

α
PUBLICATIONS DE "CHALEUR ET INDUSTRIE"

Compte Rendu des Travaux

MUSEE
COMMERCIAL
LILLE

du

COMITÉ CENTRAL DE CULTURE MÉCANIQUE

en 1924

CARBURANTS NATIONAUX
EXPOSITION DE BUC - CONGRÈS

SUPPLÉMENT

du Numéro de Décembre 1924

DE

CHALEUR & INDUSTRIE

P. COUTURAUD, ADMINISTRATEUR-DÉLÉGUÉ

RÉDACTION ET ADMINISTRATION :

5, rue Michel-Ange, PARIS

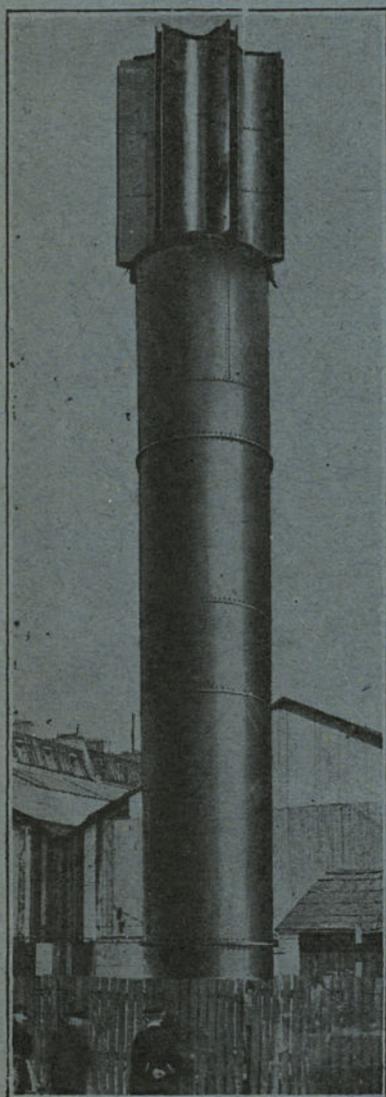
Tél. : AUTEL } 11-37
25-48

1924

LA "CHEMINÉE CHANARD"

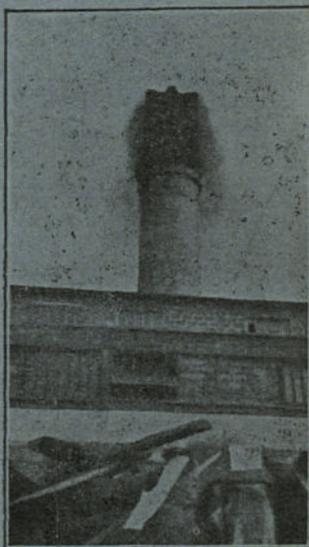
A TIRAGE NATUREL

EST AUTOMATIQUE, SANS FORCE MOTRICE, SANS MOTEUR,
SANS VENTILATEUR, SON FONCTIONNEMENT EST
REMARQUABLEMENT RÉGULIER PAR TOUS LES TEMPS
ET ELLE CONSTITUE LE VÉRITABLE TIRAGE RATIONNEL.



Elle se caractérise par :

- 1°. — VITESSE EXTRÊMEMENT FAIBLE DANS LE FUT, DE L'ORDRE DE MOINS DE 1 MÈTRE, DE FAÇON À RÉALISER AVANT LEUR DIFFUSION, L'ÉQUILIBRE PRÉALABLE DES PRESSIONS DES FLUIDES EN JEU.
- 2°. — PROTECTION EFFECTIVE DE LA SORTIE CONTRE TOUS LES TROUBLES ATMOSPHÉRIQUES.
- 3°. — UTILISATION DE CES TROUBLES POUR CRÉER AU NIVEAU DE LA SORTIE UNE ZONE DE DÉPRESSION DONT L'ACTION SUR LE DÉBIT EST EXTRÊMEMENT EFFICACE, À CAUSE MÊME DE L'ÉQUILIBRE PRÉALABLE DES PRESSIONS EN JEU.



Demandez la Notice 224

ETS CHANARD, RUEIL-MALMAISON (S.-A.-O.)



LE

FOYER

AUTOMATIQUE

DOBY

ÉCONOMIE GARANTIE

avec même combustible

20 0/0

TENEUR EN CO²

moyenne

15 0/0

LE

RÉGULATEUR

AUTOMATIQUE

DIRECT

Alimentation continue

Suivant rigoureusement la vaporisation

Niveau constant

GENEVET & C^{IE}

37, Boul. Malesherbes, PARIS

R. C. Seine 78693

SOCIÉTÉ D'ÉCLAIRAGE CHAUFFAGE et FORCE MOTRICE

Société Anonyme au Capital de 100 millions de francs
SIÈGE SOCIAL : 22, rue de Calais, PARIS
 Usines à GENNEVILLERS (Seine)

Huiles : Légère, lourde et déphénolée
 Naphtaline pure granulée ou en billes

Phénol cristallisé 30/40
 Phénol neige 40/41
 Tricrésol Paille
 Tricrésol Noir
 Orthocrésol 27/29
 Orthocrésol 29/30
 Méta-paracrésol 60/40
 Méta-paracrésol spécia



Anthracène purifié
 Anthraquinone sublimée
 Alun de chrome
 Brai
 Coke
 Graphite
 Mâchefer
 Sulfate d'Ammoniaque

Vieilles Matières d'épuration

Tél. : GUT. 38-46

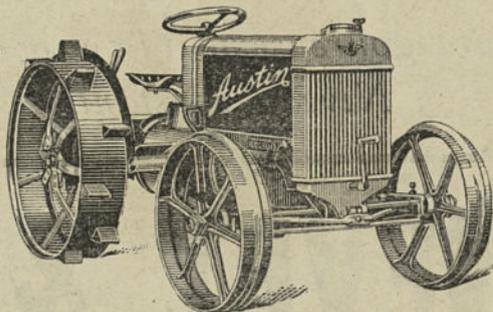
R. C. Seine 72.528

TRACTEUR AUSTIN

FABRICATION FRANÇAISE
 A L'HUILE LOURDE

LABOUR

Catalogue
 illustré
 gratuit
 Série 3



BATTAGE

Usines
 à
 Liancourt
 (Oise)

MOISSON

REMORQUAGE

60 % d'Économie

SOCIÉTÉ ANONYME AUSTIN

Bureaux : 5, Rue Nouvelle, 5, PARIS (9^e). — Tél. Central 96-70.



GAZOGÈNES



AU CHARBON DE BOIS

A SURCOMPRESSION DE GAZ

APPAREILS DE CARBONISATION

EN VASES CLOS

Avec ou sans récupération de sous-produits

A [POSTE FIXE OU TRANSPORTABLE

Systèmes brevetés

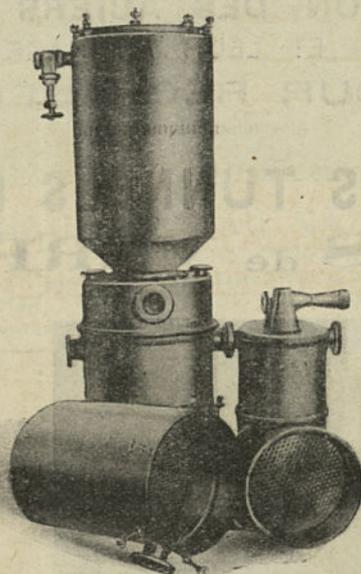
R. MALBAY

Ingénieur-Constructeur

RENDEMENT

égal
à celui
de
l'Essence

Les plus réduits
comme
Encombrement



ÉCONOMIE

réelle
de 80 %
sur
l'Essence

Les plus légers
comme
— Poids —

TOUTES APPLICATIONS : Industrielles, agricoles
sur tous moteurs, fixes ou automobiles

122, Faubourg Saint-Martin

Tél.: NORD 70.00

PARIS (X^e)



Machines, Séchoirs et Fours Industriels

ALBERT HIRT & E. G. GUERRÉE

Ingénieurs Constructeurs

FOURS " HIRT - FESTA "

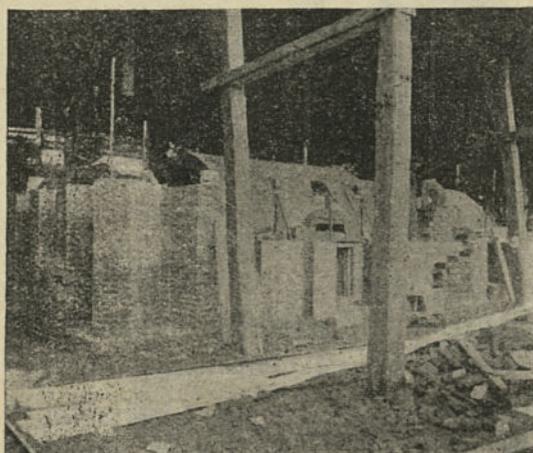
Brevetés dans tous les Pays

Chauffés à l'Huile Lourde,
au Mazout, Goudron ou Brai

marchant **SANS** brûleurs, **NI** pulvérisateur,
NI compresseur, **NI** force motrice

POUR FUSION DES ACIERS ET MÉTAUX
ET LEUR AFFINAGE
POUR RÉCHAUFFER

FOURS TUNNELS DIVERS
FOURS de VERRERIES



FOURS A FORGER

Bureaux :

PARIS (9^e)
20-22, Rue Richer

TÉLÉPHONE :

Bergère : 40-67
Gutenberg : 48-70

TÉLÉGRAMME :

Hirceram-Paris

Société du Gaz de Paris

Société Anonyme au Capital de 100.000.000 de francs
6, Rue Condorcet, 6, PARIS (9^e)



CHAUFFAGE AU GAZ

TOUTES LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fours, Études, Marmites, Chaudières à Eau chaude et à Vapeur, etc.

TRAITEMENT THERMIQUE DES MÉTAUX

Pour tous Renseignements, s'adresser au SERVICE de VULGARISATION

COKES

CHAUFFAGE INDUSTRIEL — CHAUFFAGE CENTRAL — CHAUFFAGE DOMESTIQUE
SUPPRESSION DES FUMÉES

SOUS PRODUITS

de la Fabrication du GAZ et de la Distillation du GOUDRON

HUILES : Créosotage, Chauffage, Moteurs, Lavage du Gaz, Noir de fumée, etc.
ALCALI Densité 0,923 -- BRAI : Sec, Gras, Liquide, pour Agglomérés, etc.
BENZOL, BENZINE, NAPHTALINE, ANTHRACÈNE, PYRIDINE,
SULFATE D'AMMONIAQUE. Engrais 20,80 o/o d'Azote, minimum garanti.
VIEILLES MATIÈRES D'ÉPURATION — Cyanogène, Azote, Soufre.
CRASSES DE CORNUES — GRAPHITE pour Electrodes, Creusets, etc.

Pour tous Renseignements, s'adresser au SERVICE COMMERCIAL

SOCIÉTÉ DES ÉTABLISSEMENTS

BARBET

Successeur de **E. BARBET***, Ancien Président des ingénieurs Civils

Capital : 4.000.000 Francs

5, Rue de l'Échelle — PARIS (1^{er})

Téléphone :

Central 39-30, 39-21, 53-43

Adr. Télégr. :

Rectifpast-Paris

RECTIFICATION CONTINUE

DES

ALCOOLS

PÉTROLES

BENZOLS

ALCOOL ABSOLU

SANS AUCUN RÉACTIF

DISTILLATION DES COMBUSTIBLES

HOUILLE, LIGNITES, TOURBES, BOIS

RÉCUPÉRATION DES SOUS-PRODUITS

QUARANTE ANS D'EXPÉRIENCE

Références dans tous les pays du monde

Usines à Brioude (Haute-Loire)

Chaudronnerie générale en Cuivre, Fer, Aluminium

Fonderie de Bronze - Atelier de Mécanique

N° B.b. = 388315 / - 164857

(477)

MUSEE
COMMERCIAL
LILLE

COMPTE RENDU
DU
CONGRÈS DES CARBURANTS
ET DE
L'EXPOSITION DE MOTOCULTURE DE BUC

BMIC 46

AVANT-PROPOS

Nos lecteurs accoutumés, et l'ensemble du public industriel, vont trouver ici, sous la couverture habituelle de nos suppléments, le texte intégral des comptes rendus du *Congrès des Carburants*.

On sait ce qu'a été ce Congrès. Convoqué à assez courte échéance et sur un appel très précis, il a différé sur un point du *Congrès du Chauffage Industriel* tenu en juin 1923; car au lieu d'une manifestation réunissant autour d'un programme très vaste, un grand nombre d'ingénieurs, venus de tous les domaines de la technique, il s'est agit ici d'un congrès à objectif exclusif et défini par un programme à contours extrêmement nets.

L'initiative en avait été prise par un groupement bien spécialisé, le *Comité Central de Culture mécanique*, qui ne s'était pas encore adressé au grand public, et qui poursuivait dans sa sphère des travaux d'une activité ordonnée. Mais il s'était produit, qu'un jour, la poursuite de son objectif, à savoir l'extension de la culture mécanique, avait mis ce Comité en face d'un problème, d'importance primordiale, et dont la solution n'était nullement à la portée de ses moyens normaux, et voire même ressortissait à un ordre de choses complètement étranger à la compétence d'un assez grand nombre de ses membres.

Dans ces conditions, laisser les choses en l'état, et attendre que les progrès de la technique permissent de franchir le pas, eût peut-être été la décision d'un groupement moins cohérent et moins déterminé que le *Comité Central de Culture Mécanique*.

Mais ce dernier n'a pas voulu qu'une telle attitude vint compromettre, pour un délai peut-être assez long, le résultat de ses précédents efforts.

Il lui a donc paru d'une efficacité certaine de poser publiquement la question et de consacrer une part de ses moyens à encourager les chercheurs, et à subventionner à la fois les recherches, et l'exposé de l'état actuel de celles-ci.

Et il faut bien dire que cette initiative, qui attirait l'attention de tous sur une nécessité précise, a constitué un merveilleux exemple.

C'était presque inaugurer une méthode; car il va de soi que si un semblable mouvement de solidarité se propageait à travers toutes les industries intéressées, on pourrait organiser un « Comité d'entente », dont les ressources cumulées et les idées scientifiquement coordonnées feraient rapidement progresser les recherches.

Et nul ne s'y est trompé.

Le succès du Congrès projeté s'est affirmé en quelques jours — tous les techniciens intéressés s'y sont rendus. Et la manifestation, rapidement menée, dans des limites sagement précisées, a paru à la fois nombreuse et cohérente, substantielle et efficace.

Ce qu'il en reste, on le verra ici.

A chaque solution possible, une communication a été consacrée. Et on se rendra compte facilement de ce qui déjà est acquis.

Par exemple, on reconnaîtra sans peine que certaines des recherches menées ne sont peut-être plus très loin du point d'impact.

Mais est-ce là tout?... Car ce qui apparaît aussi, c'est que, de toutes ces recherches, il n'est sans doute aucune, qui porte en elle la solution totale.

Et rien comme cette constatation ne nous semble postuler l'entente, l'effort combiné, et la mise en quartiers du problème, entre toutes les industries intéressées.

C'est pourquoi nous avons tenu à publier ce « petit bréviaire » de la question des carburants.

Qu'on le considère, d'ailleurs, avant tout comme un repère. C'est le jalon planté sur la route, ou à la croisée des chemins, en octobre 1924.

C'est un point de départ.

Nous avons à réfléchir au pied de ce jalon, puis à nous mettre en marche.

Mais, encore une fois, n'aurons-nous pas auparavant à nous partager le terrain, pour ne pas tous nous engager dans une voie trop étroite ?

P. COUTURAUD.

ARRÊTÉ DU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

accordant des encouragements aux chimistes qui présentent des mémoires concernant la recherche de carburants liquides métropolitains et coloniaux susceptibles de remplacer les dérivés du pétrole.

(Journal Officiel du 4 Juin 1924).

Le Ministre de l'Agriculture,

Vu la loi du 10 mai 1921 instituant un Comité Central de Culture Mécanique;

Vu l'arrêté du 20 juin 1923 ouvrant un concours entre les constructeurs de moteurs à huile susceptibles d'actionner les tracteurs agricoles;

Vu l'article 7 de cet arrêté, qui prévoit en particulier un concours de carburants à base d'huiles et de dispositifs pour leur emploi;

Considérant que cette partie du programme implique l'étude des carburants liquides extraits des produits végétaux métropolitains et coloniaux et des minéraux solides: houille, schiste, lignite et tourbe, et qu'ainsi il y a avantage à faire appel aux chimistes spécialisés dans ladite étude;

Vu l'avis émis par le Comité Central de Culture Mécanique dans sa séance du 23 mai 1924;

Sur la proposition du Directeur de l'Agriculture,

Arrête:

Art. 1^{er}. — Il est institué au Ministère de l'Agriculture des épreuves comprenant: 1^o la production de mémoires; 2^o des expériences pratiques auxquelles sont admis les chimistes spécialisés dans l'étude de la transformation des matières minérales et végétales d'origine nationale, en carburants capables d'alimenter les moteurs à explosion ou à combustion interne.

Ces épreuves, organisées par le Comité Central de Culture Mécanique, auront lieu dans les conditions suivantes :

Art. 2. — Les intéressés sont invités à déposer avant le 1^{er} octobre 1924, dernier délai, au Ministère de l'Agriculture (3^e bureau de la Direction de l'Agriculture), des mémoires où seront indiqués les résultats des procédés nouveaux de transformation des huiles végétales ou des minéraux solides en carburants liquides de tous poids spécifiques pouvant être consommés dans les moteurs à explosion ou à combustion interne.

Les inventeurs qui ont déjà déposé des brevets au sujet de leurs

recherches, devront, en outre, joindre à leur mémoire une copie officielle desdits brevets.

Art. 3. — Les mémoires seront divisés en deux classes:

La première classe est réservée aux méthodes concernant la transformation des huiles végétales.

La seconde classe comprend les procédés de liquéfaction des combustibles minéraux solides les transformant en carbures d'hydrogène liquides et la production économique des carbures d'hydrogène liquides tirés des sous-produits de la distillation des houilles (lignites, schistes et tourbes).

PREMIÈRE CLASSE

Carburants tirés des huiles végétales.

Art. 4. — Les procédés concernant la transformation des huiles végétales comportent deux catégories :

Art. 5. — 1° Dans la première catégorie sont classés les procédés nouveaux de séparation des huiles végétales en leurs éléments (glycérine et acides gras) et la présentation de ces acides gras sous une forme en facilitant l'emploi à l'aide de solvants appropriés.

Art. 6. — Les concurrents pourront se servir de solvants tirés exclusivement de produits végétaux et minéraux métropolitains, et à la condition que ces solvants soient d'une valeur marchande inférieure au prix de l'essence (poids lourds) tels que l'alcool d'industrie livré par l'office des alcools au titre de carburant national; les huiles légères de schiste, de houille, de lignite et de tourbe.

La quantité de solvant employé devra être aussi faible que possible.

Art. 7. — 2° La seconde catégorie comprend les procédés chimiques et catalytiques déterminant le cracking de ces huiles végétales naturelles ou de leurs acides gras en carbures d'hydrogène.

Il sera tenu compte de la production plus ou moins grande de carbures légers.

DEUXIÈME CLASSE

Carbures d'hydrogène liquides tirés des combustibles minéraux.

Art. 8. — Les procédés nouveaux permettant l'obtention de carbures d'hydrogène liquides à l'aide de combustibles minéraux solides comportent également deux groupes.

Art. 9. — Dans le premier groupe sont classées les méthodes permettant d'obtenir des carbures d'hydrogène liquides, en partant directement des combustibles minéraux solides.

Art. 10. — Le second groupe est réservé aux procédés facilitant l'utilisation des sous-produits de la distillation des combustibles solides: par exemple, la transformation des goudrons, naphthalines et des carbures d'hydrogène gazeux en carburants liquides.

EXAMEN ÉVENTUEL DES PRODUITS

Art. 11. — Les inventeurs pourront être invités par le Comité Central de Culture Mécanique à remettre à l'appui de leurs mémoires des échantillons des produits obtenus à l'aide de leurs procédés. La quantité nécessaire et l'adresse où devront être envoyés ces échantillons seront indiquées aux intéressés après la remise des mémoires et si les délégués du Comité jugent cet envoi nécessaire.

PUBLICITÉ DES RÉSULTATS OBTENUS

Art. 12. — Le Comité Central de Culture Mécanique se réserve le droit de publier dans le compte rendu de ses travaux tout ou partie des mémoires qui auront retenu son attention et ce document sera adressé à tous les organismes scientifiques d'Etat ou privés qui s'intéressent à la question de la recherche des carburants d'origine nationale.

ENCOURAGEMENTS

Art. 13. — Le Ministre de l'Agriculture, sur la proposition du Comité Central de Culture Mécanique, pourra attribuer aux auteurs des mémoires jugés les plus intéressants, des encouragements en espèces, dans la limite des crédits mis à sa disposition par le Parlement pour cet objet.

Art. 14. — Le Comité tiendra compte, dans l'attribution et dans l'importance desdites récompenses:

- 1° De la mise au point industrielle du procédé;
- 2° Du rendement économique du procédé, résultant des comparaisons entre les prix de revient des produits obtenus et ceux des produits initiaux.

EXPOSITION ET ESSAIS PUBLICS EN 1924

Art. 15. — Une exposition de tracteurs agricoles et de camions militaires munis de gazogènes, ainsi que de moteurs utilisant les huiles végétales, organisée par le Ministre de l'Agriculture, avec

la collaboration du Ministre de la Guerre, aura lieu au mois de septembre ou au mois d'octobre 1924, dans la région parisienne. Une note fera connaître aux intéressés la date et le lieu de cette exposition, qui durera huit jours. Ne sont admis que les appareils, camions ou machines qui ont déjà pris part aux épreuves organisées en 1923 et 1924 sous le contrôle du Comité Central de Culture Mécanique ou par le Ministre de la Guerre.

A cette manifestation sera annexée une section réservée aux carburants des deux classes ci-dessus (carburants tirés des huiles végétales et carbures d'hydrogène liquides tirés des combustibles minéraux).

Art. 16. — Les personnes désireuses de participer à cette exposition devront adresser au Ministre de l'Agriculture (Direction de l'Agriculture, 3^e bureau), 78, rue de Varenne, à Paris, avant le 15 août 1924 au plus tard, avec un mémoire à l'appui, une note faisant connaître les procédés employés, conformément à l'article 1^{er} du présent règlement, et la surface nécessaire à leur exposition.

Ne seront admises à cette exposition que les personnes qui s'engageront à faire procéder à des essais à l'aide de moteurs qu'elles auront à fournir à leurs frais et à leurs risques et périls et dont elles auront à assurer elles-mêmes le fonctionnement.

Art. 17. — Les exposants devront s'être assurés contre les risques des expériences à une compagnie notoirement solvable. La police d'assurance devra être remise en temps utile au commissaire général chargé de l'organisation de la manifestation en question; il pourra être refusé de procéder aux essais si cette formalité n'est pas remplie. Toutes les responsabilités civiles et pénales sont donc à la charge des intéressés, à qui elles incombent, étant entendu que les Départements de l'Agriculture et de la Guerre déclinent toute responsabilité de quelque nature soit-elle.

Les intéressés sont responsables des détériorations ou avaries qui pourraient arriver aux appareils, et de tous dommages et accidents causés aux personnes et aux choses au cours des expériences.

Art. 18. — Un emplacement sera mis gratuitement à leur disposition dans un endroit couvert, dans la limite des disponibilités et suivant l'ordre d'inscription des demandes.

Un règlement intérieur fera connaître en temps utile aux intéressés les jours et heures à consacrer aux démonstrations publiques.

Art. 19. — Les encouragements prévus aux articles 13 et 14 du présent règlement pourront être alloués par le Ministre de l'Agric-

culture, sur la proposition du Comité Central de Culture Mécanique, aux participants de cette exposition, au même titre et en même temps qu'à l'ensemble de ceux qui auront été admis à présenter leurs mémoires par application de l'article 1^{er} du présent règlement.

Art. 20. — Pendant la durée de cette exposition aura lieu, à Paris, un congrès où seront examinées les questions concernant la transformation des matières minérales et végétales d'origine nationale en carburants capables d'alimenter les moteurs à explosion ou à combustion interne.

Art. 21. — Le Directeur de l'Agriculture est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Fait à Paris, le 30 mai 1924.

J. CAPUS.

M. Queuille, Ministre de l'Agriculture, a décidé que l'Exposition prévue par l'article 15 de l'arrêté ci-dessus aurait lieu à Buc (Seine-et-Oise), du 30 septembre au 5 octobre 1924 et que le Congrès prévu à l'article 20 se tiendrait à Paris, 5, rue Las-Cases, salle du Musée Social, les 2 et 3 octobre.

L'Exposition a été inaugurée le 30 septembre, par M. Herriot, Président du Conseil, et M. Queuille, Ministre de l'Agriculture, accompagné de M. Painlevé, Président de la Chambre des Députés, et de représentants des Ministères de la Guerre et des Colonies.

Le Congrès a eu lieu sous la présidence d'honneur de M. Queuille, Ministre de l'Agriculture, de M. Clémentel, Ministre des Finances, et a été présidé successivement par M. le Docteur Chauveau, Sénateur, M. Daniel Berthelot, Membre de l'Institut, et M. Roszak, Professeur à l'Ecole Centrale, Vice-Président du Comité Central de Culture mécanique.

... la proposition de l'Institut de France de...

... l'Institut de France de...

EXPOSITION DE MOTOCULTURE
organisée par le Ministère de l'Agriculture
avec la collaboration du Ministère de la Guerre
à Paris, sous l'égide
du 30 Septembre au 2 Octobre 1934

EXPOSITION DE MOTOCULTURE

CONGRÈS DES CARBURANTS

EXPOSITION DE MOTOCULTURE

CONGRÈS DES CARBURANTS

EXPOSITION DE MOTOCULTURE
organisée par le Ministère de l'Agriculture
avec la collaboration du Ministère de la Guerre
à Buc, près Versailles
du 30 Septembre au 5 Octobre 1924

Le Ministère de l'Agriculture a estimé que le moment était venu de démontrer que, dans la question angoissante de l'approvisionnement en essence du Pays, il est possible d'utiliser dans une large mesure des *carburants de remplacement* d'origine nationale; dans un avenir prochain, des quantités suffisantes de ces carburants permettront de comprimer nos importations, dont l'augmentation rapide menace l'équilibre de nos finances et inquiète notre sécurité.

C'est ainsi que le Ministre de l'Agriculture a décidé l'organisation à Buc, près de Versailles, en 1924, d'une Exposition dans laquelle plusieurs moyens de produire en France les carburants de remplacement ont été envisagés (1).

Cette manifestation a donc permis à la fois une coordination des efforts et un véritable recensement des solutions possibles.

Sous un hangar étaient exposés des moteurs à huile et des carburants; à l'extérieur, un emplacement était réservé aux tracteurs agricoles et aux camions militaires munis de gazogènes à bois ou à charbon de bois et aux appareils pour la fabrication du charbon de bois.

Moteurs à huile d'origine nationale (2)

On remarquait, dans la section des moteurs fixes fonctionnant à l'aide d'huiles métropolitaines ou coloniales, un groupe électrogène susceptible de fournir la lumière électrique à tout un village. Un autre de ces moteurs était mis en marche sans le secours d'aucune essence, en partant ainsi directement par ses propres moyens. Le public a pu voir dans cette section d'autres moteurs, que leur faible encombrement et leur poids léger rendaient comparables aux moteurs à essence.

(1) Voir ci-après la liste des exposants.

(2) Voir ci-après le rapport de MM. Auclair et Lumet sur les essais de moteurs à huile.

Tous ces moteurs sont dès maintenant susceptibles d'être avantageusement employés aux Colonies où les huiles, notamment celles de palme et de karité, peuvent être obtenues à des prix peu élevés, Ces mêmes moteurs seront d'un grand secours dans les fermes de la métropole, le jour où les agriculteurs trouveront intéressant de produire sur place l'huile destinée à alimenter leurs moteurs, comme ils produisent déjà l'avoine destinée à nourrir leurs chevaux.

CARBURANTS

Dans divers stands se trouvaient exposés les procédés susceptibles de développer en France et principalement aux colonies, au moyen de petites installations faites à peu de frais, l'extraction économique des huiles et leur transformation en carbures d'hydrogène liquides, véritables pétroles synthétiques, capables d'alimenter les moteurs à explosion tels qu'ils sont livrés actuellement par l'industrie.

Tous les procédés exposés dans cette catégorie ont été non seulement expérimentés avec succès dans les laboratoires, mais encore, comme on le sait, sont pour la plupart exploités par l'industrie métropolitaine pour la production des huiles nécessaires à nos besoins (pour la table, pour la fabrication du savon, etc...). Mais des constructeurs, sur l'initiative du Comité Central de Culture mécanique, ont étudié des modifications aux appareillages existant actuellement, en vue de réaliser de petites installations facilement transportables, et celles-ci pourront très pratiquement fonctionner aux colonies dans les régions les plus éloignées de la côte. Il serait de plus possible d'obtenir, sur les lieux mêmes de production, des graines et, dès maintenant, des huiles à un prix suffisamment bas pour permettre de fabriquer économiquement du pétrole synthétique. En effet, les dernières découvertes scientifiques nous permettent d'affirmer qu'il est possible de tirer par un procédé très simple et peu coûteux, de 100 kgs d'huile, 15 kgs d'essence synthétique légère et 45 kgs de pétrole lampant et d'huile lourde. C'est donc la possibilité pour nos colonies de produire sur place et à bon marché, à l'aide de ces petites installations, l'essence dont le prix dans ces pays est actuellement prohibitif.

La démonstration d'un de ces procédés fut faite sous les yeux du public; en effet, dans l'un des stands, de l'oléine était transformée par la voie catalytique en huiles lourdes, pétrole lampant, essence et gaz riche. L'essence ainsi produite a permis de faire fonctionner à Buc un moteur à explosion ordinaire.

Visant l'emploi du charbon de bois, un des obstacles les plus sé-

rieux que présente son emploi dans les gazogènes est l'encombrement de ce combustible de faible densité. Aussi a-t-on cherché à en réduire le volume; dans un des stands étaient exposés des agglomérés ne présentant que le tiers de l'encombrement du produit naturel, de sorte que le volume du charbon de bois ainsi comprimé n'est guère supérieur, à énergie potentielle égale, à celui de l'essence.

Citons, à titre d'indication, les produits exposés dans un stand, résultat de curieuses expériences sur la possibilité d'enrichir à l'aide de charbon en poudre, les huiles rendues colloïdales.

Ensuite, l'attention des visiteurs était attirée par une analyse très détaillée des produits provenant de la distillation de schistes français.

Enfin, parmi les procédés susceptibles de fournir des carburants français, étaient exposés dans un stand le schéma d'une usine en construction et quelques échantillons de produits qui auraient été obtenus au laboratoire par le traitement de coke de lignite dont l'emploi, trop limité actuellement, empêche l'exploitation de mines très importantes de se développer. Dès que les inventeurs seront à même de montrer au Comité Central une fabrication semi-industrielle de ces nouveaux carburants, celui-ci s'empressera d'étudier cette question qui présente un réel intérêt.

APPAREILS POUR LA FABRICATION DU CHARBON DE BOIS

Près du hangar, sur un terre-plein, étaient exposés deux appareils portatifs pour la fabrication automatique du charbon de bois. On sait que depuis quelques années le prix du charbon de bois ne cesse d'augmenter, parce que sa fabrication exige des ouvriers spéciaux de plus en plus difficiles à trouver. Cet inconvénient n'existe plus : en effet, les visiteurs ont pu constater qu'avec une surveillance restreinte, l'appareil qui avait été mis en marche pendant l'exposition, a pu carboniser, en 48 heures, trois stères de bois qui ont servi à alimenter les gazogènes exposés à Buc et cela, à l'entière satisfaction des mécaniciens.

Ces appareils sont conçus de manière à permettre à une seule personne n'ayant aucune connaissance spéciale, de surveiller aisément et sans fatigue six de ces meules métalliques allumées en même temps et qui peuvent être chargées aussi bien avec des menus bois qu'avec de la charbonnette. Ces procédés simplifiés permettent aux agriculteurs de produire eux-mêmes et au fur et à mesure de leurs besoins le charbon de bois, en utilisant les taillis de leur domaine.

TRACTEURS ET CAMIONS

Le dernier groupe de l'exposition comprenait, en bordure de la grande route et à l'entrée des terrains réservés à la Semaine de Motoculture, tout un ensemble de tracteurs à gazogènes ayant fait leurs preuves (1). Étaient présentés trois camions militaires ayant pris part, quelques semaines auparavant, aux exercices militaires de l'Est et qui au bout de 15 jours de manœuvres sont rentrés au parc de Vincennes par leurs propres moyens sans avoir subi en cours de route le moindre arrêt; plus loin étaient alignés un camion militaire muni d'un gazogène permettant une meilleure utilisation des gaz, trois tracteurs agricoles ayant exécuté les divers travaux de la ferme durant le printemps et l'été derniers dans trois départements, sous le contrôle du Comité Central de Culture Mécanique et des Offices agricoles départementaux. Deux autres tracteurs étaient équipés avec des gazogènes d'un modèle nouveau que le Comité Central se propose d'étudier.

Enfin, un constructeur a exposé un gazogène de très faible encombrement, muni d'un dispositif qui accroît très notablement le rendement du moteur. C'est ainsi qu'il a pu monter son gazogène sur une automobile à chenille, qui pouvait elle-même traîner une remorque.

En résumé, l'exposition de Buc a montré au public qu'il existait tant en France qu'aux colonies de nombreuses matières susceptibles de remplacer l'essence étrangère pour actionner les moteurs et qu'il était possible dès maintenant d'en assurer la fabrication industrielle. D'autre part, des efforts considérables ont été faits par les constructeurs pour rendre économique l'emploi des huiles nationales dans les moteurs. Le Ministère de l'Agriculture a ainsi coordonné tous ces efforts dont quelques-uns sont la conséquence même de son initiative, car un certain nombre d'industriels ou de savants n'auraient pas poursuivi leurs recherches s'ils n'avaient eu la certitude d'être encouragés par l'Etat.

L'exposition de Buc a été organisée par M. Roszak, Commissaire Général, et M. Le Monnier, Commissaire Général adjoint. Des expériences ont été faites devant le public dans divers stands par M. Mailhe, Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse, M. Le Monnier, MM. Leduc et Louis, Ingénieurs des Arts et Manufactures, et M. Gramme, Ingénieur chimiste.

En même temps et sur le même terrain s'est tenue une Expo-

(1) Voir ci-après le rapport de M. Coupan.

sition de Motoculture organisée, sous le nom de « Semaine de Motoculture », par le Comité intersyndical de Motoculture, et dont le Commissaire Général a été M. Delieuvin.

LISTE DES EXPOSANTS

A. — *Moteurs à huile*

Société des moteurs Hindl, 42, rue Lecourbe, à Paris.

MM. Nouvelet-Lacombe, 6 bis, rue Denis-Papin, à Asnières (Seine).

Société des moteurs à gaz et d'industrie mécanique (S. M. I. M.), 135, rue de la Convention, à Paris.

Société des moteurs *Samci*, 24, rue Chauchat, à Paris.

Société des Usines Renault, à Billancourt (Seine).

Compagnie française Thomson-Houston, 137, boulevard Haussmann, à Paris.

B. — *Carburants*

1. Agglomération des charbons de bois. — Société des agglomérés, 31, rue Tronchet, à Paris.

2. Extraction des huiles. — M. Bataille, 11, avenue Malakoff, à Paris.

3. Déglycération des huiles. — M. Engelhard, à Angers (Maine-et-Loire).

4. Pétrole synthétique en partant des huiles végétales. — M. Mailhe, Professeur à la Faculté de Toulouse.

5. Rectification des pétroles. — M. Barbet, 5, rue de l'Echelle, à Paris.

6. Combustibles colloïdaux. — M. Gramme, 33, rue Berthollet, à Aulnay-sous-Bois (Seine-et-Oise).

7. Pétrole synthétique en partant des lignites. — MM. Andry-Bourgeois et Olivier, 16, avenue de l'Opéra, à Paris.

8. Fractionnement des huiles. — M. Pétroff, 10, rue Cadet, à Paris.

Dans chacun des stands ci-dessus étaient exposés des échantillons et des plans. — En outre, M. Mailhe a installé dans son stand un appareil à l'aide duquel il procédait, devant le public, à la fabrication d'essence synthétique à partir de l'oléine.

C. — *Appareils pour la fabrication du charbon de bois*

M. Delhommeau, à Cléré (Indre-et-Loire).

M. Magnein, 15, rue Brey, à Paris.

D. — *Tracteurs à gazogènes*

1^{re} Section. — Tracteurs agricoles munis de gazogènes :

Gazogène Etia. MM. Delhay et Mahieu, 88, route de Gonesse, à Stains (Seine), sur tracteur Delieuvin, 77, avenue de la Grande-Armée, à Paris.

Gazogène Renault. Société des Usines Renault, à Billancourt, (Seine), sur tracteur Renault.

Gazogène de la Société française de matériel agricole et industriel à Vierzon, sur tracteur Titan.

Gazogène Autogaz. Société anonyme Autogaz, 77, rue Saint-Lazare, à Paris, sur tracteur Scémia, 9, rue Tronchet, Paris.

Gazogène Fajole, 2, rue Maulévrier, à Rouen (Seine-Inférieure), sur tracteur Scemia, société précitée.

Gazogène Malbay, 122, Faubourg-Saint-Martin, à Paris, sur automobile à chenille.

2^e Section. — Camions militaires à gazogènes :

3 camions Berliet, gazogène Imbert.

1 camion Renault, gazogène Renault.

CONGRÈS DES CARBURANTS

Grande salle des Conférences du Musée Social,
rue Las Cases, à Paris, les 2 et 3 Octobre 1924.

PRESIDENTS D'HONNEUR :

- M. QUEUILLE, Ministre de l'Agriculture;
- M. CLÉMENTEL, Ministre des Finances.

COMITE DE PATRONAGE :

- M. le Ministre de la Guerre.
- M. le Ministre de la Marine.
- M. le Ministre des Colonies.
- M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie.
- M. PAINLEVÉ, Membre de l'Institut, Président de la Chambre des Députés.
- M. Daniel BERTHELOT, Membre de l'Institut.
- M. LESAGE, Directeur de l'Agriculture au Ministère de l'Agriculture.
- M. ROUX, Directeur des Services Scientifiques et Sanitaires et de la Répression des Fraudes au Ministère de l'Agriculture.
- M. BRETON, Membre de l'Institut, Directeur de l'Office National des Recherches Scientifiques et des Inventions.

BUREAU :

- Président:* M. le D^r CHAUVÉAU, Sénateur.
- Vice-Présidents:* M. HUGUET, Député, Vice-Président du Comité Central de Culture Mécanique;
- M. ROSZAK, Professeur à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, Vice-Président du Comité Central de Culture Mécanique.
- Secrétaires:* M. ARTUS, Ingénieur Agricole, Secrétaire du Comité Central de Culture Mécanique;
- M. LE MONNIER, Ingénieur Agricole, Membre du Comité Central de Culture Mécanique;
- M. SAINTE-MARIE, Chef de bureau au Ministère de l'Agriculture.

Programme du Congrès

Jeudi, 2 octobre 1924 (de 9 h. à 12 h. et de 14 h. 30 à 17 h. 30)

D^r CHAUVEAU, Sénateur: Discours d'inauguration.

CH. ROSZAK, Professeur à l'Ecole Centrale: Un point d'histoire — la méthode universelle d'hydrogénation de Marcellin Berthelot.

KLING, Directeur du Laboratoire Municipal de Chimie: La préparation du Pétrole synthétique par le procédé d'hydrogénation du D^r Bergius.

A. MAILHE, Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse: La préparation du Pétrole synthétique à partir des huiles végétales et animales (Procédés Mailhe).

E. GOUTAL, Chef des Travaux de chimie à l'Ecole Supérieure Nationale des Mines: La préparation du Pétrole synthétique (Procédé Andry-Bourgeois et Olivier).

A. GUISELIN, Ingénieur Chimiste: De la théorie à la réalisation des carburants de synthèse.

E. BARBET, ancien Président de la Société des Ingénieurs Civils de France: « L'alcool moteur, facteur de la prospérité agricole, contribuera à abaisser les prix des produits de la Terre. »

Vendredi 3 octobre 1924 (de 9 h. à 12 h. et de 14 h. 30 à 17 h. 30)

P. APPELL, Secrétaire général de l'Office Central de Chauffage rationnelle: La production des carburants par la voie de la carbonisation à basse température des combustibles minéraux.

G. LUMET, Président de la Section technique de l'Automobile Club de France: L'emploi des huiles végétales dans les moteurs à explosion.

AUCLAIR, Président du Comité de Mécanique de l'Office National des recherches scientifiques: L'emploi du gaz de gazogènes à charbon de bois.

F. GRAMME, Ingénieur Chimiste de l'Institut polytechnique de Liège: Les combustibles colloïdaux.

F. LE MONNIER, Ingénieur Agronome, secrétaire général de la Société d'Etudes du Carburant National: Les carburants paysans.

E. ARTUS, Ingénieur Agricole: L'emploi de la force motrice en agriculture.

M. DU BOISTESSELIN, Ingénieur principal des Poudres: La Forêt Française et la Sécurité Nationale.

HUGUET, Député: Discours de clôture.

Compte rendu du Congrès

Séance du jeudi 2 octobre (matinée.)

La séance est ouverte à 9 heures.

M. le Sénateur Chauveau, président du bureau, prononce le discours d'inauguration. Il offre ensuite la présidence à M. Daniel Berthelot, membre du Comité de patronage.

Celui-ci donne la parole à M. Roszak, professeur à l'École Centrale, qui présente sa communication sur « Un point d'histoire — la méthode universelle d'hydrogénation de Marcellin Berthelot ».

M. le Président, remerciant M. Roszak de sa remarquable communication, rappelle que la grande question qui intéresse les congressistes se présente sous le double aspect d'un problème mécanique et d'un problème chimique, et, à ce dernier point de vue, la recherche de carburants de synthèse est particulièrement intéressante, en raison de la pauvreté du sol français en pétrole. L'autorité de M. Roszak à ces deux points de vue donne toute leur valeur à la question. Quant aux recherches actuellement poursuivies, elles sont, en partie, ainsi que l'a indiqué M. Roszak, la suite de celles qui ont été faites il y a plus de 60 ans.

La parole est alors donnée à M. Kling, directeur du Laboratoire Municipal, qui a bien voulu remplacer M. Drosne, ingénieur en chef chez MM. Schneider et Cie, empêché.

M. Kling expose à l'Assemblée la question suivante : La préparation du pétrole synthétique par le procédé Bergius.

M. le Président remercie M. Kling de son intéressante communication.

M. Mailhe, professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse, donne connaissance de sa communication sur « la préparation du pétrole synthétique à partir des huiles végétales et animales », par les procédés dont il est l'auteur.

M. le Président, après avoir remercié l'orateur de son exposé clair, limpide et suggestif, rappelle que M. Mailhe a exposé à Buc un appareil de laboratoire qui, sous les yeux du public, transforme les huiles en pétrole, et rend accessible à tous l'économie de son procédé de catalyse.

La séance est levée à midi.

2^e Séance du jeudi 2 octobre (après-midi)

La séance est ouverte à 14 h. 30.

La parole est donnée à M. Barbet, ancien président de la Société

des Ingénieurs Civils de France, qui entretient les congressistes de « l'alcool moteur, facteur de la prospérité agricole, qui contribuera à abaisser les prix des produits de la terre ».

M. le Président signale l'intérêt de cette communication, et reste convaincu que les congressistes se rallieront à ses conclusions, à savoir qu'il convient de ne négliger aucune des ressources que peut nous fournir le territoire français.

M. Guiselin, ingénieur chimiste, traite la question intitulée : « de la théorie à la réalisation des carburants de synthèse ».

M. le Président appelle l'attention de l'Assemblée sur le côté subjectif du problème, particulièrement abordé par l'orateur, qui a montré l'utilité d'une réalisation en matière de création de carburants nouveaux.

Avec M. Goutal, Chef des travaux de Chimie à l'Ecole Supérieure Nationale des Mines, les congressistes sont mis au courant de la « préparation du pétrole synthétique par le procédé Andry-Bourgeois et Olivier ».

Ainsi que le fait observer M. le Président, la méthode exposée est encore dans la période des essais, mais les résultats déjà obtenus semblent justifier des espoirs.

La séance est levée à 17 h. 15.

Séances du vendredi 3 octobre

1^{re} séance (matinée)

La séance est ouverte à 9 heures.

Président : M. Roszak, Professeur à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, Vice-Président du Comité Central de Culture Mécanique.

La parole est donnée à M. P. Appell, Secrétaire général de l'Office Central de Chauffe rationnelle, qui présente sa communication sur « la production des carburants par la voie de la carbonisation à basse température des combustibles minéraux ».

A l'occasion de cette communication, M. le Président fait observer que le procédé de carbonisation à basse température est un des éléments du succès. Il signale les nouveaux procédés de distillation pouvant être employés, et ajoute qu'il serait intéressant que chaque exploitant s'efforçât de procéder à la séparation des huiles et du demi-coke.

Un congressiste signale l'intérêt que présenterait la mise à la disposition des industriels, de schémas, de devis, etc., afin qu'ils pussent se rendre compte de la quantité de produits à traiter. La ques-

tion du ramassage des huiles est à envisager au point de vue national. En Allemagne, on récupère non seulement les goudrons, mais même l'acide carbonique qui est envoyé dans les serres où il est utilisé pour développer la croissance des végétaux. Un plan général est préparé à cet effet, et exactement appliqué.

M. le Président exprime l'espoir que la solution exposée par M. Appell reçoive de larges applications.

M. Lumet donne ensuite connaissance de sa communication sur « l'emploi des huiles végétales dans les moteurs à explosion ».

A la suite de la communication de M. Lumet, M. Coupau demande à l'orateur de vouloir bien préciser si, au cours de ses expériences sur le fonctionnement aux huiles végétales des moteurs qui suivent le cycle Diesel, il a pu remarquer l'atténuation des inconvénients qui résultent parfois de l'emploi de pétroles non homogènes. Il est certain que sans être à proprement parler fréquente, la substitution d'une explosion à la combustion à l'intérieur du cylindre, se produit parfois et n'est pas sans danger. Or cette explosion peut tenir, en partie tout au moins, à la présence de substances plus légères et par conséquent, grâce à leur composition invariable, les huiles végétales augmenteraient la sécurité et constitueraient un combustible de choix pour les moteurs Diesel.

M. Lumet répond que sans avoir de constatations nettes à ce sujet, il est également d'avis que les huiles végétales donneront plus de sécurité que les huiles minérales dont la composition est toujours variable. Mais elles ne pourront évidemment pas éviter les explosions dues à une accumulation de combustible suivie d'un afflux inopiné d'air.

La parole est donnée à M. Auclair, pour sa communication sur « l'emploi du gaz de gazogènes à charbon de bois ».

Un congressiste demande à ajouter quelques mots au remarquable exposé de M. Auclair. Il signale les inconvénients que présente le charbon de bois, au point de vue de son transport, en raison de sa faible densité, et fait connaître qu'on s'est efforcé de lui substituer un combustible d'une densité supérieure. Le problème est presque résolu, une Société du département des Landes ayant fabriqué des briquettes composées d'un mélange de charbon de bois et d'un agglomérant. Au point de vue combustibilité, elles égalent ce produit; elles sont en outre plus facilement transportables et d'un pouvoir calorifique plus élevé; cette intéressante question doit être étudiée à fond.

M. Goutal observe que les installations forestières actuelles présentent l'inconvénient de priver l'industrie de l'acide acétique et de l'alcool provenant de la distillation du bois. Il y aurait intérêt

à utiliser des appareils qui permettent de récupérer ces produits, dont la valeur compenserait largement les frais de cette nature d'exploitation.

Sur une question de M. le Président, M. Goutal affirme que les combustibles reconstitués tiennent fort bien au feu.

M. le Président signale que si le prix du charbon de bois a considérablement augmenté depuis que s'est posée la question de l'emploi des gazogènes, des appareils permettant la préparation de ce produit par les intéressés eux-mêmes, peuvent leur permettre de lutter contre cette augmentation. Il signale à cet égard les appareils de carbonisation qui sont exposés à Buc.

Un congressiste fait connaître qu'au Maroc, il y a surproduction de charbon de bois, et qu'ainsi, dans ce pays, la question du prix ne se pose pas.

Enfin, M. Goutal observe que les produits de la distillation sont de nature à rendre la carbonisation des plus avantageuses. Pour les résineux en particulier, on peut récupérer 100 kg. de goudron par tonne.

La séance est levée à midi.

2^e séance (après-midi)

La séance est ouverte à 14 h. 30, sous la présidence de M. Roszak.

La parole est donnée à M. Gramme, Ingénieur chimiste de l'Institut Polytechnique de Liège, qui donne lecture de sa communication sur « les combustibles colloïdaux ».

M. le Président, remerciant M. Gramme de son savant exposé de la question, rappelle ce qui a été fait en Amérique à ce sujet, et indique la séparation que produit le mélange d'huile et de charbon pulvérisé en présence de l'eau.

M. Le Monnier, Ingénieur agricole, Secrétaire général de la Société d'Etudes du Carburant National, entretient l'Assemblée de « la question des carburants paysans ».

M. le Président fait remarquer que cette communication ne fait pas double emploi avec celles des orateurs précédents. M. Le Monnier l'a envisagée au point de vue économique, et a montré comment on pourrait apporter un réel soulagement aux soucis de l'heure présente. Il signale en outre que la remarquable installation d'ensemble de l'exposition de Buc est due à M. Le Monnier.

M. Artus traite ensuite la question de « l'emploi de la force motrice en agriculture ».

A la suite de cette communication, M. Bonnamaux, Ingénieur agronome, Professeur à l'Institut Technique de Pratique agricole, exprime l'opinion que l'une des causes de l'insuccès de la Motoculture a été le manque de main-d'œuvre spécialisée. Il ne suffit pas d'avoir des tracteurs bien au point, ni même un carburant économique, il est nécessaire de former des mécaniciens ruraux exercés, qui sachent aussi bien conduire le tracteur que découvrir et réparer les multiples pannes qui peuvent survenir.

Il rappelle que M. Ringelmann, Professeur de Génie Rural à l'Institut National Agronomique, demande depuis de longues années la création d'une école pratique de mécanique rurale. M. Gougis, ancien Vice-Président de la Chambre Syndicale des Constructeurs de Machines Agricoles, a ouvert la voie à suivre en publiant son ouvrage « le Conducteur de Machines agricoles » et en recommandant la création de centres d'instruction des conducteurs de machines agricoles.

M. Bonnamaux rappelle que l'Allemagne poursuit à l'heure actuelle un très gros effort dans les stations d'essais des machines agricoles, pour former, multiplier tout un personnel d'ingénieurs constructeurs, inspecteurs mécaniciens et ouvriers spécialisés dans la conduite et l'entretien des instruments agricoles d'intérieur et d'extérieur de ferme.

Il y aurait lieu de suivre de très près cet effort et de ne pas nous laisser distancer par les Allemands.

La parole est alors donnée à M. du Boistesselin, sur « la Forêt française et la Sécurité nationale ».

M. Duchemin, sur la demande de M. le Président, entretient le Congrès de diverses questions dans les termes suivants :

« Vous me demandez, Monsieur le Président, de vous dire ce que je pense de la concurrence que pourrait faire le méthylène de synthèse à la carbonisation des bois ?

Je la crois grave, car cette fabrication synthétique n'est plus dans le domaine des hypothèses, mais bien une réalité.

La Badische Anilin Soda Fabrik produit, non seulement les quantités qui sont nécessaires au Consortium des Matières Colorantes allemand, mais encore un tonnage supplémentaire.

On peut donc craindre de voir se produire un abaissement brusque des prix de vente du méthylène pur et par conséquent la mise en péril de l'industrie de la carbonisation des bois de ce pays.

Et cependant, comme le disait tout à l'heure M. du Boistesselin, c'est une industrie « clé », qui est indispensable à la prospérité de la forêt française et à la défense nationale.

C'est la raison pour laquelle il faut envisager avec soin l'influen-

ce que peut avoir sur sa vie l'apparition des produits de synthèse. Tant qu'on ne fabriquait que de l'acide acétique de synthèse, le péril n'était pas grand, car l'acide synthétique répondra, dans ce pays, à un réel besoin si, comme tout le fait espérer, la fabrication de la soie à l'acétate de cellulose se développe, mais il n'en sera plus de même avec la fabrication de l'alcool méthylique synthétique.

Pour qu'en effet l'industrie de la carbonisation soit prospère, il faut que le montant des ventes des trois produits qu'elle fabrique : charbon de bois, acide acétique et méthylène, reste constant ou à peu près. C'est dire que quand l'acide acétique baisse, il faut que le méthylène monte.

Pourra-t-il en être ainsi le jour où ces deux corps seront fabriqués synthétiquement? On a le droit d'en douter.

Je crois donc, pour l'industrie de la carbonisation des bois, à une crise, mais à une crise momentanée.

J'ai la conviction, en effet, que l'on pourra lutter contre l'acide acétique de synthèse, le jour prochain où, au lieu de préparer ce corps, dans les usines de carbonisation, par décomposition de l'acétate de chaux par l'acide sulfurique, on l'obtiendra directement par concentration de l'acide pyroligneux.

Quant à la question du méthylène, elle peut être facilement résolue par l'État qui devrait réserver pour la dénaturation de l'alcool le méthylène acétoné, c'est-à-dire type régie produit par les usines de carbonisation, tandis que l'alcool méthylique synthétique est rigoureusement exempt d'acétone.

Si l'on veut, en temps de guerre, être assuré d'avoir les produits acétiques et méthyléniques nécessaires à la défense nationale, il ne faut pas compter seulement sur les produits synthétiques, dont la production est à encourager, mais qui pourraient du jour au lendemain venir à manquer; il faut maintenir sur le territoire national une forte industrie de carbonisation de bois, surtout qu'elle est appelée à fournir presque exclusivement, tout au moins au début, le charbon de bois nécessaire aux tracteurs à gaz pauvre.

Qu'on ne perde pas de vue, en effet, que si dans un certain temps, c'est-à-dire quand les appareils auront été perfectionnés, il sera possible d'employer tous les charbons de bois, même ceux cuits en forêt et renfermant des incuits, au début il est indispensable de ne s'adresser qu'au charbon de bois cuit en vases clos qui est rigoureusement exempt de fumerons.

Si on ne le faisait pas, on pourrait courir à de sérieux déboires et retarder l'expansion dans le public de l'emploi du charbon de bois comme carburant national.



Employer n'importe quel charbon de bois au lieu du charbon épuré, cela aurait la même portée que si, avant la guerre, on avait voulu faire absorber aux moteurs automobiles de l'essence lourde.

Je suis heureux, Monsieur le Président, de l'occasion que vous m'avez offerte de vous faire connaître très brièvement mon impression sur l'industrie de la carbonisation des bois qui, je le crois, mérite l'appui d'un Congrès comme le vôtre et des Pouvoirs Publics. »

M. l'Intendant Pineau, Directeur des Essences et Pétroles au Ministère du Commerce, donne les renseignements ci-après :

« 1° *Épuisement plus ou moins prochain des gisements de pétrole actuellement connus.* — L'affirmation suivant laquelle l'ère du pétrole toucherait à sa fin dans un très petit nombre d'années trouve, à ma connaissance, sa source dans les rapports qui ont été présentée à partir de 1918 par M. George Otis Smith, Directeur de « l'United States Geological Survey » ; elle a fait le tour du monde et trouvé des échos au sein même du Congrès. J'estime, pour ma part, qu'elle ne saurait être accueillie sans d'expresses réserves.

De telles déclarations officielles, qui ne pouvaient manquer d'énerver un marché aussi délicat que celui du pétrole, ont paru au contraire à certains servir très opportunément les thèses anglo-saxonnes pour le partage des gisements de pétrole qui restent à exploiter.

Au surplus, les événements ont semblé se plaire presque immédiatement à les contredire. Cinq années ont passé, sur les quinze ou dix-huit qui devaient s'écouler, d'après M. Otis Smith, avant que les gisements américains ne touchassent à leur épuisement. Cinq années au cours desquelles l'Amérique n'a cessé de se débattre, en proie à la plus grave crise de surproduction qu'ait peut-être connue l'industrie du pétrole depuis une très longue période. En fait, pendant ce laps de temps, la production n'a pas cessé de précéder la consommation, les stocks d'augmenter, à tel point que l'industrie du pétrole s'en est trouvée à certains moments démoralisée.

Il a suffi, pour en venir à cette situation, de l'entrée en jeu d'un petit nombre seulement de champs de Californie, dont on s'est efforcé par tous les moyens de restreindre la production.

J'en conclus, avec tout le respect que je peux avoir pour la science du Service Géologique Américain, qu'il est très difficile de faire dans cette matière la moindre prédiction, et je ne saurais pour ma part prétendre que l'industrie du pétrole touchera à sa fin dans cinquante plutôt que dans cent années. On ne peut en effet cuber un gisement de pétrole comme on le ferait d'un gisement de houille ou de minéral. Les évaluations sont faites d'après la courbe géné-

rale de production des puits, et pour les pays neufs sur une simple présomption.

Enfin, les prédictions de M. Otis Smith n'ont trait qu'aux Etats-Unis; elles laissent entières les immenses réserves de l'Amérique latine, du Proche-Orient, où notre diplomatie a pu nous assurer une part importante dans l'exploitation des gisements à venir, et de l'Extrême-Orient dont les richesses sont encore à peu près inconnues.

Si, sur cette question, j'ai tenu à exprimer mon opinion personnelle, c'est que d'une part j'estime que la France, dans le désir très légitime de réaliser des carburants de remplacement, n'en doit pas moins s'efforcer d'obtenir le contrôle de gisements de pétrole indépendants. C'est que, d'autre part, dans la recherche même des succédanés, on ne doit pas perdre un instant de vue l'importance des prix de revient, l'essence de pétrole restant pour longtemps, du fait même de la concentration et de l'intégration de l'industrie qui la produit, un concurrent des plus redoutables.

2° *Ravitaillement de l'Allemagne en combustibles liquides.* — J'en arrive maintenant au second point. Il semblerait résulter de certains chiffres, qui ont été cités au Congrès, que l'Allemagne aurait acquis, pour l'indépendance de son ravitaillement en combustibles liquides, une avance singulière.

Il est exact, en effet, qu'en 1913 l'Allemagne a importé 1.282.000 tonnes de produits du pétrole, et seulement 483.000 en 1923. Il n'en faudrait tout de même pas conclure qu'elle comble avec sa propre production la différence de 800.000 tonnes.

Il semble que, ce faisant, on perde complètement de vue le chiffre même de la consommation.

Or, en regardant de plus près les statistiques, on constate que la chute des importations s'est produite surtout sur des huiles de graissage, du fait de la grave crise industrielle que vient de traverser l'Allemagne, d'autre part et surtout sur le kérosène, dont ce pays avait fait en 1913 une énorme consommation (plus du double de la consommation française) et qu'il a réduite en 1923 des quatre cinquièmes.

Sur la consommation même d'essence, la chute des importations ne dépasse guère 100.000 tonnes.

Or, le développement de l'automobile en Allemagne est beaucoup moins considérable pour le moment qu'en France, puisque les statistiques signalent 100.000 véhicules environ, contre plus de 500.000 dans notre pays.

D'autre part, l'Allemagne n'a pas cessé de fournir les 150 à 180.000 tonnes de benzol auxquels elle semble immobiliser sa pro-

duction, et elle en affecte une large part à son carburant national (benzol, alcool et tétraline). Il faut remarquer d'ailleurs que si elle emploie le benzol, carburant de luxe et d'un haut prix de revient, l'Allemagne n'est pas toujours limitée par les considérations de prix auxquelles le consommateur français doit se soumettre. Si par exemple l'Allemagne a peu importé en 1922 et 1923, n'en doit-on pas rechercher au moins en partie les causes dans l'effondrement du mark, qui a élevé à cette époque autour de ce pays une véritable muraille de Chine?

Ces réflexions conduisent en particulier à réduire très notablement la participation des huiles de lignite dans le ravitaillement de l'Allemagne en combustibles liquides. Bien que la production de lignites se soit intensifiée au delà de 100.000.000 de tonnes, c'est à peine si, sur ce chiffre, 1.500.000 tonnes sont carbonisées. La plus importante des firmes se livrant à cette opération, la Deutsche Erdoël, signale dans son bilan de 1922-1923 qu'elle a produit 42.000 tonnes d'huiles. Remarquons que ce chiffre ne couvre pas la perte qu'a faite cette même Deutsche Erdoël en nous livrant Pechelbronn, dont, entre parenthèses, nous avons depuis l'armistice presque doublé nous-mêmes la production.

Je conclus de cet exposé que si l'exemple de l'Allemagne doit contribuer à nous stimuler, il est loin de devoir nous décourager. L'Allemagne a su prendre une avance incontestable pour la synthèse de certains hydrocarbures, mais il ne faut ni l'exagérer, ni oublier que nous sommes nous-mêmes à la tête du progrès dans d'autres domaines, comme nous l'avons vu pour l'emploi de l'alcool et pour la mise au point des gazogènes transportables.

En outre, M. Pineau suggère l'idée qu'en l'état actuel il serait désirable que la question de l'abaissement du prix de l'essence pour la motoculture fût étudiée.

Enfin, le discours de clôture est prononcé par M. Roszak, en l'absence de M. Huguet, député, Vice-Président du Comité Central de Culture Mécanique, empêché.

La clôture du Congrès est prononcée à 17 h. 30.

**COMMUNICATIONS PRÉSENTÉES
AU CONGRÈS DES CARBURANTS**

**NOTA. — Ces Communications sont publiées sous
l'entière responsabilité de leurs auteurs.**

COMMUNICATIONS PRÉSENTÉES
AU CONGRÈS DES CARBURANTS

NOTA : Ces communications sont publiées sous
l'égide scientifique de l'Institut de Carburants

COMMUNICATIONS PRÉSENTÉES AU CONGRÈS

*Discours de M. le Docteur CHAUBEAU, Sénateur
Président du Congrès.*

Messieurs,

C'est à la bienveillance particulière de M. le Ministre de l'Agriculture que je dois l'honneur d'occuper ici cette place, au milieu des chercheurs, des savants que vous êtes tous. M. le Ministre a bien voulu sans doute se souvenir que c'est sur mon initiative que les Chambres françaises ont créé le Comité Central de Culture Mécanique, qui a organisé ce premier Congrès. Au surplus, avant d'ouvrir vos débats, il y a peut-être quelque intérêt à expliquer ce qu'est, ce que veut le Comité Central de Culture Mécanique et pourquoi c'est sous ses auspices que vous allez mettre en commun vos idées et vos recherches.

C'était, Messieurs, en 1918. Depuis déjà un certain nombre d'années, tous les amis de la terre se préoccupaient gravement de notre main-d'œuvre rurale, toujours plus raréfiée, tandis que nos rendements culturels demeuraient inférieurs à nos besoins nationaux. Il leur était apparu que le machinisme pourrait, du moins partiellement, la suppléer, même pour les plus rudes travaux de la ferme, comme le labourage et les autres façons culturales.

Des initiatives privées, de grandes Sociétés, parmi lesquelles il faut placer au premier rang l'Automobile Club de France, ce merveilleux protagoniste du progrès mécanique, avaient organisé des concours de moteurs, des essais de labourage, de culture mécanique.

Les Pouvoirs publics s'étaient intéressés vivement à l'idée nouvelle. Comme je lui présentais, au printemps de 1913, à la tribune du Sénat, une suggestion, M. Clémentel, alors Ministre de l'Agriculture, promit, annonça pour l'automne un grand concours international de motoculture, avec essais contrôlés, qui devait avoir lieu à Grignon et dans des fermes privées, et durer trois années. La guerre interrompit ces expériences parfaitement ordonnées.

Après le départ des hommes valides et des chevaux de trait, le travail mécanique à la ferme apparut comme une nécessité urgente. Des essais officiels de courte durée furent hâtivement organisés, qui étaient surtout des prises de contact entre les agriculteurs d'une part, et, d'autre part, quelques industriels français revenus à leur modeste usine et surtout de gros importateurs de nombreuses machines étrangères.

Ensuite, le moment parut propice à M. Méline de créer, au Ministère de l'Agriculture, une grande Commission de Culture mécanique, qui devait orienter les constructeurs vers des solutions vraiment pratiques. Mais, comme le disait le Président de la Chambre Syndicale des Constructeurs de Machines Agricoles, ce n'est pas autour d'un tapis vert que pouvaient être trouvées les formules réellement utilisables; bien vite la Commission interrompit ses travaux.

De larges, très larges subventions furent enfin accordées, peut-être un peu inconsidérément distribuées, pour l'achat des appareils de motoculture, en particulier des tracteurs, toujours en grande majorité d'origine étrangère.

Entre temps, un service d'Etat avait été créé, peut-être aussi un peu inconsidérément, pour le travail mécanique des terres de nos régions libérées certes, mais aussi de l'ensemble du territoire.

Quoi qu'il en soit de ces organisations, qu'il serait aisé, mais oiseux de critiquer, une propagande réelle avait été ainsi instituée. De fait, à côté des importations qui continuaient nombreuses, nos constructeurs français commençaient à produire. La Chambre Syndicale nouvelle organisait des Semaines auxquelles se rendaient nombreux les cultivateurs intéressés. Aux champs, on parlait des tracteurs.

Cependant, vers le milieu de 1920, en dehors du service d'Etat, il n'y avait pas plus de 8.000 appareils sur l'ensemble du territoire. La construction française ne prospérait pas; les importations allaient diminuant. Des déceptions étaient venues, des doutes, des craintes, un peu partout chez les cultivateurs. Les expériences de quelques heures, si brillamment présentées qu'elles fussent, ne pouvaient pas les atténuer. On faisait bien voir aux agriculteurs des appareils cultivant la terre, mais on ne leur montrait pas à eux, hommes de fait, des machines, appréciées par une compétence reconnue et désintéressée, travaillant un sol à eux ou d'eux bien connu, avec, sur ce sol, les rendements cultureux définitifs, toutes conditions parfaitement définies.

J'ai cru vraiment satisfaisant à ces desiderata essentiels, en proposant aux Chambres la création du Comité Central de Culture Mécanique. Le problème de la Motoculture se présente sous un double aspect : mécanique et agronomique. Or, le Comité comprend : des techniciens de la mécanique, professeurs à l'Ecole Centrale et à l'Ecole des Arts et Métiers, chercheurs, constructeurs, importateurs; des techniciens de l'agriculture, professeurs aux Ecoles, agriculteurs notoires. C'est bien l'aréopage compétent et désintéressé. Le Comité institué, en liaison avec les Chambres, les Offices, des Stations expérimentales dans les diverses régions de ce pays, qui est,

comme dit Onésime Reclus, un résumé de la sphère entière. C'est bien le cultivateur mis à même de se renseigner positivement *de visu*. C'est aussi le constructeur dirigé certainement et assuré de ses débouchés. Le Parlement accepta cette solution : la loi du 10 mai 1921 créait le Comité Central.

Après quelques difficultés que réussit enfin à vaincre l'homme incomparablement dévoué et tenace que vous trouverez toujours là comme une sentinelle animatrice, M. Sainte-Marie, le Chef du troisième Bureau, le Comité fut constitué. Vous connaissez les hautes personnalités choisies : à la tête, mon vieil ami Plissonnier, ancien député de l'Isère, ancien élève des Arts et Métiers, constructeur d'une expérience reconnue, profondément imprégné des nécessités rurales; le Professeur Roszak, de l'Ecole Centrale, l'une des intelligences les mieux informées, les plus hardies, les plus ardentes de ce temps; M. Le Monnier, un agronome consommé, notoire, qui semble ajouter à ses connaissances infinies des choses de la terre comme la prescience de l'agriculture de demain; M. Lumet, l'éminent Chef de la Commission technique de l'Automobile Club de France, qui a apporté au Comité non seulement sa science et son dévouement, mais encore le magnifique laboratoire de l'Automobile Club de France; M. Auclair, le très distingué Président du Comité de mécanique à l'Office des Inventions; M. Coupan, l'une des personnalités de la culture mécanique par son savoir, son labeur et aussi son dévouement; et puis des agriculteurs de premier ordre, pénétrés les choses de la terre, au jugement sûr et précis : mon ami Huguet, député du Puy-de-Dôme; M. Artus, d'Epiais, un des premiers expérimentateurs du gazogène à bois, et tous les autres que le temps ne me permet pas de signaler.

Or, dès les premières séances du Comité, il fut aisément constaté que les tracteurs restaient sous les hangars, cela en raison du prix élevé de l'essence, carburant d'origine étrangère que nous payons au prix de l'or. La recherche d'un carburant à bon marché, d'origine française, apparut comme une nécessité première et une nécessité non seulement économique, mais aussi de défense nationale. Cette conception rallia bien vite l'Office National des Recherches et Inventions, le Ministère de la Guerre, celui des Colonies, l'Automobile Club de France qui, tous, envoyèrent des délégués. L'organisme de recherches d'un carburant français à bon marché était constitué.

Le Comité décida d'étudier d'abord le gaz pauvre, produit de la combustion du bois et du charbon de bois, et les huiles d'origines métropolitaine et coloniale. Des tracteurs agricoles, munis de gazogènes à bois et à charbon de bois, furent soumis à des épreuves sur le terrain à Essonnes, en septembre 1923, et à des essais au banc

en octobre de la même année. Avec la collaboration des Offices, ces mêmes tracteurs furent placés, durant la campagne qui s'achève, dans les fermes, au milieu des conditions normales de l'exploitation.

D'autre part, des moteurs à huile, expérimentés d'abord dans les ateliers de leurs constructeurs en décembre 1923, furent soumis à une seconde série d'essais au laboratoire en juin et juillet 1924.

Les résultats publiés de ces expériences diverses sont des plus concluants. Le labourage au gazogène à bois, les camions militaires à bois, donnent des prix de revient vraiment encourageants. Ces tracteurs, ces moteurs sont, à cette heure, exposés à Buc.

Poursuivant son œuvre, le Comité a décidé de faire appel aux chimistes. Il leur demande d'étudier la transformation des combustibles nationaux (métropolitains ou coloniaux) en carburants susceptibles de remplacer les dérivés du pétrole. C'est l'objet même de ce Congrès.

La France est si pauvre en pétrole: 1/1.000^e de la production mondiale. Elle en achète pour un milliard par an : quelle servitude économique et, au jour d'un danger, quelle servitude pour la défense nationale! Par contre, la France est riche en matières minérales et végétales : bois, lignites, huiles coloniales, betteraves. Elle est riche aussi en savants et en chercheurs : il suffit de lire le programme de ce Congrès.

Or, le terrain est déblayé. Le pétrole synthétique peut être obtenu. Les procédés de laboratoire sont pleins de promesses pour nous qui possédons peu de houille sans doute, mais de grosses réserves de lignites et pouvons produire dans nos colonies d'énormes quantités d'huile. Et l'application semi-industrielle commence.

Au Congrès vont être exposés les résultats acquis, confrontées les méthodes, mesuré le chemin parcouru, envisagé l'effort de demain. Vous aurez fait, Messieurs, œuvre grandement utile à la Nation.

Messieurs, je le répète, il n'était peut-être pas inutile d'expliquer pourquoi c'est sous les auspices du Comité Central de Culture Mécanique que vous allez mettre en commun vos idées et vos recherches sur les carburants liquides métropolitains et coloniaux, travaux qui intéressent certes singulièrement l'avenir de la motoculture française, mais aussi notre indépendance économique, et peut-être notre indépendance tout court.

Ces explications données, le moment me paraît venu de céder ma place au directeur qualifié de vos travaux techniques, dont le nom demeurera l'auréole de ce Congrès et dont les travaux paternels et personnels sont souvent les flambeaux directeurs de vos recherches, M. Daniel Berthelot, que je prie de prendre place à ce fauteuil.

Un point d'Histoire : La Méthode Universelle d'Hydrogénation de Marcellin Berthelot

Communication présentée par M. Charles ROSZAK,

Professeur à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.

Les études qui ont été entreprises depuis quelques années dans le monde entier en vue de trouver des substituts au pétrole naturel et à ses dérivés, donnent une singulière actualité à la méthode conçue il y a bientôt trois quarts de siècle par le grand chimiste français Marcellin Berthelot, et qui lui permit de transformer en carbures d'hydrogène tous les composés organiques généralement quelconques.

Depuis les carbures éthyléniques presque saturés d'hydrogène jusqu'aux carbures pyrogénés les plus riches en carbone, tels que la benzine, la naphthaline, l'anthracène, le bitumène; depuis les principes hydrogénés jusqu'à leurs dérivés perchlorurés; depuis les amides et les alcalis éthyliques jusqu'au cyanogène et jusqu'aux corps azotés complexes, tels que l'indigotine et l'albumine, c'est-à-dire sur plus de cent corps différents, Marcellin Berthelot a expérimenté sa méthode sans rencontrer de déception.

Le carbure d'hydrogène obtenu renferme d'ordinaire la même quantité de carbone que le produit initial, et est le plus hydrogéné parmi ceux qui offrent cette composition.

La méthode fut appliquée aux matières noires telles que l'ulmine, la houille, le charbon de bois, et ceci, avec succès. Elle justifie donc bien l'appellation de « méthode universelle ».

Un seul et même procédé : le composé organique est chauffé à 275° dans un tube scellé pendant 10 à 20 heures, avec un grand excès d'acide iodhydrique; l'acide doit être employé à l'état de solution aqueuse, saturée à froid, et sa densité doit être double de celle de l'eau. Marcellin Berthelot a évalué à une centaine d'atmosphères la pression développée dans le tube. L'excès du réactif sur le poids théorique nécessaire est d'autant plus grand que le composé organique est plus pauvre en hydrogène; ainsi, 20 à 30 parties d'hydracide (acide iodhydrique) suffisent pour une partie d'un alcool, d'un aldéhyde ou d'un acide de la série saturée, pourvu que ce dernier ne soit pas trop riche en oxygène. Au contraire, les corps

organiques et les composés cycliques exigent 80 à 100 fois leur poids de réactif; l'indigotine et les matières charbonneuses, encore davantage.

On connaît les propriétés, éminemment réductrices, de l'acide iodhydrique en solution aqueuse, propriétés qui s'expliquent par sa dissociation en iode et en hydrogène, à la température de 275° et même en dessous; la même décomposition se produit, en présence des principes organiques, et la plus grande partie de l'hydrogène libéré se porte sur les principes organiques, le surplus restant à l'état libre. La proportion de ce surplus varie suivant les corps traités, toutes choses égales d'ailleurs; le maximum d'hydrogène libre est obtenu dans la réduction des matières ulmiques et des carbures pyrogénés, très riches en carbone.

Tel est le principe sur lequel repose la méthode universelle d'hydrogénation que Marcellin Berthelot a mise en œuvre sur les plus grandes variétés de composés organiques, poursuivant ses patientes expériences de 1855 à 1857.

Ces expériences ont été les premières à mettre en lumière, en Chimie organique, les propriétés d'agents réducteurs que comportent les composés iodés.

Berthelot s'attacha surtout à étudier les produits extrêmes de l'hydrogénation comme étant les plus décisifs; ce sont les carbures d'hydrogène, et spécialement les carbures saturés $C^n H^{2n+2}$; en jouant sur les températures en jeu, la proportion d'acide iodhydrique et sa concentration, on pouvait réaliser, bien entendu, toutes les réductions intermédiaires; c'est ainsi que le phénol $C^6 H^0$ produisait d'abord de la benzine $C^6 H^6$; puis des hydrures de benzine, et enfin, de l'hydrure d'hexyle $C^6 H^{14}$; c'est ainsi que la naphthaline $C^{10} H^{18}$ fournit tour à tour les hydrures $C^{10} H^{10}$, $C^{10} H^{12}$, $C^{10} H^{14}$ et $C^{10} H^{22}$.

L'étude de la série aromatique et celle des carbures complexes fournissent une multitude de chaînes semblables de transformations; les produits intermédiaires sont les plus aisés à réaliser, et il est de plus en plus pénible de les saturer entièrement d'hydrogène.

La méthode générale d'hydrogénation réussit également avec les composés simples et avec les composés complexes, c'est-à-dire formés avec l'association de deux composés plus simples; ceux-ci se dédoublent en tout ou en partie, en reproduisant les deux carbures initiaux; de là une méthode générale de dédoublement, applicable aux composés complexes.

Examinons les procédés expérimentaux que comporte la méthode, qui ne fournit tous ses résultats — et spécialement ses résultats extrêmes — que dans des conditions qu'il importe de préciser.

1° *Concentration de l'acide et nature des corps réducteurs*

Berthelot employa, en général, un acide iodhydrique saturé à froid, dont la densité était double de celle de l'eau. Cet acide se prépare sans difficultés par la réaction de l'iode sur le phosphore rouge, en présence d'une petite quantité d'eau.

La proportion d'eau doit être suffisante pour prévenir la formation de l'iodhydrate d'hydrogène phosphoré.

Le gaz iodhydrique est dégagé, soit immédiatement, soit avec le concours d'une source de chaleur; il traverse un flacon laveur contenant un peu d'eau distillée qui se sature d'abord et agit ensuite pour arrêter les vapeurs d'iode; puis vient un flacon rempli à moitié d'eau distillée et entourée d'eau froide, ou même glacée.

On opère la saturation sans aucune précaution autre que l'absence de la lumière solaire et l'étanchéité des appareils, l'acide iodhydrique étant altérable par la lumière avec le concours de l'oxygène; le contact des substances organiques, telles que les bouchons en liège, doit être évité avec le plus grand soin.

Des hydracides de densité voisine de 2 ont permis à Berthelot de réaliser les réductions les plus poussées; un hydracide de densité 1,7 et même 1,55 peut encore produire certaines réductions intermédiaires, mais il devient insuffisant pour les réductions extrêmes: la benzine, par exemple, ne serait pas attaquée par un acide à ces degrés de concentration.

L'acide iodhydrique gazeux n'est pas préférable à l'hydracide dissous de densité 2; non seulement le gaz agit moins parce que son poids sous le même volume est incomparablement moindre que dans l'hydracide dissous, mais le gaz donne naissance à de l'iode libre, lequel exerce une action destructive et carbonisante beaucoup plus intense que celle exercée par l'iode dissous dans un excès d'acide iodhydrique liquide.

En outre, les phénomènes thermochimiques ne sont pas les mêmes dans les deux cas, parce que la destruction d'une partie de l'acide iodhydrique dissous donne lieu à la dilution du surplus dans le sein de la masse aqueuse, et ce phénomène est accompagné par un dégagement de chaleur considérable.

2° *Proportion relative de l'hydracide*

Le poids d'hydracide s'élève, dans certains cas, jusqu'à 80 ou 100 fois le poids du composé que l'on veut changer en carbure absolument saturé, mais une aussi forte proportion n'est pas indispensable lorsqu'il s'agit de réductions intermédiaires ou bien de la

transformation des éthers iodhydriques en carbures d'hydrogène; elle le devient, au contraire, lorsqu'on veut changer les acides en carbures d'hydrogène; la nécessité en devient absolue pour la benzine, les substances aromatiques et les carbures pyrogénés, et ceci s'explique : si l'on opère avec des quantités relativement faibles, la destruction d'une partie de l'hydracide, par suite de la réduction commençante, ne tarde pas à abaisser le titre de l'acide, dont le degré de dilution devient tel que toute réaction cesse.

Par exemple, la transformation de la benzine C^6H^6 en hydrure d'hexyle C^6H^{14} , exige théoriquement 8 équivalents d'hydrogène, c'est-à-dire d'iode, pour chaque équivalent de benzine; d'où il résulte qu'une partie de benzine détruit complètement un peu plus de 13 fois son poids d'acide iodhydrique sec, c'est-à-dire 19 à 20 fois son poids d'une solution aqueuse saturée. De même, une partie de naphthaline détruit plus de 14 fois son poids d'hydracide sec, et l'anthracène encore davantage.

Si l'on veut que la réaction se développe jusqu'au bout, sans que le titre de la liqueur tombe au-dessous de la limite d'activité, il faut employer un poids d'hydracide égal à 5 ou 6 fois environ le poids de celui qui serait strictement nécessaire, d'après les équivalents; ceci donne, en définitive, 80 à 100 parties d'hydracide pour une partie de substance organique.

3° *Température de la réaction*

Elle est très variable; certaines réductions commencent à la température ordinaire, d'autres ont lieu à 100, 150, 200 et 250°; ces températures doivent être déterminées pour chaque corps par une étude spéciale, mais lorsqu'on veut obtenir les réductions extrêmes pour aboutir à la préparation de carbures complètement saturés, il faut opérer vers 275° à 280°.

Par exemple, à 250°, la benzine n'est pas attaquée par l'acide iodhydrique; elle est complètement changée en carbure saturé C^6H^{14} vers 275°.

Au contraire, les carbures pyrogénés, qui ne sont pas relativement saturés comme la benzine, éprouvent une première hydrogénation dès la température de 200°; c'est le cas de l'anthracène; mais l'hydrogénation complète ne peut pas être obtenue à une température inférieure à 275°.

Ces observations expérimentales s'expliquent par le fait que l'acide iodhydrique en solution aqueuse n'éprouve qu'un léger commencement de décomposition spontanée jusqu'à la température de 270°; ce n'est qu'au-dessus de ce niveau thermique que la décomposition commence à devenir considérable.

En général, il faut se garder de dépasser 300°, parce que la décomposition spontanée de l'acide iodhydrique devient alors assez intense pour que l'hydrogène formé atteigne des tensions capables de briser les tubes; et même si les tubes résistaient, la tension de l'hydrogène qui subsiste à la température ordinaire, est assez grande pour que l'ouverture des tubes devienne dangereuse.

Enfin, vers le rouge sombre, l'iode mis en liberté carbonise et détruit complètement la plupart des carbures d'hydrogène. On voit que la limite de 280° fixée par Berthelot n'est pas arbitraire.

4° *Durée des réactions*

Il importe d'assurer un contact prolongé pour l'accomplissement des réactions de l'hydracide. Après deux ou trois heures, par exemple, la benzine ne fournit qu'une petite quantité d'hydrures saturés; les expériences doivent être prolongées pendant 10 à 12 heures au moins, et souvent pendant 24 heures.

5° *Appareils de chauffage*

Berthelot exécuta ses expériences à l'aide de bains d'huile dont la masse est maintenue à des températures constantes, à 2 ou 3° près; ces conditions ne peuvent être remplies avec exactitude par les procédés des blocs de fonte ou les bains d'air, qui ont pour eux les avantages de commodité et de propreté, mais dont les températures varient de 40 à 50° d'un point à l'autre.

6° *Vases*

Berthelot employa des tubes de verre, le tube étant favorable pour résister aux énormes pressions développées par les réactions.

On se rend compte de la valeur de ces pressions en se rappelant qu'il s'agit de chauffer, vers 280°, une solution aqueuse renfermant 70 % de son poids d'acide iodhydrique; en outre, il se dégage de l'hydrogène libre, lequel possède parfois encore une tension de 15 à 20 atmosphères, lorsque le tube a été ramené à la température ordinaire. La pression développée dans les tubes lorsqu'ils sont portés à 280° dépasse probablement une centaine d'atmosphères.

Les tubes sont de grande épaisseur, et il faut éviter la trempe des parties travaillées à la lampe, mais Berthelot surmonta facilement ces difficultés et expérimenta plus de 1.500 tubes qui ont résisté, la proportion des explosions n'ayant pas dépassé 1/5 des tubes mis en œuvre.

METHODE EXPERIMENTALE

1° Remplissage des tubes

Voyons d'abord le cas où la substance à traiter est liquide. Le tube est fermé par un bout, étranglé à l'autre; on prend soin de ne diminuer en aucun endroit le rapport entre l'épaisseur du tube et son diamètre intérieur; à travers l'étranglement, on fait descendre un tube capillaire, qui débite un courant d'acide carbonique, afin de substituer à l'air un gaz facile à absorber en fin d'expérience.

Ceci fait, on verse dans le gros tube, à l'aide d'un entonnoir effilé, l'acide iodhydrique dissous; le tube ne doit pas être rempli à plus de moitié de sa capacité intérieure, afin de permettre la dilatation des liquides.

On introduit alors la substance à traiter; on scelle le tube à la lampe, en ayant soin de le terminer par une pointe très fine et très courte.

Bien entendu, les proportions de solution aqueuse d'acide iodhydrique et de substance à traiter ont été soigneusement étudiées et pesées;

Si la solution à traiter est solide, elle est de même pesée et introduite à l'avance;

Si la matière à traiter est gazeuse, on place la solution iodhydrique dans une ampoule, dont on mesure le volume intérieur; on la scelle, et on l'introduit dans le tube d'expérience décrit ci-dessus; on étrangle celui-ci et on le remplit du gaz à traiter, par exemple l'oxyde de carbone. Opérant à une température et à une pression connues, on déterminera le volume du gaz par le jaugeage du tube d'expérience; les pointes de l'ampoule intérieure pourront être aisément cassées par quelques secousses.

Ce procédé peut être également employé pour les substances liquides à traiter, ainsi que pour certaines substances solides que l'acide iodhydrique altère immédiatement.

Les tubes en verre une fois remplis sont introduits dans des tubes Field en fer forgé, comportant un bouchon vissé; ce sont ces tubes qui sont plongés dans un bain d'huile porté à la température de 280°.

2° Ouverture des tubes. Récolte des produits

Le chauffage terminé, on retire du bain d'huile encore tiède, les tubes de verre, et on les laisse refroidir pendant quelques heures; on dévisse le bouchon, et on sort le tube en verre; cette dernière

opération devant être exécutée avec prudence, la pointe du tube étant fragile.

Lorsqu'il est refroidi à la température ambiante, le tube de verre est introduit dans un mélange réfrigérant, afin de diminuer autant que possible la tension des gaz. Le tube est introduit ensuite dans une grande éprouvette pleine de mercure et placée sur une cuve à gaz; moyennant quelques précautions, on brise la pointe effilée du tube, et les gaz se dégagent alors sans danger et sans perte.

Le gaz contient non seulement les produits gazeux de la réaction, mais aussi l'acide carbonique introduit au début de l'expérience, et le gaz iodhydrique dégagé par les solutions saturées; on élimine ces gaz étrangers par un petit fragment de potasse et une goutte d'eau; il reste alors l'hydrogène et les carbures gazeux, exceptionnellement de l'oxyde de carbone.

Quant aux liquides, ils se séparent en général en deux couches dans les tubes qui les renferment: l'une de ces couches est légère, formée par les carbures liquides contenant une trace d'iode en dissolution, l'autre est pesante, formée par une liqueur aqueuse qui contient l'acide iodhydrique non décomposé, l'iode libre, les acides organiques, l'ammoniaque, etc.

Pour séparer la couche légère, on élargit l'ouverture unique du tube et on y verse de l'eau à l'aide d'une burette graduée, de façon à faire remonter les carbures liquides jusque dans la partie étranglée. A ce moment on les décante à l'aide d'un tube effilé. On y rencontre de l'iode libre et une certaine proportion d'iode dissous qui n'est un peu notable qu'avec les carbures incomplètement saturés d'hydrogène; on dose cet iode libre à l'aide d'une solution titrée d'acide sulfureux. Au contraire, avec les carbures saturés, on ne trouve que des traces d'iode.

Après avoir recueilli les liquides saturés, on les distille.

Si le carbure est unique, sa rectification s'opère à point fixe; s'il y a un mélange de carbures distincts, on opère par la méthode des distillations fractionnées. Quant aux substances qui restent contenues dans la liqueur aqueuse, qui sont soit des acides, soit des alcalis, on les traite en déplaçant ces derniers par de la potasse ou en utilisant leurs propriétés de volatilité ou de solubilité dans l'éther, et il reste les acides qui peuvent être fort divers: on rencontre notamment l'acide acétique et l'acide butyrique.

Pour les isoler, on change l'acide iodhydrique en iode libre au moyen de l'acide sulfureux, on neutralise la liqueur avec le carbonate de plomb, on filtre, et le liquide qui passe ne renferme plus guère que de l'acétate ou du butyrate de plomb, que l'on traite

avec de l'hydrogène sulfuré pour en séparer le plomb; on filtre, on fait bouillir pour chasser l'excès d'hydrogène sulfuré, puis on sature la liqueur par le carbonate de chaux, et l'on évapore à cristallisation. Si l'acétate ou le butyrate de chaux demeurait souillé par un peu d'iodure, il faudrait le traiter par un peu d'acide sulfurique étendu, agiter la liqueur avec de l'éther, qui dissout l'acide organique, et agiter à son tour l'éther avec de l'hydrate de chaux pour régénérer le sel calcaire; on filtre la solution aqueuse et on précipite l'excès de chaux dissoute par l'acide carbonique; après ébullition, on filtre et on évapore, de façon à faire cristalliser l'acétate ou le butyrate de chaux.

Quant aux corps solides ou insolubles que l'on trouve dans la matière aqueuse, ils sont, ou bien des carbures solides, ou bien de la matière charbonneuse; les premiers sont faciles à isoler par une simple décantation suivie de lavages à l'eau pure, et les seconds, par lavages à l'eau et à l'acide sulfureux.

RESULTATS OBTENUS

Examinons enfin les résultats que la méthode universelle d'hydrogénation a donnés sur les matières charbonneuses, et nous entrerons alors tout à fait dans l'actualité.

Les matières charbonneuses, produits ultimes de la transformation polymérique des principes organiques, sur lesquels ont porté les expériences de Berthelot, sont les suivantes :

- Dérivés pyrogénés des carbures d'hydrogène,
- Dérivés naturels des hydrates de carbone, tels que le ligneux,
- Dérivés des hydrates de carbone modifiés par la chaleur ou les acides,
- La houille,
- La matière charbonneuse des météorites,
- Et enfin, par comparaison, diverses variétés de carbone pur, et les produits de leur oxydation.

1° *Dérivés pyrogénés des carbures d'hydrogène*

Berthelot prit comme type de ces dérivés ultimes le bitumène, c'est-à-dire le dernier carbure pyrogéné qui se forme par la condensation de la benzine; ce corps solide, noirâtre, à peu près insoluble dans tous les dissolvants, entre en fusion à haute température; traité dans les conditions qui précèdent à 275°, avec 100 parties d'acide iodhydrique saturé, et pendant 24 heures, la méthode

universelle donna naissance à des carbures liquides, dont le poids dépassait les 2/3 de celui du bitumène traité, l'autre tiers étant représenté par une substance charbonneuse. Le poids de l'iode libéré correspondait à environ 20 fois le poids du bitumène traité, mais le quart environ de cet iode répondait à la formation d'une certaine quantité d'hydrogène libre, le surplus répondant à l'hydrogène fixé sur le bitumène.

Soumettant à la distillation fractionnée les carbures liquides obtenus il fut trouvé, comme produits principaux :

1° De l'hydrure d'hexyle C^6H^{14} , entrant en ébullition à 70° , formant à peu près les 2/3 de la masse totale, et contenant une petite quantité de benzine;

2° Un carbure oléagineux, presque fixe, appartenant à la série des carbures saturés C^nH^{2n+2} .

La formation prédominante de la benzine et de l'hydrure d'hexyle sont caractéristiques en ce sens que le bitumène, dérivé de la benzine, la reproduit sous l'influence hydrogénante de l'acide iodhydrique.

2° *Dérivés naturels des hydrates de carbone*

Le bois réduit en copeaux, chauffé avec 80 parties de la solution d'acide iodhydrique pendant 24 heures, s'est changé en presque totalité — sauf une trace de charbon — en carbures liquides dont le poids représentait les 2/3 de celui du ligneux mis en expérience; l'hydrogène dégagé ne contenait qu'une faible partie de vapeurs hydro-carburées; les liquides obtenus par distillation fractionnée ont donné:

1° De l'hydrure d'hexyle C^6H^{14} , en quantité sensible et non mélangé de benzine;

2° de l'hydrure de duodécyle $C^{12}H^{26}$, bouillant vers 200° , et dont le poids formait environ la moitié du produit total;

3° Enfin, un carbure forménique oléagineux, volatil à haute température et répondant à la composition $C^{24}H^{50}$.

La formation de ces carbures s'accorde avec la constitution des principes les plus abondants dans le bois, dans lequel le carbone est multiple de six atomes, la composition du bois traité (bois d'alumettes) était la suivante :

Carbone	49 %	} 100 %
Hydrogène	6 %	
Oxygène	43 %	
Cendres.	2 %	

3° *Dérivés artificiels des hydrates de carbone*

1° Dérivés par les acides. — Berthelot opéra sur l'acide humique préparé en faisant bouillir pendant quelques heures le sucre de canne avec l'acide chlorhydrique concentré, puis en lavant le produit insoluble à grande eau et par décantation; c'est un produit brunâtre, charbonneux, insoluble dans tous les dissolvants.

Une partie d'acide humique fut chauffée à 275° avec 100 parties d'acide iodhydrique; il fut décomposé presque entièrement en carbures liquides, dont la distillation fractionnée a donné :

1° Principalement, un carbure répondant à la composition $C^{12}H^{26}$ entrant en ébullition vers 200°;

2° Un carbure oléagineux, se volatilisant seulement vers le rouge sombre, et répondant probablement à la formule $C^{24}H^{50}$.

En même temps que ces carbures peu volatils, il se produisit un grand volume d'hydrogène renfermant une portion sensible d'un carbure gazeux ou très volatil.

2° Dérivés par la chaleur. — Des fragments de charbon de bois bien carbonisés jusqu'au centre, tels que le charbon de fusain, léger et poreux, ont été traités à 280° en présence de 100 parties d'acide iodhydrique pour une partie de charbon de bois.

Un tiers du fusain avait résisté, ou plus exactement, s'était transformé en une matière agglomérée plus hydrogénée et voisine du bitume.

Les gaz étaient constitués par de l'hydrogène mélangé à une petite partie d'un carbure gazeux et très volatil.

Quant aux liquides, qui représentaient 70 % du poids du fusain, ils ont donné, par distillation fractionnée et en petites quantités :

1° De l'hydrure d'hexyle C^6H^{14} ;

2° De l'hydrure de duodécyle $C^{12}H^{26}$, produit principal;

3° Un carbure oléagineux, presque fixe, formant environ 1/3 du produit et répondant probablement à la formule $C^{24}H^{50}$.

Ainsi, les carbures formés à l'aide du charbon de bois sont les mêmes que ceux qui dérivent du bois lui-même, ce qui prouve que la carbonisation n'a pas détruit complètement la structure chimique des principes immédiats du bois.

4° *Houille*

La houille fut soumise à l'action réductrice de l'acide iodhydrique à la température de 270° et dans la proportion de 100 parties d'hydracide pour 1 de houille.



Berthelot désignait cette houille, dont l'origine ne lui était pas connue, comme se rattachant aux espèces qui fournissent de 4 à 5 centièmes de goudron.

Un poids représentant un peu plus du 1/3 du poids de la houille résistait à l'attaque et donnait une matière charbonneuse agglomérée, analogue au bitume. Les liquides représentaient 60 % du poids de la houille primitive, soit 12 à 15 fois plus que la carbonisation de cette houille aurait pu donner en goudron.

Par distillations fractionnées, le liquide obtenu a donné un peu d'hydrure d'hexyle C^6H^{14} , contenant une petite quantité de benzine, puis divers carbures qui offraient les propriétés générales des carbures saturés.

Les produits les plus lourds étaient constitués par des produits oléagineux, volatils vers le rouge sombre, et analogues à ceux fournis par les bois et les charbons de bois.

Ici la houille, comme le charbon de bois, représente l'association de dérivés polymérisés de ceux qui constituent la fibre végétale; ces dérivés peuvent encore être saturés d'hydrogène et ramenés à l'état de carbures forméniques.

On voit que ses expériences ont permis à Berthelot de transformer le fusain et la houille en huile de pétrole, et ceci donna à penser au grand chimiste qu'on pouvait en tirer une hypothèse sur l'origine des pétroles : les pétroles américains sont principalement formés par ces mêmes carbures saturés d'hydrogène, dérivés ultimes de tous les principes organiques de ses expériences. La formation des pétroles dans la Nature ne pouvait-elle pas être attribuée à des réactions analogues à celles qu'il reproduisait, soit que la houille et les débris organiques enfouis dans le sol éprouvassent quelque part l'influence réductrice de l'eau et des métaux alcalins agissant simultanément, soit peut-être même que ces débris organiques fussent réduits par l'hydrogène libre, ou naissant, dans des circonstances spéciales?

5° Matière charbonneuse des météorites

On sait que la matière charbonneuse que renferment certains météorites contient à la fois du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène et peut être rapprochée des composés humiques.

La méthode universelle d'hydrogénation a transformé cette matière charbonneuse en une proportion notable de carbures forméniques C^nH^{2n+2} comparables aux huiles de pétrole, mais ceci, avec plus de difficultés que pour la houille.

Le peu de matières dont disposa Berthelot ne lui permit que des expériences qualitatives, mais la formation de produits analogues

à ceux que donne le traitement de la houille lui permit de signaler l'analogie entre la matière charbonneuse des météorites et les matières charbonneuses d'origine organique de notre Terre.

6° *Carbones purs*

Plus le charbon de bois se rapproche de l'état de carbone pur, moins il devient attaquable par l'acide iodhydrique; le coke n'est plus attaqué par ce réactif, le graphite naturel non plus. Le carbone obtenu par la décomposition du carbonate de soude par le phosphore résiste également.

Enfin, le charbon de bois cesse tout à fait d'être attaqué directement par l'hydracide, lorsqu'il a été complètement dépouillé de son hydrogène, ce qui peut être réalisé à l'aide du chlore agissant au rouge; cependant, ajoute Berthelot, le carbone qui dérive du charbon de bois et de tous les autres composés organiques conserve encore la trace de son origine et de sa structure physique et chimique, et de fait, à l'aide de deux réactions successives, opérées par voie humide, le carbone pur de cette origine put être transformé en carbures d'hydrogène: observant que le carbone pur possède la propriété de se dissoudre lentement à 80° dans l'acide azotique, Berthelot traita le composé brun obtenu par la méthode universelle et, à 280°, il put le transformer dans les mêmes conditions que précédemment en carbures forméniques C^mH^{2m+2} , analogues à ceux que donne le bois.

C'était là la première expérience qui permettait de transformer à moins de 300°, par voie humide, du carbone pur en carbure d'hydrogène.

Berthelot étudia également la transformation du graphite, non pas sur le graphite lui-même, qui résiste aux réactions, mais sur ses dérivés par oxydation.

Trois variétés de graphites furent traitées: la plombagine, le graphite de la fonte et le graphite obtenu par l'arc électrique.

Les oxydes graphitiques ne fournissent pas immédiatement des carbures d'hydrogène à 280° sous l'action de l'hydracide, qui les change simplement en oxydes hydrographitiques, mais il en est autrement avec les oxydes pyrographitiques, qu'il est facile de préparer en chauffant les oxydes graphitiques; et de fait, en chauffant l'oxyde pyrographitique de la plombagine avec 80 parties d'acide iodhydrique à 280°, Berthelot obtint de l'hydrogène gazeux renfermant 6 centièmes de méthane. La totalité de la matière n'éprouvait pas la transformation qui donne naissance au gaz des marais: une portion considérable demeurait sous la forme d'une poudre noire et charbonneuse.



Les oxydes pyrographitiques dérivés de la fonte et du graphite électrique, se sont comportés d'une manière semblable.

Jetons un coup d'œil d'ensemble sur les résultats donnés par la méthode universelle d'hydrogénation :

1° Poussée jusqu'à son terme extrême, cette méthode a permis de transformer un composé organique quelconque en un carbure saturé d'hydrogène et renfermant le même nombre d'atomes de carbone; ainsi l'alcool C^2H^6O , l'aldéhyde C^2H^4O , l'acide acétique $C^2H^4O^2$, l'acétamide C^2H^5AzO , l'éthylamine C^2H^7Az , le cyanogène C^2Az^2 , le chlorure de carbone C^2Cl^6 , ont tous pu être changés en hydrure d'éthyle C^2H^6 .

La benzine C^6H^6 , le phénol C^6H^6O , l'aniline C^6H^7Az , la benzine perchlorée C^6Cl^6 , l'acide benzino-sulfurique $C^6H^6SO^3$, ont pu également être tous changés en hydrure d'hexyle C^6H^{14} .

Le résultat s'applique donc aux corps de la série aromatique aussi bien qu'aux corps de la série grasse.

2° Les carbures benzéniques et les autres corps non saturés n'arrivent pas toujours du premier coup à la saturation complète par l'hydrogène, mais ils peuvent fournir toute une série de termes intermédiaires; c'est le cas, en particulier, des hydrures relativement saturés ou carbures cycliques, carbures plus hydrogénés qui participent des propriétés des carbures absolument saturés.

Par exemple, l'aldéhyde benzilique C^7H^6O , l'acide benzoïque $C^7H^6O^2$, la toluidine et ses isomères C^7H^9Az , ne fournissent l'hydrure tout à fait saturé C^7H^{16} qu'après être passés par le stade du toluène C^7H^8 .

3° Le chlore, le brome et l'iode sont remplacés par l'hydrogène en fournissant d'abord des composés équivalents, puis des carbures saturés, par exemple les benzines chlorées C^6H^5Cl et C^6Cl^6 , fournissent d'abord la benzine C^6H^6 , puis l'hydrure d'hexyle C^6H^{14} .

4° Dans les alcools proprement dits, les éléments de l'eau sont remplacés d'abord par un volume égal d'hydrogène; l'alcool ordinaire C^2H^4 (H^2O) fournit le carbure C^2H^4 (H^2); le phénol C^6H^6O fournit la benzine C^6H^6 , etc.

5° Les aldéhydes et les acétones fixent de l'hydrogène en même temps qu'ils échangent les éléments de l'eau contre un volume égal d'hydrogène; ainsi l'aldéhyde ordinaire C^2H^4O ou C^8H^2 (H^2O) devient C^2H^2 (H^2) (H^2) ou C^2H^6 .

6° Les acides à fonction simple échangent d'abord leur oxygène contre l'hydrogène, à volumes gazeux égaux.

L'acide acétique $C^2H^4O^2$, l'acide butyrique $C^4H^8O^2$, l'acide benzoïque $C^7H^6O^2$, se changent en carbures tels que $C^2H^4(H^2)$, $C^4H^8(H^2)$, $C^7H^6(H^2)$.

Les acides bibasiques, tels que l'acide succinique $C^4H^6O^4$, fournissent d'abord des acides monobasiques tels que l'acide butyrique $C^4H^6(H^2)O^2$, puis des carbures tels que $C^4H^6(H^2)(H^2)$.

7° Les éthers composés se changent en deux hydrures saturés correspondant l'un à l'alcool, l'autre à l'acide générateur.

8° Les alcalis reproduisent l'ammoniaque et les carbures générateurs. Ainsi l'éthylamine C^2H^7Az reproduit C^2H^6 et AzH^3 .

9° Les amides et les nitriles reproduisent l'ammoniaque et le carbure saturé qui correspond à l'acide générateur. Par exemple, l'acétamide C^2H^5AzO régénère l'ammoniaque et l'hydrure d'éthyle C^2H^6 .

10° Les carbures d'hydrogène complexes ou polymères s'ils ne sont pas déjà saturés d'hydrogène, éprouvent en général un doublement partiel dans l'action de la saturation. En même temps qu'une portion fournit un carbure saturé renfermant le même nombre d'atomes de carbone, une autre portion se scinde en carbures plus simples, correspondant aux générateurs; par exemple, le styrolène $C^6H^4(C^2H^4)$ fournit d'une part un hydrure C^8H^{10} et d'autre part, par dédoublement, C^6H^6 et C^2H^6 .

Cette reproduction a lieu même avec les dérivés très éloignés, tels que le bois et les matières charbonneuses, lesquels donnent naissance à des carbures saturés C^6H^{14} et $C^{12}H^{26}$ correspondant aux glucoses générateurs.

Tels sont les résultats considérables auxquels sa méthode universelle d'hydrogénation a conduit Marcellin Berthelot et qui lui ont permis, voici déjà de longues années, d'obtenir des carbures d'hydrogène liquides et de transformer des matières telles que le charbon de bois et la houille en huiles de pétrole.

Plusieurs procédés modernes, qui sont encore à l'étude dans les Laboratoires ou en cours de réalisation semi-industrielle, s'en sont visiblement inspiré; c'est pourquoi nous avons cru devoir, devant ce Congrès, fixer ce point d'histoire en rappelant qu'un grand Chimiste français a réalisé, il y a plus de 70 ans, par une méthode d'une sûreté et d'une netteté extrêmes, le problème de la formation de pétroles synthétiques à partir de combustibles végétaux et minéraux d'origine nationale.

Obtention des Combustibles liquides, par le procédé Bergius ⁽¹⁾

Communication de M. André KLING

Docteur ès Sciences, Directeur du Laboratoire Municipal de Chimie.

La recherche et la production de combustibles spécialisés, c'est-à-dire adaptés à l'alimentation rationnelle des moteurs construits en vue de rendements maxima, dans la réalisation du travail qui leur est demandé, constitue l'un des problèmes les plus captivants de notre époque. A l'heure actuelle, ce problème, non seulement conditionne les progrès industriels et sociaux des peuples civilisés, mais encore c'est de sa solution que dépend la sécurité de chacun d'eux; aussi la poursuite de cette solution oriente-t-elle vigoureusement la politique extérieure des uns et des autres. C'est la raison pour laquelle je ne pense pas encourir le risque d'être taxé d'exagération en énonçant que si, à l'heure présente, et d'une manière définitive, tous les peuples du monde civilisé étaient pourvus, en abondance, des combustibles spéciaux qui leur sont nécessaires, la paix universelle reposerait sur des fondements autrement solides que ceux qui lui sont assurés par l'échange de signatures au bas d'accords et de traités, dont la vie n'est souvent que chétive et éphémère.

Aussi, et principalement depuis la guerre, se sont multipliées les études et les recherches, en vue de transformer les combustibles inférieurs, dont disposent les pays les moins fortunés, en d'autres, de valeur supérieure, en particulier en hydrocarbures liquides analogues à ceux qui sont extraits des gisements naturels, et dont la consommation a pris une telle importance, depuis l'apparition des moteurs à explosion, qu'elle menace de tarir rapidement et définitivement les sources naturelles, dont la capacité est, somme toute, assez limitée.

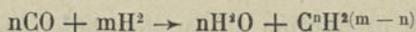
Les premiers essais dans cette voie ont consisté à modifier les conditions de distillation des houilles, en combustibles solides analogues, dans le but de modérer la pyrogénéation des éléments distilla-

(1) Le Comité Central de Culture Mécanique n'a pas visité les usines de Mannheim-Rheinau, mais ces installations ont été visitées par M. Kling, l'auteur de cette communication.

bles qu'ils contiennent et d'accroître, de ce fait, la production d'hydrocarbures légers résultant de la distillation, au détriment de celle des carbures condensés: naphthaléniques, anthracéniques, etc... et du coke.

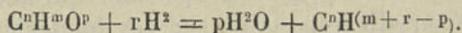
Mais, comme cette solution, non pourtant dénuée d'intérêt, ne permettait pas d'accroître énormément les rendements en hydrocarbures légers, les chercheurs s'orientèrent vers d'autres moyens.

L'étude de la gazéification du coke, à l'état de gaz à l'eau, suivie d'essais en vue d'obtenir la transformation suivante :



sous l'influence de catalyseurs variés, fut également abordée de divers côtés, mais ces tentatives n'ont pas encore jusqu'ici, à ma connaissance, abouti à des résultats industriels intéressants.

Aussi d'autres chercheurs, parmi lesquels notre collègue M. le Professeur Mailhe, s'attaquèrent-ils aux procédés d'hydrogénation catalytique appliquée, non plus à des composés monocarbonés du genre de CO, mais à des molécules constitués par les chaînes hydrocarbonées assez longues et partiellement oxydées, telles que celles des matières grasses ou des acides gras, en vue de réaliser la réaction très schématique suivante :



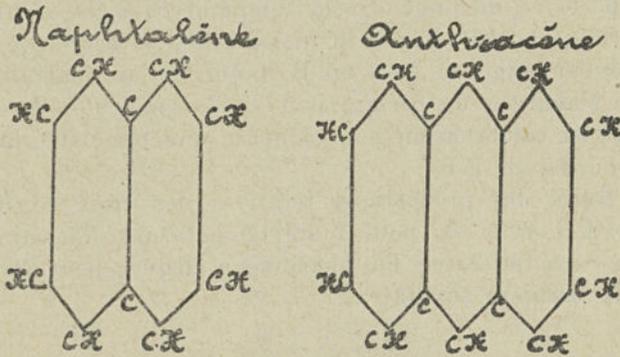
Je me contenterai de signaler ces procédés, sans m'étendre à leur sujet, puisque nous aurons tout à l'heure la bonne fortune d'entendre M. Mailhe nous exposer les résultats des intéressants travaux qu'il a poursuivis sur cette question.

Nous avons déjà signalé précédemment que la distillation de la houille et des combustibles analogues, suivant qu'elle est conduite sous faible pression et à basse température, ou à la pression atmosphérique et par conséquent à pression plus élevée, fournit des produits de distillation nettement différents. Dans le premier cas, les portions condensables renferment, en assez grande quantité, des molécules appartenant aux séries hydrocycliques (par exemple les dérivés du cyclohexane C^6H^{12} et ses homologues). Dans le second, au contraire, les dérivés hydrocycliques ont disparu; ils ont fait place à des dérivés cycliques (aux dérivés du benzène C^6H^6 et de ses homologues), en même temps qu'à côté de ces derniers se rencontrent des carbures de poids moléculaires élevés, résultant de la soudure entre eux de noyaux benzéniques.

De même, les produits gazeux de la distillation sont notablement différents en quantité et en qualité dans les deux cas, l'hydrogène étant plus abondant lors de la distillation effectuée à haute température, qu'au cours d'une opération menée à température moins élevée.

C'est qu'en effet, sous l'influence de l'élévation de température, les divers constituants des combustibles soumis à la distillation ont subi une pyrogénéation qui les a décomposés et transformés, d'une part en produits gazeux ou légers, parmi lesquels l'hydrogène tient une place importante et, d'autre part, en produits lourds, résultant de la soudure de molécules partiellement déshydrogénées et amputées de leurs chaînes latérales.

Or les houilles et autres combustibles analogues ne sont pas les seules substances se comportant de la sorte, sous l'influence de la



chaleur. Si, en particulier, on soumet à une brusque élévation de température des huiles lourdes, c'est-à-dire des mélanges complexes d'hydrocarbures de poids moléculaire élevé, on les voit, vers 500° à 600°, subir des transformations dont le résultat se manifeste par un sectionnement de leurs chaînes en des tronçons plus courts; elles fournissent ainsi d'autres hydrocarbures gras, de poids moléculaires plus faibles, partant de point d'ébullition moins élevé, en mélange avec de l'hydrogène. Plus haut, entre 650° et 800°, les transformations qu'elles subissent deviennent plus profondes et aboutissent à la production d'hydrocarbures hydroaromatiques, puis aromatiques, toujours avec dégagement d'hydrogène.

Ce mode de pyrogénéation des huiles lourdes, découvert accidentellement vers 1855 et breveté par Young en 1865, constitue l'opération du « cracking » (to crack, se fendre, se rompre), opération à laquelle il fut largement demandé, surtout durant la guerre, de

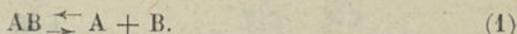
fournir des hydrocarbures légers, en particulier des carbures aromatiques, et qui constitue encore actuellement une source à laquelle on emprunte des essences pour les moteurs à combustion interne.

Envisagé dans son principe, je considère, pour ma part, que le procédé du Cracking se résume en une suite de dissociations rendues irréversibles par l'intervention de réactions secondaires aboutissant à la production de mélanges plus ou moins complexes.

Je m'explique :

Considérons un composé, AB, tel que par exemple HI, susceptible, entre les limites de températures dont nous disposons, de se dissocier. Lorsqu'il sera soumis à une élévation de température suffisante, il se dissociera partiellement en fournissant un mélange contenant simultanément AB, A et B, dans des proportions respectives exactement définies, pour la valeur de la température à laquelle est porté le mélange. Si la température s'élève, une nouvelle proportion de AB subira la dissociation et accroîtra la concentration du mélange en A et en B, tandis qu'au contraire, si la température s'abaisse, un certain nombre de molécules de A et de B rentreront en combinaison pour fournir une quantité correspondante du composé de AB.

C'est la fixité des proportions relatives des trois constituants du mélange AB, A et B, pour toute température déterminée, qui constitue la caractéristique du phénomène, lequel peut être schématisé de la manière suivante :



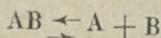
ce schéma mettant en évidence la réversibilité du phénomène.

Mais la constance du rapport :

$$\frac{(AB)}{(A) \times (B)} = K. \quad (2)$$

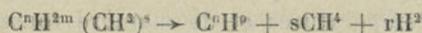
(K = Constante)

pour une valeur déterminée de la température, ne peut se réaliser qu'autant, qu'au cours de son évolution, le mélange ne cesse d'être constitué par les mêmes éléments; autrement dit que la fraction de AB, demeurée encore non dissociée, reste identique à ce qu'elle était au moment où elle était considérée pour une autre valeur de la température et que A et B restent également identiques à eux-mêmes. En particulier, si A ne reste pas A, mais devient A¹, les deux équations (1) et (2) ne seront plus satisfaites, la réaction schématisée par :



n'est plus réversible, en sorte que, lorsque le composé AB, originellement à t° , a été porté à T° , puis qu'il est ramené à la température initiale t° , son état final différera de son état initial.

Ce mécanisme est précisément celui qui caractérise les réactions du cracking, opération dans laquelle des molécules de poids moyen subissent des dissociations telles que, par exemple :



suivies immédiatement de condensations de la part des molécules incomplètes C^nH^p , lesquelles, non saturées, se combinent à elles-mêmes, se polymérisent, pour donner des molécules plus grosses que celles dont elles proviennent. A leur tour les molécules polymérisées se dissocient et leurs restes déshydrogénés se recondensent suivant le même mécanisme. En sorte que, durant la période de refroidissement du mélange des produits de dissociation résultant du cracking, les restes déshydrogénés et polymérisés ne se recombinent plus ni avec H^2 ni avec CH^4 , ni avec les carbures analogues, les quels, en fin d'opération, vont se retrouver à l'état de liberté. Et, de ce fait, le cracking d'hydrocarbures lourds fournit toujours un mélange de carbures beaucoup plus légers, d'une part, et de carbures beaucoup plus lourds, d'autre part, que ceux dont on était parti. Les carbures plus légers sont représentés principalement par hydrocarbures oléfiniques, associés à de l'hydrogène, à du méthane, ou à ses homologues immédiats, lesquels proviennent de la rupture des chaînes latérales, ainsi que par des carbures naphténiques et aromatiques formés d'après la généalogie suivante :

Carbures oléfiniques \rightarrow carbures naphténiques \rightarrow
carbures aromatiques.

Quant aux carbures plus lourds et aux résidus charbonneux qui les accompagnent, ils résultent précisément des condensations subies par les restes incomplets provenant des dissociations génératrices d'hydrogène; leur production, en particulier celle du coke de cracking, a pour résultat de diminuer considérablement les rendements en essences légères et de provoquer de continuel encrassements des appareils.

Puisque la diminution de rendements, dans l'opération du cracking, a pour point de départ une déshydrogénation, il était logique de tenter d'effectuer le chauffage des huiles à cracker dans des conditions qui s'opposassent à cette déshydrogénation, génératrice de molécules incomplètes susceptibles de se polymériser et

de se détruire à leur tour, suivant un processus aboutissant à la formation de résidus charbonneux.

Dès 1904, Ipatief, opérant sur des molécules possédant diverses fonctions organiques et les chauffant sous une pression élevée réalisée, soit par le fait de leur vaporisation dans un espace très limité, soit par introduction d'un gaz étranger, en particulier de l'hydrogène, avait constaté que les réactions de pyrogénéation s'effectuaient à des températures et de manière toutes différentes suivant qu'elles étaient ou non réalisées en présence d'hydrogène pré-introduit. Il avait vu que, dans le cas de chauffage en présence d'hydrogène comprimé, les produits obtenus étaient plus hydrogénés que ceux qui sont obtenus en l'absence de ce gaz. Il avait reconnu en outre que le métal avec lequel était construit l'autoclave jouait un rôle important, en tant que catalyseur des réactions de pyrogénéation sous pression.

Les réactions d'hydrogénation à température élevée et sous forte pression d'hydrogène ayant fait l'objet des travaux d'Ipatief avaient déjà été réalisés, dès 1869, par M. Berthelot, qui, utilisant l'acide iodhydrique agissant vers 300°, comme agent universel d'hydrogénation, l'avait appliqué au traitement d'une multiplicité de composés organiques divers, en particulier à la houille et aux autres combustibles minéraux. Mais, à mon sens, le mécanisme de l'hydrogénation n'est pas le même dans le cas d'emploi de l'hydrogène sous pression et dans celui de l'acide iodhydrique. Dans les deux cas, l'hydrogène libéré agit bien pour s'opposer aux dissociations trop avancées, et pour se fixer sur les tronçons de molécules; mais, dans le cas d'emploi d'acide iodhydrique, il se produit également des dérivés organiques iodés, soit par fixation d'iode sur les liaisons non saturées, soit par substitution. Ces dérivés subissent des dissociations ultérieures et ce sont les produits de ces dissociations qui, s'hydrogénant, fournissent en fin de compte les produits définitifs, tandis que dans les expériences d'Ipatief, ce sont les molécules initiales elles-mêmes qui se dissocient et leurs produits de dissociation qui s'hydrogénéisent ensuite.

Il serait, du reste, fort intéressant de comparer la nature et la proportion des produits obtenus dans l'emploi des deux procédés, parallèlement appliqués à la même substance initiale.

LE BREVET BERGIUS

Alors qu'Ipatief poursuivait avec succès une longue suite de travaux fort remarquables, mais entrepris dans un esprit exclusivement scientifique, apparut en Allemagne, le 5 mai 1913, un bre-

vet Bergius demandé également en France le 6 avril 1914 et délivré à Paris sous le N° 470.551.

Ce brevet revendiquait :

1° Un procédé pour l'obtention, par la chaleur, d'hydrocarbures légers, en partant d'hydrocarbures lourds, caractérisé par le fait que les hydrocarbures sont hydrogénés pendant le chauffage au moyen d'hydrogène comprimé;

2° Un procédé pour l'obtention d'hydrocarbures légers, en partant d'hydrocarbures lourds, à points d'ébullition élevés, tels que résidus, huiles de goudron, qui, à la chaleur, ont une forte ten-

Chargement :

Huile de Panuco: 429 gr^e

Foudre oxyde de fer: 25 gr^e

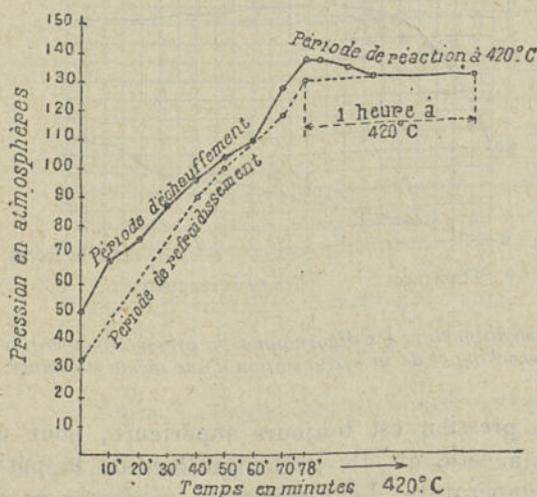


FIG. 1. — Diagramme d'hydrogénation d'une huile de Panuco.

dance à se carboniser, caractérisé par le fait, qu'au lieu d'hydrogène, on emploie un gaz comprimé indifférent, tel que l'azote, l'oxyde de carbone, le méthane, et que, lors du chauffage, on reste au-dessous d'une température de 420° centigrades, pour éviter la carbonisation.

Mon dessein n'est pas de m'attarder à examiner si les travaux de Berthelot et d'Ipatief constituent ou non des antériorités à opposer au premier brevet Bergius, cette discussion n'étant pas ici

à sa place, aussi passerai-je immédiatement à l'examen des résultats obtenus dans l'application des données de ce brevet.

Examinons tout d'abord ceux qui ont été obtenus par MM. Bruylans, Erculisse, et par moi-même, au laboratoire, en utilisant des autoclaves de 1 à 2 litres de capacité, au cours de travaux que nous avons entrepris pour vérifier les faits annoncés par l'auteur.

Si, dans une bombe métallique appropriée, on enferme une masse suffisante d'hydrocarbures lourds, tels, par exemple, qu'un asphalte, une huile de Perse, un goudron, etc., dont quelques centièmes seulement distillent avant 200°, et qu'on la soumette au chauffage jusqu'aux environs de 440°, on voit que la pression, à l'intérieur de la bombe, s'élève peu à peu, en fonction du temps de chauffe. En outre, lors du refroidissement, on constate que la

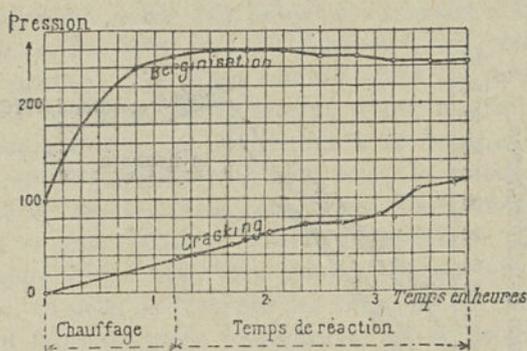


Fig. 2. — Comparaison entre les diagrammes de pression-température dans le cas de cracking et de la berginisation d'une même substance.

valeur de la pression est toujours supérieure, pour une température donnée, à celle qu'elle présentait lors de la période d'ascension de la température. Le résultat est conforme à celui attendu, en raison de la production d'hydrocarbures légers résultant du cracking, des molécules à gros poids moléculaire.

Si, maintenant, dans cette même bombe, contenant le même produit que celui utilisé dans l'expérience précédente, on introduit de l'hydrogène sous une pression initiale d'une soixantaine d'atmosphères, puis qu'on procède au chauffage de l'ensemble jusqu'à 440-480°, c'est-à-dire dans les conditions spécifiées au brevet Bergius, on remarque que la pression commence par croître à peu près linéairement tant que la température s'élève, le gaz et les vapeurs d'hydrocarbures obéissant à la loi de Gay-Lussac, puis, qu'au moment où la température a atteint son régime constant, la pression con-

tinue encore à croître durant un temps variable, après quoi elle manifeste une décroissance progressive. La période de décroissance correspond à celle d'une absorption d'hydrogène, dont la disparition n'est pas compensée, au point de vue pression, par la surpression provenant des produits légers formés (Fig. 1).

Au refroidissement, la courbe des pressions en fonction des températures est toujours située au-dessous de celle parcourue lors de la période de chauffage et, lorsqu'on est revenu à la température ambiante, la différence entre la pression initiale permet de mesurer approximativement la quantité d'hydrogène disparue par réaction.

Les courbes de la fig. 2, correspondant, l'une au cracking, l'au-

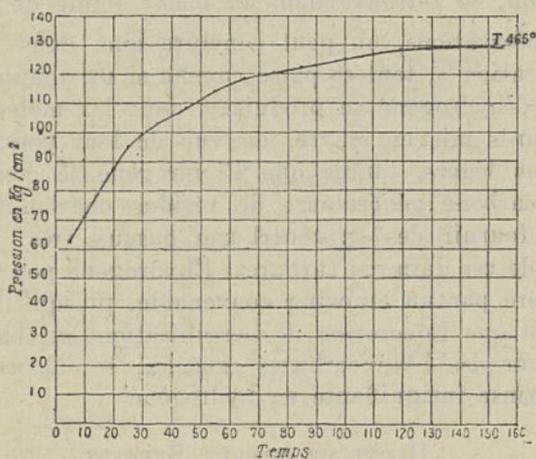


FIG. 3. — Berginisation d'une huile de Perse.

tre à la berginisation d'une huile, font ressortir la différence entre les deux processus de réaction.

Chaque matière première présente naturellement une courbe spécifique de berginisation.

Voyons, par exemple, les résultats obtenus avec une huile de Perse, chauffée jusqu'à 465° sous une pression initiale de 65 kilogrammes d'H (Fig. 3).

Lorsque la pression tend à se stabiliser, pour une température constante, on ouvre la bombe. Si, à ce moment, on examine simultanément les gaz recueillis et le produit liquide obtenu, on constate les faits suivants :

1° Tandis que le produit initial ne fournissait à la distillation qu'une portion insignifiante de carbure bouillant au-dessous de

200°, le produit traité, soumis à une distillation fractionnée, laisse distiller des produits de tête commençant à passer vers 90°.

Environ 85 % de la masse traitée distille sans décomposition à la pression ordinaire et, sur ces 85 %, la moitié environ bout au-dessous de 215°;

2° Les produits distillables obtenus présentent des indices d'iode très faibles ou nuls et, en tout cas, considérablement inférieurs à ceux obtenus à partir des mêmes matières premières dans une opération de cracking, dans des conditions analogues de chauffage;

3° Les gaz recueillis contiennent une proportion très notable d'hydrocarbures saturés très légers. Si l'on en fait l'analyse, on constate que la presque totalité de l'hydrogène disparu, au cours de l'opération, se retrouve dans la masse totale de gaz produits.

De ces observations, on peut conclure que, dans l'opération de la « berginisation », tout se passe comme si un simple déplacement des atomes d'hydrogène se produisait dans les molécules d'hydrocarbures lourds mis en œuvre, en vue de leur transformation en produits plus légers, tandis que l'hydrogène se combinerait aux atomes de carbone générateurs de résidus charbonneux du cracking, pour fournir des hydrocarbures gazeux très légers. Etant donné que, de ces derniers carbures, l'hydrogène pourrait être aisément régénéré par un cracking convenable, puisqu'ils sont très légers, on voit que l'opération de berginisation, associée à un cracking ultérieur des hydrocarbures gazeux, se solderait finalement par une dépense insignifiante en hydrogène.

DEUXIÈME BREVET BERGIUS

En août 1913, sous le N° 301.231, Bergius prenait, en Allemagne, un second brevet, qu'il demanda également en France le 1^{er} août 1914. Dans ce brevet, il revendiquait le traitement de la houille, et des substances similaires obtenues par carbonisation naturelle ou artificielle, par action sur ces substances de l'hydrogène ou de substances susceptibles de produire de l'hydrogène (ce en quoi il se heurtait à l'antériorité Berthelot : action de HI sur la houille).

Ce brevet visait également à protéger l'auteur relativement aux points suivants :

1° Le traitement par l'hydrogène poursuivi jusqu'à ce que les houilles se soient transformées en produits liquides pouvant être soumis à tous traitements chimiques, ou pouvant être brûlés;

2° La réduction réalisée sous forte pression d'hydrogène;

3° La réaction effectuée à une température de 400° environ;

4° Son application en présence de dissolvants ou de diluants.

Les exemples fournis au cours de la description du brevet font ressortir, qu'en opérant à 400°, durant 12 à 15 heures, sous une pression d'hydrogène de 200 atmosphères, on peut obtenir jusqu'à 85 % de produits volatils ou solubles, à partir de la houille, avec une dépense d'environ 10 % d'hydrogène.

Ces résultats ayant été tout d'abord quelque peu suspectés, MM. Bruylans, Erculisse et moi-même avons appliqué les procédés visés dans ce brevet à des houilles diverses. Voici l'une des courbes que j'ai établies à l'occasion d'un de nos essais (Fig. 4).

L'allure de ces courbes, bien que différente de celles obtenues avec les asphaltes, ou les huiles de goudron, présente néanmoins

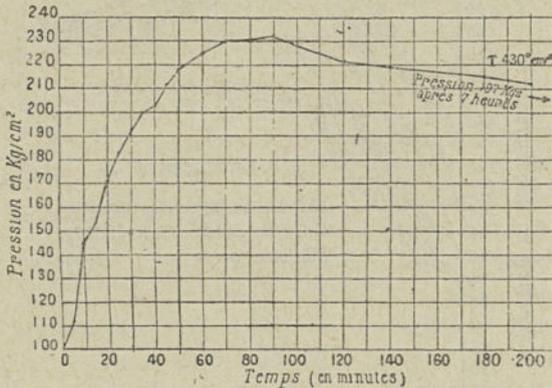


FIG. 4. — Diagramme de berginisation d'une houille.

avec ces derniers un caractère d'analogie marquée. On y reconnaît, en particulier, la période de montée des températures et celle correspondant à l'hydrogénation. On y constate également que la branche correspondant à la période de refroidissement est décalée par rapport à celle représentative de la période d'échauffement (voir courbe 5). Ce sont seulement sur les houilles dont la teneur en carbone (calculée sur produit débarrassé de cendres) est inférieure à 85 % qui se prêtent à la berginisation; cette observation a été, du reste, de la part de Bergius, l'objet d'une revendication d'un brevet allemand N° 299.789, en date du 23 août 1916.

La présence du soufre dans les houilles et autres matières premières soumises à l'hydrogénation, est susceptible — soit dit en passant — d'apporter des perturbations dans l'opération; aussi Bergius a-t-il indiqué, dans un brevet qu'il a obtenu en date du 30 novembre 1913, d'utiliser des oxydes tels que FeO^3 , CaO , etc.,

que l'on mélange aux houilles pour les débarrasser du soufre au cours de l'hydrogénation.

CONDITIONS FAVORABLES A LA BERGINISATION

Pour que la berginisation d'un charbon s'effectue régulièrement, il est nécessaire que celui-ci soit utilisé sous forme de poussière très ténue et que cette dernière soit, au surplus, mise en sus-

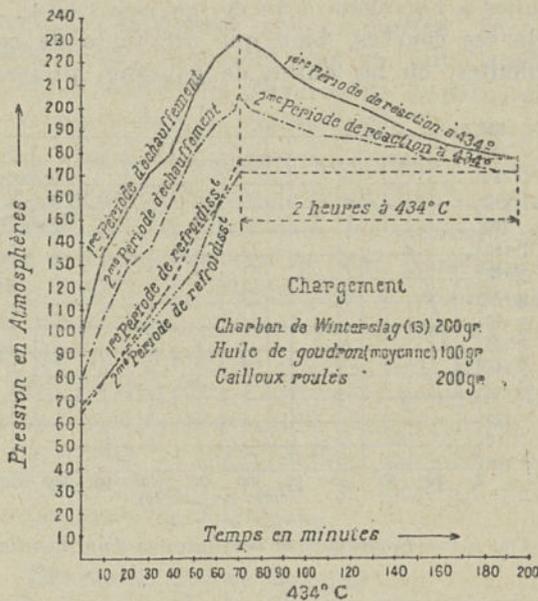


FIG. 5. — Courbe de berginisation de houille effectuée en deux étapes successives.

pension dans un diluant approprié. En outre des remarques que nous avons faites au cours de nos essais, et qui complètent les premières observations de Bergius lui-même, il semblerait se dégager que les résultats de la berginisation seraient intimement liés aux relations de constitution chimique existant entre la houille à hydrogéner et le liquide diluant utilisé comme excipient.

Les pressions initiales d'hydrogène, ainsi que les températures auxquelles il convient d'opérer, sont variables avec chaque qualité de houille à traiter. Utilisé dans des conditions optima, le procédé conduit, dans les essais de laboratoire, à l'obtention d'un liquide noir, goudronneux, homogène, résultant de la liquéfaction quasi-totale de la houille, dans lequel on ne retrouve plus que des parti-

cules fines, correspondant aux matières minérales que fournissent les cendres à l'incinération.

Soumis à la distillation, ce liquide commence, par exemple, à passer vers 60°, et fournit le plus souvent 70 % environ de produits hydrocarbonés bouillant avant 300°. Ceux-ci peuvent eux-mêmes être fractionnés en :

Portions bouillant avant 150°.....	environ 15 %
Portions bouillant entre 150 et 210°.....	» 25 %
Portions bouillant entre 210 et 300°.....	» 30 %

Les 30 % des résidus, non distillables au-dessous de 300°, sont constitués par des hydrocarbures lourds, ressemblant aux brais. Par nouvelle action de l'hydrogène, sous pression et à haute température, ils peuvent être, à leur tour, transformés en produits volatils.

A côté des liquides formés, on constate la production de gaz hydrocarbonés, que l'analyse démontre être constitués par des mélanges d'hydrocarbures saturés, de faibles poids moléculaires, dans lesquels dominent : méthane, éthane et propane et de l'hydrogène.

Le pouvoir calorifique de ces gaz est voisin de 12.000 cal. au m³.

On peut renouveler, au sujet de ces mélanges de gaz, la même remarque que celle qui a été faite plus haut à propos des gaz obtenus dans la berginisation des asphaltes, à savoir : que la plus grande partie de l'hydrogène ayant disparu au cours de la réaction d'hydrogénation se retrouve dans ces gaz, sous forme d'hydrocarbures à faibles poids moléculaires, et que ces hydrocarbures pourraient, par conséquent, être soumis au cracking pour régénération d'hydrogène, avec rendements élevés.

Si, en vue de l'hydrogénation de la houille, au lieu d'effectuer l'opération d'un seul coup, on procède en deux étapes, c'est-à-dire qu'après avoir effectué la première moitié de la chauffe on laisse échapper les gaz puis, qu'ayant rétabli la pression avec de l'hydrogène comprimé, on recommence le chauffage durant un temps égal au premier, on constate, ainsi que la théorie permettait de le prévoir, du reste, que les résultats obtenus, en opérant en un ou en deux temps, sont quelque peu différents (Fig. 5). C'est qu'en effet, au cours de la berginisation, les carbures saturés très volatils qui se forment et se mélangent à l'hydrogène dans la phase gazeuse, interviennent pour la réalisation d'un équilibre qui tend à s'établir entre les hydrocarbures lourds et leurs produits de dissociation, parmi lesquels figurent précisément les carbures volatils. La rupture de cet équilibre, provoquée par l'élimination des produits volatils provenant de la décomposition, permet donc une dissociation plus

avancée des produits lourds. Par conséquent, une berginisation effectuée dans des conditions qui permettront cette élimination des produits volatils formés, à mesure de leur apparition, favorisera considérablement la production des essences légères, propres à l'alimentation de moteurs à explosion, au détriment des produits résiduels, goudronneux, ou des produits intermédiaires, seulement utilisables à l'état d'huiles de graissage, d'huiles pour Diesels, etc.

La conduite rationnelle des berginisations de houille, dans le but d'obtenir, à volonté, la transformation de ces houilles en produits liquides les plus avantageux, nécessite donc l'adoption d'un

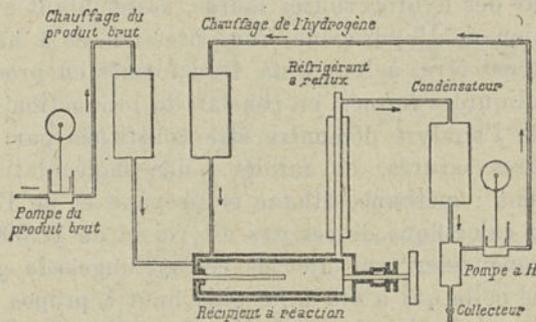


Fig. 6. — Schéma de l'appareil discontinu de berginisation.

dispositif permettant l'élimination convenable des produits formés, au moment opportun.

Ce résultat ne peut être atteint qu'autant qu'on opère dans des appareils continus, les seuls, du reste, qui soient compatibles avec des traitements industriels devant porter sur des masses importantes de matières premières.

Mais l'établissement d'un appareillage permettant le traitement continu de tonnages élevés d'une matière première pulvérulente, telle que la houille, sous des pressions de l'ordre de 250 à 300 atmosphères d'hydrogène, et à des températures pouvant atteindre 420-450°, présentait un ensemble de difficultés considérables, qui n'ont été résolues que successivement. La solution de chacune d'elles a fait l'objet de brevets qui ont été pris soit par Bergius lui-même, soit par ses collaborateurs, depuis 1914.

A ce point de vue, les brevets allemands : 303.901 (25 déc. 1914); 306.556 (24 janv. 1915); 303.332 (1^{er} avr. 1915); 307.671 (18 juil. 1915); 301.683 (28 avr. 1915) dont la matière se trouve condensée

dans les brevets français 533.035 (30 mars 1921) et 533.036 (30 mars 1921) sont les plus intéressants, car ils résument les principes d'après lesquels la création de l'appareillage nécessaire a pu être effectivement réalisée.

Ces brevets visent en particulier : le mode de chauffage de la masse à traiter, soit par le moyen de d'hydrogène comprimé déjà chauffé avant son introduction dans le récipient laboratoire, soit par l'intermédiaire d'un liquide dit « liquide à haute pression » dont la température critique dépasse la température de travail et qui se trouve également à haute température et à pression élevée;

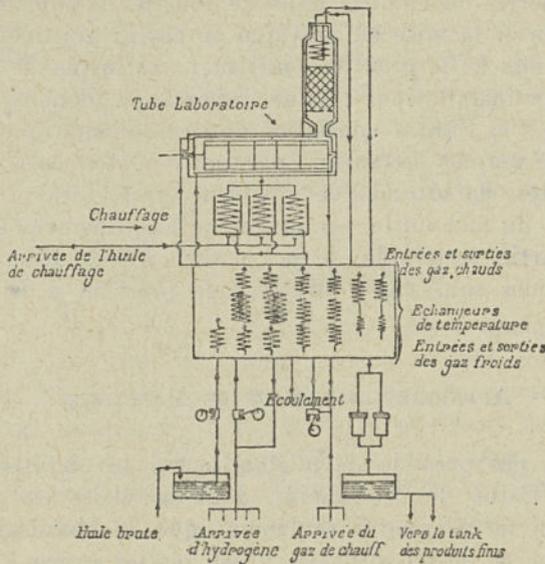


FIG. 7. — Schéma de l'appareil continu de berginisation.

l'emploi de ce liquide sous une pression autre que celle régnant dans les chambres de réaction, afin que l'on puisse constater, par l'égalisation des pressions, les détériorations des parois desdites chambres de réaction; l'utilisation des pressions équilibrées, agissant intérieurement et extérieurement sur les parois de la chambre de réaction, ce qui permet de ne donner à ces parois qu'une faible épaisseur; le remplacement possible des liquides à haute pression par des gaz fortement comprimés et possédant, de ce fait, une forte capacité calorifique; l'utilisation de dispositifs indicateurs de pression spéciaux pour les liquides à haute pression et les chambres de travail; le mode de chauffage de l'hydrogène et

des matières à hydrogéner, avant leur entrée dans la chambre de réaction, à la température à laquelle doit s'effectuer la réduction; l'interposition, à titre de transmetteur de pression, d'un piston à liquide intercalé entre l'organe de compression mécanique et la pâte formée du produit pulvérulent à hydrogéner, mélangé avec un diluant convenable; en vue du freinage à exercer à la sortie sur la masse traitée épuisée et de permettre de régler sa vitesse d'évacuation, la réalisation de son accroissement de viscosité par refroidissement; la localisation, dans le local dangereux qui renferme la chambre de réaction à haute pression, des réchauffeurs des masses réactionnelles, tout au voisinage de ladite chambre, afin d'éviter les pertes de chaleur dans de longues conduites, etc.

L'utilisation et la mise en pratique de ces divers dispositifs combinés ont permis à Bergius de constituer, à l'usine de Mannheim-Rheinau, deux installations: l'une discontinue, dont le schéma est représenté fig. 6; l'autre continue, figurée schématiquement en 7. Cette dernière permet de traiter, par jour, 50 tonnes d'huiles lourdes, d'asphaltes, de bitume, de goudron, etc., et se plierait même au traitement de la houille, en raison de l'équipement spécial garnissant sa partie terminale, lequel assure l'évacuation de résidus solides et fluides sans chute brusque de pression à l'intérieur de l'appareil.

APPAREILS DE L'USINE DE MANNHEIM

Il ne m'est pas possible de m'étendre sur les détails de l'appareillage de l'Usine de Mannheim, dont la visite est absolument captivante. Je mentionnerai seulement que le chauffage des matières à traiter et de l'hydrogène y est réalisé grâce à une masse d'azote chaud, comprimé à une pression à peine supérieure (de quelques fractions d'atmosphère) à celle des gaz contenus ou circulant dans ledit tube-laboratoire. Cet azote est lui-même chauffé par passage dans des bains de plomb fondu. Des dispositifs électriques, mécaniques, ou électromagnétiques, des plus ingénieux, permettent, non seulement le réglage de la température à quelques degrés près, ce qui est capital pour la réussite des opérations, mais encore de maintenir constante la différence de pression entre l'azote et l'hydrogène et d'assurer le remplacement de ce dernier gaz à mesure qu'il disparaît, en se combinant.

Le tube-laboratoire dans lequel, par heure, passent environ 6 tonnes de masse à traiter, ainsi que les bains de plomb surchauffeurs, sont placés dans la salle de travail où nul ne pénètre, en

raison du danger qui pourrait y régner en cas d'accident. Les innombrables indications relatives aux températures et aux pressions, en chaque point intéressant de l'appareillage, ainsi que celles concernant les débits en matières premières pénétrant dans l'appareil, ou en produits transformés et séparés par fractionnements, sont transmises aux appareils enregistreurs, tous groupés dans un local unique, où se trouve le chef de fabrication. C'est de ce local que partent également toutes les commandes électriques par l'intermédiaire desquelles s'effectue la manœuvre des vannes et robinets situés aux divers points de l'installation, et aussi de celles qui permettraient de faire brusquement tomber la pression à zéro, dans le cas où un accident grave pourrait être à craindre et de l'imminence duquel l'observateur serait averti, grâce aux indications qui lui seraient fournies par les enregistreurs placés sous ses yeux.

L'impression éprouvée en voyant une usine dans laquelle la main d'œuvre est réduite à quelques rares unités, et dont la marche est assurée par un seul homme, véritable commandant de vaisseau à son poste de commandement, installé au point vital de cette usine, est tout à fait impressionnante.

ÉTAT ACTUEL DE LA BERGINISATION

Lors de notre voyage à Mannheim-Rheinau, il y a quelques mois, nous avons eu l'impression très nette, qu'en ce qui concerne la berginisation des huiles lourdes, asphaltes, etc., la question était au point. Des tas considérables de brais, constituant des résidus de traitement d'huiles de Perse, prouvaient, par leur présence, qu'une fabrication continue s'était déroulée et que les produits obtenus provenaient bien d'une longue suite d'opérations industrielles.

Mais, en ce qui concerne la berginisation de la houille, il faut reconnaître que la question est beaucoup moins avancée. A l'époque de notre visite, il n'y avait pas eu, à notre connaissance, de traitement de houille effectué autrement qu'en petits appareils discontinus et notre impression fut qu'on en était encore à la période d'études préliminaires. A quel point d'avancement le problème est-il parvenu depuis, je ne saurais le dire; il est possible qu'il ait fait quelques progrès, peut-être même plus rapides que nous ne pouvons le supposer. En effet, à l'intérieur même de l'usine d'essais de Mannheim, se trouve un important laboratoire de recherches, exclusivement consacré aux études du procédé Bergius et à ses applications. Les bénéfices réalisés par les ventes d'options sur le procédé, de licences, etc., sont exclusivement consacrés à l'en-

retien de ce laboratoire, fort bien aménagé du reste, et dans lequel, au surplus, des étudiants, déjà pourvus de leurs grades, viennent se former aux pratiques des hautes pressions associées aux hautes températures, de telle sorte que, s'il n'y est pris garde, d'ici quelques années, ce sera de Mannheim, et de Mannheim seul, que se déverseront, dans le monde entier, les techniciens nécessaires à l'application de procédés dont l'avenir est incontestable — l'industrie future devant certainement s'orienter vers l'emploi de moyens autres que ceux utilisés jusqu'au début du vingtième siècle.

Aussi les pays qui, dès maintenant, n'organiseront pas leur production, au double point de vue construction d'appareillages nouveaux et formation de spécialistes nécessaires à cette industrie de demain, deviendront tributaires de ceux chez lesquels cette préparation aura été réalisée.

L'industrie du cracking sous pression d'hydrogène, dite « berginisation », n'en est encore qu'à ses tout premiers débuts.

En ce qui concerne le traitement, sur grande échelle, des bitumes, goudrons et autres produits fluides, je considère qu'elle se trouve dès maintenant à même d'être appliquée, après une période d'adaptation qui pourrait ne pas être très longue. Or, nous disposons en France de tonnages importants de produits résiduaires, ou autres, qui soumis à la berginisation, pourraient fournir des quantités d'essences, d'huiles pour Diesels, d'huiles de graissage, etc., représentant une fraction non négligeable des approvisionnements nécessaires à assurer notre consommation annuelle.

Des expériences que je viens de terminer, tout récemment, m'inclinent même à penser que les rendements possibles dans la production d'essences légères, à partir de certains produits d'origine indigène, pourraient même dépasser les prévisions que l'on eût été en droit d'escompter, en ne s'en tenant qu'aux premiers résultats obtenus antérieurement.

Pour ce qui est de la berginisation de la houille et des combustibles analogues, la solution du problème est loin d'être avancée. En laboratoire, il est indéniable que cette berginisation du charbon fournit des résultats fort intéressants, mais il ne faut pas se dissimuler que, pour la réaliser industriellement, il y aura à surmonter de sérieuses difficultés. Cependant l'intérêt qui s'attache à un procédé permettant de liquéfier complètement les houilles et de les transformer en un mélange contenant des proportions fort importantes d'essences et d'huiles diverses est si grand, qu'à mon avis, un pays comme la France, assez richement doté au point de vue des divers combustibles solides, mais si dénué à l'égard des gi-

sements de combustibles liquides, ne saurait reculer devant les difficultés qui, somme toute, se ramènent surtout à des questions d'aménagement d'appareillages.

Enfin, pour terminer, je ferai remarquer que le succès financier d'une industrie de berginisation est conditionné par le prix de l'hydrogène. Pour la berginisation point n'est besoin, comme dans l'industrie de l'ammoniaque synthétique, d'utiliser de l'hydrogène pur; celui fourni par les gaz de fours à coke, alors même qu'il serait mélangé à des proportions plus ou moins élevées de carbures forméniques, peut parfaitement être employé. Il est même possible qu'en raison de la présence de ces carbures accompagnant l'hydrogène, le gaz des fours à coke fournisse, pour la berginisation, des résultats supérieurs à ceux qu'on pourrait obtenir avec un gaz pur, puisqu'il apporterait avec lui des carbures tels que CH^4 , C^2H^6 , etc., qui, lors du cracking, s'opposent à ces dissociations génératrices de molécules incomplètes dont nous avons parlé plus haut et qui sont la cause déterminante des polymérisations donnant naissance aux résidus charbonneux funestes aux rendements.

S'il en est ainsi, à côté des usines d'ammoniaque synthétique qui, prochainement, ne manqueront pas de s'établir aux abords des fours à coke, nous devons nous attendre à voir s'édifier des centres de berginisation destinés à l'alimentation en combustibles liquides des régions cirvoisines.

Dans l'intérêt de la France, et pour la réalisation des buts poursuivis par le présent Congrès, souhaitons que cet état de choses se constitue rapidement.

La préparation du Pétrole synthétique à partir des huiles végétales et animales.

Communication de **M. MAILHE**,

Professeur à la Faculté des sciences de Toulouse.

C'est un lieu commun de répéter aujourd'hui que les sources de pétrole sont menacées d'épuisement et que dans un siècle au plus tard elles seront complètement tarées.

Nous ne voudrions pas être accusé de jeter ce cri d'alarme, qui n'est qu'un écho de celui qu'a poussé pour la première fois en 1920, le Bureau américain du pétrole. D'après ses calculs, les réserves des Etats-Unis seraient épuisées dans une vingtaine d'années et celles des autres pays, dans 80 ans.

De fait, la consommation du pétrole s'accroît d'année en année d'une manière inquiétante par suite du développement de l'automobilisme et de l'aviation. Mais la marine, les chemins de fer, la motoculture, emploient de plus en plus le pétrole et l'on peut se demander si un jour la production pourra suffire à tous les besoins.

En 1923, cette production a atteint le chiffre énorme de 1 milliard de barils, exactement le double de celui de 1917.

Ce sont les Etats-Unis qui arrivent en tête, représentant les 73 %. Mais ils tiennent également le premier rang avec la consommation.

Sur 12.500.000 automobiles qu'il y a dans le monde, 10 millions circulent aux Etats-Unis. Et l'emploi du moteur Diesel tend à se développer d'une manière parallèle. La marine marchande des Etats-Unis chauffe presque exclusivement au mazout et en 1923, les locomotives des principaux chemins de fer ont consommé plus de 57 millions de barils de fuel-oil.

L'essence n'est donc plus le seul produit important de consommation. Le pétrole lampant, les huiles lourdes, les résidus de fuel-oil, les mazouts sont appelés à jouer un rôle identique à l'essence. Et je n'ai garde d'oublier les huiles lubrifiantes dont la consommation subit un accroissement à peu près semblable.

Il suit de là que tous les produits que l'on peut retirer du pétrole — vaseline et paraffine comprises — constituent des matières d'une importance capitale pour l'industrie et pour la défense nationale.

Or, qu'arriverait-il, si un jour ces produits venaient à manquer ou, sans envisager une hypothèse si brutale, si les pays producteurs et grands consommateurs de pétrole étaient obligés de restreindre leur exportation?

C'est là une situation très inquiétante pour notre pays, et qui menace de rester sans issue, si nous ne faisons pas les plus grands efforts pour remplacer le pétrole, soit par des carburants similaires, soit par du pétrole artificiel que nous pourrions produire sur notre sol et dans nos colonies.

Jusqu'à présent, les recherches effectuées en plusieurs points de notre territoire, en Algérie, en Tunisie et au Maroc, en vue de trouver des gîtes pétrolifères, n'ont pas donné des résultats importants. Il y a lieu de les poursuivre sans arrêt et sans se décourager.

Notre belle colonie de Madagascar, sur laquelle nous avons fondé quelques espérances, reste encore fermée pour notre alimentation en pétrole.

A l'heure actuelle, ce sont des carburants de différentes origines que l'on a envisagés pour remplacer le pétrole qui nous ferait défaut. C'est l'alcool ordinaire, base du carburant national, qui peut résoudre une partie du problème. Mais il ne peut solutionner que la question des huiles légères.

La distillation de la houille qui fournit des huiles légères (benzol) et des huiles pour Diesel, n'est pas encore développée en France pour arriver à une solution complète du problème. Tout n'a pas été dit encore de ce côté et il est certain que dans l'avenir, le charbon deviendra une source abondante de carburant.

On peut en dire autant des schistes et surtout des lignites que la France possède en abondance. Leur traitement qu'il faut s'efforcer de développer contribuera à combler notre disette de carburants.

L'emploi des gaz combustibles dans les moteurs à explosion, a fait l'objet d'études récentes. Elles confirment les résultats obtenus depuis longtemps avec le gaz d'éclairage.

Il reste à envisager la fabrication du pétrole de synthèse.

Qui dit pétrole synthétique, dit pétrole analogue au pétrole naturel, c'est-à-dire renfermant tous les composants de ce dernier :

huiles légères (éther et essence),
pétrole lampant,
huiles lourdes,
huiles de graissage,
vaseline et paraffine.

Ce sont d'ailleurs tous ces produits que l'on utilise aujourd'hui et dont il faut assurer la fabrication.

On sait qu'à l'heure actuelle, deux hypothèses sont à la base de la formation du pétrole : l'origine inorganique et l'origine organique.

Elles ont dirigé les savants dans leurs recherches sur la synthèse du pétrole.

A l'origine inorganique se rattachent les travaux de Berthelot, de Moissan, de Sabatier et Senderens.

Leurs expériences ont eu pour but de reproduire des hydrocarbures analogues à ceux que l'on trouve dans les pétroles naturels, à partir de corps d'origine minérale.

C'est l'acétylène, obtenu dans l'arc électrique par union du carbone et de l'hydrogène, qui constitue la base des produits obtenus synthétiquement par Berthelot. On sait que par condensation il a préparé la benzine, le toluène, les xylènes, etc., hydrocarbures que l'on trouve dans le pétrole de Bornéo et de Californie.

L'hydrogénation de la houille par l'acide iodhydrique l'a conduit également à la formation d'un liquide analogue au pétrole.

Ces deux expériences ont été reprises en Allemagne dans ces dernières années, la première a été reproduite par R. Meyer qui a préparé les hydrocarbures aromatiques en condensant l'acétylène, mélangé d'hydrogène, en les dirigeant dans un tube chauffé à 600-700°.

La seconde a fait l'objet des travaux de Bergius, qui au lieu d'employer l'hydrogène provenant de la dissociation de HI (hydrogène sous pression) pour liquéfier la houille, a utilisé de l'hydrogène ordinaire sous forte pression.

Voilà, en passant, deux idées françaises reprises par les Allemands.

Les expériences de Moissan reposent sur la décomposition des carbures métalliques par l'eau. En particulier, le carbure d'uranium donne un liquide ayant l'aspect du pétrole.

Sabatier et Senderens ont reproduit divers pétroles en condensant l'acétylène seul, ou en présence d'hydrogène au contact des métaux catalyseurs. Il n'est pas possible d'insister ici sur ces expériences intéressantes.

D'après l'hypothèse organique, le pétrole résulterait de la distillation sèche, à haute pression et sous l'influence de la chaleur terrestre, de débris d'animaux (poissons) et de plantes fossiles.

En partant de cette idée, Warren et Storrer auraient reproduit pour la première fois quelques hydrocarbures analogues à ceux du pétrole, en distillant des huiles de poisson préalablement saponifiées.

En 1888, Engler obtint des produits analogues au pétrole américain par distillation de l'huile de baleine sous haute pression.

Ce sont des recherches tout à fait indépendantes de celles que je viens d'indiquer qui m'ont mis sur la voie de la préparation du pétrole synthétique à partir des corps gras de toute nature.

En étudiant au laboratoire la décomposition catalytique des éthers-sels, j'ai été amené à envisager toutes les séries des composés de cette nature, depuis les éthers-sels qui résultent de la combinaison d'un acide monobasique simple, à 2, 3, 4, 5 atomes de carbone et d'un alcool monoatomique quelconque, jusqu'aux éthers-sels plus complexes formés par l'union d'un acide gras à haute teneur en carbone et d'un alcool triatomique, la glycérine. On sait que ces derniers constituent les corps gras, huiles, graisses, suif-beurre.

Or, en dirigeant les vapeurs de ces éthers-sels sur un catalyseur déshydratant comme l'alumine, chauffé vers 500°, ils semblent se comporter comme les éthers les plus simples, acétate d'éthyle, propionate de butyle, par exemple, avec cette différence que le carbure éthylénique résultant de la décomposition du résidu alcoolique fait place à de l'acroléine.

Cependant, en étudiant de près les produits de la réaction, gaz et liquide, j'ai reconnu bien vite qu'en dehors des produits normaux de la décomposition de l'éther-sel, il s'était formé des hydrocarbures forméniques et éthyléniques, parmi lesquels j'ai identifié l'hexane, l'heptane, l'hexylène.

La présence de ces hydrocarbures ne pouvait pas être fortuite. Leur formation ne pouvait avoir lieu qu'à la suite d'une dislocation avancée des molécules organiques de l'éther-sel (glycérine), et particulièrement de l'acide gras.

J'ai tiré immédiatement la conclusion logique de cette observation. J'ai essayé de provoquer un dédoublement plus profond de l'acide gras, afin d'augmenter la production de carbures d'hydrogène.

Pour atteindre ce résultat, j'ai modifié légèrement les conditions de l'expérience en augmentant la température jusqu'à 600° et en substituant au catalyseur alumine, un catalyseur plus actif susceptible de produire d'une manière plus intense la rupture des chaînes hydrocarbonées.

Le choix de ce catalyseur n'a pas été l'effet du hasard. Des travaux antérieurs que j'avais effectués m'avaient montré que le cuivre pouvait jouer parfaitement le rôle dédoublant que je cherchais. Mais la forme sous laquelle ce cuivre devait être pris n'était pas indifférente. Employé à l'état de cuivre précipité, il risquait

de produire une action trop brutale en scindant les molécules organiques en charbon et hydrogène. C'est le cuivre électrolytique qui convient le mieux pour réaliser l'opération.

Il est associé à l'alumine ou à la magnésie et le mélange agglutiné avec de la colle est aggloméré en boules, tubes ou cubes que l'on sèche à l'air.

L'alumine joue le rôle de catalyseur déshydratant; le cuivre scinde les molécules. Mais grâce à la température élevée de la réaction chacun des catalyseurs peut jouer les deux rôles à la fois.

Aussi, j'ai été conduit plus tard à substituer au catalyseur mixte la simple tournure de cuivre.

J'ai étudié tout d'abord la décomposition de l'huile de lin. Elle a donné lieu à la formation régulière de gaz, d'eau, d'acroléine et de produits liquides.

Les gaz, entraînant des produits légers, faciles à récupérer, brûlent avec une flamme éclairante et leur pouvoir calorifique très élevé est voisin de 12.000 calories au mètre cube.

Ils sont essentiellement formés d'hydrogène, d'oxyde de carbone et d'anhydride carbonique, d'hydrocarbures forméniques et éthyléniques. A titre d'exemple, voici une composition :

CO ²	6 %
CO	8 %
C ⁿ H ²ⁿ	54 %
C ⁿ H ²ⁿ + ² et H	31 %

L'acroléine provient de la décomposition de la glycérine. Le liquide condensé, qui surnage l'eau formée, a une couleur acajou, une odeur forte et une réaction acide.

Si on le distille, il commence à bouillir vers 40°. On isole tout ce qui passe jusqu'à 250°, et le résidu, renfermant une certaine quantité d'huile non transformée, est passé de nouveau sur le catalyseur.

On peut ainsi changer presque toute l'huile en un produit liquide bouillant entre 40 et 280°; il reste une petite quantité de corps lourds, visqueux, polymérisés.

Afin de neutraliser l'acidité du liquide distillé, on le lave à la soude diluée et à l'eau. On obtient en définitive un produit jaune clair ressemblant par sa couleur et son odeur forte au pétrole de cracking.

Il est essentiellement constitué par des carbures d'hydrogène et sous cette forme, il est parfaitement utilisable comme carburant

dans les moteurs à explosion. On peut d'ailleurs le rectifier et en séparer de l'essence et du pétrole lampant.

Voulez-vous réfléchir un instant à l'accueil que les automobilistes feraient à cette essence jaune et d'odeur forte! Ils pousseraient les hauts cris et le marchand verrait rapidement une grève de clients. Le consommateur est gâté; il veut une belle essence, parfaitement incolore sans odeur appréciable. Il ignore qu'au point de vue calorifique l'essence de cracking a la même valeur que l'essence naturelle. Il ne se doute pas d'ailleurs que, le plus souvent, c'est un mélange des deux qu'il emploie. Car l'Amérique fabrique annuellement des millions de barils d'essence de cracking, qui une fois traitée par des moyens chimiques ou physiques, est incorporée à l'essence naturelle.

Il y a une éducation à faire et elle sera faite avant longtemps.

J'aurais pu à mon tour traiter cette essence et ce pétrole de synthèse par des réactifs physiques ou chimiques, mais j'ai mieux aimé en rechercher la composition chimique, et cela faisant, je suis arrivé au résultat cherché. J'ai décoloré et désodorisé les produits que j'avais préparés.

Il a suffi pour cela de les hydrogéner sur du nickel divisé entre 180 et 200°. Le pétrole obtenu a été ensuite fractionné et j'ai pu isoler :

de l'éther de pétrole bouillant au-dessous de 75°;
de l'essence, b. de 75 à 150°, de densité D23-0,7607;
de pétrole lampant, b. de 150 à 250°, de densité
D21 - 0,8644.

Toutes ces fractions sont rigoureusement incolores et possèdent une odeur agréable.

Ce qui m'a frappé à première vue, c'est la forte densité de ces fractions, qui ne correspond pas à des hydrocarbures forméniques.

L'analyse a montré qu'elles sont constituées par des mélanges de carbures forméniques et aromatiques, avec de petites quantités de carbures cycloforméniques.

Or, on sait que le mélange de ces trois sortes d'hydrocarbures se trouve dans le pétrole naturel de Roumanie ou de Californie et de Bornéo.

C'est donc une véritable essence et un pétrole lampant de synthèse que nous avons préparés par décomposition catalytique de l'huile de lin.

Les différentes huiles végétales et animales, traitées dans les mêmes conditions, fournissent des résultats semblables.

Les huiles de colza, de navette, d'olives, d'arachide, de palme,

de coprah, de sésame, le beurre de karité, les huiles de requin, de baleine, que j'ai étudiées, conduisent à un pétrole qui ne diffère pas sensiblement de celui que je viens de décrire.

Seule, l'huile de ricin fournit, à côté des hydrocarbures, une certaine quantité d'oenanthol, aldéhyde utilisable directement comme carburant ou après transformation en alcool par hydrogénation.

Les petites différences dans la composition des pétroles obtenus ne proviennent pas, comme on a pu le penser, de la nature de l'huile. Elles ont leur origine, soit dans une variation de la température de la réaction, soit dans la plus ou moins grande activité du catalyseur, soit dans la vitesse avec laquelle est effectuée la catalyse. Un mélange d'huile d'arachides et d'huile de colza a fourni dans les mêmes conditions de travail un pétrole semblable à celui de l'huile de colza.

La méthode est tout à fait générale; elle a été appliquée à des huiles brutes et à des huiles raffinées.

Le traitement des huiles entraîne la destruction de la glycérine qui constitue un produit de valeur. Il y avait intérêt à examiner si les acides gras seuls pouvaient produire la même réaction que les huiles.

Je dois dire que ce n'est pas le côté économique, mais plutôt le désir de connaître le processus de la formation du pétrole, qui m'a amené à faire l'étude de la décomposition des acides gras.

A cet effet, j'ai recherché la manière dont se comportaient les glycérides d'acides simples (acétique, butyrique, valérique, etc.), et je suis arrivé à cette conclusion que, pour produire des hydrocarbures liquides, il fallait s'adresser à des glycérides d'acides ayant au moins 8 ou 9 atomes de carbone et que c'étaient les acides gras seuls qui formaient le pétrole en se décomposant.

Effectivement, les acides oléique, érucique, linoléique et linoléinique constituant des huiles d'olive, de colza et de lin, se transforment catalytiquement en hydrocarbures, dont le mélange après hydrogénation renferme des carbures forméniques, aromatiques et cycloforméniques.

En suivant de très près cette pyrogénéation catalytique des acides, on constate que leur dédoublement se fait d'abord en donnant du gaz carbonique et des cétones et que celles-ci étant instables à haute température se scindent en oxyde de carbone et résidus forméniques et éthyléniques, dont une partie se cyclise en donnant de la benzine et ses homologues.

Le procédé que nous venons de décrire ne conduit pas à un rendement très élevé par suite de la formation d'une importante quan-

tité de produits gazeux. Une tonne d'huile peut fournir 300 à 400 kg. d'éther, essence et pétrole lampant et 300 à 330 m³ d'un gaz à 12.000 calories environ.

Mais on n'atteint pas ainsi tous les constituants du pétrole naturel, particulièrement les huiles lourdes et les huiles visqueuses, dont la consommation s'accroît tous les jours.

✱ Pour arriver à ces corps, je me suis adressé aux hydrogènes, provenant de la catalyse des huiles ou des acides gras sur le cuivre. Nous avons dit qu'ils sont formés en grande partie de carbures éthyléniques. On sait que ces carbures ont une très grande tendance à se polymériser sous l'action de la chaleur, de l'acide sulfurique, de certains sels.

En chauffant les huiles jaunes de la catalyse, bouillant entre 240° et 280°, avec 5 % de chlorure de zinc, elles fournissent au bout de quelques heures :

1° Du pétrole lampant, incolore, inodore, légèrement fluorescent, distillant entre 240 et 280°; l'odeur du produit et sa couleur ont disparu.

2° Un liquide plus lourd, incolore, bouillant de 290° à 320°.

3° Un produit visqueux, qui s'est pris en masse par refroidissement; il a l'aspect de la vaseline.

Cette simple opération a conduit à la synthèse d'huiles lourdes et visqueuses, allant jusqu'à l'état solide. Elle a produit en même temps la désodorisation et la décoloration des hydrocarbures non polymérisés.

On est ainsi en possession de la totalité des constituants du pétrole naturel. Mais ce travail exige deux opérations différentes. On pouvait se demander si la préparation du pétrole synthétique total ne serait pas réalisable, du premier coup, par la décomposition directe des huiles végétales et animales.

En changeant le mode opératoire et la nature des catalyseurs, j'ai pu créer une nouvelle méthode de synthèse du pétrole.

Elle consiste essentiellement à introduire dans une marmite en cuivre de forme appropriée, un corps gras quelconque (huile végétale ou animale, suif) avec 5 à 10 % d'un chlorure métallique convenable.

La marmite est surmontée d'appareils à reflux, permettant, grâce à un dispositif spécial, le départ des produits de volatilité différente.

Dès le début du chauffage, par suite de la saponification du corps gras et de la décomposition de la glycérine, il se forme de

l'eau et de l'acroléine se dégage en même temps que du gaz carbonique. L'eau en retombant sur l'huile chaude produit souvent un bouillonnement qui risque d'entraîner l'huile à travers les appareils à reflux. De ce fait, il peut y avoir distillation d'acides gras, qui sont cohobés dans la marmite.

La décomposition se poursuit ensuite régulièrement; on condense d'abord un liquide incolore, qui devient jaune à mesure que la température s'élève. Lorsque tout le produit a été distillé, le liquide a l'aspect verdâtre et fluorescent des pétroles peu riches en asphalte.

Si l'on chauffe de l'huile d'arachides avec du chlorure de zinc fondu, il se dégage un gaz de composition :

CO ²	4 %	C ⁿ H ²ⁿ	7 %
CO	9	CH ⁴	16
H.....	64		

Le liquide vert fluorescent a une réaction acide. On le neutralise par de la soude diluée. Après lavage à l'eau, il est rectifié. On isole :

1° des produits légers dont l'ébullition commence vers 35°. Ils sont incolores, d'odeur un peu forte; densité D₉ - 0,6822. C'est de l'éther de pétrole.

2° de l'essence légère, distillant de 75 à 150°, rigoureusement incolore, D₉ - 0,7315.

3° du pétrole lampant, légèrement jaune, bouillant entre 150 et 280°, D₉ - 0,7925.

4° des huiles lourdes, bouillant de 280 à 350°, un peu plus jaunes que le précédent;

5° des huiles visqueuses, qui distillent au-dessus de 350°; elles se prennent en masse à la température du laboratoire. Elles constituent un produit jaunâtre; ce sont des huiles consistantes dont on peut augmenter encore le point de fusion en les chauffant pendant quelques heures avec un peu de chlorure de zinc fondu. On atteint un produit solide fondant vers 38-40°, qui tend vers la vaseline et la paraffine.

Nous avons formé ainsi tous les constituants du pétrole naturel. C'est donc un véritable pétrole synthétique.

A la fin de l'opération, on retrouve dans la chaudière, le chlorure de zinc mélangé à du charbon poreux et à de l'huile lourde qui n'a pas distillé. On sépare cette dernière par essorage, ou par dissolution dans un solvant et le chlorure de zinc peut être récupéré par lavage du charbon à l'eau.

Si l'on examine la nature des hydrocarbures de ce pétrole synthétique que nous avons formé, on constate qu'ils sont constitués exclusivement par un mélange d'hydrocarbures forméniques et éthyléniques (hexane, heptane, octane et homologues, hexylène, heptylène et homologues.

Ce sont les carbures oléfiniques qui dominent. Ils constituent les $\frac{3}{5}$ du pétrole. Il n'y a pas, comme dans le cas de la pyrogénéation des huiles par le cuivre, de carbures cycliques.

D'autre part, le gaz dégagé pendant l'opération a un faible pouvoir calorifique (3.000 à 3.900 calories au m³).

Comment peut-on expliquer cette réaction du chlorure de zinc sur l'huile d'arachide?

Il se produit un triple phénomène : une saponification suivie d'une déshydratation immédiate, un cracking et une polymérisation.

Le chlorure métallique $ZnCl_2$, au contact de l'huile, provoque à chaud sa saponification immédiate, mais la glycérine mise en liberté, se dédouble aussitôt en eau et en acroléine.

Le cracking disloque l'acide gras restant, soit en acides gras plus simples, soit directement en cétones. Du dédoublement de ces acides gras et de ces cétones instables, résulte la formation de carbures forméniques et éthyléniques, qui est accompagnée d'oxyde de carbone et d'anhydride carbonique, ainsi que d'une quantité importante d'hydrogène.

Enfin, par polymérisation au contact du chlorure de zinc, une partie des hydrocarbures éthyléniques du cracking se transforment en carbures plus lourds et plus visqueux, conduisant aux huiles lubrifiantes.

Si le chlorure de zinc constitue un excellent catalyseur des huiles, on pouvait penser que d'autres chlorures métalliques produiraient une réaction analogue.

C'est effectivement ce que l'on constate avec les chlorures de calcium, de baryum, de sodium, de magnésium et également avec la chaux, la baryte.

En traitant les différentes huiles végétales ou animales par ces chlorures métalliques, suivant le procédé que nous venons de décrire, on arrive à produire, dans tous les cas, un pétrole artificiel à peu près semblable à celui que nous venons de décrire pour l'huile d'arachides.

Ainsi, l'huile de colza, traitée par le chlorure de zinc fondu, a fourni 64 % d'un pétrole brut de densité D18 - 0,8358 (après lavage à la soude), sa rectification a fourni :

de l'éther-essence, bouillant 60-140°, D18 - 0,7177;
 de l'essence, bouillant 140-180°, D18 - 0,7513;
 du pétrole lampant, bouillant 180-290°, D18 - 0,7912;
 des huiles lourdes, bouillant 290-360°, D18 - 0,8420;
 des huiles consistantes, bouillant au-dessus de 360°.

Les gaz dégagés pendant la réaction avaient la composition suivante :

	DÉBUT	FIN	(de la réaction)
CO ²	6 %	4 %	
CO.....	22,5	4,6	
C ⁿ H ²ⁿ	4,5	3	
CH ⁴	0	14	
H.....	67	74,4	

L'huile de navette, décomposée sur du chlorure de zinc fondu, conduit également à un pétrole brut, dont l'essence bouillant au-dessus de 150°, a une densité D18-0,7291, le pétrole lampant, distillant de 150 à 280°, a une densité D18-0,7920, les huiles lourdes, b. de 280° à 320°, d18-0,8280.

Au-dessus, il reste les huiles que l'on peut polymériser de nouveau par chauffage avec du chlorure de zinc. Après deux heures de contact, le liquide rectifié abandonne :

1° Une portion bouillant à 200-250° sous 35mm. D18-0,8601. C'est un liquide très fluorescent;

2° Une fraction très visqueuse, distillant de 250 à 300° sous 35mm.

3° Une partie supérieure qui se prend en une masse solide jaune, à froid. On obtient ainsi les divers constituants du pétrole.

La composition moyenne du gaz pendant l'opération est la suivante :

CO ²	3,5 %	CH ⁴	17,5 %
CO.....	41,5	H.....	63,5
C ⁿ H ²ⁿ	4		

Le beurre de karité subit une décomposition analogue. En le chauffant avec du chlorure de zinc, on obtient 60 % de produits liquides, dont la composition se rapproche du pétrole issu de l'huile d'arachides.

Il en est de même du gaz dégagé :

CO ²	3 %	C ⁿ H ⁿ	18 %
CO.....	9	H.....	63
C ⁿ H ²ⁿ	7		

Enfin l'huile de baleine, soumise à l'action catalytique du chlorure de zinc, a fourni une huile acide, qui après neutralisation a conduit par rectification à :

De l'essence b. au-dessous de 150° D23-0,7169;

Du pétrole b. 150-250°, 0,7680;

Des huiles lourdes b. 250-310°, 0,8131.

Les huiles distillant au-dessus de 310° ont été chauffées de nouveau avec du chlorure de zinc, ce qui a fourni un liquide visqueux dont la portion bouillant à 200-250° sous 35mm a une densité D23-0,8596 et la partie 250-300°, sous 35mm est épaisse et possède une fluorescence verte très intense. Au-dessus de 300° le produit se solidifie.

Les gaz formés pendant la réaction possèdent encore une composition sensiblement analogue à celles des opérations précédentes :

CO ²	6 %	C ⁿ H ²ⁿ	3 %
CO.....	14	CH ⁴	18
H.....	59		

Le chlorure de calcium fondu agit à la manière du chlorure de zinc sur les huiles de colza et d'arachides entre 300 et 500°.

150°	D20 — 0,7158	220-250°	D ₂₀ — 0,7907
150-180	0,7519	250-320	0,8155
180-200	0,7603	320-400	0,8312
200-220	0,7772		

On constate cependant dans ce cas une polymérisation moins avancée des huiles. C'est qu'en effet, les propriétés condensantes du chlorure de calcium sont moins fortes que celles du chlorure de zinc.

La décomposition des huiles de colza, d'arachides, de palme, de requin, de baleine a été étudiée en présence de chlorure de magnésium.

Ce sel, à l'état sec, constitue également un excellent catalyseur des huiles. Mais durant toute l'opération, on constate un dégagement permanent d'acide chlorhydrique provenant de l'action de l'eau sur le chlorure de magnésium.

En particulier, l'huile de requin a fourni un pétrole de D21-0,8192 donnant par rectification une essence bouillant au-dessous de 160°, D-21-0,7380.

Ces exemples montrent que les divers catalyseurs employés se comportent à peu près de la même manière dans la décomposition des huiles végétales et animales.

Comme dans la pyrogénéation catalytique par le cuivre, ce sont

les acides gras qui fournissent les divers hydrocarbures du pétrole synthétique.

Il suit de là que ces acides gras devaient fournir directement, au point de vue de la préparation du pétrole, les mêmes résultats que les huiles.

C'est effectivement ce que l'expérience m'a démontré.

J'ai étudié la décomposition de l'acide oléique sur le chlorure de zinc, celle de l'acide érucique sur le chlorure de calcium, celles des acides linoléique et linolénique mélangés et de l'acide arachique, sur le chlorure de magnésium.

Ce dernier acide a fourni 68 % de rendement en pétrole. On peut en isoler.

De l'éther-essence, b. 40-100°, D9-7022;

De l'essence 100-180°, 0,7461;

Du pétrole lampant 180-280, 0,7945;

Des huiles lourdes 280-350, 0,8421;

Des huiles visqueuses distillant de 250 à 300° sous 70mm.;

Des huiles plus lourdes se concrétant à la température du laboratoire.

On remarque que tous ces produits sont exclusivement formés d'hydrocarbures forméniques et éthyléniques.

La température de la réaction n'est pas assez élevée pour provoquer la cyclisation des carbures éthyléniques.

Contrairement à ce qui a lieu pour le pétrole de synthèse du cuivre, le gaz dégagé a encore ici un pouvoir calorifique faible 3.000 à 3.900 calories et l'essence obtenue par ce nouveau procédé est rigoureusement incolore.

Les autres produits ont une teinte légèrement jaune qui fonce pour les fractions les plus élevées. On peut les blanchir par les procédés ordinaires.

Le pouvoir calorifique de ce pétrole synthétique est sensiblement identique à celui du pétrole naturel.

L'essence distillant au-dessous de 150°, fournit 10.818 calories au kilogramme.

Le pétrole lampant 150-280°, 10.961 calories.

Et l'huile lourde 280-350°, 10.800 calories.

Ces produits conviennent donc parfaitement à l'alimentation des moteurs à explosion et des moteurs Diesel.

Quant au rendement, il varie entre 66 et 70 % de l'huile employée, et l'on obtient 15 à 16 % d'essence.

On peut d'ailleurs augmenter fortement ce rendement en trans-

formant le pétrole ou les huiles lourdes synthétiques à l'aide de chlorure d'aluminium.

En chauffant du pétrole d'huile de colza, avec 10 % de ce sel, j'ai obtenu, après 6 heures, 40 % d'essence légère incolore, bouillant de 70 à 150° et le pétrole ou l'huile lourde restant était égadécolorée.

Au point de vue économique, on peut retirer par saponification d'une tonne d'huile :

98 kg. de glycérine;

902 kg. d'acides gras, qui donneront 630 kg. de pétrole.

Les 98 kg. de glycérine valent 470 francs;

Les 630 kg. de pétrole, fournissant :

15 % d'essence,

20 à 25 % de pétrole lampant

15 à 20 % d'huile lourde,

20 à 25 % d'huiles visqueuses,

15 à 20 % d'huiles consistantes,

valent actuellement 1.256 francs.

Soit un total de 1.726 francs.

Les frais de fabrication du pétrole synthétique n'étant pas très élevés, il faudrait que le prix de la tonne d'huile ne dépassât pas 1.500 francs. A l'heure actuelle, nous sommes loin de compte, puisque les huiles inférieures valent plus de 300 francs les 100 kg.

Il faut donc arriver à produire des huiles végétales à très bon marché et ce n'est que par une culture intensive et rationnelle des graines oléagineuses que l'on atteindra le but. On peut également utiliser les huiles de poissons.

On pense surtout au développement des huiles de nos colonies, mais on sait que la métropole peut produire avantageusement des huiles de lin, de colza et d'œillette.

Le docteur Doumenjou, ancien médecin des troupes coloniales, m'a soumis un gros mémoire, du plus haut intérêt, dans lequel il indique, en se basant sur les travaux que je viens de décrire, comment la France peut se rendre indépendante de l'étranger pour son ravitaillement en carburants et huiles lubrifiantes. Il envisage surtout nos colonies de l'Afrique occidentale française, où une culture même grossière du sol fournit à la population indigène des vivres abondants et variés et où de bons pâturages naturels assurent la prospérité des troupeaux.

Il faudrait créer dans l'A. O. F. de très grandes entreprises agricoles, s'étendant sur de très vastes territoires concédés par le Gou-

vernement français, seul propriétaire du sol. Elles s'étendraient sur 250.000 hectares.

D'après les calculs du docteur Doumenjou, la culture des plantes alcooligènes et oléogènes en plein rendement fournirait plus de 4 millions d'hectolitres de carburants et 1 million d'hectolitres d'huiles lubrifiantes.

En attendant qu'un programme de cette envergure soit mis à jour, il y aurait lieu de développer en France la culture de la navette, du colza et du lin et de poursuivre à l'aide de cultures sélectionnées la production intensive des arachides au Sénégal.

Poursuivant mes recherches sur les matières susceptibles de produire du pétrole, j'ai envisagé la transformation de corps tels que la cire et la chlorophylle, en raison des relations qui existent entre eux et les matières grasses.

Les cires végétales et animales sont en effet constituées par des éthers-sel d'acides gras et d'alcools monoatomiques de haute richesse carbonée, accompagnés d'acides gras libres et d'alcools libres supérieurs.

On pouvait penser qu'elles se décomposeraient à la manière des huiles, des graisses et des acides gras, au contact de chlorures métalliques et conduiraient à la formation d'hydrocarbures du genre pétrole.

En effet, en chauffant ensemble, dans l'appareil que j'ai décrit, 300 gr. de cire d'abeilles avec 50 gr. de chlorure de magnésium sec, on condense 210 gr. de produits distillés légèrement acides et du gaz se dégage. La marche de la réaction est sensiblement la même que dans le cas des huiles et doit être conduite de la même manière.

Le liquide recueilli est neutralisé par la soude et lavé à l'eau. Par rectification, on isole :

1° de l'essence très légère (éther et essence) incolore distillant de 50 à 140°; D20-0,7185;

2° De l'essence un peu plus lourde, incolore, b. de 140 à 200°; D20-0,7613;

3° Du pétrole lampant, légèrement jaune, b. de 200 à 300°; D20-0,7920;

4° Des huiles lourdes, jaunes, b. 300 à 330°; D-20-0,8215;

5° Un liquide visqueux distillant jusqu'à 350°;

6° Un résidu qui se prend immédiatement en masse pâteuse par refroidissement.

Toutes ces fractions sont constituées par des mélanges d'hydrocarbures forméniques et éthyléniques, analogues à ceux qu'on a produit dans la catalyse des huiles par les chlorures.

C'est donc un véritable pétrole artificiel que j'ai obtenu par catalyse de la cire au contact du chlorure de magnésium.

On pourrait se demander si la substance verte des plantes, si abondante dans la nature, ne conviendrait pas pour produire du pétrole.

Le chloroptylle apparaît, par ses réactions, comme un véritable éther-sel.

On l'extrait des plantes fraîches ou sèches à l'aide d'un solvant volatil. Mais en même temps, on enlève une certaine quantité des cires, graisses et résines qu'elles renferment.

L'ensemble de ces produits peut être désigné sous le nom d'extrait chlorophyllien.

Or, nous venons de voir que les cires sont constituées par les éthers-sels d'acides de rang élevé et d'alcools monovalents supérieurs.

Les graisses sont des glycérides analogues aux huiles végétales et animales, à la nature de l'acide près.

Enfin, les résines renferment souvent des composés acides.

Tous ces corps qui se rencontrent dans l'extrait chlorophyllien, provenant de l'action d'un solvant volatil sur la partie verte des plantes, sont des éthers-sels ou des acides.

Ils devaient donc réagir sous l'action des catalyseurs à la manière des éthers-sels, qui constituent des huiles et des acides gras de rang élevés.

J'ai eu à ma disposition un échantillon important d'extrait chlorophyllien que M. Bouchaud-Pracei m'a fourni très obligeamment. C'est une pâte solide, verte, consistante, onctueuse au toucher, produisant la sensation d'un corps gras. Il est sensiblement privé d'eau.

En le soumettant à l'action du chlorure de zinc ou du chlorure de magnésium à des températures progressivement croissantes jusqu'à 500°, on recueille en même temps que des gaz riches en CO², un liquide acide qui après neutralisation fournit par distillation fractionnée :

- 1° De l'essence incolore b. jusqu'à 150°, d18 - 0,7331;
- 2° Une essence plus lourde b. 150-200°, d18 - 0,7632;
- 3° Du pétrole lampant, b. 200-290°, d18 - 0,8012;
- 4° Des huiles lourdes, b. 290-350°, d18 - 0,8490;

5° Au-dessus de 350°, il reste une portion liquide qui se concrète par refroidissement à la température ordinaire.

Toutes ces fractions sont constituées par des hydrocarbures forméniques et éthyléniques.

Elles ne renferment ni carbures aromatiques, ni carbures cyclohexaniques.

Le pouvoir calorifique de l'essence est de 10.812 cal. par kg.

C'est donc un véritable pétrole artificiel, ressemblant au pétrole américain, que l'on prépare à l'aide des extraits chlorophylliens, et l'on forme tous les constituants.

Si cette formation de pétrole peut apporter une contribution à la connaissance de l'origine du pétrole naturel, en tant qu'on le considère comme provenant de la transformation des végétaux, on peut se demander quel est l'intérêt pratique d'une semblable réaction.

Il n'est pas douteux que sa fabrication doit être liée à d'autres industries.

Les plantes textiles ou filamenteuses traitées en vue de l'extraction des extraits chlorophylliens, laissent un résidu de fibres cellulosiques qui n'ont perdu aucune de leurs qualités spécifiques.

Le lin et le seigle, coupés en vert, l'alfa, dont la production annuelle en Algérie peut être estimée à 400.000 tonnes sur une superficie de 5 millions d'hectares; le sparte, le genêt, constituent des matières abondantes, renouvelables tous les ans, qui pourront constituer des sources d'extrait chlorophyllien.

Et l'on sait quels débouchés énormes sont réservés aux résidus fibreux; Fabrication du papier, de la soie viscosée et autres soies artificielles.

Les plantes alimentaires, fourragères ou maraîchères, laisseront après enlèvement des extraits chlorophylliens, des résidus susceptibles d'être utilisés pour la nourriture des animaux.

C'est donc une industrie annexe des industries utilisant les fibres textiles et la cellulose.

L'exposé un peu long, et cependant trop succinct, que je viens de faire, montre qu'il est possible de préparer du pétrole en abondance et d'une manière perpétuelle, avec des corps que la nature peut nous fournir tous les ans.

La fabrication industrielle ne présentera, sans doute, aucune difficulté.

La méthode que j'ai décrite est une méthode de cracking et l'on sait que les Etats-Unis font le cracking des huiles minérales sur une très vaste échelle.

Je sais que des esprits, même éminents, toujours sceptiques, di-

ront : Ce sont des expériences de laboratoire. Nous n'avons pas la prétention d'avoir fait autre chose.

Mais le **Laboratoire** n'est-il pas l'âme de l'Industrie? N'est-ce pas la découverte au **Laboratoire** qui précède toujours l'application industrielle?

C'est cette méthode qui a fait la fortune chimique de l'Allemagne et si nous l'avions suivie, peut-être n'aurions-nous pas été devancés dans une voie qu'avait si brillamment ouverte les merveilleux travaux de l'illustre Marcellin Berthelot.

La Préparation du Pétrole Synthétique ⁽¹⁾

(Procédé Andry-Bourgeois et Olivier)

Communication faite par **M. E. GOUTAL**,
Chef des Travaux de Chimie à l'École Supérieure Nationale des Mines.

Il n'est pas dans mon rôle de vous exposer les raisons qui font de la production synthétique du pétrole l'un des problèmes les plus importants, dont on puisse demander la solution à la sagacité de nos chimistes et nos inventeurs.

Ces raisons vous ont été données par de plus éloquents, de plus autorisés que moi.

Elles découlent du fait indiscutable que la consommation des hydrocarbures pétrolifères croît avec une rapidité vertigineuse; que leur production mondiale ne peut suivre cette consommation et qu'il faut en prévoir au contraire l'affaiblissement progressif et bientôt peut-être la suppression.

Nous devons donc assurer l'alimentation du moteur léger, indépendamment des gisements pétrolifères, tel est le problème formulé dans sa très brève simplicité.

La solution est loin d'en être aussi simple.

Il ne peut être question, en effet, d'assurer la production de quelques milliers de tonnes d'hydrocarbures.

C'est par millions de tonnes qu'il nous faut compter. Dès aujourd'hui la consommation dépasse cette quantité prodigieuse, pour la France seulement, et atteint 100 millions de tonnes approximativement pour le monde entier.

Les importations de pétrole se chiffraient en Allemagne par 1.200.000 tonnes en 1911; elles se sont abaissées à 400.000 tonnes en 1920. L'Allemagne a donc su trouver dans l'exploitation rationnelle de ses houilles, de ses lignites et de ses tourbes, une grande quantité des carburants nécessaires à ses besoins.

Ce résultat n'a pu être atteint en France; les qualités de nos combustibles, leur quantité, leurs procédés de traitements ne se prêtent pas à la production des carburants en quantités suffisantes.

(1) Le Comité Central de Culture Mécanique n'a pas pu visiter l'Usine expérimentale de MM. Andry-Bourgeois et Olivier, cette installation n'ayant pas été prête au moment du Congrès.

Les « ersatz » ne peuvent être obtenus ici, il faut nous adresser nécessairement aux méthodes synthétiques.

Or, nous devons envisager toute méthode de synthèse non pas seulement au point de vue exclusivement scientifique, mais également au point de vue essentiellement pratique, découlant de l'obligation d'avoir à utiliser des matières premières sans grande valeur commerciale, parce que existant en quantités très importantes, dans un rayon d'action limité, et ne possédant pas d'utilisation pratique plus intéressante.

A ces différents points de vue, la méthode étudiée par MM. Andry-Bourgeois et Olivier semble donner satisfaction.

Cette méthode utilise, en effet, exclusivement comme matières premières : l'eau et le carbone.

Voilà certes des éléments de synthèse que l'on peut se procurer facilement et économiquement. Le premier, si l'on peut dire, ne doit rien à personne; le second, résultant de la carbonisation de toute matière organique d'origine et de valeur quelconque, peut être obtenu aisément dans bien des circonstances et par le traitement de matières combustibles de qualité très inférieure (tourbes, lignites, déchets de bois, etc.).

Par la méthode de MM. Andry-Bourgeois et Olivier, ce carbone est combiné tout d'abord à l'oxygène sous la forme d'un composé gazeux : l'oxyde de carbone CO, que l'on obtient par la réaction bien connue : $C + H^2O = CO + H^2$.

Dans une seconde phase de l'opération, l'oxyde de carbone réduit par l'hydrogène se transforme en méthane: $CO + 3 H^2 = CH^4 + H^2O$.

Dans une troisième phase, le méthane dissocié électriquement donne de l'acétylène: $2 CH^4 = C^2 H^2 + 3 H^2$.

Enfin, l'acétylène polymérisé et hydrogéné catalytiquement fournit en dernier lieu les hydrocarbures pétrolifères liquides et gazeux.

Envisageons, si vous le permettez, un kilogramme d'un coke de lignite ou de tourbe, contenant 20 % de cendres (c'est-à-dire approximativement 800 grammes de carbone), et voyons les transformations successives par lesquelles passera ce kilogramme de combustible très inférieur pour devenir pétrole.

Un bon gazogène utilisera, de ces 800 grammes, 320 grammes environ pour le chauffage proprement dit et 480 grammes pour la production de l'oxyde de carbone.

Deux mètres cubes de gaz en résulteront contenant en volumes 50 % d'hydrogène, 40 % d'oxyde de carbone et 10 % d'un mélange de gaz carbonique, de méthane, d'azote, etc.

Ces deux mètres cubes seront additionnés des gaz de la carbo-

nisation, épurés, riches en hydrogène, ils recevront un appoint d'hydrogène provenant de la décomposition de l'eau par l'une des méthodes déjà connues et industriellement pratiquées.

La réaction classique : $\text{CO} + 3 \text{H}^2 = \text{CH}^4 + \text{H}^2 \text{O}$, est alors provoquée dans un appareil catalyseur, à une température d'environ 230° et sous pression normale.

Le rendement voisin de 90 % permet d'obtenir industriellement 800 litres de méthane.

La réaction exothermique se solde cependant par une perte de chaleur, qu'il faut compenser grâce à la récupération des calories perdues du gazogène fabriquant le gaz à l'eau. Du fait de l'exothermisme marqué, il y a perte de calories disponibles dans la proportion de 3/10.

Les 800 litres de méthane, ainsi préparés, représentent 580 grammes. Décomposés dans un four électrique de modèle approprié, ils fournissent, vers 2.000° , par refroidissement brusque des produits de la réaction, 360 litres d'acétylène (420 grammes), et 1.100 litres d'hydrogène (100 grammes), avec un rendement pratique de 90 %. La dépense se chiffre par 1.600 calories (chaleur de combustion correspondant à 130 grammes de carbone).

Remarquons (entre parenthèses), que la production de l'acétylène par cette méthode présente un intérêt indiscutable, la dépense totale atteint 7.000 calories (comprenant la production du gaz à l'eau, du méthane et le prix de revient de l'hydrogène complémentaire), tandis que par le carbure de calcium il faudrait compter 12.000 calories environ. Cette observation est intéressante si nous visons la transformation du méthane, obtenu comme sous-produit dans la synthèse de l'ammoniaque par les procédés de Georges Claude. Nous savons, en effet, que, dans la réalisation pratique de ces procédés, les gaz de fours à coke sont utilisés comme matières premières productrices d'hydrogène, le méthane ayant été préalablement condensé par refroidissement énergétique. Utilisant ce gaz méthane à la fabrication de l'acétylène, le four électrique de MM. Andry-Bourgeois et Olivier serait susceptible de fournir en acétylène le double de la production totale en gaz ammoniac.

Mais revenons aux 360 litres d'acétylène que nous venons d'obtenir en partant d'un kilogramme de coke de lignite et de 800 grammes d'eau.

Ces 360 litres, représentant approximativement 420 grammes de gaz hydrocarboné, sont hydrogénés dans des appareils catalyseurs fonctionnant entre 150 et 300° sous une pression d'une demi atmosphère.

Pratiquement on met en œuvre un mélange gazeux complexe formé d'acétylène, de méthane non transformé, d'hydrogène libre, et d'hydrocarbures saturés et éthyléniques.

Par hydrogénations successives, on aboutit à un mélange d'hydrocarbures gazeux et d'hydrocarbures condensables saturés, éthyléniques, cycliques et naphténiques.

Ce mélange d'hydrocarbures, d'un poids total de 250 grammes, représente une énergie calorifique d'environ 2.750 calories. Il fournit par condensation un liquide marron clair à dichroïsme vert rouge, possédant une odeur de pétrole très accusée, présentant une densité voisine de 0,8 et fournissant par distillation près de 75 % d'hydrocarbures passant au-dessous de 150°.

Il contient une forte proportion d'hydrocarbures sulfonables et oxydables, une quantité notable de composés aromatiques et ne peut être comparé aux hydrocarbures d'origine naturelle.

Il est cependant intéressant de signaler qu'il m'a été donné d'y caractériser la présence d'hydrocarbures aromatiques, en proportion comparable à celle que l'on retrouve dans les pétroles de Bornéo. Le benzène, le toluène, les xylènes y coexistent et l'on pourrait envisager leur extraction comme matières premières propres à la fabrication des explosifs nitrés et des matières colorantes.

Par une dernière hydrogénation, réalisée à la température de 180° sous une pression d'une demi atmosphère, la quantité d'hydrocarbures sulfonables peut être abaissée aux environs de 15 %.

On obtient finalement 150 grammes de pétrole synthétique contenant environ 75 % d'essence, possédant au kilogramme un pouvoir calorifique supérieur de 11.500 calories, et pouvant se prêter à tous les usages commerciaux des essences de pétrole et des pétroles lampants, soit pour la carburation, soit pour la combustion proprement dite.

Les 100 grammes d'hydrocarbures non condensés peuvent être partiellement captés par un refroidissement énergique et l'on récupère de ce fait environ 80 grammes d'un liquide extrêmement mobile et volatil de propriétés comparables aux éthers de pétrole.

En résumé, nous aurons dépensé en Calories :

Pour la production de l'oxyde de carbone	{ Eau 810 grammes (pour mémoire). Coke de lignite à 20 % de cendres 1 kg. (ou carbone d'origine quelconque).	6.400 cal.
Pour la production du méthane		
Pour la production de l'acétylène.....		1.600 cal.
Total.....		<u>12.100 cal.</u>

Nous récupérons :

150 grammes de pétrole synthétique.....	1.850 cal.
100 grammes d'hydrocarbure gazeux ou d'éther de pétrole ...	1.000 cal.
	<hr/>
	2.850 cal.

soit un rendement de 15 % en combustible liquide et 8 % en composés gazéifiés.

Ces derniers en partie condensables à basse température, sous la forme d'éthers de pétrole, tandis que la portion incondensable repassée dans le cycle est soumise au four électrique pour donner de l'acétylène.

L'intérêt ressort pratiquement du fait que la matière première originelle peut être de médiocre valeur industrielle et commerciale; les cokes les plus cendreuse et les plus pulvérulents peuvent être avantagement utilisés.

Cette méthode de synthèse est basée toute entière sur des principes connus et pratiquement réalisés.

1° La fabrication du gaz à l'eau est courante;

2° La production du méthane en partant de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène est également connue (voir l'ouvrage de Sabatier : « La Catalyse en Chimie Organique »);

3° La dissociation du méthane au four électrique avec production d'acétylène et d'hydrogène est classique;

4° La production synthétique du pétrole en partant de l'acétylène et employant le nickel comme catalyseur a été réalisée par SABATIER;

5° La fabrication de l'hydrogène est depuis longtemps du domaine industriel.

Comme le déclarait M. MEURICE, de Bruxelles, le 10 janvier 1924; comme l'écrivaient MM. URBAIN et GUILLET, le 14 février, toutes les réactions mises en œuvre, tous les principes qui sont à la base du procédé proposé par MM. ANDRY-BOURGEOIS et OLIVIER pour la fabrication du pétrole synthétique à partir du gaz à l'eau sont classiques. Il est hors de doute qu'en les appliquant on doit obtenir du pétrole.

J'ajoute que l'on en obtient, je l'ai vu, je l'ai analysé, je l'ai identifié, il a dernièrement actionné des moteurs. Son existence est indiscutable, ses moyens de production indéniables.

Le prix de revient ne pourra être définitivement établi qu'après un essai de fabrication dans l'usine en voie d'aménagement.

Nous pouvons seulement dire que, partant de matières premières de faible valeur, passant par des opérations simples effectuées à faible pression, les dépenses ne pourront être de ce fait notablement élevées.

Les coques de lignite ou de tourbe, les poussières de charbon de bois ne sont pas d'ailleurs les seules matières premières pouvant être utilisées. En dehors du méthane, sous-produit de la synthèse de l'ammoniaque par les procédés de Georges CLAUDE, certains gaz naturels pourront également être captés et transformés en pétrole par les méthodes de MM. ANDRY-BOURGEOIS et OLIVIER.

Il y a quelques mois à peine un cri d'angoisse était poussé, mettant en question l'avenir même de la race humaine.

Les spécialistes les plus compétents entrevoyaient dans un avenir prochain l'épuisement de tous les gisements de combustibles; le pétrole serait tari dans une cinquantaine d'années, la houille dans quelques siècles.

C'était l'arrêt inévitable de toutes les machines, la fin de l'industrie, l'anéantissement d'efforts plusieurs fois millénaires, le retour aux conditions d'existence d'une humanité primitive.

Aujourd'hui, grâce aux progrès scientifiques et à leur adaptation aux conditions nouvelles de travail industriel, nous pouvons envisager l'avenir avec plus de confiance.

Une production pour ainsi dire indéfinie des matières combustibles nécessaires au bien-être de l'humanité semble promise à nos espoirs.

Les cycles complets du carbone et de l'hydrogène peuvent être entrevus.

Nos gisements de lignite, les tourbières de notre sol, le bois de nos forêts, combustibles de médiocre valeur, deviennent les matières premières assurant la production des combustibles les plus riches.

Les hydrocarbures synthétiques génèrent par leur combustion l'acide carbonique et la vapeur d'eau, aliments fondamentaux de la plante ligneuse qui, sous l'influence du rayonnement solaire, forme la cellulose, les arbres d'importantes forêts, que nous devons exploiter et reboiser avec soin.

Désormais plus d'espaces dénudés, plus de montagnes chauves; partout le terrain disponible soigneusement utilisé. C'est l'écoulement de l'eau régulièrement assuré, c'est le régime des pluies bienfaisantes enfin régularisé, c'est la constitution d'une réserve de carbone indéfiniment renouvelable. C'est l'hydrocarbure assuré pour l'avenir. La forêt par son carbone doit sauver l'humanité.

Une fois de plus se trouve démontrée la profonde philosophie de

ce vieil adage devant lequel s'inclinaient mes premières connaissances chimiques : « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ».

Qu'il me soit permis de conclure en affirmant qu'aucune difficulté sérieuse ne semble en principe faire obstacle à la fabrication industrielle du pétrole par les procédés de MM. ANDRY-BOURGEOIS et OLIVIER.

Je souhaite vivement que dans un délai rapide notre pays soit à même, grâce au développement de ces méthodes industrielles, d'échapper à la tutelle dans laquelle il se trouve à l'égard de l'étranger, concernant son approvisionnement en produits pétroliers. Souhaitons d'une façon plus générale encore d'assurer dans une large mesure la production de toutes matières combustibles susceptibles d'alimenter les moteurs légers si utiles à l'Agriculture, au Commerce et à l'Industrie, si indispensables aux nécessités légitimes de notre défense et de notre indépendance nationales.

De la Théorie à la réalisation des Carburants de Synthèse.

Communication faite par A. GUISELIN.
Ingénieur.

I

LES CARBURANTS

QU'EST-CE QU'UN CARBURANT? — DE QUOI DOIVENT ÊTRE
CONSTITUÉS LES CARBURANTS. — LES CARBURANTS LI-
QUIDES SONT DE NOUVEAUX VENUS. — LES CARBURANTS
LIQUIDES CONSACRÉS. — LES CARBURANTS NATURELS
EXTRAITS. — LES CARBURANTS ARTIFICIELS FABRIQUÉS.
— LES RESSOURCES VÉGÉTALES ET ANIMALES PRODUITES.
— LES CONSOMMATIONS MONDIALES. — UNE COUPABLE IN-
DIFFÉRENCE. — LE TEMPS PRESSE. — L'EFFORT ALLE-
MAND.

I. — Qu'est-ce qu'un carburant?

Que demande-t-on à un carburant ?

Qu'est-ce qu'un carburant ?

— Quelque chose qui carbure ! (1)

Et que carbure un carburant?

L'air prélevé dans l'atmosphère infinie en vue de former un mélange gazeux apte à brûler en vase clos, c'est-à-dire apte à transformer son volume froid en un volume plus grand, très chaud, par suite de l'élévation de température produite par sa combustion. Si celle-ci est effectuée dans un vase clos, à parois inextensibles, il y aura naturellement élévation de la pression dans ce vase; si elle est produite dans un vase à parois extensibles, il y aura refoulement de ces parois, ou de la partie extensible de cette paroi, comme c'est le cas lorsqu'on utilise un cylindre rigide fermé à l'une de

(1) Depuis cette communication, M. le colonel Ferrus, s'adressant au Président du Conseil à l'inauguration du Concours de voitures à moteurs électriques de Meudon, a dit : « le véritable carburant naturel c'est l'énergie électrique produite avec de la houille blanche ». Un carburant n'est donc pas absolument quelque chose qui carbure.

ses extrémités, tandis que l'autre est munie d'un piston qui peut se déplacer en entraînant avec lui une série de pièces mécaniques rigides destinées à transformer en vitesse et en direction le mouvement rectiligne obtenu.

II. — De quoi doivent être constitués les carburants ?

Conditions essentielles limitant le nombre des carburants. — Les carburants doivent donner, en produisant de la chaleur, des composés gazeux n'attaquant pas les métaux. — Ils doivent être aisément miscibles à l'air.

D'après cette définition, de quoi doivent être constitués les carburants ?

De matières aptes à se combiner à l'oxygène de l'air en attendant que l'on puisse en trouver d'autres volatiles et capables de brûler au contact de l'azote en dégageant de la chaleur.

Or, le nombre des matières susceptibles de s'unir ainsi à l'oxygène est pour ainsi dire illimité, et il semblerait qu'il en soit ainsi pour les carburants, si ces derniers ne devaient pas répondre encore à d'autres conditions.

En premier lieu, les produits de la combinaison des éléments de l'air à la substance carburante doivent être gazeux après la combustion, pour fournir à la température finale un volume plus grand que le volume primitif. Cette condition élimine par conséquent tous les corps formant des oxydes solides, comme les métaux ou les métalloïdes, cependant éminemment combustibles, ou comme l'arsenic ou le phosphore et qui peuvent, en tous cas, échauffer l'air comburant, en permettant d'actionner le piston mobile d'un cylindre moteur.

Il faut aussi que les produits de cette combustion n'altèrent pas trop aisément les parois des *capacités closes* dans lesquelles elle doit être produite, ce qui interdit (quant à présent), l'emploi de corps très volatils, comme le sulfure de carbone, ou pratiquement volatils, comme le soufre.

Enfin, il est nécessaire que les carburants soient dans un état physique tel que leur mélange intime avec l'air puisse s'obtenir facilement et presque automatiquement.

C'est cette dernière condition qui a limité jusqu'ici le nombre des carburants aux gaz combustibles ou aux vapeurs de liquides combustibles volatils, comme ceux que l'on extrait des pétroles naturels et des huiles provenant de la carbonisation de matières organiques fossiles, végétales, animales, ou bien que l'on fabrique ar-

tificiellement par la fermentation (en attendant mieux) comme les alcools industriels et les éthers, etc.

III. — Les combustibles liquides sont de nouveaux venus

La poudre de lycopode fut l'un des premiers carburants, puis, ce fut la poussière de charbon de bois. — Dès 1807, Claude Niepce construisit un moteur de ce genre avec lequel il fit naviguer sur la Saône une barque de 900 kilos en présence de Carnot. — C'est à cette solution vieille d'un siècle, que l'avenir nous reconduit.

Dans les premiers moteurs à combustion (1), l'air fut donc plus ou moins saturé par ces corps volatils, riches en carbone et en hydrogène, soit par barbottage, soit par tout autre dispositif très simple activant la saturation. Mais les difficultés rencontrées pour se procurer ces liquides volatils à des prix raisonnables croissant en nombre et en qualité, il fut bientôt envisagé d'autres moyens.

Les essences plus lourdes furent pulvérisées dans l'air d'admission et maintenues sous forme de bulles suspendues dans l'air par l'énergie cinétique imprimée à ces particules dans le courant gazeux allant au cylindre.

On étendit rapidement sur ce principe le champ des corps très volatils, dits primitivement carburants, aux substances telles que l'essence lourde, le pétrole lampant, les huiles lourdes, champ qui se prolonge maintenant dans celui des corps pulvérulents dont la première application remonte (je l'ai rappelé récemment) au siècle dernier.

Claude Niepce, dès 1807, imagina en effet, et construisit un moteur à poudre de lycopode, puis à poussière de charbon de bois, avec lequel il fit naviguer sur la Saône, pendant une semaine, une barque de neuf quintaux, en présence du grand Carnot.

On peut donc dire que le nombre des carburants susceptibles de carburer l'air est considérable et que l'on prévoit déjà la solution idéale du problème de nos approvisionnements en carburants nationaux, indigènes, métropolitains, par l'utilisation des poussières combustibles dans des moteurs appropriés.

Quoi qu'il en soit, en l'état actuel de la mécanique, ce sont encore les carburants liquides et volatils qui sont les plus recherchés par les automobilistes, les aviateurs, les motoculteurs.

(1) A noter que je ne dis pas interne, car il n'existe pas de moteur à combustion externe directe.

IV. — Les carburants liquides « consacrés »

Sont les produits d'association du carbone, de l'hydrogène, et malheureusement quelquefois du soufre et de l'oxygène. — Ils sont naturels et extraits, artificiels et fabriqués, tirés du règne végétal ou animal, et produits.

Ces carburants liquides auxquels nous nous sommes trop facilement habitués sont en général formés de l'association de l'hydrogène au carbone en proportions convenables. L'oxygène comme dans l'alcool, les phénols, crésols, éthers, étant plutôt nuisible au rendement spécifique des carburants qui en contiennent (1).

Ces carburants sont, ou bien *naturels* comme les huiles légères tirées des pétroles bruts, ou bien *artificiels* comme ceux extraits des produits de la décomposition thermique des houilles, lignites, tourbes, schistes; ils sont, enfin, le résultat de réactions chimiques ou biologiques, comme les éthers et les alcools industriels.

Les premières catégories ne sont donc pas *produites*, mais *extraites*, tandis que certains carburants de la troisième catégorie sont réellement produits avec l'énergie solaire, qui puise sa source de carbone et d'hydrogène dans l'atmosphère et dans l'humidité du sol, grâce à des phénomènes purement mécaniques, dont nous reparlerons vers la fin.

En tout cas, tous ces carburants extraits ou fabriqués le sont par des procédés ou des opérations, dont on peut songer à augmenter le rendement par des perfectionnements appropriés. C'est en effet l'une des voies au caractère scientifique qui s'ouvre actuellement en France aux industries de la production des carburants indigènes.

V. — Les carburants naturels extraits

Les gisements de Pechelbronn. — Du Pétrole dans l'Hérault (1608).

Nous n'étudierons pas dans cette communication le sujet des carburants *naturels extraits*, en quantités cependant appréciables, dans les gisements de Pétrole Alsaciens (80.000 tonnes d'huiles brutes par an). Nous aborderons d'emblée les combustibles solides, capables de nous fournir ces huiles succédanées des huiles de pétrole, que nous n'avons pas, paraît-il, en France.

Ce serait du reste faire dévier la question que de vous entraîner

(1) Voir les différentes études publiées par M. GREBEL, dans *Chaleur et Industrie* (1921 à 1924).

dans des dissertations sur la connaissance forcément imparfaite des ressources réelles de notre sous-sol. Quelques amis, amis de géologues officiels, ne me pardonneraient pas ce nouvel accès d'optimisme de circonstance et je désire ici ne pas faire de malheureux.

Mais à ces amis je recommande la salutaire leçon du retour en arrière, à l'époque encore rapprochée où nous ignorions les gisements de fer de Lorraine, de Normandie, et les gisements de potasse d'Alsace, malgré l'existence de géologues de valeur et de ce qu'il y a de plus officiels, sortant de l'École à la fois Nationale et Supérieure des Mines. Et puis, n'y aurait-il pas réellement du Pétrole, pour le moment, dans notre sol, que cela devrait-il nous défendre d'espérer en l'avenir ?

Des géologues, cette fois très officiels, n'ont-ils pas déclaré ces jours-ci que la présence inaccoutumée de traces d'huile dans une dizaine de puits alsaciens était due à de récents troubles sismiques. Et ne sommes-nous pas menacés à chaque instant de troubles sismiques ?

Mais de grâce, et c'est sur quoi je vais fermer la parenthèse, évitons des bourrages de crânes, comme ceux qui nous invitent à chanter les louanges d'une administration qui trouve du pétrole dans l'Hérault, à Gabian, où il est connu depuis l'an 1608, ainsi qu'on peut le vérifier dans les plus élémentaires ouvrages de géologie.

Il est vrai, m'a-t-on assuré ces jours-ci, que le pétrole trouvé en 1924 n'est pas du tout le même que celui de 1608... il est plus jeune tout en étant plus ancien. N'insistons pas.

VI. — Les carburants artificiels fabriqués

Les procédés barbares de carbonisation doivent être perfectionnés. — Une recherche plus scrupuleuse des gisements de combustibles fossiles doit être ordonnée.

En présence de l'affirmation administrative — faisant force de loi — qu'il ne peut pas y avoir de pétrole en France, passons aux matières premières minérales capables de nous donner des pétroles ersatz.

Au premier rang des substances minérales nous placerons naturellement la houille, dont il ne faudrait distraire qu'un million de tonnes de notre consommation annuelle, pour fabriquer les carburants dont nous avons besoin, si nous savions la transformer en hydrocarbures volatils, avec des rendements suffisants.

Or, les seuls moyens industriels réellement appliqués (surtout

en France) pour fabriquer ces carburants liquides avec la houille et les combustibles fossiles, sont de les carboniser dans des vases plus ou moins clos, en élevant leur température avec une source de chaleur externe (cornues, fours à coke, etc.), ou par une combustion partielle interne (gazogène).

On transforme ainsi plus ou moins logiquement les matériaux organiques constituant ces combustibles, en produits volatils gazeux ou condensables, et en coke, de plus ou moins de valeur.

Ce sont ces moyens que l'on cherche actuellement à perfectionner en agissant sur les facteurs aidant à la décomposition, comme la chaleur, la pression, la forme des fours, leur mode de fonctionnement, etc.

Nous verrons plus loin que l'on ne doit pas se limiter à cette voie si l'on veut créer un véritable progrès.

A côté de ces fossiles, dont la France produit des quantités déjà importantes, qui pourraient croître, si la nécessité s'en faisait sentir, nous devons placer les schistes bitumineux, dont notre sous-sol possède des gisements mal connus, insuffisamment prospectés — ou connus et inexploités — alors que ces matières schisteuses font l'objet des plus vives préoccupations des pays étrangers, même de ceux qui possèdent des gisements de Pétrole... formidables, comme les Etats-Unis d'Amérique. (*Ma communication à la Société des Ingénieurs Civils de 1918.*)

VII. — Ressources végétales, animales, marines

La mer, formidable gisement d'engrais et de carburants. — L'inventaire de nos ressources. — La ressource suprême!!! nos caves. — Défi aux grands trusts.

Après les matières minérales carbonisables, mais non méprisables, nous disposons de matières organiques vivantes, végétales et animales comme les bois de nos forêts, les plantes vivaces, les algues marines et les animaux marins, existant en quantités industrielles dans les mers qui bordent nos côtes et dont le traitement fournirait, en dehors de produits alimentaires, des engrais et des huiles à bon marché.

Tout cet ensemble de substances qui se reproduisent continuellement sous l'influence du soleil, des principes minéraux assimilables de notre sol, de notre atmosphère, de nos mers salées, doit pouvoir, dans un temps prochain, subvenir à nos besoins.

Je me suis expliqué sur ce point, plusieurs fois, à la *Société des Ingénieurs Civils*, à la *Société de Chimie industrielle*, et dans la *Presse*.

Enfin, n'oublions pas les matières fermentescibles pouvant donner lieu à des alcools variés et industriels, tout aussi fins pour la bouche que pour les moteurs.

Du reste, nous n'entreprendrons pas l'énumération et la statistique de ces différentes sources de matières premières. Celles-ci ont fait de la part de plusieurs d'entre nous l'objet de maintes et maintes communications.

Nous signalerons, pourtant, comme nous l'avons fait au *IV^e Congrès de Chimie Industrielle de Bordeaux*, les ressources suprêmes que peuvent constituer nos caves industrielles... et même familiales, que nous pourrions sacrifier à la Patrie, si elle se trouvait en danger.

Que les grands Trusts se le disent, S.V.P.

VIII. — Les consommations mondiales

La consommation est tributaire de la production. — Comment échapper à cette tutelle. — Nécessité pour les consommateurs de s'organiser, de réprimer leur politique douanière et d'examiner froidement la situation.

Mais tous ces moyens ne constituent encore que des solutions lointaines du *problème* plus général et parfaitement défini de la substitution aux essences de pétroles importées, d'essences artificiellement produites, ou de composés similaires fabriqués à des prix qui puissent rivaliser en temps de paix avec les prix des essences.

C'est là un problème excessivement grave et difficile à résoudre, en raison même du fait que l'*essence* a toujours été jusqu'ici, obtenue par la simple distillation d'une matière extraite presque pour rien de gisements quelquefois jaillissants (1).

Mais cette façon d'obtenir l'essence tend malheureusement à devenir insuffisante en raison de la consommation mondiale croissante dont nous donnons l'état plus ou moins exact.

D'après Frederic W. Black K.B.C., ancien président de The Institution of Petroleum Technologist, voici quelles seraient les consommations :

(1) Cette considération a été développée par M. Pineau en fin de séance, quand il a proposé aux cultivateurs de se grouper pour acheter, transporter et se distribuer l'essence au moyen de coopératives auxquelles l'Etat était décidé à accorder sa protection.

Consommations mondiales (en tonnes)

	1921	%	1922	%	1923	%
Essences.....	16.629.000	16	20.031.000	17	24.788.000	18
Huiles lampantes.....	8.552.000	8	10.016.000	8,5	13.082.000	9,5
Huiles lubrifiantes.....	4.146.000	4	4.713.000	4	5.508.000	4
et gaz	63.861.000	61	72.466.000	61	85.379.000	62
Autres produits : Asphaltes, vaseline, paraffine, combustibles consommés aux puits et raffineries	12.018.000	11	10.605.000	9	8.951.084	6,5
Production.....	405.206.000		417.831.000		437.709.000	

Ces chiffres sont fort curieux, ils démontrent une certaine constance des rendements du BRUT MONDIAL en produits dérivés. Ceci malgré l'introduction de certaines pratiques, telles que l'extraction des essences des gaz naturels et la fabrication d'essences de cracking, en partant d'huiles lourdes.

Des lors, il se confirme que, dans l'ensemble du monde, les consommations de dérivés rapportées aux productions totales d'huiles lourdes ont fort peu varié.

Ainsi, la CONSOMMATION EST TRIBUTAIRE DE LA PRODUCTION malgré l'extension donnée en Amérique, en Angleterre, en Allemagne, en France, aux industries de récupération des produits de la houille.

Et il en résulte que des pays consommateurs comme l'Angleterre et la France, dont les besoins ne varient pas synchroniquement avec ces ressources, doivent payer cher les produits, comme l'essence, qui comptent pour plus de 30 et de 50 % dans leurs importations (Angleterre, 31 % en 1923; France, 58,1 % en 1923) (1).

C'est d'ailleurs pour libérer la consommation de la tutelle de la production que l'on cherche depuis peu à améliorer la technique du raffinage des huiles de pétrole dans le même sens que celui qui est observé pour la houille.

On s'explique alors pourquoi ces industries de fabrication des essences de cracking, restées si longtemps stationnaires, se sont enfin développées au cours de ces dernières années, sous la pression des nécessités de la guerre.

Et l'on s'explique encore mieux les raisons qui contrarient maintenant leur développement dans les pays où l'intérêt financier n'est pas d'accroître la production d'un produit de première nécessité dont les prix varient en raison inverse de la production.

Mais s'il est possible d'admettre cet égoïsme étranger, devons-nous le tolérer en France?

(1) Conférence à la Société de Chimie Industrielle. *Le raffinage aux lieux de consommation* (mai 1924).

A cette question nous répondons sans crainte: Non! Et nous prions les amateurs de se reporter à notre dernière conférence faite à la Société de Chimie Industrielle, en mai 1924.

Dans celle-ci j'ai démontré, en effet, que les procédés de transformation, s'ils avaient été depuis longtemps introduits en France, auraient étendu nos moyens d'approvisionnement aux sources plus répandues d'huiles brutes, moins dépendantes des grands trusts que les sources de produits fabriqués et plus ou moins bien raffinés pour l'exportation.

J'ai signalé depuis, pourquoi ces moyens avaient rencontré l'opposition des importateurs, soucieux de ne pas mécontenter les grands trusts, et soutenus par l'indifférence incompréhensible des grands consommateurs.

J'ai montré aussi le tort considérable, inouï, impossible, causé par notre politique douanière malthusienne, fruit de conceptions administratives dignes d'un gendarme ou d'un garde champêtre et non de fonctionnaires intelligents.

Et j'ai ajouté à ces raisons économiques d'autres raisons techniques, tirées du même fouillis douanier dans lequel se débattrait vainement un industriel voulant cracker des huiles lourdes et ne sachant à quel procédé se vouer, tant ceux-ci sont nombreux et mal connus des ingénieurs (1).

IX. — Une coupable indifférence

Un cri d'alarme en 1912. — Les travaux scientifiques de nos savants gagneraient à être dirigés par des industriels. — En attendant faisons notre inventaire !

Je félicite donc à nouveau les organisateurs de ce Congrès d'avoir entendu l'appel que je lançais, en octobre 1922, au *Congrès de Chimie Industrielle de Paris*, pour demander un examen attentif des différents procédés actuellement publiés, mal connus par les industriels et n'ayant jamais pu prouver leur valeur, faute de consécration industrielle.

Si l'on se reporte à cette communication, on y verra que je place au premier rang des préoccupations actuelles, celles d'utiliser au mieux tout ce qui a été inventé ou imaginé dans la voie de la transformation des huiles minérales de pétrole, de houille, de lignite, de tourbes, de schistes, en vue de la production d'essences légères.

(1) Ces raisons ont été données publiquement à Buc, à M. Herriot, Président du Conseil, qui avait bien voulu se laisser interviewer par nous.

Déjà en 1913, avec Lumet, nous avons appelé l'attention de la *Société des Ingénieurs Civils de France*, sur ces procédés encore dans l'enfance.

En 1917, alors que grâce à ces procédés, les Etats-Unis alimentaient nos armées en essence, je consacrais à cette question le troisième volume de mon rapport général à M. Clémentel, *sur les ressources nationales en carburants* (1).

Cette question n'est donc pas nouvelle pour moi, et c'est peut-être pourquoi j'ai accepté de rechercher maintenant avec vous quelques règles générales de la catalyse.

Du reste, j'ai eu quelques élèves depuis 1917, et même de brillants élèves, dont je citerai les plus fameux, comme le maître vénéré Sabatier, son collaborateur, l'ami Mailhe, le distingué professeur Grignard et ses collaborateurs, qui nous promettent des études sérieuses dans le dernier numéro de la *Revue des Matières Grasses*, — sans oublier le jeune chimiste M. Gault, promu récemment au grade élevé de Directeur de la future Ecole Nationale Supérieure du Pétrole.

Et je ne cite que quelques-uns de ces élèves!...

Tous ces savants ont étudié sérieusement ce problème captivant de la destruction des molécules d'hydrocarbures. Et je ne doute pas qu'il ne découle plus tard de leurs travaux des conséquences industrielles remarquables pour la motoculture.

Pourtant, ce n'est pas moi qui critiquerai la forme désintéressée donnée par les savants chimistes à cette enquête scientifique. Mais j'estimerai néanmoins qu'elle a besoin d'être guidée dans une voie plus pratique, s'inspirant plus des nécessités positives dont ne s'embarrassent ordinairement pas les savants aveuglés par leur idéal.

X. — Le temps presse

Tout doit concourir à la résolution d'un problème national. — L'alcool, carburant national. — L'huile de poisson, carburant maritime.

C'est parce que nous sommes pressés, très pressés d'en finir, que l'activité des ingénieurs comme nous, ne doit pas se borner à la mise au point et à l'application industrielle de ces procédés de cracking, dont les usines seraient privées de matières premières avec la liberté des mers, tant que nous n'aurons pas trouvé le Pétrole qui baigne notre sous-sol.

(1) On trouvera dans ce rapport toute une bibliographie du cracking et de la catalyse, et même les premières indications publiques sur le fameux procédé Bergius.

Et c'est pourquoi depuis 1917 nous nous sommes tournés résolument vers les industries en apparence coûteuses, comme celle de l'alcool industriel, ou comme celles des essences d'huiles végétales ou animales...

Ces industries (les dernières), dont les procédés ont été si minutieusement mis au point par le distingué Mailhe, peuvent paraître problématiques à ceux qu'effrayent encore les hauts prix de l'huile à salade.

Mais Mailhe n'a-t-il pas généralisé son procédé à toutes les huiles végétales et animales (1). Toute la question revient donc à trouver des huiles industrielles bon marché.

Aussi, nous efforçons-nous de préconiser l'extension de la pêche industrielle avec des bateaux spéciaux, munis d'engins étudiés pour ramener sur le pont indistinctement tous les représentants huileux de la faune et de la flore marine.

Et qu'on ne nous accuse pas de vouloir dépeupler la mer, ce serait une tâche au-dessus des forces humaines. Au surplus, cette pêche ne nous permettrait-elle pas, par la même occasion, de détruire les poissons voraces de leur prochain et nuisibles pour l'espèce humaine?

Quoi qu'il en soit et quoi qu'il arrive, on ne peut s'empêcher de souhaiter que tous les moyens et procédés mis à notre disposition par la nature et par la science soient très rapidement utilisés.

Nous le répétons, le temps presse.

XI. — L'effort allemand

L'Allemagne a compris les ressources qu'elle peut tirer du raffinage et des méthodes scientifiques. — Malgré une consommation accrue, elle importe 3 fois moins en 1923 qu'en 1913. — 483.000 t. au lieu de 1.250.000 t.

Malheureusement, la France qui aurait dû être le premier pays à se lancer dans cette voie, s'est laissé distancer par suite d'une indifférence coupable.

De même que l'audacieuse conception de la possibilité de l'union directe de l'hydrogène à l'azote est née dans le cerveau génial d'un Charles Tellier, celle de la possibilité de l'union de l'hydrogène au carbone a été depuis très longtemps dénoncée par Berthelot.

Si la première est entrée dans l'heureuse phase des compéti-

(1) Et même comme il l'a annoncé au Congrès des Carburants métropolitains, aux matériaux végétaux riches en chlorophylle.

tions industrielles, la seconde n'a pas fait des progrès bien nets.

A peine s'en occupe-t-on avec quelque intérêt dans certains pays comme l'Allemagne, où le même problème des carburants s'est posé pendant la guerre.

Or, à l'heure actuelle, l'Allemagne se vante de l'avoir résolu, en entourant d'un certain voile mystérieux quelques-unes de ses découvertes les plus intéressantes.

Nous y reviendrons dans un instant.

Qu'il nous suffise de jeter les yeux sur ce qu'il y a d'apparent dans ce pays.

D'après M. Dascalesco (1), voici ce qu'il apparaît :

L'Allemagne prospecte. — Elle trouve des gisements, notamment dans la province du Hanovre. Elle a produit en 1923 près de 52.000 tonnes de pétroles bruts.

L'Allemagne raffine. — Elle importe du pétrole brut.

La Deutsche Erdoel, Werke und Co, G.M.B.H., a construit à *Wilhelmsbourg* une raffinerie capable de raffiner 36.000 tonnes, elle agrandit celle-ci pour porter cette capacité à 60.000 tonnes.

Les capacités des trois autres raffineries de ce groupe est d'environ 30.000 tonnes (*Linden-Grabow*).

En 1922, cette société a raffiné 60.400 tonnes de pétroles bruts.

Les autres sociétés de raffinage sont : la *Mineral Raffinerie Rheinan* (*Manheim Rheina*), la *Danubia*, à *Regensburg* (à la *Deutsch Petrole A. G.*), la *Depag*, (affiliée à la *Ruatgerswerke*), la *Rhenania*, à *Dusseldorf*, du groupe *Royal Dutch*.

D'après l'auteur précité, les expériences faites par les chimistes allemands, en vue d'obtenir des produits de remplacement de la gasoline, ont eu lieu à *Rositz*, où l'on fabrique seulement 50 à 60 tonnes par mois.

Ces essais font cependant grand bruit dans les milieux purement scientifiques.

Il en est de même des essais tentés, depuis octobre dernier, dans la *Ruhr* pour obtenir la *Zechen Benzin*, dont nous ignorons la nature et l'origine.

A ces essais, il faut ajouter ceux tentés à l'Institut du professeur *Fischer* et de son associé, le *Dr. Tropsch*, et enfin ceux du *Dr. Bergius*.

Nous ajouterons que d'autres tentatives sont faites et réalisées actuellement dans les environs de *Berlin*, pour le traitement des goudrons de basse température par les procédés *Melamid*.

(1) *Rumania Petrolifera*, du 10 septembre 1924.

Enfin il reste avéré que la production du benzol de 1923 a été de 150 à 180.000 tonnes.

On voit d'après cela que l'Allemagne a tenté un effort excessivement sérieux au cours de ces derniers ans et qu'elle a été secondée dans cette tâche par ses savants spécialistes.

On s'explique aussi que ses exportations, qui étaient de 1.252.868 tonnes en 1913, avec une production intérieure de 121.000 tonnes, soient tombées, en 1923, à 483.286 tonnes, c'est-à-dire au tiers malgré une consommation singulièrement accrue (1).

Ces importations se répartissent ainsi :

Importations de pétroles en 1923 (Allemagne)

		TONNES
Etats-Unis.....	298.492	61,7 %
Pologne, Galicie.....	66.537	13,8
Mexique.....	21.933	4,5
Roumanie.....	16.618	3,4
Indes Hollandaises.....	11.140	2,3
Pérou.....	9.813	2
Perse..	8.537	1,8
Russie du Sud.....	4.383	0,9
Autres pays..	46.413	9,6
	483.266	100,00

Elle avait importé 774.009 tonnes en 1922 avec une production intérieure de 45.000 tonnes.

On voit d'ici la rapide décroissance des importations, signe certain d'un progrès, dont nous devrions être jaloux.

(1) A l'issue de cette communication, M. Pineau, Directeur des essences et pétroles au Ministère du Commerce, a tenu à venir préciser que la chute de ces importations était due à la disparition de la flotte, à l'emploi moindre de pétroles lampants et d'huiles lubrifiantes. Cette observation est exacte, mais on doit également tenir compte des efforts faits pour la généralisation des moteurs Diesel terrestres, et pour l'emploi de succédanés lubrifiants, mieux conditionnés aux applications.

II

LES MATIÈRES PREMIÈRES MINÉRALES. VÉGÉTALES,
ANIMALES ET INTELLECTUELLES

CONDITIONS D'EXISTENCE DE L'INDUSTRIE DES CARBURANTS DE SYNTHÈSE. — LES MATIÈRES PREMIÈRES FONDAMENTALES. — LES MATIÈRES PREMIÈRES INTELLECTUELLES. — LES INITIATIVES OFFICIELLES. — UNE TENTATIVE DU C.C.C.M. — LE FACTEUR HYDROGÈNE ET UNE SIMPLIFICATION. — VUES NOUVELLES.

I. — Conditions d'existence de l'Industrie des Carburants de Synthèse.

Sous quelles conditions peut-on faire naître en France une Industrie des Carburants de Synthèse ? — Nécessité de trouver des matériaux indigènes, bon marché, pour alimenter des procédés savants, mis en application par des techniciens complets.

Ainsi, de ce qui précède, il résulte que nous devons concentrer nos efforts scientifiques, industriels, financiers, etc., pour faire aboutir la réalisation des *Carburants de synthèse*.

C'est d'ailleurs à cette conclusion que j'aboutissais lors de mon intervention dans la consultation organisée par la *Société des Ingénieurs Civils* sur le *Carburant national* (1923).

Mais à quelles conditions obtiendrons-nous un plus rapide développement de l'Industrie des carburants de synthèse?

À la condition de mettre sur pied des méthodes de fabrication utilisant comme matières premières des produits pouvant être *trouvés, extraits ou produits* en France... en abondance; ces procédés aboutissant à des *carburants bon marché*, grâce à une technique habile, conduite par des techniciens avertis, non seulement des difficultés scientifiques, mais encore des difficultés pratiques, économiques, légales et fiscales.

Examinons s'il existe en France les moyens de satisfaire à ces deux conditions.

II. — Les matières premières fondamentales

Les matières fondamentales des carburants hydrogénés existent en France, en quantités illimitées. — Il suffit de savoir les utiliser. — Un exemple frappant de l'étendue des possibilités que nous offre la nature. — Le sulfate de chaux capable de devenir un minerai de soufre.

Nous avons dit que les carburants, pour répondre aux conditions de volatilité et de combustibilité exigées par les organes des moteurs dans lesquels ils doivent transformer leur énergie latente calorifique en énergie mécanique, étaient le plus généralement formés de combinaisons à faibles poids moléculaires du carbone, de l'hydrogène, accessoirement de l'oxygène.

L'utilisation de corps combustibles comme le soufre, le phosphore, leurs composés hydrogénés, quelques métaux ou métalloïdes ne devant être envisagée que dans un avenir éloigné ou incertain.

Or, nous disposons d'hydrogène, en quantités illimitées, dans l'eau de nos mers, de nos fleuves, tandis que l'oxygène associé à cette eau se trouve presque disponible dans l'air que nous respirons, sans avoir de comptes à rendre à personne, pas même à la Société des Nations.

Quant au carbone, pourquoi ne pas dire qu'il existe également en quantités illimitées, si on l'envisage non seulement sous la forme de végétaux, vivants ou fossiles, mais encore sous celle de carbonates associés, ou même sous forme d'acide carbonique naturel, minéral ou atmosphérique.

Le temps n'est plus, grâce à la science, où l'on n'envisageait de tels produits que sous leur forme pure ou légèrement modifiée.

Les Allemands ne nous ont-ils pas appris à retirer des sulfates de chaux, le soufre dont ils avaient besoin pendant la guerre, et n'assistons-nous pas, dans certains pays, à la naissance de véritables industries de régénération du soufre provenant de sources imprévues.

Ces jours-ci, un professeur de Budapest ne me confirmait-il pas l'intention que l'on avait, dans son pays, de retirer le soufre des gaz éminemment sulfurés, dégagés par la carbonisation de lignites dont le semi-coke était seul recherché?

Disposant de pyrites ou de sulfures métalliques en quantités suffisantes pour fabriquer de l'acide sulfureux nécessaire aux usines d'acides sulfuriques, les Hongrois songent à retirer du soufre, de l'hydrogène sulfuré des gaz de lignites, en l'oxydant de telle façon qu'il se produise la réaction : $H^2S + O = H^2O + S$.

Notez bien que cette réaction vient d'être vérifiée par les géologues de l'Anglo-Persian et qu'elle explique, dans une certaine mesure, la présence de certains gisements de soufre natif, placés dans le voisinage de gisements de pétrole.

Et ceci m'amène à justifier, non seulement ma thèse; mais à trouver l'explication de certains phénomènes étudiés récemment par Lebeau et qui m'avaient quelque peu surpris lors de la rédaction d'un rapport officiel.

Il s'agissait alors de rechercher les raisons causant certaines anomalies rencontrées dans l'examen des lignites, lors de la détermination de leur richesse en huiles résultant de leur carbonisation.

Ayant repris les résultats obtenus par la méthode scientifique et si méticuleuse du professeur Lebeau, qu'il a baptisée : *fractionnement thermique des combustibles*, j'avais été frappé par la simultanéité de la formation, pendant la carbonisation des houilles, de l'hydrogène sulfuré et du méthane.

Et cette simultanéité était si nette, que je n'avais pu m'empêcher de poser la question. Je viens de lire la réponse dans une étude anglaise sur le Pétrole persan, due à M. R. K. Richardson et développée devant la *Institution of Petroleum Technologists de Londres*.

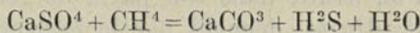
Ce géologue rappelle en effet que les roches réservoirs de l'âge du miocène contiennent en Perse de grandes quantités d'hydrocarbures, mélangés de H²S, qui ont dû se former postérieurement à l'arrivée du Pétrole, et l'explication de ces formations leur a été donnée par le *D^r Hugo de Boeckh*.

D'après *de Boeckh*, cet hydrogène sulfuré proviendrait tout simplement de la réaction du méthane sur les couches de gypse qui sillonnent plus particulièrement ces gisements et que l'on rencontre presque toujours auprès des gisements de pétrole (1).

Cette réaction aurait été indiquée par *Hopper Seyler*.

Si l'on met du gypse pulvérisé dans un tube et qu'on y fait passer du méthane, on obtient un gaz qui contient de l'hydrogène sulfuré.

La réaction serait :



(1) M. Finalon, dans la *Vie Technique et Industrielle* de mai, recherche les raisons de la nature épaisse des bitumes venant avec l'eau sulfurée de sources minérales de Saint-Bols, dans les Basses-Pyrénées. Ce seraient les hydrocarbures légers des bitumes frais réagissant sur les couches de gypse qui donneraient de la chaux, de l'acide carbonique, de l'hydrogène sulfuré, des polysulfures. Cette réaction expliquerait pourquoi ces bitumes, en apparence, vieux proviendraient de gisements contemporains et non dégradés comme l'affirmaient certains géologues.

Ainsi, lors de la carbonisation des lignites et houilles sulfureuses, ou plus exactement contenant du sulfate de chaux, il se produirait, grâce au méthane, de l' H^2S , dont la production cesserait, naturellement, après l'arrêt du dégagement du CH^4 .

Cette réaction est très importante; car supposons à notre tour, que nous devions nous procurer du soufre, nous pourrions l'utiliser en cherchant une utilisation de ce méthane, dont certaines industries cherchent en ce moment l'emploi (1).

Notons que le carbonate de chaux résultant de cette réaction permettrait de produire de la chaux et de l'acide carbonique dont nous trouverons tout à l'heure l'utilisation.

Mais supposons que cette réaction soit reversible. Alors serait-il possible de transformer le H^2S en méthane? Nous fournirons dans un instant une réaction, qui nous montrera que rien ne doit plus être désormais considéré comme impossible dans cet ordre d'idées de l'utilisation industrielle de nos ressources minérales.

Il suffit de faire confiance aux savants chimistes.

III. — Les matières premières intellectuelles

Du rôle véritable des savants. — Une collaboration nécessaire des chimistes, mais aussi des géologues, des ingénieurs, des mécaniciens. — Notre absence légendaire des Congrès étrangers. — Du rôle de la Presse Technique. — Ses efforts payés d'ingratitudes.

Mais peut-être venez-vous de percevoir une hésitation au moment où j'ai prononcé le mot de savants chimistes.

C'est qu'en effet, malgré tout le respect que m'inspirent les savants, je ne puis supposer leur rôle nécessaire, suffisant.

Comme nous le verrons tout à l'heure, les problèmes de synthèse ne relèvent pas seulement d'une sévère discipline imposée aux affinités chimiques, mais encore d'une foule de conditions physiques où la chaleur, l'énergie mécanique, électrique, l'énergie interne de la matière nécessitent des connaissances générales réservées plus particulièrement aux physiciens.

Du reste, n'ai-je pas soutenu, encore ces jours-ci, la thèse de la nécessité, dans ces problèmes de reconstitution de matériaux naturels, d'une étroite collaboration des chimistes, des ingénieurs, des géologues, des physiologistes...

(1) Lors d'une réunion de la commission parlementaire du Carburant National, le député Barthe vantait la richesse des lignites du Midi, en se réjouissant de leur teneur en soufre, nécessaire à la vigne. Sa réflexion fut sourie alors bon nombre de chimistes, et cependant M. Barthe avait raison.

Et ce serait méconnaître le rôle capital du mécanicien que de l'éloigner d'une technique où nous devons construire et faire fonctionner des moteurs, des fours, des compresseurs, des chaudières, des réfrigérants...

Or, ces éléments humains font partie des données du problème que nous sommes chargé d'examiner aujourd'hui. Leur union concertée peut être effective, tandis que nous ne tirerons rien de définitif de leurs travaux en ordre dispersé.

Au surplus, ces éléments humains existent-ils en France?

A cette nouvelle question, je répondrai encore sans hésiter : Oui ! Mais cette fois avec la réserve, qu'ils existent dans une situation aussi latente que celle du carbone dans le carbonate de chaux.

Il ne peut faire de doute, surtout pour un Français, que nous possédions en France des savants, chimistes, géologues, ingénieurs capables de résoudre les problèmes qui passionnent les étrangers.

Bien au contraire, le mystère qui rôde autour de ce problème des carburants de synthèse nous paraît propre à exciter le génie français.

Déjà des *Sabatier*, des *Sanderens*, des *Brochet*, des *Mailhe* nous ont initiés aux chemins tortueux qui mènent à la catalyse.

Notre infériorité reste apparente, elle doit devenir éblouissante, mais encore faut-il que nous nous en donnions la peine.

Cette infériorité m'a été maintes fois signalée par des amis étrangers, qui n'ont pas manqué de constater notre absence, presque légendaire, des Congrès et autres manifestations scientifiques qui se poursuivent à l'étranger, depuis la guerre, notamment en Angleterre et en Amérique.

Oh ! je sais que l'on trouvera une explication de cette absence dans le change élevé des pays que je viens de citer, mais cette explication, si elle justifie l'absence des Français, ne justifiera pas celle des conférences ou des communications écrites.

Et puis, ce n'est pas seulement dans les manifestations internationales que nous devons déplorer l'absence des Français, c'est encore dans la littérature scientifique.

Ici, il n'est plus question de change ou de misère des savants et des techniciens.

Au surplus, avons-nous en France des périodiques qui puissent se comparer à ceux des pays, non pas seulement producteurs, mais consommateurs, comme l'*Allemagne*, l'*Angleterre*, l'*Autriche*?

Et cependant ce n'est pas faute d'efforts tentés à diverses reprises avant la guerre, pendant la guerre, depuis la guerre.

Depuis vingt ans nous avons guidé et suivi la marche de véri-

tables apôtres dans les chemins qui ne tarderont pas à devenir pour eux des calvaires.

Ces apôtres, je pourrais les citer, vous les connaissez.

Il ne vous suffit pas de les admirer, il faut encore les encourager, les aider dans les efforts quelquefois surhumains qu'ils tentent, les uns après les autres, dans le fol espoir d'aboutir à nous être utiles.

Et cela m'est d'autant plus un devoir d'insister, que c'est grâce à eux que j'ai pu poursuivre; en 1907, cette active campagne en faveur du Pétrole, qui m'a procuré tant de satisfactions, mais aussi combien d'ingratitude!



IV. — Les initiatives officielles

Les récentes initiatives prises par le Comité Consultatif des Pétroles. — Faisons l'inventaire de nos richesses avant de songer à les exploiter. — Trouvons l'eau avant de construire le moulin.

A ce point, je dois faire arrêt.

Si notre absence dans les Congrès et dans la littérature du pétrole continue à être remarquée à l'étranger; si nous ne sommes pas encore en possession d'organes ou de périodiques de l'importance de ceux que publient les Américains, les Anglais, les Allemands, les Roumains; si nous n'avons pas d'associations de techniciens spécialistes, nous devons pourtant signaler quelques récentes initiatives.

Depuis plus d'un an nous possédons un *Comité consultatif du Pétrole*, dont le noyau scientifique, prélevé au sein même de l'Académie des Sciences, garantit l'avenir, et dont quelques-uns de ses membres ont bien voulu s'associer à la manifestation présente.

Il m'est particulièrement agréable de souhaiter à ce Comité, dont j'avais réclamé depuis si longtemps la constitution, un rôle prépondérant dans la réalisation des décisions que nous pourrons prendre.

En tout cas, il est des résultats déjà acquis par ce Comité, que je demande la permission de signaler.

Ils sont relatifs :

1° A la création d'un laboratoire de recherches destiné à l'étude des succédanés des Pétroles, pouvant être extraits de la Houille;

2° A la création d'une Ecole Nationale Supérieure du Pétrole et des combustibles liquides;

3° A l'envoi de certaines missions de prospection en France et à l'étranger;

4° Au projet de la création d'un centre d'informations et de documentation.

Comme on peut s'en rendre compte à la lecture des titres des deux premières initiatives, les deux organismes dont il est question seront différents.

Le premier aura pour fonction d'étudier et de rechercher des procédés et des méthodes rentrant dans le cadre de nos préoccupations.

Le deuxième ayant pour mission d'éduquer des jeunes gens qui auront éventuellement à mettre lesdits procédés et méthodes en application.

Notre premier mouvement sera donc de remercier le *Comité Consultatif du Pétrole*. Mais notre second mouvement nous amènera à faire quelques remarques.

Dans un instant, nous allons parcourir le champ immense d'un domaine rempli d'espérances, dont vous pourrez plus tard observer la diversité et la complexité.

J'espère alors vous ranger à cette opinion, qu'il faut faire sans tarder un inventaire complet de ce qui a été trouvé en matière de synthèse, mais encore procéder à la vérification matérielle de ces découvertes.

Et c'est pourquoi j'estime, avec bon nombre d'ingénieurs, que nous avons avant tout besoin d'organismes du premier genre et non d'écoles pour des usines, des fabriques, des raffineries qui n'existent pas, — et qui n'existeront pas si nous n'arrivons pas aux carburants de synthèse.

V. — Une tentative du C. C. C. M.

Quelques suggestions du Comité de Culture Mécanique. — Des centres d'études pour savants, dirigés par des réalisateurs. — Une nourriture substantielle pour les centres d'études, S.V.P.!

La conclusion de ce qui précède, c'est que nous possédons en France les matériaux et les savants qui sont nécessaires à la production des carburants indigènes ou métropolitains; mais qu'il reste de ce côté de gros efforts à réaliser pour les amener à une forme plus palpable.

Au premier rang de ces efforts, plaçons suivant un ordre logique :

1° La création de centres d'études groupant non seulement les études chimiques, mais encore toutes celles qu'entraîneront la mise en application industrielle des procédés de synthèse.

Ces centres d'études devant être dirigés par des ingénieurs à culture générale, et non par des savants;

2° La création d'une littérature technique rassemblant, annotant et publiant toutes les nouveautés propres à alimenter lesdits centres d'études;

3° La participation plus effective de nos savants et de nos spécialistes à ces réunions internationales où le tempérament français, apte à la discussion, apporterait un élément d'activité indispensable au progrès rapide.

Ces dispositions n'interdisent pas les encouragements à attribuer aux chercheurs isolés ou aux sociétés privées assez intelligentes pour prendre les devants dans une technique qui engendrera sûrement quelques beaux bénéfices.

VI. — Le facteur hydrogène

Une omission. — L'importance du facteur prix de l'hydrogène en matière d'hydrogénation. — Les travaux du professeur Lebeau. — L'étude critique de M. de Coninck. — Des conclusions S.V.P.

Et maintenant nous serions arrivés à la troisième partie de notre communication, celle de l'utilisation des matériaux, si nous n'avions pas à réparer une grave omission.

Cette omission, vous l'avez deviné, c'est celle de l'hydrogène.

C'est, en effet, une chose fort intéressante que cette question de l'hydrogène, d'autant plus intéressante que l'hydrogène est un gaz très léger, qui ne pèse pas beaucoup au mètre cube (densité : 0,0692; poids du m³ : 0,089).

Bien des études ont été publiées, bien des discussions ont été engagées, sur ce point capital de l'hydrogène à bon marché, et je ne veux pas ajouter une goutte d'encre, même rose, à ce torrent dont la source n'est jamais tarie.

La catalyse de corps tels que la houille ou les huiles lourdes exige, on le sait, des quantités fort importantes d'hydrogène, atteignant 4 à 5 % dans le procédé Bergius, mais pouvant être cependant réduites par un retour dans la réaction des gaz produits.

Ce sont là des quantités très importantes dont les valeurs sont surtout très appréciables, si l'on considère les limites entre lesquelles le prix de cet hydrogène varie (1 à 4 francs le klogr.).

Si donc on envisage la production de carburants de synthèse, par addition à des corps déterminés de quelques pourcentages d'hydrogène, on se heurte aux mêmes difficultés que celles qui ont été rencontrées par les inventeurs de procédés de synthèse de l'ammoniaque.

S'il est, en effet, très compréhensible que l'on puisse négliger le facteur hydrogène, quand il s'agit de transformer des huiles nau-séabondes en excellent beurre d'Isigny, il est inadmissible d'oublier que le but des fabricants de carburants est de fabriquer du combustible à bon marché.

Or, l'hydrogène à 4.000 francs la tonne est loin d'être un combustible à bon marché.

Aussi, devons-nous applaudir aux tentatives faites en vue de puiser l'hydrogène là où il se trouve à bon compte, comme dans les gaz industriels, même lorsqu'il est déjà combiné à quelques molécules de carbone.

A ce sujet, je m'en voudrais de ne pas signaler les excellents travaux du Professeur *Lebeau*. Ceux-ci, à leurs débuts, ouvrent cependant des horizons brillants sur les ressources que l'on peut attendre de certains combustibles, qui fournissent, après le départ de gaz riches en carbone, de l'hydrogène presque pur et dont le faible pouvoir calorifique ne convient pas à certaines applications industrielles.

Je signalerai également l'étude assez curieuse de *M. de Coninck*, publiée dans la revue *Chaleur et Industrie* de juin 1924, et intitulée : *Considérations économiques sur l'avenir des combustibles liquides artificiels en France*.

Dans cette étude, on trouve un esprit critique, qui est loin de me déplaire, et qui montre une grande indépendance de caractère, que j'admire.

Après avoir étudié divers modes de production de l'hydrogène et s'être arrêté sur celui qui lui paraît le plus économique, *M. de Coninck* étudie les possibilités financières du procédé Bergius, en faisant une série d'hypothèses dont nous lui laissons les responsabilités.

Il semble, en effet, qu'il soit un peu prématuré de prévoir des rendements de 90 % avec des houilles qui contiennent toujours plus de 10 % d'humidité et de cendres. Et nous ne suivrons pas *M. de Coninck* lorsqu'il compare les produits de la bergiunisation aux essences vendues 2.500 francs la tonne.

Il se peut que, dans les conditions ci-dessus, l'écart de prix entre 900 tonnes d'essence à 2.500 francs et 1.000 tonnes de houille à 100 francs invite à l'hydrogénisation, même avec 40 kg d'hydro-

gène à 3 fr. 60. Mais j'estime, qu'entre le prix de la matière première et celui du produit fini, il n'existe pas autant de marge, et qu'en tout cas cette marge est sillonnée d'une foule de dépenses intéressantes.

VII. — Une simplification

Hydrogéner la houille, est bien; mais pourquoi ne pas alourdir les essences avec de la houille ?

Certes, il ne faut pas s'effaroucher a priori des frais entraînés par l'ennoblissement des combustibles lourds, comme on dit maintenant; mais il est bon qu'on en tienne compte.

Et le moins que l'on puisse faire dans cette voie, ce n'est peut-être pas de vouloir éthérifier le carbone, mais d'alléger les huiles brutes, ou d'alourdir les essences.

Les moteurs et les mécaniciens ont fait de rudes progrès depuis le jour où les essences avaient des densités de 0,680, correspondant à des limites supérieures d'ébullition inférieures à 100° C.

Nous pouvons donc dire que ce ne sont pas des essences légères qu'il nous faut, mais bien des essences.

Et pourquoi ne pas concevoir les combinaisons des matières organiques de la houille avec des essences de pétrole — dont nous disposons à bon compte — plutôt que celles exigeant l'emploi d'hydrogène gazeux?

VIII. — Vues nouvelles

Vues nouvelles sur le traitement chimique des houilles avant et pendant la carbonisation. — Les ciments de cendres de houille et le chauffage au charbon pulvérisé.

Puis, au lieu de cet hydrogène, pourquoi ne pas utiliser la houille elle-même qui en contient, en substituant au procédé brutal de carbonisation à température plus ou moins élevée, d'autres procédés plus chimiques et surtout moins barbares.

Il me semble que les recherches tentées jusqu'ici dans le but de transformer les produits organiques solides de la houille en produits organiques liquides volatils, se sont trop bornés aux méthodes de carbonisation plus ou moins simples.

Il me souvient avoir déjà indiqué en 1918 la possibilité d'augmenter le rendement en huile des houilles, par addition à ces derniers, avant carbonisation, de goudrons provenant d'une opération précédente. Nous reviendrons d'ailleurs sur ce point.

D'autres chimistes ont proposé, dans le même but, d'ajouter à la houille du formiate ou du carbonate de potasse. Et pourquoi pas!

Qui nous empêche de perfectionner cette carbonisation brutale par un traitement préalable de la matière, voire même par un traitement chimique ?

J'ai supposé tout à l'heure que l'hydrogène sulfuré contenu dans les gaz de lignites provenait de la réaction du méthane sur le sulfate de chaux. Pourquoi ne pas éliminer le sulfate de chaux des lignites avant carbonisation, en supprimant ainsi la production de H^2S .

Je vais même plus loin, et j'imagine que l'oxygène contenu dans la houille et qui passe dans les goudrons, puisse être retenu par du fer. Ne produirions-nous pas ainsi, du même coup, un corps catalyseur capable d'équilibrer les réactions dans le sens d'une diminution du rendement en gaz et d'une augmentation de rendement des goudrons ? C'est fort possible.

Autre exemple : pourquoi ne pas étudier plus attentivement les cendres d'un charbon, afin de lui ajouter les matières complémentaires qui transformeront ces cendres en excellent ciment après combustion du carbone ? Voilà une suggestion qui me fut transmise à plusieurs reprises au cours de la guerre, à propos de l'utilisation des déchets schisteux des mines, ou des déchets de schistes bitumeux.

Proposition qui, à ma connaissance, n'a jamais été entendue par tous ceux qui s'occupent du chauffage au charbon pulvérisé, mode de combustion qui s'entendrait à merveille de cette application.

Combien de fois n'ai-je pas entendu déplorer la fusibilité des cendres d'un charbon, alors qu'il aurait été facile de parer à cet inconvénient, soit en augmentant la fusibilité outre mesure, soit, au contraire, en la supprimant par des additions de matières minérales appropriées.

Je termine en m'excusant de cette digression dont on comprendra néanmoins l'importance.



III

DU ROLE DE L'ÉCONOMIE DANS LA CONSOMMATION

L'ÉCONOMIE EST UNE VERTU ET UN MOYEN. — SUS AU RENDEMENT. — HYPERCARBURANTS. — FOUILLONS NOS ARCHIVES. — ET LA COMPOSITION?!. — LES CARBURANTS DE SÉCURITÉ. — LA RENAISSANCE DU RAFFINAGE.

I. — L'économie est une vertu et un moyen

Un aspect imprévu du problème de nos approvisionnements en carburants. — L'économie de consommation.

Le but du concours organisé par le *Comité Central de Culture Mécanique* est bien de provoquer une émulation en faveur de la découverte de carburants capables d'être produits en France avec des matériaux français.

Mais je ne déplairai certainement pas aux mécaniciens organisateurs de ce concours, en leur signalant une forme détournée de la solution du problème de nos approvisionnements, qui permettrait aux moteurs, agricoles et industriels, de fonctionner sans carburants.

Malheureusement, rien ne permet encore d'espérer cette solution qui utiliserait les forces gratuites et formidables de la matière cohérente.

On peut cependant, en attendant, ne pas rester indifférent aux tentatives faites à la fois par des chimistes-mécaniciens ou des mécaniciens-chimistes, en vue d'augmenter le rendement des calories introduites dans un moteur, soit par des modifications du carburant, soit par des perfectionnements du moteur.

II. — Sus au rendement!

La suppression. — Les surcompresseurs. — L'alcool et les anti-détonants. — Une phase curieuse de la lutte entre l'alcool et l'essence. — Une révolution inattendue. — Les ressources mondiales en carburants doublés.

Dernièrement, à propos du carburant national officiel (mélange de 90 % d'essence et 10 % d'alcool), on a beaucoup parlé des aug-

mentations de rendement des moteurs à explosion par celui du taux de compression volumétrique des mélanges d'air carburé.

Cet avantage, théoriquement connu depuis *Carnot* et de *Rochas*, est obtenu grâce à la propriété des mélanges d'air carburé et de vapeurs d'alcool, de pouvoir supporter des pressions élevées, sans donner lieu aux multiples inconvénients attribués pendant longtemps à des auto-allumages, alors qu'ils seraient dus à des phénomènes de combustions ondulatoires (d'après *Migdely*, *Ricardo*, *Dumanois*).

Cette propriété de l'alcool éthylique a servi, depuis, à compenser très sérieusement l'infériorité indiscutable de son pouvoir calorifique. Elle a été pratiquement vérifiée par les services des Transports en commun et restera à son acquit indiscutablement.

Mais rien ne peut résister au progrès!

Pendant que les alcoophiles s'extasiaient sur les savantes propriétés de l'Alcool, les essençophiles ne s'avouaient pas vaincus.

Tandis que les premiers enregistraient la solution mécanique de la surcompression par l'emploi de surcompresseurs indépendants, les seconds mettaient la main sur un procédé donnant à l'essence, pour une dépense modique supplémentaire, le moyen de former des mélanges carburés se comportant bien aux hautes compressions. Je veux parler de ces corps baptisés rapidement du nom d'*antidétendants* dont les avantages, perçus dès 1910 par l'ingénieur maritime *Dumanois*, ne furent précisés par lui que très récemment après l'annonce de cette découverte par l'Américain *Thomas Migdely*.

Ces corps, qui font partie de la série des corps organo-métalliques peuvent, en effet, à des doses excessivement faibles, agir sur cette combustion ondulatoire et supprimer, en les retardant, les chocs et surpressions qu'elle occasionne dans les cylindres des moteurs.

En faisant la part convenable des exagérations de l'inventeur américain, il semble qu'il puisse rester quelque chose des 30 à 40 % d'économies, que ce dernier signale sur la consommation des moteurs courants.

C'est là un résultat qui, s'il était vérifié, aurait en effet des conséquences formidables, puisqu'il doublerait presque instantanément les ressources du monde entier en carburants, en doublant presque la puissance de ceux dont nous disposons.

J'ajoute que je regrette bien vivement la réception tardive du *Report of the Empire Motor Fuels Committee*, dans lequel j'ai trouvé une foule de documents précieux sur cette question dont j'aurais aimé faire profiter le Congrès. Mais ce n'est que partie remise.

III. — Les Hypercarburants

Les hypercarburants. — Une initiative du Gouvernement Américain. — Suivons l'exemple des Etats-Unis. — Mais attention aux gros intérêts adverses !

Cette solution indirecte du problème des carburants n'a pas échappé aux services de l'aviation marine des Etats-Unis. Le chef de ceux-ci vient de lancer un appel à tous les raffineurs, en vue de les inciter à produire ces *hypercarburants*, soit par mélange avec des « *ingrédients* », soit par l'isolement dans les carburants ordinaires des parties antidétonantes.

Aux Etats-Unis, le Ministre de la Marine s'occupe, non seulement de tirer parti de cette invention, mais voici que se constituent des sociétés, à la tête desquelles nous voyons les grands Trusts du pétrole.

La collaboration de ces derniers Trusts n'est pas sans nous donner quelques inquiétudes sur le sort des antidétonants; l'intérêt commercial et financier de ceux-ci n'étant pas de favoriser le développement du progrès, dans le sens de l'économie des carburants.

Et ne sentons-nous pas, en France et en Angleterre, le même vent souffler les tentatives des fous qui se vantent inconsidérément de vouloir diminuer les emplois de la houille en supprimant les gaspillages... et les dividendes des compagnies houillères.

IV. — Fouillons nos archives

Une expérience ancienne : un pétrole lampant pour moteur doué de qualités exemplaires. — Fouillons nos archives.

Quoi qu'il en soit, j'estime que la solution du problème des *essences hypercarburantes*, autrement que par l'emploi d'ingrédients n'est pas impossible. Elle exige simplement quelques études méthodiquement conduites.

Je me rappelle les résultats d'expériences tentées avant la guerre, en 1914, sur un *moteur Aster* à pétrole lampant, du type 4 cylindres 35-40 CV.

Sur ce moteur, j'avais essayé, chez le constructeur, trois pétroles lampants distillant exactement de la même façon entre les mêmes limites de température. L'un de ces pétroles étant le résultat du mélange en proportions données des deux autres formés d'hydrocarbures appartenant à des familles chimiques différentes,

telles que les carbures saturés parafféniques, et les carbures naph-téniques, cycliques et aromatiques. Ces trois pétroles avaient été obtenus en traitant un distillé américain (d'Oklahoma) passant entre 160° C. et 325° C. par le procédé de séparation à l'acide sulfureux liquide. (Procédé Edeleanu.)

Grâce à ces pétroles bien déterminés, il me fut permis d'attribuer alors les propriétés brisantes des pétroles lampants, aux hydrocarbures parafféniques des pétroles du premier type, qui donnèrent lieu à des difficultés de réglage, à des combustions incomplètes, à des retours au carburateur et à des ratés, en accusant une consommation élevée correspondant à une diminution de puissance importante.

Tous ces inconvénients et désavantages disparurent en effet avec le pétrole lampant du second type, c'est-à-dire, riche en hydrocarbures cycliques et aromatiques.

La marche redevint régulière, avec des échappements incolores et une augmentation très nette de puissance pour une plus faible consommation.

La conduite des gaz d'échappement, qui avait rougi lors de la première expérience, reprit sa température habituelle, preuve d'une meilleure utilisation des carbures du combustible vérifiée également par la température plus basse de l'eau de réfrigération.

Enfin, le fait qui m'est resté le plus net dans cette série d'expériences, c'est l'observation du son produit par l'explosion qui, de l'avis des ingénieurs spécialistes, différerait très peu de celui qu'aurait rendu un moteur à essence fonctionnant dans de bonnes conditions.

Ce sont là des études qui, à mon sens, devraient être reprises maintenant que l'on est un peu mieux fixé sur les causes des propriétés brisantes des pétroles lampants dans les moteurs à explosion.

Elles éclaireraient singulièrement la théorie des antidétonants.

V. — Et la composition ?

Influence de la composition physique des hydrocarbures sur leurs propriétés antidétonantes. — Une utilisation des propriétés azéotropiques des mélanges d'alcool et d'essence.

Dans une autre voie, je pense, à mon tour, que le phénomène de la combustion ondulatoire ne peut être dû seulement à la composition chimique des combustibles, comme l'indique M. Brutzkus dans un mémoire primé par la *Société d'Encouragement à l'Industrie Nationale*.

A mon sens, en matière de carburants, on paraît trop peu se préoccuper de l'homogénéité du produit et encore moins des proportions relatives des hydrocarbures distillant à des températures aussi variables que celles que l'on vérifie dans les essences du commerce.

Supposons, pour fixer les idées, que nous ayions isolé dans une grande masse d'essence, les produits distillant entre des limites de 25° C. On peut concevoir une infinité de mélanges, de même densité, distillant entre les mêmes limites et cependant constitués par des hydrocarbures assemblés en proportions variables.

Mais il est impossible, à notre avis, que ces mélanges se comportent de la même façon dans un moteur. Il est impossible, en tout cas, d'admettre qu'une essence très bien débarrassée de produits très volatils, se comporte comme une essence très bien rectifiée, exempte de produits lourds ou gazeux.

Or, il est très difficile d'éliminer dans une essence les produits gazeux par les procédés ordinaires de distillation.

Permettez-moi donc de vous signaler un moyen, qui est encore inutilisé et que j'ai découvert récemment au cours d'essais demandés par le *Comité scientifique du Carburant national*.

Ce procédé repose précisément sur les fameuses propriétés azéotropiques des mélanges d'alcool et d'essences de pétroles, grâce auxquelles une essence mélangée d'alcool et rectifiée laisse comme résidu, après le départ de l'alcool, un liquide absolument exempt de produits très légers, encore très convenable pour la carburation, malgré un point d'inflammabilité parfois supérieur à 50° C.

VI. — Les carburants de sécurité

Les carburants dits de « sécurité ».

Avantages économiques et militaires des carburants « non-détonants ».

C'est la haute inflammabilité de ces essences légères, qui me fit songer à les proposer à la *Sous-Commission des Carburants dits de sécurité* pour l'alimentation, soit des moteurs d'avions, soit des moteurs de chars d'assaut, où l'incendie des approvisionnements en réservoirs constitue trop souvent une cause d'aggravation des sinistres se produisant à la suite de chutes des avions ou de chocs violents des chars, accidents se terminant trop souvent par la mort affreuse des passagers.

Mais à un point de vue moins humanitaire, ces essences pourraient peut-être encore être considérées avec quelque intérêt, si

nous leur découvertes des propriétés anti-détonantes les rendant plus économiques.

L'économie en matière d'aviation ne se traduisant pas seulement en argent mais encore en avantages, tels que l'augmentation des rayons d'action pour une même charge de combustible.

Avantages pouvant également résulter de la possibilité d'effectuer certains parcours, aller et retour, sans changer d'essence, c'est-à-dire sans occasionner de nouveaux réglages du carburateur et du moteur.

Cet inconvénient du changement de la qualité des essences, voire même simplement de la densité, a été signalé par *Pelletier d'Oisy* au cours de son raid Paris-Tokio. Il peut être diminué en aviation commerciale, pour de petits parcours; mais devenir très grave, lorsque le raid comporte des relais dans des pays comme la *Galice*, la *Roumanie*, la *Perse*, les *Indes* où les matières premières (huiles brutes) dont on retire l'essence, sont très différentes comme nature et composition.

VII. — La renaissance du raffinage

La recherche des antidétonants ou des essences peu détonantes, doit figurer au programme des travaux qui seront recommandés par le Comité Central de Culture Mécanique. — La renaissance de l'industrie du raffinage en France, pays de transit.

Mais j'estime encore que les recherches d'anti-détonants ou d'essences non détonantes surcompressibles, hypercarburantes, extra économiques, devraient entrer dans le cadre des préparations à la guerre, et je demande au *Comité de Culture Mécanique* de les inscrire à son programme.

Je vais même plus loin, quand je suppose des découvertes dans ce sens, donnant le coup de fouet nécessaire à la renaissance, en France, de l'industrie du raffinage des huiles légères et lourdes de houille, de lignites, de schistes et, accessoirement, des pétroles importés.

Militairement parlant, la France, comme pays industriel, a surtout besoin de carburants, d'huiles lubrifiantes et de résidus lourds combustibles pour des applications bien spéciales.

Je m'imagine tout le parti que notre balance commerciale, dont on parle si souvent, pourrait tirer d'une organisation qui importerait des pétroles très lourds à bon marché, dans nos ports, où des raffineries modernes retireraient les essences et les résidus dont nous avons besoin, en exportant le supplément, soit par mer, soit

par voies fluviales, jusque dans les pays de l'Europe centrale.

Car ce n'est pas une nouveauté pour des économistes soucieux de l'avenir de la France, de soutenir qu'elle est admirablement placée pour faire du transit.

Comme le dit *M. Edmond Sohier* dans la *Réforme Economique*, et comme l'a fort bien résumé *M. Romier* dans la *Journée Industrielle*, la France, aux confins des pays occidentaux d'Europe, est au centre de croisement des courants économiques émanant ou ayant pour but l'Europe.

Elle doit être un pays de transit et compter de nombreuses industries transformatrices.

Aujourd'hui, avec ses bassins fluviaux et ses canaux, notre pays prend accès sur les mers les plus fréquentées d'où il peut recevoir les matières premières.

C'est un atout que ne peuvent ignorer ceux qui envisagent comme une véritable nécessité la création en France d'une industrie moderne de raffinage : c'est-à-dire de production à bon compte de carburants et de combustibles fabriqués en France... avec un minimum de produits importés.

Je ne m'étendrai pas davantage sur ce chapitre, malgré son importance, parce qu'il me sera toujours facile d'apporter plus tard une étude complète de cette question au *Comité Central de Culture Mécanique*.

Je tiens seulement à faire remarquer qu'en opérant ainsi, les constructeurs pourraient obtenir des produits fabriqués pour les besoins de leurs moteurs et ne seraient plus obligés, comme c'est le cas présent, de modifier leurs moteurs pour les carburants importés.

La technique de la construction se libérerait ainsi d'un énorme souci...

Ce ne serait plus elle qui marcherait à la remorque des exigences des importateurs de pétroles.

IV

DE LA THÉORIE A LA RÉALISATION DES CARBURANTS
DE SYNTHÈSE

LE PROBLÈME. — LE PASSÉ. — N'OUBLIONS PAS LE PASSÉ.
— DES AFFINITÉS PARESSEUSES. — DÉMOLIR POUR RE-
CONSTRUIRE. — LE PROCÉDÉ FISCHER. — LE MOUVEMENT PERPÉTUEL VERS LA MORT DES INITIATIVES. — UNE UTILISATION RATIONNELLE DES GAZ PERDUS. — UNE EXPÉRIENCE A REPREDRE. — UNE ACTION BIENFAISANTE. — UNE GRANDE RÉFORME INDUSTRIELLE. — LES LIQUIDES COMBUSTIBLES DOIVENT ÊTRE OBTENUS ABONDANTS, BON MARCHÉ, AVEC UN MATÉRIEL SIMPLE. — CATALYSE ET CATALYSEURS. — ADSORPTION ET COMBINAISON. — LES ACTIONS EN RELATION AVEC LES VOLUMES ET LES SURFACES. — UNE QUESTION EMBARRASSANTE : LES COMBINAISONS SANS CATALYSEURS. — LES MODIFICATIONS DE L'ÉNERGIE INTERNE DE LA MATIÈRE, LEURS MODIFICATIONS, LEURS MANIFESTATIONS ET LEUR UTILISATION INDUSTRIELLE. — UNE NOUVELLE THÉORIE DE LA CATALYSE. — CONCLUSIONS.

I. — Le problème

Le problème posé par le Comité Central de Culture Mécanique fait partie du grand problème national de la sécurité. — Une nation sans pétrole est une nation désarmée.

Après avoir posé le problème, trouvé des matières premières et les techniciens prêts à les associer; après avoir montré une voie détournée aboutissant à une solution partielle, examinons comment nous pourrions opérer pour hâter les solutions les plus promptes d'un problème scientifique et économique intimement lié à notre *sécurité*.

C'est un tort, en effet, comme le disait naturellement avec talent notre ami Louis Forest, que de vouloir considérer un pays comme désarmé parce qu'on lui a détruit ses fusils, ses canons et ses munitions.

Un pays sans houille, sans pétrole est un pays économiquement désarmé.

Nos délégués à la Société des Nations devraient user de cet argument, envers ceux qui accaparent précisément la houille et le pétrole.

II. — Le passé

Les études scientifiques sur les carburants de synthèse forment une imposante bibliographie. — Il importe d'en tirer parti sans délai.

Si l'on considère attentivement dans le passé le champ immense des efforts scientifiques et même demi-industriels, tentés dans le but de modifier l'état de choses créé par l'habitude de brûler les pétroles et leurs dérivés sans chercher à améliorer le parti que l'on peut tirer de cette matière (qu'on dit à la veille de disparaître), on est surpris de constater la lenteur de l'évolution qui commence à faire sentir ses fruits.

Dans la littérature scientifique, nous trouvons un nombre incalculable d'études se référant à une foule de procédés, brevetés ou non, mais dont les applications se font toujours attendre pour des raisons financières de haute politique économique.

Le pétrole, comme la houille, comme beaucoup d'autres matières indispensables, est économiquement sous la domination de puissances d'argent, qui n'ont pas intérêt à modifier les habitudes et à supprimer le gaspillage.

Ces puissances n'ont aucun intérêt à diminuer la consommation, c'est-à-dire à réduire leurs bénéfices, sauf à des époques, où il devient nécessaire de sauver les apparences.

Les brevets concernant les procédés de distillation, de raffinage, de cracking, de catalyse, continuent donc à enrichir la documentation de certaines grandes sociétés, logiquement insensibles aux beautés de la science la plus pure.

De ces brevets, de ces procédés de cracking et de catalyse, vous trouverez une première bibliographie dans le troisième volume du *Rapport Général sur nos ressources nationales en carburants*, que j'ai rédigé en 1917 sur l'ordre de M. Clémentel, l'un de nos présidents d'honneur. Bibliographie qui s'est poursuivie depuis 1917 dans le journal : *Chimie et Industrie*, organe périodique de la *Société de Chimie Industrielle*, où j'ai précisément inauguré la mode des analyses critiques de brevets et de procédés, auxquelles je donne un développement très important dans « *Le Pétrole* ».

Enfin vous n'omettez pas, pour compléter votre enquête, de vous reporter aux publications savantes françaises et étrangères qui fournissent régulièrement la liste des brevets et des procédés concernant cette industrie. Je vous signale en passant : la *Revue des matières grasses*, la *Revue Pétrolifère*, le *Bulletin de l'Institution of Petroleum Technologists* et les *Notes et papiers publiés par le Geological Survey de Washington*.

III. — N'oublions pas le passé

Vœux exprimés au troisième Congrès de Chimie Industrielle tendant à l'inventaire et à la classification des méthodes de procédés publiés, déjà employés plus ou moins industriellement.

Dans cet ensemble, il vous sera loisible, comme à moi, de retrouver à chaque instant les plus ou moins heureuses applications des lois générales sur les équilibres entre les associations et dissociations, qui peuvent se produire entre les innombrables combinaisons du carbone et de l'hydrogène, si l'on fait intervenir, ensemble ou séparément, la température, la pression, les catalyseurs, à des doses ou à des vitesses d'accroissement variables.

Et vous aurez alors souvent l'impression que dans cet amas d'observations, il doit être possible de tirer des matériaux solides pour la construction d'un monument sérieux.

C'est ce que j'ai essayé de montrer dans une communication déposée au *Troisième Congrès de Chimie Industrielle de Paris* en 1923 :

« Sur la nécessité de formuler les principes fondamentaux devant régler l'industrie nouvelle de la transformation par cracking ou catalyse, de matériaux divers en hydrocarbures volatils. »

Il n'est pas dans mes intentions de résumer les quatre pages de ce mémoire, dont je tiens quelques exemplaires à la disposition des intéressés et qui pourra, si le bureau le juge nécessaire, être reproduit dans ma communication.

Si vous le consultez je ne doute point que vous rejoindrez mes conclusions au même point :

A savoir : *Tirer parti de ce qui est fait avant d'entreprendre de nouvelles études.*

IV. — Des affinités paresseuses

Les affinités du carbone pour l'hydrogène sont réelles. — Certains exemples prouvent qu'elles existent et qu'elles peuvent être développées.

Ceci posé, abordons tout de suite le problème dans ce qu'il a de plus compliqué.

Et, en effet, qu'ils proviennent des pétroles que nous ne possédons pas, des houilles dont nous sommes parcimonieusement pourvus, des lignites, des tourbes, du bois, des schistes, des matières organiques animales ou végétales, les hydrocarbures à formules

chimiques identiques sont également semblables et doués des mêmes propriétés.

Si nous découvrons par exemple les moyens pratiques de souder à des hydrocarbures lourds, des hydrocarbures gazeux pour arriver à des hydrocarbures légers, pourquoi n'aurions-nous pas le droit d'extrapoler et de passer des hydrocarbures complexes formant la houille, d'abord aux hydrocarbures lourds et ensuite aux hydrocarbures légers.

Et pourquoi refuserions-nous à ces hydrocarbures engourdis, la puissance plus jeune qui permet aux huiles ou goudrons et au brai de s'hydrogéner plus facilement.

Là encore il s'agit d'être optimiste, car le succès ne sourit jamais aux pessimistes. Tâchons d'abord, et pour commencer, de ramolir le charbon avant de le liquéfier.

Et ceci nous ramène en arrière aux expériences fameuses de *Berthelot* dont M. Roszak nous a entretenus ce matin, avec sa manière persuasive habituelle.

Travaux auxquels un savant allemand a donné un regain d'actualité en enveloppant ses indiscretions d'un tissu de mystères qui ne tendent rien moins qu'à nous endormir, comme nous l'avons été avant et pendant la guerre avec l'ammoniaque de synthèse.

Autour de ce procédé *Bergius*, de nombreuses discussions se sont élevées aussi bien en France qu'en Angleterre. Elles ont toutes abouti à jeter le discrédit non pas sur les réactions de laboratoire indiquées par *Bergius* et vérifiées par plusieurs auteurs, mais sur les soi-disant applications industrielles d'un matériel compliqué, de parade, avec tableau de manœuvre, poste central de thermométrie, de robinetterie, de pression... (1) installé pour impressionner les visiteurs.

Car pourquoi s'obstiner à mettre en doute que le carbone n'a point de dispositions pour l'hydrogène, alors que *Berthelot* est arrivé à unir ces deux métalloïdes, à la pression ordinaire, sous la seule influence de la chaleur et aussi de l'énergie électrique passant entre les deux charbons.

En 1906, *Colbe* soumet l'éthylène à l'action des effluves électriques, et il obtient des hydrocarbures liquides à hauts points d'ébullition, tandis que *Jackson* et *Lane* soumettent l'acétylène à des décharges à hautes fréquences, obtiennent à leur tour des polymères cristallisés. *Pring* et *Hutton* constatent qu'à 1.850° C. le carbone s'unit directement à l'hydrogène pour former du méthane et de

(1) Il est à remarquer que les visites faites à Manheim coïncidèrent toujours avec des arrêts de fabrication et que la visite des appareils fut interdite à cause des énormes pressions utilisées qui les rendent dangereux !!

l'acétylène. En 1910, *Pring*, reprenant les expériences ci-dessus, voit que cette combinaison s'effectue déjà vers 1.150° et qu'au-dessus de 1.550° les proportions de méthane s'accroissent par suite de la décomposition de l'acétylène et de l'éthylène en méthane.

Ce qu'il nous faut donc trouver actuellement, c'est le moyen simple, et même détourné, de faire naître des affinités à des températures en apparence plus basses.

Tout à l'heure, je signalais comme moyen pouvant devenir industriel, la réaction du méthane sur le sulfite de chaux et cela supposait que nous disposions de méthane.

Imaginons maintenant que ce soit l'inverse et que nous voulions au contraire faire du méthane.

Je tire la solution des *Principes de chimie* par NAQUET, publiés dès 1867.

Cet auteur cite, page 42 du tome premier, que l'on peut faire réagir le sulfure de carbone sur l'hydrogène sulfuré en présence du cuivre chauffé au rouge.

Que se passe-t-il? Simplement une absorption par le cuivre du soufre uni à la fois au carbone et à l'hydrogène et la mise en liberté simultanée de ces deux corps qui, sous cet état, dit naissant, s'unissent avec tant d'avidité qu'ils se saturent complètement pour former du méthane. $CS^2 + 2H^2 + 2Cu = 2CuS + CH^4$.

Et pourquoi après tout cette réaction ne deviendrait-elle pas industrielle?

On peut fabriquer, en effet, industriellement, le sulfure de carbone, tandis que l'hydrogène sulfuré peut aussi s'obtenir industriellement par voie sèche et par voie humide.

Au surplus, pendant la réaction précédente, il se produit également de l'éthylène C^2H^4 et même bien d'autres hydrocarbures.

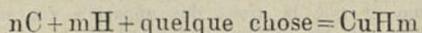
Or, déjà à la même époque, *Berthelot* avait montré que l'oxyde de carbone, en présence de méthane, pouvait au rouge fournir du propylène: $CO + 2CH^4 = C^3H^6 + H^2O$

Tandis que l'éthylène peut servir de point de départ à la production de l'alcool comme l'a montré *M. de Loisy*.

Mais je m'arrêterai là dans cette démonstration de la possibilité d'unir le carbone à l'hydrogène.

D'autres, plus chimistes, vous décriront dans des séances futures comment toutes ces réactions peuvent conduire à des procédés industriels.

Qu'il me soit permis, au risque de me faire « blaguer », de postuler qu'il n'y a à l'heure actuelle rien d'impossible et qu'un jour viendra où il nous suffira d'écrire :



V. — Démolir pour reconstruire

Comment aviver les affinités, ou plus exactement les faire apparaître, entre des corps, gazeux, liquides, solides. — Les lois de la physique et de la mécanique au secours de la chimie. — Nécessité d'une étroite collaboration entre les chimistes, les ingénieurs, les mécaniciens.

Mais avant d'en arriver là, c'est-à-dire avant de construire, un malheur est qu'il nous faut apprendre à démolir, comme nous le faisons étant enfants avec ces jeux dont les cubes, les prismes et les pyramides, qu'il suffisait de superposer et d'équilibrer, ont été remplacés par des fers profilés, perforés, que les « gosses » assemblent avec des boulons, pour sacrifier au Dieu du machinisme.

Ce sont ces trous, ou ces affinités qu'il nous faut percer, puis boulonner d'une autre façon, après les avoir créés par des actions calorifiques, électriques...

Encore faut-il, pour que de tels phénomènes se produisent, amener les molécules à se rencontrer, ce qui est fort commode avec des composés gazeux, ou liquides miscibles, mais qui devient plus difficile, quand on veut parler de matériaux solides ne pouvant trouver de contact qu'à l'extérieur de leurs masses.

Et nous voici amenés insensiblement à cette notion du temps, ou de la durée des réactions, ou de la division à l'infini des surfaces réagissantes, soit par la vaporisation, soit par l'émulsion, soit par la pulvérisation, soit enfin par l'emploi de matériaux inertes, très poreux, ne servant, ce me semble, qu'à augmenter les surfaces de contact, comme nous allons l'expliquer tout à l'heure.

Toutes opérations nécessitant la construction d'appareils mettant en jeu des principes de mécanique, de résistance, qui sont l'apanage du mécanicien.

Et l'on sent maintenant l'importance de la remarque faite il y a un instant, sur la nécessité d'une collaboration étroite des chimistes, des physiciens, des ingénieurs, des mécaniciens.

VI. — Le procédé Fischer

L'union de l'oxyde de carbone à la vapeur d'eau, en présence de fer et de carbonate de potasse, peut donner naissance à un liquide combustible. — Synthol. — Capable à son tour d'être transformé en naphthènes (synthin). — Procédé Fischer et Tropsch.

Ce sont d'ailleurs ces difficultés, qui ont orienté les chimistes vers les solutions indirectes de l'hydrogénation du carbone, accessoirement de la houille et des autres combustibles.

L'une de ces solutions consiste à bénéficier de la forme gazeuse que prend le carbone incomplètement oxydé.

Nous avons rappelé la réaction du méthane sur l'oxyde de carbone indiquée par Berthelot.

Cette voie indirecte a tenté de nombreux savants et inventeurs, et même des Français.

Mais les travaux publiés jusqu'à présent sont encore assez impré-
le tandis qu'il n'existe pas encore d'applications véritablement
le industrielles.

Parmi les études les plus remarquables et les plus récentes, citons celles du docteur *F. Fischer*, faites en collaboration avec *Hans Tropsch* à l'*Institut für Kokslenforschung*, de Mulheim.

D'après ces auteurs (*Empire World Conference of Power*, juillet 1924), le gaz à l'eau résultant de la décomposition de la vapeur d'eau sur du charbon incandescent ($\text{CO} + \text{H}$), aurait la propriété de fournir à la pression de 100-150 atmosphères entre 390° et 430° C., une série de composés hydro-oxygénés, solubles et insolubles dans l'eau, dont l'ensemble forme une huile légère, à odeur d'alcool amylique, de densité 0,828, distillant en majeure partie avant 200°, composée de 69,3 % de carbone, 12,25 d'hydrogène, 18,46 d'oxygène et possédant un pouvoir calorifique de 7540 Calories.

Cette synthèse se produit, lorsque l'on fait traverser au gaz comprimé des tubes portés à la température nécessaire et remplis de tournure de fer imprégnée de carbonate de potasse.

A leur sortie des tubes, les gaz contiennent environ 8 à 10 % du rendement théorique, surtout lorsque l'on force la proportion d'hydrogène.

Comme il y a réaction d'équilibre, il suffit d'éliminer les produits de synthèse par refroidissement et de renvoyer à nouveau le gaz libéré dans le circuit.

Les auteurs prétendent que 30 % du pouvoir calorifique total du gaz existent dans les produits liquides ainsi obtenus et qu'ils ont dénommé *Synthol*.

D'après *Fischer*, le fer permettrait à l'hydrogène de s'unir à l'oxyde de carbone pour se transformer en formaldéhyde que la potasse ne tarderait pas à condenser en alcools et ketones.

Sous certaines conditions, ce « *Synthol* » peut être converti vers 400° C. en eau et oléfines devenant à leur tour des naphthènes qu'il baptise « *Synthine* ».

Mais *Fischer avoue* (et en cela il montre un esprit très pratique) que cette transformation est bien inutile, attendu que le *Synthol* constitue à lui seul un excellent combustible carburant, capable de fonctionner seul dans les moteurs à explosion ou à combustion.



VII. — Le mouvement perpétuel vers la mort des initiatives

Le mouvement perpétuel au laboratoire et le mouvement perpétuel des capitaux ignorants vers les gouffres en papier des sociétés financières !

Ainsi le procédé *Fischer* part du gaz à l'eau, c'est-à-dire d'un carbone déjà brûlé, mais dont on a pu récupérer quelque part le produit calorifique. Mais où les choses se corsent, c'est lorsque les auteurs affirment que la réaction est encore possible avec l'acide carbonique.

A priori, en négligeant certains facteurs comme le font trop souvent des inventeurs au laboratoire, on peut être conduit à admettre que les conditions du mouvement perpétuel sont obtenues.

Et en effet, il suffit de concevoir les produits de la combustion d'un foyer réglé pour donner des fumées contenant — comme c'est le cas ordinaire — de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone, de la vapeur d'eau et de l'azote fournissant un liquide combustible rebrûlé sous le foyer et revenant à l'atelier de catalyse, puis retournant au foyer, etc... et continuant ainsi à chauffer perpétuellement un générateur de vapeur alimentant une machine.

C'est peut-être enfin la possibilité de fabriquer de l'azote pur à bon compte et même de l'ammoniaque de synthèse.

Malheureusement, ce qui est possible au laboratoire, où l'on dépense peu, devient impossible dès que ces réactions sont effectuées à l'échelle industrielle.

Alors, certains facteurs, secondaires pour le chimiste, ne peuvent échapper à la balance ou au bilan de l'industriel.

Et c'est là une réflexion que je me permets de généraliser, quand il s'agit d'étudier la valeur réelle des procédés n'ayant fait l'objet que d'expériences de laboratoires.

Nous en voyons un exemple vivant dans ce procédé de *Bergius* pour lequel on a cependant construit des bilans financiers émouvants en corsant l'attention par l'émission de bruits, tels que ceux de l'achat des brevets, par des sociétés puissantes, à des prix impressionnants. Quoique 25 millions de marks-or soient de nos jours quantités bien négligeables, tout au plus suffisantes à faire quelques bancos en villégiature.

VIII. — Une utilisation rationnelle des gaz perdus

Une curieuse utilisation thermo-chimique des gaz d'échappement des moteurs à combustion. — Leur transformation en ammoniaque, en alcools et en pétroles.

Mais ce serait bien mal me connaître de croire qu'il faille en

déduire la conclusion que de tels procédés sont dignes d'être poursuivis seulement devant les tribunaux.

J'estime tout au contraire que l'on doit faire confiance à ceux qui risquent de passer pour des illuminés ou même, ce qui est regrettable, pour des malhonnêtes gens. Aidons-les au contraire, car rien n'est absolu dans ce monde, où les théories cèdent les unes après les autres.

Du reste, cette utilisation des déchets de la combustion comme source de la production d'énergie, ne doit pas nous laisser indifférents à l'époque où nous vivons.

N'est-ce pas lamentable de voir subsister encore au xx^e siècle des rendements aussi misérables quand on veut passer des calories à l'énergie mécanique.

Le problème de l'utilisation des calories contenues dans les fumées, dans l'eau de refroidissement des condenseurs et radiateurs, doit être résolu par les physiciens avec la même persévérance que celle des chimistes.

C'est pourquoi nous citerons un brevet non moins original que celui de *Fischer* et dû cette fois à un Anglais, *A. J. H. Haddan*, Brevet G. P. N. N° 195.107 demandé en 1921.

Ce brevet revendique la priorité d'une invention qui consiste à mélanger aux gaz d'échappement des moteurs à combustion, des hydrocarbures tels que les huiles lampantes et les gaz oils finement pulvérisés, pour les transformer par voie catalytique en acide acétique, ammoniacque, alcool et hydrocarbures légers.

D'après l'inventeur, les calories nécessaires aux réactions seraient cette fois empruntées aux gaz d'échappement.

Et pourquoi pas!

IX. — Une expérience à reprendre

Un mode curieux de chauffage par l'addition de gaz brûlés chauds, aux vapeurs d'huiles. — Expérience à reprendre et à adapter à d'autres problèmes.

Nous voyons en tout cas, dans ces prétentions allemandes et anglaises, des idées déjà lancées en d'autres pays par d'autres savants, mais présentées sous une forme différente.

Ainsi l'idée d'effectuer le cracking non pas en chauffant des courants de vapeur à leur périphérie, dans des corps tubulaires, mais dans la masse gazeuse elle-même, par les produits de la combustion d'autres combustibles, fut brevetée pendant la guerre par *M. T. David Day*, chimiste américain, ancien directeur du Geological Survey des U.-S.

Ce savant, qui fait partie de ma génération de pétrolier, était très connu avant 1914 et il est l'auteur de nombreuses et remarquables études; il ne peut être accusé d'incapacité.

C'est lui qui imagina, en 1916, d'envoyer dans un espace clos, véritable four, à la fois des vapeurs d'hydrocarbures avec les gaz très chauds provenant de la combustion d'autres combustibles.

Il croyait obtenir une action calorifique plus régulière et plus intime des gaz brûlés sur les vapeurs d'huiles.

Je ne pense pas que ses essais aient abouti à quelque chose de pratique, mais j'attribue son insuccès à son exigence, qui le fit partir de matières premières trop difficiles à traiter.

Son idée doit être reprise par tous ceux qui ont pu constater combien il était difficile, en matière de cracking et de catalyse, de réaliser un chauffage régulier à température constante des vapeurs d'hydrocarbures.

X. — Une action bienfaisante

L'action divisante des corps poreux. — La théorie des actions en surface. — Du rôle et de l'aide réciproque que peuvent s'accorder le bois et l'huile minérale distillés simultanément — Meilleurs rendements en essences, alcools, acides pyroli-gueux. — Une explication très simple.

Depuis, d'autres techniciens ont prétendu que cette dilution des corps réagissant dans des corps inertes, aboutissait aux mêmes résultats en augmentant les surfaces de contact et en multipliant ainsi, par des facteurs énormes, les faibles affinités à peine perceptibles dans les conditions ordinaires.

C'est du moins cette théorie que M. A. Lafont a défendue dans un article publié en 1923, dans le journal *France-Belgique*. Nous verrons que nous nous y rallions bien volontiers.

Cette motion l'amène à considérer avec attention les réactions curieuses qui se produisent, lorsqu'on soumet à la distillation des hydrocarbures mélangés à des débris végétaux, comme le bois ou les lignites.

D'après lui, il se formerait, au cours de la distillation, des produits absolument différents de ceux que l'on aurait obtenu en carbonisant et en distillant séparément les matières organiques et les hydrocarbures.

Cette hypothèse me semble très rationnelle et les résultats auxquels arrive M. Lafont me semblent très vraisemblables.

Vers 1919, j'ai reçu la visite d'un chimiste alsacien, qui m'a affirmé en effet avoir procédé à des distillations de ce genre, en remplissant de menus bois des chaudières de distillation de pétrole, avant de les remplir d'huiles à redistiller.

En partant d'huiles lourdes exemptes de produits légers (essences), il obtenait à la distillation des huiles très riches en hydrocarbures légers, tandis que ses menus bois lui fournissaient des rendements en produits pyrogénés supérieurs en quantité et en qualité à ceux qui sont obtenus en vase clos par les procédés ordinaires.

Si l'on met à part les réactions qui ont pu s'effectuer entre les hydrocarbures remplissant la chaudière, en tenant compte de l'action catalysante du charbon de bois, on comprend, sans faire d'hypothèses, que la carbonisation du bois se soit opérée ainsi dans de très bonnes conditions.

En effet, l'huile traversée par les courants gazeux et venant constamment rechercher les calories au contact des parois de la chaudière, a servi bien sûrement de véhicule à la chaleur, beaucoup mieux que les gaz formés à l'intérieur des cornues de distillation. Il en est résulté une chauffe plus régulière, moins brutale, l'absence de point de surchauffe dont ont bénéficié à la fois le bois et l'huile.

Je sais que cet auteur, M. Berg, découragé par le peu d'aide rencontrée en France, a pris encore récemment des brevets à l'étranger. Je signale le fait en le déplorant et en l'ajoutant à la liste interminable des inventeurs méconnus.

Des années ont passé depuis les premiers essais de M. Berg. De nouvelles théories ont pris naissance. On s'effraie beaucoup moins de ces réactions où les corps les plus inattendus, comme la silice, l'alumine, le bois, deviennent des catalyseurs. Pourquoi ne reprendrait-on pas les procédés de M. Berg?

XI. — Une grande réforme industrielle

Les méthodes de carbonisation perfectionnées dans le sens du matériel restent des opérations barbares. — La carbonisation doit céder la place à des modes de traitements chimiques des houilles ne donnant plus du coke, des goudrons, des gaz en quantités quelconques et de qualités quelconques, mais des produits déterminés et de valeur.

Et cette distillation simultanée d'huiles et de corps organiques jeunes, comme le bois, me ramène au souci que j'ai de voir modifier les méthodes barbares de carbonisation que nous paraissions con-

damnés à appliquer, sans chercher à nous rendre compte des phénomènes qui accompagnent les pyrogénations.

Je sais que notre ami *Lebeau* se préoccupe de chercher une technique nouvelle de la carbonisation, mais il ne s'agit encore que de la carbonisation simple.

Pour moi, je voudrais que cette opération simplement destructive fut accompagnée de véritables réactions chimiques provoquées par l'addition préalable à la houille, au lignite, à la tourbe, de matériaux propres à modifier la brutalité de la destruction, à la gouverner, à la réglementer...

J'ai rappelé à l'instant l'action bienfaisante des huiles ajoutées au bois. On sait, d'autre part, qu'une houille mélangée de goudron donne au total, à la distillation, des rendements supérieurs en huiles nouvelles.

Pourquoi ne pas essayer de mélanger à la houille des matériaux vulgaires, des oxydes, des bases et voir si l'on n'obtient pas de meilleurs rendements en huiles. Pourquoi les chlorures alcalins, dont *Mailhe* a découvert les propriétés catalysantes, n'agiraient-ils pas pour retenir l'hydrogène sur les goudrons, au lieu de les laisser partir dans le gaz ?

On sait, d'après *Melamid*, que l'acide pyrophosphorique aide à l'hydrogénation en phase liquide des goudrons oxygénés de basse température, pourquoi ne pas ajouter des pyrophosphates à la houille et voir ce qui se passe ?

Autre suggestion : certains lignites donnent des gaz et des goudrons sulfureux. Pourquoi ? si cet hydrogène sulfuré provient, comme nous le disions plus haut, de la réaction du méthane sur le sulfate de chaux, pourquoi ne pas enlever le sulfate de chaux du lignite par lavage avec des solvants bon marché ?

Enfin, certains charbons donnent des coques à cendre plus ou moins fusible, pourquoi ne pas ajouter à la houille des fondants ou des réfractaires ?

Le traitement des houilles, des lignites, des tourbes dans l'avenir, ne devra pas consister dans les simples opérations d'enfournement, de chauffage et de défournement. Ces opérations fournissent fatalement un coke ou un gaz que l'on accepte inéluctablement.

De même qu'on cherche actuellement à rectifier la résistance à l'écrasement du coke par des additions aux houilles trop grasses de houilles plus maigres, de même on devra rechercher des additions capables d'augmenter les rendements et la qualité des goudrons et des cendres.

XII. — Les liquides combustibles de synthèse doivent être obtenus abondamment à bon marché et avec un matériel simple.

Il importe de trouver, non pas du pétrole synthétique, mais des liquides combustibles obtenus à bon compte, par des procédés simples, exigeant un matériel peu compliqué et capable de répondre à une production intensive. — Le pouvoir calorifique des carburants. — L'alcool méthylique de synthèse.

Mais revenons, pour les liquider, à ces procédés de fabrication de carburants de synthèse qui partent, comme ceux de *Fischer*, du gaz à l'eau et des gaz riches.

Nous avons vu qu'il est possible, dans cette voie, d'atteindre le but final qui serait le pétrole, en passant par plusieurs stades de préparations et en particulier par des composés combustibles fortement oxygénés et à faibles pouvoirs calorifiques.

Où devons-nous nous arrêter, à la fin du chemin, ou en cours de route?

C'est ici que l'action du chimiste mérite d'être limitée par une étude financière très serrée et la recherche de la solution la plus économique, soit parce qu'elle aboutit à des rendements élevés et à une production intensive, soit parce qu'elle fournit un produit imparfait, mais dont la perfection coûterait trop cher.

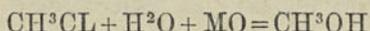
Le cas du procédé *Fischer* fournit un exemple très net de cette situation et nous sommes bien de l'avis de l'inventeur, lorsqu'il conseille de ne pas s'attacher à produire du pétrole, mais des liquides combustibles bon marché et susceptibles de le remplacer.

C'est là un des gros points faibles de la méthode de notre ami *Mailhe* et qui subsistera tant que les conditions économiques n'auront pas mis à notre disposition des matières grasses animales et végétales à très bon marché.

C'est l'un des points faibles de l'alcool industriel, et qui subsistera tant que nous n'aurons pas trouvé d'autres moyens de le produire que de soustraire à la betterave le sucre dont nous avons besoin pour notre alimentation.

Le prix élevé de l'alcool de betterave est un argument suffisamment décisif pour que les ennemis économiques de ce carburant ne viennent pas lui reprocher d'abord son faible pouvoir calorifique. Car, s'il est exact que nos voisins soient en possession de procédés de fabrication excessivement économiques d'alcool méthylique synthétique, dont le pouvoir calorifique est cependant inférieur à celui de l'alcool ethylique, il est bien évident qu'ils ont résolu le problème des carburants métropolitains avec des matières premières indigènes et abondantes.

D'après la *Revue de l'Industrie Chimique* d'avril 1924, la *Farbwerke Wornimeister Lucius* aurait mis au point un procédé (brevet N° 362.590) partant du mélange CO+H pour faire du méthane, et transformant ce dernier en chlorure de méthyle, lequel, d'après la *Deutsch Gold und Silberscheideanstalt Worm Roesler* (brevet all. 391.071), chauffé au-dessus de 100° C. en présence d'eau et d'une base, donnerait:



avec un rendement de 85 % (1).

Ce sont tous les renseignements que nous possédons sur cette invention qui fait partie du lot des inventions secrètes dont l'Industrie de guerre allemande nous menace.

Il est bien certain cependant que nos voisins font des efforts continus et subventionnés non seulement par l'Etat, mais encore par la grande industrie prévoyante.

Et comme nous n'avons encore rien de bien organisé pour entrer dans cette politique, il ne faudra pas nous étonner un beau jour de nous réveiller avec un scandale du pétrole synthétique, qui fera pendant à celui de l'ammoniaque synthétique (2).

XIII. — La Catalyse et les catalyseurs

Le règne du nickel. — Les procédés de division du nickel. — L'emploi des oxydes réduits. — L'hydrogénation des huiles organiques fournit l'occasion à des inventeurs nombreux de prendre de nombreux brevets.

Mais jusqu'ici nous n'avons envisagé que les conditions ordinaires dans lesquelles s'effectuent les combinaisons chimiques. Or, il résulte des travaux considérables exécutés au cours des 25 dernières années, que ces combinaisons peuvent être accélérées, non plus seulement par l'emploi raisonné de la pression et de la température, mais encore par l'intervention de corps paraissant agir par

(1) A noter que cette fabrication qui peut devenir formidable va permettre à celle du chlore de vivre et d'être prête en cas de guerre.

(2) A la deuxième journée du Congrès, M. Duchemin est venu confirmer que les usines de Megsburg sont capables d'alimenter le Consortium des matières colorantes en alcool méthylique de synthèse. Cet alcool n'aurait pas encore été mis sur le marché et reviendrait plus cher que l'alcool éthylique de fermentation.

D'autre part, les autorités d'occupations de la Ruhr auraient eu à signer, ces derniers mois, des licences de transport de 1.000 t. d'alcool méthylique à destination des usines de Ludwigshafen.

Cette fabrication serait donc sortie de la phase du laboratoire et entrée dans la phase industrielle.

leur seule action de présence, c'est-à-dire par des corps n'intervenant pas dans la réaction pour former des combinaisons propres.

C'est du moins le cas d'un certain nombre d'entre eux, parce qu'il en est d'autres, sur le compte desquels on n'est pas encore très bien fixé, qui participeraient aux réactions en formant des combinaisons instables, dont les matériaux de démolition jouiraient de propriétés actives nouvelles. Ces corps ont été dénommés catalyseurs.

Certes, surtout depuis les travaux mémorables de *Sabatier* et de *Senderens*, cette mystérieuse catalyse a été très étudiée et l'on est arrivé, grâce à cela, à multiplier le nombre des agents catalyseurs.

Mais a-t-on, chemin faisant, trouvé le mécanisme de ces réactions? Je ne le crois pas.

Au début, lorsqu'il s'agissait de corps métalliques : platine, nickel, palladium, etc... on a pu supposer, en matière d'hydrogénation, que ces métaux donnaient des *hydrures métalliques* pouvant, dans certaines conditions de température et de pression, se produire et se décomposer sans cesse. Et l'on a remarqué que les métaux s'unissant avec l'hydrogène quelconque l'abandonneraient ensuite après lui avoir donné un regain de jeunesse lui permettant de postuler à des unions légitimes et durables.

Cette explication a suffi pendant longtemps à expliquer le rôle du nickel dans l'hydrogénation des huiles organiques animales et végétales. (Brevet Norman.) Toutefois, on ne tarda pas à reconnaître que ce nickel réagissait d'autant mieux qu'il était ajouté en plus grande proportion dans la masse.

Ceci conduisit à admettre qu'il fallait multiplier les surfaces et l'on chercha les moyens de les augmenter en usant de copeaux de métal, puis de fils, puis de poudres.

C'est alors qu'on songea à réduire les oxydes de nickel par l'hydrogène, simplement pour faciliter la pulvérisation du nickel et produire le métal sous une forme très divisée.

Et comme cette réduction devait s'opérer par l'hydrogène, on pensa à introduire directement l'oxyde dans les huiles à hydrogéner.

D'autres préconisèrent alors des oxydes, des sous-oxydes pour les hydrates, pour les carbonates, etc...

Dans tous les cas, les résultats furent positifs et l'hydrogénation eut lieu sans qu'on fut bien fixé sur le rôle exact des composés du nickel retrouvés, non seulement à l'état métallique, mais encore d'oxydes et de sous-oxydes.

XIV. — Les supports de catalyseurs

L'invention des supports de catalyseurs. — Comment les supports deviennent eux-mêmes des catalyseurs. — Premières notions sur l'influence de la porosité.

Dans le but de tourner les brevets déjà existants, certains inventeurs imaginèrent alors d'augmenter la division du nickel en recourant à des corps poreux, à la surface desquels ils venaient déposer, par voie chimique ou électrochimique, du métal sur une épaisseur infime. Ce fut l'origine des Kieselghur, des ponces nickelées et des charbons que de nos jours nous appelons « *activés* ».

Comme il fallait le prévoir, on fabriqua naturellement des substances plus ou moins mal nickelées, platinées, cuivrées, etc., car entre temps on s'aperçut que le fer réduit, le cuivre réduit, jouissaient également de propriétés catalytiques.

Puis, un beau jour, on eut probablement l'idée d'employer directement les supports des catalyseurs et l'on découvrit ainsi que ces supports, comme les argiles, les silices, les hydrates desséchés d'alumine, de fer, de cuivre étaient doués de propriétés catalytiques.

En 1911-1912, *Ubbelohde, Saint-Philippe* et *Woronin* étudièrent les effets de la terre à foulon, du kaolin frais, de l'alumine calcinée et du nickel sur le pétrole, dans un courant d'hydrogène et d'azote.

En 1912, *Engler* étudia l'influence des agents catalytiques tels que l'argile, la terre siliceuse, la terre à foulon, les oxydes métalliques sur les huiles et graisses portées à hautes températures et sous pressions élevées.

C'est à ce moment que l'on commença à s'inquiéter un peu plus du mécanisme physique des réactions, et à rechercher les solutions pouvant exister entre la valeur des catalyseurs et leur porosité.

XV. — Les corps inertes catalyseurs

La décomposition de l'alcool en eau, hydrogène, éthylène à 430/450° par l'alumine desséchée en poudre. — Une étude incomplète de ce phénomène.

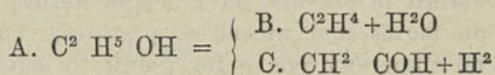
Dans une étude récente publiée dans *Chimie et Industrie* de mars 1924, *M. Goris*, reprenant l'examen méthodique de la réaction de l'alumine deshydratée sur l'alcool éthylique, a mesuré l'importance de certains facteurs tels que la température, la vitesse d'écoulement du liquide sur l'agent catalytique et la concentration du liquide.

C'est là une étude que j'aurais souhaité encore plus complète, surtout dans le sens de la précision de l'état physique dans lequel se trouvait l'alumine utilisée.

Comme cet auteur est parti vraisemblablement d'un seul lot d'alumine, il n'a pas perçu les différences qui auraient pu provenir d'états physiques variables.

En opérant à 430-450° sur un mélange d'alumine et de ponce sèche à 300° pendant une heure, *M. Goris* a vérifié que la réaction était fonction de la température et qu'elle variait avec la vitesse d'écoulement, mais que le rapport entre les volumes d'éthylène et d'hydrogène produits était indépendant de la concentration.

Cette réaction est de la forme :



dans laquelle $A=B+C$

et cela lui a permis d'imaginer une méthode de dosage de l'alcool dans certains mélanges par la mesure volumétrique des quantités $C^2 H^4$ et de H^2 dégagées.

XVI. — Inertie chimique ou activité physique

Vérification de la réaction précédente par M. G. Patart, au moyen d'une longue série de corps dont la propriété essentielle est la porosité. — Où commencent et où se terminent les réactions chimiques ?

Or, cette réaction de l'alumine ne paraît pas se limiter à celle de l'alcool.

Dans un brevet pris en avril 1922 et publié en mars 1923, *M. Patart* signale déjà la possibilité d'obtenir l'éthylène en partant de l'alcool et en le faisant agir dans certaines conditions de température et de pression, sur une série de corps, comprenant :

1. Le coke, le charbon de bois ;
2. L'alumine, la thiorine, la silice ;
3. Le sulfate d'alumine, l'argile, le kaolin ;
4. Les mêmes substances activées par des métaux réduits tels que le nickel, le platine, le paladium.

Je sais bien qu'en littérature de brevets, il est de mode de remarquer toujours une liste excessivement complète de corps qu'on a essayé ou que l'on s' imagine pouvoir être essayés par d'autres.

J'ai même rencontré certains brevets où des listes se terminaient

par des etc..., qui en signifiaient long sur les prétentions de l'inventeur.

Je ne pense pas que M. Patart soit atteint de cette inoffensive maladie. Donc, il a vérifié ses catalyseurs.

Mais s'il a vérifié les vertus catalysantes du coke du charbon de bois, de la silice, de l'alumine, il n'a jamais parlé de leurs combinaisons chimiques (intermédiaires).

Ces corps, nous dit-on, ont la propriété commune de déshydrater les corps qui contiennent de l'eau et même ceux qui possèdent les éléments de constitution de l'eau, comme l'hydrogène et l'oxygène.

Leur affinité pour l'eau est telle que les atomes d'hydrogène et d'oxygène contenus dans des corps secs, s'unissent pour répondre à leur besoin d'humidité.

Et c'est ainsi que les vapeurs d'alcools C^2H^5OH se trouvent transformées chimiquement pour donner de l'éthylène, de l'hydrogène, et de l'eau dont s'empare le catalyseur, amant volage, qui abandonne sa compagne aussitôt pour en reprendre une autre en démolissant le petit ménage formant l'alcool.

Or, il ne s'agit pas de combinaisons intermédiaires même passagères de l'eau, mais d'une simple adhérence de l'eau dans les pores de tous ces corps, dont la propriété chimique commune est de ne pas s'unir à l'eau dans ces conditions (même sous forme d'hydrates), mais dont l'une des propriétés physiques communes est la porosité plus ou moins grande.

Est-ce cette porosité qui leur communique cette affinité physique pour l'eau? C'est très possible, car nous avons tous pu vérifier la difficulté que l'on éprouve à leur faire lâcher l'humidité qu'ils ont prise et l'obligation dans laquelle on se trouve d'utiliser pour cela des chauffages prolongés, à des températures élevées, dépassant quelquefois 4 à 500°. Avidité pour l'eau, que l'on peut mesurer par l'élévation de température qui se produit, lorsque l'on ajoute à ces corps, préalablement desséchés, de petites quantités d'eau. Elévation de température prenant certainement sa source dans le frottement interne des molécules d'eau sur les parois des canaux dont fourmille le corps poreux et non dans la réaction analogue à celle qui se produit lorsque l'on hydrate de l'acide sulfurique.

C'est précisément cette différence entre l'adsorption de l'eau par les corps poreux et sa dissolution avec formation d'hydrates, dans des corps tels que la glycérine, l'alcool, l'acide sulfurique, qu'il convient de saisir pour s'expliquer le mécanisme des catalyseurs.

Ainsi, par simple avidité pour l'eau (affinité purement physique), des corps poreux peuvent, à une température à laquelle ils ne sont pas susceptibles de la conserver, déterminer certains corps

à modifier leur équilibre chimique pour libérer de l'eau et de l'hydrogène en laissant pour compte l'éthylène. On est donc bien en droit de se demander à quel point cessent des réactions physiques dont les effets aboutissent à des réactions chimiques. Et dans le cas considéré, on peut également se demander si le départ de l'hydrogène, en même temps que celui de l'eau, ne signifie pas que le carbone très poreux a une affinité pour l'hydrogène, bien près d'être chimique.

XVII. — Adsorption et combinaison.

L'adsorption fractionnée des hydrocarbures du Pétrole par les corps poreux. — Comment l'adsorption cède la place à la combinaison sous l'influence de la température.

Du reste, de pareilles réflexions nous assaillent, quand nous examinons d'un peu près cette propriété qu'ont les corps poreux, dont la liste s'allonge tous les jours, d'avoir des affinités, dites propriétés adsorbantes qui s'exercent paraît-il avec d'autant plus d'énergie que les corps ont des molécules lourdes et complexes. Propriétés curieuses, qui permettent à des substances ordinairement poreuses de retenir des composés qu'elles abandonnent ensuite à d'autres, pour lesquels elles ont une affinité plus grande.

C'est ainsi que l'argile desséchée peut retenir les hydrocarbures colorés dissous dans les huiles de pétroles brutes ou distillées et les abandonner successivement à d'autres hydrocarbures comme les benzols, et encore mieux, à la pyridine et à l'acide sulfureux liquide, etc...

L'argile ayant plus d'affinité pour la pyridine que pour le benzol, et plus d'affinité pour le benzol que pour les produits colorés, que ce dernier libère, etc...

C'est en vertu de ces affinités, différentes en grandeur, de l'argile desséchée pour les divers hydrocarbures formant en général les pétroles naturels, que l'on peut obtenir leur séparation, ou leur fractionnement, par simples filtrations méthodiques, sur des couches d'argile, ainsi que je l'ai signalé, dès 1910, et que je l'expose dans une étude qui paraîtra prochainement dans le journal *Chimie et Industrie*.

Puisqu'il s'agit là de véritables séparations, analogues à celles qui se produisent lorsque l'on distille sans décomposition des mélanges de corps à points d'ébullition différents, on serait en droit de prétendre que la porosité des matières agit physiquement, en pratiquant une véritable filtration, et en abandonnant d'abord les liquides à petites molécules pour retenir successivement ceux dont

les molécules de plus en plus grosses colmatent de plus en plus les pores de ces filtres.

Ce serait évidemment là une explication. Nous ne l'accepterons pourtant pas comme la seule plausible, puisque des savants physiiciens ont découvert récemment, dans les corps poreux, des propriétés électriques leur permettant de faire des sélections électriques, dans les liquides formés de mélanges de corps à résistivité différentes, ou bien encore ionisés différemment.

Mais tout cela, je le répète, c'est de la physique opportune qui disparaît pour nous jeter dans l'embarras, quand, dans ces mêmes corps poreux, ces mêmes substances, au lieu de se répartir, de s'échanger sans se modifier, s'unissent, se décomposent et donnent lieu à de véritables réactions chimiques...

C'est ce qu'ont constaté différents auteurs, qui ont étudié l'action catalysante des bauxites, des silices, des silicates sur les composés non saturés, sulfures, oxydes, contenus dans les produits de la distillation des huiles brutes ou distillées de pétrole.

Hall, Dunstan, Thorpe, Remfry et moi-même avons constaté que ces corps au delà d'une certaine température, en général peu élevée, pouvaient provoquer la condensation des hydrocarbures non saturés et que c'était même là un moyen de purifier les essences de cracking.

XVIII. — Les actions en relation avec le volume et les surfaces

Les ressemblances de l'adsorption et de la combinaison. — La division par les corps poreux. — Le rôle des émulsions. — Mesure de l'augmentation des surfaces extérieures produites par la pulvérisation.

Il faut conclure, de ce qui précède, qu'il y a beaucoup à travailler dans ce domaine mitoyen de la chimie et de la physique, où la *combinaison* et l'*adsorption* se ressemblent étrangement. La combinaison d'une base avec un acide pour former un sel, laissant également intact dans ce sel, l'acide et la base, au même titre que l'eau et l'argile intimement unies par l'*adsorption*.

C'est à cette ignorance des véritables causes des catalyses, dont les inventeurs n'ont pu vérifier que les effets, qu'on doit certainement la multitude des brevets et communications signalés plus haut.

Pour les premiers inventeurs, l'action catalysante qu'ils avaient découverte était certainement mystérieuse et propre au corps que le hasard leur avait fait choisir et non due à la texture physique de ce corps. Elle restait limitée à un petit nombre de corps catalyseurs.

Or, il semble bien résulter de ce qui précède que les catalyseurs agissent surtout par leur porosité, qui étend singulièrement les surfaces et le contact des corps qui imprègnent ces surfaces multipliées.

Je ne puis d'ailleurs mieux assimiler le rôle des corps poreux qu'à celui de matières forçant les liquides et les gaz à se mélanger intimement comme dans de véritables émulsions.

La lessive de soude et l'huile servant à fabriquer les savons sont, on le sait, non miscibles et la combinaison de l'alcali de la lessive à l'huile, mettrait un temps énorme à se produire dans une masse un peu importante, si l'on ne venait pas renouveler les surfaces en contact. Mais dès qu'une certaine quantité de savon s'est formée, celui-ci intervient, grâce à sa composition intermédiaire qui le rend capable de mouiller l'huile et de mouiller la lessive. Ce corps détermine alors dans la masse une émulsion, c'est-à-dire la formation d'une infinité de petits globules d'huile qui nagent dans la lessive et qu'on baptise pour la circonstance du nom de phase continue, l'huile formant la phase discontinue.

Quant au savon, auteur de cette émulsion, il se contente de se dissoudre dans l'eau de la lessive sans aider chimiquement à l'opération.

Il est facile de s'imaginer ce que peut déterminer cette augmentation des surfaces réagissantes, lorsque l'on calcule qu'un cube de 1 mm. de côté, ayant par conséquent 6 mm² de surface extérieure, divisé en 10 × 10 × 10 cubes de 1/10 mm. de côté, donne pour ces 1.000 cubes, une superficie de 6.000 : 100 millimètres carrés, c'est-à-dire de 60 mm², c'est-à-dire 10 fois plus grande.

Mais au lieu de cubes de 1/10 mm., supposons des cubes de 1/1.000 de millimètre, nous aurons alors 1.000 × 1.000 × 1.000 = 1 milliard de cubes dont la surface totale sera de 6 milliards de fois 1/1.000 de millimètres carrés, c'est-à-dire 1.000 fois plus grande, etc...

Pour fixer les idées, un centimètre cube de matière dont la surface extérieure est de 6 cm² divisé en grains de 1 millième de millimètre de côté, présentera une surface totale 10.000 fois plus grande, c'est-à-dire 60.000 cm² sur 6 m².

Or, le millième de millimètre est chose courante en chimie colloïdale et si l'on fixe comme dernière étape la dimension extrême des atomes qui est de 10⁻⁸ cm. de diamètre, on verra que la surface totale offerte par 1 cm³ de matière, réduite à l'état d'atomes, sera de 30.000 m².

Il est bien évident que, mécaniquement, on ne peut arriver à cette division extrême, mais cependant, l'or peut être réduit prati-

quement en particules de 3 millièmes de millimètre, ce qui correspond à une surface de 1.000 m² pour 1 cm³ d'or.

M. J. Duclaux, dans son livre sur les colloïdes, fournit l'exemple d'une action consistant dans la fixation à la surface de contact d'un ballon de verre d'une surface intérieure de 5 décimètres carrés, d'une couche continue de molécules d'un corps dissous ayant 0 mm. 2 de diamètre.

Supposons la concentration moléculaire égale à l'unité et le volume du liquide égal à un litre, la concentration dans le ballon diminuera de 2 millièmes de sa valeur, c'est-à-dire de rien de mesurable.

Or, dit M. Duclaux, si nous opérons avec une poudre ayant des grains de 10 mm. de diamètre (surface 3 millions de décimètres carrés), il suffira de 100 cm³ de cette poudre pour fixer complètement le corps dissous.

Avec de tels chiffres, on comprend que des affinités excessivement faibles, comme celles de l'hydrogène pour le carbone en masse, puissent se révéler à la température ordinaire, quand elles sont multipliées des millions et des millions de fois grâce à la division infinie du carbone.

XIX. — Une question embarrassante

Si l'augmentation des surfaces de contact explique l'accroissement final de la production par les catalyseurs, comment expliquer l'inaction totale des mêmes corps lorsqu'ils peuvent être mélangés molécule à molécule, comme dans les mélanges de deux gaz ou de deux vapeurs ? — Une synthèse de l'ammoniaque vieille de 50 ans.

Mais, direz-vous, j'entends bien que l'action des catalyseurs po-
reux est une action divisante et favorable, parce qu'elle fait gagner du temps en multipliant considérablement les contacts des corps qu'ils divisent, mais encore faut-il que ce gros nombre (surface de contact) multiplie quelque chose et non zéro.

En un mot, faut-il encore que les deux corps aient des affinités réciproques.

Cela n'explique pas, direz-vous, pourquoi deux gaz miscibles qui ne se combinent pas à la température ordinaire, ou à une température donnée, se combinent tout à coup grâce à la présence du catalyseur à ces températures.

Pourtant, quoi rêver de mieux comme contact que le mélange de 2 gaz ou de 2 liquides miscibles?

J'avoue que lorsque je me suis posé cette colle, j'ai été embarrassé et je me suis demandé alors si je ne devais pas recourir aux applications chimiques données à la catalyse.

Cependant, essayons de percer le mystère.

Si nous considérons, par exemple, le mélange d'hydrogène et d'oxygène qui, nous le savons, ont sûrement des affinités l'un pour l'autre, nous sommes bien forcés d'avouer que cette affinité n'est pas plus grande à la température ordinaire que celle de l'hydrogène pour l'azote.

Or nous savons que tous ces gaz, maintenus à la température ordinaire, peuvent être comprimés ensemble à de très hautes pressions, et même liquéfiés, sans qu'il en résulte autre chose que des dissolutions si leur température critique n'est pas dépassée.

La combinaison, elle, ne peut se faire qu'au-dessus de températures données qui seules peuvent faire naître les *affinités*.

C'est donc la température qui est avant tout nécessaire pour la combinaison, la pression ne faisant qu'abaisser la limite inférieure de cette température.

Or, il est pourtant possible d'unir l'hydrogène à l'oxygène à basse température, quand, par exemple, l'oxygène au lieu d'être libre est combiné avec des métaux. Dans cet état, l'affinité satisfaite de l'oxygène peut être entamée et l'oxyde métallique réduit par l'hydrogène à lâcher son oxygène.

Alors que supposer de deux gaz pouvant former une combinaison excessivement stable comme l'eau et exigeant pour cela, ou bien d'être portés à une température suffisante, ou bien la combinaison préalable de l'oxygène à un métal comme le nickel et le fer ?

Cela est d'autant plus difficile à comprendre que si nous mettons plus tard ce même fer à froid, en présence d'air humide, il reprendra de l'oxygène non seulement à l'air, mais encore à l'eau, puisqu'on retrouvera dans l'oxyde de fer ainsi formé, de l'ammoniaque provenant de l'union de l'hydrogène de l'eau à l'azote de l'air.

Synthèse de l'ammoniaque à la pression ordinaire et à la température ordinaire en présence de fer, dont j'ai retrouvé la trace dans les *Principes de chimie* de Naquet, tome premier, page 353, édités en 1867, c'est-à-dire il y a près de 60 ans.

XX. — Les combinaisons de gaz sans catalyseur

Comment se produisent les combinaisons de gaz ou de vapeur sous l'influence des rayons solaires, ou d'une modeste étincelle électrique. — La combinaison de l'hydrogène au chlore et à l'oxygène.

A tous ces mariages d'amour, de raison ; à tous ces divorces dus à l'inconstance des catalyseurs, les chimistes, les physico-chimistes

ont trouvé une raison littéraire. Ils disent que les réactions sont réversibles et dépendent d'équilibres entre les masses (toujours la raison du plus fort) et entre les qualités des affinités.

Toutes conditions variables avec les températures auxquelles elles se produisent.

Ils construisent des courbes passant à travers les points déterminés expérimentalement, constatent des maxima, des minima, des points singuliers et cela fait très bien.

Mais cela ne suffit pas aux industriels, qui préfèrent admirer les courbes donnant les accroissements du chiffre d'affaires de leur société.

Prenons donc un autre exemple, celui du chlore et de l'hydrogène.

Là encore le chlore mélangé à l'hydrogène et mis à l'ombre dans un vase de verre bien propre, ne manifeste aucune sympathie pour son voisin de cellule tant que la cellule reste éclairée par cette obscure clarté.

Mais son indifférence cesse, dès que les rayons du soleil viennent éclairer son compagnon... Alors, la beauté de celui-ci lui apparaît comme radieuse et il lui manifeste son coup de foudre en s'unissant à lui avec une explosion qui les libère du même coup... Si la cellule de verre n'est pas résistante!

Ici, de grands savants vous expliqueront que la lumière n'est pour rien dans la combinaison, mais que ce sont au contraire les rayons les moins lumineux du faisceau des rayons solaires qui ont accompli ce phénomène.

Pour moi, si j'étais poète, je trouverais là un beau sujet de poème sur cette union de deux prisonniers aveugles, soudainement épris par la vue de l'astre lumineux qui leur donne tout à coup la force de briser les murailles de leur cellule.

Dans cette expérience, ce sont, paraît-il, des rayons chimiques, dénommés ainsi parce qu'ils sont aptes à déterminer des réactions chimiques, qui produisent la combinaison.

Mais si ce ne sont ni les rayons lumineux, ni les rayons calorifiques, pourquoi des mélanges de gaz tels que l'hydrogène et l'oxygène sont-ils susceptibles de se combiner, même en grande masse, par le simple effet de l'étincelle électrique dont la faible teneur en calories très chaudes ne peut cependant pas porter l'ensemble de la masse à la température de combinaison?

Pour l'excellente raison que l'étincelle agit par sa propre chaleur dans un faible rayon où elle détermine la formation d'eau, en produisant une certaine quantité de chaleur qui détermine à son tour la combinaison des masses d'hydrogène et d'oxygène voisines

dont la chaleur de formation fait combiner d'autres masses, et ainsi de suite.

Et comme cette propagation de la chaleur due aux combinaisons successives qu'elle entraîne, se transmet très rapidement, elle donne l'apparence d'une combinaison unique subite, alors qu'il s'agit d'une opération analogue à celle de la combustion d'une mèche de coton, par exemple, ou de tout autre combustible solide.

L'étincelle ne sert, là, en définitive, que d'amorce à la réaction générale qui puise, dans les premiers moments, l'énergie calorifique dans la chaleur de formation de l'eau qu'elle engendre à partir du point central constitué par l'étincelle.

XXI. — Modifications de l'énergie interne de la matière

Une explication de l'action des corps poreux catalyseurs. — Les forces attractives transformées en travail de frottement, de compression, et en énergie calorifique. — Les pores d'un catalyseur agissant comme une infinité de petits hypercompresseurs.

Mais alors nous commençons à prévoir l'explication du rôle d'un catalyseur, comme la mousse de platine, dans les combinaisons qu'il provoque par sa seule présence dans certains gaz. Et voici comment :

Nous avons relaté précédemment que l'addition à des argiles, à des silices, à des bauxites préalablement grillées et refroidies (dans l'air ou dans le vide) de corps tels que l'eau, l'alcool, certaines huiles et en général un grand nombre de liquides, produisait dans la masse une élévation très notable de la température. Cette observation s'appliquant tout aussi bien aux gaz, quand on plonge dans leur masse des corps poreux, autant que possible chauffés au préalable et refroidis dans des vases clos.

Cherchons une explication simple, autant que possible, de cette élévation de température.

Nous la trouverons dans le fait des frottements qui s'exercent sur les parois internes de ces corps poreux pendant le parcours, jusqu'à complète imbibition des liquides ou des gaz de viscosités différentes ayant des molécules plus ou moins grosses ou plus ou moins rugueuses.

Et si nous admettons que la force d'attraction du corps poreux puisse varier avec sa nature, sa texture, et celles des liquides ou gaz mis en jeu, nous aurons non seulement une explication simple de l'élévation de la température des systèmes, mais encore de sa variation.

Or, si cette élévation de la température peut être considérable au

point de porter quelquefois le corps poreux au rouge, comme dans le cas de la mousse de platine plongée dans un courant d'hydrogène, elle peut bien dans des cas rester apparemment dans des limites faibles qui n'expliqueraient pas leur action là où celle-ci doit atteindre 300, 400, 500, 1.000°.

Mais ne nous trompons pas. Cette élévation, si elle est faible en apparence parce qu'elle doit servir à chauffer toute la masse des corps mis en présence, peut être excessivement importante à la surface intérieure même des canaux qui sillonnent en tous sens les corps poreux catalyseurs. Et dans ces conditions, il est fort possible que le phénomène de propagation dont nous parlions tout à l'heure à propos des combinaisons provoquées par l'étincelle électrique, se produise à l'intérieur même de ces canaux, sur les petites masses de gaz mises en jeu.

Au surplus, il ne faut pas nous méprendre sur les températures très élevées et les pressions très élevées qui doivent se produire dans ces corps poreux, quand on songe que ceux-ci peuvent absorber quelquefois 500, 600, 800 fois leur propre volume de gaz.

Or, comment ce logement peut-il s'opérer dans l'intérieur du corps poreux autrement que par la compression même de ces gaz ? Et si notre bonne vieille loi de Mariotte se vérifie encore à peu près à ces pressions, on est bien obligé d'arriver à cette hypothèse que les gaz occlus dans les charbons activés, ou autres corps semblables, y sont à un état de compression, qui atteint les hypercompressions et les dépasse même, si l'on ajoute à l'effet de leur diminution de volume, celui dû à leur température très élevée.

Et voyez-vous comme c'est simple ? Les combinaisons les plus réfractaires de gaz les plus insensibles s'effectueraient apparemment à la pression ordinaire grâce aux catalyseurs, simplement parce qu'ils seraient soumis, dans les pores de ces derniers, à des pressions et à des températures très élevées, obtenues gratuitement par l'effet des forces attractives internes développées à l'intérieur des corps poreux.

Ainsi, s'expliquerait le fait vérifié par une foule d'inventeurs, que les pressions nécessaires à certaines réactions peuvent être réduites grâce à l'emploi des catalyseurs, ces derniers agissant comme de véritables compresseurs.

**XXII. — Manifestation visible des forces intérieures de la matière
leurs modifications, leurs manifestations et leur utilisation industrielle**

Le rôle des catalyseurs poreux est purement mécanique. — Y a-t-il création d'énergie mécanique et calorifique pendant l'action d'un catalyseur ? — Pourquoi pas ?! — Cette création apparente est produite aux dépens des forces d'attraction... de la matière. — Il est incontestable qu'elle se manifeste puisqu'on peut la mesurer.

D'après cette théorie, le rôle de certains catalyseurs serait purement mécanique et thermique et nullement d'ordre chimique. Cette action se résumerait à celle d'une infinité de petites pompes, aspirant gaz et liquides d'une façon continue et finissant par les comprimer en les échauffant, au point qu'ils se combinent pour former des composés qui, n'étant plus retenus par l'affinité moins grande pour eux de la matière, cèdent leur place à d'autres constituants en réalisant ainsi une action continue.

Mais je vois tout de suite une objection poindre à l'horizon.

Puisque, me direz-vous, il y a action continue, vous allez produire de l'énergie. En dehors de celle qui peut résulter de la combinaison des deux corps et que les chimistes savent mesurer depuis *Berthelot*, vous allez ajouter celle provenant de ces compressions, de ces frottements et pour peu que vous soyez imaginatif, vous allez avoir trouvé un générateur de chaleur n'usant pas de combustible.

A cette objection, je répondrai : et pourquoi pas ?

Quand je prends de la mousse de platine et que j'envoie sur elle un courant d'hydrogène, je ne produis pas de réaction chimique ; je ne produis pas d'action mécanique... et cependant ma masse de platine rougit et dégage des calories visibles et mesurables.

Et elle rougit même, si l'on admet ces combinaisons intermédiaires, qui théoriquement ne doivent pas donner de bilan calorifique positif ; puisqu'elles sont dans un état perpétuel de dissociation et que, si la combinaison est exothermique, la dissociation est forcément (du moins avec les théories modernes) endothermique.

XXIII. — L'utilisation industrielle des forces intérieures de la matière

Que peut-on espérer de cette manifestation des forces internes de la matière, des forces capillaires, osmotiques, électriques, des forces d'absorption? — Est-il possible d'envisager dans un temps prochain leur utilisation industrielle ?

Il serait peut-être trop expéditif et peu opportun d'entreprendre ici un exposé de toutes les déductions que nous pourrions tirer pratiquement de l'utilisation industrielle de ces forces capillaires, osmotiques, électriques, attractives, qui provoquent indiscutablement une création de travail visible, comme l'ascension dans un tube capillaire ou l'adhérence à la surface de corps solides, de corps liquides qu'on soustrait ainsi gratuitement à la pesanteur, phénomènes qui suffisent à expliquer l'adsorption des corps poreux.

A notre connaissance, nous ignorons les propriétés ou les affinités chimiques du verre pour l'eau et cela n'empêche pourtant pas cette eau de monter gratuitement dans un tube capillaire, de même que les forces osmotiques amènent gratuitement les corps liquides à se déplacer en dessous et au-dessus des membranes. Pourquoi après cela notre théorie des hypercompresseurs dans les corps poreux ne justifierait-elle pas, non pas la création, mais la révélation de nouvelles sources possibles d'énergie ?

Je laisse le soin aux physiciens émérites, possédant la science et les moyens matériels dont je ne dispose pas, de faire cette démonstration.

Mais, avant de me séparer d'eux, je leur rappelle l'heureux temps où nous nous amusions à soulever des petites parcelles de papier, en frottant notre porte-plume en ébonite sur les revers de nos manches et où nous ne nous doutions pas que ces forces attractives, multipliées par des procédés alors inconnus, deviendraient celles qui nous éclairent, nous transportent et nous chauffent.

XXIV. — Une théorie nouvelle de la catalyse

Incursion dans la littérature anglaise relative à la catalyse. — Pourquoi MM. Armstrong et Hilditch admettent-ils à la fois la théorie des hydrures de Sabatier et la théorie mécanique des modifications de l'énergie. — L'attraction, l'affinité latente, l'affinité chimique. — Une théorie de la catalyse qui emprunte seulement une hypothèse à la théorie de Sabatier. — L'attraction qu'ont certaines substances pour les catalyseurs peut être rigoureusement physique.

Revenons maintenant à la théorie de l'hydrogénation, telle que la conçoivent des savants modernes.

Dans une étude parue dans *Chimie et Industrie*, en août 1924, deux

savants anglais, *E. F. Armstrong* et *T. P. Hilditch*, font des réserves, eux aussi, sur la fonction chimique de la catalyse admise par *Sabatier* et ses collaborateurs.

Leurs travaux les ont conduits à cette précision, qu'en matière d'hydrogénation par exemple, la fraction de la matière qui subit la transformation à un moment quelconque est proportionnelle à la quantité de composés non hydrogénés présente à ce moment et que, d'une façon générale, quantités égales de matières organiques sont transformées en des temps égaux.

Nous sommes donc bien loin de ces décompositions ou compositions instantanées.

Ces auteurs expriment leurs constatations en disant que les réactions d'hydrogénation sont unimoléculaires et non nulli-moléculaires.

On admet généralement, disent-ils, dans le mécanisme de l'hydrogénation, que le phénomène se rattache à l'adsorption des composés en présence, à la surface interne des catalyseurs, ou qu'il se produit une combinaison indéterminée passagère, entre les composés réagissant entre eux et avec le catalyseur.

Ce ne sont là que des explications fort incomplètes, car, en dehors du mécanisme de la réaction qui produit le changement d'ordre chimique, il existe encore un domaine de recherches bien plus vaste qui est celui des changements d'énergie qui se produisent au cours de la catalyse.

Et MM. *Armstrong* et *Hilditch* de se demander qu'elle est décidément l'énergie qui est nécessaire à ces réactions.

Ces savants anglais, on le constate, sont arrivés par une voie différente à se poser la même question que celle à laquelle nous venons de fournir une réponse que nous espérons satisfaisante.

Pour eux, les hypothèses de l'adsorption des composés transitoires ne sont nullement inconciliables. Pour cela, ils admettent tout simplement que les forces, entrant en jeu pour maintenir la couche absorbée d'un composé à la surface des catalyseurs, ne peuvent être distinguées de l'affinité chimique.

En réalité, nous admettons que l'énergie d'attraction des corps poreux pour certains gaz et liquides est une *affinité latente*, satisfaite dans le cas de la silice et de l'hydrogène qui s'absorbent et ne s'unissent pas; mais qu'elle peut toutefois l'être dans le cas de ces combinaisons intermédiaires, telles que les hydrures prévus par *M. Sabatier*.

Ces hydrures, d'après cet éminent savant, seraient douées de propriétés vibratoires excessivement rapides leur permettant de se former et de se décomposer très rapidement en éléments devenus

cette fois actifs et possesseurs de l'affinité nécessaire aux combinaisons qu'on leur propose. C'est évidemment une explication qu'on ne peut dédaigner surtout lorsqu'elle est admise par un savant de cette envergure. Mais que cela n'empêche pas de considérer celle que je viens à mon tour de proposer et qui part de l'hypothèse déjà admise par M. Sabatier: la faculté de certains corps, dits catalyseurs, d'attirer vers eux des gaz et des liquides... comme le soleil attire la terre et les planètes.

M. Sabatier dit en substance: — mes catalyseurs, le nickel en particulier, commencent par attirer l'hydrogène neutre, puis ils s'y combinent, puis ils l'abandonnent sous un état spécial actif, en s'unissant à nouveau à de l'hydrogène non actif.

Moi je dis: les catalyseurs, certains catalyseurs poreux, commencent par attirer l'hydrogène... et les corps avec lesquels il est mis en présence... et je m'arrête à ce point. Cela me suffit.

Là où je me sépare avec mon éminent maître, c'est sur l'utilisation de *cette force attractive*.

D'après M. Sabatier, cette force attractive est déterminée par une affinité du catalyseur pour l'hydrogène (que nous appellerons neutre) et une répulsion pour l'hydrogène actif qu'il libère tout aussitôt.

D'après moi, cette force attractive est du genre de celle que Newton a découverte. Elle s'exerce aussi bien entre les planètes qu'entre les particules de la matière, c'est la force de cohésion que la chaleur fait par exemple disparaître de corps solides et liquides quand elle les volatilise. Et cela me suffit pour expliquer pourquoi un centimètre cube de matière poreuse qui absorbe 5 ou 600 c/m de gaz est forcé de le compresser à plus de 5 ou 600 atmosphères, compte tenu de la chaleur dégagée par le frottement et la compression, et du volume réduit des espaces libres qui forment les pores et qui sont bien loin de représenter ledit centimètre cube.

Et, en présence de ces énormes pressions, auxquelles sont soumis les corps absorbés et des températures qui les accompagnent, il me suffit d'admettre ce que nous admettons tous les jours, quand nous assistons à la combinaison de certains corps simplement sous l'action de la chaleur et de la compression.

Quelques précisions d'ordre expérimental de MM. Armstrong et Hilditch.

Mais revenons à nos savants anglais, qui ne se sont pas contentés d'étudier, mais qui ont voulu encore dégager des précisions de ces études. Celles-ci sont les suivantes:

— L'action des catalyseurs est toute en surface.

— Quantités équivalentes des composés organiques non saturés se combinent avec l'hydrogène dans des laps de temps successivement égaux.

— La vitesse réelle d'hydrogénation varie avec la nature du corps qui subit l'hydrogénation.

— Des mesures d'ordre physique démontrent qu'il existe une relation générale entre l'adsorption des composés non saturés et celle de l'hydrogène pour les métaux, et leur activité catalytique, tandis que des recherches d'ordre chimique ont montré que ces réactions étaient nettement sélectives.

Et, à l'appui de cette théorie de la sélection, ils rappellent les travaux de *H.-K. Moore*, de *Richter* et *Van Andel*, qui ont démontré que lors de l'hydrogénation d'un mélange de linoléine et d'oléine, la linoléine se transformait d'abord et l'isoléine seulement après le passage de la linoléine à l'état de stéarine.

Il faut noter que l'analyse chimique démontre que le produit de ces réactions, arrivées à l'état d'équilibre, ne contient pas seulement des matières initiales, mais leurs isomères comme l'élaïdine, dont la présence s'expliquerait par ce retour en arrière de la combinaison intermédiaire de stéarine et de nickel pouvant se décomposer aussi bien en oléine ou en isoléine... hydrogénables.

*
**

J'arrêterai là cette citation, que je ne discuterai pas plus en détail; mais que j'ai voulu faire pour bien montrer l'obscurité existant encore dans les diverses explications fournies du phénomène de la catalyse.

Du reste, on retrouvera dans ces explications des confirmations partielles de mes hypothèses. En particulier celle relative à la vitesse d'adsorption de l'hydrogène, qui n'est pas toujours proportionnelle à la pression, mais qui varie avec la texture physique d'un corps catalyseur de nature chimique bien précis et avec la composition chimique du corps soumis à l'hydrogénation.

A ce propos, il est curieux de relater, comme le font les chimistes anglais, que la vitesses d'hydrogénation, sensiblement proportionnelle à la pression avec des corps simples, augmente dans des proportions anormales dans l'hydrogénation des corps plus complexes, comme les alcools et les acides non saturés.

Avec ces derniers corps, la vitesse de réaction peut, à la pression de quatre atmosphères, par exemple, devenir 5 à 6 fois celle que l'on mesure à la pression atmosphérique.

XXV. — Conclusions

La catalyse a été beaucoup étudiée, mais sans méthode. On a cru qu'il s'agissait de forces mystérieuses alors que ces forces ne sont que l'association d'une infinité de forces infiniment petites et difficiles à mesurer isolément.

Et sur ce, que conclure?

Que le mécanisme de la catalyse est insuffisamment étudié et qu'il est absolument indispensable d'accompagner l'esprit aventureux et nécessaire des inventeurs, de cette méthode expérimentale qui ne manque jamais de fournir des fruits, lorsqu'elle est appliquée par des expérimentateurs du modèle de *Georges Claude*, dont le génie réside dans cette foi qui leur permet, sans découragement, de passer du compliqué à l'évidente simplicité, en annulant les difficultés.

Mais ce qu'il importe encore, ce n'est pas de faire de nombreuses expériences, comme en Allemagne; mais de savoir distinguer celles qui doivent déjouer avant tout les lois mathématiques des calculs de probabilité.

Enfin, ce qu'il faut obtenir, c'est d'observer un souci de précision ne laissant absolument rien dans l'ombre et qui, dans une minutie de détails, s'applique à tout noter, à tout mesurer et permette à d'autres yeux de voir au-delà, toujours au-delà.

Méthode grâce à laquelle d'autres opérateurs pourront, après avoir vérifié le terrain, s'avancer vers un horizon toujours plus lumineux, derrière lequel ils apercevront un beau jour la solution escomptée.

*
**

Appel aux véritables expérimentateurs ! — A ceux qui prévoient, qui voient, qui mesurent, qui notent, qui déduisent, qui construisent.

De la complication réelle dans laquelle nous plongeant les multiples études de ce genre, il ne faut pas nous effrayer.

Comme le rappelle J. Duclaux, de l'Institut Pasteur, dans son magnifique ouvrage consacré à la chimie des colloïdes, il nous faut imiter Pasteur, c'est-à-dire marcher à coup sûr à travers des définitions rigoureuses, telles que celle de la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium qui est, dit-il:

« de 6438.4896 angstroms, dans l'air sec, sous pression atmosphérique normale, à la température de -15° C, dans un champ de gravitation égal au champ terrestre, la source lumineuse étant un

tube de vapeur de cadmium à électrodes fonctionnant sous très *faible pression...* »

Définition à laquelle je reproche encore (que M. Duclaux me pardonne) des termes comme: « *pression atmosphérique normale — faible pression...* »

Ce qu'il faut pour aboutir et pour bien connaître l'outil merveilleux qu'est la catalyse, ce sont des expérimentateurs persévérants, s'attachant à ne plus compter sur le seul hasard, — regardant tout, — observant tout, — mesurant tout, — notant tout, — même les choses en apparence les plus *normales*, les plus *naturelles*, les plus *faibles...* les *moins nécessaires*, parce qu'elles deviendront peut-être un jour les clefs d'une longue période de recherches que, sans elles, il faudrait recommencer en perdant un temps, à ce moment, plus que jamais précieux.

Un exemple vécu pris dans l'art de la guerre. — Histoire d'un canon plus simple que celui de Crécy, mais dont la précision moderne tenait à des causes absolument étrangères à sa construction. — L'astronomie et l'artillerie.

Et, pour terminer cette longue communication, qu'on me pardonne de prendre dans la période de guerre un exemple vécu.

C'était à l'époque où, revenant de Verdun, je collaborais aux côtés de M. Deslandres, membre de l'Institut, astronome et devenu tout à coup commandant du génie.

Le commandant Deslandres étudiait à ce moment la mise au point d'un petit canon dont on reparlera peut-être plus tard et dont le faible poids (80 à 100 kilos) permettait le déplacement très facile dans les tranchées.

Simple tube à âme lisse, sans frein, reposant à même le sol sur une petite plate-forme triangulaire, ne comportant aucun appareil de mécanique compliqué, ce canon arrivait cependant à lancer des obus de 75 réformés à des distances de près de 2.000 mètres, avec une précision qui étonna bien souvent des artilleurs émérites.

Et il les lançait même à des angles supérieurs à 80°, ce qui nous permettait de dire, à cette époque, qu'il pouvait tirer derrière les murs.

Or, je puis bien dévoiler maintenant tout le mystère de sa précision, qui résidait dans le fait qu'il était commandé par un astronome, physicien, mathématicien, habitué à manier les distances planétaires, mais connaissant la valeur des coefficients et des influences que peuvent prendre des facteurs insignifiants, lorsqu'ils sont multipliés par des nombres voisinant avec l'infini.

Aussi ne laissait-il rien au hasard lors des essais pour lesquels nous ne devions jamais nous séparer d'un véritable laboratoire automobile.

Des incrédules ont pu rire, aux champs d'expériences, de nous voir mesurer les poids des obus, les longueurs, les calibres au 1/10 de millimètre, ils ont pu se demander pourquoi nous déterminions le balourd, pourquoi nous nous inquiétions de la rugosité, pourquoi nous essayions nos obus avant de les entrer dans le canon, par la bouche, dans une position repérée à l'avance et enfin pourquoi nous notions la *pression*, la *température*, l'*orientation* et la *vitesse du vent*, et même la position du soleil.

Si ces incrédules avaient réfléchi qu'en l'absence de rayures, notre canon lançait des obus, guidés sur leur trajectoire par des empennages prenant appui sur de l'air plus ou moins dense, plus ou moins mobile et dont nous avons besoin de connaître la direction, la vitesse, la résistance et la densité, peut-être auraient-ils compris le mystère d'une précision qui provenait des artilleurs et non du canon.

Et peut-être aussi nous auraient-ils aidés à le faire adopter sur le front où, moyennant un prix de revient fort modique, il aurait fait du bon travail, comme le disait, il y a un an, le général *Gascoin*, à la *Société des Ingénieurs Civils de France*.

Pour passer de la théorie à la réalisation des carburants de synthèse il nous faut une collaboration intime de tous ceux qui ont la foi dans l'avenir de la France et qui sont prêts à se dévouer pour lui assurer son indépendance. — Merci au Comité C.C.M. d'avoir pensé à grouper autour des ouvriers de la première heure de jeunes, actives et savantes bonnes volontés.

Et bien, pour résoudre le problème qui nous préoccupe, il faut faire comme le commandant Deslandres: — tout supposer, tout multiplier, tout mesurer.

Les forces moléculaires qui produisent la catalyse sont si nombreuses et si petites sous leur forme élémentaire qu'elles n'apparaissent qu'après avoir été multipliées par les coefficients magiques enseignés par la *chimie colloïdale*.

Pour bien les connaître, il faut en faire la discrimination en cherchant à les mesurer, non pas sous leur forme élémentaire, mais dans leurs effets multipliés, ou grossis démesurément.

Pour saisir de telles nuances, il faut une grande pratique, un flair tout particulier et une science difficile à rencontrer chez les

premiers venus, dont beaucoup n'ont simplement que la foi d'aboutir rapidement à la fortune qui résulterait de leur découverte.

Mais, par contre, méfions-nous des inventeurs trop savants desservis par une science aveuglante ne leur permettant pas de voir simplement les choses simples.

Ce qu'il nous faut enfin, ce sont des moines, des constructeurs de cathédrales, bâtissant des monuments impérissables, sans le concours de mathématiques transcendantes, avec la seule force de continuité que donnent la foi, et le dévouement à un idéal.

Cet idéal, nous le connaissons tous, c'est l'*Indépendance de la France!*

Et, pour que cette Indépendance soit, il lui faut notamment celle de ses approvisionnements en combustibles solides et liquides.

Comme celle de son blé, de ses métaux industriels et d'une foule d'autres matières.

C'est seulement lorsque la France pourra se passer de l'étranger pour obtenir ces produits qu'elle sera libre, libre de ses actes, libre de sa politique extérieure, et c'est pourquoi je me rallie aux cris d'espérance poussés par notre ami *Couturaud*, dans ses derniers éditoriaux de « *Chaleur et Industrie* ».

C'est pourquoi aussi je félicite l'esprit qui a guidé le Comité Central de Culture Mécanique dans une voie où nous aboutissons aujourd'hui, celle d'une véritable réunion d'ouvriers de la première heure, que je ne citerai pas de peur de les alarmer, associés à de plus jeunes, de plus ardents, venant apporter aux anciens le tribut d'une activité et d'une jeunesse réconfortante.

Que cette réunion soit une réunion de reconnaissance et qu'elle invite à la collaboration tous ceux qui ont intérêt à contribuer à l'acheminement vers notre Indépendance.

C'est seulement à ce moment que nous passerons de la théorie à la réalisation des carburants de synthèse.



L'Alcool Moteur

Facteur de la prospérité agricole, contribuera à abaisser
les prix des produits de la terre

Communication de **M. BARBET**,

Ancien président de la Société des Ingénieurs civils de France.

Si la nature a voulu que notre sol de France fût l'un des plus fertiles du monde, par contre elle ne s'est pas montrée aussi généreuse pour notre sous-sol, particulièrement en ce qui concerne les gisements pétrolifères.

Or, tout le monde est aujourd'hui d'accord pour reconnaître que, faute d'essence, l'alcool est un bon carburant liquide, et qu'il est capable de faire tourner nos moteurs dans de bonnes conditions. Ce fut en particulier la conclusion du Comité scientifique du Carburant national, présidé par M. Daniel Berthelot. Ce fut également celle de la Société des Ingénieurs Civils de France, après trois brillantes séances tenues en mars 1923.

On y démontra que les griefs invoqués contre le Carburant national à base d'alcool n'étaient nullement fondés;

Que l'adoption de ce carburant doit rendre à notre pays les plus grands services, tant pour des raisons économiques que pour la défense de sa sécurité nationale;

Que l'adoption de l'alcool-moteur tend, par répercussion, à réduire considérablement l'alcoolisme, c'est-à-dire à améliorer la santé publique;

Que notre agriculture, notre industrie et notre commerce nationaux ne peuvent que se féliciter du développement de la fabrication de l'alcool;

Que le consommateur de Carburant National, non seulement ne subira aucune perte, mais au contraire réalisera une économie appréciable;

Et qu'enfin, la marche des moteurs qui brûleront le carburant à base d'alcool sera plus souple et, partant, moins fatigante pour leurs organes.

Dans la communication que nous avons faite à ce sujet, nous avons, dans la séance du 9 mars 1923, résumé le problème comme suit : « Les opposants de l'alcool partent d'un point de vue tout à fait erroné, lorsqu'ils prétendent ne se rendre que si, à tous

les égards, puissance dynamique et prix de vente particulièrement, l'alcool l'emportait sur l'essence. Parbleu !

« Mais la situation est toute différente : dans un délai relativement court, les pays pétrolifères, en décadence de production, nous refuseront l'essence, ou bien nous la feront payer à des prix invraisemblables. Nous sommes acculés à une impasse.

« Or, dans notre détresse, un carburant sauveur se présente, c'est l'alcool. Certes, il n'a pas exactement les mêmes qualités que l'essence, mais quand même il n'aurait que la moitié des calories de celle-ci, ne faudrait-il pas nous estimer bien heureux, par le seul fait qu'il serait capable de faire tourner nos moteurs ?

« Pourquoi donc s'ingénier à lui chercher les plus mauvaises querelles ? Lui, ou rien du tout dans peu d'années ! L'hésitation n'est pas possible. Qui achètera des automobiles le jour où l'on ne pourra rien mettre comme carburant dans les réservoirs ?

« Il n'y a qu'une seule sagesse. C'est de se mettre résolument à l'œuvre dans toutes les directions, c'est-à-dire pour assurer d'une part la production intensive des nouveaux carburants, et pour construire, d'autre part, des moteurs qui puissent utiliser au mieux les propriétés de l'alcool.

« Or, notre situation ne sera nullement péjorée. A bien des points de vue le merle qu'on nous offre vaut mieux que la grive ; si la nature nous a refusé la richesse minérale, en compensation elle nous a gratifié d'un sol fertile et d'un climat excellent grâce auxquels les sources du carburant de l'avenir seront illimitées, surtout quand nous ferons appel aux produits féculents de notre domaine colonial.

« Ce n'est pas tout ; nous aurons l'alcool à profusion, mais par surcroît ce sera la fortune agricole !

« Nous n'avions envisagé que les besoins de notre change, et les nécessités de notre Défense nationale ; et voilà que l'alcool nous apporte en même temps la vie à bon marché, c'est-à-dire l'accroissement de la natalité, donc la sécurité définitive du pays et les plus belles promesses pour les destinées de la France ! On conviendra que si l'inquiétant problème des carburants liquides ne s'était pas imposé à notre sollicitude, il faudrait l'inventer, puisqu'il va être le point de départ d'une patriotique croisade en faveur de l'agriculture industrialisée. »

Citons encore la conclusion concise et claire que le Président des Ingénieurs civils, M. Guillet, Directeur de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, donna à ces instructifs débats :

Messieurs,

« Au moment où vont se clore ces belles séances, vous permettez bien à votre président de s'élever au-dessus de tous les partis et de tous les intérêts en jeu, pour exprimer ce qui paraît bien se dégager de cette discussion.

« Un carburant national est nécessaire, nous ne pouvons pas — même en temps de paix et surtout en temps de guerre — demeurer tributaires de l'étranger et cela d'autant plus que ces sources de carburants exotiques vont diminuant très rapidement.

« Or, jusqu'à nouvel ordre, jusqu'au moment où seront mis au point les procédés synthétiques, un seul liquide apparaît comme base d'un carburant national, l'alcool.

« Sans doute présente-t-il certains inconvénients, sans doute la formule envisagée est-elle imparfaite et ne représente-t-elle pas une solution définitive. Mais elle indique un chemin utile qui, s'il apporte quelque gêne, du moins peut permettre d'envisager un avenir moins sombre. Deux difficultés sont déjà vaincues : la solubilité de l'essence dans l'alcool, grâce à l'emploi de l'alcool absolu ; l'instabilité des prix, par suite de l'intervention gouvernementale. Mais il faut bien que notre industrie de l'alcool se pénètre des devoirs nouveaux qui lui incombent ; il lui faut faire très rapidement tous les sacrifices, et *tous les efforts pour abaisser son prix de revient*, qui intéresse, maintenant, et au plus haut point, la population tout entière.

« Donc, Messieurs, ceux d'entre vous qui se sont faits ici — et cela non sans juste raison — les défenseurs de l'alcool, base du carburant national, il ne vous faut point dormir sur des lauriers que d'aucuns trouvent un peu hâtivement cueillis. Il vous faut ardemment travailler et, si vous le permettez, je suggérerai à l'un de mes successeurs, le président de 1924 ou de 1925, de demander compte à l'industrie de l'alcool des efforts qu'elle aura faits, afin de satisfaire les grands besoins nationaux de nos moteurs ».

Le problème est parfaitement posé. Sa solution dépend en bonne partie des industriels, auxquels M. Guillet a fait appel comme devant aplanir la route. L'abaissement du prix de revient de la fabrication de l'alcool, et particulièrement de l'alcool absolu, dont le rôle va être prédominant pour la période de transition, est une tâche à laquelle les ingénieurs français se sont attelés dès la première heure, et non sans succès comme nous allons le faire voir.

Mais si ces progrès techniques sont incontestables, ils ne seront pourtant pas à eux seuls les facteurs du succès. La production de

carburants synthétiques, de source minérale pourra être avantageusement abordée, et l'on y travaille ardemment.

Plusieurs des communications du Congrès sont consacrées à l'obtention par synthèse de carbures d'hydrogène liquides pouvant remplacer l'essence dans nos moteurs. Ces nouveaux espoirs de la Chimie française sont des plus remarquables et viennent bien à leur heure. Nul ne souhaite plus que nous que ces espoirs deviennent promptement des réalités incontestables.

Notre thèse en faveur de la betterave n'en éprouve ni atteinte, ni surtout aucune jalousie. Ce qui importe à la France, c'est de parvenir aussi vite que possible à la libération totale du lourd tribut qu'elle paie aux nations riches en pétrole, et ce résultat ne sera obtenu que par la mise en batterie de toutes nos ressources *minérales* et *végétales*. Car l'énormité de nos besoins en carburants s'accroît avec une rapidité vraiment impressionnante.

Voici une statistique du nombre de voitures automobiles et de tracteurs qui ont été recensés en France dans les dernières années, et parallèlement le chiffre de notre consommation — presque intégralement importée — en essence de pétrole.

	Voitures automobiles	Essence		Kilos par voiture	Litres par voiture
		Tonnes	Hectolitres		
1921	287.182	415.000	5.600.000	1.450	1.960
1922	360.937	552.000	7.460.000	1.530	2.070
1923	445.000	745.000	10.000.000	1.670	2.250

Par conséquent le chiffre de 8 millions d'hectolitres d'essence qui a toujours servi de base aux calculs depuis le Congrès de Béziers (avril 1922) à tous ceux qui ont étudié le problème du Carburant national; ce chiffre, disons-nous, sera doublé vers 1926 et il faut prévoir un nouveau doublement dans une période d'années qui sera bien vite atteinte.

De quel côté la progression sera-t-elle la plus rapide, du côté de la consommation ou de celui de notre production française de carburants ? Les chiffres ci-dessus ne laissent aucun doute, d'autant plus que pour la production c'est plus que de l'arrière que nous avons, nous n'en sommes encore qu'à un bien timide démarrage.

Il y a du débouché pour tout le monde.

N'oublions pas non plus que, jusqu'à présent, la science et la

pratique sont d'accord pour dire que la formule qui semble la meilleure, pour la souplesse de la marche du moteur, pour sa puissance, pour son entretien, et enfin pour limiter les modifications du carburateur à presque rien, c'est le mélange moitié-moitié de l'hydrocarbure et de l'alcool. Il serait donc bien maladroît de faire campagne pour la prédominance exclusive de l'un ou de l'autre élément.

L'alcool, c'est la prospérité agricole.

L'hydrocarbure, c'est l'appoint utile pour les qualités de l'explosion, et c'est le complément sans lequel nous ne pourrions ambitionner de satisfaire à la consommation.

Bien plus, si les espoirs que l'on nous donne se réalisent, les progrès de l'un vont aider à ceux de l'autre.

La communication de M. Goutal nous montre la possibilité de produire les hydrocarbures légers et lourds, en partant du méthane. Or, la principale source du méthane, c'est le gaz des cokeries, dont nous nous apprêtons à extraire l'hydrogène pour fabriquer de grandes quantités d'ammoniaque. Voilà une coïncidence vraiment merveilleuse : le gaz de cokerie partageant ses faveurs également entre le carburant *minéral* par son méthane, et le carburant *végétal* — l'alcool — par les engrais indispensables, dont son hydrogène est la matière première !

Loin de se considérer comme adversaires, les deux carburants, le minéral et le végétal, vont être obligés de pactiser puisqu'ils vont avoir une origine commune.

La France aurait besoin d'un million de tonnes de gaz ammoniac par an. Contentons-nous, provisoirement, de la moitié : 500 mille tonnes. La composition moyenne du gaz de cokerie en volume est de 50 % d'hydrogène et 30 % de méthane, soit 4 k. 5 d'hydrogène pour 100 mètres cubes de gaz et 19 k. 7 de méthane, soit enfin 25 k. 5 d'Az H³ et 64 kilos de benzol, en admettant qu'on réalise les rendements théoriques.

Le jour où l'on produira 500.000 tonnes de gaz ammoniac, on pourrait donc simultanément fournir 12.000.000 quintaux d'hydrocarbures ou environ 15 millions d'hectolitres de carburants minéraux. Voilà une ressource inestimable, qui ferait passer la production de l'ammoniaque au rang d'un sous-produit. Cela nous promettrait donc l'engrais à très bon marché, donc toutes les récoltes à prix avantageux, la vie à bon marché, l'augmentation de la natalité, et enfin l'abondance de la betterave et par conséquent du carburant végétal, l'alcool à mélanger aux hydrocarbures synthétiques.

C'est un enchaînement vraiment idéal, et nous allons mainte-

nant rentrer dans le sujet plus spécial que nous avons à traiter aujourd'hui, *l'alcool moteur*.

Le problème du Carburant national a soulevé des controverses passionnées, lesquelles ont fait parfois appel à des objections qui ne supportaient pas l'examen.

« L'essor de la culture betteravière, n'a-t-on pas craint de prétendre, se fera au détriment de celle du blé ».

Il faut vraiment ignorer les principes les plus élémentaires de l'agronomie moderne pour proférer une semblable hérésie. Peut-on encore douter que les rendements en blé des terrains améliorés par la culture betteravière soient considérablement supérieurs à ceux des terres où cette culture n'a pas été pratiquée ? Que les vinasses de distilleries restituent à la terre des millions de kilogrammes d'azote, d'acide phosphorique et de potasse ? Que la betterave est le meilleur pivot de l'assolement de la culture intensive ? N'est-ce pas grâce à elle que les rendements culturaux du Nord de la France sont si nettement supérieurs à ceux du Centre et du Midi ?

La production des céréales est intimement liée à celle de la betterave et à l'accroissement de nos troupeaux. La production moyenne du blé en France est de 14 quintaux à l'hectare ; dans le département du Nord elle est de 24 quintaux, dans celui de l'Aisne de 23 quintaux. Dans ces deux départements, la culture de la betterave est en grand honneur.

L'expérience n'est pas d'hier. Déjà, en 1863, M. Barral signalait à la ferme de Masny le rendement des cultures alternées de betterave et de blé ; 32 hectolitres de blé à l'hectare et la production de viande triplée.

A la ferme de Roye on constate :	BLÉ	AVOINE
Avant la culture de la betterave	24 hect.	30 hect.
Après la culture de la betterave	37 hect.	65 hect.

M. Hitier, professeur à l'Institut Agronomique, membre de l'Institut National d'Agriculture, cite un rapport de M. Convert, au sujet d'une ferme du Loiret, d'une superficie de 135 hectares, rapport qui donne les renseignements suivants :

AVANT LA CULTURE DE LA BETTERAVE

Rendement de l'hectare de blé : 20 hect.	} rapport à l'hectare (à l'époque)	
Animaux nourris par la ferme :		} 300 francs.
8 chevaux		
20 vaches		
200 brebis		

APRÈS LA CULTURE DE LA BETTERAVE

Rendement de l'hectare de blé : 31 hect.	} rapport à l'hectare
Animaux nourris par la ferme :	
8 chevaux	
56 bœufs	
30 vaches	
1500 brebis	700 francs.

On voit par cet exemple que la betterave n'a pas seulement pour effet d'améliorer les rendements en blé, mais encore de permettre, grâce à sa pulpe, l'augmentation de notre cheptel. La pulpe produit, pour l'hiver, le bétail gras que les pays d'embouche ne peuvent fournir qu'en été. Elle est la régulatrice des cours de la viande et l'on peut s'en rendre compte chaque année en constatant l'augmentation de ces cours, quand, l'hiver se prolongeant, les bœufs d'étable sont trop tardivement remplacés par les bœufs d'embouche.

Chaque fois que l'on remplace, par exemple, un hectare d'avoine par un hectare de betterave, on acquiert de quoi nourrir au moins quatre fois plus de bêtes (chevaux ou bétail) et l'on récolte ainsi le bénéfice d'un grand supplément d'élevage et de fumier.

Que l'on ne vienne donc pas nous dire que l'intensification de la culture betteravière nuira à celle des céréales et qu'elle nous conduira à de plus fortes importations de blé. Augmenter nos emblavements en betterave, c'est au contraire nous permettre d'exporter du blé et de réduire nos importations de viande, qui atteignent des centaines de millions par an. La betterave aura bien travaillé à relever notre franc !

On a aussi objecté à ce programme la pénurie de la main-d'œuvre agricole. Mais aujourd'hui la France a appelé plus d'un million et demi de travailleurs d'Italie, d'Espagne, de Belgique, de Pologne, etc. On peut affirmer que la main-d'œuvre nécessaire existe, mais qu'elle est chère.

Ne disons donc pas que la culture intensive, dont la betterave est le meilleur pivot, est impossible, mais qu'il faut l'organiser de telle sorte que, malgré le coût de la main d'œuvre agricole, elle devienne d'un grand profit.

Pour la betterave, les agriculteurs avant la guerre ne lui ont jamais demandé d'être par elle-même productrice de bénéfices. Ce sont les à-côtés, les bénéfices indirects qu'il faut envisager. A tout le moins, si l'on ne peut chiffrer d'une façon précise le boni réalisé sur le cheptel, le lait, le beurre, le fumier, etc., faudrait-il

ne faire le bilan que sur l'ensemble des deux années consécutives, celle où l'on plante la betterave et celle où l'on récolte le blé.

Etabli de la sorte, le bilan commencerait à devenir beaucoup plus objectif et démonstratif.

Nous nous en voudrions de prolonger une démonstration qui a été faite depuis longtemps. Personne n'ignore que la betterave nettoie les terres, les valorise, et que, grâce à ses qualités multiples, elle a fait la fortune de l'agriculture du Nord de la France.

Betterave demi-sucrière. — Considérée au point de vue plus restreint de la production de l'alcool, la betterave bien cultivée peut produire une moyenne de 25 hectolitres d'alcool à l'hectare, tandis qu'une même surface de terrain emblavée de seigle, d'orge ou de maïs ne peut fournir que 4 à 5 hectolitres. Il n'est point besoin, pour cela, de recourir à la betterave sucrière extra-riche, d'une culture plus onéreuse comme engrais et comme main-d'œuvre; une betterave plus ordinaire ne titrant que 12 à 13 % de sucre, plus pivotante, plus facile à arracher du sol, fournira très bien 30 hectolitres tout en procurant un plus grand poids de pulpes à l'hectare.

La distillerie, contrairement à la sucrerie, peut parfaitement se contenter de races moins nobles, moins exigeantes, et pourtant donnant plus de matières alimentaires à l'hectare.

Quelles sont les plantes que nous devons considérer comme les plus bienfaisantes au point de vue de notre alimentation ? Ce sont évidemment celles qui, sans épuiser la terre, procurent à l'hectare la plus grande quantité possible de *matières sèches digestibles*. C'est donc une étude tout particulièrement intéressante pour l'agronome, que de rechercher, parmi toutes les espèces de plantes que nous connaissons, celles qui sont susceptibles de nous fournir, à l'hectare, le plus grand poids de matières sèches, soit pour l'alimentation directe de l'homme (blé, légumes, fruits, etc.) soit pour l'élevage du bétail qui, à son tour, devient une partie extrêmement importante de notre alimentation par la viande, le lait et le beurre.

Rappelons tout de suite, pour avoir des points de comparaison, que les prairies naturelles ou artificielles fournissent en moyenne de 30 à 35 quintaux de matières sèches à l'hectare; que les bonnes races de pommes de terre industrielles en donnent environ de 25 à 30, et que les céréales fournissent, paille comprise, de 30 à 40 quintaux. Tandis que la betterave demi-sucrière atteint jusqu'à 100 quintaux, feuilles comprises, ce qui la met bien en tête de toutes ces différentes plantes.

Il ne suffit donc pas de dire que la betterave est bienfaisante

pour l'élévation des rendements qu'elle assure en blé, il faut proclamer que sa première qualité c'est de fournir à l'hectare quatre fois plus de matière nutritive que n'en peuvent donner les grains, et avec un coefficient de digestibilité bien supérieur à celui de l'avoine.

La betterave doit, par conséquent, être bénie pour elle-même, encore plus que pour les bienfaits supplémentaires dont nous lui sommes redevables.

En résumé, c'est aujourd'hui la betterave qui ressort comme étant la meilleure source *végétale* de l'alcool dont nous avons besoin pour nos moteurs, ce carburant devant devenir relativement bon marché en raison des autres bénéfiques procurés par cette plante. De telle sorte qu'on peut affirmer que cette racine est avant tout une provende, et que l'alcool ne sera qu'un sous-produit, obtenu par surcroît. Voilà ce qui autorise à escompter des prix suffisamment bas pour le carburant à base d'alcool.

Aujourd'hui, évidemment, nous sommes encore à des prix élevés. Il en sera ainsi tant que la production de notre sucre de betterave sera inférieure à nos besoins, parce qu'il faut compléter notre approvisionnement par des importations payées en dollars, et que, de ce fait, tout le sucre indigène se vend à parité avec le sucre exotique.

Mais nos sucreries et nos plantations de betteraves sucrières se reconstituent assez rapidement, et l'on peut espérer que la campagne qui commence fournira 600.000 tonnes de sucre, le contingent des colonies donnant un supplément de 100.000 tonnes. Le déficit ne sera plus que de 50.000 à 100.000 tonnes, et il est vraisemblable que l'an prochain nous n'aurons plus besoin du sucre étranger.

Les agriculteurs du Nord de la France sauront faire l'effort nécessaire pour approvisionner convenablement nos sucreries reconstituées.

Quant à la betterave pour la distillerie, il serait infiniment désirable qu'elle devint l'apanage de la culture du Centre et du Midi.

Toutes les études qui ont été entreprises à ce sujet démontrent que la betterave, qui pousse avec succès en Italie, en Espagne, et même en Algérie, peut à plus forte raison s'implanter dans nos belles vallées de la Garonne, du Lot, du Tarn, de la Dordogne, etc. M. Le Monnier nous déclarait récemment, après un voyage dans le Gers où il avait vu des betteraves magnifiques, que c'avait été une erreur d'implanter cette culture dans le Nord, le Midi lui paraissant encore plus favorable.

D'autre part, n'oublions pas que l'on emblave chaque année,

en France, en dehors des betteraves destinées à la sucrerie et à la distillerie, environ 680.000 à 700.000 hectares de betteraves fourragères. Que l'on change, pour 400.000 hectares seulement, la graine de fourragères en graines de demi-sucrières (12 à 13 % de sucre) qui ne sont pas plus difficiles à cultiver, et nous voilà, en peu d'années, pourvus d'une culture pouvant nous fournir au moins 20 hectolitres d'alcool par hectare, soit environ 8 millions d'hectolitres d'alcool, auxquels s'ajouteraient les alcools de mélasse.

Que les synthèses d'hydrocarbures nous apportent, de leur côté un volume égal, et nous n'aurions plus à importer d'essence.

On voit donc qu'il n'y a, à priori, aucune impossibilité à ce que notre sol de France, sans même faire appel au manioc, aux bananes et aux patates de nos colonies, nous procure notre carburant.

Mais si l'agriculture est incontestablement dans la possibilité de satisfaire au moins à la moitié de nos besoins, l'industrie agricole marchera-t-elle aussi vite qu'elle ? Car, de ce côté, il y aura bien des difficultés à résoudre.

Le principal obstacle, c'est que pour produire l'alcool moteur à bon marché, il faut ne créer que de très puissantes distilleries, la grande industrie pouvant réaliser 40 à 45 francs d'économie à l'hectolitre sur le prix de revient des distilleries agricoles, de 10 à 20 hectolitres par jour, que nous possédons particulièrement dans la Brie.

Or, pour approvisionner des distilleries capables de faire journellement de 200 à 500 hectolitres d'alcool, il faut que les 1.000 à 2.000 hectares de betteraves qui les approvisionneront soient dans un rayon de 10 à 12 kilomètres au plus ; et encore, avec le coût actuel des transports agricoles, il vaudrait mieux limiter ce rayon à 8 kilomètres, soit environ 20.000 hectares. Il ne faut pas espérer une pareille densité de culture betteravière dans le Centre et dans le Midi. Actuellement, les 600.000 hectares de betteraves fourragères de ces régions ne représentent pas 2 hectares sur 100, culture très disséminée et au surplus émiettée en une quantité de champs de moins de 200 ares.

Il y a donc une question de transport des betteraves à l'usine qui est une grosse difficulté à résoudre.

Les Râperies. — La Sucrerie du Nord n'est arrivée à installer ses puissantes usines qu'en créant des râperies à 10, 15 et même 21 kilomètres de distance, usines rudimentaires se contentant d'extraire le jus et de l'envoyer par pompes et par tuyaux jusqu'à la

Sucrerie centrale. Encore faut-il, autour des râperies, une culture betteravière d'une densité suffisante.

Nous estimons que l'on pourrait semblablement créer des distilleries centrales, mais en séchant les betteraves dans les fermes, système qui réduirait les frais de transport au sixième et même au huitième de ceux de la betterave fraîche, parce que celle-ci contient environ 80 % d'eau, et qu'elle est encore alourdie par la terre adhérente.

Obéissant aux sages adjurations du Président des Ingénieurs Civils, des industriels, réunis en Société d'étude du Carburant national, recherchent depuis près de deux ans la possibilité de créer, dans chaque canton, voire même dans chaque commune, des entreprises de séchage sur le terrain même, exactement sur le modèle des entreprises de battage des céréales. Le problème semble sur le point d'être résolu, et ce jour-là, le cultivateur pourra envoyer par chemin de fer à 100 kilomètres de distance ses betteraves séchées à un prix de transport moindre qu'aujourd'hui les betteraves fraîches et sales à 5 ou 6 kilom. par charrois. Il n'y aura donc plus de limite à la puissance des distilleries à installer, avec un rayon d'approvisionnement élargi à ce point.

Bien plus : alors qu'actuellement la distillerie de betteraves ne peut guère travailler que 100 jours, et avec un rendement qui va en diminuant, parce que la betterave fraîche dégénère dans les silos, désormais l'on pourra travailler 250 ou 300 jours, puisque la matière première sera impérissable, et soustraite par la dessiccation à toute altération. D'où nouvel abaissement considérable du prix de revient par la diminution des frais de première installation et d'amortissement et sans que l'économie finale soit conquise sur le dos du cultivateur par un abaissement du prix d'achat des betteraves.

En effet, l'agriculteur ayant engrangé une matière désormais impérissable, et capable de supporter de longs transports, pourra défendre ses prix à la fois par la concurrence des acheteurs et par le stockage. Il pourra, s'il le veut, conserver sa betterave sèche pour l'hiver suivant. Mieux encore, il pourra la donner comme aliment direct à son bétail, qui en sera très friand.

Au prix fort de 120 francs la tonne de betteraves fraîches (prix fort pour de la betterave demi-sucrière donnant facilement 40.000 kilos à l'hectare), la dessiccation donnera environ 240 kg. de cossettes à 10/12 % d'humidité, et à un prix de revient de 144 francs, ce qui fait 60 francs les 100 kilos de cossettes.

Or, aujourd'hui, la farine d'orge que l'on donne aux cochons revient à peu près à 110 francs les 100 kilos et elle n'a pas plus de

pouvoir nutritif, car son coefficient de digestibilité est sensiblement moindre.

La cossette sèche à 60 francs constitue donc un aliment exceptionnellement avantageux, en même temps que très appétissant, parce qu'elle contient 50 à 60 % de sucre.

L'agriculteur avisé fera donc de la betterave séchée pour avoir un aliment incomparablement moins cher que le seigle, l'orge ou l'avoine, et ce qu'il ne consommera pas ainsi, il l'enverra à la distillerie — ou même à la sucrerie — et il aura en retour des pulpes à bon marché.

Le problème de la production d'un alcool carburant à bas prix s'éclaire donc d'un jour très favorable. Mais sans sortir de notre sujet, l'on nous permettra d'ajouter encore quelques réflexions intéressantes l'agriculture.

La variabilité de rendement des récoltes est le plus noir souci des cultivateurs.

Excès de récolte, effondrement des cours. Récolte insuffisante, manque de nourriture qu'il faudra remplacer par des achats onéreux. De toute façon, grande instabilité des prix de vente, en présence de prix de revient à peu près constants.

Tout cela provient de ce que la plupart des produits du sol contiennent beaucoup d'eau, et ne peuvent se conserver; il faut consommer ces produits en quelques jours, sinon ils pourrissent et sont perdus.

Toute autre serait la situation, si les cultivateurs pouvaient les engranger comme ils le font pour les céréales et le foin.

Le foin, c'est de l'herbe séchée au soleil.

Pourquoi ne pas employer aussi la dessiccation pour toutes les récoltes fraîches, quitte à la faire artificiellement, si impossible au soleil?

On voit donc que des sécheries agricoles, installées plus particulièrement pour les betteraves, vont pouvoir servir tour à tour à tout ce que l'on voudra sécher et protéger contre la pourriture: céréales humides, topinambours, pommes de terre, dernières coupes de luzerne, châtaignes, cosses de légumineuses, pois cassés, feuilles de betteraves, fruits tombés, etc., etc., tout cela pourra utilement passer au séchoir et défier la pourriture. Que de précieuses ressources ainsi sauvées, que de bonnes nourritures assurées pour l'élevage!

C'est le problème de l'alcool carburant, qui aura été l'instigateur et le facteur de cette prospérité agricole.

L'on ne manquera pas de nous faire observer que l'agriculture pourrait fournir des plantes alcooligènes, qui seraient d'un moindre

prix que la betterave, par exemple, le bois dont la cellulose est saccharifiable et fermentescible.

En effet, un avenir peut-être prochain apportera cette autre solution du problème; mais les résultats industriels, s'ils sont entrevus, ne sont pourtant pas encore acquis. Ce que l'on peut dire à ce sujet c'est que l'alcool de bois sera probablement plus économique à produire que celui de la betterave. Mais il n'entraînera pas avec lui tout ce cortège d'avantages cultureux sur lesquels nous avons insisté, l'actuel Congrès s'étant fondé sous les auspices du Ministère de l'Agriculture.

Alcool absolu. — Nous terminerons notre étude par quelques mots sur l'alcool absolu.

Le Comité scientifique du Carburant national, présidé par M. Daniel Berthelot, a complimenté comme il le devait le service des Poudres, et particulièrement son Directeur général M. Patart, d'avoir résolu le problème du mariage de l'essence et de l'alcool par la déshydratation de celui-ci. Solution très élégante en effet, puisque l'alcool absolu s'unit directement et en toutes proportions aux essences de pétrole et même au pétrole lampant.

Dans cette direction, nous avons encore à constater de brillants succès de nos inventeurs et de nos industriels. L'alcool absolu qui, il y a trois ans, n'était encore qu'un produit pharmaceutique très coûteux, est devenu d'une fabrication courante et peu coûteuse; les procédés concurrents sont déjà nombreux, les uns par l'emploi de réactifs déshydratants, d'autres par l'utilisation des phénomènes physiques de l'azéotropisme. Presque tous, malheureusement exigent encore une rectification préalable de l'alcool jusqu'à 95/96°.

Mais il y a lieu d'espérer que sous peu sera mis au point un procédé azéotropique qui n'a besoin de l'aide d'aucune espèce de réactif. Il suffit d'opérer, dans certaines conditions, la rectification de l'alcool sous un vide d'une certaine importance, et, de cette façon, on peut arriver à l'alcool déshydraté par distillation directe des moûts fermentés.

Non seulement on économise ainsi les frais de la rectification préalable, mais de plus, comme la déshydratation finale se fait désormais à basse température à cause du vide, le rectificateur est uniquement chauffé par les vapeurs de flegmes de la colonne distillatoire, ce qui réduit la dépense de vapeur de la production de l'alcool déshydraté à l'unique dépense de distillation. Donc prix de revient moindre que pour l'alcool à 96°, et comme aucun réactif étranger n'est intervenu, l'alcool est d'une parfaite pureté de goût et d'odeur.

Les progrès industriels ne connaissent pas de limite. Ceux que nous avons eu l'honneur de vous signaler et qui auront pour résultat immédiat d'abaisser le prix de fabrication de l'alcool, et ceux qui vont lui assurer l'adjonction d'hydrocarbures de synthèse, ont été acquis en moins de trois ans. L'avenir nous en réserve évidemment bien d'autres et nous nous libèrerons définitivement du tribut du pétrole.

Dès à présent, les chemins sont ouverts; souhaitons que les Agriculteurs s'y engagent résolument, ce n'est pas notre bon sol français qui les trahira.

« Travaillez, prenez de la peine, c'est le fonds qui manque le moins. »

La production du Carburant par carbonisation des Combustibles solides à haute et basse température

Communication de M. Pierre APPELL,
Secrétaire général de l'Office Central de Chauffage.

La carbonisation des combustibles solides est pratiquée depuis longtemps, mais le but que l'on se propose par cette opération n'est pas en général de produire des carburants : on veut soit obtenir comme résidu un combustible propre à certains usages (coke métallurgique), soit fabriquer du gaz d'éclairage. Les combustibles liquides recueillis sont, dans les deux cas, des sous-produits qu'on s'efforce d'écouler au mieux, mais dont on ne se préoccupe guère au cours de la fabrication.

Depuis quelques années les besoins en carburants se sont tellement accrus que les combustibles liquides produits pendant la préparation du coke métallurgique ou du gaz d'éclairage ont pris une importance beaucoup plus grande. S'ils ne sont encore que des sous-produits, ce sont du moins des sous-produits dont on se préoccupe très sérieusement au cours de la fabrication. Parmi les raisons qui conduisent les pouvoirs publics à favoriser le développement des cokeries et des usines à gaz, la nécessité d'assurer à notre pays en temps de paix, et surtout en temps de guerre, l'approvisionnement en carburants indispensable à sa vie est au premier plan. Mais on a été plus loin, et beaucoup de gens pensent qu'on devrait carboniser la houille en se proposant comme principal but de fabriquer des carburants, et en considérant le coke et le gaz formés au cours de cette opération comme des sous-produits. C'est cette idée qui a donné naissance aux essais de carbonisation à basse température.

Il ne saurait être question de décrire, dans une communication de moins d'une heure, les très nombreux procédés de carbonisation actuellement pratiqués, essayés ou préconisés. Je renvoie ceux que cette question intéresse aux ouvrages spéciaux, parmi lesquels je citerai les plus récents :

Masse et Baril. — Les procédés modernes de l'Industrie du Gaz
— Gauthier Villars, Paris, 1923.

Lander et Mc Kay. — *Low temperature carbonisation*, Ernest Benn, Londres 1924.

Wellington et Cooper. — *Low temperature carbonisation*, Griffin, Londres 1924.

Porter. — *Coal carbonisation*, The Chemical Catalog Company, New-York 1924.

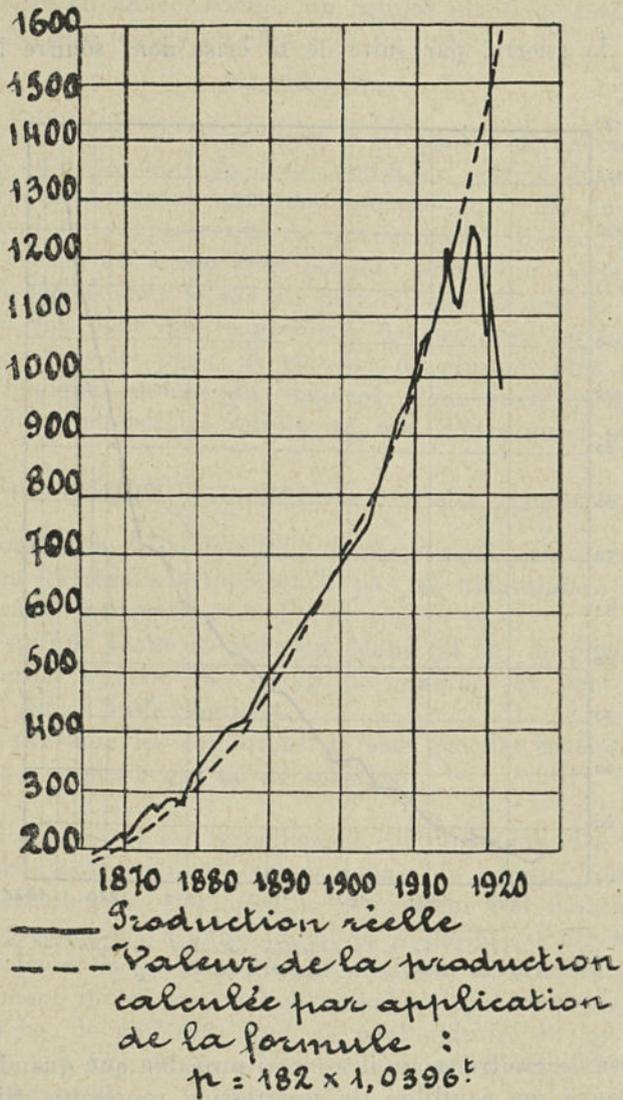
Mariller. — *La carbonisation des bois, lignites et tourbes*, Dunod, éditeur, Paris 1924.

Je voudrais simplement examiner, au cours de cette courte conférence, l'importance de la production de carburants qu'on peut raisonnablement espérer du développement de la carbonisation à haute température (usines à gaz et cokeries), et de la création d'usines de carbonisation à basse température, je dirai également quelques mots de la carbonisation des combustibles autres que la houille : lignites, bois et tourbes, qui peut apporter un appoint intéressant de carburants.

Avant toutefois d'aborder le fond de cette question, je voudrais répondre à une objection préjudicielle. Vous proposez, dira-t-on, de remédier à la crise des carburants en en fabriquant au moyen de combustibles solides; mais ne nous parle-t-on pas aussi d'une crise des combustibles solides? employer du charbon, dont nous manquons, pour remplacer le pétrole que nous n'avons pas, n'est-ce pas une politique déraisonnable? Cette objection qui peut parfaitement venir à l'esprit de personnes non averties, est pour deux raisons sans valeur. Tout d'abord, en carbonisant la houille on produit, en même temps que des carburants, du coke et du gaz qui constituent d'excellents combustibles, permettant d'obtenir, aussi bien en chauffage domestique qu'en chauffage industriel, dans des appareils bien construits et bien conduits, des rendements excellents; on remplace ainsi une quantité de houille inférieure de peu à la quantité carbonisée; l'emploi de l'ensemble des produits de la carbonisation, huile, coke et gaz, permet d'arriver à utiliser une plus forte proportion de l'énergie contenue dans la houille brute, que l'emploi direct de la même houille brute dans les foyers. L'opération conduit donc bien finalement à une économie.

Mais, il ya plus; la disette de combustible solide n'est rien à côté de la disette de combustible liquide. Cela est vrai dans le monde entier comme en France. Pour ce qui est de la France, je n'ai pas besoin d'insister : tout le monde sait que nous importons la quasi-totalité des carburants dont nous avons besoin, tandis que notre déficit en houille n'atteint guère que le quart de notre consommation totale. Pour se rendre compte de la situation dans le monde, il suffit de considérer les deux courbes ci-contre représen-

tant les consommations annuelles de pétrole et de houille (figure 1 et 2). La courbe pleine représente les consommations constatées, la courbe pointillée est la courbe de forme $P = P_0 \times x^t$ se rappro-

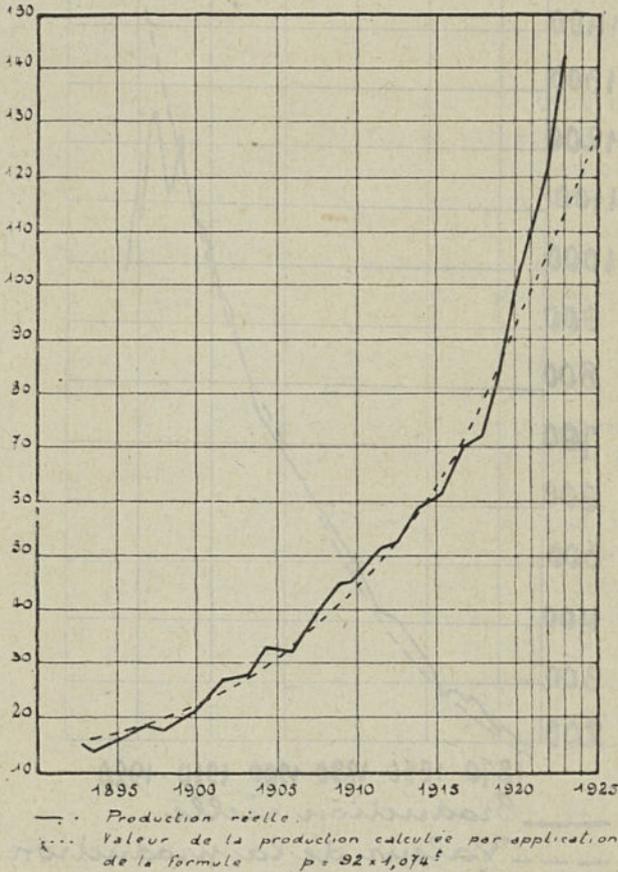


chant le plus de la courbe de consommation réelle, P_0 étant de consommation à un moment donné, x un coefficient et t le nombre d'années écoulées depuis le moment initial. On voit que la con-

sommation de houille a crû, de 1865 à 1914, comme un capital placé à intérêts composés à 4 %, la courbe pointillée a, en effet, pour formule :

$$P = P_0 \times 1.0396^t$$

Depuis la guerre, par suite de la crise dont souffre le monde,



elle a cessé de croître, mais il est très probable que quand l'Europe aura retrouvé son équilibre, la progression reprendra. Si l'on admet que le taux d'avant-guerre sera de nouveau atteint et se maintiendra, les réserves de houilles du monde — 7.400 milliards de tonnes environ — seraient épuisées en deux siècles. Cette estimation est certainement trop pessimiste : il est excessif d'extrapoler

une courbe tracée pendant cinquante ans pour une période de deux siècles, surtout quand depuis dix ans cette extrapolation n'est pas vérifiée.

Pour le pétrole la situation est bien plus grave; la consommation croît, d'année en année, comme un capital placé à intérêts composés à 7 %; elle répond en effet à la formule :

$$P = P_0 \times 1.074^t$$

et depuis la guerre la progression s'est encore accélérée. Si elle continuait au taux de 7 %, les réserves de pétrole du monde — 10 milliards de tonnes — seraient épuisées en trente ans. Et s'il était excessif de supposer que la consommation de houille continuerait à croître au même taux pendant plus d'un siècle, il n'en est plus de même dans le cas du pétrole, où il s'agit de quelques années. On voit donc que le problème des combustibles liquides se posera, dans tous les pays, de manière de plus en plus aigüe au cours des quelques années qui viennent. Pour grave qu'il soit, le problème des combustibles solides est loin d'être aussi menaçant.

LA CARBONISATION DE LA HOUILLE A HAUTE TEMPÉRATURE

La carbonisation de la houille à haute température peut donner en moyenne les résultats représentés par les diagrammes ci-contre que j'emprunte à l'ouvrage de Porter (fig. 3 et 4).

On voit qu'une tonne de charbon donne 50 kg. de goudrons, et 12 kg. d'huiles légères. Des 50 kg. de goudrons on peut extraire environ 15 kg. d'huiles lourdes.

Dans la pratique les conditions ne sont pas les mêmes suivant qu'il s'agit d'usines à gaz ou de cokeries.

Usines à gaz. — Il est actuellement carbonisé dans les usines à gaz françaises environ 5.000.000 de tonnes de houille. Comme les procédés actuellement employés ne permettent pas d'arriver toujours aux productions d'huile indiquées ci-dessus, il est raisonnable, pour calculer la quantité d'huile produite, de prendre des chiffres légèrement inférieurs; si l'on admet qu'une tonne de houille donnera 45 kg. de goudron, dont on peut extraire 13 kg. d'huile lourde et 7 à 8 kg. de benzol, on trouve que l'industrie du gaz fournit actuellement :

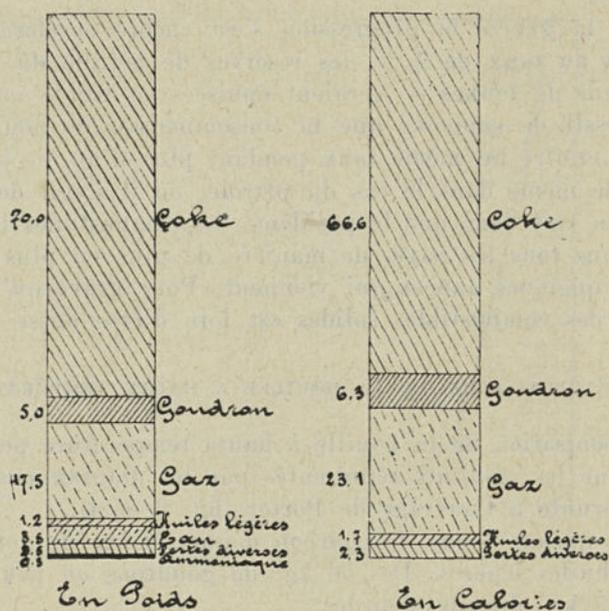
67.500 tonnes d'huile lourde.

35.000 à 40.000 tonnes de benzol.

Ces évaluations supposent d'ailleurs que tout le benzol est recueilli et que tout le goudron produit est distillé, ce qui n'est mal-

heureusement pas exact. On emploie encore du goudron brut pour l'entretien des routes, et dans l'industrie du carton bitumé; il arrive même encore que des usines brûlent leurs goudrons.

Que deviendra cette production dans un prochain avenir ? Il est difficile de le prévoir. Le développement des usines à gaz dépend actuellement, non de la nécessité de produire des carburants, mais



de la facilité plus ou moins grande que trouvent ces usines à placer leur gaz et leur coke. Actuellement la consommation du gaz augmenté en France de 5 % par an, elle est, par tête d'habitant, près de quatre fois moindre qu'en Angleterre. Comme de grands efforts sont faits pour la développer, on peut raisonnablement espérer qu'elle sera assez rapidement augmentée de 50 %.

La production de l'huile et du benzol croitra dans la même proportion.

Cokeries. — On fabrique actuellement en France 3.000.000 de tonnes de coke métallurgique résultant de la carbonisation de 4.300.000 tonnes de houille.

Cette production est inférieure aux besoins de notre métallurgie qui consomme 12.000.000 de tonnes de coke par an et est obligée d'importer des cokes étrangers. Il y aurait le plus grand intérêt



à fabriquer ces 12.000.000 de tonnes de coke en France, mais pour cela il faudrait fournir aux cokeries 16.000.000 de tonnes de fines à coke; nos mines ne peuvent en produire qu'une faible partie. Il est donc indispensable de conclure des accords commerciaux permettant d'importer le complément; mais il ne faut pas se dissimuler que l'Allemagne, car ce n'est guère que d'elle qu'il peut s'agir, ne livrera pas volontiers des fines à coke à nos usines de l'Est, au lieu de leur vendre du coke de la Rhur.

Peut-être arrivera-t-on à produire des cokes métallurgiques avec des houilles dont nous disposons en quantités suffisantes, mais qui sont jusqu'ici réputées impropres à cet usage; des recherches sont actuellement en cours dans ce sens, mais on ne peut préjuger de leur résultat.

Les houilles propres à la fabrication du coke métallurgique donnent sensiblement moins de benzol et de goudron à la distillation que les houilles à gaz. On ne peut guère compter en moyenne que sur 5 kg. de benzol et 21 kg. de goudron par tonne, donnant 7 kg. d'huile lourde. La production actuelle est donc environ de :

21.500 tonnes de benzol.

30.000 tonnes d'huile lourde.

Si tout le coke métallurgique nécessaire à nos usines était fabriqué en France on arriverait à :

86.000 tonnes de benzol.

120.000 tonnes d'huile lourde.

Dans ce qui précède nous n'avons pas tenu compte des cokeries de la Sarre; si les usines de la Sarre restent entre les mains de la France, et si on arrive à utiliser leur charbon à la production d'un bon coke métallurgique (ce qu'on peut espérer), la production actuelle de combustible liquide dans les cokeries se trouverait plus que doublée.

Total. — Pour conclure cette discussion, dont j'ai en grande partie emprunté les éléments au très intéressant rapport de MM. Mallet et Hardel à la commission de carbonisation, je reproduis ci-dessous un tableau donné dans ce rapport qui indique les productions de benzol et d'huile lourde qu'on peut espérer obtenir prochainement en France par carbonisation à haute température. Ce tableau a été établi en supposant :

Une augmentation de 50 % de la capacité de production des cokeries et usines à gaz françaises :

L'application dans la Sarre des procédés nouveaux de cokéfaction actuellement à l'étude, et l'extension des cokeries sarroises dans une proportion de 50 %.

	Produc. en milliers de tonnes	
	Benzol.	Huile lourde
Usines à gaz	45	100
Cokeries.	50	80
Sarre.	15	75
Total	110	255

Actuellement la production n'est guère que de 62.500 tonnes de benzol et 121.000 tonnes d'huile lourde.

Cette production constitue, certes, un appoint appréciable, mais est, hélas ! et restera avec le développement prévu, loin d'approcher des besoins de la France en carburant.

LA CARBONISATION DE LA HOUILLE A BASSE TEMPÉRATURE

Les besoins en carburants augmenteront sans aucun doute d'année en année, et la quantité de carburants provenant de la fabrication du coke métallurgique et du gaz d'éclairage étant manifestement insuffisantes, il était naturel d'envisager la possibilité de carboniser la houille, en se proposant comme principal but la production de combustibles liquides.

C'est cette idée qui a donné naissance à la carbonisation à basse température.

La carbonisation à basse température consiste à chauffer le combustible dans les conditions qui permettent d'arriver au meilleur rendement en combustibles liquides. Il est difficile de fixer une température limite, au-dessus de laquelle la carbonisation n'est plus à « basse température ». En général on chauffe les charbons à 500°; et 700° peut être considéré comme un maximum rarement atteint. Ce qui caractérise l'opération c'est plutôt le but qu'on se propose.

La carbonisation des combustibles donne des produits primaires, aptes, eux-mêmes, à se décomposer par la chaleur. Dans la carbonisation à basse température, on s'efforce de recueillir ces produits en évitant leur décomposition; c'est ainsi qu'on arrive au rendement maximum en combustibles liquides.

La production en huiles combustibles varie beaucoup avec les procédés employés et le charbon traité. On peut considérer qu'en moyenne une tonne de charbon à 25 ou 30 % de matières volatiles donne :

7000 kg. de semi-coke ou coalite.

90 kg. de goudron comprenant 13 à 23 kg. d'essence, 45 kg. d'huile lourde pour Diesel.

7 à 11 kg. de sulfate d'ammoniaque.

110 à 140 mètres cubes de gaz à 6.700 calories (déduction faite du gaz nécessaire au chauffage de la cornue).

On voit que la production en huiles combustibles est environ double de la production obtenue par carbonisation à haute température.

Jusqu'ici, malheureusement, aucun des nombreux procédés de carbonisation à basse température qui ont été essayés n'a atteint un succès commercial; les différents produits qu'on en retire ne peuvent pas être vendus à un prix suffisant. Les huiles qui ne présentent pas les caractéristiques auxquelles on est habitué, le semi-coke qui constitue un combustible de nature nouvelle, trouvent difficilement des acquéreurs. En réalité les huiles obtenues sont parfaitement utilisables, et le semi-coke permet, dans la plupart des applications, et notamment pour le chauffage domestique ou la combustion sur grilles, d'arriver à un rendement supérieur à celui obtenu avec le charbon brut. De plus l'emploi du semi-coke a l'avantage de supprimer les fumées.

Il n'est donc nullement absurde de penser qu'on arrivera dans un avenir prochain, en raison des besoins croissants en combustibles liquides, à faire de la carbonisation à basse température une opération rémunératrice, et que, dans ces conditions, une grande partie du charbon actuellement consommé à l'état cru sera soumis à ce traitement.

La carbonisation à basse température de tout le charbon actuellement consommé en France à l'état cru (soit 60 millions de tonnes environ) donnerait environ :

900.000 tonnes d'essence.

2.700.000 tonnes d'huiles lourdes pour Diesel.

Un appoint pareil résoudrait de manière presque complète le problème de l'approvisionnement de la France en combustibles liquides. C'est malheureusement là un maximum auquel on ne parviendra jamais, mais on peut, semble-t-il, espérer arriver à la moitié de cette production.

Que faut-il pour atteindre ce résultat ?

Tout d'abord que des procédés de carbonisation à basse température pratiques et pouvant être exploités sur une grande échelle soient mis au point; ensuite que les divers produits fabriqués au cours de l'opération trouvent acquéreurs à des prix suffisants.

Pour le premier point, un grand nombre d'essais sont en cours, surtout en Angleterre, où le Fuel Research Board s'en est active-

ment occupé. On expérimente actuellement plus de 30 procédés de carbonisation à basse température; nous n'en entreprendrons pas la description; on les trouvera dans l'ouvrage de Lander et Mac Kay, ou dans la communication de M. Brownlie au Congrès du chauffage industriel de 1923 (Chaleur et Industrie, août 1923). Il nous suffira de dire que plusieurs des installations essayées, bien qu'elles n'aient pas encore été soumises à de longues épreuves industrielles, paraissent devoir donner des résultats très satisfaisants pour le rendement et la qualité des produits.

En ce qui concerne la vente des produits on parviendra au résultat cherché en faisant l'éducation du public industriel, notamment pour l'emploi de la coalite, en créant dans le voisinage des usines de distillation des centrales aptes à en brûler le semi-coke ou les gaz, et peut-être aussi en distribuant des primes analogues à celles préconisées par M. Patart pour encourager les usines à gaz. D'autre part, l'augmentation des prix des pétroles importés qui ne peut pas ne pas se produire d'ici quelques années, étant donné l'épuisement rapide des réserves américaines, entraînera l'augmentation des prix des huiles produites et rendra rémunératrices des entreprises qui ne peuvent l'être actuellement. Mais ce serait une grave erreur d'attendre, pour étudier et créer ces entreprises, que l'épuisement des réserves se soit produit; à ce moment-là l'avantage sera aux pays qui auront su prévoir.

CARBONISATION DES LIGNITES

La France possède des gisements de lignites importants, qu'on a pu évaluer approximativement à un milliard de tonnes. Le bassin du Gard représente à lui seul la moitié de ces réserves. La production des usines de lignites a été de 1.300.000 tonnes en 1918, et de 960.000 tonnes en 1920. Depuis quelques années de nombreux essais ont été faits pour traiter ces combustibles par distillation à basse température. Des résultats intéressants ont été obtenus, mais aucune usine importante ne fonctionne encore régulièrement en France.

La carbonisation des lignites fournit du coke, du goudron, des eaux ammoniacales, des gaz. Des goudrons on extrait des huiles et essences; des gaz du benzol.

La quantité de produits liquides recueillis varie beaucoup avec la nature des lignites, les appareils de distillation, la température, etc... On peut admettre que la production moyenne en goudron anhydre est de 70 à 80 kg. par tonne, donnant 9 à 10 kg. d'essence

légère; on peut de plus extraire 2 à 3 kg. de benzol du gaz produit.

En admettant que un million de tonnes de lignites puissent être carbonisées chaque année, on arriverait donc à une production d'environ :

40.000 tonnes d'huile lourde.

12.000 tonnes d'essence légère.

Malheureusement il ne semble pas, dans la plupart des cas, que la vente des produits de distillation puisse être rémunératrice; il faut donc que les usines soient installées dans des régions où l'excès de gaz et le semi-coke puissent être vendus à des prix suffisants. Comme pour la houille, on peut espérer arriver à ce résultat.

DISTILLATION DU BOIS

Le bois produit par les forêts françaises pourrait être exploité d'une manière beaucoup plus intensive.

Les bois et forêts couvrent un cinquième de la superficie totale de la France, soit une dizaine de millions d'hectares. Or, les spécialistes admettent que, suivant les conditions diverses, un hectare de forêt produit, par an, sous nos climats, de 2 à 4 tonnes de bois. En admettant le chiffre moyen de 3 tonnes, dont 1 tonne de bois d'œuvre et 2 tonnes de bois de chauffage, nous arrivons donc au total de 20 millions de tonnes de bois de chauffage disponibles chaque année, soit pour les besoins domestiques, soit pour l'industrie. Encore faut-il ajouter que depuis un demi-siècle la production annuelle du bois de chauffage n'a été que de 12 millions de tonnes environ. La mévente a incité les propriétaires à augmenter la durée de révolution des coupes; on a ainsi accumulé des réserves importantes, qui atteignent peut-être 100 millions de tonnes. On pourrait de plus augmenter la production, si l'on entreprenait le boisement ou le reboisement des terres incultes et des landes.

Pour ces deux raisons, on peut admettre que si l'on trouvait une utilisation rémunératrice, la production du bois de chauffage pourrait être portée à 30 millions de tonnes par an.

Dans une prochaine conférence, M. Auclair vous montrera qu'on est arrivé à remplacer l'essence par le charbon de bois, en installant sur les camions automobiles ou les tracteurs agricoles des gazogènes à charbon de bois. Étant donné l'économie réalisée, aux cours actuels, par la substitution du charbon de bois à l'essence, ce procédé semble appelé à se développer rapidement. Mais la production du charbon de bois peut être réalisée avec récupération des sous-produits, parmi lesquels des carburants. Le développement des ca-

mions à gazogène alimentés au charbon de bois, et corrélativement des usines de distillation des bois, qui trouveront là un débouché pour les résidus solides de la carbonisation, peut donc contribuer doublement à résoudre le problème des carburants.

La carbonisation du bois donne, outre le charbon de bois, des acétates, du méthylène, du goudron de bois.

Le goudron de bois est surtout employé, actuellement, pour le goudronnage des cordages et des toiles, le calfatage des navires, et pour la préparation de divers produits chimiques. Mais on peut aussi en extraire des carburants et c'est ce point qui nous intéresse.

La production du bois en goudron est extrêmement variable avec la nature du bois et les procédés de distillation. La quantité totale de distillat est de 400 à 500 kg. par tonne, dont 40 à 90 kg. de goudron (donnant 10 % d'huile légère) et 5 à 20 kg. d'alcool.

CARBONISATION DE LA TOURBE

Les tourbières françaises contiennent des réserves importantes de combustible. Elles ne sont malheureusement plus exploitées : le séchage de la tourbe, qui contient près de 90 % d'eau au moment de son extraction, ne peut être réalisé par des procédés suffisamment économiques.

Il ne semble pas impossible, cependant, que dans l'avenir il ne soit avantageux d'installer dans certaines régions riches en tourbe, où l'on ne peut pas créer de centrales hydroélectriques faute de cours d'eau, et où la houille doit être amenée de loin, des centrales utilisant la tourbe comme source d'énergie. On peut, par exemple, gazéifier la tourbe dans des gazogènes à récupération de sous-produits, et employer le gaz dans des moteurs, ou encore soumettre la tourbe à une carbonisation préalable et utiliser le gaz et le coke à la production de la force motrice.

La carbonisation de la tourbe peut donner, par tonne, 50 kg. de goudron brut, d'où on peut extraire 15 à 20 kg. d'huile légère. L'emploi de la tourbe dans des gazogènes, avec récupération des sous-produits, donnera également des huiles, mais en quantités moindres.

CONCLUSIONS

Nous arrivons donc aux conclusions suivantes :

La carbonisation à haute température des houilles donne actuellement environ :

62.500 tonnes d'huiles légères;

121.000 tonnes d'huiles lourdes.

Si l'on s'efforce de la développer elle pourra donner dans un avenir prochain :

110.000 tonnes d'huiles légères.

270.000 tonnes d'huiles lourdes.

La carbonisation à basse température de la houille commence à peine à être pratiquée industriellement en France. Organisée sur une grande échelle, et appliquée à la moitié de la houille actuellement consommée crue en France (ce qui ne paraît nullement impossible), elle donnerait :

450.000 tonnes d'essence;

1.300.000 tonnes d'huiles lourdes.

La carbonisation du bois, des lignites et des tourbes, dont la production en carburants est actuellement presque négligeable, peut aussi être développée et donnera des résultats très appréciables.

Si l'on ajoute à cela que les huiles lourdes peuvent être transformées en partie en carburants légers par divers procédés, qui vous seront décrits par ailleurs (hydrogénation, procédé Bergius, procédé Mailhe, Cracking, procédé Makhonine, etc.), on voit que la carbonisation des combustibles peut et doit, si l'on fait les efforts nécessaires pour la développer, donner à la France plus d'un million de tonnes de carburants par an.

Un pareil résultat, qui rendrait la France indépendante des importations de pétrole, vaut qu'on s'occupe sérieusement des moyens de l'atteindre.

L'utilisation des Huiles végétales

Communication de M. LUMET

Directeur du laboratoire de l'Automobile Club de France
Membre du Comité central de Culture mécanique.

L'emploi des huiles végétales dans les moteurs est un problème qui présente un double intérêt.

D'une part, alors que les ressources en combustibles liquides peuvent être, à un moment donné, défaillantes, la recherche d'un combustible de remplacement pourrait être poursuivie sans attendre que l'on se trouvât placé dans une situation critique.

Il est certain que les études poursuivies à l'heure actuelle pour la transformation des huiles végétales en pétrole et en essence nous apportent des apaisements, encore est-il que cette transformation coûtera certainement un certain prix. En l'état actuel, même, l'opération de transformation est onéreuse, mais on peut prévoir que des progrès seront réalisés dans la technique de la transformation et surtout dans les ressources en combustibles végétaux de telle façon que l'opération finale ne vienne pas grever trop lourdement le prix de la force motrice.

D'autre part, une évolution dans la technique du moteur tend vers l'emploi de combustibles toujours plus lourds et c'est ce point qui doit retenir plus particulièrement notre attention.

Cette évolution de la construction des moteurs fait l'objet même de notre étude. Si, en effet, par le fait de la transformation des huiles végétales en essence, on peut envisager que l'on suffira un jour aux besoins des moteurs très légers, il n'en est pas moins vrai que, si l'on peut arriver à l'utilisation directe des huiles végétales dans les moteurs où le facteur poids ne sera pas prépondérant, on réalisera un progrès certain en même temps qu'une économie très appréciable. Pour l'utilisation des huiles végétales, deux types de moteurs nous sont actuellement offerts :

Le premier type est le semi-Diesel;

Le deuxième est le Diesel.

Le moteur à explosion ne peut être envisagé pour l'utilisation directe des huiles végétales, seul le moteur à combustion peut donner et donne des résultats satisfaisants.

Pour brûler une huile d'un pouvoir calorifique moindre que l'essence et d'une très faible volatilité, il faut que, dans le cycle, un apport de chaleur soit fait à l'intérieur même du moteur : L'expérience a démontré ce fait.

Les moteurs semi-Diesel et les moteurs Diesel, du fait de leur haute compression, donnent l'appoint de chaleur nécessaire à cette combustion.

Les moteurs semi Diesel, il y a quelques années, avaient des taux de compression de 5 à 6 avec des compressions effectives de 8 à 10 kg cm², actuellement les compressions effectives varient de 18 à 22 kg cm² correspondant à des taux de compression en volume qui varient de 8 à 12.

C'est évidemment dans cette famille de moteurs que l'on note la tendance la plus accentuée vers une augmentation du taux de compression; et nous trouvons facilement les raisons de cette tendance dans les considérations qui suivent :

Les moteurs à combustion interne semi-Diesel se sont proposés, tout d'abord, d'utiliser le pétrole lampant, puis l'huile solaire ?

Leur ambition a cru et le gazoil est devenu leur combustible; les nécessités de la concurrence en matière commerciale incitent le vendeur à des exagérations et bientôt le moteur semi-Diesel fut proposé pour l'emploi de combustibles tels que le fuel oil, le Diesel Oil.

Les techniciens se sont trouvés placés devant de nouvelles difficultés, car, s'il est vrai que les combustibles dérivés du pétrole coûtent d'autant moins cher qu'ils sont plus lourds, il faut bien reconnaître qu'ils sont aussi d'autant moins faciles à utiliser dans un moteur. Plus ils deviennent lourds, plus ils sont pauvres en hydrogène et riches en carbone et plus il faut apporter de chaleur dans la phase de compression pour assurer leur complète combustion.

L'élévation du prix des combustibles a accentué cette orientation de la construction; il faut actuellement chercher à utiliser les combustibles les plus économiques et pour cela il faut tendre vers la haute compression volumique.

Et c'est ainsi que nous voyons les semi-Diesel se rapprocher comme caractéristiques des Diesel.

La pression effective d'un semi-Diesel *poussé* est de 22 kg/cm², la boule creuse d'ignition est réduite à sa plus simple expression; l'injection d'eau est supprimée.

L'injection du combustible est faite par pompe à pression très élevée. La vitesse croît; le semi-Diesel à 800-1.000 tours par minute existe.

Le champ de ses applications s'étend, le Tartrai-Peugeot, semi-Diesel tourne à 2.000 tours par minute.

Les moteurs Diesel, du moins pour les faibles puissances, tendent à se rapprocher du semi-Diesel; certains constructeurs pratiquent, en effet, ce que l'on nomme le « Solid Injection », c'est-à-

dire l'injection directe du combustible par pompe à haute pression, d'autres conservent le compresseur d'air chargé d'assurer l'introduction du combustible, mais effectuant le transvasement direct du cylindre compresseur dans le cylindre moteur, sans passer par l'intermédiaire de réservoirs sous pression.

C'est ainsi que fonctionne le moteur Hindl. Tous tendent vers l'accroissement de la vitesse angulaire; tous tendent vers l'accroissement de vitesse de la phase de combustion.

Il n'est pas téméraire de dire, que, dans un avenir prochain, et, dans le domaine des moteurs à combustion interne à grande vitesse angulaire, le cycle de combustion à volume constant sera le seul pratiqué; seul le taux de compression volumique variera, suivant le combustible que l'on se proposera d'utiliser.

Ainsi, pour toutes les applications du moteur où l'accroissement de la vitesse angulaire est un facteur intéressant, notamment pour les applications du moteur à la traction, les moteurs à combustion interne fonctionneront suivant le même cycle et ne se différencieront que par le taux de compression volumique. Cette compression volumique sera celle que nécessitera la combustion parfaite du combustible que l'on voudra utiliser; à ce moment les discussions sur la terminologie des moteurs à combustion interne seront closes et le moteur sera *caractérisé par la nature même du combustible qu'il devra employer et pour lequel il aura été établi.*

On abandonnera enfin la voie des adaptations qui, si intéressantes qu'elles soient en l'état actuel de la question, ne nous donnent jamais de solutions complètes.

Le moteur à gazoil cessera d'être un moteur à essence, auquel on adjoindra un gazéificateur fortement réchauffé; le moteur à alcool sera lui-même défini par un taux de compression volumique différent de celui du moteur à essence, et ainsi l'accord se fera entre partisans et détracteurs du carburant national.

Nous ne devons pas oublier que l'huile végétale est aussi un carburant national ou du moins un carburant que la France et ses colonies sont susceptibles de fournir en quantités importantes.

La règle invariable de *l'ajustement du taux de compression volumique au combustible* doit trouver là une application particulièrement heureuse. Les expériences, dont nous allons donner les résultats, le démontrent d'une façon parfaite.

Ces expériences ont, en effet, démontré que les huiles végétales étaient utilisées dans les conditions les plus satisfaisantes dans des moteurs ayant une compression effective comprise entre 20 et 30 kg/cm².

On peut dire qu'un moteur établi pour assurer la combustion par-

faite du gazoil peut brûler dans les meilleures conditions toutes les huiles végétales; on peut même dire que le problème de l'utilisation des huiles végétales ne présente aucune difficulté, si l'on suppose résolu le problème de l'utilisation du gazoil.

J'ai eu l'occasion, au cours d'essais, de faire une remarque particulièrement intéressante et qui est la suivante :

Les gazoils qui nous sont livrés par le commerce sont loin d'être de composition constante et j'ai rencontré au cours d'essais de mise au point de moteurs Diesel, de faible puissance, des difficultés provenant de la composition variable des gazoils. Certains, en effet, loin d'être des cœurs de distillation, possédaient bien le poids spécifique caractéristique du gazoil cœur de distillation, mais renfermaient des têtes trop légères et des queues trop lourdes. Pour faire certains réglages, j'ai dû faire choix d'un combustible type, de composition constante, et c'est l'huile végétale que j'ai pu choisir.

J'ai extrait du rapport du Congrès International des Combustibles liquides, qui s'est tenu à Paris en 1923, les données techniques relatives aux huiles végétales, reproduites ci-dessous :

	Palme	Arachide	Coton	Sésame	Ricin
Poids spécifique à +15° C	0,914	0,926	0,924	0,922	0,960
Viscosité Engler à +50° C	3,47	3,63	3,43	3,37	17,2
Viscosité Engler à 100° C	1,27	1,47	1,29	1,21	2,78
Point d'éclair en degrés C	280	258	243	257	265
Temps de combustion en degrés C.....	325	300	286	299	350
Pouvoir calorifique inférieur en calories	9 380	9 402	9 325	9 356	8 869
Composition centésimale :					
Hydrogène	11,90	12,1	11,7	12,13	»
Carbone.	76,95	76,6	77,25	76,80	»
Oxygène.	10,90	11	10,65	10,50	»
Soufre.	0,009	0,012	0,009	0,010	»,

Il est facile de constater, par ces données, combien les propriétés physiques de ces huiles sont voisines ainsi que leur composition centésimale.

Le rapprochement de ces données techniques et des données correspondantes des pétroles est non moins intéressant.

Un mazout de Pensylvanie, de densité de 0,908, renferme, en effet, 84,9 % de carbone, 18,7 % d'hydrogène et 1 % d'azote.

Si nous rapprochons ces compositions centésimales dans le calcul de la quantité d'oxygène nécessitée par la combustion de 1 kg., soit

d'huile de palme, soit de mazout, nous constatons, dit M. Charles, que la combustion de l'huile de palme nécessite 2 kg. 90 d'oxygène, alors que la combustion du mazout nécessite 2 kg. 70.

Pour assurer la combustion complète d'un dérivé du pétrole, produit non homogène, il faut donc un apport de chaleur au moins égal à celui nécessaire à la combustion d'une huile végétale, produit homogène.

La seule infériorité des huiles végétales par rapport aux dérivés du pétrole est le moindre pouvoir calorifique, encore est-il que cette infériorité ne saurait se traduire que par une difficulté de mise en route un peu plus grande et par une consommation spécifique un peu plus élevée et cela dans le rapport des pouvoirs calorifiques.

Mes constatations personnelles confirment entièrement les indications données par M. Charles, constructeur de moteurs semi-Diesel et Diesel, et, à cet égard, les essais du concours organisé par le Comité Central de Culture mécanique du Ministère de l'Agriculture, et auxquels l'Office des Inventions et le Laboratoire de l'A. C.F. ont collaboré, sont particulièrement intéressants à étudier, et c'est pourquoi nous donnons ci-dessous les résultats de ces essais.

Au cours de ces essais quatre moteurs ont pu démontrer leur aptitude à consommer l'huile végétale.

Ils ont démarré à froid, c'est-à-dire sans réchauffage interne préalable des cylindres, avec une huile végétale. Pour trois d'entre eux, on a dû chauffer la boule régulatrice caractéristique du type de moteur dit semi-Diesel avec une lampe indépendante du moteur; le quatrième, le moteur Hindl, du fait de sa haute compression a démarré à froid à la manivelle sans réchauffage préalable d'un organisme.

Dans ce concours, les constructeurs avaient la faculté d'employer des huiles de schistes, combustible national, c'est ainsi que le moteur S.M.I.M. et le moteur Renault, type 10 chevaux, ont employé l'huile de schiste. Les moteurs Nouvelet-Lacombe, Thomson-Houston et Hindl, ont employé l'huile d'arachide, le moteur Renault, type 40 chevaux a employé l'huile de colza.

Les caractéristiques des moteurs et les résultats des essais sont donnés dans le rapport publié par le Ministère de l'Agriculture. Nous en reproduisons ci-dessous les principaux résultats.

Il n'est pas téméraire de dire que le concours organisé par le Comité Central de Culture Mécanique est susceptible d'orienter la construction vers le progrès. Cette démonstration des nouvelles possibilités qui s'offrent à elle, du fait de l'emploi des huiles végétales, influera, en effet, de la plus heureuse façon sur les progrès de la technique du moteur dans la voie de l'utilisation des hautes compressions.

RÉSULTATS DES ESSAIS EFFECTUÉS AU LABORATOIRE DE L'AUTOMOBILE-CLUB DE FRANCE

Moteur	Nouvelet Lacombe (Gardner)	S. M. I. M.	Hindl	Thomson- Houston	Renault 40 ch.	Renault 40 ch.
Taux de compression volumique.....	40,75	8,20	43,80	44,30	40,10	40,07
Huile employée.....	Arachide	Schiste	Arachide	Arachide	Schiste	Colza
Vitesse en tours par minute.....	242,3	444,9	478,4	454,4	825,8	336,3
Puissance développée à pleine charge en chevaux.....	15,223	15,84	8,01	16,065	8,948	36,21
Consommation spécifique en grammes par cheval-heure.	à pleine charge à demi-charge	0,2733	0,2534	0,3575	0,3678	0,376
		0,361	0,3038	0,4584	0,472	0,4604

Les Camions et Tracteurs agricoles à Gazogènes

Communication de J. AUCLAIR,

Président du Comité de Mécanique à l'Office national des Recherches et Inventions.

L'application des gazogènes à l'alimentation des moteurs de véhicules automobiles a fait au cours de ces deux dernières années des progrès décisifs.

Les visiteurs de l'Exposition de Buc ont pu voir des appareils du plus grand nombre de types aujourd'hui construits; de plus anciens, qui ont subi de nombreux essais de laboratoire, mais dont ont été déduites d'utiles directives pour l'étude des appareils nouveaux; de tout récents qui ont à leur actif de remarquables performances sur route. Trente camions à gazogènes Berliet ont pu, en effet, se rendre de Lyon aux manœuvres de l'Est et participer aux opérations, sans qu'aucun d'entre eux ait eu un jour de défaillance.

Cette question des véhicules à gazogènes n'a donc pas l'actualité de plusieurs de celles qui sont à l'ordre du jour du Congrès, elle est un peu vieille, mais le Comité de Culture Mécanique a pris une part importante à l'effort fait pour développer l'emploi de ces appareils et cela justifie qu'elle soit encore traitée ici.

Depuis plus de vingt ans on s'est rendu compte de ce que le moteur d'automobile s'accommodait parfaitement du fonctionnement au gaz pauvre et de temps à autre on a pu voir, dans une exposition, ou à l'état d'appareil d'expérience isolé, un groupe moteur d'automobiles-gazogènes.

Toutefois l'alimentation à l'essence avait une telle supériorité, au point de vue de la commodité d'emploi, que des tentatives sérieuses et étendues ont été faites seulement lorsque la menace d'un manque ou d'un renchérissement excessif de l'essence est intervenue.

Tel a été le cas pendant la guerre de 1914 à 1918, aussi voyons-nous l'Automobile-Club du Maroc organiser, pendant le Concours agricole de Casablanca, un concours de carburants propres à remplacer l'essence, qui se transforme en un concours de véhicules à gazogènes, le gaz pauvre étant le carburant auquel ont songé le plus grand nombre des inventeurs.

Cette manifestation n'a pas obtenu toute l'attention qu'elle méritait et ce n'est qu'en 1922 que l'Automobile-Club de France et l'Office des Recherches et Inventions ont organisé un nouveau concours de camions à gazogènes. En 1923 un second concours a eu lieu et parallèlement le Comité de Culture Mécanique a procédé à Essonnes à des essais de tracteurs agricoles à gazogènes.

Ces expériences se sont poursuivies en 1924 par des essais pratiques de culture à l'aide de tracteurs à gazogènes et par l'expérience faite par le Département de la Guerre aux manœuvres de l'Est.

Nous pouvons dans une certaine mesure caractériser l'intensité de l'effort, pour le développement des gazogènes transportables, par le nombre d'appareils soumis à des essais contrôlés par l'Automobile-Club, l'Office des Recherches et Inventions, le Comité de Culture Mécanique et le Département de la Guerre.

Progression des essais officiels de véhicules à gazogènes :

Années	Nombre de véhicules, camions et tracteurs
1918	5
1922	6
1923	13
1924	33

Ces chiffres ne donnent encore qu'une idée incomplète de l'activité de la recherche, car plusieurs appareils sont encore en instance de subir les essais au banc auxquels procèdent l'Office des Recherches et Inventions et l'Automobile Club de France.

Les essais ne créent pas les appareils, mais ils permettent du moins de délimiter d'une manière précise les problèmes à résoudre.

On faisait trois objections principales à l'emploi des gazogènes à l'alimentation des moteurs de véhicules automobiles : la difficulté de la mise en route et des reprises ; la perte de puissance du moteur ; son usure rapide due aux impuretés entraînées par le gaz et qui s'incorporent à l'huile de graissage.

L'allumage des gazogènes ne demande guère qu'un quart d'heure. Ces appareils peuvent demeurer une nuit et même quarante-huit heures en veilleuse et il suffit de quelques minutes pour piquer et ranimer le feu.

Les reprises sont peut-être un peu plus molles que celles que

l'on obtient avec l'essence, mais si la manœuvre d'un camion à gazogène est un peu difficile dans les voies encombrées de Paris, où des arrêts et des démarrages brusques sont imposés à tout instant, elle reste assez souple pour que le véhicule puisse tenir sans difficulté son rang dans des convois militaires, et à plus forte raison circuler individuellement sur route.

La réduction de la puissance du moteur est une objection grave. Il en résulte une diminution de la vitesse et, par suite, de la capacité de transport du camion. Comme la part des dépenses fixes, indépendantes du travail effectué dans les frais d'exploitation du véhicule est importante, ceux-ci, malgré une forte réduction de la dépense de combustible, peuvent être finalement plus élevés avec un camion lent. L'action de cette réduction de puissance est plus nuisible encore dans le cas du tracteur agricole, puisqu'elle s'impute entièrement au travail de remorquage utile fait par le tracteur.

Les propriétés du gaz pauvre donnent toutefois le moyen de remédier en partie à cette infériorité. Il tolère des compressions plus élevées que l'essence et l'on sait que l'augmentation de la compression a pour conséquence un accroissement du rendement dans la transformation en travail de la chaleur dégagée dans le cylindre. Cette dernière est un peu moindre dans le cas du gaz pauvre (600 calories par mètre cube de cylindre, contre 800 avec l'essence); l'efficacité du remède ne peut donc pas être entière et l'on doit accepter une réduction de puissance de 15 % environ.

Les chiffres suivants, dans lesquels on a rapproché le taux de compression volumique, l'utilisation de la cylindrée caractérisée par la pression moyenne effective et la consommation à la tonne kilomètre justifient cette induction. Ils sont extraits des résultats du concours de 1923.

Taux de compression, pression moyenne effective et consommation spécifique

Taux de compression	Pression moyenne effective en Kg. par cm ²	Consommation spécifique en gr.
4,20	2,40	850
4,98	3,78	605
5,83	3,81	598
6,25	4,33	533
7,21	3,86	545
7,21	4,50	428

L'utilisation de la cylindrée devient presque équivalente à celle que l'on obtient avec l'essence. Aussi au cours des essais pratiques de culture faits en 1924, à Reuilly et Poudy à l'aide d'un tracteur « Titan » muni d'un gazogène de la « Société de Vierzon », tracteur dont le moteur avait des cylindres légèrement alésés, a-t-on obtenu un travail en tous points équivalent à celui d'un appareil similaire qui aurait fonctionné à l'essence.

L'usure prématurée du moteur est l'objection qui a le plus arrêté les utilisateurs de camions et les systèmes d'épuration du gaz sont variés et ingénieux. La difficulté est ici plus grande que dans le cas des gazogènes fixes, parce que l'on ne peut disposer que d'une quantité d'eau limitée et qu'il est par suite impossible de laver et de refroidir le gaz dans des appareils du type des « scrublers » des installations fixes. Aussi voyons-nous dans les gazogènes de camions se développer des récupérateurs de chaleur échauffant l'air admis au gazogène à l'aide de la chaleur du gaz et apparaître de nombreux et nouveaux systèmes d'épuration.

Ceux-ci peuvent être classés en trois catégories :

1° Epuration thermique par combustion renversée ou intensifiée, combinée avec la décantation des poussières et goudrons et une filtration à sec ou sur des corps inertes légèrement humidifiés.

2° Lavage du gaz, avec filtration plus développée. Pour le lavage et la filtration, on emploie l'eau ou l'huile. Le lavage du gaz est effectué par barbotage dans des appareils spéciaux, qui ne nécessitent qu'une quantité limitée de liquide.

3° Enfin, dans quelques systèmes, le lavage du gaz s'opère dans des appareils tournants réalisant en même temps le turbinage du gaz et d'une petite quantité d'eau.

L'efficacité de ces systèmes d'épuration croît avec le développement des opérations et par suite des appareils. On peut la caractériser par la teneur en poussières et goudrons du gaz.

*Systèmes d'épuration, et teneur en poussières
et goudrons*

Numéro de la catégorie	Teneur moyenne en poussières et goudrons en gr. par m ³ de gaz
1	0,150 à 0,160
2	0,110 à 0,120
3	0,060 à 0,070

Dans les plus développés de ces systèmes, l'épuration est comparable à celle que l'on réalise dans des installations fixes. Mais les teneurs les plus élevées que l'on constate sont loin d'être prohibitives. Un moteur, contrôlé à l'aide de mesures précises des alésages, n'a révélé aucune usure, après un parcours de 14.000 kilomètres, bien que le système d'épuration du gaz fût de la première catégorie.

La récupération de la chaleur du gaz pour l'échauffement de l'air admis au gazogène permet une insufflation de vapeur plus abondante et a une action marquée sur la composition du gaz. Si l'on compare celle-ci, dans le cas des appareils avec et sans dispositifs de récupération développés, on trouve les compositions moyennes suivantes :

Composition du gaz et récupération de la chaleur du gaz avec insufflation de vapeur

	Teneur en % en				Pouvoir calorifique en calories par M ³
	CO ²	CO	O	H ²	
Récupération limitée sans insufflation de vapeur.	4	25	»	5	1.050 à 1.200
	à 5	à 26		à 10	
Récupération développée avec insufflation de vapeur.	1	30	0,5	10	1.200 à 1.250
		à 32		à 12	

L'insufflation de vapeur donne un gaz plus riche, mais on peut se demander si le réglage délicat de la quantité d'eau admise n'est pas un prix trop élevé de l'avantage obtenu.

Les gazogènes transportables fonctionnent donc sans donner lieu aux incidents ou inconvénients que l'on aurait pu craindre au début. Comme qualité de gaz, ils sont comparables aux gazogènes fixes. Bien que peut-être moins économiques que ces derniers, en raison de leur faible volume et d'une réfrigération incomplète, ils ont cependant une consommation de combustible assez réduite : 1 kilogramme de charbon de bois coûtant, aux cours élevés d'aujourd'hui (450 francs la tonne), 0 fr. 45, remplace un litre d'essence d'une valeur de 0 fr. 80. On peut donc recommander l'emploi de ces gazogènes.

D'un point de vue pratique, leur installation sur les camions et tracteurs est facile. Le plus grand nombre des modèles aujourd'hui comporte deux groupes d'appareils dont l'un comprend le gazogène et éventuellement le récupérateur et le second les appareils d'épuration. Ils se placent de part et d'autre du siège du conducteur, reliés par une tuyauterie formant réfrigérant pour le gaz et qui passe sous le châssis ou la ceinture à l'arrière. L'ensemble de ces appareils ne diminue pas en général l'accessibilité du siège du conducteur, ne sort pas du gabarit et crée une surcharge faible, 300 à 500 kg., ce dernier chiffre correspondant aux appareils les plus développés. Toutes conditions pleinement acceptables.

Les Combustibles Colloïdaux

Communication de M. F. GRAMME

Ingénieur de l'Institut Polytechnique de Liège, chef du laboratoire des Usines
Babcock et Wilcox.

PREMIERE PARTIE

LA MATIÈRE COLLOÏDALE

La matière colloïdale, très répandue dans la nature, constitue la presque totalité des règnes végétaux, animaux et minéraux. Les échanges de cellules à cellules assurant le fonctionnement de la vie et s'opérant par osmose, seules les matières colloïdales permettent d'obtenir les cloisons semi-perméables qui en assurent la réalisation. Quelle que soit l'origine de la matière colloïdale, elle se présente toujours sous la même face : matière cornée plus ou moins translucide, ou matière gélatineuse.

La matière colloïdale était connue depuis plusieurs siècles, mais ce ne fut qu'après les travaux de Graham, en 1861, que l'on établit une différence entre les matières cristallisées et les colloïdes, cette séparation étant basée sur la vitesse de diffusion dans l'eau à travers un dialyseur. Il proposa donc de classer les corps cristallisés en cristalloïdes, les corps présentant les aspects de la gélatine en colloïdes et il définit les deux états de la matière en montrant que les colloïdes chimiquement inertes dans le sens ordinaire du mot, possèdent une activité compensatrice provenant de leurs propriétés physiques. La souplesse des colloïdes gélatineux les rend capables de devenir un milieu de diffusion de liquides. Du fait de leur pénétrabilité, ils ont une grande sensibilité aux agents extérieurs. La mutation des colloïdes en constitue un des caractères principaux et leur existence est une continuelle métastase. La structure moléculaire des cristalloïdes et des colloïdes est nettement différente, chaque propriété physique et chimique est modifiée dans chacune des classes, elles apparaissent comme des états différents de la matière et réclament une division correspondante dans leur étude chimique. Le poids moléculaire des colloïdes étant toujours élevé, on pourrait supposer que la molécule colloïdale n'est qu'un groupement de molécules cristalloïdes, cette complexité moléculaire assurant peut-être le principe de la colloïdité.

Les colloïdes, en vertu de leurs propriétés physiques, dissolvent les liquides, s'en gonflent pour former des gelées, ces propriétés étant principalement retenues dans leurs applications industrielles.

La dissolution du colloïde étant de beaucoup plus longue que la dissolution du cristalloïde dans un liquide, il y a lieu d'envisager dans certaines applications l'addition d'un dissolvant intermédiaire qui dissout le solide, cette solution étant elle-même dissoute par le colloïde, en tenant compte toutefois de leurs affinités réciproques. D'autre part, il peut y avoir dissolution ou simple mélange : la limite de solubilité est variable pour chaque corps avec la température.

Coagulation, pectisation, peptonisation

Toute matière de consistance gélatineuse susceptible de gonfler en présence de liquides et d'entrer en suspension dans ces liquides, se pectise, lorsque sous l'influence de certains agents, cette matière se durcit et perd la propriété de donner des suspensions. Un corps passe donc ainsi de l'état sirupeux à l'état pecteux, lorsqu'au lieu de former un tout homogène, il se sépare en une matière semi-solide et un liquide. La pectisation est donc une transformation de la matière, qui lui fait perdre la propriété de se liquéfier au contact de certains liquides et de se mêler avec eux pour former des suspensions. La pectisation n'étant pas réversible cette propriété permet de la différencier de la coagulation, qui elle est réversible, en ce sens que par l'action de certains agents l'on peut précipiter du liquide sirupeux la matière gélatineuse à l'état de coagulum, lequel est capable de réformer le liquide sirupeux, si on le place dans les conditions d'origine.

La peptonisation, expression généralisée du phénomène portant ce nom en chimie, est l'inverse de la pectisation; on peut l'assimiler à une solubilisation, comme dans le cas d'un cristalloïde dans un solvant.

A titre d'exemple : la gélatine est peptonisée par l'eau à une certaine température, elle est coagulée par l'alcool ajouté à la suspension. Si au lieu d'alcool on ajoute de la formaldéhyde, la gélatine est pectisée, c'est-à-dire qu'elle se trouve dans une forme telle que le traitement par l'eau ne permet plus la peptonisation.

Peptonisation et coagulation désignent superficiellement l'équivalent de la dissolution d'un cristalloïde et de sa précipitation par modification du milieu.

En dehors de leur aspect, très différent de celui des substances cristallines, les colloïdes se caractérisent par la haute polymérisa-

tion de leurs molécules. Selon toutes probabilités, cette polymérisation expliquerait leur inactivité chimique et leur insolubilité dans les dissolvants des cristalloïdes. Par contre, au point de vue de leur utilisation industrielle, il semble que les propriétés qu'ils possèdent de dissoudre les liquides et de former des gelées en les transformant en fausses solutions ou suspensions colloïdales, sont les principales à envisager pour le cas qui nous occupe; de même nous aurons à utiliser leur faculté de pectisation. La grande viscosité des gelées produites ralentit les modifications de la matière, ce qui fait que l'on se trouve rarement en présence d'une masse colloïdale solide ou demi-solide qui soit en état d'équilibre définitif, des modifications pouvant se produire pendant des semaines, des années même.

Nous avons considéré comme la plus importante la propriété des colloïdes de former avec certains liquides, et particulièrement l'eau, des solutions colloïdales, ou mieux encore, des suspensions colloïdales. D'apparence homogène, les suspensions sont formées de particules ténues flottant dans le liquide; suivant les auteurs, ces particules ont été dénommées « granules » ou « micelles ». Ces granules sont parfois visibles au microscope, quoique dans la généralité des cas, on doit recourir à l'ultramicroscope. Dans les deux cas, on constate que les granules sont animées de mouvements désordonnés, appelés « mouvement brownien », provenant du choc des molécules du liquide suspenseur. Dans le cas de particules relativement grosses, le mouvement brownien est faible ou même nul; d'autre part, si les particules sont relativement petites, les mouvements sont une des principales causes qui maintiennent l'écartement des granules et empêchent leur groupement et leur chute au fond du vase. L'agitation brownienne n'étant pas la seule cause de stabilité des suspensions, il y a lieu d'admettre que ces mouvements browniens ne dépendent pas seulement des conditions cinétiques du milieu, mais aussi des liens chimiques qui peuvent exister entre le milieu et les granules en suspension.

Les colloïdes se groupent, suivant qu'ils sont susceptibles de former des gelées par gonflement et nommés colloïdes hydrophiles ou lyophiles, et susceptibles de donner des suspensions connues sous le nom d'embroïdes, desquelles nous aurons à nous occuper plus spécialement : colloïdes hydrophobes ou lyophobes donnant des suspensions moins stables sous l'action des sels et dénommés « suspensoides ».

Envisagé au point de vue chimique ou physique, les suspensions se groupent suivant les systèmes de classification nettement diffé-

rents. Au point de vue purement chimique, la suspension est considérée comme un équilibre chimique entre les granules et le milieu qui les porte, cet équilibre étant défini par l'état de polymérisation, d'hydratation, de combinaison, de gonflement, d'hydrolyse et de dissociation de la matière colloïdale en présence du milieu. La pratique permet de conclure que les fonctions chimiques constituent l'élément de premier ordre dans la détermination de l'effet produit par un réactif, comme agent de coagulation ou de polymérisation.

Au point de vue physique, l'électrisation des granules, à leur surface de contact avec le liquide qui les porte, en constitue le fait dominant.

Le mode de préparation des suspensions permet d'en créer également une division :

1° Il existe des colloïdes qui se mettent spontanément en suspension sous des conditions de température et de pression appropriées; ces suspensions sont stables tant que la pression, la température et le milieu restent invariables.

2° Certains colloïdes ne peuvent entrer en suspension, le milieu convenable étant choisi, que si l'on provoque par un agent extérieur leur désagrégation et leur granulation à un état de finesse tel que, dans ce nouvel état, les phénomènes produits au contact du granule et du liquide soient d'un ordre de grandeur assez élevé. Ces actions extérieures pouvant être soit mécaniques, comme le broyage, soit thermiques, soit chimiques ou électro-chimiques.

Les dimensions des granules sont déterminées par microscopie ou ultra-microscopie; nous ne pouvons aborder ce sujet sans sortir du cadre de cette étude; de même, nous n'envisageons pas l'étude de la coloration des granules, ni l'étude des différentes propriétés de viscosité, diffusion, etc...

Synérèse. — Sous le nom de « Synérèse », Graham a classé le phénomène de réduction de volume du coagulateur au sein du liquide qui lui a donné naissance, cette réduction de volume étant définie par la séparation de l'ossature du coaguleur et d'une suspension de faible concentration qui remplissait les intervalles de cette ossature. Cette synérèse s'observe particulièrement sur le sel formé par les solutions de silice hydratée et nous avons constaté le même phénomène avec la kaolinite. Ce phénomène se produit d'ailleurs avec une extrême lenteur; on peut l'expliquer par la faible mobilité des molécules dans un milieu de grande viscosité; ceci tend à expliquer la notion d'âge dans les réactions et propriétés des colloïdes, et il y a lieu de remarquer que le temps intervient égale-

ment dans la polymérisation, qui est le phénomène inverse de la synérèse.

Paul Bary, dans son remarquable ouvrage sur les colloïdes, dans lequel nous avons puisé largement, signale que certains auteurs donnent des définitions différentes de la colloïdité, et que lui-même a repris la définition de Graham. La colloïdité, suivant Graham, est une qualité propre à l'état dans lequel se trouve la substance elle-même; elle représente une propriété de cette substance et ne doit pas être attribuée aux effets variables qu'elle peut produire, suivant les conditions de son emploi.

Colloïdes organiques. — Les colloïdes organiques possèdent à un degré considérable la propriété d'absorber les autres corps, et principalement les liquides; suivant M. Perrin, ce sont par excellence des colloïdes hydrophiles. Nous aurons, dans la suite de cette étude à parler de quelques-uns de ces colloïdes et nous nous sommes efforcé d'utiliser leurs propriétés à la préparation de combustibles végétaux à l'état colloïdal. Parmi les colloïdes organiques types, nous citerons la gélatine, le caoutchouc, l'agar-agar, mais il ne semble pas, pour des raisons diverses, et spécialement leur prix de revient, qu'on puisse les utiliser industriellement à la préparation de combustibles colloïdaux.

Les colloïdes, même à l'état de gelée compacte solide, gardent une fluidité appréciable, qui constitue la plasticité, de même qu'à l'état liquide leur rigidité n'est pas négligeable, et nous pensons que ces deux propriétés sont les plus importantes au point de vue de leur utilisation, dans laquelle on peut avoir recours à la faculté de produire une gelée par l'action de la température, de la pression, du broyage, etc. Dans le cas de suspension spontanée, il faut un temps relativement long, soit plusieurs jours, pour obtenir une homogénéité du liquide. En admettant que l'on n'aperçoive plus de particules en suspension, l'ultra-microscopie, comme l'a observé Dihmar, permet de constater que le morcellement des granules se continue. Au reste, la viscosité des suspensions varie avec le temps écoulé entre la préparation de la suspension et la mesure de la viscosité. La stabilité des solutions colloïdales n'est parfaite que pour une température spéciale à chaque colloïde, et en raison de son milieu de dispersion.

Nous aurons à nous occuper du mélange de deux liquides donnant une solution colloïdale pour obtenir par coagulation une émulsion susceptible de tenir en suspension des corps pouvant donner des pouvoirs calorifiques variés.

DEUXIEME PARTIE

PRÉPARATION DES COMBUSTIBLES COLLOÏDAUX

Les combustibles colloïdaux. — Pour utiliser les pétroles non raffinables, il a été préconisé de leur ajouter une quantité quelconque de combustibles solides, charbon, lignite, etc. Le problème se réduisait à amener le pétrole non raffiné à un état colloïdal tel qu'il puisse tenir en suspension une quantité variable de charbon, ou autres combustibles.

Dans cet ordre d'idées, il a été préconisé l'emploi du savon comme colloïde d'apport. En dehors de son prix de revient élevé, il apporte dans le combustible des sels de soude et de potasse qui ont des points de fusibilité peu élevés, qui sont de nature à provoquer ou à faciliter des corrosions dans les foyers.

Dans le cas présent, il semblerait que la résine fut plutôt recommandable, en ce sens que sa teneur en cendres est très faible et que son pouvoir colloïdal est plus élevé; de même son pouvoir calorifique, qui peut atteindre environ 8.900 calories.

Par l'addition de 6 % de résine dans les mazouts, on peut tenir en suspension 35 à 40 % de leur poids de charbon, suivant la composition de celui-ci, et surtout, suivant sa teneur en cendres.

Pour ces préparations, on a employé des charbons passant au tamis de 100 mailles au pouce linéaire.

Les avantages de ce combustible colloïdal doivent retenir l'attention; l'utilisation des huiles végétales, même de qualité inférieure, pourrait fournir un combustible de remplacement du mazout.

Le savon ajouté ne semble agir qu'en raison de l'oléine qu'il contient à l'état d'oléates; il semblerait donc que l'emploi de l'oléine fut plus rationnel.

Divers essais effectués avec l'oléine de suint (qualité commerciale), d'un prix de revient relativement peu élevé, donnent des résultats largement supérieurs à ceux qui sont obtenus avec les émulsions de savon.

Le procédé Trent. — Ce procédé utilise le pouvoir colloïdal d'une huile assez spéciale, qui permet la séparation des matières minérales (cendres) du charbon. Son application serait possible avec certaines huiles végétales amenées à un degré de colloïdité suffisant, et libérerait ainsi de l'emploi d'huiles minérales que la France ne produit pas.

L'utilisation des huiles végétales comme carburants et combustibles. — La diversité des produits oléagineux et des produits qui

en sont extraits nous a obligé à en considérer quelques-uns comme types, et nous avons, dans notre étude, envisagé les huiles d'origine indigènes, telles que le colza, l'œillette, etc.

Des huiles d'origine coloniale, telles que les huiles de palme et d'arachide.

L'extraction des huiles de produits végétaux laissant des tourteaux qui possèdent des qualités propres, nous nous sommes proposé d'utiliser des tourteaux impropres à l'alimentation du cheptel national; en raison du peu de valeur commerciale de certains d'entre eux, considérés comme engrais, notamment les tourteaux de ricin, moutarde, etc., nous avons tenté de les utiliser à raison de leur pouvoir calorifique, qui est d'environ 4.600 à 4.700 calories.

Il est entendu que nous négligeons ici le retour à la terre des matières humiques qui peuvent en provenir; toutefois les matières salines y contenues pourraient revenir à la terre sous forme d'engrais.

Parmi les produits du règne végétal dont l'utilisation industrielle laisse une quantité énorme de calories inutilisées, nous avons envisagé la tannée.

Telle qu'elle est rejetée des fosses de tannerie, elle constitue un combustible difficile à utiliser du fait de sa forte teneur en humidité; la moyenne de diverses analyses de tannée nous a donné :

$H^2O=60\%$ Cendres= $6,30\%$ M.v.= $70,9\%$ P.C.= 4.494 cal.

Ces trois derniers chiffres s'entendent pour le produit desséché à $100-105^\circ$.

En raison du pouvoir calorifique relativement élevé et de la faible teneur en cendres, il semble que l'adjonction à la tannée d'un produit végétal faciliterait l'utilisation de ce déchet qui pourrait devenir un combustible intéressant.

Le tannin étant considéré comme un corps colloïdal type, nous avons cherché à utiliser cette propriété en émulsionnant la tannée épuisée des tanneries avec des huiles végétales (colza, œillette), par simple agitation à la température ambiante avec de l'huile végétale et de l'eau: l'huile se charge d'une matière légère, jaunâtre, donnant les caractéristiques physiques du tannin. L'huile ainsi émulsionnée est susceptible de tenir en suspension des proportions diverses de combustibles solides; c'est ainsi que nous sommes arrivés à tenir en suspension par litre d'huile émulsionnée :

80 gr. de charbon de bois (cendres $5,40\%$, matières volatiles $9,60\%$, P.C. 7046 cal.).

70 gr. de charbon (cendres $9,8\%$, matières volatiles $15,3\%$, P.C. 7.782 cal.).

60 gr. de tourbe non pulvérisée (cendres 1,60 %, matières volatiles 7,1 %, P.C. 3217 cal.).

40 gr. de paille de lin.

50 gr. d'anthracite (cendres 1,60 %, matières volatiles 5,60 %, P. C. 8,346 cal.).

Du fait de cette préparation, nous n'avons extrait de la tannée que le tannin; il nous reste donc à utiliser intégralement la tannée. En émulsionnant dans de l'huile végétale environ 70 gr. par litre d'huile de palme, l'émulsion produite est susceptible de tenir en suspension un pourcentage assez élevé de tannée.

C'est ainsi que nous avons produit une suspension tenant par litre environ 100 gr. de tannée moulue préalablement desséchée.

La résine. — En raison de sa faible teneur en matière minérale et de son pouvoir calorifique élevé, il semblerait que la résine convînt à la préparation des huiles colloïdales qui doivent servir elles-mêmes à l'élaboration de combustibles ou carburants liquides. A première vue l'emploi de la résine semble prohibé à raison de son prix de revient élevé; pourtant les quantités, relativement faibles à ajouter aux huiles végétales, pour les rendre aptes à tenir en suspension divers corps combustibles, sembleraient en justifier l'emploi.

En émulsionnant 65 gr. de résine pulvérisée dans un litre d'huile de colza nous avons établi des suspensions contenant par kilogramme :

200 gr. de charbon de bois.

60 gr. de tourbe,

100 gr. de charbon (cendres 4,3 %, matières volatiles 9,07 %, P. C. 8.324 cal.).

100 gr. de lignite (cendres 11,20 %, matières volatiles 46,80 %, P.C. 6,185 cal.).

120 gr. d'anthracite.

Ces quantités peuvent être modifiées suivant les besoins. Nous n'avons pas cherché à atteindre le maximum que l'huile résinée peut supporter, mais nous avons envisagé de maintenir les mélanges à un état de fluidité tel qu'ils pussent couler dans des tuyauteries. La viscosité de ces mélanges n'a pas été établie à raison de la grosseur des grains de combustibles incorporés aux huiles; ces combustibles n'ont été tamisés qu'au tamis de 100 mailles, considéré comme indice de pulvérisation industrielle.

Les huiles d'arachide et de palme. — L'huile de palme ayant une très grande viscosité n'est pas utilisable seule pour la prépa-

ration des suspensions colloïdales; par suite de sa viscosité et de sa miscibilité dans les autres huiles végétales, nous avons considéré l'huile de palme comme constituant elle-même un colloïde. C'est ainsi que nous sommes venu à préparer des émulsions d'huile d'arachide et d'huile de palmé.

En émulsionnant à chaud 75 gr. d'huile de palme par litre d'arachide, nous avons préparé des suspensions tenant par litre 110 gr. de charbon de bois, 100 gr. de charbon venu de l'Indo-Chine et donnant à l'analyse : cendres 16,30 %, matières volatiles 7,60 %, P.C. 6.732 cal.; 100 gr. de tourbe, 125 gr. de coques d'arachides (cendres 1,98 %, matières volatiles 74,80 %, P.C. 5.850 cal.).

Cette émulsion « arachide-palme » est également susceptible de tenir en suspension par litre 100 gr. de tannée moulue ayant servi à la préparation du colloïde « œillette-tannée ».

Les teneurs, indiquées ci-dessus, des corps solides sont susceptibles de modifications.

Nous avons employé également des produits passant au tamis de 100 mailles, mais une pulvérisation poussée plus loin permettrait d'augmenter les corps en suspension sans nuire à la fluidité du mélange.

L'emploi de l'oléine de suint en mélange avec des huiles d'origine végétale, animale ou minérale pour la préparation de suspensions colloïdales. — L'oléine de suint par simple agitation est miscible dans certaines huiles, même à la température ambiante; toutefois, les mélanges établis après chauffage à une température de 70 à 80° paraissent plus stables. Les proportions d'oléine à ajouter sont variables avec la viscosité des huiles avec lesquelles elles doivent entrer en mélange et aussi avec les teneurs de combustibles solides que le mélange (huile et oléine) doit tenir en suspension. Le mélange obtenu de la sorte peut être considéré comme stable; à titre d'exemple, nous citerons un mélange de mazout à 12 % en poids d'oléine de suint tenant en suspension 35 à 40 % de son poids de charbon. Des combustibles colloïdaux ainsi préparés sont en suspension depuis plusieurs années. Nous référant à cette stabilité, nous avons préparé des mélanges à base d'huile végétale.

1° Si l'on émulsionne l'huile de colza du commerce avec 10 % en poids d'oléine, on peut obtenir des solutions colloïdales stables avec des quantités variables de tourbe pulvérisée. 200 gr. de tourbe restent en suspension dans 1 litre du mélange; la quantité de tourbe est variable avec sa composition et surtout sa teneur en matières minérales.

2° Le mélange de 20 gr. d'oléine avec 100 gr. d'huile d'œillette

permet la suspension de tannée mouluë en quantités variables avec la finesse de mouture.

3° Le mélange à la température ambiante d'huile d'arachide avec 15 % d'oléine permet la mise en suspension de coques d'arachides moulues.

4° En utilisant le mélange d'huile de poisson-oléine, nous avons établi une solution colloïdale tenant en suspension 15 à 20 % de son poids de charbon de l'Indo-Chine, donnant à l'analyse : Cendres 16-3, M.V. 7,60, P.C. 6732.

5° Les huiles d'œillette et de colza mélangées de proportions variables d'oléine permettent de tenir les lignites en suspension. Pour ces mélanges nous avons utilisé des lignites donnant à l'analyse : Cendres 11,20, M.V. 46,80, P.C. 6175. Les feneurs de lignites ajoutées sont variables avec les additions d'oléine; certaines proportions permettraient, pensons-nous, de séparer des lignites les parties les plus cendreuses; on pourrait, de la sorte, procéder à une épuration permettant de soumettre à la distillation les parties les plus riches en matières organiques, les parties les plus cendreuses recevant une autre affectation.

L'emploi des huiles animales à la préparation des combustibles colloïdaux. — La production relativement importante d'huile d'origine animale venant comme sous-produit de fabrications di-

Analyse des matières ayant servi à la préparation des solutions

Sur produit séché à 100-105	Cendres	Mat volatiles	P. C.
Tannée.....	6.30	70.90	4494
Coques d'arachides.....	1.98	74.80	5858
Lignite.....	11.20	46.80	6185
Anthracite.....	1.60	5.60	8346
Charbon de bois.....	5.40	9.60	7046
Tourbe.....	1.60	71.00	3217
Résine.....			8930
Aniche.....	9.8	15.3	7782
Nœux.....	4.3	9.7	8324
Charbon d'Indo-Chine.....	16.3	7.60	6732
Tourteaux de ricin.....	4.50	63.5	4704
— colza.....	6.30	70.10	4653
Semi-coke de lignite.....	40.40	10.20	4659

verses ou comme utilisation d'animaux impropres à l'alimentation pourrait constituer un apport dans la préparation des combustibles

colloïdaux. Ces huiles ont une assez grande viscosité et il semblerait qu'un appoint relativement faible d'un colloïde quelconque permet d'en faire des solutions aptes à tenir en suspension des combustibles solides.

L'huile de poisson traitée comme les huiles végétales émulsionne le tannin restant dans la tannée épuisée, de même la résine s'y dissout. L'huile de palme est miscible dans l'huile de poisson, de même que l'oléine de suint.

L'huile de poisson ainsi traitée permet la préparation de suspensions colloïdales avec des combustibles variés.

Température	Viscosité	...
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

Les Carburants Paysans

Communication faite par M. LE MONNIER,

Ingénieur agricole, Secrétaire général de la Société d'Études du Carburant National

« Fors le fer et le sel, le paysan doit produire tout ce qu'il consomme. »

Cet axiome médiéval servit de base à l'Economie Rurale jusqu'au milieu du dix-neuvième siècle. Il permet d'expliquer comment, pendant de longs siècles, sans capitaux et sans crédit, les paysans de France arrivaient à nourrir la Nation.

Tout ce qui était consommé aux champs sortait du terroir. Les femmes filaient le chanvre et le lin, la laine des brebis était tissée au village, la charrue et la herse poussaient dans la forêt voisine; de la toiture au seuil, les chaumières étaient faites de bois et de terre battue, et leur toiture elle-même — de la dépouille des moissons.

A l'exception des socs façonnés par le charron du village, la terre fournissait tout ce qui était nécessaire à l'homme des champs.

N'ayant rien acheté, attaché à son champ, le paysan livrait à bon compte le produit de son labeur, qu'il donnait sans compter, et voilà pourquoi la vie des urbains était si facile dans le « bon vieux temps », dans ce bon vieux temps, que nos grands'mères de la ville regrettent encore.

Maïs ce merveilleux équilibre économique, basé sur l'inutilité des capitaux ruraux, n'existe plus.

Le temps est loin, où les villes formaient de toutes petites taches privilégiées sur la carte de France, où la masse paysanne toujours plus nombreuse connaissait à peine les cités.

La facilité des moyens de communication, le service militaire obligatoire ont donné aux hommes des champs le goût des plaisirs faciles et de la vie moins rude. Par son travail régulier, par ses hauts salaires, l'industrie les attire et la terre agonise de l'exode de ses fils.

L'Agriculture ne peut plus produire à bon compte; finie son indépendance d'antan : devenue vassale de l'Industrie, il lui faut, maintenant, payer la dîme des machines, qui remplacent désormais les bras absents. Elle est contrainte, pour assurer une juste rémunération aux capitaux qu'elle engage, d'intensifier sa production, d'employer des engrais coûteux, en un mot elle se suffit de moins en moins à elle-même.

Cette nécessité d'engager, dans la culture des terres, des capi-

taux dont l'importance augmente chaque jour, n'est-elle pas la véritable cause de la « Vie chère » ?

L'augmentation des rendements, résultat de méthodes de plus en plus perfectionnées, est loin de compenser les charges nouvelles qui écrasent les cultivateurs. Les risques restent les mêmes, le blé pousse toujours avec la même lenteur et l'inconstance des saisons ruine aussi bien les efforts de l'ingénieur de nos jours que ceux du manant d'autrefois.

Les cultivateurs essaient de se libérer de cette emprise du capital mobilier. « Produire tout soi-même » est de nouveau la devise du paysan français. La création de prairies toujours plus nombreuses en est la preuve évidente. Le bœuf ne traîne plus la charre toujours plus loin dans les pâtures, c'est le soc qui recule devant lui. L'élevage chasse le blé.

Si cette nouvelle orientation paysanne se généralisait, nous n'aurions bientôt plus de pain. Comme l'Angleterre, la France deviendrait une grande prairie, un grand jardin incapable de nourrir ses habitants.

Nous n'avons pas à craindre cette extrémité; il sera possible d'enrayer les désenchantements des cultivateurs, mais, pour y parvenir, il est indispensable d'étudier les moyens de rendre à la culture une partie de son indépendance d'antan.

La machine; avons-nous dit, devient une nécessité pour assurer la production intensive des terres. La motoculture en est l'aboutissement logique. Les meilleurs de nos cultivateurs le pensaient, déjà, avant la grande guerre. Comment se fait-il que son essor soit lent et que beaucoup de tracteurs restent sous leur remises ?

Le prix du carburant en est la seule cause. Si, à l'amortissement de la machine, il faut encore ajouter, chaque année, des sommes considérables pour s'en servir, les avantages de son emploi diminuent singulièrement; on a beau vendre cher, le bénéfice devient nul, et, dans les années de disette, il se transforme en perte.

Quand la terre produira elle-même l'énergie de ses tracteurs comme elle produisait autrefois la nourriture de ses bœufs de trait et de ses chevaux, le découragement des motocalteurs cessera.

Il nous faut des carburants nés sur notre sol, des carburants paysans. Envisageons d'abord ceux qui peuvent être tirés chaque année de nos plantes industrielles : l'alcool et l'huile. Actuellement leur prix de revient est trop élevé. — A quoi bon, dira-t-on, étudier des solutions d'une application immédiate impossible ?

Mais, lorsque Napoléon encouragea la culture de la betterave à sucre, le kilog. de sucre métropolitain revenait à 12 francs; il coûtait douze fois moins cher cent ans après.

Ce n'est pas la vérité d'aujourd'hui que je veux vous montrer, mais bien les solutions de demain.

Commençons par envisager la question de l'alcool moteur.

Dans des études nombreuses, MM. Barbet, Daniel Berthelot, Guiselin, Hitier, Patard et bien d'autres ingénieurs ou chimistes éminents ont montré que notre production d'alcool était loin d'avoir atteint son maximum.

La production de la betterave à sucre, déficitaire depuis la guerre, cessera de l'être cette année même, et nous pouvons prévoir, dès maintenant, pour l'année prochaine, une production de sucre assez abondante pour que nous puissions livrer à la distillerie une plus grande part de la matière première qui lui manque actuellement.

Lorsque, grâce aux efforts de notre Société d'Etude du Carburant National, l'Agriculture sera dotée d'un séchoir économique capable de rendre impérissables les racines de nos silos, les distillateurs se verront en face d'un stock de matière première qui doublera, triplera même la durée des campagnes de distillation.

Actuellement, dans les années d'abondance, les betteraves demisucrières, cultivées pour la nourriture du bétail, pourrissent au printemps dans les silos. Il y a deux ans, 25 % au moins de la production resta sans emploi dans la Brie.

Une fois desséchée, la betterave peut se conserver durant plusieurs années; elle cesse d'être un aliment périodique dont on jette l'excédent à la fin de l'hiver. Elle peut ainsi servir de base, d'un bout de l'année à l'autre, à l'élevage et à l'engraissement du bétail.

Quand les agriculteurs auront à leur disposition un moyen sûr de la conserver, ils n'en limiteront plus la production. Bien au contraire, ils garderont toujours un stock important de ce fourrage concentré qui, additionné d'une petite quantité de tourteaux, constitue une ration alimentaire aussi riche que le grain.

D'une année sur l'autre, les cultivateurs se débarrasseront du surcroît de leur production en l'envoyant à la distillerie voisine.

L'éloignement des usines cessera même d'être un inconvénient, car le transport de la matière utile devient singulièrement moins coûteux, lorsque les racines ont été desséchées au préalable.

Une tonne de betteraves fraîches, telle qu'on les transporte actuellement aux usines, contient au plus 175 kg. de matières alcoolisables, tandis que le même poids de betteraves desséchées représente 825 kg. de matière sèche et, au plus, 175 kg. d'eau et de corps étrangers. La proportion est simplement renversée.

Lorsque cette petite révolution agricole sera un fait accompli,

l'alcool deviendra un sous-produit de la fabrication de la viande, comme l'avoine était autrefois un sous-produit de la traction animale.

Grâce à la betterave desséchée, les distilleries industrielles pourront travailler plus longtemps à l'aide d'un produit moins coûteux que la betterave fraîche et le prix de revient de l'alcool diminuera d'autant. Il diminuera encore davantage, lorsqu'on aura régleménté d'une façon équitable le privilège excessif dont jouit actuellement l'alcool de fruits destiné exclusivement à la consommation de bouche.

Je n'ai pas à faire ici le procès du privilège de l'alcool de fruits, mais, cependant, je tiens à faire remarquer que les distillateurs de fruits ont livré récemment aux fabricants d'apéritifs, à un prix qui a dépassé 1.200 francs l'hectolitre, de véritables alcools industriels à 95°, absolument semblables aux produits de nos distilleries, tandis que notre Office des alcools payait cinq fois moins cher à nos distillateurs de betteraves un produit identique. Si l'égalité existait entre la vigne et la betterave, en ce qui concerne les alcools rectifiés, la question du carburant national, c'est-à-dire du débouché assuré à nos alcools d'industrie par leur emploi dans les moteurs, serait bien près d'être résolue sans nuire aux intérêts légitimes des fabricants de cognac et d'eau-de-vie de cidre. De plus, nous ne verrions plus le cidre et le vin taris dans leur source, au profit des apéritifs dont la consommation augmente de plus en plus.

Nous croyons avoir démontré que l'alcool, carburant paysan par excellence, n'a pas encore dit son dernier mot et qu'un avenir brillant lui est probablement réservé.

Passons maintenant à l'huile, cet autre carburant qui illumina les soirées de ma jeunesse. Le pétrole a chassé le colza, c'est un fait, et, comme toutes les cultures raréfiées à débouchés limités, le colza est devenu très cher; l'huile a suivi la hausse de la matière première dans une progression plus géométrique qu'équitable.

Est-il possible de produire en France de l'huile motrice à bon compte? Si le cultivateur doit rester le tributaire de la grande industrie, nous sommes obligés de répondre non; mais, si, au contraire, de petites usines paysannes peu coûteuses d'installation peuvent être édifiées dans les centres de production, nous devons répondre oui.

Les données du problème métropolitain sont, à ce point de vue, identiques aux données du problème colonial. Comme je crois à la plus grande France, dont nulle cloison ne doit séparer les diverses parties, c'est la solution du problème colonial, dès maintenant réalisable, que je vais exposer.

L'Afrique peut produire des quantités d'huile cent fois plus grandes, sans qu'il soit besoin d'importer de la main-d'œuvre nouvelle; la population autochtone bien encadrée suffira.

M. Roszak, dans la magistrale étude qu'il publia il y a deux ans dans le *Bulletin scientifique des Etudiants* (1), disait textuellement :

« Il est hors de doute que la production des oléagineux peut être intensifiée dans des proportions incroyables, mais cette perspective est liée à des questions de meilleure organisation et d'amélioration des moyens de transport. En effet, comment n'être pas frappé par l'exemple ci-après, relatif à la production d'huile et amandes de palmes du groupe français de la Côte Occidentale d'Afrique, Guinée, Côte d'Ivoire, d'une part, et du groupe anglais ~~West~~ ^{Gold} Coast, Nigeria et Gambie, d'autre part.

« Le premier dispose d'environ 700.000 kilomètres carrés, avec une densité de 6 habitants au kilomètre carré; il exporte environ 54.000 tonnes d'huiles et d'amandes de palmes (6 millions d'habitants).

« Le second dispose d'environ 1 million de kilomètres carrés de terrains analogues, avec une densité de 14 habitants au kilomètre carré; il exporte environ 305.000 tonnes des mêmes produits.

« On voit que les exportations ne sont pas en rapport avec les écarts des populations, la comparaison n'étant pas en faveur du groupe français.

« Il faut noter en outre que la prospérité attire les indigènes. C'est ainsi qu'il passe, bon an mal an, 40 à 50.000 individus du Haut-Sénégal-Niger dans la Gambie anglaise et la Gambie portugaise. »

Cette explication que des Gouverneurs coloniaux eux-mêmes n'ont pas hésité à donner pour expliquer facilement le faible développement de la production coloniale française peut se résumer ainsi : « La production coloniale reste stationnaire parce qu'elle manque de bras. »

Cette affluence de main-d'œuvre dans des régions à sol privilégié est-elle aussi indispensable qu'on veut bien le dire ?

L'exemple des Etats-Unis d'Amérique prouve le contraire. Où nos manufactures prennent-elles la plus grande partie du coton qu'elles transforment? Dans les Etats du Sud-Est de l'Union Américaine. Le Texas n'a que quatre millions d'habitants répartis sur 640.000 kilomètres carrés (6,3 habitants au kilomètre carré) et produit chaque année 2.500.000 balles de coton. L'Etat de Géorgie avec

(1) Voir aussi : *Chaleur et Industrie* 1923, numéros 34 et 35. Le problème des Combustibles liquides envisagé au point de vue français (M. ROSZAK).

2.600.000 habitants presque tous noirs, récolte deux millions de balles. Au total, six millions et demi d'habitants fournissent à l'industrie mondiale plus d'un million de tonnes de coton — quatre ou cinq fois plus que l'Égypte avec ses quinze millions d'habitants.

En réalité, notre production coloniale est limitée par le manque de moyens de transport et par l'absence presque complète de l'outillage industriel nécessaire pour exploiter les richesses agricoles qui, dans certaines régions, dans la boucle du Niger, par exemple, pourrissent sur place parce qu'on ne peut pas les utiliser.

Si les moyens de transport pouvaient être développés rapidement, grâce à la traction automobile, il en serait tout autrement. L'huile et les graines oléagineuses arriveraient en abondance à la disposition de la Métropole.

Mais comment, à l'aide de capitaux limités, de capitaux français, c'est-à-dire prudents à l'excès, est-il possible de mettre en valeur nos richesses agricoles coloniales?

Dans de petits stands que la Direction de l'Agriculture avait fait aménager à l'Exposition de Buc, on a montré comment pouvait être résolue la question de l'huile carburante dans nos colonies de l'Est-Africain. Pour peu que nos industriels et nos financiers s'en inquiètent, l'huile, dans un avenir très rapproché, actionnera du Centre de l'Afrique aux grands fleuves et jusqu'aux rivages de l'Océan, des trains sur piste, traînant grâce aux chenilles, la route sous leurs pas. Ils seront les véritables pionniers du rail triomphant.

Pour ceux qui n'ont pas eu les loisirs de se rendre à Buc, je vais décrire rapidement les stands consacrés à la question de l'huile.

Dans un premier Stand, grâce à l'obligeance de M. l'Ingénieur Bataille, étaient exposés des dessins et des photographies d'un appareil colonial extrêmement simple, permettant d'extraire des graines oléagineuses grossièrement moulues la totalité de l'huile qu'elles contiennent.

Comme il s'agit pour réussir dans une nouvelle entreprise, de commencer en petit, l'extracteur projeté est de dimensions très-réduites. Il constitue, cependant, tel qu'il est, une véritable petite usine paysanne coloniale, relativement facile à transporter à des distances éloignées du port de débarquement, puisque l'ensemble de l'appareillage ne pèse pas trois tonnes.

L'extracteur de M. Bataille ne comporte pas de moulins dispendieux, de presses hydrauliques lourdes et coûteuses. C'est un simple diffuseur qui détache la matière grasse des graines et la con-

centre dans un récipient. La quantité de solvant qui disparaît à chaque opération est extrêmement réduite, et comme nous allons le montrer plus loin, c'est l'huile elle-même qui fournira le solvant nécessaire.

Nous avons également pensé que brûler de l'huile entière dans les moteurs n'était pas un procédé suffisamment économique.

L'huile est un éther d'acide gras. Ses éléments peuvent se séparer en acides gras et en glycérine, produit précieux dont la valeur atteint actuellement près de sept francs le kilogramme.

C'est à l'appareil de M. Engelhard que nous avons demandé de séparer les huiles en acide gras et en glycérine.

Le poids de l'autoclave de M. Engelhard peut être réduit à moins d'une tonne. Grâce à un catalyseur facile à transporter et dont la quantité atteint à peine cent grammes par cent kilogs. d'huile traitée, l'huile est séparée en ses éléments, sous une pression de vapeur qui n'atteint pas huit kilogs.

C'est à l'aide d'acide gras obtenu par le procédé Engelhard que, dans le Stand suivant, le professeur Mailhe a montré la transformation catalytique des acides gras en pétrole.

M. Mailhe aurait pu tout aussi bien se servir d'huile naturelle, mais, dans ce cas, il eût détruit la glycérine en la transformant en acroléine, puisque les acides gras seuls sont susceptibles de se transformer en carbures d'hydrogène par catalyse.

L'appareil industriel, conçu par M. Mailhe, est très différent du tube à catalyse qui a fonctionné à Buc. Il se compose d'un récipient en cuivre très léger. Le catalyseur est de faible valeur, son maniement est facile. C'est donc un appareil colonial, au premier chef.

Enfin, dans un quatrième Stand, nous avons exposé les appareils de fractionnement tels que les a conçus M. Barbet.

Ces appareils peuvent être fabriqués en toutes dimensions. M. Barbet nous a donné l'assurance qu'il serait possible de transporter de petites usines de fractionnement par parties d'un poids inférieur à cent kilogs. Le prix en serait relativement faible et la conduite très facile. Il ne serait donc pas impossible d'installer loin de la côte, en plein centre de production de l'huile indigène, de petites industries très simples, vivant en symbiose pour ainsi dire et capables de produire jusqu'au carbure d'hydrogène nécessaire à l'extraction totale par diffusion de l'huile des graines.

Ces petites industries formeraient un véritable cycle dont les produits permettraient d'alimenter les moteurs à explosion et les semi-Diesel légers. Grâce au pétrole et à l'essence carburante issus

de l'huile, il deviendrait possible de lancer sur les pistes coloniales des tracteurs à chenille, capables de remorquer un poids très important de marchandises.

Mais, à combien pourrait revenir ce mélange d'essence et de pétrole lampant, obtenu par catalyse et susceptible de fournir aux tracteurs un excellent carburant, dans les régions chaudes de l'Afrique?

Si nous nous rappelons que la valeur de l'huile de palme varie actuellement entre 20 et 70 centimes le kilog. dans nos colonies de l'Est Africain, en tablant sur un rendement de 40 % en poids de carburants catalytiques, on peut dès maintenant prévoir que la valeur des pétroles et essences ainsi produits atteindraient à peine sur les lieux de production le prix de l'essence américaine à quai Rouen.

C'est donc, en attendant la mise au point des moteurs légers pouvant employer directement les acides gras, la possibilité pour nos tracteurs actuels, non seulement de s'enfoncer économiquement jusqu'au centre de nos possessions africaines, mais encore d'en revenir en trouvant sur place la force motrice nécessaire.

Le prix des transports coloniaux se trouvera diminué dans des proportions considérables et le camion à chenille permettra d'amorcer la mise en valeur de régions immenses, dépourvues actuellement de moyens rapides de communication.

Ces petites usines coloniales serviront de modèles aux petites usines métropolitaines.

Le colza, par exemple, cultivé à la ferme, transformé en huile, puis en acides gras, dans de petites usines coopératives régionales, permettrait aux propriétaires de tracteurs d'alimenter leurs moteurs à l'aide d'un carburant qu'ils n'auraient pas à acheter.

Car, pour le paysan, tout est là : acheter le moins possible, afin d'avoir à déboursier le moins d'argent possible, telle est la règle économique que la lenteur de ses opérations le contraint d'appliquer strictement.

Mais le colza coûte cher, diront les lecteurs de mercuriales. Les poulets, le porc coûtent également très cher et cependant les cultivateurs les consomment de préférence parce qu'ils les produisent eux-mêmes.

Nous venons d'étudier les deux principaux carburants paysans que nos cultures métropolitaines et coloniales peuvent produire. Nous allons parler, maintenant, d'un troisième carburant que nous pouvons trouver en abondance dans les parties boisées de notre pays : c'est le charbon de bois.

Lorsqu'on a commencé à alimenter les moteurs par l'intermédiaire de gazogènes, le charbon de bois était relativement bon marché, il valait 200 francs la tonne. On pensait alors que son emploi limité en maintiendrait l'approvisionnement facile; il n'en a rien été. Il a suffi de quelques centaines de camions équipés avec des gazogènes à charbon de bois, pour que la valeur de ce dernier augmentât immédiatement. De deux cents francs, le prix en est passé à 400 et même à 450 francs la tonne.

Le même phénomène s'était produit, quand on a essayé, il y a trente ans, de substituer l'alcool à l'essence dans les moteurs d'auto. L'alcool atteignit bientôt un prix prohibitif.

Aussi s'est-on préoccupé, pour enrayer la hausse de notre combustible sylvestre, de chercher les moyens d'en simplifier la fabrication et d'en augmenter la production.

Tous les moyens d'en faire un carburant moins coûteux et aussi maniable que l'essence ont été cherchés.

Le charbon de bois actuellement employé dans les gazogènes portatifs présente l'inconvénient de tenir trop de place. Il a été exposé à Buc des comprimés qui ne présentent plus que le tiers de l'encombrement du charbon naturel.

Bien plus, ces comprimés peuvent être obtenus avec des déchets de brindilles, avec des déchets de meules. Il devient ainsi possible d'utiliser les fascines qui encombrent nos forêts, en les carbonisant sur place et en comprimant le charbon ensuite.

Il a été également présenté à Buc de petits appareils de carbonisation que quatre hommes peuvent facilement transporter et qui remplacent, maintenant, ces artistes de la forêt devenus si rares, les charbonniers.

Désormais, un ouvrier ordinaire peut conduire ces petites meules métalliques et en tirer, au bout de quelques heures, un charbon de bois parfait.

M. Auclair, dans une conférence faite au Congrès, a montré avec la clarté d'exposition et la science certaine qui rendent ses communications si profitables, comment les gazogènes étaient arrivés à livrer un gaz qui permettra, désormais, de tirer du charbon de bois la même quantité de force que de l'essence, non seulement à poids égal de combustible, mais encore à volume égal, grâce à la compression du charbon.

Notre nation se libère de plus en plus de l'emprise de l'étranger. Qu'il s'agisse de l'alcool, de l'huile ou du carbone de nos forêts, la terre de France vient au secours de ses fils. Ils trouveront dans son sein fécondé par le soleil, les forces capables de les mettre définitivement à l'abri des vassalités économiques.

L'emploi de la Force motrice en Agriculture

Communication de M. ARTUS.

Ingénieur agricole.

La nécessité de donner à la terre de nombreuses façons culturales était connue de nos pères; mais ils ne disposaient alors que d'instruments bien primitifs; elle a inspiré il y a plus de deux siècles notre grand La Fontaine qui faisait dire à son laboureur :

Remuez votre champ dès qu'on aura fait l'aout.
Creusez, fouillez, bêchez, ne laissez nulle place
Où la main ne passe et repasse.
Le père mort, les fils vous retournent le champ,
Deci delà, partout, si bien qu'au bout de l'an
Il en rapporta davantage.

Ce sont là d'excellents conseils pour le travail du sol, qui doit se rapprocher le plus possible de celui du jardinier, afin qu'à l'aide de nombreuses façons culturales, nous favorisions le travail de la nitrification et l'effet maximum des engrais.

La culture intensive, visant des rendements très élevés, est la seule méthode qui puisse de nos jours permettre de résoudre les durs problèmes de notre vie économique et nous affranchir des achats faits à l'étranger et dont les disponibilités sont de plus en plus faibles.

Les quantités d'énergie mécanique nécessaires pour cultiver un hectare de terre varient dans de très grandes proportions, suivant les plantes à ensemercer et les terrains; elles peuvent être d'environ 6 millions de kilogrammètres pour un hectare de blé et de plus de 65 millions pour l'ensemencement d'un hectare de betteraves.

Ces quantités considérables d'énergie mécanique doivent être fournies dans un temps très court, et nécessitent un nombre important d'animaux de travail. Or le rendement des attelages dans les champs est très mauvais par suite de l'irrégularité des travaux et des intempéries.

Des constatations faites en 1911, 1912, 1913, chez M. Henry Girard, et en 1920, 1921, 1922 et 1923 chez moi, le coefficient moyen annuel d'utilisation est de 72 % et il n'est que de 62 % des journées d'entretien.

Pendant certains mois, aussi bien monté que soit un cultivateur, il manque toujours d'attelages, tandis qu'en d'autres temps il en a en surnombre.

La motoculture est dans ces circonstances d'un secours précieux et c'est pourquoi son essor fut si grand à la fin et après la guerre, à un moment où les attelages faisaient défaut et où il fallait dans toutes les régions remettre les terres en bon état.

Les premiers essais, pour remplacer le travail des animaux par des moteurs inanimés, datent de 1854, année où apparurent des appareils qui ne pouvaient servir qu'aux grandes étendues, et qui furent en nombre restreint dans la France, pays de moyenne et petite culture.

Quelques années avant la guerre, des essais de culture mécanique eurent lieu à Creil et à Chaumont en Vexin; les appareils prenant part à ces essais furent au nombre de 4 et ce n'est guère qu'en 1917, à un moment où l'Etat subventionnait largement les syndicats de culture mécanique, que l'agriculture commença à employer des tracteurs provenant surtout d'importation.

Depuis cette époque l'agriculture, pour augmenter sa production, s'apercevant que l'emploi des engrais ne peut seul améliorer ses rendements, mais doit être accompagné de nombreuses façons culturales, la motoculture est réellement entrée dans la voie de la réalisation.

L'engouement du début fut malheureusement arrêté par l'emploi d'appareils non adaptés à notre sol, et qui causèrent de nombreux désappointements.

Les premiers appareils se composaient de deux locomotives-treuils placées sur deux forières parallèles au champ à travailler et tirant chacune à leur tour, soit une charrue balance polysoc, soit un scarificateur.

L'approvisionnement de ces appareils qui nécessitait le charroi d'une assez grande quantité d'eau et de charbon, un déplacement souvent difficile dans les forières, firent remplacer successivement dans ces treuils les moteurs à vapeur par des moteurs à essence; puis, dans les pays favorisés par des lignes électriques nombreuses, les moteurs électriques remplacèrent leurs devanciers et dans ces circonstances particulières donnèrent les meilleurs résultats. Evidemment, de semblables installations ne sont possibles qu'en grande culture et avec des pièces bien disposées, mais dans ces cas spéciaux, la culture par treuils peut présenter un réel intérêt.

L'application de l'automobile à la culture consiste à remplacer les bœufs et les chevaux par des tracteurs mécaniques susceptibles

de tirer tous les instruments servant au travail de la terre. Ces appareils, pour se déplacer, sont munis de roues motrices qui exercent sur le sol des pressions, variables suivant leur force et leur poids. Pour augmenter leur adhérence, sur un sol souvent peu résistant et humide, on les munit de crampons.

Le coefficient de patinage est très différent suivant la nature et l'état des terres. Pour remédier à cet état de choses, beaucoup de constructeurs ont eu recours à l'élargissement des jantes des roues, de sorte que ces instruments, avant de travailler la terre, font l'office de rouleaux compresseurs et par cela même causent aux récoltes des dégâts souvent appréciables.

Pour ne pas augmenter la pression des roues motrices sur le sol, on a cherché à augmenter la surface de contact avec de longues bandes de roulement appelées chenilles. Si les tracteurs à chenilles donnent de bons résultats, quand ils font l'office de porteurs, ils ne donnent pas autant de satisfaction lorsqu'ils travaillent à la traction.

D'autres constructeurs, s'inspirant des principes du travail du sabot du cheval sur un sol compressible, lequel s'enfonce et s'ancre dans la terre de sorte que la traction possible ne dépend plus uniquement du coefficient de frottement, ont construit des tracteurs dont les roues à jantes de largeur très réduite, sont munies de bèches, et qui, au lieu de compresser la terre, l'ameublissent sous leur passage.

D'une façon générale, quel que soit le système adopté, pour augmenter l'adhérence les appareils devront être rapidement démontables, pour permettre de passer en quelques minutes d'un champ à un autre.

Suivant l'état du sol, les tracteurs exigent pour leur seul déplacement une grande partie de la puissance de leur moteur; plus le tracteur est lourd, plus il est exigeant. On aura donc recours à des tracteurs dont le poids ne pourra jamais être une cause de mauvais rendement.

Les moteurs actionnant les différents tracteurs existant sont tous des moteurs à explosion employant comme carburants le pétrole, l'essence, le benzol ou l'alcool.

De l'étude de l'ensemble des frais journaliers d'un tracteur, il ressort que 70 % sont représentés par l'achat du carburant. L'économie à réaliser en premier lieu doit porter sur cette matière, et c'est pourquoi le présent Congrès est, pour le développement de la motoculture, d'une grosse importance, et que l'agriculture espère que les savants qui ont bien voulu s'occuper d'elle pourront

lui donner les moyens de travailler mécaniquement leur sol, d'une façon sinon plus économique, tout au moins égale au travail des animaux de la ferme.

Des essais de tracteurs à moteurs alimentés par des gazogènes ont été entrepris ces mois derniers; ils laissent espérer que nous sommes prêts à toucher le but et que d'ici peu, les agriculteurs pourront eux-mêmes fabriquer le carburant qui leur est nécessaire.

L'introduction du moteur mécanique dans les façons culturales semble avoir fait naître dans l'esprit de certains la nécessité d'employer de nouveaux outils et les incite à dire : à nouveaux moteurs nouveaux outils. Je ne sais jusqu'à quel point on peut développer cette idée; le travail de la terre demandant une suite de façons très différentes suivant les saisons, on ne saurait remplacer par un outil unique le labourage, le hersage, le scarifiage, etc... Des essais entrepris avec certains de ces appareils n'ont pas donné les résultats culturaux que l'on espérait. Cependant il est assez difficile de se servir, surtout en ce qui concerne les charrues, des appareils remorqués par les animaux.

Pour obtenir un rendement maximum, et l'emploi de toute la puissance des tracteurs, les constructeurs devront adapter à leurs appareils des charrues polysocs, susceptibles d'exécuter les labours dans les mêmes conditions qu'avec les animaux. Les manœuvres de ces charrues devront toutes se faire du siège du conducteur. Les vitesses différentes à donner aux appareils ayant une grande influence suivant les saisons et l'état du sol, les tracteurs devront pouvoir se déplacer à des vitesses susceptibles de donner le travail désiré.

La crise de la main-d'œuvre est une gêne considérable pour l'agriculteur, aussi modeste soit-il, parce que cette main-d'œuvre sait qu'on a d'elle un besoin absolu; elle ne se contente pas de se faire payer un gros prix, ce qui est la conséquence toute naturelle du jeu de l'offre et de la demande; elle prend en outre l'habitude de l'instabilité, et le cultivateur, qui commence certains travaux, ne sait s'il pourra les terminer avant que la saison ne soit passée.

C'est à ces moments de presse que la motoculture est réellement d'un secours efficace, et si les prix de revient des travaux qu'elle exécute sont supérieurs à ceux des animaux, elle aura du moins permis aux cultivateurs d'ensemencer en saison et en temps convenables.

Il serait, je crois, téméraire de prétendre que la culture mécanique et l'emploi des moteurs dans la ferme peuvent réduire la main-d'œuvre et à plus forte raison la supplanter; mais ils peuvent

augmenter son rendement et remplacer celle qui serait nécessaire pour l'exploitation de récoltes supérieures à celles d'aujourd'hui.

En ce qui concerne l'emploi de la force motrice pour les travaux intérieurs de la ferme, les solutions sont beaucoup plus faciles; la force exigée par les différents appareils est généralement assez faible; elle ne dépasse guère, pour les fortes exploitations, une douzaine de chevaux vapeur. La difficulté de l'emploi de cette force est qu'elle est répartie dans de nombreux bâtiments.

Les appareils qui, en général, exigent le plus de force sont les batteuses et les presses; ces machines devront pouvoir se placer facilement près des récoltes à exploiter, de façon à réduire la main-d'œuvre au strict minimum. Il en sera de même pour les instruments servant à la préparation des aliments, au triage des grains, à la préparation des engrais.

Les moteurs actionnant ces différents appareils devront, comme eux, pouvoir se déplacer facilement et rapidement et là encore, pour les campagnes sillonnées de courants électriques, la solution sera des plus faciles.

Pour actionner les machines demandant le moins de force, les brouettes électriques répondent à ces besoins.

Les moteurs les plus répandus, même dans les petites exploitations, sont les moteurs à essence; ce sont eux qui, pour un travail de quelques minutes, sont mis en marche le plus facilement et ne nécessitent pas pour leur emploi un apprentissage long et difficile.

Dans les exploitations plus importantes, les moteurs à huile lourde ou à gazogène ont remplacé économiquement les premiers et donnent toute satisfaction. Il est encore une forme sous laquelle la force motrice peut rendre service à l'agriculture, c'est quand les exploitations se trouvent loin des gares et des mines utilisant ses produits; elle est obligée d'employer à ces charrois un grand nombre d'animaux.

Dans ces conditions, le camion automobile ou le tracteur tirant des remorques rendent les plus grands services. Pour que l'emploi de ces véhicules soit économique, il faut que la distance soit telle que le chargement sur wagon et les frais de chemin de fer soient supérieurs aux dépenses exigées par les camions.

La Forêt Française et la sécurité Nationale

Communication de M. DU BOISTESSELIN

Ingénieur Principal Militaire des Poudres

La communication que je vais avoir l'honneur de vous présenter se rapporte aux choses de la terre.

De ce côté, pas de ces perspectives grandioses que nous font apercevoir les méthodes si passionnantes de production de carburants de synthèse, mais, en contre-partie, la possibilité de réalisations immédiates.

Ces réalisations sont déjà commencées et le problème qui se pose pour elles est de trouver le moyen de les intensifier.

C'est le sujet que je me propose de vous exposer dans ses grandes lignes.

LA SITUATION FORESTIÈRE

L'importance de la forêt aux points de vue hydrographique et climatique n'est pas contestée et son utilité sociale est volontiers reconnue.

L'abondance des produits que la forêt est susceptible de fournir indique l'importance du rôle économique qu'elle peut jouer.

Lors des conférences techniques organisées à l'occasion de la *Quinzaine du Bois*, en octobre dernier, M. Guinier, Directeur de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts, a exposé la question des *Resources forestières de la France*.

Sur les 10 millions d'hectares que constitue notre domaine boisé, on peut évaluer, dit-il, la quantité de bois récolté annuellement à 8.500.000 mètres cubes de bois d'œuvre et 17 millions de mètres cubes de bois de feu.

Or, après avoir constaté que notre pays importe par an 3 millions de mètres cubes de bois d'œuvre communs, M. Guinier déclare qu'il serait possible de mieux utiliser et d'augmenter les ressources forestières de la France, en reboisant la Bretagne, le Massif Central et les Alpes, dont le sol et le climat se prêtent admirablement à la croissance des forêts.

Il cite, comme un exemple frappant d'enrichissement du sol par le reboisement, la vaste région landaise. Là où s'étendaient, au milieu du siècle dernier, 800.000 hectares de landes infertiles cou-

pées seulement de quelques boqueteaux, existe maintenant une forêt à peu près ininterrompue de pins maritimes. Grâce à l'exploitation du bois et de la résine, le pays s'est peuplé et les populations ont connu la prospérité.

La question du reboisement, est-il besoin de le dire, est sous la dépendance du revenu que peut retirer de son exploitation le propriétaire forestier et il n'est pas inutile de rappeler que les deux tiers de la surface boisée de la France appartiennent à des particuliers.

Or, si les bois d'œuvre, dont les qualités très diverses se prêtent à des usages multiples, sont d'un placement aisé, qui serait encore accru si nos marchands débitaient et présentaient leurs bois avec plus de soins, les petits bois, par contre, sont d'un écoulement chaque jour plus difficile. Il s'ensuit une diminution des revenus normaux des domaines forestiers, qui comptaient sur la totalisation des valeurs des bois d'œuvre et des bois de taillis.

Le revenu du taillis diminuant, le propriétaire forestier a cherché une compensation dans des prélèvements, parfois prématurés, sur la réserve de bois d'œuvre et nombre de domaines forestiers ont été livrés à la hache.

Le plus grand nombre des particuliers exploitent leurs bois à 18 et 20 ans, quelquefois moins. Ils ne peuvent donc fournir que des bois de petites dimensions et ils sont durement frappés par la mévente des petits bois.

La situation est actuellement très nette; nous n'élevons pas assez de gros bois pour nos besoins et nous produisons trop de petits bois. Il est dit alors aux propriétaires forestiers : transformez vos méthodes d'aménagement, conservez plus de réserves sur vos coupes, abandonnez l'exploitation des taillis à courtes révolutions. Il y a 150 ans, un cri d'alarme exactement contraire était poussé. On craignait la disette des bois de feu. Les forêts à courtes révolutions assuraient alors un revenu suffisant.

La valorisation des petits bois amènerait une orientation nouvelle dans l'exploitation de nos forêts.

Le propriétaire forestier, assuré d'un revenu suffisant par l'écoulement et des bois d'œuvre et des bois de feu, ne sacrifierait ni les uns ni les autres et nos belles forêts françaises reviendraient à leurs anciens aménagements. Bien plus, la forêt assurant une rémunération certaine, nous verrions entreprendre, sans nul doute, le reboisement de nombreux terrains actuellement incultes.

Cette rénovation de la forêt peut se faire tout en assurant notre sécurité nationale.

La grandeur du double but à atteindre est digne des efforts actuellement entrepris.

*
**

SUBSTITUTION DU CHARBON DE BOIS A L'ESSENCE D'IMPORTATION

La possibilité d'équiper des tracteurs, des camions poids lourds, des automotrices de chemins de fer, des autotracteurs fluviaux, des groupes agricoles avec des gazogènes à bois et à charbon de bois peut, comme corollaire, assurer l'écoulement de nos menus bois.

Actuellement, les besoins industriels et domestiques en charbon de bois sont d'environ 190.000 tonnes. Ces besoins sont couverts par les usines de carbonisation, qui en fournissent 60.000 tonnes et par la carbonisation en forêt, qui en produit 130.000 tonnes.

Le but visé, objet même de ce Congrès, est de substituer à l'essence d'importation des carburants d'origine nationale.

Nos importations d'essence sont de 6 millions d'hectolitres, soit 450.000 tonnes.

D'après les expériences de Berliet, 20 litres d'essence, soit 15 kilogs, sont remplacés par 15 kilogs de charbon de bois. La substitution intégrale du charbon de bois à l'essence importée demanderait donc la production de 450.000 tonnes de charbon de bois.

Sommes-nous en mesure d'assurer une telle surproduction?

Dans le Compte Rendu des Travaux du Comité Central de Culture Mécanique en 1923, M. Magnein, Inspecteur des Eaux et Forêts, nous renseigne sur ce point.

Tout en permettant aux usines actuelles de carbonisation de travailler au maximum, ce qui doublerait leur production, M. Magnein ne croit pas exagéré de dire qu'on peut évaluer la quantité de charbonnette abandonnée sur le parterre des coupes à 1 million 660.000 tonnes. Il estime, en outre, que la proportion des brindilles abandonnées et perdues comme combustible dépasse la moitié des 2 millions de tonnes que nous produisons, soit 1 million de tonnes.

Ces 2.660.000 tonnes de bois inutilisées peuvent fournir près de 500.000 tonnes de charbon de bois et de braisette.

Nous pouvons donc dire :

Les menus bois, actuellement inutilisés, peuvent fournir le charbon de bois nécessaire pour remplacer intégralement les six millions d'hectolitres que nous importons.

Nos possibilités sont encore plus grandes.

M. Lafosse, dans une communication faite en mars dernier, à la Société des Agriculteurs de France, sur l'« Industrie du charbon

de bois », indique que, sans inconvénient pour le chauffage domestique, en évitant le gaspillage qui s'exerce sans retenue sur les menus bois, vu leur peu de valeur, il est possible d'obtenir, au moins, 1.300.000 tonnes de charbon de bois; et, en ajoutant le produit des forêts alsaciennes et lorraines, le total peut être porté à un million et demi de tonnes.

M. Lafosse ajoute qu'aucune mesure exceptionnelle visant notamment des transformations de méthodes ou des abatages anticipés de bois, n'est à envisager. Nous pouvons faire face à la nouvelle situation sans compromettre, en aucune façon, l'existence des forêts.

Cette étude très documentée, en complet accord, du reste, avec les prévisions de nombre de personnes bien informées des choses de la forêt, nous montre que, tout en assurant les 700.000 tonnes de charbon de bois et de braisette dont nous avons besoin, soit 200.000 tonnes pour les besoins domestiques et industriels et 500.000 tonnes pour le remplacement de l'essence d'importation, *nous sommes à même de produire encore 800.000 tonnes de charbon de bois ou de disposer de son équivalent en bois pour d'autres usages, en particulier pour la production de combustibles liquides.*

La distillation des bois fournit, en plus du charbon de bois, de l'acide pyroligneux brut qui renferme, comme produits principaux : du méthylène, de l'acide acétique et du goudron de bois. Tous ces produits ou les corps qu'on peut en dériver, tels le formaldéhyde, l'éther acétique, l'acétone, l'anhydride acétique, le chloroforme, l'iodoforme sont d'une importance technique considérable. Ils trouvent leur emploi, soit dans la fabrication des poudres de guerre, soit comme désinfectants, soit pour la fabrication d'enduits pour l'aéronautique. Tous jouent un rôle au point de vue de la défense nationale.



LE PROBLÈME DE LA CARBONISATION

L'intensification de la carbonisation des bois est susceptible d'exercer son influence dans plusieurs directions :

Au point de vue forestier, elle régularisera les coupes de bois et constituera un des meilleurs remèdes contre le déboisement.

Au double point de vue économique et sécurité nationale, elle nous libérera de l'essence d'importation. Elle modifiera le marché

français des pyroligneux et nous fera échapper à l'étreinte des carbonisateurs américains.

Pour la réalisation de ces belles perspectives, il faut carboniser. Nous sommes assurés de la matière première : bois. Avons-nous les moyens de l'exploiter et de la transformer? — Les propriétaires forestiers ne cachent pas leurs appréhensions à ce sujet.

Dans l'état actuel des choses, la main-d'œuvre des bûcherons et des charbonniers pour la carbonisation en forêts est d'un recrutement difficile; mais que vienne la certitude de l'écoulement du charbon de bois et sa vente à un prix rémunérateur, les ouvriers assurés de bons salaires reviendront à la forêt.

La technique doit apporter son concours aux forestiers pour activer la renaissance — d'aucuns disent la résurrection — de l'industrie du charbon de bois, qui est intimement liée, nous pouvons même dire de façon indispensable, à l'évolution des autotracteurs à gaz pauvre.

Déjà, des fours à carboniser, les uns portatifs, les autres fixes, ont fait leur apparition, et, détail important, point n'est besoin d'ouvriers spécialisés; des manœuvres intelligents peuvent être mis au courant pour leur conduite.

Nous pouvons citer comme exemple une installation faite dans la forêt de Sillé-le-Guillaume, dans la Sarthe, où une batterie de quatre fours de 25 stères chacun est menée par deux personnes.

Tandis que la capacité des fours fixes peut aller jusqu'à 60 stères, celle des fours portatifs est limitée à 6 stères pour leur conserver un maniement plus facile.

D'autres constructeurs sont allés plus loin. Ils ont établi de véritables usines ambulantes de distillation des bois, avec ou sans récupération des sous-produits, et capables de fournir jusqu'à 10 tonnes de charbon de bois par 24 heures.

L'impulsion est donnée. La question de la carbonisation intensive en forêt peut être envisagée sans inquiétude.

Un détail qui a néanmoins son importance doit être examiné : c'est la faible densité du charbon de bois. Le produit est encombrant et le volume à transporter par les véhicules automoteurs peut devenir une gêne.

Pour fournir la même puissance, le charbon de bois présente, par rapport à l'essence, un volume plus de trois fois supérieur.

La solution a été trouvée dans la fabrication d'agglomérés de charbon de bois. Ceux-ci, outre leurs avantages au point de vue solidité, régularité de combustion, absence de poussier, atteignent une densité de 0,760 à 0,800. L'équivalence avec l'essence

est rétablie. Bien plus, des blocs compacts, d'un arrimage facile, aussi maniables que des bidons d'essence, vont être fabriqués. Ces blocs, bien entendu, se fragmentent d'eux-mêmes en une multitude de petits morceaux au moment de l'emploi.

Les efforts combinés des constructeurs, des forestiers, des techniciens, soutenus par les Pouvoirs publics, nous permettent d'envisager, avec confiance, l'avenir du « gaz des forêts » qui nous soustraira à la dépendance étrangère.

*
**

L'ALCOOL DES FORÊTS

Après nous avoir évité l'importation de 6 millions d'hectolitres d'essence, la forêt est encore susceptible de nous donner des combustibles liquides. Elle peut nous donner de l'alcool, elle peut nous fournir des hydrocarbures.

La fabrication de l'alcool éthylique à partir du bois a été réalisée industriellement.

En Amérique, le procédé de Tomlinsen et Ewen, qui est une modification de celui de Simonsen, est appliqué dans les usines de « Du Pont de Nemours Powder Co ».

En Allemagne, les fabriques d'alcool de cellulose possèdent 51 autoclaves, qui font chacun 10 cuissons de 1.000 kilogs de déchets par jour et assurent une production annuelle de 107.000 hectolitres d'alcool.

En France, les « Distilleries d'Alsace » ont acquis les brevets français Prodor et cette firme nous annonçait la production prochaine, malheureusement non encore réalisée, de 100 hectolitres d'alcool par jour.

Nous ne pouvons entrer dans les détails de la transformation des matières cellulosiques, notamment du bois en sucres qui, fermentés, produisent de l'alcool.

Disons simplement, pour fixer les idées, que le traitement peut se faire, soit par l'action des acides concentrés à froid ou à chaud, soit par l'action des acides dilués à chaud.

Suivant le mode de traitement adopté, les résultats sont fort différents.

Par les acides concentrés et froids, l'hydroluse des ligno-celluloses s'arrête au terme lignine. C'est le procédé trouvé par le chimiste français Braconnot, en 1819. Le rendement est maximum. Il atteint en alcool 100°, 20 à 25 % du bois considéré à l'état sec.

La substitution de l'acide chlorhydrique gazeux à l'acide sulfurique utilisé par Braconnot est la base du procédé des « Distilleries d'Alsace ».

Par les acides dilués chauds, le rendement en alcool varie suivant la méthode de travail et suivant la nature de l'acide employé. Tandis que l'emploi d'acide fluorhydrique (procédé Orłowski) donne des rendements de 18 à 20 %, l'utilisation de l'acide sulfurique (procédé Ewen) donne des rendements de 8 à 11 %.

La « Société Chimique des Celluloses », actuellement en formation, envisage l'utilisation des procédés de M. Menier basés sur une méthode de dégradations successives de ligno-celluloses, suivie de l'élimination des réducteurs formés.

Les rendements en alcool pourraient être de 15 à 20 %.

La possibilité d'une production abondante d'alcool à partir, non seulement des déchets de bois, mais aussi des matières cellulosiques les plus diverses, est souhaitable.

N'oublions pas que la fabrication des poudres sans fumée demande des quantités considérables d'alcool (15.000 hectolitres par jour au cours de la dernière guerre).

Les menus bois susceptibles de donner les 800.000 tonnes de charbon de bois que nous signalions plus haut pourraient fournir plus de 6 millions d'hectolitres d'alcool, cet alcool couvrirait largement nos besoins pour la préparation des poudres et nous laisserait encore des disponibilités.

Ainsi donc :

Nos exploitations forestières sont en mesure de nous fournir 500.000 tonnes de charbon de bois, destinées à remplacer l'essence d'importation et plus de 6 millions d'hectolitres d'alcool.

Nos possibilités de production d'alcool de cellulose sont grandes. Nos moyens de réalisation sont à créer. D'études très sérieuses entreprises, tant au point de vue chimique qu'au point de vue appareillage, il ressort nettement que la création d'usines nombreuses et de moyenne importance est à recommander.

Des usines ambulantes, analogues à celles que nous voyons pointer pour la carbonisation, sont à l'étude. Ces usines mobiles ne feraient qu'un prétraitement des matières d'après une méthode sur laquelle je ne puis m'étendre aujourd'hui. Elles seraient, par rapport aux usines de fabrication proprement dites, l'analogue des râperies par rapport aux sucreries.

ALCOOL DE SULFITE ET CELLULOSE

Une autre source d'alcool provenant encore des bois se trouve dans la fermentation des sucres contenus dans les lessives résiduaires de la cuisson du bois par les bisulfites.

La Suède fut le berceau de cette industrie. Elle ne fabriquait, en 1909, que 28.893 litres d'alcool compté à 100°. Elle en produisait 291.028 litres en 1910, 11.614.800 en 1915, pour atteindre aujourd'hui plus de vingt millions de litres.

En Allemagne, 12 usines produisent un total de 11.600.000 litres d'alcool.

En France, la capacité de production des usines de cellulose au sulfite est de 60.000 tonnes, ce qui permettrait une fabrication de 24.000 hectolitres d'alcool à 100°. Nous demandons à l'étranger 200.000 tonnes de pâtes, lesquelles correspondent à 81.000 hectolitres d'alcool.

Si nous produisions toute la pâte dont nous avons besoin, il s'ajouterait, comme corollaire, la possibilité de produire plus de 100.000 hectolitres d'alcool.

Il nous est possible de trouver dans le traitement des pins une solution heureuse du problème.

Le pin maritime a été l'objet d'une étude très documentée de la part de M. Jaffard, Directeur des Laboratoires des Papeteries de France.

Les Landes, la Corse, la Côte d'Azur, les Pyrénées-Orientales et la Sologne nous permettent de transformer en pâtes chimiques 1.400.000 mètres cubes de bois de pins.

Les études faites par le Laboratoire des Produits forestiers des Etats-Unis et celles entreprises par M. Jaffard permettent de conclure que l'on peut obtenir, avec le pin maritime, des pâtes d'excellentes qualités et qu'il est possible d'utiliser, à la cuisson des bois, aussi bien les procédés depuis longtemps au point que les nouveaux procédés, tel celui de M. Rinman.

En dehors du traitement des lessives résiduaires qui permettent d'obtenir soit de l'alcool éthylique, si l'on utilise le procédé au bisulfite, soit de l'alcool méthylique et de l'acétone, si l'on prend les procédés alcalins, la production de la cellulose elle-même doit retenir notre attention.

Le développement de notre production de cellulose nous libérerait de l'importation étrangère et consoliderait la situation de notre industrie papetière.

La possibilité de nitrer la pâte de bois pour la fabrication des

poudres ne doit pas nous laisser indifférents. Les Allemands y ont eu largement recours pendant la guerre et les Américains étaient prêts à appliquer ce procédé au moment de l'armistice.

Nous voyons donc, là encore, la forêt capable de participer à notre défense nationale.

D'un autre côté, l'utilisation des pâtes chimiques de bois pour la fabrication des textiles artificiels leur assure un débouché de plus en plus important.

Et peut-être n'est-il pas inutile de signaler, en passant, l'apport que peut nous fournir le traitement des pailles, dont l'agriculture trouve un écoulement difficile.

Des travaux entrepris, sous ma direction, à l'Institut Chimique de Rouen, en vue d'isoler la cellulose des pailles, par un moyen permettant d'effectuer cette opération dans des usinettes peu importantes, voire même dans des exploitations agricoles, m'ont conduit à poser les bases d'un procédé dit « Procédé Nitrique ».

Il nous a été permis de montrer que, contrairement aux idées établies, la cellulose des pailles n'est pas une oxycellulose, mais une cellulose normale.

La nitration, l'acétylation de cette cellulose ont été effectuées; des films et des soies d'acétate ont été obtenus.

L'avantage du « Procédé Nitrique » est l'emploi d'un matériel très simple et peu coûteux. Le travail se fait à la pression ordinaire. Il n'y a pas de lessives à éliminer. Le produit résiduaire est de l'acide oxalique d'un prix élevé et d'un écoulement facile.

Le débouché de la cellulose de paille, d'une belle blancheur et d'une grande pureté, est assuré par la papeterie, par les fabriques de soies artificielles (Viscose, Chardonnet et Acétate), par les fabriques de films, par les usines de celluloid, et aussi éventuellement par la fabrication des poudres.

Il n'y a pas de doute que si l'agriculteur trouve l'écoulement de ses pailles assuré, il intensifiera ses cultures au grand profit du pays.

Que l'on m'excuse de cette digression, mais elle répond à un tel besoin agricole que j'ai cédé à la sollicitation qui m'a été faite par M. Le Monnier de la porter à votre connaissance.

CONCLUSION

Intentionnellement, il n'a été fait allusion qu'à nos forêts métropolitaines, car ainsi que le disait M. Charles Pomaret, auditeur au Conseil d'Etat, dans une conférence qu'il fit à l'Ecole inter-alliée des Hautes Etudes Sociales : « En ce qui concerne nos colo-

nies, il ne faut pas oublier que ces ressources n'existent pour nous qu'en tant que nous nous serons assurés, en même temps que la possibilité de les exploiter, la possibilité d'en transporter en France la production et, par suite, qu'en tant que nous conserverons, en cas de conflit, la maîtrise des mers. »

Nos forêts métropolitaines sont susceptibles de nous fournir des produits variés, du plus haut intérêt pour notre défense nationale : Charbon de bois, Produits Acétiques, Alcool, Cellulose.

Nous devons en intensifier la production, pour l'amélioration de notre domaine forestier d'abord, et aussi pour le plus grand bien de notre situation économique et de notre sécurité nationale.

Discours de clôture

Prononcé par M. HUGUET, Député

Vice-Président du Congrès.

Messieurs,

Nous voici arrivés au terme des travaux du Congrès. Il ne vous a pas échappé que les limites assignées aux travaux du Congrès étaient intentionnellement restreintes, afin que la documentation que nous étudions participât entièrement de notre sujet, à savoir l'étude des procédés de transformation des matières végétales ou animales, d'origine nationale, en carburants susceptibles de remplacer le pétrole et ses dérivés.

Je remercie les conférenciers qui nous ont apporté leur solide documentation et dont certains sont les pionniers d'une cause qui libérera peut-être notre pays d'une servitude économique; même, nos préoccupations, passant par delà les frontières, permettront peut-être d'apporter plus de bonheur à l'humanité tout entière et aussi à lui éviter le bouleversement que provoquerait, dans un laps de temps plus ou moins long, la disparition des pétroles naturels, si l'esprit de recherche ne parvenait d'ici là à trouver des substituts de cette matière précieuse. Il ne m'appartient pas d'évaluer la longévité des réserves mondiales en pétrole naturel, mais à coup sûr elles ne sont pas inépuisables et, compte tenu de la prodigalité fiévreuse avec laquelle l'humanité puise dans ces réserves, on peut prévoir leur épuisement dans un délai assez rapproché.

Mais entre temps des besoins se sont créés qui exigent, sous peine d'une régression prodigieuse du progrès, la possession des précieux carburants. Le cri d'alarme a déjà été poussé et, précisément par les nations que les hasards géologiques ont le plus richement dotées en pétrole.

Qu'advierait-il si les sources se tarissaient? La locomotion et les transports seraient paralysés; les industries de l'automobile et de l'aviation et une partie de la Marine, frappées à mort.

Je suis donc fondé à penser que ceux qui donnent leur intelligence et leur travail à la recherche d'un produit de substitution rendent d'inappréciables services à la Patrie et à l'humanité et, comme il en existe de ceux-là parmi vous, je leur adresse ici les remerciements les plus vifs. J'entends bien que nous n'assistons encore qu'à la genèse de procédés qui sont encore du domaine des Laboratoires, ou en cours de simples essais industriels; mais en pareille matière, il faut de l'audace et l'Histoire comporte heureusement des précédents dans lesquels nous trouvons notre voie. Rappelons-nous avec quelle intensité les progrès se sont précipités lorsqu'au milieu du siècle dernier, l'homme créa ce merveilleux outil qu'est la machine à vapeur, et ceux qui sont allés à plus de mille mètres dans le sol rechercher le précieux combustible qu'est la houille. Plus près de nous, la création du moteur à explosion donna naissance à une industrie qui, hésitante à ses débuts, connut un essor prodigieux qui engendra les industries de l'automobile et de l'aviation.

Camille Pelletan disait un jour que si les jeunes hommes qui furent ses contemporains savaient tout le labeur acharné qu'ont dépensé, et les misères qu'ont endurées les nombreuses générations d'hommes qui les ont précédés, pour faire passer l'humanité de l'état sauvage à l'état de civilisation où nous la trouvons aujourd'hui, ils auraient pour eux une reconnaissance et un respect infinis.

Il nous a été dit que la solution industrielle était encore bien éloignée et qu'il n'était pas du tout certain qu'elle existât; on nous a dit aussi que quiconque trouverait le procédé permettant de fabriquer du pétrole synthétique à bon compte, connaîtrait à la fois la gloire et la fortune.

Vous avez assisté à l'exposé et à la démonstration de procédés nés d'hier, qui n'ont pas encore donné, j'en suis sûr, toute leur mesure: la répercussion de notre Congrès stimulera l'intelligence et l'esprit de recherche de notre pays et le Comité Central de Culture Mécanique peut penser, avec juste raison, que son initiative a fait faire un pas à la question.

En outre des communications que vous avez entendues, un certain nombre de mémoires très substantiels lui ont été remis; assisté de ses conseillers techniques, il va les examiner et il répartira les modestes encouragements que l'Etat a mis à sa disposition. Mais, le problème m'est, personnellement, apparu si capital, que j'ai l'honneur de vous annoncer, Messieurs, que je déposerai, à la rentrée, sur le bureau de la Chambre, un projet de loi ainsi conçu :

EXPOSÉ DES MOTIFS

« Messieurs,

« L'essence, produit utilisé actuellement pour les besoins de l'agriculture (culture mécanique), de l'armée, de la marine, les transports commerciaux, du tourisme, etc... est exclusivement un produit d'importation. En 1923, la valeur de cette importation s'est fixée à un milliard. Il n'est pas douteux qu'en raison du développement constant de l'automobilisme, cette somme n'aille en croissant d'année en année.

« Est-il prudent de rester ainsi à la merci de l'étranger, qui peut à chaque instant troubler l'activité de notre pays en le privant d'un produit dont le sous-sol est démuné? Ce trouble peut être apporté non seulement par la volonté des pays producteurs de pétrole, mais aussi par la nécessité où ils peuvent se trouver un jour, en raison de l'affaiblissement de leur propre production, de faire subir à leurs importations en France une diminution sensible. Il est à retenir, en effet, qu'aucune source de pétrole n'est intarissable et que déjà des inquiétudes se sont manifestées à cet égard de l'autre côté de l'Océan.

« Dans de pareilles conditions, la France doit chercher à se suffire à elle-même et à substituer au pétrole un produit français. Ce produit devra rendre les mêmes services que le pétrole naturel, auquel se trouve, encore aujourd'hui, lié son avenir national et économique.

« Tel est le problème. C'est vers sa solution que tendent les efforts du Ministère de l'Agriculture (Comité Central de Culture Mécanique, institué par la loi du 10 mai 1921). Ce Département ministériel n'est pas seul intéressé à la question qui, ainsi que nous venons de l'indiquer, dépasse les limites des intérêts agricoles, pour atteindre le domaine de la défense nationale et aussi celui de la prospérité de nos colonies. C'est pour cette raison que MM. les Ministres de la Guerre et des Colonies se sont fait représenter au sein du Comité.

« Sur la proposition de ce Comité, M. le Ministre de l'Agriculture a organisé en 1923 des épreuves de tracteurs agricoles à gazogènes et, en 1924, des expériences de moteurs à huile; enfin, des encouragements seront donnés, en 1924, aux auteurs de mémoires concernant la transformation des matières minérales et végétales

d'origine nationale, en carburants liquides susceptibles de remplacer les dérivés du pétrole.

« En signalant ainsi aux chimistes toute l'importance de la question, le Ministre de l'Agriculture leur promet des encouragements pour les aider à poursuivre activement leurs recherches. Peut-on douter que le génie français ainsi averti, et qui a inscrit dans ses annales les plus importantes découvertes, ne trouve la solution si ardemment cherchée dans certains pays voisins?

« Mais les crédits mis à la disposition du Ministre de l'Agriculture ont été, jusqu'à ce jour, fort réduits, et ainsi les encouragements susvisés ne pourront être très importants. En outre, si le problème était un jour résolu d'une façon complète, c'est-à-dire s'il était trouvé *un procédé de préparation industrielle d'un carburant d'origine française capable de se substituer quantitativement et qualitativement au pétrole et à ses dérivés dans les besoins français, et d'un prix de revient au maximum égal à celui de ces derniers produits, rendus quai dans un port français*, le service rendu tant à la Nation qu'à l'univers entier serait tel, que son auteur devrait recevoir, non plus un modeste encouragement, mais une récompense nationale de même ordre que les prix alloués par divers pays aux savants illustres.

« Le crédit représentant le montant de la somme serait ouvert à juste titre au Ministère de l'Agriculture, puisque c'est ce Département qui a pris l'initiative de signaler la question aux spécialistes. Au cas où la solution ne serait pas trouvée la première année, le crédit serait reporté à l'exercice suivant, et, le cas échéant, d'année en année jusqu'à la fin de la législature.

« Dans ces conditions, nous demandons à la Chambre de vouloir bien voter la proposition de loi ci-après :

PROPOSITION DE LOI

« *Article premier.* — Une récompense nationale de 500.000 fr. en espèces sera accordée à l'auteur du procédé de préparation industrielle d'un carburant d'origine nationale, capable de se substituer quantitativement et qualitativement au pétrole et à ses dérivés dans les besoins français, et d'un prix de revient au maximum égal à celui de ces derniers produits, rendus quai dans un port français.

« *Art. 2.* — Ce crédit de 500.000 francs sera inscrit au budget du Ministère de l'Agriculture (chapitre des encouragements), Exercice 1925.

« *Article 3.* — Si au cours de l'exercice 1925, la récompense n'a pu être décernée, le crédit de 500.000 francs sera reporté à l'exercice suivant et ainsi de suite, le cas échéant, jusqu'à la fin de la présente législature.

« *Article 4.* — Le prix sera décerné par le Ministre de l'Agriculture, sur la proposition du Comité Central de Culture Mécanique, et pour l'examen des titres des candidats ce Comité contiendra un représentant de chacun des Ministères suivants :

« Guerre, Marine, Colonies, Finances, Commerce et Industrie, ainsi qu'un représentant de la Société de Chimie Industrielle et un délégué de l'Institut du Pétrole à Strasbourg.

« J'aurai terminé, Messieurs, quand je vous aurai dit toute mon espérance en l'obtention d'une solution à laquelle, j'en suis sûr, l'initiative du Comité Central de Culture Mécanique n'aura pas été étrangère. »

EXPÉRIENCES ET ESSAIS



1. The first part of the paper is devoted to a general introduction of the subject and to a survey of the existing literature. It is shown that the problem of the existence of solutions of the system of equations (1) is a very difficult one and that it has been solved only in special cases.

2. In the second part we consider the case of a linear system of equations. It is shown that the existence of solutions is guaranteed if the matrix of the system is nonsingular. In this case the solution is unique and can be found by the method of Cramer's rule. If the matrix is singular, the system may have no solution or an infinite number of solutions. In this case the method of least squares is used to find the best approximation to the solution.

3. In the third part we consider the case of a nonlinear system of equations. It is shown that the existence of solutions is guaranteed if the Jacobian matrix of the system is nonsingular at the point of interest. In this case the solution can be found by the method of Newton-Raphson.

4. In the fourth part we consider the case of a system of equations with a large number of variables. It is shown that the existence of solutions is guaranteed if the matrix of the system is banded and the bandwidth is small. In this case the method of Gaussian elimination is used to find the solution.

5. In the fifth part we consider the case of a system of equations with a large number of variables and a large number of equations. It is shown that the existence of solutions is guaranteed if the matrix of the system is sparse and the sparsity pattern is known. In this case the method of sparse matrix multiplication is used to find the solution.

6. In the sixth part we consider the case of a system of equations with a large number of variables and a large number of equations. It is shown that the existence of solutions is guaranteed if the matrix of the system is sparse and the sparsity pattern is known. In this case the method of sparse matrix multiplication is used to find the solution.

7. In the seventh part we consider the case of a system of equations with a large number of variables and a large number of equations. It is shown that the existence of solutions is guaranteed if the matrix of the system is sparse and the sparsity pattern is known. In this case the method of sparse matrix multiplication is used to find the solution.

8

Rapport sur le Commerce de Motocars
révisant des belles heures

par M. L. L.

1911

EXPÉRIENCES ET ESSAIS

EXPÉRIENCES ET ESSAIS

Rapport sur le Concours de Moteurs utilisant des huiles lourdes

par MM. LUMET,

Directeur du Laboratoire de l'Automobile Club de France, et

AUCLAIR,

président du Comité de mécanique à l'Office national des Recherches et Inventions.

Ce concours a été organisé par le Comité Central de Culture Mécanique, en collaboration avec l'Office National des Recherches scientifiques et industrielles et des Inventions du Ministère de l'Instruction Publique, et avec le Laboratoire de la Commission technique de l'Automobile Club de France.

Ces essais ont été effectués en vertu des prescriptions de l'arrêté ministériel du 20 juin 1923 du Ministère de l'Agriculture. Ils ont eu lieu au Laboratoire de l'A. C. F., 80, boulevard Bourdon, à Neuilly, à partir du 1^{er} juin 1924.

Le contrôle des opérations a été effectué, en présence des membres du Comité Central de Culture Mécanique, par le personnel de l'Office des Recherches scientifiques et le personnel du Laboratoire de l'A. C. F.

Le règlement du concours précisait les conditions dans lesquelles les opérations seraient faites.

Les constructeurs avaient la faculté de mettre à la disposition du Comité leurs appareils de freinage nécessaires aux mesures prévues au règlement; ces appareils de freinage étaient, soit des freins de Prony qui ont été contrôlés par le personnel chargé des essais, soit des dynamos qui ont été étalonnées à l'Office des Inventions. Les appareils électriques ont été eux-mêmes l'objet d'une vérification, soit que cette vérification ait été faite par l'Association des Propriétaires de machines à vapeur et jugés suffisants, soit qu'elle ait été faite par les services de l'Office des Inventions.

Cinq moteurs ont été présentés aux essais : ce sont :

Un moteur « Nouvelet-Lacombe (Gardner) », un moteur « S.M.I.M. », un moteur « Hindl », un moteur « Thomson-Houston », un moteur « Renault » type 10 chevaux et un moteur « Renault » type 40 chevaux.

Les caractéristiques de ces moteurs sont données dans le tableau joint au présent rapport.

Les moteurs Nouvelet-Lacombe, Hindl et Thomson-Houston ont utilisé l'huile d'arachide, le moteur Renault type 40 chevaux a utilisé l'huile de colza; les moteurs S.M.I.M. et Renault type 10 chevaux ont utilisé l'huile de schiste.

L'article 3 du règlement classait les moteurs en trois catégories, d'après leur poids par cheval, et leur puissance. C'est ainsi que les moteurs, conformément à cet article, ont été classés de la façon suivante :

1^{re} catégorie : Moteurs pour la Motoculture, dont le poids par cheval-vapeur est inférieur à 25 kg.

Aucun moteur n'a été présenté dans cette catégorie.

2^o catégorie : Moteurs agricoles, semi-fixes, d'un poids inférieur à 80 kilogrammes :

Les moteurs S.M.I.M. et Renault type 10 chevaux ont été classés dans cette catégorie.

Il est à remarquer que ces deux moteurs ont utilisé l'huile de schiste. Le moteur Renault pèse 80 kg. 46 par cheval; il devrait donc normalement être classé dans la catégorie des moteurs fixes puisque son poids par cheval dépasse 80 kilogrammes; toutefois, en raison du fait que le poids par cheval de 80 kg. 46 est très près de la limite imposée, en raison du fait que la vitesse de rotation du moteur est relativement élevée (825 tours par minute), en raison du fait également que ce moteur utilise le même combustible que le moteur S.M.I.M. de la même catégorie, il a semblé rationnel de l'admettre au bénéfice du classement dans la catégorie des moteurs agricoles semi-fixes.

3^o catégorie : Moteurs fixes sans limite de poids.

Les moteurs Nouvelet-Lacombe, Hindl, Thomson-Houston et Renault type 40 chevaux dont le poids dépasse 80 kg. par cheval, ont été classés dans la catégorie des moteurs fixes sans limite de poids.

Dans chacune des trois catégories, les moteurs devaient être répartis en trois sous-catégories d'après leur puissance. C'est ainsi que le classement en catégories et sous-catégories a pu être établi de la façon suivante :

1^{re} catégorie : Moteurs pour la motoculture, dont le poids par cheval est inférieur à 25 kilogrammes.

Aucun moteur n'a été présenté dans cette catégorie.

2^o catégorie: Moteurs agricoles, semi fixes, d'un poids inférieur à 80 kilogrammes.

Sous-catégorie A : Moteurs d'une puissance de 1 à 10 chevaux.

Le moteur Renault, qui a développé 8 chevaux 948 est classé dans cette catégorie.

Sous-catégorie B: Moteurs d'une puissance de 10 à 25 chevaux:
Le moteur S. M. I. M., qui a développé 15 chevaux 84, est classé dans cette catégorie.

3^e catégorie: Moteurs fixes sans limitation de poids.

Sous-catégorie A: Moteurs d'une puissance de 1 à 10 chevaux:
Le moteur Hindl, qui a développé 8 chevaux 01, est classé dans cette catégorie.

Sous-catégorie B: Moteurs d'une puissance de 10 à 25 chevaux:
le moteur Nouvelet-Lacombe, qui a développé 15 chevaux 223, et le moteur Thomson-Houston, qui a développé 16 chevaux 065, sont classés dans cette catégorie.

Sous-catégorie C: Moteurs d'une puissance de 25 à 40 chevaux:
Le moteur Renault, qui a développé 36 chevaux 21, est classé dans cette catégorie.

Dans chacune des catégories, les moteurs ont fait l'objet d'un classement d'après le nombre de points obtenus par chacun d'eux; celui qui a obtenu le nombre de points le plus bas étant classé premier, d'après les formules servant de base au classement spécifiées à l'article 7 du règlement.

Le classement établi d'après ces formules est le suivant:

1^{re} catégorie: Aucun moteur n'a été présenté.

2^e catégorie: Moteurs semi-fixes d'un poids inférieur à 80 kilogrammes:

Sous-catégorie A: 1^{er} Moteur Renault, type 10 chevaux.

Sous-catégorie B: Puissance de 10 à 25 chevaux: 1^{er} Moteur S. M. I. M.

3^e catégorie: Moteurs fixes sans limitation de poids.

Sous-catégorie A: 1^{er} Moteur Hindl.

Sous-catégorie B: 1^{er} Moteur Nouvelet-Lacombe; 2^e Moteur Thomson-Houston.

Catégorie C: 1^{er} Moteur Renault, 40 chevaux.

Il a paru intéressant de comparer tous les moteurs en faisant abstraction de leur poids et en ne retenant comme facteur de classement que les chiffres de consommation à pleine charge et à demi-charge.

Les moteurs sont classés, dans ces conditions, ainsi qu'il suit:

1 ^o Hindl	27,85	Points
2 ^o Nouvelet Lacombe	31,70	»
3 ^o S. M. I. M.	39,66	»
4 ^o Thomson Houston	40,75	»
5 ^o Renault 40 chevaux	41,80	»
6 ^o Renault 10 chevaux	50,40	»

MOTEURS A HUILE. CONCOURS 1924

Caractéristiques des Moteurs et Résultats des Essais au Laboratoire de L.A. C. F.

Désignation des Concurrents et Moteurs	Nouvelet-Lacombe Moteur Gardner cycle à 4 temps	S. M. I. M. cycle à 2 temps	Hindl cycle à 4 temps	Thomson Houtson cycle à 2 temps	Renault 10 CH. cycle à 2 temps	Renault 40 CH. cycle à 2 temps
Alésage en m/m.....	216	200	140	225	140	325
Course en m/m.....	406,5	240	231,5	240	120	340
Nombre de cylindres (et position).....	1 horizontal	1 vertical	1 vertical	1 vertical	1 vertical	1 vertical
Puissance moyenne	45,223	45,84	8,01	16,065	8,948	36,21
constatée en Ch.	7,674	8,02	4,095	7,87	4,904	19
Nombre de tours par minute	242,3	444,9	478,1	451,4	825,8	336,3
(moyenne pour la durée de l'essai)						
Chevaux-heures	244,3	450,4	488,8	450,5	837,7	337,4
Huile combustible employée pendant les essais	76,113	79,20	40,05	80,325	44,74	181,05
Consommations	38,372	40,09	20,475	39,35	24,54	95
spécifiques	Arachide	Schiste	Arachide	Arachide	Schiste	Colza
(au cheval	0,2733	0,2775	0,2534	0,3575	0,3678	0,376
heure)	0,361	0,3836	0,3038	0,4584	0,472	0,4604
en kg.	33,634	44,29	18,96	19,94	39,27	30,130
	46,91	49,89	24,97	14,85	31,785	32,53
		0,0727	inappréciable	Eau d' injection	0,00525	0,0344
	0,0115	0,0463	inappréciable	0,0336	0,00815	0,0493
Compression volumique.....	10,75	8,2	13,80	11,3	10,1	10,07
du moteur proprement dit.....	1833	968	1256	»	»	3,050
Poids en kg. (du moteur complet en état de marche	2530	1245	1332	1375	720	5,937
(du cheval (pleine charge).....	166,2	78,6	166,3	86,6	80,46	164
Volume de la chambre de compression, en lit..	1,525	1,039	0,278	0,758	0,372	

Les résultats de ce concours ont été particulièrement intéressants par la régularité de marche de tous les moteurs.

L'article 7 du règlement comportait, en effet, des points de pénalisation pour incidents de marche et pour encrassement du moteur ou entraînement des combustibles dans l'huile de graissage.

Il est à remarquer qu'aucun point de pénalisation n'a dû être attribué.

Rapport sur les expériences exécutées dans les départements, en 1924, concernant les Tracteurs munis de gazogènes au bois et au charbon de bois.

Par M. G. COUPAN,

Ingénieur agronome,

Professeur de Génie rural à l'Ecole Nationale d'Agriculture de Grignon.

La caractéristique principale des expériences auxquelles le Comité Central de Culture Mécanique a procédé en 1924 a été la longueur de la période pendant laquelle le contrôle du fonctionnement des appareils a été exercé.

Il ne s'agissait plus tant, en effet, de déterminer le prix de revient des travaux agricoles accomplis au moyen de tracteurs agencés de manière à fonctionner au « Gaz des Forêts » (gaz pauvre obtenu au moyen de combustibles, charbon de bois ou mélange de bois et de charbon de bois, que fournissent les résidus des coupes), que de constater si les gazogènes portatifs actuellement offerts par l'industrie épurent suffisamment le gaz qu'ils produisent pour que les moteurs ne subissent pas de dommages sensibles du fait de la substitution de ce carburant économique aux essences et pétroles divers, pour l'emploi desquels lesdits moteurs ont été combinés. Bien des spécialistes pensaient, en effet, lors des expériences effectuées en 1923 à Essonnes, que le faible prix de revient du cheval-vapeur, confirmé, une fois de plus, par ces essais, serait largement compensé par l'encrassement rapide des organes essentiels des moteurs et, plus encore, par l'usure exagérée que ne manqueraient pas de provoquer, sur la paroi des cylindres, sur les segments, sur les sièges et portées des soupapes, les particules plus ou moins siliceuses entraînées lors de l'aspiration.

Il était donc d'une extrême importance de rechercher si, en dépit des perfectionnements apportés tout récemment aux organes épurateurs adjoints aux gazogènes proprement dits, l'entraînement des poussières restait suffisamment intense pour que les très sérieux inconvénients signalés ci-dessus conservassent une importance de nature à nous détourner de l'emploi de combustibles économiques,

abondants et indéfiniment renouvelables. Des expériences faites dans les conditions normales de la pratique agricole et aussi prolongées que possible, pouvant seules renseigner à cet égard, le Comité Central de Culture Mécanique n'a pas hésité à les entreprendre; les Offices agricoles de la Côte-d'Or et de l'Indre ont bien voulu participer à l'organisation et à l'exécution de ces essais qui, indépendamment du but primordial ci-dessus défini, devaient permettre de préciser dans une certaine mesure, en ce qui concerne les prix de revient, les résultats des expériences précédentes.

Nous n'exposerons pas ici dans tous leurs détails les très nombreuses constatations auxquelles ont procédé, d'un côté M. Artus, membre du Comité, dans sa belle exploitation d'Epiais (Seine-et-Oise), d'autre part, sous notre direction, M. Mer, Ingénieur-agronome, Elève-Ingénieur du Génie rural, en Côte-d'Or, et M. Devaux, Ingénieur agricole, dans l'Indre; il nous suffira de les résumer par nature d'opérations effectuées. Mais il nous sera permis d'adresser à nos deux collaborateurs, à la fois nos remerciements et nos félicitations pour le zèle et l'intelligence dont ils ont fait preuve et pour la conscience avec laquelle ils ont contrôlé les travaux dans des conditions souvent difficiles et presque toujours pénibles.

On trouvera ci-dessous des indications concernant les prix de revient. Ceux-ci ont été établis en prenant comme bases des prix nettement supérieurs aux valeurs courantes actuelles, de manière à tenir compte, dans la mesure du possible, des frais de transport, de magasinage, de manutention, etc., qui grèvent toujours les matières à employer, quelles qu'elles soient. Ainsi nous avons adopté pour prix unitaires:

Essence.....	1 fr. 75 par litre
Charbon de bois....	400 fr. par tonne.
Bois tronçonné en fragments de 5 c/m.	100 fr. —

Les prix ainsi établis devront être considérés, par suite, comme des maxima pour l'époque actuelle; nous indiquerons chaque fois les poids ou volumes correspondants, de manière qu'il soit facile à chacun de les modifier, d'après les circonstances locales. Il est certain, d'autre part, que la dépense unitaire sera notablement abaissée le jour, très prochain, pensons-nous, où l'agriculteur pourra préparer lui-même, au moyen d'appareils simples, le charbon dont il aura besoin, en utilisant tous les déchets de bois, dont il est actuellement embarrassé, ou trouver à proximité de son exploitation ce combustible fabriqué sur la coupe même, dans des carbonisateurs transportables, tels que ceux dont la Semaine de Buc a permis d'examiner divers modèles.

TABLEAU I. — *Tracteur Delievin, 25 C. V. Gazogène E. T. I. A.*

Nature des travaux	Caractéristiques.	Quantités travaillées	Durées totales		Consommation		Dépenses en combustibles	
			des opérations	des périodes de travail effectif	Charbon de bois	Essence	totale	par hectare
			(jours)	(heures)	kg	litres	fr.	fr.
Labou- rage à 10 cm.	Charrue 3 corps de 1 ^m de largeur. Terre argi- lo-siliceuse, sèche, chaume de blé. Rayage 180 ^m	3,46	1, 3/4	9 45	165	5	74,75	24,60
	Charrue 8 corps de 2 ^m de largeur. Terre argi- lo-siliceuse, fraîche, chaume de blé. Raya- ge 250 ^m	7,50	2, 1/2	15 0	255	7	144,25	15,23

Les Tracteurs à gazogène contrôlés en 1924 sont:

1° Le Tracteur Delieuvain, moteur de 25 CV, gazogène E. T. I. A., fonctionnant au charbon de bois, exploitation de M. Artus, à Epiais (Seine-et-Oise).

2° Le Tracteur à chenilles Renault, moteur à 4 cylindres 100 × 150, gazogène système Renault, fonctionnant au charbon de bois, exploitation de M. Remondet, à La Forgeotte, par Nuits-Saint-Georges (Côte-d'Or).

3° Le Tracteur Titan, moteur à 2 cylindres 190 × 203, gazogène système Société Française de Matériel Agricole et Industriel de Vierzon, fonctionnant avec un mélange de bois tronçonné et de charbon de bois. Cet appareil, appartenant à M. Chanteau, entrepreneur de battage et de labourage, à Paudy (Indre), a fonctionné chez de nombreux agriculteurs des environs de cette localité, à l'entreprise.

Nous résumons ci-dessous, pour chacun de ces appareils, les résultats obtenus et les conclusions qu'on est en droit de tirer des expériences.

I. — TRACTEUR DELIEUVIN. — GAZOGÈNE E. T. I. A.

Nous reproduisons, dans le tableau ci-contre, les constatations faites par M. Emile Artus, à Epiais (*Tableau I*).

II. — TRACTEUR RENAULT. — GAZOGÈNE RENAULT

Le gazogène est du même type que celui qui est employé sur les camions Renault expérimentés pour le compte de l'autorité militaire. Il comporte un échangeur de température et, pour l'épuration, un filtre à toiles métalliques juxtaposées, un épurateur à huile, formé de nombreuses spirales métalliques placées dans trois paniers superposés, puis un épurateur centrifuge à enveloppe humidifiée par l'eau et, enfin, un séparateur d'eau entraînée.

Par suite d'une avarie, dont on n'a pu constater l'existence qu'en démontant le gazogène à l'usine même, après la fin des essais, le moteur a fonctionné dans des conditions tout à fait anormales et défectueuses et n'a pas pu, en général, développer la puissance qu'il est normalement capable de fournir. Les chiffres ci-dessous ne sont, par suite, donnés qu'à titre de renseignement et ne doivent pas être considérés comme de nature à fournir une appréciation sérieuse sur la valeur de la machine.

La consommation du gazogène, en veilleuse, pendant la nuit, soit en 12 heures (de 19 h. à 7 heures) est, en moyenne, de 10 kg. Une constatation, portant sur le fonctionnement en veilleuse du samedi 19 heures au lundi 7 heures, soit 36 heures, a révélé une consommation de 30 kg, chiffre rigoureusement conforme à la moyenne ci-dessus.

La préparation normale du gazogène après le repos de la nuit, consistant en nettoyage du filtre dépoussiéreur et décrassage du foyer, ainsi que de la chambre d'aspiration d'air qui entoure la cuve, prend de 15 à 18 minutes. Le remplissage, l'allumage, le soufflage et le départ à l'essence exigent 15 minutes, dont 7 à 10 pour le soufflage. Lorsqu'il a fallu nettoyer, en outre, l'échangeur de température et l'épurateur à huile, l'opération totale a exigé de 1 h. 15 à 1 h. 50.

Le charbon de bois utilisé, qu'on s'était procuré sur place, était à la fois léger et très humide. Sans doute avait-il été insuffisamment abrité contre la pluie avant d'être livré. Il en est résulté d'assez sérieuses difficultés de fonctionnement, qui ont obligé à prolonger le soufflage, afin d'assécher le combustible contenu dans la cuve et, parfois, à ne pas garnir d'eau la chaudière du gazogène. Cette humidité excessive a fréquemment nui au fonctionnement du moteur, qui ne développait qu'une puissance insuffisante, bien qu'il fût du même type que celui qui a donné de bons résultats lors des essais d'Essennes. Pour le même motif, sans doute, il n'a pas toujours été possible d'alimenter en eau l'épurateur centrifuge, dont la turbine a, par suite, continué à tourner en absorbant une certaine portion de la puissance développée sans néanmoins produire aucun effet utile.

Il convient, par conséquent, d'appeler l'attention sur les inconvénients sérieux que peut présenter l'emploi d'un charbon de bois mal conservé. Il résulte, en effet, d'autres constatations, que la densité du charbon et même le plus ou moins de perfection de la carbonisation ne paraissent pas exercer une grande influence, au contraire, la quantité d'eau que ce charbon a pu absorber joue, comme nous venons de le montrer, un rôle très important. Nous n'avons pu élucider si l'excès d'humidité provenait, dans le cas présent, de mouillage direct par la pluie ou d'une sorte de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air (la période où ont eu lieu les essais ayant été très pluvieuse) à l'intérieur des conduits capillaires du charbon; nous pensons toutefois, les sacs de charbon ayant été empilés, à la ferme de Citeaux, sous un hangar fermé de trois côtés, que le combustible avait été livré très humide, n'avait pas pu sécher, et qu'avec les précautions voulues, faciles à pren-

dre même dans une exploitation agricole, les ennuis dont ces expériences ont révélé la possibilité seront aisément évités.

Le moteur a été démonté au cours des expériences; les cylindres étaient lisses, les segments ne présentaient qu'un léger jeu. Par contre, on a constaté au voisinage des soupapes un dépôt assez abondant dont l'aspect gras donne à penser qu'il provient en grande partie de l'huile de l'épurateur qui, entraînée par le courant gazeux, n'a pas trouvé dans les cylindres des conditions favorables à sa combustion complète et s'est partiellement décomposée au voisinage de l'échappement.

Dans les circonstances où le moteur a fonctionné à peu près normalement, le tracteur a développé les efforts suivants:

En labourage, de 700 à 1.200 kg. à des allures variant de 3 kilomètres 300 à 3 km. 600 à l'heure.

En pulvérisage, 850 kg. à l'allure de 3 km. à l'heure.

Les puissances utilisables, calculées d'après les moyennes des constatations effectuées train par train, sont les suivantes:

En labourage : 10,6 à 13,3 CV.

En pulvérisage: 11,3 CV.

Voici, d'autre part, le résumé des constatations effectuées lors du labour à 0 m. 15 de profondeur d'une pièce de 3 hectares 50, en sol silico-argileux, ayant déjà été labourée, hersée et pulvérisée (jachère): charrue à 4 corps de 1 m. de largeur d'action:

Temps réel de travail.....	41 h. 53 m.		
Consommation	{ Charbon.....	250 kg	valant 100 fr. 00
	{ Essence.....	15 l. 500	— 27 fr. 15
	{ Huile.....	4 l. 750	— »
Dépense d'eau	{ Chaudière... 27 litres	} 38 l. 000	}
	{ Epurateur... 7 litres		
	{ Radiateur... 4 litres		
Total des dépenses en combustibles...		127 fr. 15	
soit, par hectare.....		36 fr. 33	

L'ensemble des constatations effectuées sous le contrôle du Comité Central de Culture Mécanique est reproduit dans le tableau ci-après (*Tableau II*).

III. — TRACTEUR TITAN. — GAZOGÈNE VIERZON

Le Moteur du tracteur Titan, type 10-20, comporte deux cylindres et son régime normal est d'environ 500 tours-minute. Ainsi que nous l'avons dit ci-dessus, la Société Française de Matériel agricole et industriel a remplacé les cylindres et les pistons par d'autres de

TABLEAU II. — *Tracteur à chenilles Renault — Gazogène Renault*

Nature des travaux	Caractéristiques	Quantités travaillées <i>Hectares</i>	Durées totales		Consommation Charbon de bois (Kilogs)	Essence (Litres)	Dépense en combustibles		Consommation en huile (Litres)
			des opérations (jours/n)	du travail effectif (H. M.)			(H. M.)	des déplacements	
<i>Labourage</i> à 11 cm. à 14-15 cm. à 13 cm.	Charrue 4 corps, 1 m. de largeur. Terre argilo-siliceuse fraîche, chaume de blé. — Pente de 3 %. — Rayages de 300 m. — Effort moyen de traction, 1000 kg. Même charrue, terre silico-argileuse en jachère cultivée. — Pluies abondantes. — Effort moyen de traction 750 kg. Même charrue, terre argilo-siliceuse assez forte, en très bon état.	0,36	1 20	—	30	0.500	12.87	35.75	0.300
		3,50	11 53	—	250	45.500	127.15	36.33	4.750
		2,50	9 47	0 20	210	40.750	102.81	44.12	3.500
<i>Pulvérisage</i> à 10 cm. environ à 6 cm.	Terre argilo-siliceuse très enherbée. Pulvériseur-tandem à 40 disques, 3 m. 50 de largeur efficace, surchargé de 160 kg. — Effort moyen de traction 650 kg. Terre argilo-siliceuse forte, en bon état, même pulvériseur surchargé de 360 kg. — Effort moyen de traction 850 kg.	1,54	3 55	0 40	60	1.500	26.62	17.28	—
		4,45	4 5	1	70	—	—	—	—
<i>Pulvérisage et hersage simultanés</i>	Terre argilo-siliceuse en bon état, même pulvériseur, surchargé de 80 kg. Herse à 60 dents.	7	14	—	210	10.750	102.81	14.70	2.750
		14,73	23 39	—	407	12	183.80	12,48	6
<i>Moisson</i>	Avoine courte, peu dense.								

plus grand diamètre, sans rien changer aux culasses ni à l'arbre-manivelle et aux bielles. Les caractéristiques comparées du moteur normal et du moteur transformé sont:

	ALÉSAGE	COURBE	COMPRESSION VOLUMÉTRIQUE
Moteur normal.....	165	203	4,2
Moteur transformé.....	190	203	4,6

Le gazogène est installé, sur le tracteur Titan, en avant du moteur. La répartition des poids, en ordre de marche, est la suivante:

	RÉPARTITION DU POIDS		
	POIDS TOTAL	ESSIEU AV	ESSIEU AR
Tracteur normal.....	3032 kg	1015 kg	2017 kg
Tracteur avec gazogène.	3357 kg	1242 kg	2115 kg
Différences.....	325 kg	227 kg	98 kg

Au cours d'un essai dynamométrique exécuté sur une terre argilo-calcaire (densité 1,936), très caillouteuse, couverte d'un chaume de blé, en remorquant une charrue Oliver à 3 corps de 12 pouces, la longueur des rayages étant de 155 m., nous avons constaté que les puissances moyennes utilisables étaient:

Tracteur normal fonctionnant au pétrole, 13,81 CV.

Tracteur transformé fonctionnant avec gazogène (1), 11,28 CV.

Pour nous rendre compte de l'influence du gazogène sur la résistance au roulement, nous avons procédé à un essai dynamométrique spécial, en faisant remorquer alternativement chacun des deux tracteurs, moteur débrayé, par l'autre. Malheureusement, nous n'avons pas pu équiper les roues motrices des deux appareils avec des cornières d'adhérence identiques. Le tracteur normal, à pétrole, était muni de 32 cornières (16 par roue), de 510 mm. de longueur, ailes de 60×60×5; le tracteur à gazogène avait un nombre égal de cornières de même échantillon, mais de 400 mm. de longueur. Le champ, très uniforme, où nous avons opéré, présentant une pente assez accentuée, nous avons fait faire aux deux tracteurs deux parcours parallèles de même longueur, en allant et en revenant. Les efforts moyens de traction relevés au dynamomètre ont été :

Pour le tracteur normal, à pétrole..... 454 kg.

Pour le tracteur à gazogène..... 541 kg.

Aux allures constatées lors de l'essai de labourage ci-dessus, ces efforts de roulement correspondent aux absorptions de puissance suivantes:

(1) Au cours de la même expérience, la puissance utilisable maxima que nous avons constatée était de 12 C.V.

Tracteur normal, à pétrole.....	4,86 CV
Tracteur à gazogène.....	5,42 CV

La différence est donc de 0,56 CV; on peut admettre que, dans les conditions de l'expérience, elle n'eût pas été beaucoup plus considérable avec des cornières de même longueur sur les deux tracteurs, et qu'en tout cas elle n'eût pas atteint 1 CV.

L'évaluation approximative de la puissance fournie par les moteurs, au cours de l'expérience, obtenue par addition des puissances utilisées et des puissances absorbées par le roulement et autres frottements, donne, par suite :

Tracteur normal, à pétrole..	$13,81 + 4,86 = 18,67$ CV
Tracteur à gazogène.....	$11,28 + 5,42 = 16,72$ CV

La perte de puissance due au gaz pauvre serait, par suite, de 10,5 % pour le moteur seul et, en ce qui concerne la puissance utilisable, compte tenu de l'influence du poids du gazogène, de 18,4 %. Toutefois, il convient de remarquer, qu'en appliquant l'une des formules les plus usitées pour l'évaluation de la puissance des moteurs fonctionnant à *l'essence*, on obtiendrait, à 500 tours, 20 CV. pour le moteur normal de 165 × 203, et 28 CV pour le moteur suralésé de 190 × 203. Par rapport à ce dernier chiffre, la perte de puissance apparaîtrait comme voisine de 40 %, mais il est juste de noter que l'accroissement de compression volumique résultant de la transformation du moteur est très faible. Quoi qu'il en soit, le procédé adopté par la Société Française de Matériel Agricole et Industriel, bien que ne correspondant pas à la meilleure utilisation possible du gaz pauvre, permet néanmoins, tout en n'entraînant que le minimum de dépenses de transformation, de rendre la puissance du tracteur à gazogène assez voisine de celle du tracteur ordinaire à pétrole, pour qu'au cours de nos expériences nous ayons pu substituer à tout moment, en plein travail, le premier au second sans le moindre inconvénient et sans que le tracteur à gazogène se soit jamais montré incapable de continuer l'opération commencée avec le tracteur à pétrole.

Le volant de puissance disponible est évidemment un peu moindre avec le gaz pauvre qu'avec le pétrole, mais nous insistons sur le fait que l'adaptation du moteur au nouveau combustible était bien loin d'être complète.

Le Tracteur Titan, avec gazogène Vierzon, a fonctionné pendant plus de trois mois (début de juin à mi-septembre 1924), sous le contrôle tant de l'Office Agricole de l'Indre que du Comité Central de Culture Mécanique. Ce dernier contrôle a été prolongé sans in-

terruption pendant sept semaines; au début (29 et 30 juillet), les articulations de pied de bielle présentant un peu de jeu, on a profité du mauvais temps pour démonter le moteur et corriger ce défaut; on a constaté un léger dépôt sur les fonds de piston. Le 12 septembre, après avoir achevé nos expériences et fait démonter les culasses du moteur, nous avons trouvé les cylindres et les portées de soupapes intacts, les dépôts sur les pistons et fonds de culasses pas plus importants que ceux qui se produisent après un fonctionnement à l'essence de durée équivalente.

Nous pensons donc pouvoir conclure de ces expériences que, malgré l'absence de tout lavage à l'eau ou à l'huile, l'épuration du gaz est suffisante pour dissiper toute crainte d'usure prématurée des moteurs.

Le nettoyage de l'épurateur, qui ne comporte, on le sait, qu'un faisceau tubulaire et une boîte d'aspiration garnie de paille de fer, est, du reste, facile. On y a procédé le 24 août, de 8 à 10 heures du matin. D'après M. Chanteau, c'était la première fois qu'on le nettoyait depuis la mise en service du tracteur (fin mai), lequel avait accompli, avant l'installation du contrôle permanent, 35 hectares de défrichement en terrain très difficile, et quelques hectares de moisson. L'opération comporte, pour le faisceau tubulaire, le démontage et le remontage de deux joints, puis le ramonage des tubes avec un écouvillon; pour la boîte, l'ouverture d'une porte, le secouage du paquet de paille de fer, et la remise en place de ces éléments. On n'a retiré qu'une poussière noire très fine et très sèche, sans aucune trace de substance goudronneuse ou grasse, ni d'humidité condensée.

Nous résumerons ci-dessous les principales constatations effectuées au cours des essais, en les présentant par natures d'opérations. Nous rappellerons, auparavant, que le contrôle a porté sur des travaux accomplis à l'entreprise, pour le compte de particuliers; les prix de revient correspondront donc aux dépenses réelles engagées par l'entrepreneur, M. Chanteau, et non aux consommations minima qu'on pourrait obtenir avec l'appareil tel qu'il est actuellement établi; c'est ainsi que, dans bien des cas, et notamment lors des battages, on dépensait plus d'essence qu'il ne l'eût strictement fallu, parce que, pour ne pas laisser inoccupé un personnel souvent important, on fonctionnait à l'essence avant que le gaz fût complètement prêt. Par contre, nous avons compté le charbon de bois au prix d'achat indiqué dans le préambule de ce rapport, alors que M. Chanteau utilisait un charbon « roux » fabriqué par lui-même avec un appareil de son invention et dont le coût était bien inférieur au chiffre adopté par nous. Ce charbon entrait pour un tiers, environ, dans

la composition du mélange alimentant le gazogène.

La consommation en veilleuse, pendant la nuit, a oscillé entre 10 et 27 kg., avec une moyenne de 17 kg., chiffre tout à fait comparable à celui que nous avons constaté à Essonnes en 1923 (16 kg. 200).

Les opérations de décrassage du cendrier, de rechargement après la nuit, et de soufflage prennent de 15 à 20 minutes. Mais on abrège souvent cette durée en lançant le moteur à l'essence et en fonctionnant moitié au gaz incomplètement prêt, moitié à l'essence, pendant une dizaine de minutes.

1° Opérations de moisson

Accomplies chez M. Rogier, ferme de Serennes, commune de Diou, par Reuilly (Indre), du 26 juillet au 1^{er} août inclusivement, avec 2 lieuses Deering New-Ideal de 2 m. 10 de coupe. On a moissonné ainsi 10 hectares 60 d'avoine et 18 hectares 63 d'orge, soit, au total, 29 hectares 23.

Le mauvais temps a interrompu le travail pendant deux journées entières. Le temps de travail effectif a été de 31 h. 8 m., celui des déplacements, 40 m.; en tout, 31 h. 48 m. Le mélange versé dans le gazogène contenait 33,5 % de charbon de bois.

Consommations correspondantes:

Mélange: 542 kg. dont	} Charbon.. 181 kg 6	valant	72 fr. 65
Essence.....	5 l. 750	—	10 fr. 05
Huile.....	24 l. 660	—	»
Graisse.....	0 kg 730	—	»
Eau de refroidissement.....	355 l.	—	»
Dépenses totales en combustible.....			118 fr. 75
soit par hectare.....			4 fr. 06

2° Opérations de labourage

Accomplies, dans la même exploitation que ci-dessus, du 4 au 9 août. Pièce en forme (peu favorable) de triangle rectangle, de 6 hectares 64 de superficie, dont 4 hectares 35 en chaume de trèfle incarnat et 2 hectares 29 en chaume d'avoine. — Terre argilo-calcaire fortement caillouteuse, travaillée avec une charrue Oliver à 3 corps de 12 pouces. — Façon exécutée en planches de 40 à 45 m. de largeur, à 14—18 centimètres de profondeur pour la première partie (chaume de trèfle), et en planches de 35 à 40 m. de largeur, à 12—16 centimètres de profondeur, pour la seconde. Le gazogène était alimenté avec un mélange contenant 35,7 % de charbon de bois.

Durée du travail effectif: 40 h. 20 m.; des déplacements: 53 m.

Consommations correspondantes:

Mélange: 735 kg, dont	} Charbon.. 262 kg 4	valant	104 fr. 95
Essence.....	7 l. 640	—	43 fr. 35
Huile.....	35 l. 370	—	»
Graisse.....	0 kg 250	—	»
Eau de refroidissement.....	505 l.	—	»
Dépenses totales en combustibles.....			165 fr. 55
soit par hectare.....			24 fr. 93

3° *Opérations de battage*

Le tracteur a fonctionné, du 10 août au 11 septembre 1924, chez seize agriculteurs des environs de Paudy. Il conduisait une batteuse à grand travail, double nettoyage, de la Société Française de Matériel Agricole et Industriel, type n° 0, à laquelle était le plus souvent adjoint un lieur de paille Hornsby. — Le mélange employé dans le gazogène contenait de 30,4 à 35,9 % de charbon, la moyenne étant 33,18 %.

La durée totale du travail effectif a été de 228 h. 40 m.; celle des déplacements, 20 h. 37 m.; au total, 249 h. 27 m. de fonctionnement.

On a battu, en totalité, 2.439 quintaux de grains, répartis en:

Blé.....	957 qx	(rendement de 17 à 21 qx par hectare)
Orge.....	1.069 —	(— 18 à 22 — —)
Avoine d'hiver.....	159 —	} (— 15 à 22 — —)
— de printemps.	235 —	
Vesce.....	19 —	
	<hr/>	
	2.439 qx	

Consommations correspondantes:

Mélange: 3.940 kg, dont	} Charbon. 1.307 kg 3	valant	522 fr. 90
Essence.....	33 l. 410	—	58 fr. 45
Huile.....	173 l. 450	—	»
Eau de refroidissement.....	2.540 l.	—	»
Total des dépenses en combustibles.....			844 fr. 60
soit par quintal.....			0 fr. 346

Nous résumons, comme pour les deux appareils précédents, ces diverses constatations dans le tableau synoptique ci-après (*Tableau III*).

TABEAU III, — Tracteur "Titan" transformé, — Gazogène "Vierzon".

Nature des Travaux	Caractéristiques	Quantités travaillées	Durées totales			Consommations				Dépense en combustibles			Consommations en		
			des opérations	du travail effectif	des déplacements	Mélange	Charbon de bois	Bois tronçonné	Essence	Totale	Unitaire	huile	graisse	Eau	
		Hectares	jours	h. m.	h. m.	kg	kg	kg	fr. c.	fr. c.	litres	kg	litres	litres	
Labourage à 0 ^m 15 en moyenne	Sol argilo-calcaire extrêmement caillouteux et très sec. Sous-sol de calcaire dur à très faible profondeur. Charrue Olivier à 3 corps, 12 pouces. Chaumes de trelle incarnat et d'avoine.....	6,64	6	40 20	0 53	735	262,4	472,6	7,640	165,55	24,93	35,370	0,250	505	
Moisson	Avoine et orge. Tracteur remorquant 2 lieuses de 2 ^m 10 de coupe.....	29,23	5	31 8	0 40	542	181,6	360,4	5,750	118,75	4,06	24,660	0,750	335	
Battages	Batteuse Société Française N° 0, à grand travail, double nettoyage, botteuse Hornsby. Travail en petite culture. Récolte battues : Blé, orge, avoine et vesce.	2439	33	228 40	20 37	3940	1307,3	2632,7	33,440	844,60	0,346	173,450	»	2540	

CONCLUSIONS

La malencontreuse avarie survenue au gazogène Renault n'a pas permis de se rendre un compte exact de la valeur de cet appareil, dont l'épurateur est cependant très étudié et qui aurait dû donner, avec le tracteur agricole, des résultats comparables à ceux qui ont été enregistrés au cours des essais de l'armée. Les chiffres de consommation indiqués ci-dessus, d'après les constatations faites au cours des expériences, sont manifestement excessifs.

Deux des appareils contrôlés, sur trois, ont donné des résultats très satisfaisants. Les essais prolongés et très soignés, qu'il a été possible de faire sur le tracteur Titan, gazogène Vierzon, sont particulièrement intéressants, tant au point de vue des consommations qu'à ceux de la conservation des organes du moteur et de l'accroissement de puissance résultant d'une modification aussi sommaire que possible des cylindres.

Il est à souhaiter qu'au cours des expériences qui seront accomplies en 1925, un plus grand nombre de gazogènes puissent être étudiés par le Comité Central de Culture Mécanique, qui pourra vraisemblablement vérifier que, pour la plupart d'entre eux, l'épuration du gaz est suffisamment parfaite pour que les moteurs ne subissent aucun dommage. La possibilité d'obtenir des résultats satisfaisants avec des moteurs à marche rapide, alimentés au gaz pauvre, ne faisant désormais aucun doute, il ne restera plus qu'à établir des moteurs spécialement adaptés au fonctionnement au gaz, ce qui ne présente pas de difficultés techniques, pour que l'automobilisme et l'agriculture puissent tirer, par l'intermédiaire des gazogènes, tout le parti convenable de combustibles qui seront vraiment nationaux et éminemment économiques, le jour où une grande partie des agriculteurs pourront les fabriquer eux-mêmes, à temps perdu.

TABLE DES MATIÈRES

Arrêté ministériel instituant une exposition et un congrès des Carburants.	7
Exposition de Buc.	15
Congrès:	
Programme.	22
Procès-verbal.	23
Communications:	
M. le docteur Chauveau.	35
M. Roszak.	39
M. Kling.	58
M. Mailhe.	72
M. Goutal.	90
M. Guiselin.	97
M. Barbet.	168
M. Pierre Appell.	177
M. Lumet.	190
M. Auclair.	196
M. Gramme.	202
M. Le Monnier.	213
M. Artus.	222
M. du Boistesselin.	227
M. Huguet.	237
Rapports:	
Moteurs à huile.	245
Tracteurs à gazogènes.	250

CHALEUR & INDUSTRIE

Revue Mensuelle des Industries du Feu

5, Rue Michel-Ange, 5

PARIS (XVI^e)

TÉLÉPHONE : AUTEUIL 25-48, 11-37

R. C. Seine : 165.844

Administrateur-Délégué : P. COUTURAUD

Ingenieur des Arts et Manufactures.

CHALEUR & INDUSTRIE

Organe de la Société de Physique Industrielle

est à la fois

l'Œuvre commune et l'Organe des Techniciens de la Chaleur

Il a entrepris depuis de longs mois l'étude du problème des combustibles liquides considéré au point de vue français.

Les études et les documents qu'il a publiés depuis lors ont constamment tenu les lecteurs au fait de l'état dernier de la question.

“ CHALEUR ET INDUSTRIE ” met en vente le *Compte Rendu* du Congrès des Carburants (Octobre 1924) au prix de 15 francs.

Prix de l'abonnement : FRANCE : 50 fr. -- ÉTRANGER : 60 fr.

Le Compte Rendu du Congrès des Carburants sera remis gratuitement à tous les abonnés nouveaux, dont la souscription sera antérieure au 31 Janvier 1925.

FOURS A COKE

et Installations métallurgiques

Société Anonyme. Capital 7.000.000

Siège Social : 44, Rue du Louvre, PARIS (1^{er})

ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : *Gazéifag-Paris.*

TÉLÉPHONE : *Central 17-92*

Registre du Commerce Seine : N° 55.216

CONSTRUCTION DE FOURS A COKE

A récupération des sous-produits avec ou sans régénérateurs de chaleur à chauffage au gaz riche de fours à coke ou au gaz pauvre de gazogène ou de haut-fourneau.

Systemes brevetés de la Société des Fours à coke Semet-Solvay & Piette.

TRAITEMENT DES SOUS-PRODUITS

Installations complètes d'usines de récupération et de traitement de sous-produits : Goudron, ammoniacque, benzol. — Fabrication des produits purs.

GAZOGÈNES à grille mobile avec ou sans récupération de sous-produits.

RÉCUPÉRATION de la CHALEUR du COKE

Procédé SULZER produisant environ 300 kg. de vapeur par tonne de coke.

ENTREPRISE D'INSTALLATIONS A FORFAIT OU REMBOURSABLES PAR LES SOUS-PRODUITS

Production économique
d'eau distillée

pour

Centrales

EVAPORATEURS KESTNER

Concentration
de tous les liquides

7, rue de Toul - LILLE - Téléph. : { 906
207 Inter.

Qu'est-ce que le Sulfurophosphate ?

Depuis un certain temps, il est beaucoup parlé d'un nouvel engrais phosphaté, le Sulfurophosphate. Ce produit, qui présente son acide phosphorique sous la forme tricalcique, est obtenu par le traitement par le soufre des phosphates très finement pulvérisés.

De nombreux essais ont été effectués et il résulte que le Sulfurophosphate s'est montré, dans la plupart des cas, très nettement supérieur au superphosphate et dans les autres, aucune différence n'a été constatée avec ce dernier produit.

La question des engrais phosphatés est actuellement à l'ordre du jour car, depuis les travaux de Schloesing en France, du docteur Kanhauser en Allemagne, l'on s'est aperçu que le superphosphate redevenait insoluble dans le sol 48 heures après son enfouissement. Cette solubilisation est donc inutile puisqu'elle ne subsiste pas dans le sol et que les cultivateurs n'achètent pas un engrais soluble pour n'être soluble que dans le sac et insoluble dans le sol.

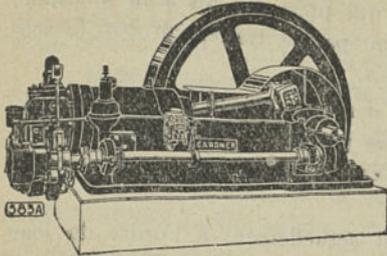
Comme d'autre part la France est tributaire de l'Etranger pour l'importation des pyrites nécessaires à cette solubilisation, nous aurions intérêt à éviter ce traitement coûteux du phosphate par l'acide sulfurique qui donnera un produit cher et acide et dont cette acidité devra être enlevée par des chaulages si l'on veut conserver à son terrain toute sa productivité.

Aussi ne saurions-nous trop engager les cultivateurs et les Groupements agricoles à multiplier les essais comparatifs de Sulfurophosphate, d'autant que les fabricants mettent gratuitement à la disposition des syndicats agricoles du Sulfurophosphate pour effectuer ces essais, lesquels ne peuvent être que profitable aux intérêts des cultivateurs puisque le sulfurophosphate est meilleur marché que le superphosphate et qu'il donne des résultats en culture bien supérieur.

Le Père ANTOINE.

MOTEURS GARDNER

A HUILES LOURDES



HORIZONTALS TYPE HF

(Diesel sans compresseur)

A DÉMARRAGE INSTANTANÉ

A FROID

ET

VERTICAUX A DEUX TEMPS

(Semi-Diesel)

P. LACOMBE, Ing. E. C. P. - 6 bis Rue Denis-Papin, ASNIÈRES
(Seine)

COMPAGNIE DES CHARBONS RECONSTITUÉS

31, Rue Tronchet, PARIS

Adr. Télégr. : RECONSTITUEUR-PARIS

Téléph. : LOUVRE 45-28 - Inter. 496

Economie et
Extension illimitée du Gazogène
grâce au
CHARBON DE BOIS RECONSTITUÉ
sans brai,
avec des liants nationaux

A qualité égale à la braisette
nos agglomérés NE FUMENT PAS et sont :

3 fois plus DENSES,

ABSORBENT 5 fois moins d'humidité atmosphérique,
RÉDUISENT l'encombrement des appareils et du
stockage de plus de 50 %,

ÉVITENT, lors du transport, tout poussier dû à la
friabilité du charbon de bois.

OFFICE CENTRAL DE CHAUFFE RATIONNELLE

LABORATOIRE

D'ESSAIS DE COMBUSTIBLES

5, Rue Michel-Ange, PARIS (16^e) — Tél. : AUTEUIL } 25-48
11-37

Tous Essais et Analyses de Combustibles
Solides, Liquides ou Gazeux
Étalonnage d'Appareils
Essais par Distillation à basse température
Exécution rapide des Essais

Demander le Tarif du Laboratoire

(Registre du Commerce n° 209.930 B-Seine)

LABORATOIRE DES HUILES MINÉRALES

P.-CH. PETROFF, Ingénieur-Chimiste E.I.L. DIRECTEUR

10, rue Cadet, PARIS (IX^e) — Tél. : BERGÈRE 44-69
R. C. Seine N° 32.908

Analyses des Huiles de graissage, combustibles liquides,
paraffines, asphaltes, goudron de houille et dérivés.

Études complètes de la carbonisation à basse température des schistes,
lignite et charbons bitumineux au laboratoire et en demi-grandeur avec
séparation, raffinage et analyse des sous-produits. Transformation des
-:- huiles lourdes en huiles légères. Vérification de brevets. -:-
Conseils. — Expertises. — Surveillance de fabrications

**SOCIÉTÉ DE MOTEURS A GAZ
ET D'INDUSTRIE MÉCANIQUE**

Société Anonyme au Capital de 12.500.000 francs
R. C. Seine 97-759

MOTEURS DIESEL & SEMI-DIESEL
A GAZ & A ESSENCE

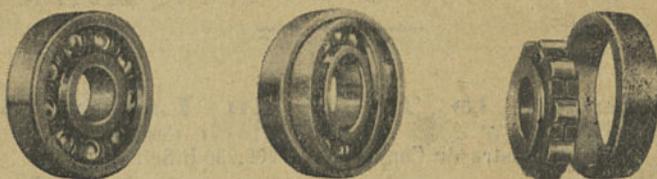
GAZOGÈNES - POMPES CENTRIFUGES
APPAREILS FRIGORIFIQUES "FIXARY"

Télégrammes :
OTTOMOTEUR-PARIS

SIÈGE SOCIAL :
Bureaux et Ateliers :
135, rue de la Convention
- PARIS -

TÉLÉPHONE :
SÉGUR { 36-08
74-13
74-14
74-15

"La CAM n'importe pas, elle fabrique!"



ROULEMENTS ET PALIERS

RBF

economisent: la force motrice et le lubrifiant

627 CAM 15 AVENUE DE LA 6^e ARMÉE PARIS

R. C. 128.842

Le
**Nitrate de Soude
du Chili**

est l'ENGRAIS AZOTÉ
favori du Cultivateur

PARCE QUE :



Il renferme 15,5 % d'azote nitrique,
la seule forme sous laquelle l'azote soit
immédiatement et complètement assimilable.

Son action est directe
et visible.

Il convient
toutes les cultures.

Son épandage est facile.

Pour renseignements agricoles, techniques, pratiques

Délégation Française des Nitrateurs
de NITRATE de SOUDE du CHILI

60, rue Taitbout, PARIS

Agences : Avignon, Agen, Bourges, Lyon, Nantes.

Envoi gratis et franco sur demande de brochures et notices agricoles

*Dans tous
les Pays du Monde*

PÉCHELBRONN
SOCIÉTÉ ANONYME D'EXPLOITATIONS MINIÈRES
Capital: 11 000 000 Francs
STRASBOURG

LA MINE FRANÇAISE DE PÉTROLE

CARBURANTS, PÉTROLE LAMPANT, GAS OILS,
HUILES DE GRAISSAGE, BRAIS, PARAFFINE

ENTREPRISE DE FORAGES

Vente de Matériel

GRANDS PRIX :

Exposition Nationale, Strasbourg, 1920
Exposition Coloniale, Marseille, 1922
Exposition Pasteur, Strasbourg, 1925