 50 % supérieurs. Au-dessus de 42° à

43° C, la fermentation s'arrête. Quant à la pression, tous les essais ont été faits pratiquement à la pression atmosphérique. Ceci ne correspond pas aux conditions naturelles de formation des hydrocarbures, et l'on est donc amené à penser que des expériences faites à une pression supérieure donneraient de meilleurs résultats. Il entre du reste dans les intentions du D^r Laigret d'effectuer des recherches dans ce sens quand il disposera du matériel nécessaire.

La fermentation donne, au bout d'un temps variable, des produits également variables selon la nature des matières fermentescibles, mais qui sont, d'une part, des gaz combustibles, d'autre part des hydrocarbures liquides que l'on peut récolter séparément et des produits fermentés. Ces produits sont distillés, et la distillation permet d'extraire la totalité des hydrocarbures liquides et gazeux qu'ils contiennent encore.

La composition moyenne des pétroles bruts fournis par la fermentation est sensiblement la même pour les échantillons de pétrole obtenus à partir des différentes matières organiques fermentées. Elle est la même que celle de la plupart des pétroles naturels, c'est-à-dire, en chiffres ronds, établis d'après la moyenne des expériences: 45 % de fractions légères distillant au-dessous de 280° (essences, dites commercialement « tourisme » et « poids lourds »), 45 % d'huiles lourdes (constituant le gasoil, les fueloils et les graisses à moteurs), 5 % se résolvant en gaz de cracking et 5 % en eaux résiduelles très fortement ammoniacales, qui peuvent être récupérées et transformées en sulfate d'ammonium qui constitue un excellent engrais pour l'agriculture.

DISPOSITIF DE DISTILLATION

A Le ballon 1, renfermant les produits de la fermentation, est chauffé à plus de 300°. Les fumées passent dans le réfrigérant 2 : une partie d'entre elles se condense et tombe dans l'éprouvette 3 où se déposent des eaux ammoniacales (claires) et des carbures liquides (foncés) ; l'autre partie — carbures gazeux — se dégage vers les cuves 4 et 5, qui font office de gazomètres. Les gaz sont ensuite refoulés par pression d'eau vers le brûleur 6 où, enflammés, ils donnent une flamme bleue dégageant une forte chaleur.

B Dans l'éprouvette 3 se déposent les eaux ammoniacales, jaunes, qui pourraient être récupérées et utilisées sous forme de sulfates pour l'agriculture. Au-dessus flotte la couche de carbure liquide, rouge foncé. La proportion eaux-carbure varie selon les produits fermentés.

C Comme il était difficile de photographier l'émission de carbures gazeux dans les cuves-gazomètres où ils arrivent sous forme d'un nuage presque incolore, ces gaz ont été photographiés à leur arrivée dans le réfrigérant. Ils apparaissent comme une fumée blanche agitée de remous. Au milieu de la fumée passe une goutte sombre de pétrole condensé qui va tomber dans l'éprouvette 3.

Le rendement en pétrole des huiles végétales

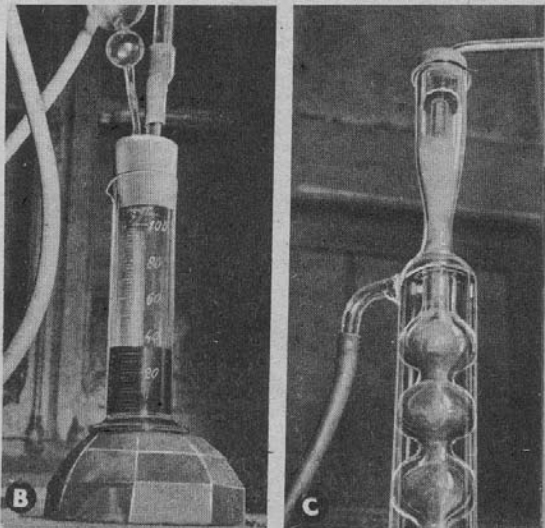
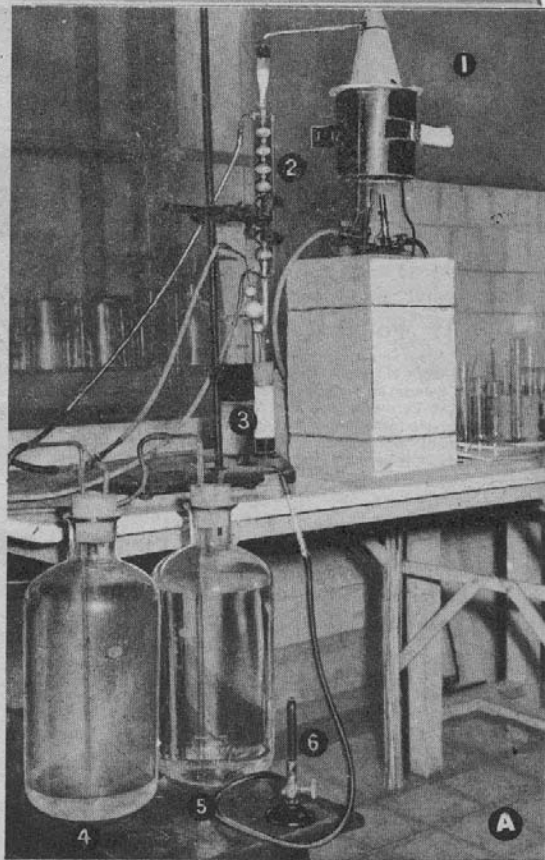
Les huiles végétales ont toutes des rendements analogues, car elles contiennent de l'acide oléique en proportion à peu près constante et très importante. En poids, 80 % des huiles sont transformées en carbures, dont 65 % de pétrole brut et 15 % de carbures gazeux, ce qui représente un volume de 800 l de pétrole brut et 200 m³ de gaz combustible pour 1 t d'huile fermentée.

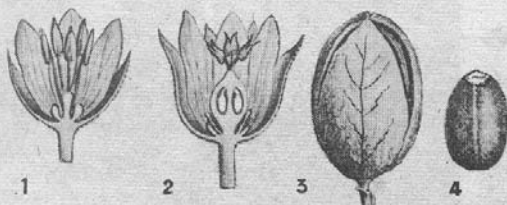
S'il ne peut être envisagé de transformer les huiles d'olive, de lin ou d'arachide en hydrocarbures, il convient de noter, d'une part, que les déchets d'huilerie, actuellement récupérés sous forme de tourteaux pour la nourriture des animaux, seraient peut-être plus avantageusement utilisés s'ils étaient soumis au ferment pétroléique, d'autre part que la fermentation peut en principe être appliquée à deux produits au moins, inutilisés ou presque, les « fonds de pile » et l'huile de pourghère.

Les fonds de pile sont les boues non comestibles que dépose au fond des cuves l'huile d'olive. Elles fournissent d'aussi bons rendements en hydrocarbures que les huiles de qualité marchande.

Le pourghère (*Jatropha curcas*) est un petit arbre de la famille des Euphorbiacées, proche parent du ricin, et qu'on appelle encore ricin d'Amérique ou pignon d'Inde. Il pousse dans les régions chaudes d'Afrique (A. O. F.), d'Amérique, dans les îles du Cap-Vert. Il produit une huile limpide, à odeur désagréable et qui, en raison de sa toxicité, est à peu près inutilisée. Une telle huile pourrait servir de base à une industrie de production de pétrole par fermentation si la culture du pourghère était développée, ce qui semble aisé dans les régions tropicales, et possible dans le Sud tunisien et le Sud algérien. On assistera du reste peut-être à un essai de réalisation dans ce domaine avant longtemps.

Enfin il n'est pas sans intérêt de signaler qu'en ajoutant aux produits d'une fermentation d'huile de pourghère du coke résiduel des distillations on a obtenu un brai qui, distillé, a fourni 53,4 % de son poids en hydrocarbures liquides et gazeux. Ceci pourrait être l'origine d'une méthode nouvelle et pratique de transport des carburants sous forme solide.





LE POURGHÈRE (JATROPHA CURCAS)

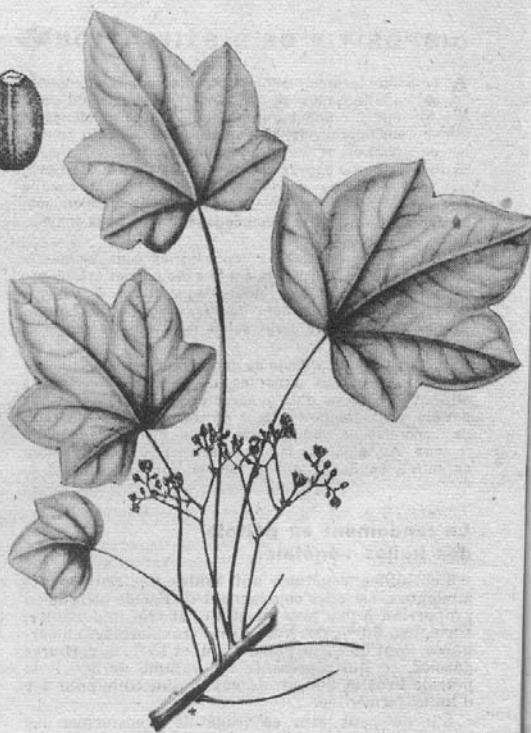
Cette plante, de la famille des euphorbiacées, qu'on appelle encore ricin d'Amérique ou pignon, pousse en Afrique Centrale, en Amérique Centrale et du Sud, dans les îles du Cap-Vert. Son huile était inutilisée en raison de sa toxicité, mais pourrait servir de base à l'industrie du pétrole de fermentation. Notre cliché montre : 1, Coupe longitudinale de la fleur mâle ; — 2, Coupe longitudinale de la fleur femelle ; — 3, Fruit s'ouvrant à maturité ; — 4, Graine.

Où les écorces d'oranges l'emportent sur l'antracite

Ainsi orientées, les études du D^r Laigret se portèrent vers les déchets alimentaires de toutes sortes. Les déchets de viande de cuisine fournirent 47 % de leur poids de carbures, soit 450 l de pétrole brut et 149 m³ de gaz combustibles pour une tonne. Les déchets de poissons, sur lesquels les essais n'ont encore été que fragmentaires, donnent environ 70 % de leur poids de carbures. Les écorces desséchées d'oranges et de citrons fournirent 37,5 % de leur poids de carbures : 187 l de pétrole et 300 m³ de gaz combustibles pour une tonne. Le rendement *en gaz* est, dans ce cas, égal à celui que donne la distillation d'une tonne de houille de qualité supérieure, le pétrole venant par-dessus le marché. Les feuilles mortes, sur lesquelles les expériences ne sont pas achevées, donnent environ 25 % de leur poids de carbures. On notera, au sujet de tous ces déchets, que les résultats de la fermentation par le *perfringens* sont en général meilleurs lorsque des denrées fermentescibles de nature différente sont soumises simultanément à l'action du ferment pétrolique. Il est possible que l'on ait ainsi trouvé l'utilisation idéale des ordures des grandes villes. Les usines installées pour l'application des divers procédés de fermentation des ordures en vase clos et qui fournissent engrais et gaz pourraient, semble-t-il à première vue, obtenir en un temps moindre des quantités de gaz plus importantes et un volume de pétrole considérable moyennant des aménagements d'envergure relativement faible.

Richesse des boues d'égouts

Mais la constatation qui dépasse toutes les autres en intérêt est que l'on tire des quantités importantes d'hydrocarbures des boues des égouts. Les expériences ont été faites avec des prélèvements aux divers niveaux des bassins de décantation des égouts de Tunis. Il en résulte que ces boues, malgré tout ce qu'elles contiennent de sable, de gravier, d'impuretés diverses non fermentescibles, ont fourni « tout venant » 106 l de pétrole brut et 124 m³ de gaz par tonne. Ceci est remarquable si l'on songe aux quantités énormes de boues ainsi déversées chaque jour par les égouts d'une grande ville, et si l'on songe que leur fermentation spontanée a éliminé avant leur fermentation provoquée des quantités importantes de méthane qu'il est d'ailleurs possible



— cela se fait parfois — de récupérer. L'application de la fermentation pétrolique aux boues serait du reste rendue relativement économique par le fait que l'opération est amorcée naturellement dans les égouts. Dans ces conditions, le temps de fermentation ne doit pas dépasser trois jours. Il devient, d'autre part, inutile de construire des cuves spéciales dans les grandes villes qui possèdent des stations d'épuration, les bassins de décantation en tenant fort bien lieu. Il suffit d'y surveiller et, le cas échéant, d'y aménager la fermentation. Les seules installations nouvelles seraient donc, outre les appareils de récupération des gaz, les chaudières de distillation.

L'imagination peut se donner libre cours sur les possibilités d'application des travaux du D^r Laigret. Celui-ci estime que, une fois les installations faites, le prix de revient du pétrole de fermentation sera celui du pétrole naturel, diminué des frais de forage, qui sont, on le sait, astronomiques. En d'autres termes, nous aurions, à la surface même du sol, le pétrole que jusqu'à présent la nature ne fabriquait qu'en profondeur et qu'il faut aller chercher à 3 000 à 4 000 m sous terre. Et ce pétrole, nous l'aurions en employant le même procédé que la nature.

Il est évident que le passage du laboratoire aux réalités industrielles est en général gros d'aléas, de déceptions, de retards. Mais on ne peut s'empêcher d'entrevoir dans la découverte d'un ferment pétrolique l'amorce de ce qui pourrait être un grand événement, voire une révolution économique.

Jean LAGARDE

Photographies Tabary et Robinot, exclusivité Studio Africa, Tunis.