

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - http://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

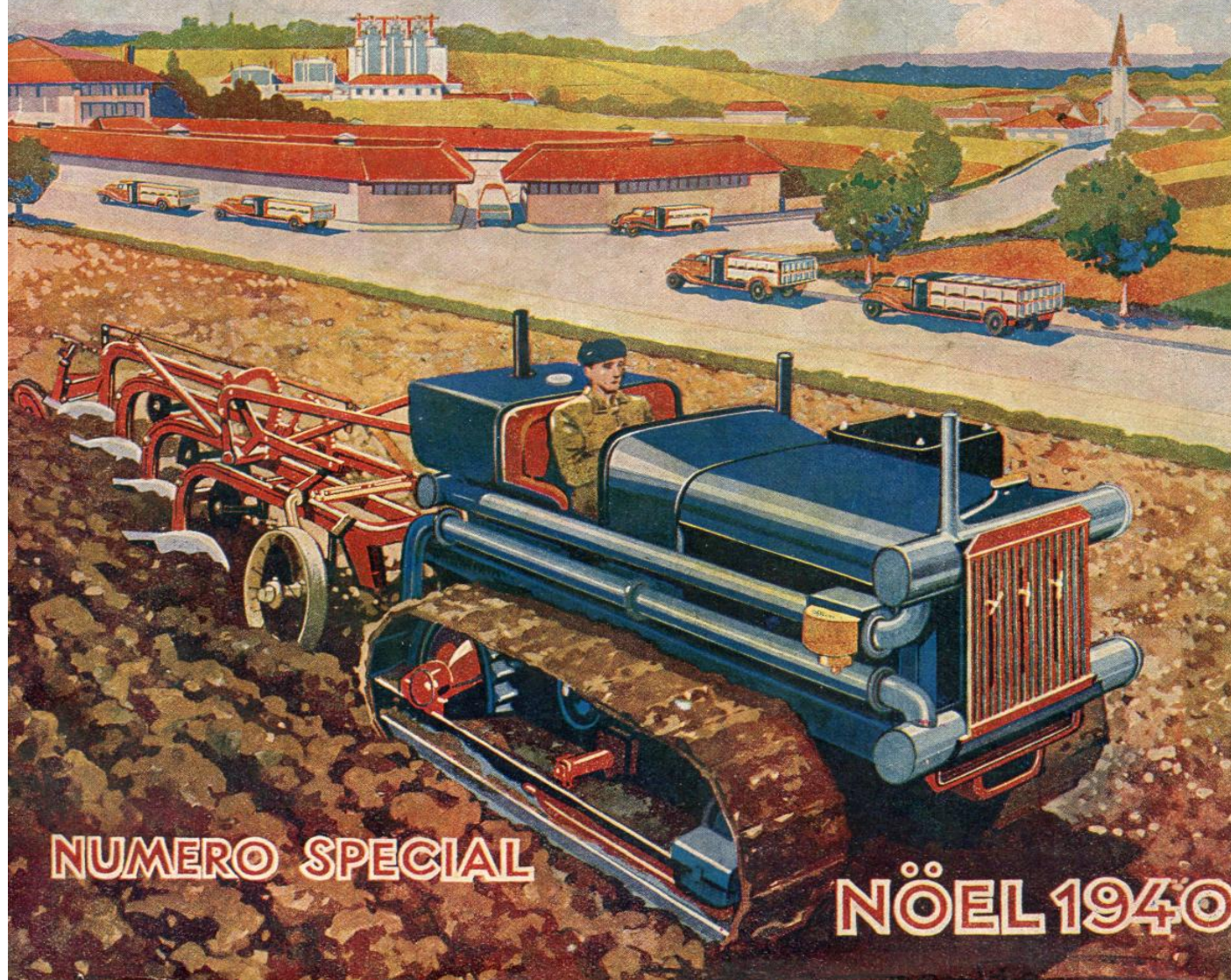
Notice de la Revue	
Auteur(s) ou collectivité(s)	La science et la vie
Auteur(s)	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Adresse	Paris : La science et la vie, 1913-1945
Collation	339 vol. : ill. ; 24 cm
Cote	SCI.VIE
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Note	À partir de février 1943, le titre devient "Science et Vie". La bibliothèque du Cnam ne possède pas de collection, la numérisation a été faite grâce au prêt de la collection privée de M. Pierre Cubaud.

Notice du Volume	
Auteur(s) volume	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Volume	Tome 58. n. 280. Décembre 1940
Adresse	Paris : La Science et la Vie, 1940
Collation	1 vol. ([XIV] p.-p.[187]-355) : ill., couv. ill. en coul. ; 24 cm
Cote	SCI. VIE 280
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/12/2019
Date de génération du PDF	05/12/2019
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.280

Décembre 1940

10 francs

la Science et la Vie



NUMERO SPECIAL

NÖEL 1940

ONIA

SULFATE D'AMMONIAQUE
NITRATE DE SOUDE
NITRATE DE CHAUX 15,5²
NITRATE D'AMMONIAQUE
AMMONITRE GRANULE
NITROPOTASSE
ENGRAIS COMPLETS



GOHIN-POULENC

LE GAZOGÈNE
DE FRANCE

Résultat de 20 ans de recherches
et de progrès constants, établi sur des
données **vraiment scientifiques,**

LE GAZOGÈNE GOHIN-POULENC

"POLYCOMBUSTIBLE"

est celui que vous adopterez pour tous
véhicules :

CAMIONS, TRACTEURS MOTEURS FIXES
et **FOURS DE TOUTE NATURE**
(Boulangerie, Foyers domestiques, Chauffage, etc.).

SPÉCIALISTE D'ADAPTATION DES TRACTEURS FORDSON

NOMBREUSES RÉFÉRENCES

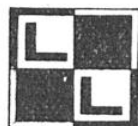
Agents monteurs dans toute la France

COMPAGNIE DES PROCÉDÉS
GOHIN-POULENC

6, Rue Thiers, **CHOISY-LE-ROI**
27, Boulevard Riquet, **TOULOUSE**

CEYBE, Publicité.

GAZOGÈNE
SABATIER-DECAUVILLE
 FOUR A CARBONISATION
LILLOISE-TRIHAN Fils



LA LILLOISE
 36, Rue Dubois, 36
LYON

AGENTS RÉGIONAUX
 et CENTRES DE MONTAGE
 DANS TOUTE LA FRANCE
 (Adresses sur demande)

CEYBE publicité

AUTOCARBONE

Le matériel rationnel de carbonisation

Fours continus, vases clos produisant une tonne de charbon par 24 heures. Rendement garanti 25 kgs de charbon anhydre pour 100 kgs de bois carbonisés. Possibilité de récupérer tous les sous-produits.

D É C O U P É U S E S
 à bois à grand travail.

CONCASSEURS-TRIEURS
 DÉPOUSSIÉREURS
 donnant moins de 10 % de
 poussières (garantie sur facture)

Écrire: **AUTOCARBONE**
EYMOUTIERS (Haute-Vienne)

CEYBE publicité

Chez tous les Agents

RENAULT

**GAZOGÈNES
 DISPONIBLES**

Transformation rapide des
 moteurs essence et huile
 lourde pour marche au
 gazogène

■
TRACTEURS AGRICOLES

■
FOURS A CARBONISER

CEYBE. Publicité

**COMMERÇANTS...
 INDUSTRIELS...**

à l'heure actuelle, notre Revue
 est la seule en zone libre qui
 vous permette de diffuser vos
 produits parmi une vaste clien-
 tèle sélectionnée.



UTILISEZ
 les pages d'annonces de
**" la science
 et la vie "**

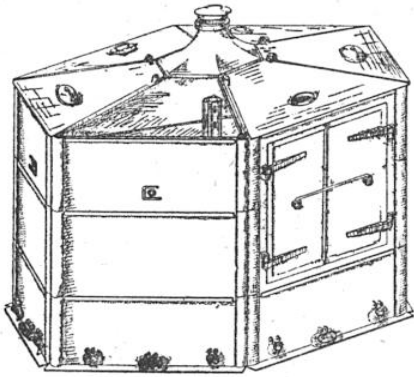
LA SOCIÉTÉ MINIÈRE ET Métallurgique du PÉRIGORD

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 25.500.000 FRANCS

FONDERIES à FUMEL (Lot-et-Garonne)

TOULOUSE, 22, Rue du Docteur-Pujos

MONTLUÇON (Allier)



Type : 14 stères

Présente

ses fours à carboniser
en fonte, à éléments démontables
(assemblage breveté)

CRÉATION DE LA FONDERIE DU MIDI
à TOULOUSE

Démontage et remontage rapides

SOLIDITÉ - DURÉE

Extraction du charbon facile

RENSEIGNEMENTS ET CONDITIONS A

TOULOUSE à la Fonderie et à l'Agence de vente
3, Rue Duranti

- **PARIS** 43, Rue de Clichy

CEYBE, Publicité

Les Etablissements LACOMBE-MIROUSE et C^{ie}, à Toulouse,
présentent

le "Carbugène"

Dispositif réceptionné par le Service des Mines. Brevet d'invention et marque déposés.

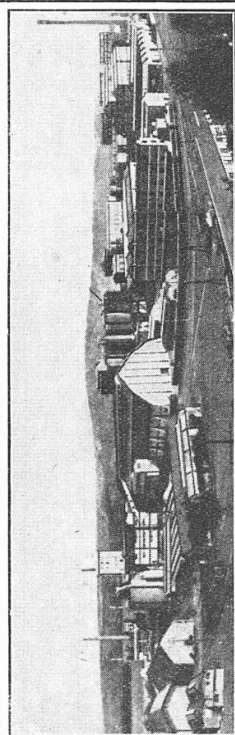
Le « CARBUGÈNE », à base de carbure de calcium, actionne les moteurs à explosions aussi bien que l'essence. Sa conception est simple, son utilisation facile et il ne présente pas plus de dangers que d'autres carburants.

Le « CARBUGÈNE » a, dès sa présentation, retenu l'attention des sommités scientifiques et des techniciens les plus réputés. Il a valu à ses réalisateurs des félicitations officielles.

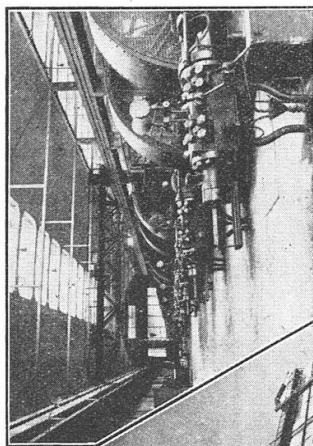
Les « Etablissements LACOMBE-MIROUSE et C^{ie} », désireux de contribuer rapidement à l'amélioration de la circulation routière, céderaient la licence de fabrication pour toutes les régions en dehors du Sud-Ouest.

Ils demandent pour les départements de l'Ariège, Aude, Aveyron, Hérault, Haute-Garonne, Hautes-Pyrénées, Gers, Lot, Tarn, Tarn-et-Garonne, Lot-et-Garonne, Pyrénées-Orientales, et pour la partie non occupée des départements de la Dordogne, Gironde, Landes et Basses-Pyrénées, de bons mécaniciens-garagistes qui seront habilités, après un stage, pour installer le « Carbugène » sur les véhicules automobiles. Ces mécaniciens-garagistes deviendront de droit « Concessionnaires exclusifs » dans leur rayon.

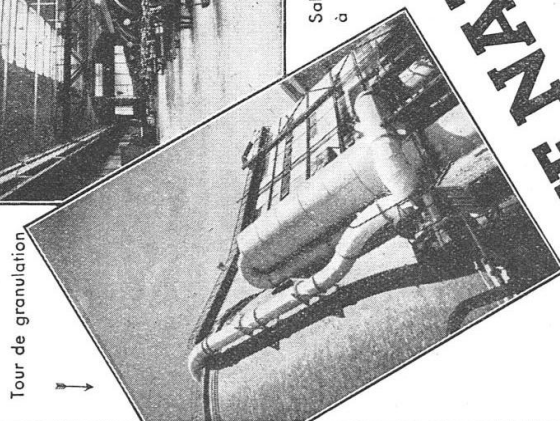
Pour tous renseignements, s'adresser aux Etablissements LACOMBE-MIROUSE et C^{ie}, 114, faubourg Bonnefoy, à Toulouse. Téléph. : Bureaux, 236.40; ateliers, 234.71.



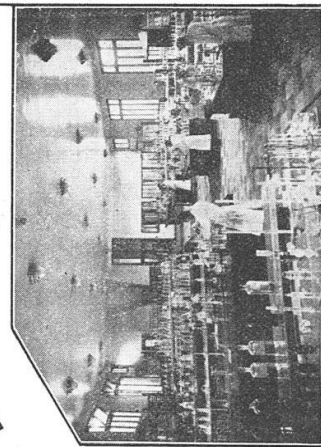
Vue Générale extérieure des Usines



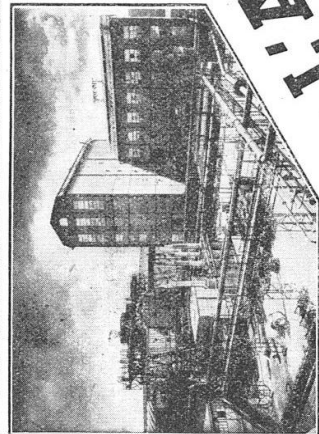
Salle de machines
à haute pression



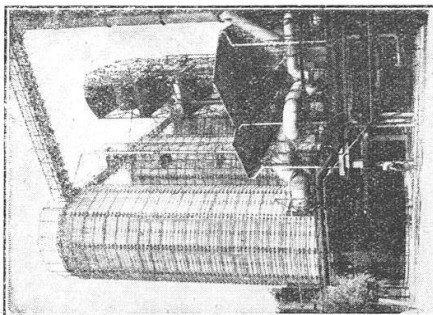
Tour de granulation



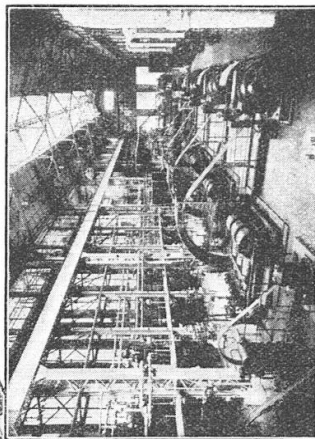
Une salle
des laboratoires



Vue Intérieure



Usine d'acide nitrique



Fabrication d'eau ammoniacale

Atelier d'épuration

OFFICE NATIONAL INDUSTRIEL IN DUSTRIEL DE L'AZOTE



SIÈGE SOCIAL ET FABRICATION
11, rue de Bruxelles, 11 — MONTLUÇON
 TÉLÉPHONE : 15.30 - 15.31

Constructeur de Gazogènes depuis 1935, présente une gamme de gazogènes à charbon de bois s'adaptant facilement sur tous VÉHICULES Tourismes et Industriels, Tracteurs Agricoles (à essence ou à huile lourde).

CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

DE NOS

GAZOGÈNES

FOYER.

- Rectangulaire en acier Martin de forte épaisseur.
- Renforcé et refroidi par ailettes multiples.
- Décendrage et nettoyage sans déchargement.
- Chambre de détente au départ des gaz.

TUYÈRE.

- Garantie **INFUSIBLE**.
- Refroidissement par air.
- Capot anti-retour, mais permettant tisonnage du feu.

TRÉMIE.

- Dix modèles de série — toutes capacités.
- Sections rectangulaires. Encombrement minimum. Capacité maximum.

ÉPURATEUR CYCLONIQUE.

- Refroidissement. Dépoussiérage énergique du gaz.
- Eléments multiples suivant installation.
- Faible encombrement ● Nettoyage facile.

ÉPURATEUR FILTREUR.

- En alliage d'aluminium — léger —.
- **INCOULMATABILE** ● Evacuation de l'eau de condensation.
- Porte de visite pour nettoyage partiel.
- Démontage pratique à l'aide d'un seul volant.
- Logement facile ● Faible encombrement.
- Dimensions :
 Voitures tourisme - Véhicules industriels
 Hauteur, 52 cm. Hauteur, 58 cm.
 Largeur, 51 cm. Largeur, 52 cm.
 Epaisseur, 21 cm. Epaisseur, 35 cm.
- Montage de 1, 2 ou 3 filtres suivant matériel à équiper.

MÉLANGEUR.

- Faible encombrement ● Orientable en tous sens.
- Système automatique de dosage optimum du mélange à tout régime ● Correcteur à main ● Dispositif de ralenti.
- Buse interchangeable ● Tubulure spéciale pour gazo-démarrreur.
- Raccord de carburateur (à la demande).

DISTRIBUTION.

- Succursale de Montluçon : 41, boulevard Carnot. Tél. 229.
- Succursale de Lyon : 43, rue de l'Ordre. Tél. Moncey 41.06.
- Succursale de Toulouse : 24, boulevard Matabiau. Tél. 244.17.
- NOMBREUX AGENTS.

LIVRAISON.

- Rapide.
- Fourniture des accessoires nécessaires au montage.

ÉTUDE.

- Chaque Succursale possède UN SERVICE TECHNIQUE qui est à votre disposition pour étudier toute installation spéciale sur :
 MOTEURS INDUSTRIELS.
 MOTEURS AGRICOLES.
 MOTEURS MARINS.

CONSTRUCTEURS de GAZOGÈNES et MARCHANDS D'ACCESSOIRES.

- Fourniture de toutes pièces normalisées. Mélangeurs. Tuyères, etc.

NOTRE EXPÉRIENCE EST À VOTRE DISPOSITION
CONSULTEZ-NOUS

la Science et la Vie

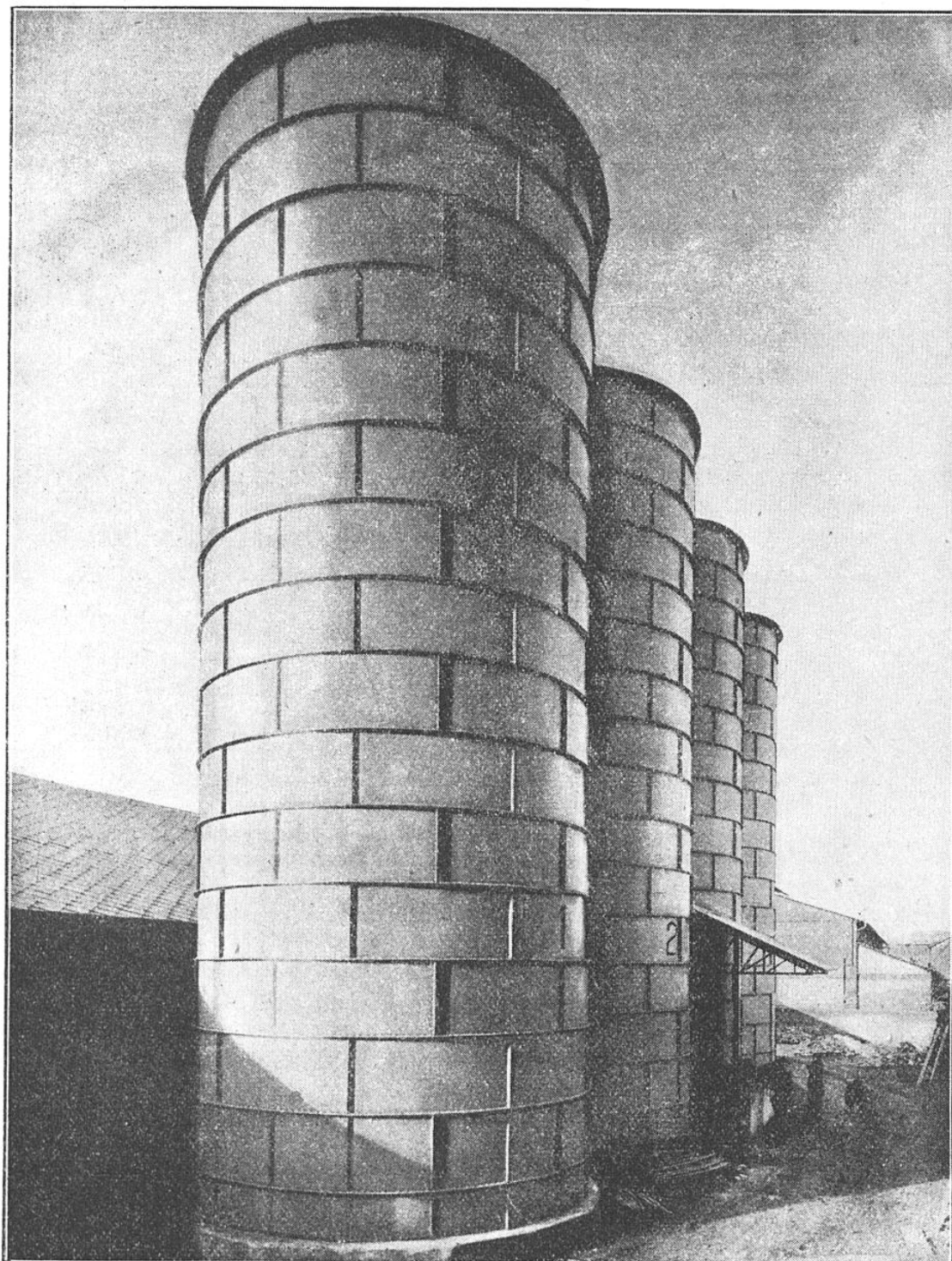
Tome LVIII — N° 280

SOMMAIRE

Décembre 1940

★ L'agriculture française : ce qu'elle est, ce qu'elle doit être, par Pierre Pont	189
★ Les méthodes modernes de stockage et de conservation des produits agricoles, par Jean Marchand.....	198
★ La science du sol et la fertilisation des terres, par Marcel Patry	211
★ La microflore du sol commande le rendement des cultures, par F. Dussol	219
★ La lutte biologique contre les ennemis des cultures, par P. Vayssière	225
★ La météorologie agricole, par L. Houllévigüe.....	236
★ Le lait et le rationnement alimentaire, par Emile Agel.....	240
★ Comment trouver, malgré les restrictions, notre ration de vitamines, par André Fournier.....	247
★ Notre sol peut-il produire toute l'huile dont nous manquons? par Charles Paulmy	257
★ Le blocus alimentaire et la nourriture du bétail, par Daniel Julians	265
★ L'exploitation intensive des prairies, par Pierre Gaume.....	275
★ Les techniques modernes de la stimulation végétale et du « forçage » des plantes, par Lucien Théron.....	281
★ Qu'est-ce que les « oligoéléments » indispensables à la croissance végétale et à l'hygiène alimentaire? par Lucien Théron	292
★ La sélection des plantes : de l'empirisme à la méthode scientifique, par Jean Labadié.....	296
★ Fleurs, fruits et insectes, par Charles Brachet	304
★ La vigne nous fournit ce qui nous manque le plus : sucre, huile et carburants, par Jean Francis.....	316
★ Le gaz de forêt dans l'économie rurale, par F.-S. de Condé.....	327
★ L'automobile à acétylène, par Edmond Blane.....	335
★ Le labourage électrique, par J.-H. Sourisseau.....	345
★ Le fumier artificiel, par F. Dussol.....	353

« La Science et la Vie », magazine mensuel des Sciences et de leurs applications à la vie moderne, rédigé et illustré pour être compris de tous. Rédaction, Administration, Publicité : actuellement, 22, rue Lafayette, Toulouse. Cléque postal : n° 184.05 Toulouse.
Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « La Science et la Vie », décembre mil neuf cent quarante, Régistre du Commerce : Seine 116.654.
Abonnements : France et Colonies, un an : cinquante-cinq francs ; six mois : vingt-huit francs.



T W 2534

LES SILOS A BLÉ DE LA COOPÉRATIVE AGRICOLE DE L'OISE ET DU THELLE, A PERSAN (SEINE-ET-OISE)

De toutes les productions agricoles de la France, celle du blé est de beaucoup la plus importante : elle fait vivre 20 millions d'agriculteurs et représente chaque année une valeur de quelque 18 milliards de francs.

L'AGRICULTURE FRANÇAISE : CE QU'ELLE EST, CE QU'ELLE DOIT ÊTRE, DEVANT LES PROBLÈMES DE L'HEURE PRÉSENTE

par **Pierre PONT**

Chargé du cours d'Economie rurale
à l'Institut agricole de l'Université de Toulouse

L'AGRICULTURE est en honneur. Dédaignés depuis longtemps, les biens ruraux voient affluer vers eux la foule des acheteurs; la propriété foncière acquiert une plus-value que Ricardo lui-même n'eût pas osé soupçonner, et le Gouvernement a cru devoir taxer les principaux produits du sol.

Pour que la terre connaisse pareille vogue, alors que précisément, faute de moyens de transport, l'accès en est difficile, il a fallu le bouleversement de nos habitudes que la guerre nous a imposé. La campagne a d'abord recueilli quelques habitants des villes, venus y chercher abri contre les éventuels bombardements aériens; elle accueille aujourd'hui ceux qui viennent lui demander refuge contre la disette. La guerre est donc sans conteste, et d'une manière surtout indirecte, la raison principale et la plus immédiate du retour à la terre que nous enregistrons.

C'est là, d'ailleurs, un fait qui n'est pas sans précédent. Il est classique que, dans les périodes heureuses de leur histoire, les peuples se détachent peu à peu de l'agriculture, se dirigeant vers les arts, le commerce ou l'industrie. L'équilibre économique et social s'en trouve compromis, et, au bout d'un temps plus ou moins long, des siècles quelquefois, arrive une catastrophe qui fait tout basculer. Alors, pour panser leurs blessures, les hommes meurtris et désabusés, se tournent vers la nature éternelle, demandant à la terre nourricière et leur pain et l'oubli de leurs maux. Cela s'est déjà vu chez nous. Le plus bel exemple que l'on en puisse citer est la véritable renaissance agricole qui eut lieu, dans les toutes premières années du dix-septième siècle, sous l'impulsion de Henri IV, Sully et Olivier de Serres, après que

l'Edit de Nantes eut heureusement mis fin aux guerres de religion.

A son actif, l'agriculture française peut donc inscrire aujourd'hui le renouveau de faveur dont elle jouit auprès de nos compatriotes et la revalorisation des biens ruraux. Mais, à son passif, il y a aussi, et malheureusement, des faits nouveaux à noter : la difficulté des échanges entre la zone libre et la zone occupée, le quasi-arrêt de notre commerce extérieur. Tout cela a profondément modifié la physionomie de notre économie rurale et posé des problèmes nouveaux dont la solution reste encore, pour certains, à trouver.

Examinons donc ces problèmes, et, pour mieux les comprendre, voyons auparavant les difficultés qui affectent notre agriculture depuis les événements de l'été dernier.

Les difficultés de notre économie rurale

L'économie rurale d'un pays peut s'établir selon deux systèmes opposés. Dans l'un, chaque famille paysanne produit sur son exploitation tout ce qui lui est nécessaire et y vit en économie fermée; dans l'autre, au contraire, les agriculteurs d'une même région se spécialisent dans les productions les mieux adaptées au sol et au climat et se procurent, par voie d'échange avec les régions voisines, les produits qui leur font défaut.

Pendant des siècles, l'agriculture s'en est tenue à la première conception, qui, il y a cent ans à peine, était encore la seule mise en pratique. Mais à mesure que se sont développés les moyens de communication facilitant les échanges de tout ordre, le deuxième système a pris une importance de plus en plus grande. Le commerce est entré dans les mœurs; le paysan, après avoir commencé à échan-

ger ses produits contre ceux de la ville voisine, s'est peu à peu adapté à de nouvelles conditions économiques. De région à région, des courants d'échange se sont établis, et c'est ainsi qu'a mûri l'économie rurale de la France jusqu'à son stade actuel. Or, celui-ci, et la chose est aujourd'hui lourde de conséquences, se caractérise par une localisation des productions agricoles, du moins dans une assez forte proportion.

Quelques exemples : la région agricole du Nord produit, à elle seule, 86 % de nos betteraves industrielles et, avec la région agricole de l'Ouest, 48 % de notre blé. Quatre départements méridionaux récoltent 45 % du vin de la France métropolitaine; les Landes et les Basses-Pyrénées produisent 30 % de notre maïs et dix départements contiennent le quart de nos forêts.

Mêmes constatations pour les cultures fruitières : le Lot-et-Garonne récolte 63 % des prunes destinées à être transformées en pruneaux; les Pyrénées-Orientales nous fournissent plus de la moitié de nos abricots et le tiers de nos pêches. Le tiers de nos châtaignes est produit par la Corse, le tiers des noix par la Dordogne, le tiers des raisins de table par la Vaucluse.

Les exemples pourraient être multipliés. Ceux qui ont été cités doivent suffire pour faire comprendre quel trouble apporte à notre économie rurale le partage de la France en deux zones pratiquement séparées. Chacune de ces dernières vit tant bien que mal pour son propre compte; mais, privée de ce que lui fournissait l'autre, elle ne dispose plus de la même variété de produits; et c'est en partie la raison pour laquelle certains d'entre eux nous font défaut.

Deuxième donnée du problème rural d'aujourd'hui : le manque de moyens.

Manque de personnel d'abord : dans la population totale de la France, la part de la population rurale était, en 1936, de 47,6 %. Ce pourcentage indique déjà que les ruraux auraient, à eux seuls et toutes choses égales d'ailleurs, fourni près de la moitié des hommes appelés par la mobilisation. En fait, si l'on veut bien se rappeler que les ouvriers de l'industrie ont été, en partie, retenus dans leurs usines pour les besoins de la fabrication d'armements, on conviendra que nos armées comprenaient quantité de ruraux. Le sort de ceux-ci a

été celui de celles-là. Et la campagne a ressenti le désastre avec d'autant plus de douleur que, chez elle, les bras étaient rares, et les vides déjà grands qu'avait creusés l'exode rural.

Cette situation douloureuse se complique encore de la pénurie en moyens matériels. Des chevaux réquisitionnés, un grand nombre ont été perdus; aussi un bon cheval de culture est-il actuellement, dans le commerce du moins, une rareté qui n'a plus de prix. Les attelages de bœufs, relativement plus abordables comme prix, restent la suprême ressource pour tirer la charrue. Car les tracteurs aussi sont rares et sans carburant. Sans carburant est la camionnette du petit commerçant de village qui apportait dans les campagnes l'épicerie et, souvent, le pain; comme aussi celle du ramasseur de volailles ou de lait. Et cela n'est pas sans gêner l'écoulement de ces produits. Enfin, ce n'est qu'avec difficulté que l'agriculteur arrive à se procurer des semences de choix, des engrais, des pièces de rechange, et bien d'autres choses encore, dont il a cependant un urgent besoin. Et que dire des fermes que la guerre a totalement détruites.

Or, troisième donnée du problème, c'est à cette agriculture dont nous venons d'évoquer les misères que l'on demande de fournir une somme de produits telle qu'elle n'en a jamais dû livrer, ni sous le rapport de l'espèce, ni sous celui de la quantité. De cela, deux faits sont responsables : tout d'abord une augmentation sensible du nombre des subsistants : réfugiés pour la zone libre, armée d'occupation pour l'autre; ensuite, une demande très importante en produits de remplacement, destinés à suppléer ceux que nous ne recevons plus des colonies ou de l'étranger : principalement corps gras et carburants.

Ainsi d'ailleurs que les autres branches de la vie économique nationale, c'est donc à une situation toute nouvelle que doit faire face notre agriculture. Les données du problème, somme toute, sont assez simples et se résument en ceci : malgré de grandes difficultés de production, satisfaire les demandes accrues de la consommation. Stimuler la production et freiner la consommation restaient les deux seuls moyens efficaces pour rétablir l'équilibre entre l'une et l'autre. Le deuxième moyen, chacun, avec sa carte d'alimentation, a appris à le connaître.

Le premier, plus ignoré, mérite d'être décrit.

L'aide à la production

On sait qu'il est classique de distinguer dans toute entreprise, à la suite de Stuart Mill, trois facteurs de production : la Nature, le Travail et le Capital. L'agriculture met en jeu ces trois facteurs : dans le simple labour d'un champ, nous voyons le cultivateur fournir un certain travail pour retourner sa terre (élément naturel) à l'aide de ses attelages et de sa charrue (qui font partie de ses capitaux).

La production agricole, à laquelle, nous venons de le voir, une aussi lourde tâche est demandée, ne pouvait donc être efficacement secourue que si chacun de ces trois facteurs recevait une aide particulière. Cela fut fait, et nous allons voir comment ce le fut.

La main-d'œuvre

Le plus urgent était de rentrer les récoltes. La jeunesse scolaire et universitaire fut la première conviée au labeur : dès le 2 juin 1940, jeunes gens et jeunes filles en vacances anticipées reçurent l'appel : « Vos vacances pour la Patrie », qui les conviait à se mettre volontairement au service de l'agriculture (ainsi qu'à celui de l'industrie ou des réfugiés).

Le 9 juillet, afin de restaurer le travail rural, le Gouvernement invitait les entreprises « à licencier progressivement les agriculteurs embauchés dans l'industrie depuis septembre 1938 ». Le 17 juillet, il recommandait à nouveau aux employeurs de procéder au « licenciement des hommes ou femmes venus de l'agriculture ou originaires de localités de moins de 2 000 habitants et embauchés depuis le 1^{er} septembre 1938 », recommandation applicable à tous les établissements industriels, qu'ils aient ou non travaillé pour la défense nationale.

Entre temps, le 12 juillet, dans un communiqué adressé à la presse, le ministre de l'Éducation nationale faisait ressortir que la tâche des agriculteurs français « était la plus pressante de toutes », et il invitait les Recteurs à s'entendre avec les représentants du ravitaillement et les préfets, pour mettre à la disposition des cultivateurs et des services publics le maximum de main-d'œuvre scolaire.

Mais de toutes les mesures prises en faveur de la production rurale, il en est une qui, par son importance, surpasse toutes les autres, et de beaucoup : c'est la démobilisation rapide, et par priorité, des agriculteurs. À cette occasion, un appel leur fut lancé qui leur exposait les devoirs découlant pour eux de la faveur dont ils bénéficiaient.

Enfin, citons encore, pour mémoire, que des équipes de jeunesse furent mises à la disposition des viticulteurs pour leurs vendanges de septembre dernier.

Voilà pour le facteur Travail.

Le capital

Le capital fut également, et dans toute la mesure du possible, fourni aux agriculteurs les plus déshérités : une loi du 28 juillet 1940, complétée le lendemain par un décret, autorisa le ministre secrétaire d'État aux Finances à consentir jusqu'au 31 décembre 1940, « soit aux caisses régionales de crédit agricole mutuel, soit aux autres institutions régionales de crédit agricole, des avances destinées à être utilisées par les dits organismes à des prêts aux exploitations agricoles de la zone qui a été occupée, ayant subi, sur leur cheptel mort (1), sur leur cheptel vif ou sur leurs récoltes des pertes de nature à compromettre leurs possibilités de production et leur contribution au ravitaillement du pays ». Par une loi du 3 septembre 1940, le bénéfice de ces prêts a été étendu aux agriculteurs réfugiés, qui sont dans l'impossibilité constatée de rejoindre leur domicile, pour l'acquisition de cheptel ou de matériel agricole indispensable à la mise en marche d'une exploitation. Le montant total des avances qui pourront être consenties, au titre de la loi du 28 juillet 1940, a été fixé par cette loi elle-même à deux milliards de francs.

Les collectivités furent, à leur tour, encouragées à réaliser des travaux d'intérêt agricole ou d'intérêt public : trois cents millions de francs furent, dans ce but, mis à la disposition du Ministère de l'Agriculture et du Ravitaillement (2).

La mise en culture des terres incultes

Enfin, le troisième facteur, le facteur « Nature », loin d'avoir été oublié, a

(1) Rappelons que sous le terme cheptel mort on désigne l'ensemble des instruments et machines utilisés dans une exploitation rurale.

(2) Loi du 5 août 1940.

fait l'objet de l'importante loi (1), qui organise la mise en culture des terres et des exploitations abandonnées. Cette mise en culture se fera sous forme de concessions. Il a été prévu que le concessionnaire ne paierait aucun fermage pendant les trois premières années de la concession dont la durée a été fixée uniformément à neuf ans. Pendant les six dernières années, il paiera un fermage. S'il s'agit d'une parcelle, ce fermage correspondra à la moitié de la valeur locative des parcelles voisines, de qualité analogue. S'il s'agit de toute une exploitation, le fermage correspondra à la moitié de la valeur locative des exploitations voisines, compte tenu de la surface, de l'état des bâtiments et de la nature du sol.

Deux cents millions de francs ont été affectés, pour 1940, à l'application de cette loi.

Autant que cela pouvait se faire, tout a donc été mis en œuvre, nous venons de le voir, pour augmenter notre production agricole nationale. Main-d'œuvre, capitaux, terres, lui ont été procurés pour accroître son activité.

Alors se pose la grande question : étant donné sa situation actuelle, l'agriculture pourra-t-elle fournir au pays tout ce que celui-ci en attend ? Question obsédante, qui angoisse quelquefois le consommateur, et à laquelle nous allons nous efforcer de répondre en examinant le cas particulier de chacun des principaux produits de notre sol.

Nos besoins et nos ressources

Notre pain

C'est bien à lui que chacun pense tout d'abord, à propos du ravitaillement, tellement il représente l'aliment essentiel, du moins pour nous, Français, qui en sommes de gros consommateurs. Sait-on qu'au cours du siècle dernier, la consommation moyenne, exprimée en blé, par tête d'habitant, a varié de 150 à 260 kg ? Le maximum a été atteint en 1890. Depuis, une tendance à la baisse se manifestait ; que M. Milhau, auquel nous empruntons ces données, attribuait « à l'amélioration du régime alimentaire de la population », car, faisait-il justement observer, en 1939, « les légumes, les fruits, la viande, jouent un rôle plus important

dans l'alimentation de la population et prennent en partie la place du pain ». Depuis que ces lignes ont été écrites, les restrictions sont venues. Des aliments ont disparu de notre table, d'autres se sont faits rares ; le pain se trouve reconsidéré.

On admet qu'il faut 1 kg de blé pour faire 1 kg de pain. En attribuant à chaque Français une consommation de 150 kg de pain par an, on trouve, par un calcul simple, que 60 millions de quintaux de blé sont nécessaires pour la seule fabrication de notre pain. Ajoutons à cela 10 millions de quintaux pour nos ensemencements, voilà une base de 70 millions de quintaux sur laquelle il nous faut tabler.

Or, nos possibilités de production dépassent facilement ce chiffre. Depuis 1920, nos récoltes s'inscrivent autour de 78 millions de quintaux. Dans les dix dernières années, nous avons eu des récoltes énormes : celle de 1933 a dépassé 98 millions de quintaux. A l'époque, elles furent considérées comme des catastrophes économiques. On s'ingénia à faire disparaître l'excédent par les moyens les plus divers ; on essaya, par l'institution du prix minimum, de revaloriser le blé. Finalement, une loi institua l'Office national interprofessionnel du Blé (1).

Nous ensemencions 6 500 000 ha de blé avant la guerre de 1914 ; après cette même guerre, et malgré le retour de l'Alsace-Lorraine, nous n'en semions plus qu'entre 5 000 000 et 5 500 000 ha. Malgré cette importante diminution des emblavures, la moyenne des récoltes, nous l'avons vu, était suffisante. Il a fallu la série de catastrophes de l'été dernier pour en arriver à notre gêne d'aujourd'hui. Nous pouvons donc espérer, pour notre pain, une amélioration dès la prochaine récolte. Il peut y avoir assez de blé, en France, pour nourrir les Français.

Notre vin

Les résultats officiels de la dernière récolte n'ont pas encore été publiés, mais, cette année-ci, les vendanges ont été mauvaises et les vins d'Algérie auront sans doute quelque peine à nous parvenir. Nous devons donc nous attendre à payer le vin assez cher.

Et cependant, mangeur de pain, le

(1) Loi du 27 août 1940.

(1) Loi du 15 août 1936.

Français est peut-être plus encore un buveur de vin; il en consomme, en moyenne, bien près d'un demi-litre par jour (165 à 170 l par an). Peut-être va-t-il être obligé, cette année-ci, d'y mettre quelque peu d'eau.

La viticulture est habituée à être l'objet de mesures législatives. L'année 1940 lui a apporté, comme ses devancières, un lot de lois et décrets.

De ces nouvelles mesures, la plus importante, parce que son effort est durable, est celle qui concerne l'adaptation des exploitations viticoles aux besoins du ravitaillement général (1). Elle spécifie qu'à partir du 1^{er} janvier 1941, « toute exploitation viticole comportant au moins 5 hectares de vignes ou dont la moyenne de production de vin déclarée pour les années 1938 et 1939 dépasse 500 hectolitres devra comprendre, en culture autre que celle de la vigne, au moins un dixième de la superficie cultivée. Les prairies naturelles, les bois et les jardins potagers n'entrent pas en ligne de compte dans la détermination de la superficie cultivée ». Echappent seules à cette obligation les exploitations viticoles produisant uniquement des vins à appellation d'origine contrôlée.

D'autres lois moins importantes ont réglé des points particuliers :

Le vieux ban de vendanges, pratiquement aboli en 1889, a été remis en vigueur. Ainsi les raisins n'ont-ils pas été cueillis trop verts, au grand bénéfice de la richesse en sucre des moûts.

Les moûts concentrés ont continué à être employés, et une loi (2) a même permis, à titre exceptionnel, qu'il ne soit pas tenu compte de leur origine pour le traitement des vendanges ou moûts destinés à la fabrication des vins de cru.

Enfin, deux lois ont donné quelque souci aux viticulteurs quant à leur réalisation pratique. Toutes deux du 20 août dernier, elles étaient relatives, l'une à la préparation et à l'utilisation des moûts concentrés de raisin destinés à l'usage alimentaire, l'autre à l'utilisation des pépins de raisin. A la première furent astreint les viticulteurs ayant récolté en moyenne, au cours des trois dernières campagnes, plus de 500 hl de vin, et toutes les coopératives vinicoles; à la deuxième, les viticulteurs et groupements de viticulteurs ayant obtenu, par

la distillation des sous-produits de leur récolte, une quantité d'alcool pur égale ou supérieure à 50 hl (1).

raible appoint à nos disponibilités en sucre et en corps gras; mais avions-nous le droit de le laisser perdre?

Le lait

Fragile, essentiellement altérable, comment le lait n'aurait-il pas été parmi les productions que la guerre a désorganisées? Même là où elle n'a pas exercé ses ravages, la situation est difficile : faute d'essence, le ramassage ne peut s'effectuer dès que l'exploitation laitière est quelque peu éloignée du centre de consommation, et il ne reste plus, pour alimenter ce dernier, que les laiteries situées dans son immédiate banlieue.

On a cherché à organiser le marché du lait.

Un décret (2) réglementa la consommation du lait concentré dont la vente fut interdite à toute personne autre que les malades, les ouvriers des industries soumis à l'intoxication saturnine et les enfants âgés de moins de dix-huit mois.

Puis vint la grande loi du 27 juillet 1940 dont l'objet fut l'organisation de la production laitière en France (3).

Cette loi et le décret qui suivit constituent à eux deux la charte de la production laitière française. La loi est assez courte, mais le décret long et montre un souci du détail.

Cependant, le règlement n° 4 ne manque pas d'intérêt, car sa lecture est fort suggestive : Art. 1^{er} : « Pour réserver à la fabrication du beurre la plus grande

(1) Voir dans ce numéro l'article sur les sous-produits de la vigne : sucre de raisin et huile de pépins.

(2) 1^{er} juin 1940.

(3) Cette loi institua dans chaque département un groupement interprofessionnel laitier, et, auprès du ministre secrétaire d'Etat à l'Agriculture et au Ravitaillement, un comité central des groupements interprofessionnels laitiers. Ce comité fut chargé, par la loi même qui l'avait créé, d'en « établir les règlements d'application ». Cinq règlements furent préparés et finalement homologués par un décret du 26 août 1940. Ils ont respectivement pour titre :

N° 1 : Organisation des comités de gestion des groupements interprofessionnels et du Comité central des groupements interprofessionnels laitiers;

N° 2 : Attribution de la carte professionnelle;

N° 3 : Organisation de l'achat des produits laitiers à la production;

N° 4 : Organisation du traitement et de la transformation du lait et du commerce des produits laitiers;

N° 5 : Délivrance des cartes de lait.

(1) Loi du 29 août 1940.

(2) Loi du 20 août 1940.

quantité possible de matières grasses, la vente du lait entier n'est autorisée exclusivement que pour la consommation par les enfants, etc... » — Art. 4 : « Toute la crème provenant de l'écémage du lait mis en consommation en nature doit être transformée en beurre. » — Art. 8 : « Le président délégué prend toutes les mesures utiles pour réduire de 20 p. 100 la production fromagère dans son département..., en vue d'accroître la production du beurre. »

Les corps gras

Ici, notre pauvreté est extrême. Nos oliveraies, depuis trop longtemps négligées, sont en assez mauvais état et, de ce côté-ci, aucune amélioration rapide n'est à prévoir. Le lin, le colza, la navette, l'œillette, dont les cultures étaient également quelque peu délaissées, passent parmi celles que l'on recommande le plus (1). Enfin, les pépins de raisin eux-mêmes ont été récupérés.

Mais la consommation, industrielle et domestique des corps gras est telle que, même en ajoutant aux huiles végétales les graisses animales, on ne peut arriver, pour l'instant, à la satisfaire.

Le sucre

Directement atteinte par la guerre, la production sucrière française en est une grande victime. 240 000 hectares de betteraves sucrières constituaient une des richesses de la France; leur production annuelle était de l'ordre de 8 à 9 millions de quintaux de sucre raffiné, chiffre assez proche de celui de nos besoins. Qu'en est-il advenu? Dans quel état sont nos sucreries et, pourraient-elles fonctionner, leur serait-il laissé la possibilité d'approvisionner la France non occupée où cette industrie n'existe pratiquement pas? Autant de points d'interrogation qui ne laissent guère espérer que le Français puisse bientôt retrouver les 25 kg de sucre qu'il avait pris l'habitude de consommer dans l'année.

La viande

Consultons la statistique de la production et de la consommation de la viande en France, pour l'année 1938 et les années antérieures. En faisant la moyenne des six années de 1933 à 1938, on apprend que la consommation s'est

élevée, chaque année, par habitant, à 40 kg 870 (minimum en 1933 : 39,03; maximum en 1936 : 42,15) (1).

Encore un chiffre qu'il ne nous faut pas espérer retrouver dès demain. Notre cheptel a été dévasté par la guerre, soit directement, soit indirectement. Et sa reconstitution demandera des années. Par ailleurs, nos charges restent lourdes.

Sur ces points, la revue « Chambres d'Agriculture », publiée par l'Assemblée permanente des Présidents des Chambres d'Agriculture, donne, dans son fascicule de septembre dernier, d'intéressantes précisions qu'elle tient elle-même d'une note documentaire publiée le 1^{er} septembre 1940 par l'Association générale des Producteurs de Viande. En voici l'essentiel : les pertes subies par notre cheptel, « peu importantes avant le 10 mai 1940, ont été considérables depuis, spécialement dans les Ardennes, l'Aisne, la Marne, l'Oise, la Somme, le Nord, le Pas-de-Calais, la Seine-Inférieure, sans qu'il soit possible d'évaluer, même de façon approximative, les dégâts ». Nos ressources actuelles sont « réduites, et plus pour les porcins que pour les bovins. La perturbation des courants commerciaux a ajouté à l'insuffisance de la production ». Quant à la consommation : « très forte au sud de la France par l'afflux des réfugiés et de notre armée, elle a entamé les disponibilités futures; ceci pour la zone libre; pour la zone occupée, le facteur réfugié a joué aussi. Aujourd'hui, ce facteur a disparu, mais il faut compter la nourriture des prisonniers.

Le carburant

Demandé il n'y a pas encore un an à notre commerce extérieur, le carburant l'est maintenant, en grande partie, à notre agriculture. Il n'est pas de question économique dont on ait parlé davantage ces derniers temps. Aussi cette circonstance nous dispense-t-elle de nous attarder sur ce sujet, qui ne peut d'ailleurs être traité rapidement.

Deux remarques cependant doivent être faites ici.

La première concernera l'alcool. Trop de profanes, rapprochant le vin et l'alcool, s'imaginent encore que notre viticulture sera à même de fournir un appoint important au problème du carburant. Savent-ils que l'hectare de vigne, à suppo-

(1) Voir dans ce numéro l'article sur les plantes oléagineuses.

(1) Journal Officiel du 7 avril 1930.

ser que l'on en distille toute la production, ne fournirait jamais que 4 à 5 hl d'alcool, alors que l'hectare de betteraves peut en fournir de 25 à 30 hl, soit cinq à six fois plus? Comme les frais de culture sont comparables, on voit que c'est du côté de la betterave que l'on devra rechercher la production de l'alcool, tout au moins en ce qui concerne l'alcool industriel. Mais les betteraves de distillerie sont encore une culture du Nord...

La deuxième remarque concernera le bois. Contrairement à ce que beaucoup pensent encore, nos forêts, à elles seules, seraient insuffisantes pour fournir le charbon, ou le bois, à nos gazogènes si ceux-ci se généralisaient. Il est entendu que, s'étendant sur 10 535 000 ha, elles couvrent approximativement le cinquième du territoire français, surface que n'approche, même de loin, aucune autre production agricole. Mais, sur ce qu'elles peuvent nous fournir, les experts ne sont pas exactement d'accord. La moyenne de leurs évaluations se situe vers le chiffre de 15 000 000 de tonnes de bois de feu par an. Cela est tout à fait insuffisant. Par une exploitation judicieuse, ce chiffre pourrait vraisemblablement être amélioré, mais il ne faudrait, à aucun prix, s'engager dans la voie des abus d'exploitation. Ne demandons pas à la forêt plus qu'elle ne peut nous donner, et écoutons les conseils autorisés qui nous prêchent la prudence : « Il est impossible de voir uniquement dans le gaz des forêts un carburant d'avenir. » « L'utilisation du gaz des forêts, si cette industrie se développe un tant soit peu, risque un jour de ruiner notre sol (1) », ou encore « ... si les carburants forestiers peuvent apporter un précieux concours dans la crise que nous traversons, ils ne peuvent pas, seuls, nous tirer d'affaire » (2).

La voie reste donc ouverte à toutes les initiatives : des sarments de vigne aux roseaux et aux tiges de maïs, tout ce qui pourra être pratiquement carbonisé devra l'être. Le marché du charbon de bois n'est pas près d'être encombré.

En passant successivement en revue les principaux produits du sol, nous avons

(1) J. Bordas, directeur de la Station régionale de Recherches agronomiques d'Avignon; *Bulletin de la Soc. d'Agric. de l'Aude*, 30 septembre 1940, pages 374 et 380.

(2) Canaby, inspecteur des eaux et forêts; *ibid.*, page 300.

décelé, à propos de chacun d'eux, les possibilités et les impossibilités de notre agriculture. Et lorsqu'il y avait impossibilité, nous avons indiqué, ou laissé entendre, si elle était passagère, due aux événements actuels, ou absolue.

Même actuellement, il nous reste encore quelques possibilités : les produits du jardin se vendent librement. Le vin ne manque pas, au moins dans la zone libre, et le pain devrait s'améliorer avec la récolte de 1941.

Nous pouvons espérer que plus tard...; quand sera signée la paix mondiale, nous reverrons le lait, le beurre, le sucre et les corps gras. Mais la viande et le carburant ne pourront nous revenir du jour au lendemain sans qu'il soit fait appel aux importations. Solution ruineuse qu'il nous faut éviter. Que notre agriculture, s'adaptant à la situation présente, s'oriente actuellement vers les cultures oléagineuses, c'est fort bien, en attendant le retour des arachides. Mais que l'une de ses préoccupations dominantes reste la sauvegarde du bétail et de la forêt, tous deux en grand péril. Ce sont là deux branches maîtresses de notre économie rurale.

S'ils n'étaient freinés, nos besoins en viande, d'une part, et en charbon de bois, d'autre part, apporteraient bientôt la ruine à l'une et à l'autre de ces branches. Que chacun comprenne donc que le capital national qu'elles représentent doit être sauvegardé et que, loin de l'entamer par de folles imprudences, nous devons nous contenter de nous en partager les produits, dût, chacun de nous, n'en avoir qu'une bien faible portion.

Peut-on faire de l'exploitation familiale la base de l'économie paysanne de demain?

Savoir les difficultés de notre agriculture; connaître ce qu'elle peut ou ne peut nous donner, et pourquoi; rechercher dans quelle proportion devraient être réparties sur notre sol les diverses productions agricoles, ne nous ferait entrevoir que quelques aspects de notre économie rurale.

Il en est encore un autre qui doit être envisagé. D'un ordre plus élevé, car il se situe sur le plan social, il n'est autre que l'organisation, sur ce plan, de la France rurale de demain.

On a pu lire, dans la presse, cette déclaration faite le 30 août dernier par

M. Caziot, ministre secrétaire d'Etat à l'Agriculture et au Ravitaillement : « Il faut que disparaisse l'exploitation rurale employant des salariés, qui faisait souvent appel à la main-d'œuvre étrangère, pour faire place à l'exploitation familiale qui doit être la base même de l'agriculture française. »

Ces paroles sont graves. Pour les méditer avec fruit, quelques données sur la structure sociale de l'agriculture française, telle qu'elle se présentait avant la guerre de 1939 sont indispensables (1).

Sur les 2 421 933 exploitations agricoles qui se répartissent la culture du sol français, 1 341 112, soit plus de la moitié, n'emploient aucun salarié ; 1 048 715 emploient de un à cinq salariés. En totalisant ces deux catégories d'exploitations, on voit que 2 389 827 exploitations, soit près de 99 %, sont soit purement familiales, soit avec un maximum de cinq salariés. Encore peut-on noter que, dans ce dernier cas, « aux relations de dépendance du patronat et des salariés, se substituent ce que l'on a proposé de nommer, d'un terme hardi, des relations de covivance. La vie est sensiblement la même, les habitudes, la psychologie, les conditions du travail sont toutes proches ».

Ces exploitations, où la famille paysanne vit avec le ou les quelques ouvriers qu'elle occupe et participe avec eux aux mêmes travaux, constituent, rappelons-le, les « moyennes » exploitations que l'on oppose aux « petites », où la culture est exclusivement familiale, et aux « grandes », où le travail de direction est tel que le chef d'exploitation, propriétaire ou régisseur, ne peut participer aux travaux manuels. Les moyennes exploitations occuperaient 85 % du total des ouvriers.

Restent les grandes exploitations. Par différence, on voit qu'il en est seulement 32 106, occupant par hypothèse un minimum de six ouvriers. Beaucoup d'entre elles ont une organisation de travail qui se rapproche, avec toutes ses conséquences, de celle de l'industrie ; 15 % des ouvriers y sont occupés.

Pour compléter ces données, relisons les statistiques. Elles nous apprennent que les salariés constituent 27 % de la

population active agricole : l'enquête de 1929 donne 1 950 795 salariés pour une population active de 7 089 888 unités ; l'*Annuaire statistique* de 1937 donne des chiffres plus élevés, mais dans le même rapport : 2 126 206 et 7 637 433. Enfin, dernière précision tirée de l'enquête de 1929 : parmi les ouvriers, les étrangers figurent pour 227 043, soit 12 %.

Munis de ces données, nous voyons que « la disparition de l'exploitation employant des salariés » va laisser intactes 55,3 % de nos exploitations agricoles qui sont déjà à base familiale, mais aussi modifier plus ou moins profondément 43 % de nos exploitations qui sont « les moyennes », et bouleverser le reste, 1,3 %, représenté par « les grandes ».

Ce n'est point méconnaître les avantages sociaux qui pourraient résulter d'une pareille réforme que de faire remarquer les obstacles qu'elle rencontrerait et qu'elle serait obligée de surmonter.

L'instruction professionnelle des jeunes ruraux

Quelle que soit d'ailleurs la forme que prendra l'exploitation agricole de demain, il faudra bien mettre au point, et il serait urgent de le faire, l'instruction professionnelle de la jeunesse rurale.

Si nous consultons l'*Annuaire international de statistique agricole* et si, prenant les chiffres de 1932 à 1937 inclus, nous dressons le « Palmarès agricole de l'Europe », nous verrons que, sous le rapport du meilleur rendement à l'hectare, la France arrive 14^e pour le blé, 18^e pour le seigle, 13^e pour l'orge, 11^e pour l'avoine, 6^e (sur 9) pour le maïs, 20^e pour la pomme de terre et 8^e pour la betterave (en prenant toutefois pour cette culture la moyenne du plus fort et du plus faible rendement). En ce qui concerne un important produit animal, le lait, la France vient au 4^e rang avec 13 hl en moyenne par vache, alors que l'Allemagne arrive à 20,1 hl, le Danemark à 32,1 hl, la Hollande à 33 hl !

L'excuse de l'agriculture française, pour un palmarès aussi peu brillant, est que, faisant de tout, elle n'a aucune culture, sauf une, dont elle puisse, dans tous les domaines et sous tous les rapports, pousser la production à fond ; ce qui l'oblige dans le classement européen à passer, pour chaque culture, après les pays spécialisés. Et la preuve en serait que pour la viticulture, parfaitement

(1) Nous empruntons les chiffres qui suivent à M. Gatz-Girey : Les problèmes de législation sociale en agriculture : *Revue de Droit rural et d'Economie agricole*, première année, page 486.

adaptée à notre climat, dans tous les sens du mot, la France, enfin une fois, vient au premier rang.

Tout de même! Sans vouloir briguer partout les premières places (et les Pays-Bas en détiennent six, pour les productions que nous avons citées), il semblerait que notre pays puisse se classer dans un meilleur rang. Il y a certainement quelque chose qui n'était pas au point dans notre économie rurale : peut-être la production était-elle mal organisée dans son ensemble; c'est ce que M. Augé-Laribé, en citant les chiffres ci-dessus, était enclin à penser lorsqu'il écrivait : « La France est le pays qui, en agriculture comme pour le reste, fait de tout, de tout un peu, avec liberté, fantaisie et une parfaite indifférence au résultat économique » et, plus loin : « Vaut-il mieux pour nos agriculteurs faire de tout en pleine liberté, presque au hasard, ou se discipliner, se répartir la tâche pour obtenir les succès auxquels ils paraissent destinés? » Mais il ne faut pas non plus exclure l'hypothèse d'une capacité professionnelle à améliorer. « Nos agriculteurs font-ils tout ce qui dépend d'eux pour tirer le meilleur parti des terres et des climats dont ils disposent, des applications de la science qui sont à leur portée? » Et la conclusion s'impose : « La France agricole doit accepter de se soumettre à un plus méthodique entraînement. Le nom de cet entraînement est l'enseignement professionnel ».

C'est à la jeunesse qu'il convient que cet enseignement soit donné. Mais par qui? et comment? Le problème, à vrai dire, est loin d'être résolu.

Un décret a déjà envisagé d'assurer la formation professionnelle des jeunes gens, garçons et filles, qui se préparent à l'agriculture. Il a prévu trois ans d'études à raison de cent vingt heures par an, l'enseignement devant être oral ou par correspondance (1).

La loi du 27 août 1940 crée la possibilité d'imposer aux exploitants et artisans ruraux la formation professionnelle d'un nombre déterminé d'apprentis français, âgés de plus de quatorze ans, provenant, en principe, de centres urbains. La jeunesse rurale va donc s'augmenter en quantité.

Il y a sur ce terrain d'énormes progrès à faire. Avant de former la jeunesse, il

faut organiser le cadre de ceux qui devront l'instruire. Ce cadre n'existe pas. On a envisagé de charger l'instituteur de cette instruction. Tout ce qui développera chez ce dernier l'amour de l'agriculture et lui permettra de l'inculquer ensuite aux enfants qu'il a le devoir d'instruire devra être encouragé. Mais si l'instituteur remplit avec conscience sa mission d'éducateur et arrive à donner aux enfants l'amour du sol, avec celui de la Patrie, ne lui en demandons pas davantage. Il ne peut être à la fois dans sa classe et dans les champs.

Ce qu'il nous faut, dans nos campagnes, ce sont des moniteurs professionnels, en rapport d'une part avec un organisme central qui dresserait leur programme d'action, lequel serait toujours régional, et, d'autre part, avec les jeunes gens eux-mêmes. Pratiquement, l'enseignement reste très difficile à donner. Le meilleur moyen de le diffuser reste encore le cours par correspondance. Ce moniteur, outre qu'il s'assurerait de la correction des devoirs, à supposer que ce ne soit pas lui qui la fasse, redresserait sur place les erreurs constatées au cours de ses tournées, ce qui constituerait sa mission principale, et contrôlerait, par la même occasion, que personne n'échappe à l'enseignement. Pour que leur action soit efficace, il faudrait que ces moniteurs soient en nombre élevé. Avant de dire que nous n'en trouverions pas assez, commençons donc par les chercher. Peut-être serons-nous heureusement surpris.

Que le lecteur nous pardonne, si, ayant soulevé successivement beaucoup de problèmes ruraux, nous en avons laissé quelques-uns sans réponse. Nous n'avons pas tant cherché à résoudre des problèmes d'économie rurale qu'à présenter de celle-ci un tableau aussi complet et aussi actuel que possible.

L'agriculture est en honneur, avons-nous dit en commençant. On peut juger maintenant du travail considérable qu'il y a à faire dans cette branche de notre économie nationale. Dans cette branche? Non, le mot n'est pas suffisant, et c'est avec raison qu'un proverbe chinois dit que, de la prospérité publique, l'agriculture est la racine. Pour que reprenne la prospérité nationale, donnons donc à sa racine, l'agriculture française, tous les soins qui lui sont dus.

Pierre PONT.

(1) Du 17 juin 1938.

LES MÉTHODES MODERNES DE STOCKAGE ET DE CONSERVATION DES PRODUITS AGRICOLES ET DES DENRÉES PÉRISSABLES

par Jean MARCHAND

Ingénieur I. E. G.

La répartition inégale de la production des denrées dans le temps (récoltes saisonnières) comme dans l'espace (pays gros fournisseurs de viande comme l'Amérique du Sud) impose leur stockage et leur conservation. L'étude de la constitution des tissus végétaux et animaux et de leur évolution, après la coupe de la plante pour les premiers et la mort de l'individu pour les seconds, a permis de mettre au point des méthodes efficaces de conservation dont les plus modernes sont l'ensilage (céréales, fourrages) et l'action du froid (viande, fruits, œufs). Ainsi peuvent être constitués des stocks qui non seulement assurent une consommation plus uniforme des denrées, mais encore régularisent les cours en délivrant le producteur de la nécessité d'écouler immédiatement et à vil prix une récolte trop abondante.

UNE nécessité impérieuse oblige l'homme à amasser les récoltes saisonnières pour assurer sa subsistance durant toute l'année. Une autre raison, d'ordre économique, se greffe d'ailleurs sur cette nécessité vitale. Si, en effet, les produits du sol ne pouvaient être stockés, qu'advierait-il ? Au moment de la récolte, l'offre étant de beaucoup supérieure à la demande, l'agriculteur ne trouverait à vendre qu'à vil prix à des négociants qui, mieux outillés, sauraient constituer des réserves qu'ils écouleraient par la suite à des taux rémunérateurs. On sait que le fait s'est produit en France lors de récoltes surabondantes en blé et que l'Etat a dû intervenir pour protéger le travail du paysan contre la spéculation. Aussi des coopératives rurales se sont-elles établies pour assurer un stockage inaccessible au petit propriétaire.

Le blé n'est pas le seul produit du sol justiciable du stockage : il en est de même des fourrages pour la nourriture des animaux, des légumes, des fruits, des œufs, etc., qui doivent être conservés pour que soit assurée leur distribution régulière au cours de l'année. En outre, sans la mise en œuvre de procédés efficaces de conservation, comment les

pays gros producteurs de viande, comme l'Amérique du Sud, pourraient-ils contribuer au ravitaillement de l'Europe ?

La technique moderne apporte heureusement une solution à tous ces problèmes. Nous ne pouvons avoir ici la prétention de les exposer en détail. Du moins tâcherons-nous de montrer les progrès que la science a autorisés dans ce vaste domaine.

Les principes de la conservation des céréales

La France est le quatrième pays producteur de blé du monde avec environ 90 millions de quintaux en moyenne par an. Elle vient après les Etats-Unis (180 à 220 millions de quintaux), le Canada (80 à 120 millions), les Indes Britanniques (90 à 95 millions), avant l'Italie (61 millions) et l'Allemagne (50 millions).

La conservation de la récolte de blé présente donc pour notre pays une importance particulière.

Pour conserver le grain récolté et stocké, il faut évidemment le mettre à l'abri de ses ennemis : humidité, animaux et insectes nuisibles.

Mis en tas à l'état humide, les grains

s'échauffent, fermentent, germent et souvent moisissent. Une ventilation convenable assure la déshydratation.

Quant aux animaux nuisibles, ce sont surtout le campagnol et le rat des champs; ils peuvent consommer 5 kg de blé par an et par tête. Si l'on songe qu'un seul couple de ces rongeurs peut donner naissance à 300 individus pendant le même temps, on voit que les ravages causés peuvent être considérables. Parmi les insectes, il faut citer surtout le charançon, l'aleurite et la teigne.

Les procédés de conservation primitifs ne permettaient guère de lutter contre ces ennemis des grains. Les famines qui ravagèrent l'Europe au moyen âge furent dues en partie à un stockage défectueux des récoltes.

Contre les animaux et insectes nuisibles, on doit avoir recours à des poisons : plâtre et farine pour les rongeurs, mélange d'acétate d'éthyle et de tétrachlorure de carbone, sulfure de carbone, chlopiérine pour les insectes.

Le silo à céréales

Il est évident que la protection du grain contre ses ennemis de toutes sortes est d'autant plus efficace que la masse des grains est mieux isolée. L'idée du silo devait donc naître tout naturellement.

Ses avantages sont nombreux : il permet de battre la récolte au moment le plus propice, de supprimer l'emploi onéreux de sacs et de réduire la main-d'œuvre, enfin de choisir opportunément l'époque de la vente et d'organiser collectivement la conservation des récoltes. De plus, la société coopérative peut ainsi non seulement conserver les céréales, mais encore

effectuer tout triage, mélange, sélection nécessaires.

C'est en France, en 1819, que de Lesteyrie conçut le premier silo, mais c'est seulement en 1850 que Doyère formula les règles de l'ensilage. Après Doyère, dont le silo, cylindre vertical en tôle mince terminé par deux troncs de cône

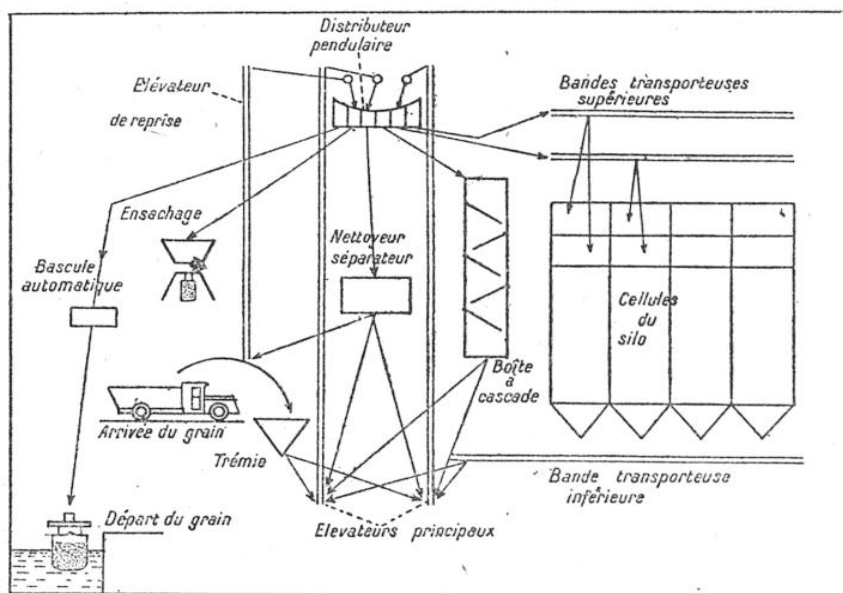


FIG. 1. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UNE INSTALLATION MÉCANIQUE DE SILO À BLÉ
Le grain, supposé ici arrivant par la route, est déchargé dans une trémie qui alimente deux élévateurs principaux desservant le distributeur pendulaire. Après passage dans le nettoyeur-séparateur et la boîte à cascade où il est ventilé, le blé est remonté au distributeur qui le répartit soit vers les bandes transporteuses supérieures remplissant les cellules, soit vers l'ensilage, soit vers le départ du grain (ici par péniche). Ce dispositif permet aussi le transilage par la bande transporteuse inférieure, c'est-à-dire le changement de cellule qui aère le blé. Tous ces circuits sont commandés électriquement, ensemble ou séparément, par des dispositifs de télécommande automatique.

et entouré de maçonnerie, était placé dans le sol pour éviter les variations de température, le D^r Louvel conçut le silo en acier reposant sur le sol et où l'on faisait un vide partiel dès l'introduction du grain.

Nous sommes loin aujourd'hui des silos de faible capacité du début de ce siècle. On distingue aujourd'hui les installations rurales dont la capacité atteint 60 000 quintaux (certains silos coopératifs au Maroc et en Algérie peuvent contenir 300 000 quintaux); des silos dits d'Intendance d'environ 100 000 quintaux; les silos de ports (plus de 50 000 quintaux), où le grain est entreposé, nettoyé, trié et qui exigent, pour toutes les opérations de chargement et de décharge-

ment, un appareillage mécanique important.

*L'appareillage mécanique
d'un silo moderne et le traitement
du blé*

Construit aussi près que possible des voies de communication, route, canal, chemin de fer, le silo comporte des transporteurs horizontaux, à bande, à courroies, à vis, à chaîne amenant le grain vers la base d'élévateurs qui le montent au sommet de l'installation, d'où il sera dirigé, après nettoyage, aux distributeurs qui le répartissent entre les diverses cellules du silo (1).

Notons que, quel que soit le procédé mis en œuvre, ces transports ont une influence bienfaisante sur le blé, puisqu'ils assurent son aération avant sa distribution aux cellules.

Une installation simple va nous permettre de suivre le circuit du blé avant son stockage (fig. 1). Le grain, pris par l'élévateur (2), est envoyé à l'appareil de nettoyage, puis après passage dans une balance, repris par un élévateur qui alimente un organe de transport horizontal aboutissant aux distributeurs spéciaux qui répartissent automatiquement le blé dans les cellules. En général disposés aux étages supérieurs des silos, ils sont de deux sortes : les *appareils pendulaires* qui distribuent le grain dans des ouvertures situées dans un plan vertical, et les *appareils à revolver*, sortes de trémies tournant autour d'un axe vertical (fig. 2).

Pour le nettoyage du grain avant ensilage, c'est-à-dire l'élimination de corps étrangers légers (paille, poussières, balles, grains charançonnés, etc.) ou lourds (mottes de terre, pierres, épis, etc.), on utilise les boîtes à cascade et le tarare, et le nettoyeur-séparateur.

Pour le triage plus sévère exigé pour les grains destinés à la semence, on a recours soit aux trieurs à cylindres, soit

aux trieurs carters à disques, soit aux calibreurs spéciaux (orge).

Mentionnons, pour être complets, les trieurs magnétiques qui retiennent les particules de fer mélangées au grain, puis les appareils à peser (balances romaines, balances automatiques, bascules volumétriques, peseuses ensacheuses), les broyeurs de déchets (certains ont une valeur marchande), les appareils à broser (exceptionnels dans les silos).

Quant à l'élimination des poussières qui peuvent se produire en différents points d'un silo, non seulement nuisibles à la santé du personnel, mais encore constituant un danger d'explosion et d'incendie, des ventilateurs Cyclone ou des filtres sont chargés de les éliminer.

Voilà donc le grain nettoyé et ensilé.

Il ne faut pas oublier qu'il s'agit d'une matière vivante qui respire en consommant de l'oxygène et en dégageant du gaz carbonique, que cette activité croît avec la température et le degré hygrométrique de l'air ; on conçoit donc la nécessité de le conserver à l'abri de la chaleur, de le refroidir, au besoin, et de le maintenir au-dessous d'un certain taux d'humidité (environ 13 %). Toute respiration se traduit, en effet, par une perte continue pour le grain.

Une aération s'impose tout d'abord. Commencée, comme nous l'avons vu, pendant les opérations de mise en silo, au cours des manutentions, elle est poursuivie dans le silo au moyen de groupes moto-ventilateurs ou par l'opération du « transilage » (reprise du blé des cellules et remise en silo par les opérations déjà mentionnées).

Enfin, l'*ensilage hermétique* permet d'obtenir, par accumulation du gaz carbonique dégagé par la respiration du grain lui-même, un ralentissement de l'activité biologique des matières qu'il contient. Les fermentations nuisibles sont en même temps empêchées, ainsi que tout échauffement.

Les silos en acier se prêtent particulièrement à ce mode de conservation, grâce à leur étanchéité.

Quant aux insectes ennemis des blés, rappelons qu'on les combat à la fois par l'aération, par l'emploi d'insecticides ou par l'utilisation de silos étanches. La chloropierine, par exemple, étant disposée à la partie supérieure de la masse des grains (15 cm³ par tonne de grains), ses vapeurs, plus lourdes que l'air, pénètrent

(1) On emploie souvent aussi, dans les installations importantes des ports, des transporteurs pneumatiques dont les suceuses aspirent les grains dans les cales des bateaux. Ce procédé, qui consomme une plus grande quantité d'énergie que les transporteurs mécaniques, exige par contre moins de main-d'œuvre et évite tout dégagement de poussières.

(2) Un élévateur de 25 m de haut et d'un débit de 200 litres à l'heure avec une vitesse d'élévation de 1,5 à 2,5 m/s n'exige qu'une puissance de 2 ch.

dans la masse et tuent les parasites. Par ailleurs, la fertilité germinative des grains n'est pas altérée et ceux-ci, convenablement aérés, demeurent propres à la consommation. Ce produit ne présente aucun danger d'incendie ou d'explosion; il oblige simplement ceux qui le manipulent à se munir de masques.

L'installation électrique d'un silo, étant donné le nombre des opérations à effectuer et, par suite, celui des circuits que le blé peut être appelé à emprunter, est évidemment très complexe.

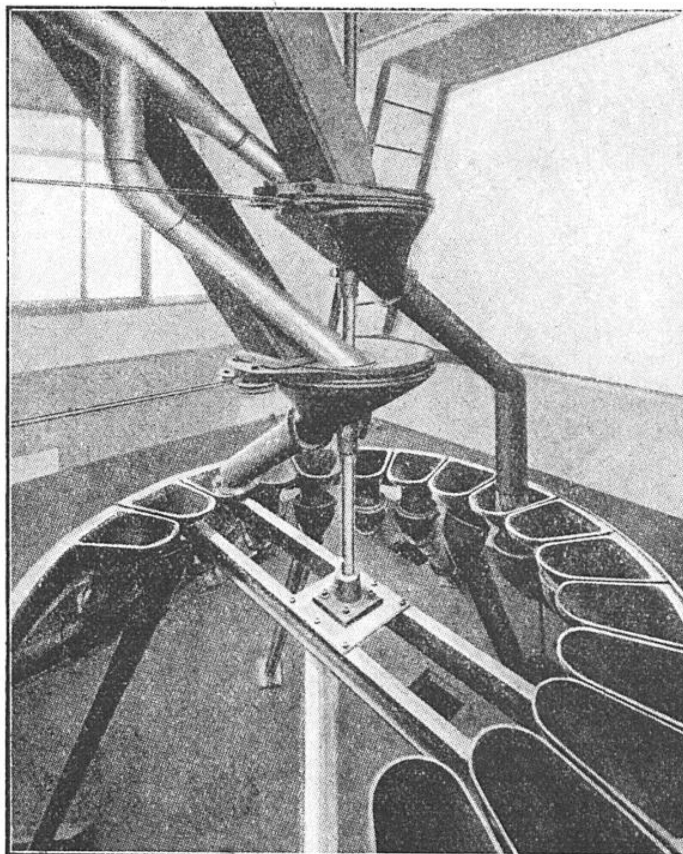
Les équipements les plus perfectionnés permettent : l'asservissement des moteurs dans un ordre déterminé en vue de localiser ou supprimer les accidents matériels dus à l'engorgement des machines, des transporteurs ou des conduits; la centralisation des commandes entre les mains d'un seul opérateur responsable; une signalisation permanente de l'état de marche ou d'arrêt des moteurs et leur protection; un contrôle permanent du fonctionnement de l'installation; une signalisation optique et sonore de la fin d'une opération de remplissage, suivie de l'arrêt automatique si une manœuvre manuelle n'est pas intervenue en temps opportun.

La télémechanique a apporté à tous les problèmes qui se sont posés une solution complète, grâce à l'emploi des contacteurs qui permettent, en disposant convenablement leurs circuits de contrôle avec les auxiliaires de commande, de réaliser des installations à fonctionnement entièrement automatique.

Le stockage des fourrages

Le stockage des fourrages présente, pour la nourriture du bétail, une importance au moins égale à celle du blé pour l'alimentation de l'homme. En effet, tandis que, pendant le printemps et l'été, où le fourrage est fourni par les prairies, naturelles et artificielles, et certaines légumineuses (vesces, faverolles, etc.), les ani-

maux consomment une nourriture renfermant, outre les principes nutritifs de base, des éléments indispensables, comme les vitamines, ces mêmes animaux, nourris pendant l'hiver par des aliments préparés artificiellement, privés des propriétés biologiques des plantes vertes, accusent un dépérissement notable.



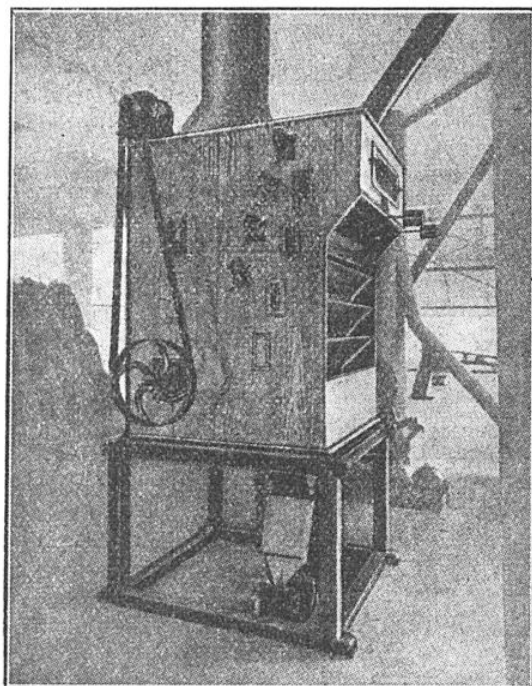
T W 2505

FIG. 2. — PARTIE SUPÉRIEURE D'UN DISTRIBUTEUR « REVOLVER » POUR LE BLÉ

Deux conduits tournants amènent successivement le blé dans les goulottes correspondant chacune à une cellule du silo.

Le fanage, première méthode de conservation des fourrages, entraîne la perte des parties de la plante riches en albuminoïdes et contenant le moins de cellulose, celle de principes nutritifs par la respiration des végétaux, la pluie et la rosée; il n'évite pas la fermentation dans les tas. Enfin, on évalue à 20 ou 22 % la perte en matières sèches.

Malgré ces défauts, le fanage n'est pas cependant à prohiber dans un pays où, comme en France, le climat se prête à la



T W 2508

FIG. 3. — BOITE A CASCADE ASSURANT LE NETTOYAGE ET L'AÉRATION DU BLÉ.

Le blé tombe en nappe sur une série de plans inclinés (voir fig. 1) et un fort courant d'air le débarrasse des impuretés légères en même temps qu'il assure son aération.

fois à la production du fourrage vert l'été et assure un séchage assez rapide des foin pour l'hiver.

Mais les procédés de conservation ont été améliorés. L'ensilage des fourrages permet, en effet, de les conserver à l'état vert, de même que certaines plantes grossières (orties, fougères), auxquelles il apporte, grâce aux fermentations dirigées, d'heureuses modifications qui les font accepter du bétail.

Les avantages de l'ensilage des fourrages verts sont multiples : diminution des pertes et, par suite, accroissement des rendements ; indépendance des conditions atmosphériques et, par suite, possibilité pour l'agriculteur d'effectuer le fauchage au moment où les plantes présentent le maximum de qualités ; augmenta-

tion du cheptel vivant par suite de l'augmentation du rendement des prairies ; économie de main-d'œuvre (1) et meilleure répartition du travail ; coupes plus nombreuses, grâce au prolongement artificiel de la période de végétation et à l'utilisation avantageuse des engrais. Toutefois, un ensilage ne peut donner les meilleurs résultats que s'il obéit à certaines règles dictées par les phénomènes d'ordres physiologique et microbiologique qui tendent à se produire dans la masse des fourrages stockés.

Les phénomènes utiles et nuisibles dans l'ensilage

Les phénomènes physiologiques

La plante coupée par la faux ou la faucheuse, séparée de sa racine nourricière, a reçu certes une blessure mortelle, mais ne meurt pas immédiatement.

Pour conserver par l'ensilage des fourrages plus ou moins frais, il faut tenir

(1) Ce point a été discuté. Si, en effet, l'ensilage supprime les longs travaux du fanage, il nécessite, pour le transport des plantes vertes, beaucoup plus lourdes que le foin sec, une quantité double de charrettes.

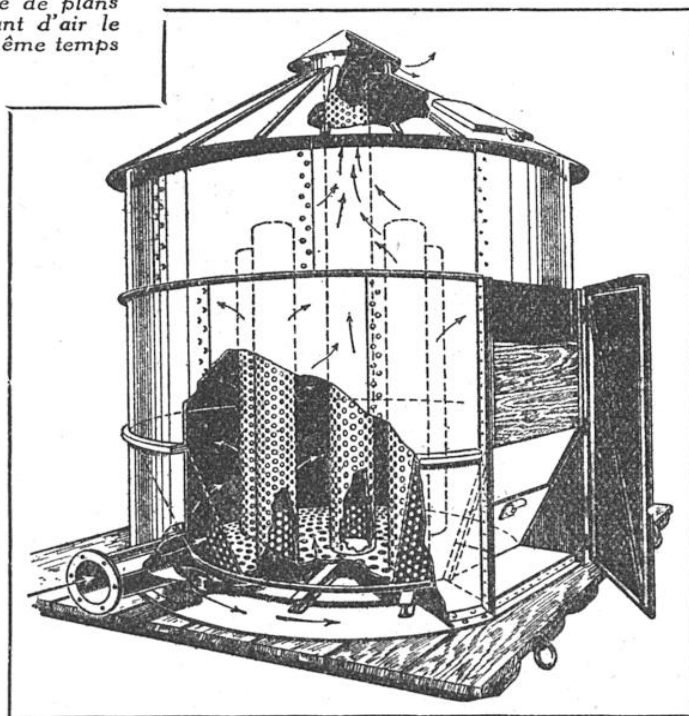


FIG. 4. — TYPE DE SILO A BLÉ DE FAIBLE CAPACITÉ (400 QUINTAUX) COMPORTANT UN SYSTÈME SPÉCIAL DE TUBES PERFORÉS ASSURANT LA VENTILATION DU GRAIN (SAUNION)

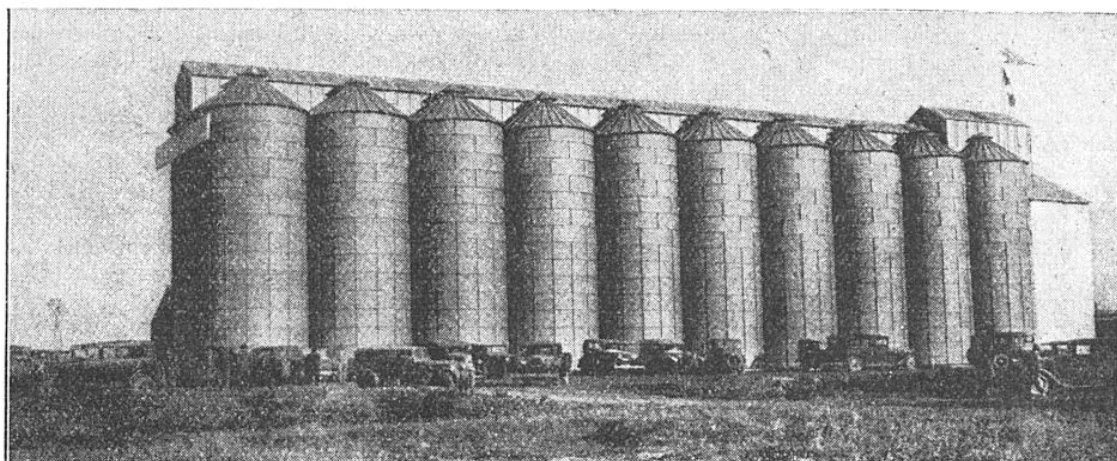
compte de ces phénomènes en agissant sur les facteurs favorables, c'est-à-dire ceux qui réduisent au minimum le travail de la plante coupée, de façon à conserver au fourrage toute sa valeur nutritive, son arôme et surtout ses vitamines. Quels sont ces facteurs ?

Dans la respiration normale, qui se produit tant que la plante est en présence d'oxygène, il y a tout d'abord com-

Quoi qu'il en soit, dans la pratique de l'ensilage, il est à peu près impossible de l'éviter, ainsi que les pertes qui en découlent. Heureusement, celles-ci sont faibles.

Les phénomènes microbiologiques

Après la respiration, c'est la fermentation microbienne qui domine jusqu'à la fin de la conservation. On distingue en général quatre groupes de ferments aux-



T W 2509

FIG. 5. — SILO A BLÉ DE 200 000 QUINTAUX DE LA SOCIÉTÉ DES DOCKS SILOS DE MEKNÈS (MAROC)

bustion incomplète des hydrates de carbone dont le type est le glucose avec formation d'acides organiques qui s'oxydent à leur tour, si l'oxygène est en excès, pour donner du gaz carbonique et de l'eau. Cette combustion constituant une perte, on la diminue en chassant l'air du silo (tassement du fourrage). Le dégagement de gaz carbonique au cours de la respiration, même réduite, qui se produit, tend à amener la mort de la plante.

Cependant, même si tout l'oxygène atmosphérique a été chassé, la plante continue à se défendre contre cette menace d'asphyxie par une respiration intracellulaire ou fermentation propre des hydrates de carbone qui se produit grâce aux diastases sécrétées par les cellules végétales et se manifeste par la formation de gaz carbonique et d'alcool éthylique. (Cet alcool proviendrait de la transformation, sous l'action d'une diastase spéciale, de l'acide lactique qui serait formé tout d'abord.) Les théories émises pour expliquer la respiration intracellulaire et ses produits sont d'ailleurs aussi diverses que complexes.

quels il convient d'ajouter un groupe de microorganismes tels que les champignons : les ferments lactiques, butyriques, ceux des matières protéiques, les ferments acétiques.

Disons tout de suite que la plus importante est la fermentation lactique aboutissant à l'acide lactique qui stérilise la masse du fourrage, gêne le développement des autres ferments nocifs et donne au fourrage une saveur agréable et rafraîchissante très appréciée du bétail. L'acide lactique possédant d'ailleurs la même valeur calorifique que le glucose, la fermentation lactique aux dépens de cet hydrate de carbone n'est donc pas une cause de perte. C'est donc cette fermentation qu'il faut favoriser.

Les divers modes d'ensilage

Les fosses ordinaires. — La première forme du silo — simple fosse creusée dans le sol — ne permettait ni de régler la respiration de la plante ni de diriger les fermentations. De plus, la grande quantité d'acide acétique formé provoquait des maladies du tube digestif des animaux.

Les silos-fosses bâtis et cimentés constituent déjà un progrès, le fourrage n'étant plus souillé par la terre, l'accès de l'oxygène étant rendu plus difficile; en même temps, le gaz carbonique dégagé s'échappe mal et favorise la fermentation lactique dont l'oxygène est le principal ennemi. Toutefois, si le fourrage est insuffisamment tassé et si la couche de terre qui le surmonte laisse pénétrer l'air, la respiration et les fermentations élèvent la température vers 50 et même 70° C, provoquant une perte sensible en matières albuminoïdes et une forte production d'acides. Aussi l'agriculteur préfère-t-il supporter les pertes de fourrage que d'obtenir un mauvais fourrage ensilé.

Les silos-tours. — Bien que relativement ancien, ce silo en forme de tour, en bois, en ciment ou en tôle, a été perfectionné assez récemment par les Américains. Les pertes en principes nutritifs oscillent entre 5 et 15 % pour des fourrages difficilement ensilables, c'est-à-dire riches en matières albuminoïdes. Ces résultats sont obtenus grâce à la hauteur des murs (entre 5 et 20 m) qui facilite le tassement du fourrage sous son propre poids.

Pour diminuer les pertes par fermentation, deux procédés sont utilisés : maintien de la plante à température assez élevée (50° C) ou basse (20° C).

Dans le procédé par fermentation chaude, le fourrage ne contenant que de 65 à 70 % d'eau est déposé dans le silo, sans être haché, par couches successives de 1 à 2 m. Après une vingtaine d'heures, la température s'élève à 50° C et tend à tuer la plante. On tasse alors très énergiquement pour chasser l'air et arrêter l'élévation de température. On continue ainsi par couches successives jusqu'à ce que le silo soit plein. La dernière couche est longuement tassée par une presse (10 à 14 jours), puis on ferme hermétiquement le silo.

Ainsi, d'une part, l'élévation de température accélère la mort de la plante et, d'autre part, le développement des bactéries lactiques est favorisé, tandis que les bactéries acétiques ne se développent qu'entre 20 et 25° C et les butyriques entre 35 et 40° C. Enfin, lorsque le fourrage est saturé d'acide lactique, toute fermentation cesse, le gaz carbonique dégagé contribuant à cet arrêt.

On a même utilisé le chauffage électrique pour élever la température du four-

rage, mais les résultats obtenus sont encore incertains.

Comme inconvénient de ce procédé, il faut noter la longueur du l'ensilage (18 à 20 h par couche) et le danger de voir la température s'élever au-dessus de 50° C. Enfin, si les plantes sont trop pauvres en eau (moins de 60 %), il est très difficile de chasser l'oxygène par tassement et la température monte à 70° C, d'où de grandes pertes.

Ainsi l'indépendance vis-à-vis des conditions atmosphériques, que nous avons signalée comme un avantage de l'ensilage, n'est plus complète.

Dans le procédé par fermentation froide, qui semble devoir détrôner le précédent (1), on met à profit l'existence de bactéries lactiques très vivantes qui se développent parfaitement entre 5 et 20° C.

Dans cette méthode, il faut immédiatement chasser l'oxygène pour éviter la respiration de la plante qui tend à élever la température et le développement des bactéries butyriques. Aussi hache-t-on les plantes qui se tassent difficilement.

Les pertes constatées avec ce système sont très faibles et la diminution de digestibilité des albuminoïdes est insignifiante.

Bien que cet ensilage soit très simple, certaines précautions sont à prendre si l'on veut éviter des mécomptes. Ainsi, les plantes trop aqueuses (90 % d'eau) sont parfois mélangées à des mélasses desséchées ou de la paille hachée. Mais cela entraîne la pénétration de milliards de microorganismes qui influent défavorablement sur la marche de la fermentation.

De même, si le fourrage est souillé par de la terre, il faut y ajouter des produits riches en sucre (mélasses) pour favoriser le développement des bactéries lactiques.

Les silos type Crémasque

La conservation des fourrages par les deux procédés précédents, dits aussi « doux » et « acide », s'appuie sur l'acidité qui se développe dans le tissu végétal pendant la fermentation.

Le silo Crémasque, du nom de la Station Expérimentale de Crema (Italie), où il a été étudié, est fondé sur la conservation des fourrages *demi-secs* par le gaz carbonique qui se dégage au cours de la respiration normale et intracellulaire de la

(1) En Allemagne, certains silos électriques ont même été transformés en silos à fermentation froide.

plante dont le sucre se transforme en alcool, en gaz carbonique, puis en acide lactique, en acide acétique, et donne à nouveau du gaz carbonique. La quantité de ce gaz produite est telle que, le fourrage étant mis dans une bouteille bouchée, maintenue à température normale, celle-ci peut éclater. Or, on sait les propriétés asphyxiantes de ce gaz. Peu à peu, toute activité cesse et les cellules meurent.

C'est donc la fermeture hermétique par un couvercle qui distingue le silo Crémassique, où la production de gaz carbonique peut atteindre 90 %. Cependant, les essais poursuivis dans le domaine de Monion (Haute-Garonne), par M. Rives, professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse, dans un silo de 125 t fermé

par un couvercle pesant 4 000 kg n'ont pas donné les résultats escomptés (moisissures) et le silo est utilisé comme un silo ordinaire (*fourrage vert*). Le grand tassement permet d'obtenir de très bons résultats.

Le sel et la conservation des fourrages

Une autre méthode de conservation des fourrages; dite méthode de Solages, consiste à mettre en œuvre les propriétés antiseptiques du sel, utilisées pour la conservation des denrées périssables.

Le sel utilisé avec des fourrages rentrés aux trois quarts et à demi secs a montré son action bienfaisante. C'est ainsi que, dans la propriété de M. de Solages, un violent orage ayant complètement inondé le foin engrangé et salé, celui-ci est demeuré presque intact.

Mais ceci suppose que le foin a été salé sans aucun tassement, condition difficile à réaliser à l'engrangement.

Aussi, M. Marre préconise-t-il le salage des fourrages verts en meulons, en plein champ, et donne-t-il les règles générales

à appliquer. Si le temps est beau pendant la fenaison, il suffit de retourner les andains (1) une ou plusieurs fois le lendemain du jour où ils ont été fauchés et de mettre le fourrage en meulons de un ou deux quintaux, sans tasser, quel que soit son degré de siccité, en salant par couches de 20 cm à raison de 1 à 2 % de sel. Au bout de trois à huit jours, selon les conditions atmosphériques, le sel

aura absorbé l'humidité et on pourra rentrer le fourrage. Le sel évitera toute moisissure et toute fermentation.

En période pluvieuse, on laisse les andains sur place (2) jusqu'à ce que le temps se raffermisse, puis on procède comme ci-dessus. On peut d'ailleurs, pour éviter que la présence de meulons dans le champ ne gêne la repousse des regains, établir des meulons plus volumineux en bordure des champs.

La conservation des denrées périssables par le froid, la chaleur, la dessiccation, etc.

La conservation des viandes par le froid

Les conditions de la conservation de la viande par le froid, dont Charles Teller, le « Père du froid », a démontré définitivement l'efficacité, par ses expériences justement célèbres (3), découlent immédiatement de la structure même des tissus animaux.

Tandis que les cellules végétales sont

(1) Sorte d'allée d'herbe coupée par un seul passage du faucheur ou de la machine.

(2) Le fourrage qui vient d'être coupé, gorgé d'eau, peut supporter plusieurs jours de pluie.

(3) Transports de viandes d'Amérique du Sud en Europe sur les deux bateaux frigorifiques *Le Frigorifique* et *Le Paraguay* qui suivirent les expériences faites en 1873 et 1874 à la chambre froide de l'usine d'Auteuil. (Voir *La Science et la Vie*, N° 9 page 337.)

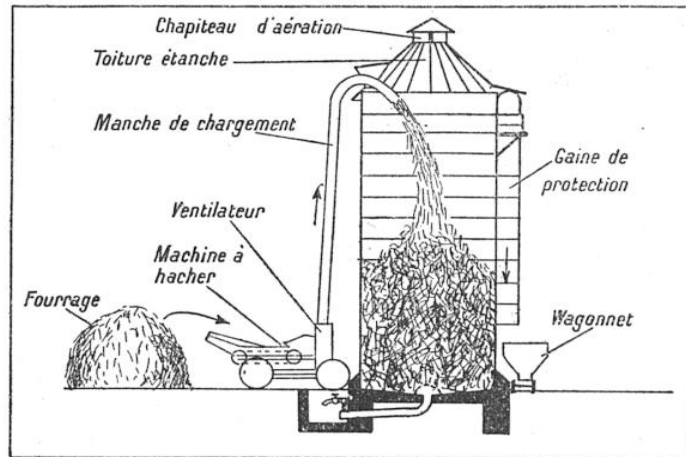
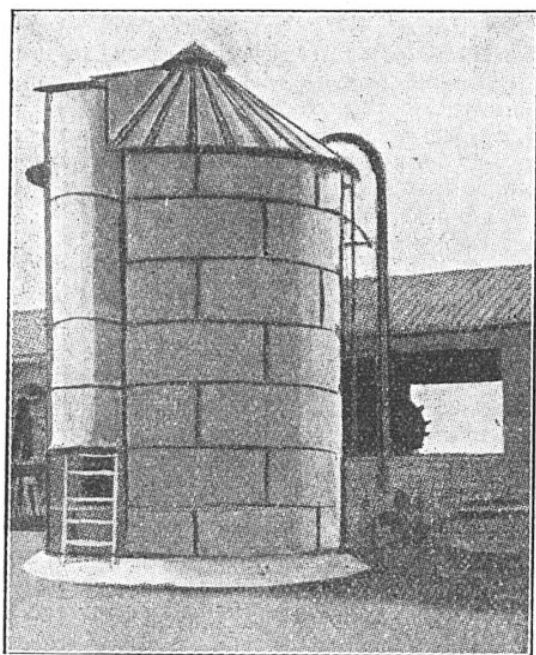


FIG. 6. — VUE EN COUPE D'UNE INSTALLATION D'ENSILAGE DE FOURRAGE

Le fourrage haché est envoyé dans le silo par un ventilateur souffleur. Pour le déchargement, une gaine de protection des portes permet le remplissage des wagonnets.



T W 2506

FIG. 7. — SILO MÉTALLIQUE A FOURRAGE D'UNE CONTENANCE DE 80 TONNES AU DOMAINE DE MONLON (Institut agricole de l'Université de Toulouse.)

composées surtout de matières ternaires, hydrocarbonées, recouvertes d'une membrane rigide cellulosique, les tissus animaux, au contraire, beaucoup plus complexes, sont constitués de matières quaternaires protéiques formant à la fois le contenu et la paroi de la cellule et, sauf l'œuf des oiseaux, ne sont plus protégés après le dépouillement de l'animal.

En outre, l'organisation du système circulatoire général (sang et lymphe) favorise la propagation des agents de fermentation, alors que les dispositions des vaisseaux libéro-ligneux des végétaux s'opposent à cette propagation.

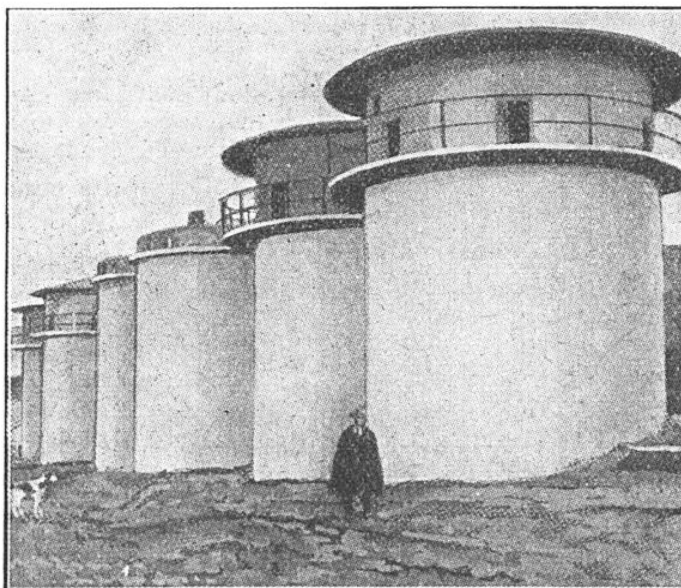
Enfin, nous avons vu plus haut que le végétal, même séparé de ses racines, continue à vivre, à se défendre contre les agents externes. Les tissus animaux, au contraire, meurent au moment même, ou presque, où l'individu auquel ils appartiennent cesse de vivre. Alors commence aussi la

désorganisation des constituants de ces tissus.

Ainsi apparaît déjà, pour la conservation des viandes, une première et essentielle condition : il faut les soumettre dès que possible à l'action du froid.

Cette nécessité est d'ailleurs corroborée par l'étude de l'évolution des tissus animaux en fonction des causes d'altérations extérieures sous l'influence de divers micro-organismes. Nous avons dit que la conduite des fermentations chez les végétaux, dont les sucres cellulaires ont une réaction acide, pouvait favoriser leur conservation. Les tissus animaux sont, eux, exposés aux altérations microbiennes (absence de membrane protectrice, réaction le plus souvent alcaline du suc protoplasmique, réseau circulatoire extrêmement serré). Or, au moment de sa mort, l'animal est précisément à la température la plus favorable au développement des bactéries, d'où des putréfactions superficielles, profondes, notamment la « putréfaction verte ou avarie » ammoniacosulfhydrique. Par conséquent, une deuxième condition de conservation des viandes consiste à les amener aussi propres que possible à la chambre froide.

C'est l'Amérique qui a montré l'exem-



T W 2507

FIG. 8. — UNE BATTERIE DE SILOS CRÉMASQUE EN ITALIE POUR LES FOURRAGES VERTS.

Dans ces silos, la conservation est assurée par un énergique tassement du fourrage afin de chasser l'air, et par le gaz carbonique dégagé par le fourrage. Un couvercle extrêmement pesant assure l'étanchéité et la pression sur le fourrage.

ple d'abattoirs rationnellement aménagés, où le travail à la chaîne exclut au maximum toute souillure des viandes.

En France, si on ne trouve pas d'aussi grandioses installations, une technique moderne a été mise en œuvre dans un petit abattoir corporatif, à Gaillon (Eure), par M. Maurice Piettre. C'est ainsi (1) que l'on a pu constater que l'introduction immédiate dans la chambre

des viandes en fragments de faible épaisseur. Toutefois, la congélation rapide, qui a fort bien réussi pour les petites pièces, n'a pas été appliquée avec succès aux viandes en quartiers.

Comment le froid agit sur les tissus

Une simple réfrigération vers 0° C n'apporte que peu de modifications aux tissus animaux.



FIG. 9. — STOCKAGE ET SALAGE DU FOURRAGE DANS UN SILO FOSSE CONSTRUIT AU-DESSUS DU SOL

froide des carcasses donnait aux viandes une tenue et un aspect beaucoup plus agréables que les viandes de la Villette. Mais les expériences de Ch. Tellier faites, la première, sur le bateau « le Frigorifique » avec des chambres à 0° C, la deuxième sur « le Paraguay », à -25° et même -31° C, furent le départ de deux grands types commerciaux de viandes frigorifiées : les viandes réfrigérées (chillet meat) et les viandes congelées (frozen meat). Il y a lieu d'y ajouter les viandes refroidies (températures supérieures à +1° C). Ces divers refroidissements étaient obtenus lentement (72 à 80 h). L'Américain Clarence Birdsaye mit, le premier, au point avec Vogt, en 1923, un appareil pour la congélation rapide des filets de poisson. Ce procédé (*quick freezing*) a été étendu à la congélation rapide

La congélation apporte des modifications plus profondes.

Lorsque l'on congèle les viandes, on constate un palier de température entre 0 et -2°, correspondant à la cristallisation d'une grande partie de l'eau libre du plasma. Or, on sait qu'une congélation lente favorise la formation de gros cristaux qui risquent de faire éclater les fibres musculaires. A la décongélation, les modifications constatées seront d'autant plus importantes que le refroidissement a été plus lent, l'eau de fusion des gros cristaux ne pouvant être résorbée par les colloïdes présents. A la cuisson, ces inconvénients s'exagèrent encore et les ménagères n'ont pas manqué de reprocher aux viandes congelées cette exsudation considérable. L'idéal serait donc d'effectuer la congélation avec une rapidité telle que l'eau se trouve solidifiée (en microcristaux) dans l'état de division où elle existe dans les

(1) Introduction aux diverses techniques de conservation des denrées périssables (*Technique frigorifique*). Editeur : L. Eyrolles, Paris.

liquides biologiques (*quick freezing*).

Les putréfactions des viandes sont soit superficielles, soit profondes, celles-ci pouvant compromettre leur utilisation pour l'alimentation. La température joue le rôle le plus important dans leur évolution. Ainsi, le bacille *proteus hemosulfureus*, responsable de la putréfaction verte, exige une température de 36 à 37°, et au-dessous de 20° C la fermentation cesse pratiquement. Les colibacilles cessent leur action à partir de 10° C. Pour arrêter celle des bactéries protéolytiques, qui hydrolisent les matières albuminoïdes par une diastase, il faut descendre à 0° C.

Ainsi, le froid a pour effet d'empêcher la multiplication des bactéries, de paralyser leur activité fermentaire, de stabiliser certains phénomènes en voie d'évolution, d'en ralentir d'autres, enfin de détruire des bactéries et certains parasites transmissibles à l'homme.

Le froid est donc un agent d'*asepsie* lorsqu'on l'applique à des denrées qui lui sont confiées pures.

C'est un *stabilisateur* qui maintiendra aussi constant que possible l'état des produits soumis à son action en arrêtant l'effet des diastases et en annihilant celui des bactéries.

C'est un *modérateur* qui ralentit l'activité biologique (cas des végétaux).

C'est enfin un agent *stérilisateur* qui tue certains parasites en les faisant éclater sous l'influence de la dilatation produite par la formation de cristaux de glace.

Mais le froid ne saurait reconstituer des tissus déjà altérés. Il conserve la viande dans l'état où elle lui a été confiée. Par conséquent, une action immédiate du froid sur des viandes aussi pures que possible, une action continue du froid jusqu'au moment de la vente, sont

indispensables. L'approvisionnement des grands centres doit donc comporter : le frigorifique à la production, les transports frigorifiques, les entrepôts de distribution. La réalisation d'emblée, dans cet ordre, de ce cycle, en Amérique, explique le succès obtenu. Par contre, en France, en raison du la dispersion des abatages, du morcellement de la propriété, on a commencé par la création d'entrepôts

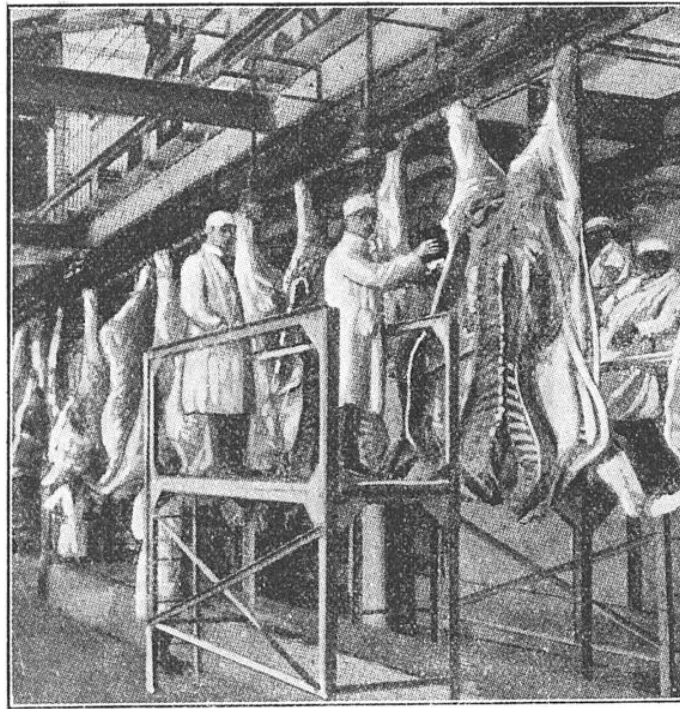


FIG. 10. — LES CARCASSES DES BŒUFS ABATTUS ET DÉPOUILLÉS DÉFILENT LENTEMENT DEVANT DES VÉTÉRINAIRES INSPECTEURS AU FRIGORIFIQUE SWIFT A ROSARIO DE SANTA FÉ (ARGENTINE)

T W 2503

frigorifiques dans les centres de consommation sans se préoccuper de l'aménagement des lieux de production. Il y a là un gros effort à fournir pour bénéficier des avantages de la technique du froid.

Le froid et la conservation des fruits et des œufs

Le fruit, comme tout tissu végétal, continue à respirer après la cueillette, en dégageant de la chaleur et en produisant du gaz carbonique. Aussi, au bout d'un certain temps, les cellules centrales, privées de l'arrivée d'oxygène, meurent en prenant une coloration brune. De plus, l'évaporation est la cause d'une perte de poids appréciable. On demande donc au froid de limiter ces phénomènes. Suivant le but poursuivi : conservation de durées variables (quelques jours, plusieurs mois

ou plus), on fera appel la réfrigération à 0° ou à la congélation.

Œufs. — Soixante millions de poules pondeuses produisent normalement, en France, 5 à 6 milliards d'œufs. Mais cette production est loin d'être régulière; elle est douze fois plus forte en avril qu'en décembre. Il est donc nécessaire de conserver les œufs; cependant, le consommateur éprouve une méfiance pour l'œuf de conserve. En effet, la consommation tombe de 250 000 quintaux en mars à

150 000 en novembre. Pourquoi ? C'est que l'œuf est un produit difficile à conserver.

On connaît sa nature. Il est protégé par une coquille poreuse, recouverte, certes, d'un enduit, la « porphyrine », mais délicat et qui disparaît au moindre lavage, tapissé intérieurement d'une membrane qui se sépare en deux feuillets vers le gros bout de l'œuf en formant la chambre à air.

Puis voici le blanc, solution albumineuse, se congelant à -0°45, et le jaune, sphérique, suspendu au centre par deux cordons, les « chalazes ». Il se congèle à -0°52. Il contient des matières grasses et albuminoïdes, de l'ammoniaque, des

lécithines, des cholestérines, du sucre et de l'acide phosphorique. Les matières grasses ayant la propriété de fixer les odeurs rendent la conservation difficile et leur faible densité fait que le jaune a tendance à monter et à se coller à la coquille quand les chalazes sont rompues et le blanc liquéfié. Enfin, l'œuf fraîchement pondue est rarement aseptique.

Ainsi la conservation des œufs dans de la paille ou de la sciure lui communique une odeur de moisi.

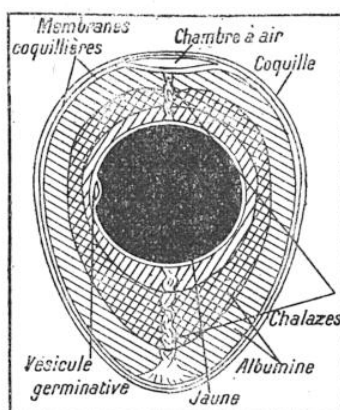


FIG. 12. — COUPE SCHEMATIQUE D'UN ŒUF

soigné, car les œufs peuvent séjourner dans leurs caisses d'origine, à l'entrepôt frigorifique, où ils sont refroidis mais non congelés, six ou huit mois sans être visités et un œuf cassé et rapidement corrompu contamine les autres. Les caisses canadiennes permettent de placer les œufs debout, le gros bout en haut, de sorte que le jaune, en remon-

tant, ne peut se coller à la coquille (chambre à air).

Un procédé spécial, dit « Lescardé », consiste à maintenir les œufs à -1°, mais dans une atmosphère inerte : après avoir fait le vide dans des autoclaves où sont placés les œufs, on in-

troduit un mélange de 12 % d'azote et de 88 % de gaz carbonique à une pression légèrement supérieure à celle de l'atmosphère. Ce procédé évite le rancissement du jaune.

Terminons en signalant le procédé de congélation des œufs qui sont cassés au préalable. Grâce à une propreté rigoureuse des instruments utilisés et à une congélation immédiate (-25°3), les œufs peuvent être conservés indéfiniment, pour les besoins industriels. Paris-Ivry peut traiter ainsi 50 000 œufs par jour.

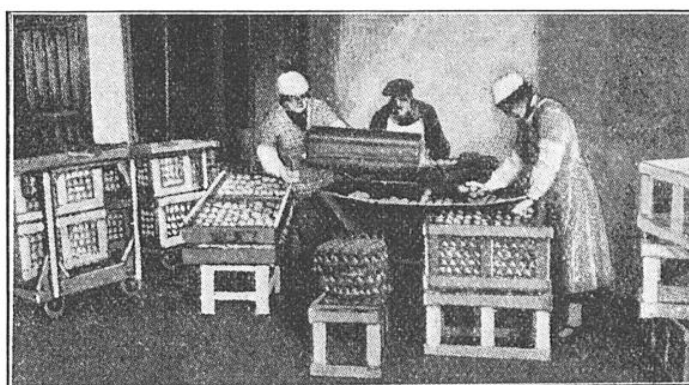


FIG. 13. — TRIAGE ET MIRAGE DES ŒUFS A L'ARRIVÉE DANS UN ENTREPÔT FRIGORIFIQUE

T W 2511

Les autres agents de conservation (chaleur, dessiccation, saumurage, antiseptiques)

Les mêmes principes que nous avons développés peuvent être appliqués à des techniques de conservation utilisant d'autres agents, tels que la chaleur, la dessiccation, le saumurage, les antiseptiques.

D'une façon générale, indiquons que l'*aseptisation* suppose l'absence de bactéries et de leurs produits, tels que toxines, substances chimiques nouvellement formées, que la *stabilisation* est surtout envisagée avec les antiseptiques et la dessiccation, que la *stérilisation* par la chaleur, la plus employée dans l'industrie de la conserve, est complétée par une protection durable (boîtes métalliques ou en verre).

La chaleur. Tuant les bactéries, plus difficilement leurs spores, la chaleur agit par *stérilisation*. Malheureusement, elle altère les tissus : coagulation des albumines avec élimination d'eau ; gélatinisation partielle des tissus fibreux (tendons, aponévroses) et du tissu conjonctif ; séparation plus ou moins importante des graisses, etc. ; altération des protéines avec libération d'hydrogène sulfureux et d'ammoniac. Ces modifications s'atténuent par l'emploi de températures peu élevées, surtout si, par le vide, on enlève, avant chauffage, la petite quantité d'air enfermée dans les boîtes.

La chaleur est aussi un agent *stérilisateur*. Si, par exemple, la température optimum pour le développement des bactéries de fermentation est de 37 à 38° C, les conserves pourraient théoriquement rester intactes aux environs de 50 à 55° C.

La dessiccation. Il y a longtemps que les Arabes conservent les viandes en les étalant largement pour en dessécher rapidement les surfaces par la formation d'une couche protectrice de tissu parcheminé. Les voies d'entrée des microbes (orifices des vaisseaux sectionnés) sont en effet obstruées par la dessiccation du sang coagulé. La dessiccation agit donc par *aseptisation*.

On sait d'ailleurs qu'une forte concentration, qui équivaut, sinon à une dessiccation, du moins à une déshydratation, assure la conservation d'aliments éminemment fermentescibles (confitures, lait concentré sucré, etc.).

La dessiccation agit comme *stabilisant* dans la fabrication des poudres de lait,

de viandes, de légumes et de fruits. Les bactéries, faute d'eau, ne peuvent se multiplier et restent inertes. De même dans le mélange de sel, de matières grasses, de bactéries, etc. (« fleur »), qui recouvrent les saucissons, les microorganismes sont à l'état de vie ralentie pendant la dessiccation. Mais ils retrouvent toute leur activité à l'humidité.

Les *antiseptiques* peuvent soit empêcher le développement des bactéries (*aseptisants*) s'ils sont utilisés en très faible proportion, soit tuer les bactéries existantes (antiseptiques proprement dits) lorsque cette proportion est plus considérable. En pratique, on ne les emploie qu'à faible dose et ainsi ils ne modifient qu'extrêmement peu les denrées les plus délicates.

Parmi les plus employés, citons : l'addition de borax aux saumures faibles contenant du sucre pour atténuer la saveur âcre du salpêtre dans la fabrication des salaisons (jambon, bacon) ; les fluorures pour la conservation des beurres.

Toutefois, les antiseptiques ne sont pas sans présenter certains dangers : leur toxicité peut s'exercer en effet non seulement aux dépens des bactéries, mais aussi des tissus de l'organisme. Certains, introduits avec les aliments dans notre économie, agissent sur les diastases de la digestion dont les ferments solubles peuvent cesser d'être sécrétés ou être neutralisés.

Le sel est, on le sait, très employé dans les campagnes pour la conservation, notamment des viandes de porc. Cependant, s'il gêne les fermentations, il ne les supprime pas complètement. Il doit donc agir par aseptisation et non comme antiseptique, c'est-à-dire que son emploi exige un état initial des produits parfait. Aussi l'industrie moderne fait-elle plutôt appel à des saumures douces mais en s'aidant du froid dans toutes les phases de préparation des viandes.

Ainsi, dans quelque domaine des produits agricoles que ce soit, le stockage et la conservation sont susceptibles à la fois d'assurer une répartition régulière de produits saisonniers et de jouer un rôle essentiel dans l'économie mondiale en favorisant soit l'extension de certaines cultures sous certains climats, soit l'exploitation de richesses locales en autorisant leur transport à grande distance.

Jean MARCHAND.

LA SCIENCE DU SOL PERMET L'AMÉLIORATION RATIONNELLE DE LA FERTILITÉ DES TERRES

par Marcel PATRY

Docteur ès Sciences

Le problème fondamental de l'agriculture, surtout dans les circonstances présentes, est de produire le plus possible et le plus économiquement possible, ce qui exige une connaissance approfondie des divers facteurs qui gouvernent la fertilité du sol. Déjà en 1600, Olivier de Serres pouvait écrire : « La connaissance du naturel des terres que nous voulons cultiver est le fondement de l'agriculture. » La science du sol, au cours de ces dernières années, a connu un développement rapide auquel l'Ecole française, sous l'impulsion de M. A. Demolon, a apporté une contribution importante. La fertilité apparaît aujourd'hui comme la résultante d'un grand nombre de conditions physiques, chimiques et aussi bactériologique et seule l'étude scientifique du milieu cultural peut guider l'agriculteur dans l'amélioration de ses terres.

La fertilité est l'aptitude d'un sol à fournir des récoltes plus ou moins abondantes. Cette propriété n'est susceptible que d'appréciations relatives, fondées sur un grand nombre de cultures. Il est impossible de déterminer une valeur absolue de la fertilité d'un sol.

La fertilité est tout d'abord conditionnée par le climat, bien que le sol ne doive pas être considéré comme un milieu inerte et qu'il influe sur la végétation par ses caractères propres, physiques, chimiques, et bactériologiques.

Les conditions climatiques dépassent le cadre de cet article. Elles sont pourtant, nous le répétons, fondamentales, mais elles échappent le plus souvent au contrôle de l'agriculteur. Nous ne parlerons donc, ici, que de la fertilité propre des sols, supposés placés dans des conditions moyennes de climat. Cette façon d'envisager les choses a évidemment un caractère un peu artificiel. Malgré tout, elle trouve une justification dans le fait que, dans des conditions climatiques identiques et normales, des sols différents sont plus ou moins aptes à fournir de bonnes récoltes.

La constitution physique du sol, premier facteur de fertilité

Un sol fertile doit posséder une structure finement granuleuse, favorable à l'aération ainsi qu'à la pénétration et à la rétention de l'eau. Ces conditions sont nécessaires pour que la nutrition de la plante puisse être convenablement assurée.

L'ameublement du sol, grandement amélioré par un travail soigné, résulte d'un équilibre harmonieux entre les constituants du sol. Comme, très souvent, c'est la constitution physique du sol qui conditionne sa fertilité, on ne saurait exagérer l'importance des analyses *physiques* des terres. Celles-ci sont exécutées, dans les stations agronomiques, suivant les règles conventionnelles de l'Association Internationale de la Science du Sol. Ces analyses comportent un classement des particules terreuses suivant leur grosseur et leur nature : cailloux, gravier, sable, limon, argile, humus. Elles portent également sur la perméabilité du sol, ainsi que sur ses capacités d'aération et de rétention de l'eau. Ces analyses ne seraient d'ailleurs pas complètes si elles ne tenaient compte de la profondeur du sol et de la nature du sous-sol ; un sous-sol imperméable conduit en effet à l'asphyxie des racines par excès d'humidité.

D'après M. Demolon, en France, les sols qui se montrent les plus fertiles sont constitués par des limons à éléments fins, homogènes et profonds, renfermant environ 15 % d'argile et entre 1 et 2 % d'humus. L'argile et l'humus constituent la partie colloïdale du sol. Ils sont constitués par des particules dont le diamètre est inférieur à 2 microns (2 millimètres de millimètre). L'argile est de nature minérale, sa composition correspond à celle d'un silico-aluminate complexe. L'humus est de nature organique et se

composition est mal définie. Il résulte de la décomposition de substances organiques d'origine végétale et parfois animale. Certains sols noirs des steppes renferment jusqu'à 16 % d'humus, mais dans nos régions la plupart des sols cultivés restent au-dessous de 2 %. Dans la fertilité physique du sol, l'humus joue un rôle exceptionnel. Il améliore la structure en assurant de la cohésion aux sols légers et en ameublissant les sols argileux. Tout le monde connaît cette double propriété du fumier. Il augmente également la capacité de rétention des sols pour l'eau. Il suffit d'ajouter 0,5 % d'humus pour accroître la capacité pour l'eau d'une terre de 6,5 %.

On sait que les substances colloïdales peuvent exister sous deux états : floculé ou dispersé sous forme de solution colloïdale. C'est à l'état floculé, c'est-à-dire à l'état solide très finement divisé, que les colloïdes du sol jouent leur rôle fertilisant. C'est le calcium, généralement présent dans le sol sous forme de calcaire, qui assure l'état floculé aux colloïdes du sol. L'humus, par la formation avec l'argile d'un complexe appelé complexe argilo-humique, difficilement dispersable, facilite d'ailleurs son action. La présence de calcium en quantité suffisante est donc indispensable pour assurer la fertilité physique du sol.

Les éléments chimiques en présence

La composition chimique d'une plante est fort complexe. Les constituants de nature organique, cellulose, lignine, cires, résines, tanins, etc., forment avec l'eau la presque totalité de sa substance. Ils sont formés de carbone, d'oxygène, d'hydrogène et aussi d'azote, de soufre, de phosphore. Mais en outre, l'analyse des plantes, poussée très loin par G. Bertrand et ses élèves, a révélé la présence, dans la substance végétale, de la plupart des éléments chimiques connus. Certains comme le potassium, le calcium, le sodium, etc., s'y trouvent en quantités appréciables; d'autres comme le bore, le manganèse, le vanadium, par exemple, s'y trouvent seulement à l'état de traces. Ces derniers sont appelés « oligoéléments » (1). La plante exige donc pour son développement une nourriture extraor-

(1) Voir dans ce numéro l'article sur les oligoéléments.

dinairement variée. L'air, l'eau, le sol assurent cette alimentation.

Le gaz carbonique de l'air, par l'intermédiaire de la fonction chlorophyllienne, constitue une source inépuisable de carbone. Dans l'air et dans l'eau, on trouve également, en quantité illimitée, l'oxygène et l'hydrogène nécessaires à la formation de la substance organique.

L'azote de l'air est, dans certains cas — bactéries des légumineuses —, fixé directement par la plante. Mais il ne s'agit que d'un cas particulier. Généralement, c'est le sol qui fournit l'azote. C'est dans le sol également que la plante doit puiser la totalité des autres éléments qui lui sont nécessaires.

On retrouve dans la composition chimique des sols l'immense variété que l'on a rencontrée dans celles des plantes. Tous les éléments présents dans les plantes se trouvent, en principe, dans tous les sols. Mais certains sont en quantité insuffisante, ou sous une forme non assimilable par la plante. Le milieu chimique du sol est par suite un facteur essentiel de la fertilité.

Nous n'insisterons pas ici sur les oligoéléments. Leur rôle est mal connu et en outre, sauf dans quelques cas particuliers, les quantités disponibles paraissent largement supérieures aux besoins de la plante. On connaît, en effet, peu de cas de carence (1) se rapportant aux oligoéléments. Citons cependant un cas paraissant établi avec certitude : La maladie du cœur de la betterave s'observe dans les sols où la teneur en bore est particulièrement faible. Il suffit d'apporter un peu de bore, sous forme d'acide borique, au sol pour faire disparaître cette maladie.

Les éléments nutritifs les plus importants, dont un sol fertile doit être largement pourvu, sont : l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium et aussi, mais à un degré moindre, le magnésium, le soufre, le sodium (2).

L'analyse chimique brutale montre que,

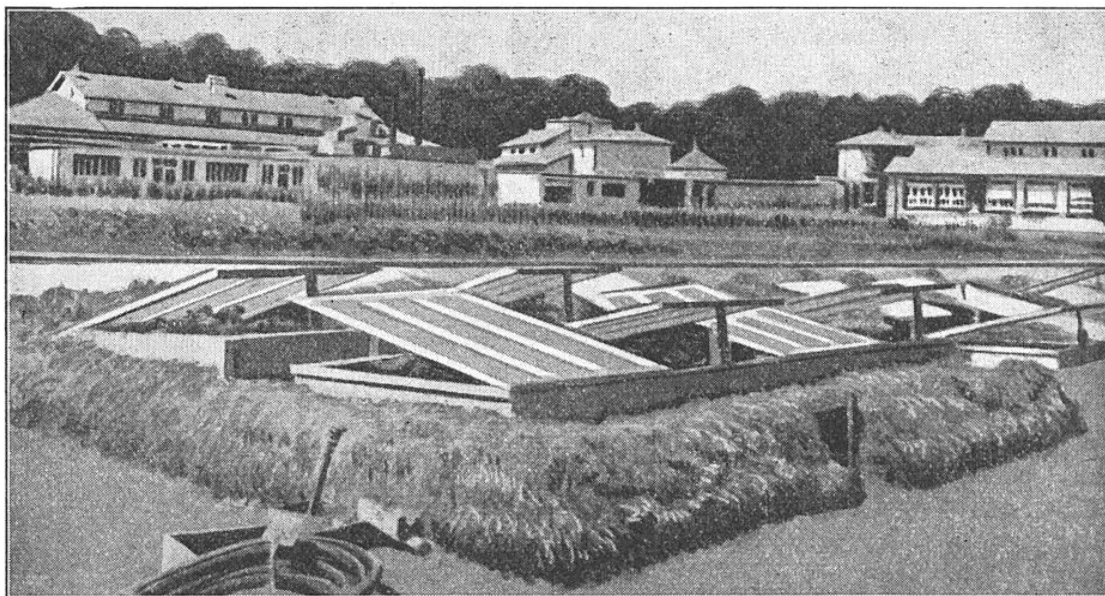
(1) On appelle carence en un élément, pour une culture donnée, les phénomènes maladiés observés lorsque la teneur du sol en cet élément tombe au-dessous de la valeur nécessaire pour assurer la nutrition convenable de la plante.

(2) Les éléments se trouvent évidemment dans le sol à l'état de combinaisons. Pratiquement, on évalue le phosphore en acide phosphorique (P_2O_5), le potassium en potasse (K_2O), le calcium en chaux (CaO), etc.

sauf en ce qui concerne l'azote, les réserves des sols en ces éléments sont suffisantes pour assurer, *théoriquement*, de nombreuses récoltes. Mais on a constaté qu'ils ne se trouvent pas toujours sous une forme *assimilable*, c'est-à-dire propre à l'alimentation de la plante. *C'est la teneur du sol en éléments assimilables qui est le facteur chimique essentiel de la fertilité.*

Les solutions du sol ne contiennent cependant qu'une faible partie — mais c'est celle immédiatement disponible — des éléments assimilables présents dans le sol. Des réserves sont constituées dans la partie colloïdale, humus et argile, du sol. Ce sont ces réserves qui assurent le renouvellement, dans les solutions du sol, des éléments absorbés par les plantes.

L'aménagement de ces réserves ainsi



T W 2382

FIG. 1. — CULTURES SUR COUCHES A FUMIER ARTIFICIEL AU CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES AGRONOMIQUES DE VERSAILLES

L'agronomie française possède, avec le Centre national de Recherches agronomiques de Versailles, un institut de recherches de premier ordre. Dirigé par des savants éminents comme MM. Demolon, Rey, de Burgevin, il jouit d'une réputation mondiale. La Station centrale de Physique et de Climatologie poursuit des études sur l'utilisation du fumier artificiel du point de vue thermique, notamment en agriculture.

Pour bien comprendre cette importante question, il nous faut examiner le mécanisme de l'alimentation de la plante. Dans le sol, la partie terreuse se trouve toujours imbibée d'eau ou plutôt d'une solution saline que l'on appelle *solution du sol*. C'est en grande partie (1) dans cette solution saline que la plante puise les éléments nutritifs. On doit se rappeler à ce sujet les expériences classiques de cultures — en l'absence de terre — dans des solutions nutritives (2) analogues aux solutions du sol.

(1) Il est cependant démontré que les poils radiculaires puisent directement certains éléments dans les colloïdes du sol.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 262, page 307.

que les échanges des éléments fertilisants entre les colloïdes et les solutions du sol sont parmi les phénomènes les plus captivants de la science du sol. Le rôle essentiel échoit à la partie colloïdale du sol qui porte pour cette raison le nom de *complexe absorbant*. Celui-ci possède des propriétés physicochimiques voisines de celles bien connues des zéolithes et des permutites. On sait que ceux-ci, aluminosilicates hydratés, possèdent la propriété curieuse de pouvoir échanger de façon réversible leurs bases, ou plus exactement leurs « cations », avec ceux des solutions salines. Cette propriété est utilisée pour l'adoucissement des eaux naturelles dont elles substituent le calcium

par le sodium. L'argile colloïdale du sol a une composition chimique pas très différente de celle des zéolithes ou des permutites. Elle présente, vis-à-vis des solutions du sol, des phénomènes d'échange analogues. Il en est de même de l'humus, mais pour des raisons un peu plus confuses. Il existe donc un équilibre physico-chimique entre la solution du sol et le complexe absorbant. Cet équilibre est régi par les lois classiques de l'adsorption. La composition de la solution reflète toujours celle du complexe. Une variation de sa composition entraîne un échange de bases et l'apparition d'un nouvel équilibre.

Ce mécanisme ne concerne pas seulement l'alimentation de la plante en éléments de caractères basiques. Les colloïdes du sol présentent, en effet, un caractère amphotérique, c'est-à-dire qu'ils peuvent à la fois échanger avec la solution du sol des ions basiques et des ions acides (anions) comme l'ion phosphorique.

On comprend maintenant, sans qu'il soit nécessaire d'insister davantage, le mécanisme de l'alimentation de la plante, à partir des réserves accumulées dans le complexe.

La fertilité chimique du sol dépend donc de la composition de son complexe absorbant qui doit être saturé par les ions indispensables à la nutrition de la plante.

La détermination de la teneur du sol en éléments assimilables — ou échangeables — est à la base de l'amendement chimique rationnel du sol. On a surtout recours à deux types de méthodes. Dans les premières — méthodes chimiques — on dose les éléments solubles dans l'eau ou dans les acides faibles. On trouve généralement des résultats un peu trop forts. Dans les secondes — méthodes physiologiques — on utilise comme réactif la plante elle-même. Elles conduisent, dans des conditions expérimentales bien définies (vases d'expériences), à la détermination de la capacité nutritive d'un sol donné. La difficulté réside dans l'extrapolation à la culture en plein champ de résultats obtenus dans des vases d'expériences. En réalité, sauf pour l'acide phosphorique, la concordance est souvent médiocre.

Acidité et alcalinité

La notion de pH est aujourd'hui connue du grand public. Le pH caractérise

la réaction d'un milieu, acide ou basique. Les pH supérieurs à 7 correspondent aux milieux basiques; ceux inférieurs à 7, aux milieux acides. Dans le premier cas, on a affaire à des ions OH^- et dans le second à des ions H^+ , à l'état libre. La connaissance du pH du sol offre un grand intérêt. Dans les sols vierges on a observé des valeurs de pH allant de 3,5 à 9,5; dans les sols cultivés, de 5 à 8. La plupart des plantes cultivées présentant leur développement optimum au voisinage de la neutralité, le pH est donc bien un facteur important de la fertilité.

Les sols acides sont d'ailleurs, en règle générale, moins toxiques que les sols alcalins.

Nous verrons plus loin que l'amendement chimique doit tenir le plus grand compte du pH du sol.

La microflore du sol

Nous avons déjà signalé la possibilité d'assurer la croissance des végétaux dans les solutions nutritives de synthèse, c'est-à-dire en l'absence de l'action des microorganismes. Dans les conditions ordinaires il n'en est pas ainsi. La vie microbienne joue un rôle très favorable au développement des plantes (1). Quel est le rôle exact des microbes? On ne sait rien de très précis à ce sujet. En dehors des cas, assez rares, où ils permettent l'assimilation directe de l'azote de l'air (bactéries des légumineuses) les microbes provoquent la décomposition des matières organiques avec dégagement de chaleur, production de gaz carbonique et formation d'humus. Leur action est également manifeste dans la nitrification des matières azotées, ammoniacales et organiques. Ils permettent, par suite, la formation de composés azotés sous forme assimilable.

La vie microbienne est très sensible à la réaction du milieu. Il en est de même de tous les organismes vivants. C'est toujours au voisinage de la neutralité que la nitrification est optimum.

Comment accroître la fertilité des sols

Nous avons cherché, dans ce qui précède, à mettre en évidence les différents critères qui permettent d'apprécier la fertilité d'un sol. Il nous reste mainte-

(1) Voir, dans ce numéro, l'article sur la microflore du sol.

nant à indiquer les mesures, qui appliquées judicieusement, peuvent porter cette fertilité au niveau optimum.

*Le milieu physique :
l'humus et le fumier*

Le façonnage facilite grandement le maintien de l'amélioration de la struc-

fournissent le résultat cherché. Notons, d'ailleurs, que le titre du sol en humus ne s'élève que fort lentement. Un apport de 100 tonnes de fumier à l'hectare élève le taux d'humus de moins de 0,1 % (de 1 % à 1,1 % par exemple).

A l'heure actuelle, où la motorisation et la guerre ont provoqué la raréfaction



FIG. 2. — ESSAIS PHYSIOLOGIQUES DE FERTILISATION

Les essais physiologiques, où la plante sert elle-même de témoin, sont utilisés par l'étude de la fertilité des sols. Voici à la Station de Berlin-Lichterfelde, une série d'essais de fertilisation sur riz et canne à sucre.

ture physique favorable à la végétation. En outre, l'excès d'eau étant très préjudiciable, il faut procéder au drainage chaque fois que cela est nécessaire (cas d'un sous-sol imperméable par exemple).

La stabilité des agrégats est influencée très défavorablement par le sodium. Il ne faut donc user des engrais sodiques (nitrate de soude) qu'avec prudence. Au contraire, l'apport de calcium joue un rôle important comme agent flocculant des colloïdes du sol.

Enfin, c'est surtout par la conservation et même par l'accroissement de leur faible stock de matières humiques que le cultivateur peut agir le plus efficacement sur la structure physique de ses terres. Les apports de fumier, de compost,

du fumier naturel, il faut signaler le rôle important qu'est appelé à jouer le fumier artificiel (1).

Le milieu chimique : les engrais

L'amélioration du milieu chimique doit tendre à mettre à la disposition de la plante, sous forme assimilable et en quantité suffisante, les éléments nutritifs indispensables. On apporte ces éléments sous forme d'engrais naturels ou synthétiques, solubles dans l'eau ou dans les acides faibles du sol. L'analyse des solutions du sol, montre qu'à la suite d'une addition d'engrais, la concentration de

(1) Voir, dans ce numéro, l'article sur le fumier artificiel.

ces solutions en éléments fertilisants croît dans de fortes proportions. La plante trouve donc, immédiatement, des conditions de nutrition améliorées. Pour que les engrais exercent une action non seulement efficace, mais durable, il faut qu'ils puissent être fixés rapidement par le complexe absorbant du sol. Cette fixation est d'ailleurs d'autant plus aisée que le complexe absorbant est plus riche en calcium.

L'efficacité de l'amendement chimique est donc subordonnée à l'état du complexe absorbant du sol. *Ce n'est que dans un sol de bonne structure physique que les engrais chimiques produisent leur plein effet.* L'épandage du fumier et l'amendement calcique doivent le plus souvent précéder l'application des engrais.

Le mécanisme de la fixation des éléments nutritifs par le complexe absorbant résulte très simplement des considérations que nous avons développées plus haut concernant les échanges d'ions entre le complexe et les solutions du sol (1).

Le cas des engrais phosphoriques est assez compliqué. Le pH du sol, sa teneur en calcium, en fer et en alumine conditionnent les réactions de ces engrais. Dans un sol très calcaire (pH supérieur à 8) les phosphates sont rapidement insolubilisés et par suite transformés en produits sans valeur. En milieu acide et en présence de fer et d'alumine on observe la formation de complexes également insolubles. Ce n'est donc qu'en milieu neutre ou dans les sols légèrement acides et très pauvres en fer et en alumine, que l'amendement phosphorique produira son plein effet.

L'azote est sans aucun doute le plus important des éléments fertilisants. Comme nous l'avons déjà signalé, la plupart des sols ne renferment pas suffisamment d'azote pour assurer une bonne végétation. L'azote peut être ajouté au sol sous trois formes différentes : ammoniacale, nitrique ou organique. C'est exclusivement sous la forme nitrique que l'azote est assimilé par les plantes, mais c'est sous forme ammoniacale qu'il se trouve facilement fixé par le complexe absorbant du sol. Dans un sol moyen, la trans-

formation de l'azote ammoniacal en azote nitrique demande un à trois mois suivant les saisons. Pour obtenir des effets immédiats l'emploi d'azote nitrique s'impose. Pour obtenir des effets à échéance, il est avantageux de recourir à la forme ammoniacale.

La presque totalité de l'azote du sol est stockée dans les matières humiques sous forme organique. Le fumier et les composts renferment également la plus grande partie de leur azote sous la forme d'azote organique. Celui-ci ne peut passer à l'état nitrique seul assimilable, qu'incomplètement et d'ailleurs lentement, après passage par le stade ammoniacal.

Le calcium est utilisé généralement sous forme de carbonate (calcaire). Son rôle ne s'arrête pas à la saturation du complexe absorbant. Il est un facteur indispensable à la nitrification de l'azote organique. Le sol a toujours besoin de chaux libre pour assurer la décomposition des matières organiques. L'amendement calcique n'est donc pas réservé aux seuls sols acides. Il est souvent nécessaire dans les sols neutres. Seule la présence dans le sol de calcaire libre dispense de l'amendement calcique.

Beaucoup de sols sont assez riches en potassium pour que l'addition de cet élément ne paraisse pas indispensable. Nous verrons d'ailleurs que le fumier de ferme en apporte des doses assez importantes. Cependant, les sols calcaires cèdent difficilement la potasse à la plante. On dit qu'il y a antagonisme entre le calcium et le potassium. L'application d'engrais potassiques solubles dans l'eau produira alors une amélioration.

Les conditions d'application des engrais sont évidemment variables suivant le sol et la culture. Dans un champ de fertilité moyenne, fumé normalement, les doses suivantes sont couramment appliquées pour la culture des céréales :

40 à 80 kg d'azote à l'ha (240 à 480 kg de nitrate de soude ou 200 à 400 kg de sulfate d'ammonium);

40 à 80 kg d'acide phosphorique (80 à 160 kg de phosphate bicalcique);

40 à 80 kg de potasse (120 à 250 kg de sylvinite riche).

L'amendement calcique peut varier entre 100 kg de chaux à l'hectare dans des sols neutres et 4 000 kg dans des terres fortes acides.

On admet généralement que l'addition

(1) L'introduction dans le sol des sels alcalins KCl , $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$, NO_3Na , etc., donne lieu rapidement à l'échange de leurs cations (K , NH_4 , Na) avec le calcium fixé par le complexe. Les radicaux acides (Cl -, SO_4 -, NO_3 -) sont transformés en sels de chaux (Ca Cl_2 , SO_4Ca , $(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$).

exagérée d'engrais phosphorique et calcaïque ne donne jamais lieu à des déboires sérieux... si ce n'est au point de vue économique. L'influence de ces engrais peut d'ailleurs s'exercer sur plusieurs récoltes successives. Il n'en est pas de même pour l'azote dont l'arrière-action est généralement négligeable. Des quantités excessives d'azote peuvent, au contraire, provoquer des effets secondaires regrettables dont la « verse » des céréales

parfois 50 tonnes à l'ha, mais on peut considérer que 20 tonnes constituent une valeur moyenne raisonnable. 20 tonnes de fumier consommé apportent donc par ha : 200 kg d'azote; 120 kg d'acide phosphorique et 400 kg de potasse. L'azote de fumier étant pour la plus grande partie sous forme organique, n'est pas entièrement assimilable. On ne peut pas compter au delà de 50 % et l'assimilation est assez lente. L'acide phosphorique se

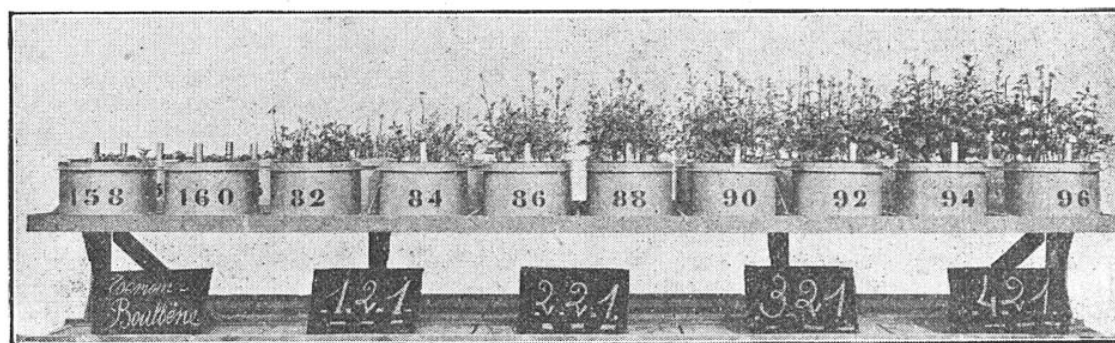


FIG. 3. — INFLUENCE DES ENGRAIS AZOTÉS SUR LA CULTURE DE LA MOUTARDE FOURRAGÈRE

Les « boubènes » (terres argilo-sablonneuses) de la vallée de la Garonne sont naturellement assez peu fertiles. Pour la culture de la moutarde fourragère tout au moins, l'apport d'engrais azotés est d'une efficacité extraordinaire. Les vases 158 et 160 n'ont reçu aucune fumure. Les vases 82 et 84 ont reçu la formule 1-2-1, c'est-à-dire, rapporté par hectare, 40 kg d'azote, 80 kg d'acide phosphorique et 40 kg de potasse. Les vases 86 et 88 ont reçu la formule 2-2-1 correspondant à un apport d'azote double, sans variation de la teneur en potasse et en acide phosphorique. Les doses d'azote se sont élevées à 120 kg dans 90 et 92 et à 160 kg dans 94 et 96.

est l'exemple classique. Etant donné leur rendement économique élevé, on a avantage à utiliser copieusement les engrais azotés, mais en se tenant au-dessous des doses nuisibles. L'exagération des fumures potassiques présente également un danger certain. De fortes doses de potasse peuvent amener une diminution sensible du rendement.

L'engrais universel par excellence est le fumier de ferme. Nous avons vu précédemment qu'il constituait la base essentielle de l'amélioration du milieu physique. Par sa teneur en éléments fertilisants, le fumier apporte également au sol un amendement chimique de premier ordre. En moyenne, une tonne de fumier de ferme frais contient : azote, 6 kg; acide phosphorique, 3,5 kg; potasse, 8 kg.

Consommé, la teneur en éléments fertilisants augmente. Pour une tonne on obtient en moyenne : azote, 10 kg; acide phosphorique, 6 kg; potasse, 20 kg.

Les applications de fumier atteignent

trouve dans le fumier sous forme de phosphate tricalcique. Son utilisation est médiocre dans les sols neutres ou alcalins. Au contraire, le fumier constitue un excellent engrais potassique.

Généralement, le fumier de ferme constitue donc un apport chimique insuffisant pour assurer une culture intensive. Il faut, tout au moins pour l'acide phosphorique et l'azote, accentuer son action par un apport d'engrais solubles.

La pratique des assolements

En restituant au sol, sous forme d'engrais, les éléments nutritifs absorbés par les plantes, on conserve la fertilité chimique du sol. Ce résultat est obtenu plus certainement et avec des apports d'engrais plus faibles par la pratique des assolements.

Un champ soumis sans interruption à une même culture se fatigue généralement très vite. En changeant chaque an-

née la culture, l'épuisement est moins rapide. L'assolement consiste en des rotations de cultures portant sur deux, trois, quatre, cinq années et plus. La nature et l'ordre des cultures, la longueur de la période sont évidemment variables suivant le climat, le caractère du sol et les conditions économiques. L'introduction des légumineuses fourragères dans le cycle de l'assolement offre un intérêt particulier. En fixant l'azote de l'air par l'intermédiaire de leurs bactéries, cette culture équivaut, en effet, à une véritable fumure azotée.

Pour corriger l'acidité

Nous avons vu que pour la plupart des cultures la neutralité du sol correspond aux conditions optima du développement des plantes. On a donc avantage, surtout dans les régions humides, à corriger le pH pour l'amener au voisinage de la neutralité. En pratique, on se heurte à l'existence d'un « pouvoir tampon » du sol, c'est-à-dire à une résistance plus ou moins forte aux changements du pH; le pouvoir tampon est dû aux colloïdes humiques.

Pour corriger les sols acides, on fait évidemment appel à la chaux ou mieux au carbonate de chaux. Par suite du pouvoir tampon on doit d'ailleurs ajouter des quantités de chaux très supérieures aux quantités théoriques déterminées au laboratoire. D'après M. Demolon, les quantités de chaux nécessaires par hectare pour augmenter le pH d'une unité seraient les suivantes :

Terres sableuses	1 500 à 2 000 kg;
Limons	2 000 à 3 000 kg;
Terres fortes et humifères	3 000 à 4 000 kg.

Ces doses peuvent être considérées comme sensiblement proportionnelles à l'intervalle de pH à corriger.

Certains engrais provoquent une évolution du pH vers l'alcalinité; les plus importants sont le fumier de ferme, le nitrate de sodium, les scories de déphosphoration, la cyanamide.

Il est plus difficile d'abaisser le pH des sols à réaction alcaline. On ne peut évidemment songer à répandre un acide minéral dont l'action serait comparable à celle de la chaux pour les sols acides. Ce

n'est donc que par l'apport d'engrais acidifiants que l'on exerce pratiquement une action favorable sur la réaction du milieu. Les plus importants sont les sels ammoniacaux, acidifiants énergiques, sulfate, nitrate et surtout chlorhydrate d'ammoniaque.

L'agriculteur, dans le choix des engrais minéraux, doit tenir compte dans la mesure du possible de la réaction du sol.

Pour intensifier la vie microbienne

Les conditions favorables au développement de la plante le sont aussi au développement des microorganismes. L'amélioration de la fertilité conduit par suite, automatiquement, à une intensification de la vie microbienne. L'apport de matières organiques, compost, fumier, engrais vert, est, à ce point de vue, particulièrement efficace.

L'ensemencement direct du sol au moyen de cultures microbiennes est devenu d'un usage assez courant. On trouve à l'heure actuelle, dans le commerce, des cultures fixatrices d'azote. En réalité les résultats obtenus paraissent bien peu probants.

La fertilité propre du sol apparaît donc comme la résultante d'un grand nombre de conditions physiques, chimiques et aussi bactériologiques. Si l'une d'elles vient à manquer, la fertilité peut diminuer dans des proportions considérables. La terre peut même devenir inféconde.

L'étude scientifique du sol permet de déterminer les causes d'infécondité. Par la pratique de l'assolement, par l'ameublissement, par le drainage, par l'apport du fumier et d'engrais chimiques l'agriculteur peut améliorer la fertilité de ses terres. Les engrais chimiques dont l'efficacité n'est plus à démontrer doivent être appliqués d'une façon rationnelle sans se laisser guider uniquement par des considérations de prix. Les amendements azotés, phosphoriques, potassiques, calciques, ne peuvent se substituer les uns aux autres. Chaque apport d'engrais doit tendre à un but bien déterminé : parer à l'insuffisance du sol en un ou plusieurs éléments nutritifs.

M. PATRY.

LA MICROFLORE DU SOL COMMANDE LE RENDEMENT DES CULTURES

par F. DUSSOL
Docteur ès Sciences

Pendant longtemps on a considéré que le sol était uniquement le siège de phénomènes physiques et chimiques. Les découvertes de Pasteur dans le domaine de la microbiologie ont permis de reconnaître que le sol était au contraire un monde vivant où évoluent des milliards de microorganismes. Ce sont eux qui établissent la liaison indispensable entre l'élaboration et la destruction des matières organiques, entre la matière vivante et la matière inerte; ce sont eux qui désagrègent les composés les plus complexes produits par les plantes supérieures pour remettre à leur disposition les éléments simples nécessaires à leur croissance et qui, en particulier, leur offrent l'azote sous la forme nitrique directement assimilable. La fertilité d'un sol est donc intimement liée au développement de sa flore microbienne que doivent favoriser et les amendements et les pratiques culturales. L'étude microbiologique du sol, par les méthodes pleines d'avenir mises au point récemment, permet en outre d'effectuer une évaluation rapide de la teneur du sol en ses éléments indispensables au succès des cultures et fournit par là même à l'agriculture les renseignements les plus précieux pour développer la fertilité des terres.

La population microbienne du sol est d'une haute complexité; elle comprend de nombreuses espèces de bactéries, de moisissures, de champignons, des algues, des protozoaires, qui attendent seulement, pour se développer, que des conditions favorables mettent à leur disposition la nourriture énergétique particulière dont ils ont besoin.

L'étude des infiniment petits, de leur rôle dans le sol, de leur action sur les plantes, exigerait plusieurs volumes; sachons uniquement connaître les microorganismes dont l'action est primordiale sur la fertilité des sols et dont la culture sélective au laboratoire renseignera l'agronome sur les amendements dont une terre a besoin pour offrir à ces bactéries les conditions d'humidité, d'aération et d'acidité qui leur permettront de se développer.

Le cycle de l'azote et les fonctions microbiennes

L'azote, dont on connaît le rôle essentiel dans le développement des végétaux, se transforme sans cesse sous l'influence des microorganismes, grâce à la vie bactérienne, ces transformations constituant le « cycle de l'azote ».

Les matières végétales enfouies dans le sol y recèlent l'azote sous forme organique à l'état de matières protéiques.

Les bactéries et les champignons jouent le rôle d'ammonificateurs en transformant ce corps en ammoniac, parce qu'ils trouvent, dans cette transformation, la source d'énergie dont ils ont besoin pour vivre.

L'ammoniac ainsi produit est transformé, en présence d'oxygène libre, en nitrite par la bactérie *Nitrosomonas*, et en nitrate par le *Nitrobacter*; cette dernière réaction se fait avec une très grande rapidité, le processus n'étant, par suite, limité que par la production d'ammoniac disponible.

Nous devons à un élève de Pasteur, Winogradsky, en 1881, la découverte de ces deux bactéries dont le rôle est essentiel dans la nitrification.

Les biologistes du sol ont utilisé justement la faculté d'oxydation de ces deux bactéries pour définir le pouvoir de nitrification des sols donnant ainsi une expression de la fertilité.

La fixation de l'azote gazeux se produit également par des bactéries aérobies vivant en présence d'air, telles que les *Azotobacters* et par un bacille, le



T W 2411

FIG. 1. — ESSAI DE CULTURE EN PLEIN CHAMP

Cette photographie représente des essais de culture sur une grande échelle, dont les récoltes seront soigneusement ramassées et pesées. Les analyses permettent, d'autre part, de définir la qualité des différentes récoltes. L'exploitant appréciera ainsi l'effet des divers engrais utilisés et choisira ensuite ceux qui lui procurent le gain le plus important.

Clostridium anaérobie travaillant en l'absence d'air.

Ces microbes ont la faculté de pulluler dans un milieu dépourvu d'azote combiné, à la condition d'avoir à leur disposition un excès de matières hydrocarbonées et d'éléments minéraux indispensables à leur vie.

L'étude des *Azotobacters* a permis, comme nous le verrons plus loin, de connaître les causes d'infertilité de certains sols, grâce à la méthode d'élection découverte par Winogradsky, qui consiste à rendre les conditions aussi favorables que possible pour le groupe d'organismes à étudier et aussi défavorables que possible pour les autres; cette méthode s'est montrée d'une très grande valeur par la suite, dans le développement de la bactériologie du sol.

L'azote atmosphérique peut être également fixé par la symbiose des bactéries avec les légumineuses, c'est-à-dire par la vie commune de certaines bactéries sur les racines des légumineuses où elles forment des nodosités; les bactéries fournissent à la plante l'azote organique, la plante leur fournissant à son tour le carbone dont elles ont besoin.

Ce phénomène, dont on avait aperçu l'effet sans en

connaître le mécanisme, fut mis en relief par deux savants allemands en 1886, Hellriegel et Wilfarth. La bactérie spécifique fut isolé par Beijerinck.

Voici donc encore une action très importante, due à une bactérie, qui favorise le développement des légumineuses et qui apporte, comme on le sait, un supplément d'azote dans le sol.

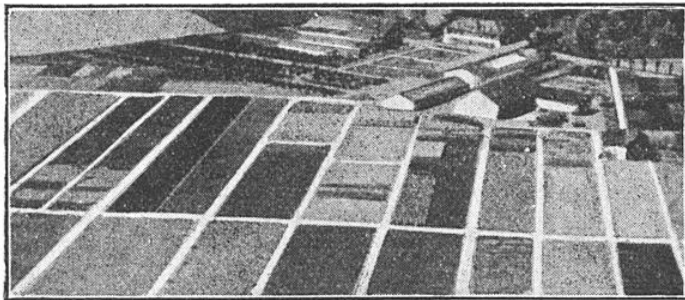
On cite de nombreux exemples du rôle de cette bactérie, en particulier celui de l'ouest de l'Angleterre où la luzerne ne pouvait pousser, par l'absence dans le sol de la bactérie qui donnait naissance aux nodosités. On sait qu'il en est de même pour le soja (1) dont le développement est lié à la

vie d'une bactérie spécifique.

La décomposition de la cellulose et la formation de l'humus dans le sol constituent probablement le processus isolé le plus considérable qui ait lieu dans le sol pour aboutir à l'humus dont le rôle est si important.

Quand on connaît l'action déprimante de la présence de la cellulose, par exemple de la paille, sur la végétation, on apprécie le bienfait de ce groupe de bactérie.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 276, page 612.



T W 2412

FIG. 2. — LES CULTURES EXPÉRIMENTALES EN PARCELLES

Les terrains choisis, dont la qualité essentielle doit être la grande homogénéité, sont divisés en parcelles ayant une surface maximum d'un are; toutes les parcelles reçoivent les mêmes façons culturales; seules changent, la quantité et la qualité des amendements et des engrais ajoutés. Au cours de la végétation l'agronome en suit l'allure. Au moment de la récolte, il recueille soigneusement la fraction ayant poussé sur une surface déterminée à l'intérieur de chaque parcelle. La différence des poids récoltés permet de connaître le système de fumure le plus rémunérateur.

ries dans l'évolution du cycle du carbone. D'ailleurs, des essais de laboratoire permettent d'apprécier le pouvoir du sol à la transformation de la cellulose. On comprendra toute l'importance de ces découvertes pour la science agricole, lorsque nous aurons souligné que ces travaux scientifiques remontent à peine à quarante ans, aussitôt après les travaux de Pasteur.

Comment on mesure, par les microorganismes, la fertilité d'un sol

L'expérimentation est à la base de la recherche agricole; aussi les essais culturaux en plein champ sont ceux qui, en dernière analyse, constituent les meilleurs éléments de comparaison (fig. 1).

Malheureusement, trop d'éléments indépendants de la volonté du chercheur, viennent souvent détruire l'effort patient d'une année entière d'essais culturaux. L'observation doit alors porter sur un nombre important d'années, si l'on veut vraiment être sûr des résultats acquis et de leur interprétation. C'est ainsi que la réputée station expérimentale de Rothamsted, en Angleterre, poursuit les mê-

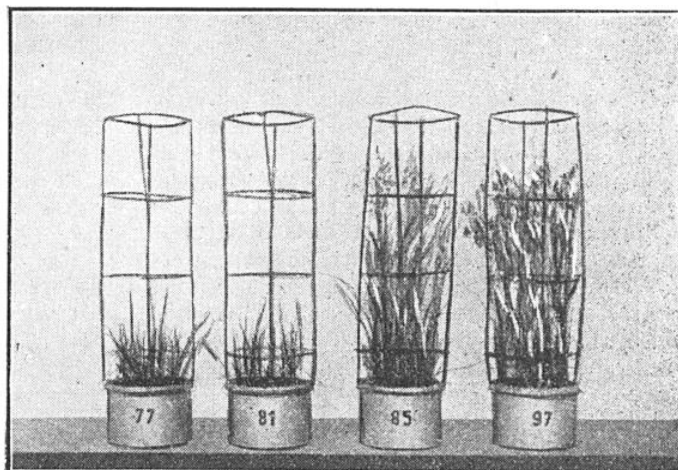


FIG. 4. — ESSAIS DE CULTURE EN POT

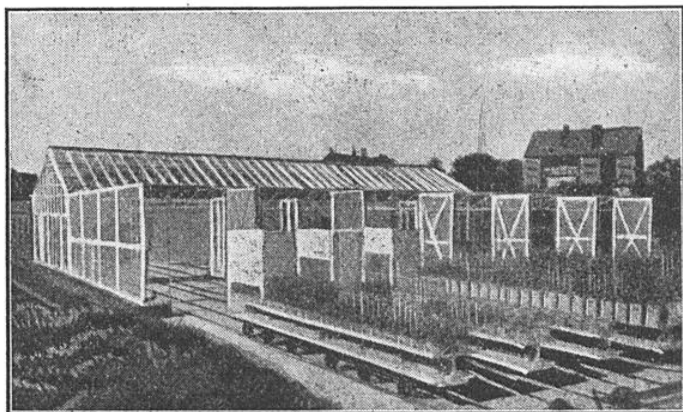
Selon la nature du terrain et de la fumure, la croissance des plantes est différente dans chaque pot. Ils subissent tous le même traitement et reçoivent une quantité d'eau rigoureusement connue; ils sont abrités contre la pluie, contre le vent et contre les excès de chaleur; la récolte est faite à la maturité et les différents poids recueillis comparés entre eux. Ces essais préparent ceux qui plus tard seront faits en plein champ.

mes essais en plein champ depuis 1842.

La division du champ en différentes parcelles, soumises à des variations progressives de fumure et d'amendements, permettent encore mieux de connaître les éléments susceptibles d'améliorer la fertilité du sol (fig. 2). Ici aussi les facteurs atmosphériques introduisent une cause d'incertitude.

Les agronomes ont alors cherché à diminuer ces facteurs tout en se rapprochant des conditions normales. L'Ecole « physiologique », dont les chercheurs allemands se sont faits les champions, a préconisé la culture des plantes en pot, dans des conditions idéales de température, d'humidité, d'exposition et d'homogénéité du sol (fig. 3). Les essais ne durent plus que quelques mois et sont nettement comparables entre eux. Ils permettent également, selon la technique de Mitscherlich, de connaître les éléments manquant au sol pour une bonne fertilité et d'en apprécier la quantité.

L'adaptation de ces résultats à la culture en plein



T W 2413

FIG. 3. — UN HALL DE VÉGÉTATION POUR CULTURES EXPÉRIMENTALES

De grandes serres vitrées qui se terminent par des enclos entièrement grillagés abritent les pots de culture disposés sur des wagonnets. Les essais de fumure s'exécutent, cette fois-ci, dans des pots spéciaux et sont répétés plusieurs fois afin d'établir une excellente moyenne.

champ présente, toutefois, quelques difficultés.

Pour connaître la quantité des éléments assimilables dans le sol et par différence la quantité à ajouter, Neubauer utilise les plantules de seigle. Il fait germer dans de petits vases, à la température de 20°, 100 grains de seigle; il dilue la terre avec du sable, et dose ensuite la quantité d'aliments assimilables que le sol est susceptible de fournir aux différentes cultures. Cet essai ne dure que dix-huit jours et permet de connaître la partie assimilable de la potasse et de l'acide phosphorique.

Les brillantes recherches sur la microbiologie devaient inciter les biologistes à avoir recours aux infiniment petits pour la connaissance du sol et réduire encore, si possible, la durée des travaux de laboratoire et établir une échelle de comparaison avec les résultats acquis par les essais en plein champ.

Certains laboratoires ont mis au point d'excellentes méthodes, malheureusement insuffisamment connues encore. Nous donnerons un aperçu de ces différentes méthodes qui n'exigent qu'une technique relativement simple, comparée à celles utilisées habituellement en microbiologie.

La mesure du pouvoir nitrifiant d'un sol. — L'échantillon du sol est additionné de sulfate d'ammoniaque, puis chauffé à 30° C; on suit périodiquement la quantité de nitrate produit. L'essai dure quatre semaines et donne une idée sur la qualité essentielle d'un sol : son pouvoir nitrifiant, phénomène bactériologique, comme l'on sait.

La mesure de son pouvoir de décomposition de la cellulose. — Le sol est mis en présence de la cellulose pure et l'on dose périodiquement la quantité de gaz carbonique dégagé : cette mesure traduit pour un sol donné son pouvoir d'humification par le travail des bactéries spéciales transformant la cellulose en humus.

La mesure de son pouvoir de fixation de l'azote. — Ce pouvoir semble lié étroitement à la fertilité du sol, sur-

tout après les remarquables travaux de Winogradsky, à l'Institut Pasteur.

Ce savant a établi que la microflore autochtone des sols peut et doit être directement observée dans son milieu naturel. Elle apparaît alors comme constituée par un petit nombre de formes caractéristiques dont on peut définir l'activité et le nombre (fig. 5).

La méthode comprend deux genres d'épreuves :

1° L'emploi de plaques de silico-gel électif ensemencé par 1 g de terre;

2° Les cultures spontanées dans la terre elle-même sous forme de plaques moulées.

La première sert à déterminer la densité totale des azotobactères dans le sol, la seconde à éprouver leur activité, liée à la fertilité de la terre qui les héberge.

Cette dernière épreuve est à combiner avec la recherche des *facteurs limitants*, sels minéraux dont la carence limite ou même interdit le développement de ces azotobactères et dont la chaux et l'acide phosphorique sont les plus importants. Ces facteurs connus ne sont pas les seuls à limiter le pouvoir fixateur, lequel dépend en premier lieu de la matière énergétique disponible.

D'ores et déjà, nous tenons à indiquer qu'une méthode d'investigation agricole ne saurait s'appliquer indistinctement à toutes les terres; le facteur climat joue un rôle trop important pour s'opposer à l'emploi d'une formule standard. La microbiologie du sol ne saurait échapper à cette règle impérieuse et toute étude poursuivie selon ces épreuves nouvelles ne doit avoir qu'un caractère *régional* fondé sur un examen comparatif sérieux en prenant pour étalons des terres dont les caractéristiques sont bien définies.

Comment déterminer la densité et l'activité des fixateurs d'azote

L'azotobactère est cultivé sur des plaques de silico-gel obtenues en précipitant du silicate de soude par l'acide chlorhydrique; on obtient un milieu minéral si-

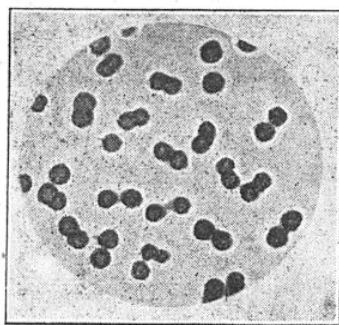


FIG. 5. — UNE BACTÉRIE FIXATRICE D'AZOTE : L'AZOTOBACTER

L'azotobactère est une bactérie qui a le pouvoir de fixer l'azote de l'air en utilisant les hydrates de carbone comme matière énergétique. Comme les végétaux supérieurs, il est influencé par des facteurs « limitants ». Cet azotobactère, obtenu sur plaque de silico-gel, est ici reproduit à un grossissement de 1600.

liceux que l'on imprégnera de différents sels servant de nourriture à la bactérie fixatrice.

Pour cette détermination, on utilise de grandes plaques de 20 cm sur lesquelles on répartit 1 g de terre qui apporte avec elle les colonies à dénombrer. Ces plaques sont maintenues entre 28 et 30°, et au bout de quarante-huit heures on constate que les colonies de fixateurs sont déjà apparentes; on peut même dire que ce délai est obligatoire. On laisse la culture se développer encore quelques jours et l'on compte les colonies visibles très nettement à l'œil nu ou à la loupe.

La densité des azotobacters, déterminée par cette méthode si directe, est un facteur des plus importants pour juger de l'activité de la terre; ce serait pourtant une erreur que d'admettre un état actif perpétuel de la part des germes dont on constate la présence dans un milieu naturel. Ils s'y maintiennent bien souvent à l'état de repos, de vie latente, réduits à cet état par l'influence des conditions défavorables à leur pullulation.

La densité des germes n'est donc pas toujours l'expression de leur activité; la terre leur est devenue infertile, et c'est évidemment cette infertilité qui les force à cet état de repos et dont il y a le plus grand intérêt à connaître la ou les causes.

Pour connaître l'influence des *facteurs minéraux* qui limitent ainsi la fertilité du sol, on utilise alors la méthode des plaques moulées. Cette technique est extrêmement simple. Elle consiste à pren-

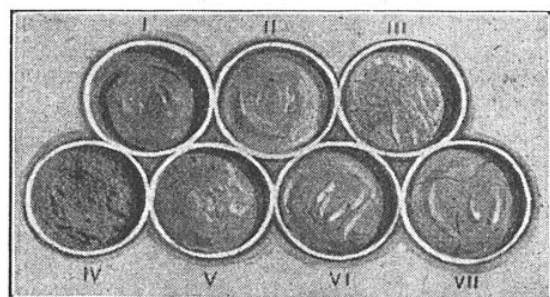


FIG. 6. — CULTURES D'AZOTOBACTER SUR DES PLAQUES MOULÉES ADDITIONNÉES DE DIFFÉRENTS ÉLÉMENTS

Cette photographie représente les essais effectués par M. G. Guittoneau et ses collaborateurs sur les terres à pruniers de l'Agenais et qui ont permis de déceler une forte carence d'acide phosphorique assimilable. Les colonies d'azotobacter n'apparaissent que sur les plaques III, IV et V, qui ont reçu cet élément fertilisant.

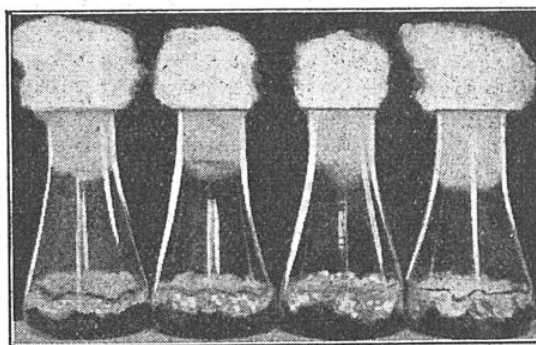


FIG. 7. — CULTURES D'« ASPERGILLUS NIGER »

L'aspergillus Niger est un champignon qui se développe facilement dans un milieu nutritif abondant; son développement est influencé par l'absence de potasse ou d'acide phosphorique. Dans la solution nutritive, on remplace, par exemple, la potasse par une quantité connue de terre; du développement du mycélium, on en déduit alors la proportion assimilable de cet élément dans le sol étudié.

dre de la terre séchée à l'air, à lui incorporer 5 % d'amidon et à la travailler en pâte avec de l'eau distillée. On remplit, à ras bord, de petits vases que l'on maintient à l'étuve à 30°. Au bout de quarante-huit heures, l'expérience est déjà concluante. Pour les terres fertiles, la surface de la préparation est garnie de petites pustules qui sont autant de colonies d'azotobacters; pour la terre inerte, la surface reste nette.

L'expérience a montré que les facteurs limitants pour cette bactérie sont le *carbonate de chaux*, indispensable aussi pour les bactéries nitrifiantes, et l'*acide phosphorique*.

On reprend alors la terre stérile que l'on additionne de carbonate de chaux et d'acide phosphorique soluble; au bout de quarante-huit heures, un examen renseigne sur la nature du facteur limitant; s'il manquait du carbonate de chaux, par exemple, la préparation correspondante est couverte de colonies d'azotobacters.

La pullulation de la bactérie dans son milieu même est produite par l'amidon qui est ici la matière énergétique nécessaire à son développement.

En résumé, tout le procédé se réduit :

- 1° A ensemercer quelques plaques de silico-gel par échantillon;
- 2° A préparer un lot de plaques de terres moulées;
- 3° A dénombrer, au bout de quarante-huit heures, les colonies parues sur le gel;

4° A examiner les plaques moulées au bout du même délai et à les réexaminer encore deux jours après.

L'agronome connaît alors la fertilité de sa terre, son besoin en chaux et en acide phosphorique. Cet examen rapide peut à la rigueur être accompagné du dosage du gain en azote produit au cours de l'essai. Rien ne s'oppose à l'ajouter à volonté; cette mesure viendra seulement confirmer les renseignements microbiologiques.

Cette méthode a reçu une application extrêmement intéressante au cours de l'examen des terres à pruniers de l'Agenais par G. Guittoneau et ses collaborateurs de l'Institut des Recherches agronomiques.

Les pruniers de l'Agenais, qui donnaient des fruits si estimés, subissaient une crise de mortalité prématurée sans que l'on ait pu en définir les causes exactes. Les pertes subies par les agriculteurs de la région étaient fort importantes. L'étude en fut confiée à M. Guittoneau qui fit appel à tous les moyens d'investigation dont un agronome peut disposer. C'est la méthode microbiologique selon la technique de Winogradsky qui lui a donné les raisons de cette mortalité excessive. Il a été reconnu que le mal était dû à une carence d'acide phosphorique dans la nutrition des arbres. Il importe de le restituer aux terres épuisées sous une forme assimilable (fig. 6).

« Les méthodes microbiologiques, conclut M. Guittoneau, sont donc d'un incontestable intérêt dans les investigations relatives à la fertilité des sols; elles nous ont même fourni, tout compte fait, plus d'indications utiles que les méthodes physico-chimiques. »

Ces travaux ne constituent qu'une première application des méthodes microbiologiques, mais l'avenir est prometteur. Beaucoup de problèmes restent à résoudre dont la solution permettra de pénétrer plus avant le mystère qui entoure encore l'ensemble des phénomènes biologiques dont le sol est le siège.

Le besoin en potasse peut-il être décelé par les microorganismes?

La potasse ne constitue pas un facteur limitant pour le développement des bactéries du sol, ces dernières trouvant vraisemblablement dans le milieu où elles évoluent les quantités qui leur sont né-

cessaires avec plus de facilité que les végétaux supérieurs.

Malgré cela, une méthode précise a été mise au point, faisant appel à l'activité d'un infiniment petit sensible à l'alimentation en potasse et qui, au bout de quelques jours à peine, renseigne sur la quantité assimilable de cet élément dans le sol étudié.

L'*Aspergillus niger*, champignon que l'on extrait facilement de la noix de galle et qui se trouve normalement dans le sol, est mis à contribution. On isole le champignon par les méthodes habituelles, puis on recueille les spores qui serviront à ensemercer les terres à examiner.

On prépare, par ailleurs, un bouillon de culture contenant divers éléments : hydrate de carbone, acide citrique, ammoniaque, acide phosphorique, magnésie, cuivre, zinc et fer. Dans de petits récipients, on prend 30 cm³ de cette solution, et on ajoute 5 g de sol séché à l'air; le tout est maintenu à 35°. Entre quatre et six jours, l'*Aspergillus niger* s'est développé en fonction de la quantité de potasse apportée par le sol : le mycélium abondant est recueilli, séché à 110°, et du poids obtenu, on en déduit, après des essais comparatifs, la quantité de potasse assimilable dans le sol. La même méthode peut servir à déterminer également la quantité d'acide phosphorique assimilable, à condition de remplacer cet élément dans le bouillon de culture par un sel de potasse.

Ces méthodes, extrêmement rapides, font l'objet d'études constantes et les agronomes, en leur dernier congrès de Königsberg, ont reconnu que ces procédés pouvaient être comparés aux meilleures techniques appliquées depuis de nombreuses années.

L'avenir de la microbiologie du sol

Les phénomènes microbiologiques du sol contribuent trop à la fertilité des terres pour que les agronomes négligent cette nouvelle branche de la science agricole appelée à rendre les plus grands services à l'agriculteur.

Les nouvelles méthodes d'examen des sols, basées sur le développement des infiniment petits, extrêmement rapides d'exécution, donnent déjà des résultats appréciables; malheureusement, elles ne sont pas, à notre avis, suffisamment connues.

F. DUSSOL

LA LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES ENNEMIS DES CULTURES

par P. VAYSSIÈRE.

Professeur à l'Institut National Agronomique

Depuis que l'homme cultive la terre, il a dû se défendre contre la menace de l'insecte qui ruine ses récoltes et dévore les réserves de ses greniers. Contre cet ennemi redoutable, dont la force réside dans sa prodigieuse fécondité, la science offre aujourd'hui des armes variées (1); l'une des plus efficaces et des plus couramment utilisée par la pratique agricole est l'arme chimique. Sa mise en œuvre est cependant souvent coûteuse et nécessite en outre des interventions répétées pour donner sa pleine efficacité. Une méthode biologique, extrêmement séduisante de par sa simplicité même, viendra sans doute un jour prochain la remplacer ou au moins la compléter. On sait qu'entre les espèces animales et végétales habitant une région déterminée, et dont chacune doit lutter contre un nombre plus ou moins grand d'ennemis, un équilibre de peuplement, dit « équilibre biologique » (2), s'établit nécessairement à la longue. L'introduction d'une espèce exotique suffit souvent à le bouleverser profondément, car la nouvelle venue, ne rencontrant plus ses ennemis naturels, prolifère sans obstacle et peut constituer un véritable fléau. Il n'est que de rappeler à ce propos les exemples désastreux du phylloxera et du doryphore. Pour rétablir l'équilibre biologique ainsi rompu, il est logique de rechercher, dans son pays d'origine, les ennemis naturels de cette espèce et, après acclimatation, de les faire concourir à la lutte contre l'envahisseur, que nul procédé physique, chimique ou mécanique ne détruira mieux qu'eux. De même, en protégeant certaines espèces ou en en introduisant de nouvelles, on modifiera dans le sens voulu l'équilibre biologique d'une région et on viendra ainsi à bout d'insectes nuisibles indigènes. Cette méthode, qui a déjà donné lieu, surtout à l'étranger, à nombre d'applications intéressantes, implique une étroite entente préalable entre les producteurs d'une région, et ce n'est pas là, dans notre pays, un des moindres obstacles à sa diffusion.

LES animaux phytophages, c'est-à-dire mangeurs de plantes, et les insectes en particulier, prélèvent, sur toutes les cultures créées par l'homme, une dîme formidable. On a pu dire que « nous récoltons ce que les parasites nous laissent ». En France, pour la seule année 1934, la perte brute résultant des dégâts causés par les maladies et les insectes a pu être évaluée à 9 milliards de francs et à 20 milliards pour la totalité de l'Empire français! En 1937, au Sénégal seulement, les pertes dues aux insectes des magasins et entrepôts ont été de 60 000 tonnes d'arachides (50 millions de francs) et 45 000 tonnes de riz, petit mil, maïs (36 millions de francs). Pendant la même période, les sauterelles détruisaient au Soudan pour 20 millions de cultures vivrières.

Devant de tels chiffres, on comprend que, de tout temps, on ait essayé de lutter

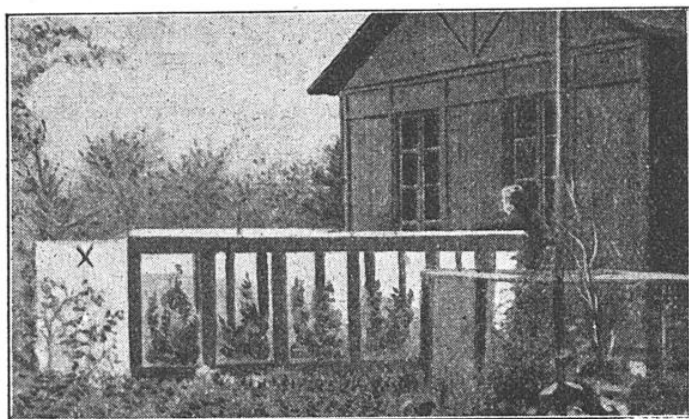
contre les ravageurs des cultures. Les premiers moyens employés furent, probablement, mécaniques : écrasage sous toutes ses formes, récolte pour destruction, etc. Par la suite, on chercha à utiliser les agents physiques : submersion, pièges lumineux, chaleur. Puis on constata que certains produits chimiques (insecticides) ont une action toxique sur les insectes nuisibles et que, rationnellement employés, ils protègent les cultures. On constata également que les assolements (alternances méthodiques des cultures), les labours profonds, la sélection des plantes, jouent un très grand rôle dans la lutte contre les parasites animaux des végétaux, et l'ensemble de ces travaux fut désigné sous le nom de « méthodes culturales ».

Les ennemis de nos ennemis

Mais tout observateur de la nature a l'occasion, presque quotidienne, de remarquer que la « lutte pour la vie » op-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 265, page 36.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 256, page 266.



T W 2343

FIG. 1. — CAGES DE DISPERSION POUR UN PARASITE A ANTONY.

Le puceron lanigère, qui fait tant de mal aux pommiers, ayant été introduit en France sans ses parasites y faisait de gros dégâts. On a tenté de les réduire en introduisant à son tour l'un de ces parasites : le petit hyménoptère « *Aphelinus mali* ». La photographie représente une cage où ont été élevés en France certains des premiers parasites introduits. Les parois de la cage en turlatane laissaient sortir les « *Aphelinus* » qui s'étaient développés à son intérieur aux dépens des pucerons. Elles empêchaient l'entrée d'autres ennemis des pucerons qui auraient pu compromettre l'élevage.

pose aux insectes phytophages d'autres insectes ou animaux qui font leur proie des premiers. Ainsi, au moment où les betteraves lèvent au printemps, si la période est chaude et sèche, on les voit se couvrir d'abondantes colonies de pucerons noirs qui provoquent le jaunissement des premières feuilles et inquiètent les agriculteurs.

Dès la mi-juin ou le début de juillet, les pucerons disparaissent pour la plus grande part, sans qu'il soit besoin d'aucune intervention humaine, et l'on peut constater que cette heureuse disparition est le résultat d'une multiplication intensive de coccinelles (prédateurs, c'est-à-dire qu'elles en font leur proie) et d'hyménoptères (1) (parasites).

Qui ne connaît, surtout dans les départements du Sud-Ouest, les ravages faits aux arbres fruitiers par les chenilles fileuses, ou *hyponomeutes*, qui rongent les feuilles à l'abri d'immenses toiles englobant parfois la totalité de la frondaison ? Les dégâts en sont presque toujours enrayés, au bout de deux ou trois ans, par des mouches particulières, les *tachinaires*, et par des hyménoptères.

Cette action des ennemis naturels des

(1) Ordre d'insectes auquel appartiennent de très nombreuses espèces, en particulier les abeilles, les guêpes et les fourmis.

parasites des cultures, ou, comme on les nomme, des *auxiliaires*, a évidemment retenu l'attention des naturalistes qui ont pensé à l'utiliser d'une façon systématique pour protéger les cultures.

L'idée n'en est pas neuve, puisque, en 1775, dit-on, en Arabie, les indigènes introduisaient des colonies de fourmis prédatrices pour enrayer la multiplication d'autres fourmis qui détruisaient les dattiers. Mais il semble bien, toutefois, que c'est Erasme Darwin, le père de Charles Darwin, qui ait été le premier à suggérer clairement, en 1800, l'application des méthodes biologiques comme moyen de défense contre les insectes. En 1827, Hartig, en Allemagne, recommandait la construction de cages spéciales pour la libération des parasites des chenilles, qui

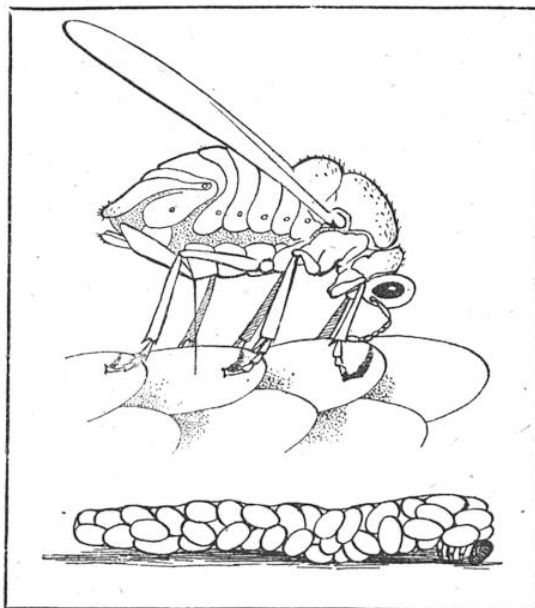


FIG. 2. — FEMELLE D'« ENCYRTUS » EN TRAIN DE PONDRE DANS LES ŒUFS D'UN PAPILLON HYPONOMEUTE. Les œufs du papillon ne sont pas arrêtés dans leur développement et ils donnent naissance à des chenilles qui contiennent à leur intérieur une centaine de larves parasites issues, par polyembryonie, d'un œuf unique. On a représenté en bas la chenille réduite à son enveloppe et cloisonnée en loges ovoïdes occupées chacune par une larve d'*Encyrtus* prête à se transformer.

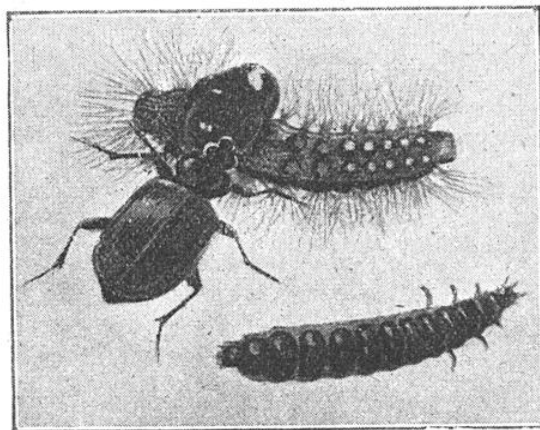
y auraient été préalablement enfermées. Boigiraud, en 1840, récoltait un grand nombre de *Calosomes sycophantes* pour les placer sur des peupliers en vue de détruire les chenilles d'un bombycide très nuisible, le *Liparis disparate*.

Toutefois, si l'idée de l'utilisation des auxiliaires naturels n'est pas aussi neuve qu'on a tendance à le croire, elle a pris aux yeux du public, au cours des cinquante dernières années, une grande importance grâce aux travaux dont elle a été l'objet dans le monde entier.

Deux cas bien distincts se présentent suivant qu'il s'agit de limiter la multiplication d'animaux phytophages indigènes ou celle d'espèces exotiques importées dans les cultures.

LA LUTTE CONTRE LES ENNEMIS INDIGÈNES DES CULTURES

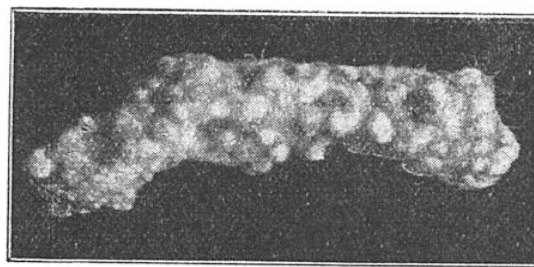
L'homme, en entretenant sur de vastes espaces certaines plantes à l'exclusion des autres, assure aux parasites animaux, insectes en particulier, vivant aux dépens de ces plantes, des conditions éminemment favorables à leur multiplication, en diminuant en faveur de ces insectes les difficultés de la lutte pour l'existence. De plus, il tend souvent à favoriser leur adaptation spécifique, la plante nourricière cultivée, dans les conditions qui lui sont faites, n'étant pas toujours capable de réactions défensives



T W 2344

FIG. 3. — « CALOSOME SYCOPHANTE » DÉVORANT UNE CHENILLE DE « LIPARIS DISPARATE » QU'IL VIENT D'ÉVENTRER

On voit l'intestin de la chenille qui fait hernie à l'extérieur. En bas, la larve du Calosôme sycophante dont le mode de vie ressemble à celui de l'adulte.



T W 2342

FIG. 4. — CHENILLE DE COCHYLIS OU VER DE LA GRAPPE, TUÉE ET MOMIFIÉE PAR UN CHAMPIGNON PARASITE, « BEAUVERIA BASSIANA »

C'est ce champignon qui cause la maladie du ver à soie connue sous le nom de muscardine; il agit ici comme un auxiliaire très efficace du viticulteur.

suffisamment efficaces. Il faudra donc veiller à ce que les auxiliaires puissent accomplir leur œuvre utile dans les conditions les plus avantageuses; il faudra aider, et au besoin provoquer, leur intervention; enfin, il faudra, en toutes circonstances, les connaître suffisamment pour pouvoir les protéger d'une façon judicieuse, et surtout ne pas les détruire par des pratiques culturales inopportunes.

La protection des auxiliaires

Tout d'abord, on ne doit pas oublier le rôle que jouent, auprès de l'agriculteur, de nombreux batraciens, reptiles, oiseaux ou mammifères. On n'insistera jamais assez sur la protection dont doivent bénéficier les crapauds, les lézards et autres animaux insectivores. Quant à l'action bienfaisante des rapaces, non seulement nocturnes mais aussi diurnes, et à celle de certains carnassiers, si elle est moins connue, elle n'en est pas moins réelle; l'observation impartiale la décèle et conseille une grande prudence dans leur destruction.

C'est ainsi que la multiplication intensive de mulots, en 1923, dans les départements de l'Est, a été favorisée par une chasse abusive, dite « au grand duc », qui avait été faite aux rapaces au cours des années précédentes. Or, la nourriture essentielle de ces oiseaux est justement constituée par les petits rongeurs et l'on a même évalué qu'une buse peut détruire, en un an, environ 6 000 d'entre eux.

De nombreux insectes jouent également un rôle particulièrement utile et il est indispensable que les agriculteurs et les enfants apprennent à connaître ces pré-

cieux auxiliaires : tels sont les carabes et calosomes, les coccinelles ou bêtes à bon Dieu, les hémérobes, etc. On est souvent étonné de l'ignorance totale qui règne non seulement dans le monde agricole, mais également dans les milieux intellectuels, en ce qui concerne le rôle utile joué par un grand nombre d'insectes qui se rencontrent couramment dans les campagnes et les bois.

On peut également favoriser l'action bienfaisante des insectes utiles : il faut, par exemple, déconseiller la destruction des chaumes qui restent dans les champs de blé ainsi qu'on a coutume de le faire. En effet, en opérant d'une façon tardive, on risque d'intervenir au moment où toutes les cécidomyes (1) destructives sont écloses et ont quitté les chaumes et l'on s'expose à supprimer une innombrable légion de leurs parasites encore emprisonnés dans les pupes non écloses et dont le rôle aurait été d'enrayer l'invasion l'année suivante.

Une remarque analogue a pu être faite pour une autre espèce de cécidomye qui s'attaque non plus aux chaumes, mais aux grains de blé. On a démontré que l'une des mesures préconisées contre cet insecte, et qui consiste à brûler les résidus du battage, a un effet nuisible : s'il est vrai que ces résidus contiennent des pupes de cécidomyes, il est reconnu que les larves saines et non parasitées de ces dernières se métamorphosent en terre, tandis que celles qui demeurent dans les épis sont au contraire parasitées. En détruisant les dernières on supprime donc le précieux auxiliaire.

Dans les cas qui précèdent, la protection accordée aux parasites consiste uniquement à s'abstenir de manœuvres inopportunes pouvant amener leur destruction. Dans d'autres cas, il est nécessaire de conseiller une protection réellement active et qui comporte des opérations destinées à assurer la survivance des auxiliaires.

C'est ainsi que Decaux a eu l'idée de conserver dans des tonneaux ou des baquets recouverts d'une toile, dont les mailles pouvaient laisser passer seulement les hyménoptères, les boutons roussis de pommiers attaqués par l'antho-

nome (1), au lieu de les brûler comme on avait coutume de le faire. Il avait remarqué qu'une multitude d'ichneumonides ou de braconides sortaient de ces boutons roussis, et il songea à les recueillir pour leur permettre de remplir ensuite leur utile mission. En une seule année, dans un verger de 800 pommiers, on recueillit cinq hectolitres de boutons roussis, ce qui fit que plus d'un million d'anthonomes furent tués et qu'on mit en liberté environ 250 000 parasites.

Cette méthode, préconisée par nombre d'entomologistes, donne, sur certains points du globe, d'excellents résultats pour enrayer la multiplication de certains ennemis des cultures : cochylis et eudémis de la vigne, cochenille pentagonale du mûrier, mouche de l'olivier, pou de San José, etc.

En vue de protéger ces auxiliaires qui se nourrissent d'insectes et de favoriser leur multiplication, on peut encore ménager, ou entretenir, dans le voisinage des cultures, des plantes sauvages — ou même cultivées — susceptibles de les héberger. Par exemple, les parasites de la mouche de l'olive vivent également aux dépens de ces insectes qui habitent les « galles » du chêne et de l'églantier. Aussi est-il souvent recommandé de conserver dans le voisinage des oliveraies des buissons ou haies formés de ces essences, ou même de transporter des provisions de galles dans les cultures.

Dans la lutte soutenue par les Américains contre l'anthonome du cotonnier — l'ennemi le plus important de cette plante —, l'entretien judicieux des mauvaises herbes sur le pourtour des plantations a fait l'objet de travaux importants, établissant la liste des insectes phytophages qui, hébergeant les mêmes parasites que l'anthonome, doivent trouver autour des cultures de cotonnier leurs plantes-hôtes préférées.

Utilisation des auxiliaires indigènes, animaux et végétaux

En dehors de la protection raisonnée qui doit être accordée aux animaux auxiliaires et qui, pour être efficace, ne peut être entreprise qu'avec une connaissance

(1) Les cécidomyes sont de très petits mouches dont les larves vivent, en général, aux dépens des tissus végétaux, arrêtant le développement des plantes elles-mêmes ou de certains organes.

(1) L'anthonome du pommier est un petit charançon dont la larve attaque l'ovaire des fleurs qui, ainsi stérilisées, prennent l'aspect de « clou de girofle » dû aux pétales qui ne tombent pas et prennent une teinte rougeâtre.

exacte de leur biologie et des rapports qui les lient aux autres êtres organisés, l'homme peut-il intervenir pour multiplier artificiellement ces auxiliaires et en faire une force asservie à sa volonté, dont il puisse se servir à son gré dans la lutte contre les ennemis indigènes des cultures, ceux qui, depuis des siècles, dévastent nos champs, nos prairies, nos vergers, nos forêts? Le problème est extrêmement complexe et ne souffre pas de solution unique.

Utilisation des microorganismes

Depuis longtemps, les expérimentateurs ont été tentés par l'utilisation des microorganismes, surtout des champignons et des bactéries, pour lutter contre les ravageurs des cultures. La marche, foudroyante parfois, des épidémies naturelles dans les pullulations d'insectes ou de rongeurs, ainsi que dans les élevages, a toujours attiré l'attention des agronomes qui ont alors essayé de les provoquer à bon escient.

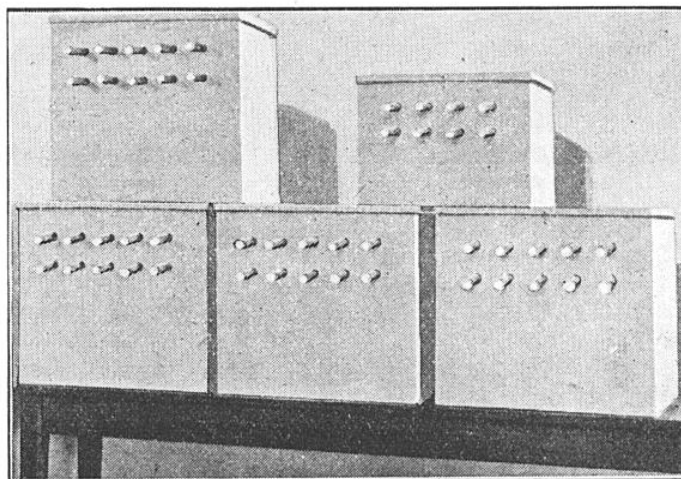
En ce qui concerne l'utilisation des champignons se développant sur des insectes (entomophytes), des essais de laboratoires donnèrent des résultats suffisamment concluants pour qu'on ait pu préconiser la généralisation de l'emploi de ces champignons pour limiter la multiplication des insectes nuisibles, et en particulier du ver blanc, larve grande dévastatrice du système racinaire des plantes.

Néanmoins, il faut reconnaître que les nombreuses expériences entreprises depuis une cinquantaine d'années ne permettent pas de grandes espérances. En particulier, il est impossible d'affirmer que la dispersion artificielle des spores

constitue un moyen vraiment efficace et recommandable pour lutter contre le ver blanc. Les essais de contamination entrepris contre le puceron lanigère, le *Blissus leucopterus*, l'altise de la vigne, la teigne de la pomme de terre, etc., ont eu des résultats ou complètement négatifs, ou trop incertains pour qu'on en puisse tirer des conclusions optimistes.

Ces observations, complétées par diffé-

rentes autres effectuées dans divers pays, permettent de penser que la création d'épidémies, soi-disant artificielles, est moins le fait d'une dispersion intense des germes pathogènes que celui d'un heureux concours de facteurs indispensables à leur développement. En somme, le problème se ramène à déterminer à volonté, chez les



T W 2448

FIG. 5. — CAISSES D'ÉCLOSION POUR L'ÉLEVAGE DES PARASITES. Ces caisses sont en bois avec des tubes de verre ouverts aux deux bouts et bouchés avec du coton. À l'intérieur, on place les objets contenant les insectes parasités. Les parasites, à leur éclosion, se rassemblent à la lumière dans les tubes de verre.

insectes, une véritable épidémie qui se répande d'elle-même et cela assez rapidement pour que les ennemis de nos cultures soient frappés de mort avant d'avoir pu faire leurs dégâts.

Nous pouvons en dire autant en ce qui concerne la lutte biologique contre les insectes à l'aide des bactéries. Les résultats obtenus jusqu'à ce jour sont trop contradictoires pour qu'on puisse juger la méthode comme étant suffisante pour assurer la destruction des insectes dévastateurs. C'est le cas, en particulier, dans la lutte contre les sauterelles migratrices au moyen du coccobacille. Trop de mécomptes ont été enregistrés en Afrique du Nord, par exemple, pour que l'on puisse généraliser cette méthode.

C'est pourquoi il faut bien savoir qu'à l'heure actuelle, la lutte biologique à l'aide de champignons ou de bactéries entomophytes n'en est encore qu'à la période expérimentale. Quand on aura dé-

mêlé le rôle prépondérant joué par les facteurs extérieurs, un grand pas sera fait vers l'utilisation éventuelle de ces parasites, mais nous n'en sommes pas là. Sans doute peut-on considérer que les récentes recherches de Métalnikov sur les microbes sporogènes constituent un progrès. Toutefois, il ne s'agit plus, semble-t-il, d'épidémies artificiellement propagées ni de microbes parasites normaux des insectes, mais de microorganismes rendus virulents au laboratoire, dont l'action mortelle est individuelle pour l'insecte touché par une ou plusieurs spores qui pénètrent dans son organisme par les voies digestives. La distribution des microbes sporogènes revient donc à un traitement insecticide, renouvelé autant de fois qu'un traitement à base de produit chimique, et qui ne saurait être avantageux qu'autant que son prix de revient est inférieur à celui de ce dernier. Mais, là encore, nous ne sommes que dans la phase expérimentale.

Par contre, l'utilisation des agents microbiens pour réfréner la pullulation des petits rongeurs semble donner des résultats plus constants : les virus, convenablement employés, déclenchent de véritables épidémies, tout au moins dans certaines régions. L'utilisation du *Bacillus typhi murium* contre les campagnols et du ratin contre les rongeurs domestiques (rats et souris) donne de bons résultats, mais il faut souligner que son application nécessite une technique spéciale, sans laquelle l'échec est normal.

Transport ou multiplication artificielle des auxiliaires indigènes

Il n'y a pas lieu d'insister sur le transport éventuel d'auxiliaires indigènes d'une localité à une autre, opération dont l'utilité est *a priori* très discutable, car il est difficile d'affirmer qu'ils sont réellement absents de celle-ci au moment considéré. Le seraient-ils aujourd'hui qu'ils ont de grandes chances de ne plus l'être demain, venant par étapes d'une région voisine. Ou encore, s'ils n'y existent pas, n'est-ce pas du fait de conditions particulières qui leur sont défavorables et qui entraveront leur implantation d'un façon constante ?

La multiplication provoquée des parasites indigènes des insectes nuisibles est, à première vue, plus intéressante ; mais elle n'a pourtant donné, jusqu'à ce jour,

que des résultats aléatoires. Un seul essai, en cours depuis une dizaine d'années aux Etats-Unis, mérite de retenir l'attention. Il s'agit de la lutte entreprise dans les Etats septentrionaux contre la pyrale du maïs et dans les Etats du Sud contre la pyrale de la canne à sucre. Lors d'un voyage en Pensylvanie et en Louisiane, il nous a été permis de visiter des laboratoires officiels et privés, établis dans le seul but de multiplier artificiellement un petit hyménoptère destructeur des œufs d'un grand nombre d'insectes, du genre trichogramme. L'élevage se faisait industriellement, en utilisant comme hôte expérimental l'alucite des grains dont il est facile d'obtenir une production considérable en laboratoire. Des centaines de millions du précieux hyménoptère sont libérés, chaque année, dans les cultures, et les services scientifiques américains espèrent provoquer ainsi une réduction très notable des chenilles mineuses du maïs et de la canne à sucre qui, toutes deux, comptent parmi les plus grands fléaux de l'agriculture des Etats-Unis.

LES GRANDES INVASIONS DE PARASITES EXOTIQUES

Si, comme nous l'avons vu, les animaux indigènes peuvent devenir des ravageurs importants des cultures, que dire des perturbations apportées dans l'économie d'une région, et même du monde entier, par l'introduction accidentelle d'une espèce animale dans une localité où elle trouve des conditions de climat et d'habitation favorables à son développement ? L'invasion progressive du territoire français par le doryphore a été l'un des plus graves sujets de préoccupation du Service de défense des végétaux. De même, l'apparition du pou de San José dans les riches vergers de Californie et celle de la mouche des fruits dans les cultures de Floride provoquèrent de véritables catastrophes financières dans ces pays où la propriété foncière domine toute l'économie. Une telle conséquence vient du fait que, en général, l'insecte étranger est introduit sans le cortège de ses ennemis (parasites et prédateurs) qui limitent sa propagation dans son pays d'origine. Il en résulte que l'espèce nuisible, ne rencontrant plus rien qui entrave son évolution, prend un essor prodigieux et devient un véritable fléau.

Un grand nombre d'entomologistes,

mesurant la valeur de ce facteur biologique, ont tenté le rétablissement de l'équilibre naturel par l'importation de parasites ou autres ennemis normaux de l'espèce nuisible considérée. La question a d'autant plus d'intérêt qu'il est facile de se rendre compte que, dans une région donnée, les ravageurs les plus importants des cultures sont, pour la plupart, de provenance étrangère. On a pu estimer, en 1929, que des 183 espèces les plus nuisibles aux cultures de l'Amérique du Nord, 44,2 % sont, incontestablement,

gion déterminée, d'un animal qui, dans son pays d'origine, est considéré comme utile et peut devenir franchement nuisible dans celui où il est introduit, par suite des conditions de milieu qu'il y rencontre. C'est ainsi que, jusqu'à ce jour, l'introduction et l'acclimatation des mammifères et des oiseaux ont conduit à de tels désastres qu'elles sont universellement condamnées. Tels sont les exemples du moineau importé d'Europe en Amérique et en Australie, de la mangouste introduite des Indes orientales aux

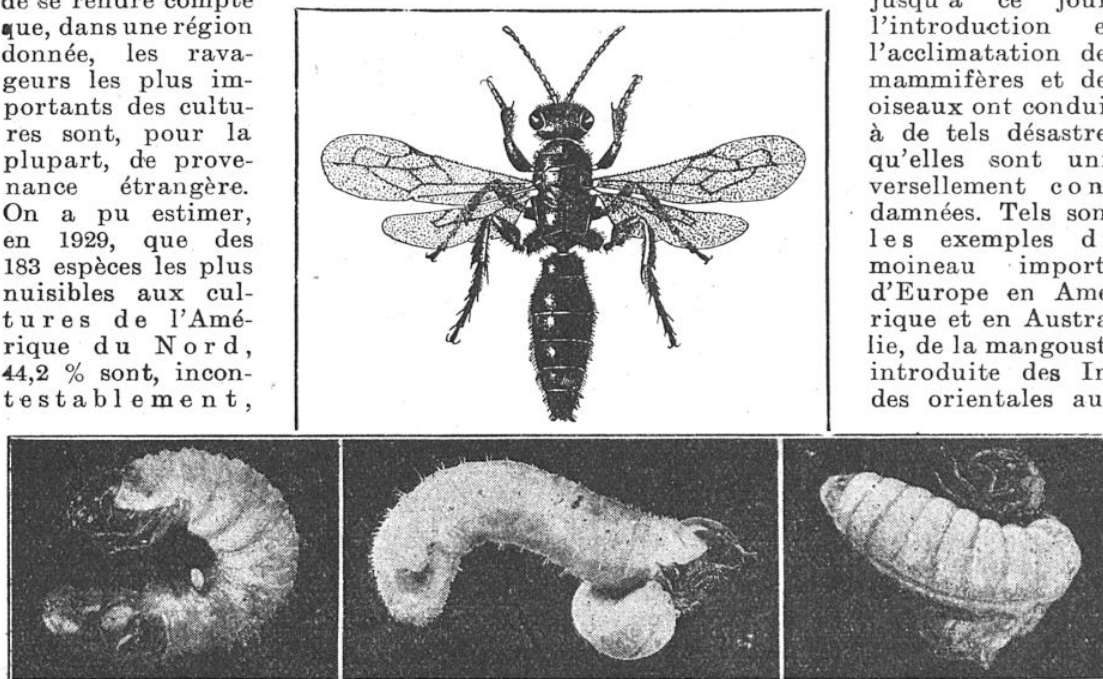


FIG. 6. — VER BLANC PARASITÉ PAR UNE LARVE D'HYMÉNOPTÈRE

T W 2344

La Popillia japonica est une sorte de petit ver blanc extrêmement nuisible introduit accidentellement d'Extrême-Orient aux États-Unis; elle est parasitée par une larve de l'hyménoptère *Tiphia popilliavora* qu'on a volontairement introduit aux États-Unis pour la combattre. À gauche, l'œuf du parasite a été pondu sur un anneau de l'abdomen; au centre, la larve qui en est issue, se nourrissant aux dépens des humeurs de celles de son hôte est déjà devenue dodue; à droite, la larve du parasite devenue très volumineuse a presque entièrement vidé la larve de *Popillia*. On a représenté, en haut, la femelle adulte de *Tiphia popilliavora* qui, elle, se nourrit simplement du nectar, des fleurs de carottes sauvages, mais va pondre ses œufs sur les larves de *Popillia*.

d'origine exotique, la plus grande proportion venant d'Europe. Des chiffres comparables peuvent être obtenus en établissant les statistiques des diverses parties du monde, et ils justifient amplement les recherches poursuivies en vue de l'utilisation de la méthode biologique.

Mais celle-ci, plus que tous les autres moyens mis en œuvre pour lutter contre les insectes nuisibles, nécessite des études spéciales très méticuleuses, faute desquelles de nombreux échecs ont été enregistrés.

Un des plus graves dangers de l'acclimatation est l'introduction, dans une ré-

Antilles, du lapin importé d'Europe en Australie (1), etc. Parmi les vertébrés, le

(1) Il est intéressant de rappeler à ce sujet les lignes suivantes écrites en 1883 par Simon D. Macdonald dans ses « Notes on Sable Island » et reproduites dans « Discovery » (Sable Island est une petite île au large de la Nouvelle-Ecosse, au Canada) :

« Le lapin anglais y a été très répandu à différentes périodes, et menaçait un moment d'infecter l'île. Mais, pour son malheur, le rat de Norvège débarqua d'un vieux navire et se multiplia en très peu de temps de telle sorte qu'il anéantit presque le lapin avant de s'attaquer aux réserves alimentaires de l'île; si bien qu'un hiver les habitants furent privés de pain pendant quelques mois. Au printemps, le Gouvernement envoya un détachement de chats. Les chats tuèrent les rats et

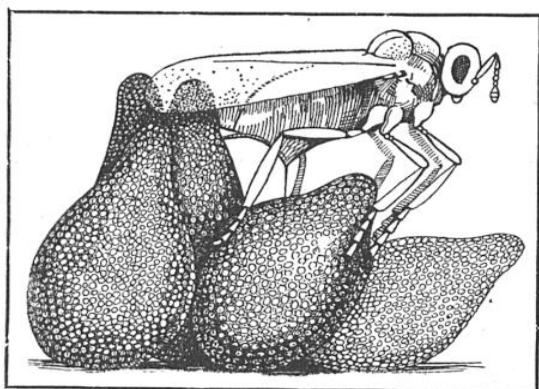


FIG. 7. — « TÉTASTICHUS XANTHOMELAE » PONDANT DANS DES ŒUFS DE GALÉNIQUE DE L'ORME

Ce très petit hyménoptère joue un rôle très actif dans la limitation de la pullulation d'un coléoptère ravageant les feuilles des ormes, la galénique. On aperçoit sur la figure, sous la forme d'une ligne très fine, la tarière ténue dont l'insecte pique les œufs pyriformes de son hôte pour y injecter le sien.

seul cas qui semble avoir donné de bons résultats est celui du crapaud géant (*Bufo manus* L), originaire des Amériques, du Texas méridional à la pointe de l'Amérique du Sud, introduit, ces dernières années, successivement aux Antilles, aux Hawaï, aux Philippines et en Australie. Il est utilisé comme destructeur des vers blancs de la canne à sucre à Porto-Rico où il rend de précieux services.

Il est incontestable que ce sont les insectes parasites et prédateurs qui sont les plus utiles dans la destruction des insectes phytophages d'importation étrangère. Toutefois, la réussite ne pourra être escomptée que si l'on est assuré que, dans son pays d'origine, le parasite ou le prédateur limite réellement la multiplication du phytophage au point de le rendre sans danger pour la production agricole.

En outre, l'expérience a montré qu'il n'est pas facile d'effectuer une sélection parmi les ennemis naturels d'un phyto-

achevèrent les lapins. Rapidement les chats retournèrent à l'état sauvage et devinrent si nombreux qu'ils constituèrent un danger sérieux, jusqu'au moment où des chiens furent envoyés pour les chasser, avec l'assistance des habitants armés de fusils. Les chats furent finalement exterminés.

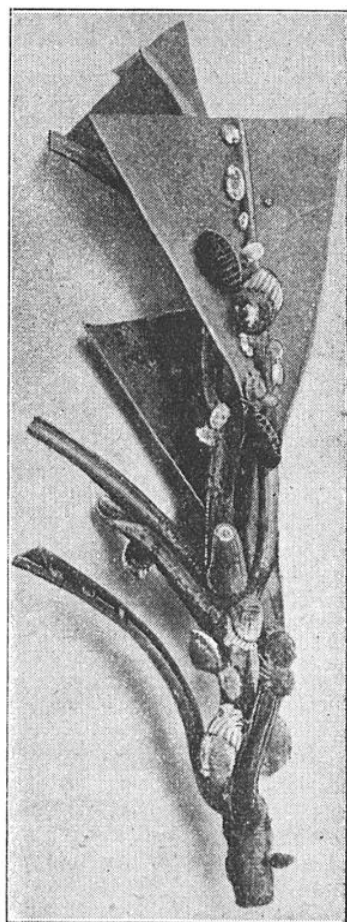
De nouveau, l'île se couvrit de lapins, lorsqu'une sorte de hibou apparut et fut si charmé de sa découverte qu'il alla aussitôt chercher ses congénères lesquels demeurèrent dans l'île longtemps après que les lapins eurent disparu. Ils y font encore des visites périodiques de reconnaissance. »

phage donné. L'acclimatation dépend d'un ensemble de facteurs que les biologistes doivent préciser expérimentalement afin de ne pas aller au-devant de sérieuses déceptions. Citons-en seulement quelques-uns de ces facteurs qui, sans être absolus, doivent pourtant ne jamais être perdus de vue : le parasite ou le prédateur doit être capable de surpasser son hôte en nombre ; il doit être susceptible de s'adapter aux nouvelles conditions climatiques ; le parasite doit être spécifique, c'est-à-dire ne pas s'attaquer à d'autres espèces que celle visée ; il doit être libre d'ennemis et de compétition avec d'autres parasites.

Ces principes s'expliquent d'eux-mêmes et il est intéressant de citer quelques cas où leur application fut suivie de résultats les plus satisfaisants pour l'agriculture des pays où ils furent suivis.

Comment furent sauvés les orangers de Californie

L'*Icerya purchasi* est un insecte de la famille des cochenilles, qui vit en suçant la sève d'un très grand nombre de végétaux tels que : orangers et *Citrus* divers, acacia,

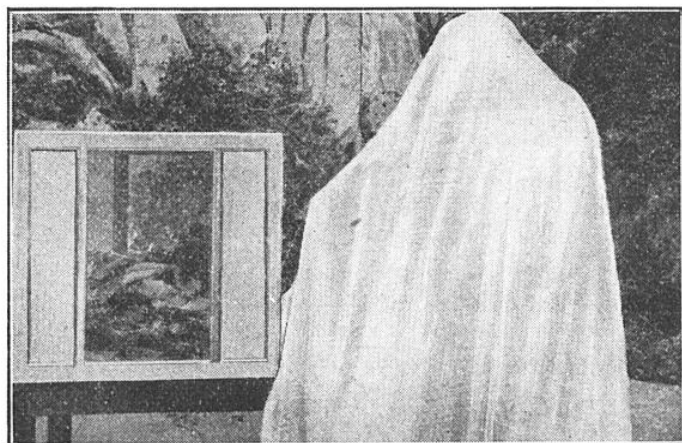


T W 2345

FIG. 8. — RAMEAU CHARGÉ D'ICERYA DE TOUS AGES

Ces cochenilles remarquables à l'état adulte par leur sac ovigère en sécrétion cireuse d'aspect cannelé sont attaquées par une coccinelle, *Novius cardinalis*, dont on voit sur la photographie deux grosses larves à dos piqué de noir.

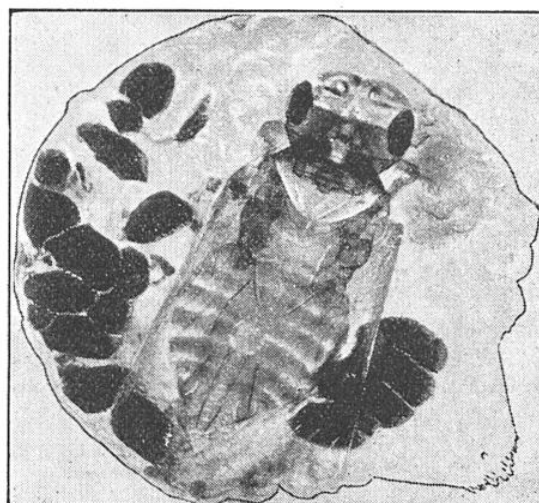
Pittosporum, *Choisya*, rosier, etc. Il fut introduit accidentellement en Californie en 1868 et y fit les plus grands ravages, menaçant de ruiner la culture des orangers et des citronniers. De vastes plantations avaient été anéanties ou ne fournissaient plus qu'un rapport insignifiant, lorsque Riley, directeur de la Division d'entomologie du Département de l'agriculture des Etats-Unis, songea à utiliser contre lui ses ennemis naturels. Partant de cette donnée qu'en Australie, son pays d'origine, la cochenille ne se montre pas sérieusement nuisible, il fut conduit à penser qu'elle devait s'y trouver maintenue en échec par des parasites. En 1888, l'un des agents du Service entomologique, Koebele, fut donc envoyé en Australie avec mission spéciale d'y rechercher les parasites de l'*Icerya*. Il rapporta toute une collection de ses ennemis naturels. Parmi eux se trouvaient une centaine d'exemplaires vivants d'une petite coccinelle, le *Novius cardinalis*, qui se multiplièrent si bien que, en 1889, on put, du mois de janvier au mois de juin, distribuer aux horticulteurs de Californie 10 000 spécimens de cette espèce utile. Un an et demi après son introduction, elle avait débarrassé la région des *Icerya* et réduit leur nombre à une quantité pratiquement négligeable. Au dire des témoins, cette délivrance prit, pour les habitants du pays, un caractère presque miraculeux; elle consti-



T W 2346

FIG. 9. — MISE EN CAGE D'ÉLEVAGE D'UN DES PREMIERS ENVOIS EN FRANCE DE « *NOVIUS CARDINALIS* »

A gauche, grande cage d'élevage. A droite, petite cage recouverte d'une cloche de tulle ainsi que l'opérateur en train d'y introduire des « *Novius* », afin d'éviter l'évasion des insectes.



T W 2349

FIG. 10. — FEMELLE D'UNE COCHENILLE DIASPINE PARASITE DE L'ORANGER PARASITÉE PAR UN HYMÉNOPTÈRE

La cochenille, débarrassée de son bouclier, est ici vue au microscope avec un grossissement d'environ 40 diamètres. Son contour apparent est souligné d'un trait noir. On voit à son intérieur la nymphe d'un hyménoptère parasite du genre *Aspidiotiphagus* qui s'est développé à ses dépens.

tue certainement un des plus magnifiques succès qu'ait eu à enregistrer la Division d'entomologie des Etats-Unis.

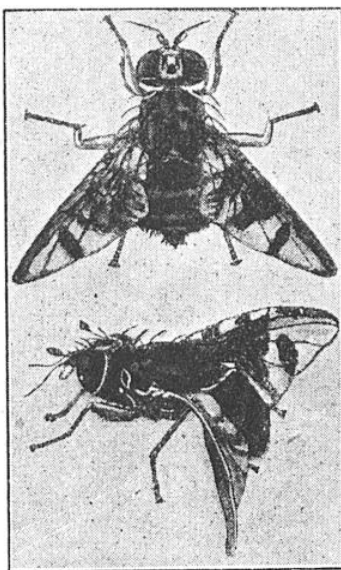
Mais l'*Icerya* a, depuis cette époque, progressé à travers le monde. Il a envahi successivement l'Afrique du Sud, la Nouvelle-Zélande, les Hawaï, l'Espagne, l'Italie, la Syrie, l'Egypte, la Dalmatie et, enfin, la France, en 1912, où il fut apporté dans la région du cap Ferrat avec un lot de plantes en provenance de l'Italie. A chacune des nouvelles étapes de la cochenille australienne les entomologistes opposèrent, dans les délais les plus rapides, l'importation de la précieuse coccinelle qui enlevait à sa proie son caractère de fléau. Actuellement, un élevage permanent de *Novius cardinalis* est entretenu dans certains laboratoires du Ministère de l'agriculture et dès qu'un foyer d'*Icerya* est signalé sur un point quelconque du territoire, une colonie de *Novius* est envoyée en vue

de rétablir l'équilibre rompu.

Le cas du *Novius* et de l'*Icerya* est d'une simplicité idéale, mais on ne peut malheureusement se flatter de le voir se renouveler toujours avec le même succès.

La lutte contre la mouche des fruits

Devant le brillant résultat obtenu aux Etats-Unis dans la protection des orangers de Californie, les agriculteurs australiens pensèrent qu'il serait possible d'utiliser la méthode biologique pour enrayer les ravages occasionnés aux plantations d'arbres fruitiers de leur pays par une petite mouche, *Ceratitis capitata*, bien connue dans les pays de langue anglaise sous le nom de « mediterranean fruit fly ». On partit du principe que si cet insecte causait de tels dégâts, c'est qu'il avait été importé sans son cortège d'ennemis naturels capables de limiter son développement. Malheureusement, nul ne pouvait dire d'où il provenait exactement; aucun document, aucun souvenir ne permettaient d'orienter les recherches. Le cas



T W 2347

FIG. 11. — LA MOUCHE DES FRUITS : « CERATITIS CAPITATA. »

En haut, la femelle; en bas, le mâle avec sur la tête les deux soies capitées caractéristiques de ce sexe. Cet animal rend véreux une multitude de fruits : mandarines, pêches, abricots, poires, etc... Il est extrêmement difficile à combattre.

était embarrassant, car, pour rechercher les ennemis naturels de cette mouche, il fallait d'abord connaître son pays d'origine. Un entomologiste, G. Compère, parcourut de 1903 à 1908 toutes les régions du globe d'où la mouche des fruits était susceptible d'être originaire et où, par cela même, elle devait exister et ne pas faire de ravages comparables à ceux qui étaient constatés en Australie. Compère explora successivement les côtes de la Méditerranée, les Philippines, la Chine, le Japon, les Etats-Unis, les Indes, le Brésil. Ses recherches furent vaines. Il tenta bien de faire acclimater un petit entomophage vivant aux Indes aux dépens de mouches voisines de celle qu'il s'agissait de combattre, mais les essais n'eurent aucun succès. Vers la même époque, cette dernière envahissait les riches vergers des îles Hawaï et en menaçait l'existence. Aussi, le Service entomologique de ces îles chargeait-il le professeur Silvestri, de Portici, d'une mission ayant exactement le même but que celles qu'avait accomplies Compère. Le savant

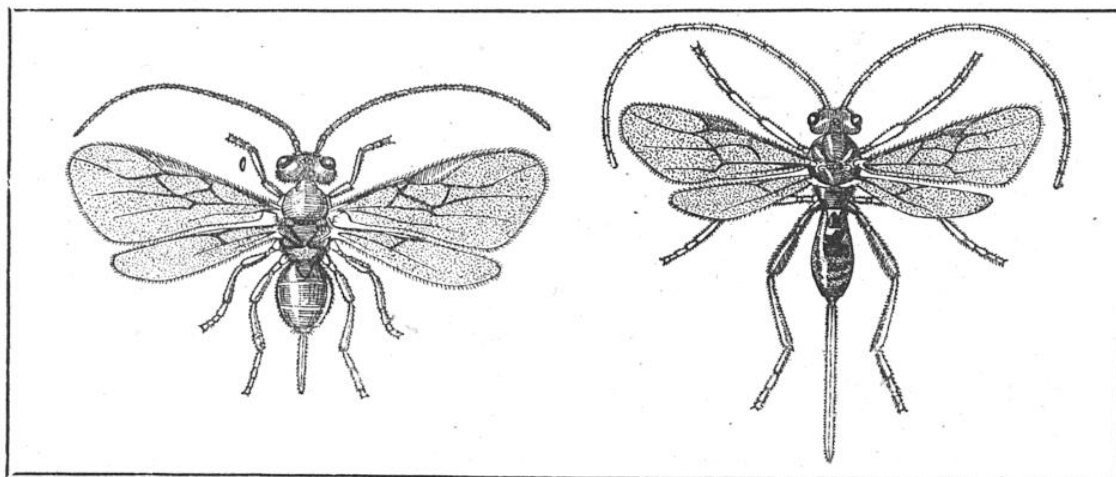


FIG. 12. — LES DEUX HYMÉNOPTÈRES PARASITES INTRODUIITS AVEC SUCCÈS AUX ILES HAWAÏ POUR COMBATTRE LA MOUCHE DES FRUITS

A gauche, *Opilus humilis*; à droite, *Diachasma tryoni*.

italien fut plus heureux dans ses recherches qui furent poursuivies en Afrique équatoriale et tropicale. Il visita le Sénégal, la Guinée, le Dahomey, le Congo, etc., et put conclure que *Ceratitis capitata* et ses congénères étaient bien originaires de ces contrées plutôt que du Brésil comme on l'avait cru d'abord. Des envois considérables de parasites purent être faits aux Hawaï et l'acclimatation de certains d'entre eux est un fait accompli. Cette opération a permis de faire de multiples observations qui furent des plus utiles dans les essais ultérieurs d'acclimatation. Nous n'en prendrons qu'une au hasard, celle qui concerne le « coparasitisme », c'est-à-dire l'existence de deux ou plusieurs auxiliaires en compétition, dans la même région : ainsi, parmi les petits hyménoptères importés, il en existait deux : *Diachasma tryoni* et *Opius humilis*. Dans les districts où *Opius humilis* fut seul introduit, on constata qu'un coefficient de parasitisme pouvant atteindre 90 % s'établit rapidement. Celui de *Diachasma tryoni* serait seulement de 50 %. Or, très souvent, dans les régions où les deux hyménoptères furent importés, on récolta de nombreuses larves de *Ceratitis* hébergeant les deux espèces parasites. Il fut, en outre, facile de mettre en évidence que, dans la presque totalité des cas de double parasitisme (130 contre 8), la larve de *Diachasma tryoni*, grâce à ses longues mandibules courbées en ciseaux, tue celle de *Opius humilis*. On eut ainsi l'explication de la perte de terrain que subit peu à peu cette dernière espèce, perte d'autant plus regrettable qu'elle possède de nombreux avantages sur *Diachasma* : elle a un cycle biologique plus court, elle n'est pas influencée par les températures froides et, enfin, le nombre des femelles est plus considérable que celui des mâles.

Aussi, faut-il être très circonspect dans l'introduction des parasites d'une espèce nuisible et, en particulier, il est dangereux de tenter une augmentation du parasitisme si ce dernier, par le fait d'un seul parasite, atteint déjà 90 %, ce qui était le cas pour *Opius humilis*.

Si, comme nous le disions plus haut, la spécificité des parasites et des prédateurs est, sans conteste, un facteur important, nous connaissons des cas couronnés de succès où l'on fit appel à des auxiliaires inféodés à des espèces différentes de celle contre laquelle on désira lutter et qui

s'adaptèrent parfaitement à cette dernière. Nous rappellerons à ce sujet l'œuvre magnifique des entomologistes anglais Tothill, Taylor et Paine qui, ces dernières années, sauvèrent, par leurs patientes recherches et leur esprit de décision, les cocoteraies des îles Fiji que la chenille d'un joli petit papillon de la famille des zyènes (*Levuana iridescens*) menaçait de détruire, anéantissant ainsi la seule industrie de l'archipel, celle du coprah. En l'absence absolue de toute indication sur l'origine de la zyène, les entomologistes anglais tentèrent l'importation d'une mouche tachinaire (*Ptychomyia remota*), qui était connue comme parasite d'une espèce voisine à Java et aux Etats malais. Tous les espoirs furent dépassés : trois ans plus tard, le papillon dévastateur était devenu si rare qu'on en trouvait à peine quelques exemplaires en visitant avec soin plusieurs cocotiers.

Des prédateurs s'attaquant à plusieurs espèces, convenablement choisis, peuvent être également des auxiliaires précieux s'ils sont introduits avec discernement. C'est ainsi que la Section du « gipsy moth », aux Etats-Unis, obtint des résultats inespérés en important le *Calosoma sycophante*, bien connu en Europe pour la consommation qu'il fait de toutes les chenilles vivant en grandes agglomérations.

Le rapide exposé qui précède et les quelques exemples qui l'appuient permettent de conclure que la lutte biologique est bien certainement la méthode la plus rationnelle, la plus économique pour limiter la multiplication anormale des parasites des cultures, surtout quand ces derniers ont été importés d'autres pays. Toutefois, il est essentiel de ne pas perdre de vue que, dans ces questions, plus peut-être que dans les autres problèmes posés par la lutte contre les ennemis des végétaux, il s'agit le plus souvent d'une œuvre de longue haleine, précédée d'études particulièrement délicates qui nécessitent beaucoup de patience et d'érudition. Aussi, dans de multiples cas, même concernant des insectes importés, il n'y a encore aucune possibilité d'envisager la lutte biologique et on doit continuer à utiliser et améliorer les méthodes de protection qui mettent en œuvre des moyens mécaniques ou des agents physiques ou chimiques.

P. VAYSSIÈRE.

LA MÉTÉOROLOGIE DOIT SE METTRE AU SERVICE DE L'AGRICULTURE

par Louis HOULLEVIGUE

Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille

La prévision du temps et des phénomènes dangereux pour les exploitations rurales, tels que la gelée, la neige, la grêle, etc., est une nécessité pour l'agriculteur qui risque de voir perdre en quelques heures ou quelques instants les fruits de ses efforts de plusieurs mois, et qui ne saurait se reposer sur son seul instinct et sa seule expérience pour choisir le moment le plus opportun pour ses semailles et ses pratiques culturales. Les services météorologiques français, entrés en sommeil il y a quelques mois, doivent, dans leur réorganisation que nous espérons prochaine, faire une place très large aux applications immédiates et particulièrement importantes de leurs prévisions aux besoins de l'agriculture à qui est demandé, dans la France nouvelle, le gigantesque effort que chacun sait.

En septembre 1939, dès le début des hostilités, notre Office National Météorologique (en abrégé O.N.M.) est entré en sommeil, et ses services militarisés ont été affectés exclusivement aux besoins des armées. Depuis lors, les civils ont été privés de tous renseignements météorologiques; gêne réelle, mais inévitable. Les souvenirs de la guerre précédente, où des offensives minutieusement préparées se sont enlisées dans la boue, et surtout l'importance acquise par l'aviation, portaient à attribuer une importance vitale à la documentation météorologique et à la garder secrète.

Pourtant, c'est l'imprévisible, ou du moins l'imprévu, qui s'est réalisé : sur terre, les armées motorisées se sont montrées bien moins sensibles aux intempéries que ne l'était l'infanterie en 1914-1918, et en ce qui concerne l'aviation, elle a acquis une telle puissance et une telle sûreté de vol qu'on a vu des escadres aériennes parcourir de grandes distances et livrer de terribles batailles par des temps qui, il y a vingt ans, n'eussent pas permis à un seul avion de décoller.

En juin dernier, la défaite s'est produite, nous laissant vaincus et comme foudroyés. Dans cette terrible épreuve, nos services météorologiques ont été balayés.

Cette situation ne saurait se prolonger; sous une forme ou sous une autre, l'O.N.M. devra être reconstitué, et le plus tôt sera le mieux. Mais on peut se demander s'il convient de reproduire son fonctionnement d'avant-guerre, ou s'il doit s'adapter aux changements profonds subis par notre pays.

Les fonctions de la météorologie

La météorologie est, d'abord, une science qui s'applique à connaître les phénomènes atmosphériques, leurs lois et leurs causes; science de haute importance, mais aussi tellement complexe que ses progrès exigent une organisation internationale parfaite, complétée par des recherches aérodynamiques effectuées au laboratoire; en particulier, les lecteurs de cette Revue ont été tenus au courant de la grande croisade scientifique de l'année polaire (1); malgré ces efforts soutenus, les progrès de la science météorologique sont extrêmement lents; la patrie de Le Verrier et de Teisserenc de Bort ne doit pas s'en désintéresser; toutefois, notre situation présente exige que passent au premier plan les applications utiles, et celles-ci sont très diverses, chacune d'elles exigeant l'emploi de méthodes appropriées.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 182, page 175

L'étude de l'atmosphère permet d'abord de déterminer, par une suite prolongée d'observations, les facteurs constants qui, dans chaque région, forment la climatologie. La climatologie est une science aussi précise que la géographie, et aussi nécessaire; sa justification est, naturellement, l'invariabilité de ces facteurs, au moins pour une longue suite d'années; la constance des limites de certaines cultures depuis les temps d'Hésiode, de l'Ancien Testament, des Géorgiques, prouve que le climat des régions méditerranéennes n'a pas varié sensiblement depuis 2 000 ans; pour des pays plus septentrionaux, on a des indications analogues et, en général, concordantes (1).

Il est possible, cependant, que les climats soient soumis à des oscillations de longues périodes : 11 ans (période d'activité solaire), 33 ans (période de Bruckner), 100 ans (période de Mémery); il n'en reste pas moins que la connaissance du climat de chaque région rend des services importants, quoique trop souvent ignorés : c'est ainsi que la quantité de pluie ou de neige tombée dans le bassin d'un cours d'eau détermine la puissance hydraulique qu'on peut obtenir, et sa répartition au cours de l'année. Pour les expéditions coloniales, qui ont marqué le demi-siècle écoulé, la connaissance du climat s'est avérée indispensable : c'est pour l'avoir négligée, en 1896, en envoyant à Madagascar des soldats en équipement européen, sans même les munir de casque insolaire, que l'expédition du général Duchesne a frôlé un désastre. Mais surtout, l'ensemble des facteurs météorologiques (maxima et minima de température, humidité et distribution des pluies, etc.) détermine la condition de chaque culture; nous reviendrons sur ce point dans le cours de cet article.

On pourrait peut-être penser que la climatologie est actuellement une science achevée. Pourtant, il n'en est rien : une région bien déterminée, la Bretagne par exemple, n'a pas un climat uniforme; entre Brest, Nantes et Saint-Brieuc, il existe des différences notables (surtout au point de vue du nombre des jours pluvieux) qui ne peuvent être connues que par une longue suite d'observations locales. De même, l'existence d'une carte géographique à l'échelle d'un millionième

ne dispense pas d'en établir d'autres à plus grande échelle.

Mais la fonction cruciale de la météorologie est la prévision du temps à échéance plus ou moins lointaine; c'est là surtout que les esprits forts font porter leurs critiques, d'autant plus aisées qu'ils omettent d'indiquer la difficulté extraordinaire du problème posé, qui ne justifie que trop la médiocrité des résultats obtenus. Mais l'importance de ces résultats diffère grandement suivant les cas.

L'aviation commerciale est le grand triomphe de la météorologie; sans les observations précises données par les observatoires, le trafic aérien, surtout celui des voyageurs, serait inexistant, parce qu'il ne serait pas entouré des garanties de sécurité indispensables. Aussi les services météorologiques des principales nations ont-ils porté de ce côté leur principal effort. La véritable raison de ce service est qu'il ne s'agit pas, en réalité, de pronostics; sur un trajet relativement court, comme Paris-Londres, il s'écoule si peu de temps entre le départ et l'arrivée qu'il suffit de connaître la situation atmosphérique au moment de l'envol. Plusieurs articles de cette Revue (1) ont appris au lecteur l'organisation météorologique extrêmement minutieuse qui a été établie; grâce à elle, seuls des cas précis et graves obligeront à interrompre un trafic dont l'horaire est aussi exactement réglé que celui des chemins de fer. Peu à peu, cette organisation a été étendue à de plus longs parcours; il n'y a qu'à considérer, aujourd'hui, avec quelle régularité s'accomplissent les voyages des Clipper qui transportent par-dessus l'Atlantique voyageurs et marchandises; de tels résultats ne peuvent être obtenus que grâce à un service météorologique en constant éveil.

Les résultats sont loin d'être aussi favorables en ce qui concerne l'annonce des tempêtes, destinée aux navires de commerce et de pêche opérant sur nos côtes; cependant, le problème posé aux météorologistes était relativement simple, puisqu'il portait exclusivement sur la force et la direction du vent.

Au début de son fonctionnement, le Bureau Central Météorologique (B.C.M.), prédécesseur de l'O.N.M., transmettait deux fois par jour aux ports français les

(1) Toutefois, le déplacement vers le sud des limites de culture de la vigne a donné lieu à des controverses dans lesquelles on ne saurait entrer ici.

(1) Voir, en particulier, celui de M. Maurice Jouven, n° 136, page 299.

prévisions relatives à la direction des vents et à leur force pour le lendemain; lorsque leur vitesse prévue devait dépasser 15 mètres par seconde (n° 7 dans l'échelle de Beaufort), on hissait sur les sémaphores les cônes annonciateurs de tempête; pour ces prévisions, nos côtes étaient divisées en quatre secteurs: Manche, Bretagne, Océan, Méditerranée. Mais ces prévisions se révélaient peu sûres: en Bretagne, 31 % avaient été efficaces, 33 n'avaient pas été suivies de la tempête annoncée et 36 fois pour cent, les avertissements avaient été envoyés après le début de la tempête. En Provence, ce fut pis encore: le nombre des avis efficaces fut, pour l'ensemble des stations, inférieur à 30 %, et à 20 % pour quelques-unes. C'est sans doute pour cette raison que l'O.N.M. avait progressivement réduit ce service d'avertissements, au point de le rendre inutilisable depuis 1938.

Les avertissements agricoles

Ces insuccès, dans un cas relativement simple, ne nous laissent pas grand espoir en ce qui concerne les avertissements agricoles. Dès 1876, ils avaient été transmis, à titre d'essai, dans trois départements: le Puy-de-Dôme, l'Allier et la Vienne; progressivement, le service avait été étendu à tous les autres départements; la France était divisée en huit, puis ultérieurement en douze régions, pour chacune desquelles était établie une prévision spéciale, donnant les renseignements suivants: caractère dominant du temps, direction et force du vent, précipitations possibles, températures maxima et minima, variations probables de la température, possibilité de phénomènes dangereux, comme la gelée, la neige, la grêle, etc...

On voit tout de suite que les renseignements utiles à l'agriculture sont beaucoup plus variés que ceux qui sont demandés par les marins; c'est là une des raisons de l'insuccès relatif du service des avertissements agricoles établi par l'O.N.M. en liaison avec le Ministère de l'Agriculture. Mais ce n'est pas la seule; une des plus graves résulte de l'état d'esprit des agriculteurs eux-mêmes, ou du moins (sauf de rares exceptions) des petits et moyens cultivateurs constituant la grande masse rurale de notre pays, celle qui assure les trois quarts de notre production agricole. Le paysan français aime sa terre et la travaille sans épargner sa

peine; il est, en même temps, farouchement individualiste: on sait quels efforts ont été nécessaires pour commencer à le plier aux règles des syndicats et des coopératives. Il se méfie souvent, et parfois non sans raisons, des innovations prônées par les agronomes; il lit peu, en dehors de son journal, et les progrès qu'il introduit dans ses modes de culture sont surtout déterminés par l'exemple et par les conversations qu'il peut avoir, dans les foires et marchés, avec d'autres cultivateurs plus évolués. En général, les renseignements distribués par l'O.N.M. ne l'intéressent pas, d'abord parce que leur fréquence exagérée lasse sa patience, et aussi parce qu'ils sont rédigés dans un langage trop scientifique pour lui; il se perd dans les gradients et les millibars, sans savoir ce qu'ils lui conseillent pour sa culture.

Faut-il conclure à une faillite irrémédiable de la météorologie agricole? Pour nous rendre confiance, M. Dop nous montre comment le *Weather Bureau* américain a su organiser, dans un immense pays aux multiples climats, un service de documentation et de prévision efficace: « Des bulletins quotidiens, contenant ces renseignements, sont répandus à profusion par les moyens les plus rapides, dans les régions de production et dans les centres commerciaux les plus importants; producteurs et consommateurs sont tenus au courant non seulement de l'état des cultures, mais aussi du temps probable dans les différents districts, ce qui permet aux agriculteurs de prendre certaines mesures de protection... Dans les régions où on se livre en grand à l'élevage des bovins, des stations spéciales donnent des informations sur les pâturages; ces informations sont surtout utilisées par les éleveurs pour la répartition des animaux dans les districts où la nourriture est abondante. »

Vers une refonte des services météorologiques

De toutes façons, notre O.N.M. doit revivre; il le doit aux grands noms de ses créateurs, à sa tâche de documentation internationale, à l'œuvre scientifique qui s'élabore lentement. Mais il doit aussi se plier aux nécessités de l'heure et, comme tout ce qui est français, servir. On nous laisse prévoir que la France retrouvera sa vitalité en redevenant une nation de paysans; il faut donc tout faire pour

donner à ces paysans les moyens de produire ce qui nous manque; pour cette raison, nous insisterons en terminant sur les modifications qu'exigent les services d'avertissement agricole.

La réforme de base, c'est la décentralisation des avertissements donnés par ces services. Il est nécessaire, assurément, que la documentation météorologique, provenant chaque jour de plusieurs centaines d'observatoires français, flottants et étrangers, soit rassemblée en un même point, afin qu'on la mette en œuvre pour en tirer, par exemple, le tracé des lignes isobares et les autres éléments indispensables à toute prévision; mais ces prévisions elles-mêmes, une fois formulées en termes scientifiques, doivent être traduites en langage accessible au paysan et adaptées au climat particulier de chaque région; elles ne peuvent l'être que par un homme familiarisé avec la vie rurale, agronome ou professeur d'agriculture. C'est l'opinion que Le Verrier soutenait lui-même, dès 1876 : « Il est indispensable, écrivait-il, que les avertissements généraux qui seront transmis aux chefs-lieux des départements (nous dirions aujourd'hui aux diverses régions agricoles) y soient commentés par des personnes compétentes, en tenant compte des circonstances locales et d'une étude attentive particulière aux diverses contrées. »

Cette diffusion météorologique devra d'abord guider ceux qui, dans chaque région, s'efforcent à introduire des cultures nouvelles, en mettant à leur disposition tous les renseignements donnés par l'agronomie et la climatologie. Jadis, les produits s'échangeaient librement dans toute la France métropolitaine ou coloniale et, avec quelques restrictions, avec le monde entier; ainsi, chaque région pouvait recevoir les produits qu'elle ne produisait pas; aujourd'hui, des difficultés insurmontables s'opposent à ces échanges, et chaque région doit vivre de son propre sol, en créant sur place les produits de

remplacement indispensables. Les agriculteurs devront donc faire preuve d'initiative en établissant des cultures nouvelles pour les matières alimentaires, les graines oléagineuses, les plantes textiles, etc. Mais ils ne sauraient le faire sans guide; il faudra qu'on leur enseigne le choix des graines, les méthodes de culture et, surtout, les terrains et les climats favorables à chaque cas; la climatologie aura donc son rôle à jouer dans cette œuvre d'éducation rurale.

Cependant, les cultures traditionnelles devront être poursuivies et même amplifiées, car il faudra toujours plus de blé, plus de pommes de terre pour les hommes, plus d'herbe et de foin pour le cheptel. Dès lors, les enseignements de la météorologie agricole seront les bienvenus; mais pour qu'ils atteignent la masse des agriculteurs, ils devront être, à la fois, simplifiés et rendus moins fréquents : le paysan n'a ni le temps, ni le goût de suivre des informations détaillées et quotidiennes; son rythme de repos, fixé par d'antiques traditions, est la semaine; l'avertissement devra donc être hebdomadaire et donné, de préférence, chaque dimanche, soit par la radio, soit par les journaux ou encore par un bulletin affiché au centre de chaque village. Et comme il ne saurait être question de faire, huit jours à l'avance, une véritable prédiction du temps, on devra se contenter d'indiquer les tendances pour la semaine qui vient. Le cultivateur saura qu'il peut espérer un temps favorable pour les semailles, pour la taille des arbres ou pour la fenaison; il sera averti, au contraire, d'avoir à se méfier des gelées nocturnes, des orages avec grêle, des pluies persistantes ou du brouillard qui favorisent le développement des maladies cryptogamiques. Ainsi, sagement limitée et convenablement distribuée, la manne scientifique pourra être utile à l'homme des champs.

L. HOULLEVIGUE.

la Science et la Vie est le seul magazine
de vulgarisation scientifique et industrielle.

LE LAIT, ALIMENT PARFAIT, ET LE RATIONNEMENT ALIMENTAIRE

par Emile AGEL

Le lait, qui constitue l'unique nourriture de l'homme pendant la première période de son existence, est aussi le seul aliment qui donne à celui qui le consomme la certitude d'ingérer tous les éléments (hydrates de carbone, lipides, protides, sels minéraux, vitamines) nécessaires, quel que soit son âge, à l'entretien de son activité vitale. Le lait les contient sous la forme la plus facilement assimilable par l'organisme humain; aussi les mesures actuelles de rationnement réservent-elles à juste titre cet « aliment parfait », véritable médicament de ce point de vue, aux malades et aux enfants. Nos connaissances sur les qualités du lait et sur la variation de sa composition avec les conditions de vie et d'alimentation des vaches laitières, ont été entièrement renouvelées par les recherches scientifiques des vingt dernières années sur les vitamines. Ces recherches sont à la base des régimes modernes d'allaitement artificiel; c'est sur elles que sont fondées les mesures actuelles de rationnement des différents laits : lait concentré, lait entier, lait écrémé.

Le lait, aliment parfait

LE lait est ce que nous possédons de plus proche de l'aliment parfait. Il contient les aliments énergétiques des trois classes : protéines, graisses, hydrates de carbone. Il les complète par des éléments minéraux et des vitamines.

Les protéines du lait, lactalbumine et caséine, s'y trouvent précisément sous la forme indispensable des « acides aminés (1) ». Les graisses y prennent la forme d'une émulsion de corps gras à bas point de fusion, condition de leur assimilation facile. Les hydrates de carbone s'y rencontrent sous la forme soluble du sucre de lait.

Les éléments minéraux du lait sont aussi assimilables que ceux des meilleures préparations pharmaceutiques; ses vitamines sont en quantité suffisante si les

conditions de vie et d'alimentation de la vache laitière sont convenables.

De tout temps, les populations dont le lait et ses dérivés formaient la base principale de l'alimentation se sont distinguées par leur vigueur physique. Combien de fois l'Europe a-t-elle été envahie par des conquérants venus d'Asie dont le lait de jument ou de chamelle était l'élément de base de la nourriture! La malédiction de Mahomet contre les hommes tombés assez bas pour utiliser la charrue a peut-être autant de fondements alimentaires que proprement militaires.

De nos jours, ne voyons-nous pas encore, dans l'Inde, une différence physique extraordinaire entre les peuples des régions montagneuses, dont la nourriture est à base de laitages, et ceux de la plaine, qui consomment les céréales?

L'hiver dernier, la résistance du soldat finlandais a étonné le monde. Mais ce qui a peut-être le plus surpris le soldat du front occidental buveur de vin, de bière ou de thé, c'est d'apprendre que ce collègue à la forme physique incomparable était un buveur de lait. Alors qu'en France la consommation de lait reste très faible et d'évaluation d'ailleurs malaisée, elle dépassait 150 litres par tête et par an aux Etats-Unis, il y a quelques années; 180 litres au Danemark. Mais la Finlande tient la tête; la population

(1) Notre organisme ne peut assimiler l'azote et le soufre nécessaires à la synthèse de ses matières protéiques que sous la forme relativement simple des acides aminés, dont neuf paraissent indispensables et ne peuvent se remplacer l'un par l'autre. Ce sont la lysine, le tryptophane, la leucine, l'isoleucine, la thréonine, la cystéine, la méthionine, la phénylalanine et l'histidine.

Notre organisme se les procure par la destruction préalable des protides que renferment nos aliments végétaux ou animaux, mais aucun aliment ne les renferme dans une proportion aussi harmonieuse que le lait.

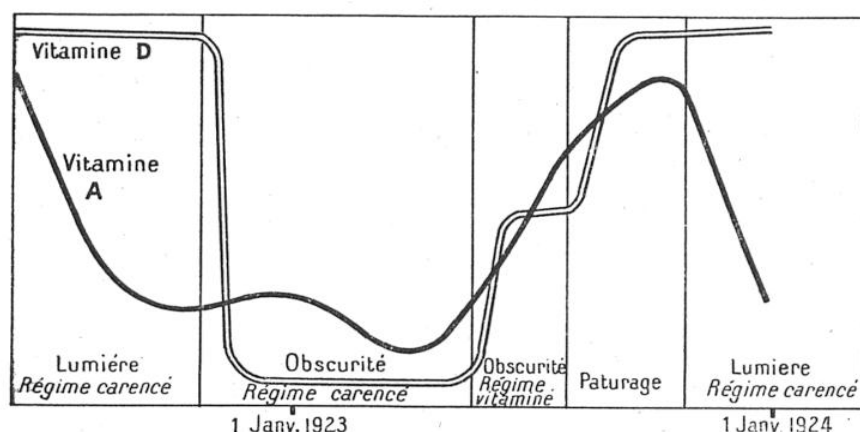


FIG. 1. — VARIATION DE LA TENEUR DU LAIT EN VITAMINES A ET D SUIVANT LES CONDITIONS DE VIE ET D'ALIMENTATION DE LA VACHE

L'expérience conduite par Luce a duré dix-sept mois, de juillet 1922 à décembre 1923. Dans la première période, la vache est maintenue en plein air et reçoit un régime presque entièrement privé de vitamines A (farine de maïs blanc, avoine, orge, betteraves, paille d'orge). Dans la deuxième période, le régime ne change pas, mais elle est confinée à l'étable. Dans la troisième période, elle reste à l'étable, mais la ration est fortement vitaminée (foin de prairie, trèfle). Dans la quatrième période, elle est au pâturage. Dans la cinquième période, les conditions sont les mêmes que dans la première. Le veau est né le 27 janvier 1923 (relèvement de la teneur en facteur A). On voit que l'influence du régime, carencé ou vitaminé, est prépondérante sur la teneur en facteur A; l'influence de l'irradiation est prépondérante sur la teneur en facteur D. Les variations sont considérables, dans le rapport de 1 à 5 et de 1 à 10; mais il faut noter qu'il s'agit de régimes extrêmes, soigneusement opposés.

ouvrière finlandaise des villes consomme jusqu'à 280 litres de lait par tête et par an. Que de familles d'ouvriers français remplacent ces 280 litres de lait par autant de litres de vin!

La composition du lait

La composition du lait varie beaucoup avec l'espèce, et, dans chaque espèce, avec les races et les individus.

Le tableau suivant donne, pour quelques laits, la teneur moyenne, en grammes par litre, d'éléments nutritifs.

Cette composition correspond, pour le lait de la vache, à environ 700 calories au litre. Le lait est nettement plus nourrissant que le vin à 10° (560 calories au litre); à peine moins que

éléments énergétiques et minéraux de la ration. C'est cette richesse du lait en vitamines de toute nature, beaucoup plus encore que la facilité de digestion et d'assimilation des éléments nutritifs qu'il renferme, qui a fait réserver aux jeunes enfants et aux malades le lait complet dont la France dispose encore aujourd'hui.

Emulsion de corps gras, le lait contient dans sa crème (ou dans le beurre) les deux vitamines « liposolubles », la vitamine A (vitamine de croissance) et la

Nature du lait	Matières azotées (grammes)	Matières grasses (grammes)	Matières hydrocarbonées (grammes)	Matières minérales (grammes)	Extrait sec total (grammes)
Lait de vache.....	35	37	48	7	127
— de brebis....	65	90	50	10	215
— de chèvre....	33	35	52	8	128
— de jument...	20	11,5	59	3,5	94
— de truie.....	60	70	56	10	196

TENEUR MOYENNE, EN GRAMMES PAR LITRE, DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS DE QUELQUES LAITS

vitamine D (vitamine antirachitique). Il est particulièrement riche en vitamine A, et une simple addition de lait (ou de beurre) peuvent fournir une teneur suffisante à une ration qui n'en comporterait pas par ailleurs. Il est moins riche en vitamine D, et surtout sa teneur est assez variable suivant les conditions de nourriture et de vie de la vache qui le fournit.

L'eau du lait tient en dissolution toutes les autres vitamines « hydrosolubles », la vitamine B (ou plus exactement les vitamines B₁, antinévrétiques, B₂, d'utilisation nutritive, et B₃, d'utilisation cellulaire, ainsi que la vitamine P, antipellagreuse, qu'on peut rattacher au même groupe), et la vitamine C, vitamine antiscorbutique. Mais, là encore, les teneurs sont assez différentes; le lait est riche en vitamines B et ne contient la vitamine C qu'en proportion assez faible.

Les facteurs de variation de la composition du lait

De tout temps, on s'est aperçu de l'irrégularité de composition des laits, surtout par l'irrégularité des résultats qu'on en obtenait dans l'allaitement artificiel de l'enfant du premier âge. En dehors des causes particulières de toxicité (maladies de la vache, ingestion d'aliments toxiques), c'est la composition du lait qui est à incriminer, et spécialement la

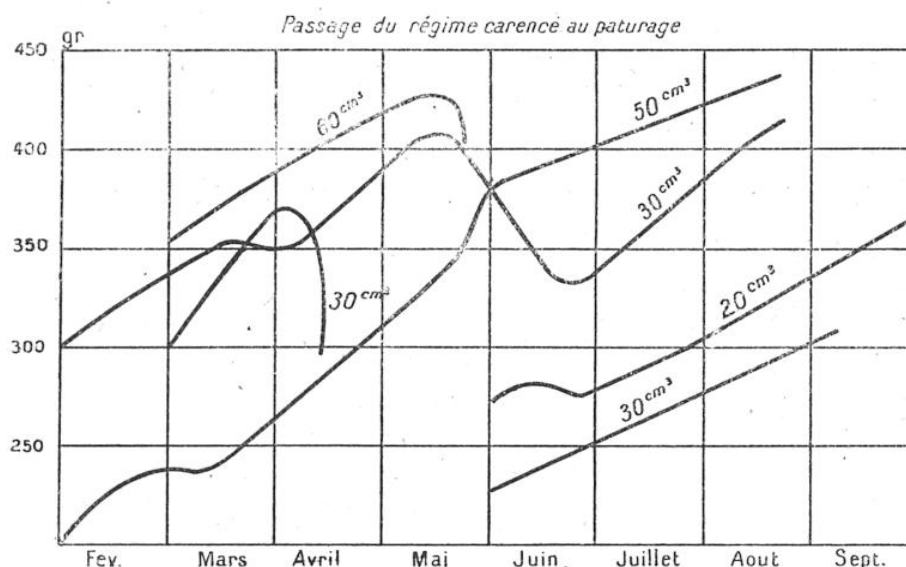


FIG. 2. — EFFET DES CONDITIONS D'ALIMENTATION DE LA VACHE SUR LA TENEUR DU LAIT EN VITAMINE C

Les courbes indiquent, d'après Dutcher et ses collaborateurs, les variations de poids de cobayes alimentés avec une ration carencée en vitamine C à laquelle on ajoute de 10 à 60 cm³ d'un lait moyen d'un groupe de vaches au régime sec, puis au pâturage. Les cobayes mis en expérience au 1^{er} février, avec du lait provenant de vaches au régime sec depuis quinze jours, ont pu atteindre la période de remise au pâturage, aisément pour celui qui recevait 50 cm³, tout juste pour celui qui en recevait 30 (baisse de poids en mai-juin). Les cobayes mis en expérience au 1^{er} mars sont morts en quatre semaines (avec 30 cm³) et en onze semaines (avec 60 cm³). Les cobayes mis en expérience au 1^{er} juin ont eu une croissance correcte avec des doses beaucoup plus faibles, 20 et 30 cm³. Ces expériences, renouvelées sous des formes assez différentes, mettent en évidence la variation importante de teneur du lait en vitamine C suivant le régime de la vache, et le fait que l'enrichissement est très rapide lors de la mise au pâturage et que l'appauvrissement est assez lent lors de la mise à l'étable.

teneur en vitamines qui peut varier dans des proportions considérables.

La teneur en matières grasses diffère notablement d'une race de vaches à l'autre; on sait en particulier que certaines races de petite taille fournissent un lait beaucoup plus crémeux que le lait des vaches de taille moyenne ou grande. Mais l'influence des conditions de vie ou d'alimentation reste faible; si la vache est mal nourrie, elle diminue simplement sa production. Certaines pratiques utiles pour faire absorber à la vache le supplément considérable de nourriture et de boisson réclamé par la lactation, notamment l'emploi des buvées chaudes matinales en hiver, ont pu faire croire à un véritable « mouillage au ventre », analogue au « mouillage au cep » des vignobles irrigués; il n'en est rien.

La teneur en matières minérales, et en particulier en phosphore et en calcium,

est également à peu près indépendante de l'alimentation. Si la ration quotidienne n'apporte pas à la vache les doses considérables de phosphate de calcium qu'elle élimine par le lait, son organisme, comme celui de la femme en pareil cas, le prélève sur son squelette qui en contient en poids près de 85 %. Les os fonctionnent comme une réserve, utilisée sans

tamine A. Une vache nourrie avec du trèfle vert ou sec, du son..., tous aliments à forte teneur en facteur A, donnera un lait beaucoup plus riche à cet égard qu'une vache dont la nourriture a pour base des aliments à teneur presque nulle en facteur A : variétés blanches de pommes de terre, de carottes, de maïs, mélasses... Pratiquement, le dosage du lait en vita-

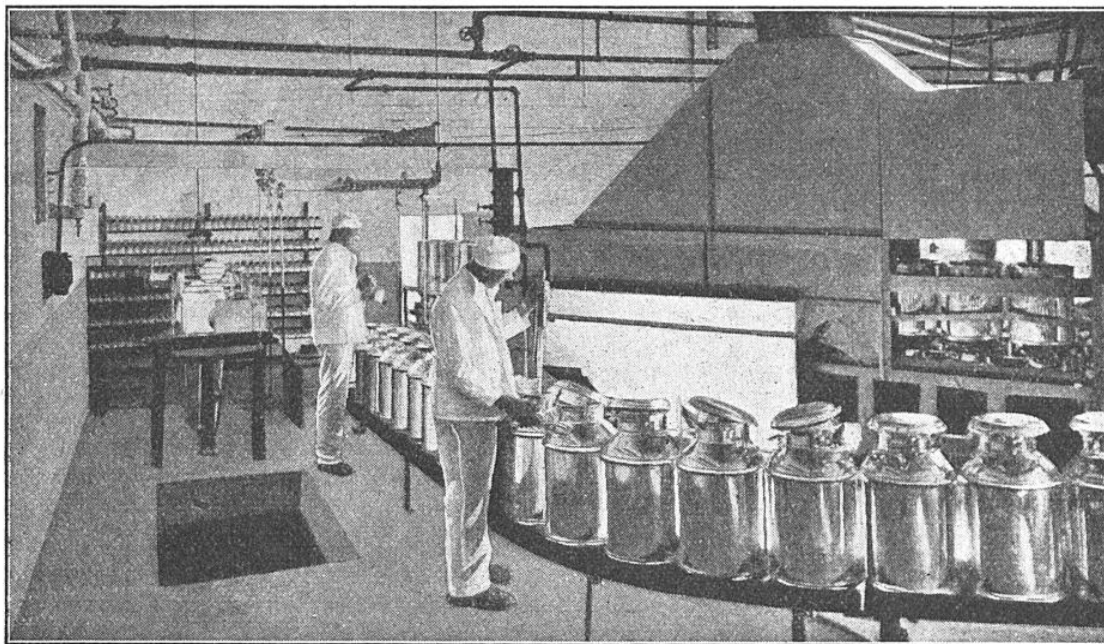


FIG. 3. — LE PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS DE LAIT POUR ANALYSE DANS UNE IMPORTANTE USINE DE PRÉPARATION DU LAIT CONDENSÉ (LAIT GLORIA)

Ce contrôle, effectué dès l'arrivée du lait frais à l'usine, porte sur la composition chimique et microbienne du lait, et tout particulièrement sur le degré d'acidité qui mesure en quelque sorte avec précision son degré de fraîcheur et de conservation. Le développement des bactéries lactiques est, en effet, d'autant plus rapide que le lait est plus souillé et la température extérieure plus élevée. Ces bactéries transforment le lactose en acide lactique. Lorsque la proportion de ce dernier atteint 2,5 g par litre, la caséine se coagule; on dit que le lait « tourne ». Dans ce milieu acide, les bactéries trouvent un terrain favorable et engendrent des putréfactions qui rendent le lait impropre à la consommation.

ménagement, jusqu'à en compromettre la résistance mécanique.

La teneur en vitamines est au contraire sous la dépendance assez étroite des conditions de vie et d'alimentation.

Le lait est relativement riche en vitamine A. Cette vitamine, liposoluble, est entièrement localisée dans la matière grasse; elle disparaît donc avec l'écraimage et se retrouve dans le beurre. La valeur biologique du lait et du beurre en tant que sources de vitamine A dépend de la race de la vache laitière, et surtout de la richesse de son alimentation en vi-

tamine A fait au moyen du rat indique des teneurs variant du simple au triple; le dosage du beurre, des teneurs variant du simple au double. On admet que la proportion de beurre nécessaire et suffisante pour compléter un régime entièrement carencé en vitamine A varie de 5 à 10 % du pouvoir énergétique de la ration. Il faudrait donc 13 à 25 g de beurre, ou 0,25 l à 0,75 l de lait, pour fournir la totalité de cet élément dans une ration d'adulte de 2 100 calories.

La valeur du lait comme source de vita-

mines B (hydrosolubles, donc restant dans le lait écrémé) a donné lieu à de très nombreux travaux qui ont décelé des variations encore plus étendues. La question est d'importance, car le lait est nettement moins riche en facteur B qu'en facteur A, et certains laits n'apportent pas la dose suffisante, même s'ils constituent toute la ration à eux seuls. Là encore, il faut rapporter les différences à la différence de richesse des aliments de la vache.

Mêmes observations quant au facteur antiscorbutique, qui est la *vitamine C*, également hydrosoluble. Cet élément étant très sensible à l'influence de la dessiccation, on trouve de grosses variations suivant que la vache est soumise au régime d'été, ou à certains régimes d'hiver. La question présente encore, pour cet élément, une importance considérable; le lait est environ cent fois moins riche que le jus d'orange, et les laits pauvres en vitamine C sont insuffisants à l'introduire dans une ration, même entièrement lactée.

La question se présente sous le même aspect pour la *vitamine D*, antirachitique (liposoluble), mais elle se complique du fait de la synthèse possible de cet élément dans l'organisme, celui de la vache comme celui de l'homme, sous l'effet de l'irradiation solaire.

On connaissait en effet, bien avant qu'il fût question de vitamines, deux thérapeutiques du rachitisme dont le principe paraissait alors entièrement différent, par exemple l'huile de foie de morue et les bains de soleil. La découverte de la vitamine D et de ses conditions de production a montré le principe commun de ces traitements. La vitamine D n'est autre que l'ergostérol, $C_{27}H_{42}O$, irradié. L'irradiation du cholestérol contenu dans l'organisme au voisinage de la peau suffit à sa production. L'expérience a été faite : de la peau de veau rachitique soumise au rayonnement solaire guérit le rachitisme du rat.

Les vérifications expérimentales ont été faites par Luce en 1922-1923, sur des vaches soumises au régime frais et au régime sec, puis à l'obscurité et à la lumière. Elles ont révélé des variations de 1 à 10 dans la teneur en vitamine D.

La question est d'autant plus importante que le lait est un élément pauvre en vitamine D. Dans des conditions favorables, il contient une quantité de ce fac-

teur juste suffisante pour la ration entièrement lactée. Dès que les animaux producteurs ou consommateurs se trouvent placés dans des conditions plus sévères, le lait est en général insuffisant.

Le rationnement du lait

L'ensemble des données précédentes justifie aisément les principes qui ont servi de base au rationnement du lait.

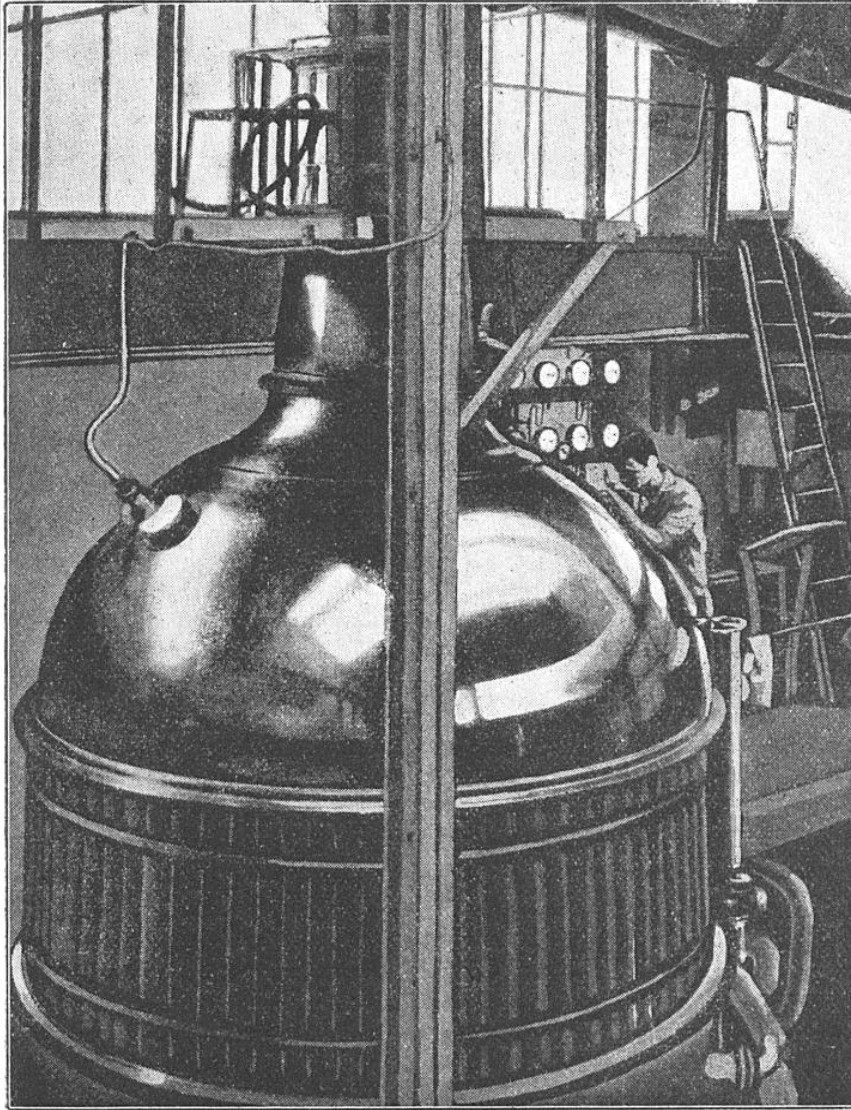
Plusieurs mois avant l'armistice, le *lait concentré* était déjà réservé à l'alimentation des nourrissons et des malades. Pourquoi?

C'est que le lait concentré est un lait d'été, provenant de vaches au pâturage et qui contient la teneur maximum de vitamines. Les procédés de concentration, ou de dessiccation, en usage aujourd'hui, permettent la conservation intégrale de ces vitamines. Certaines marques pratiquent en outre une sélection de leurs laits et une surveillance des troupeaux qui les fournissent.

Telle est l'origine de la faveur du corps médical envers les laits concentrés pour l'allaitement artificiel. Les résultats obtenus sont beaucoup plus constants que lorsqu'on fait appel au lait frais, dont la composition subit l'effet des variations saisonnières de l'alimentation. C'est même cette composition constante et riche qui est l'explication du déclin marqué de l'allaitement au sein. Tout comme la vache, la mère ou la nourrice produisent un lait qui est sous la dépendance étroite de leur alimentation, et il est plus difficile d'imposer à une femme la nourriture la plus convenable à la qualité de son lait, que de mettre une vache au pâturage. Aussi, fréquemment, la supériorité tant proclamée de l'allaitement maternel reste purement théorique; combien d'enfants nourris au sein sont atteints de rachitisme!

La rationnement s'est ensuite étendu au lait frais, le *lait non écrémé* étant réservé aux enfants de moins de six ans et aux malades.

Il ne faut pas voir dans cette mesure le seul désir de réserver à cette catégorie de consommateurs un aliment plus nourrissant que le lait écrémé, ni même d'augmenter indirectement leur ration de matières grasses. La capacité de l'organisme humain à fabriquer des graisses à partir des aliments d'autres classes est illimitée. Le maïs ou le riz engraisent parfaitement les hommes et les animaux dont la



T W 1955

FIG. 4. — ÉVAPORATEUR SOUS VIDE OU S'OPÈRE LA CONCENTRATION A BASSE TEMPÉRATURE POUR LA PRÉPARATION DU LAIT CONDENSÉ SUCRÉ (LAIT NESTLÉ)

Le lait, débarrassé de ses impuretés physiques par centrifugation et filtrage, puis pasteurisé entre 70° et 80°, est aspiré dans des évaporateurs dont la capacité varie entre 10 000 et 20 000 litres, en même temps qu'un sirop de sucre stérilisé. Le mélange bout vers 50° et le lait perd les deux tiers de son eau de composition.

ration ne comporte pas de matières grasses. A une condition toutefois : c'est qu'on la complète par d'autres aliments assez riches en vitamines de diverses sortes pour compenser l'insuffisance générale ou particulière des premiers.

Or la carence partielle en vitamines de la plupart de nos régimes est certaine. Elle augmente à mesure que se développe l'emploi d'aliments dévitaminés intégrés

lement (sucre, alcool) ou partiellement (pain blanc). Elle est relativement plus fréquente chez l'enfant, dont la croissance exige une proportion de vitamines plus élevée que celle de l'adulte. Le lait, indépendamment de sa valeur énergétique, agit alors comme véhicule de vitamines.

L'expérience a été faite, en plusieurs pays, en distribuant à l'école, à des groupes d'enfants dont la plupart n'étaient certainement pas sous-alimentés, un verre de lait quotidien en supplément à leur alimentation familiale. On a constaté le plus souvent, par comparaison avec d'autres groupes qui ne recevaient pas ce supplément, une augmentation de poids hors de proportion avec la seule valeur énergétique du lait absorbé. Le lait et surtout le bon lait est un des meilleurs remèdes de ces « avitaminoses » frustes si

fréquentes chez l'enfant.

« Le danger de malnutrition menace les enfants dans presque tous les groupes de revenus. La consommation du lait est insuffisante chez les enfants, les adolescents, les futures mères et les mères allaitantes (1). »

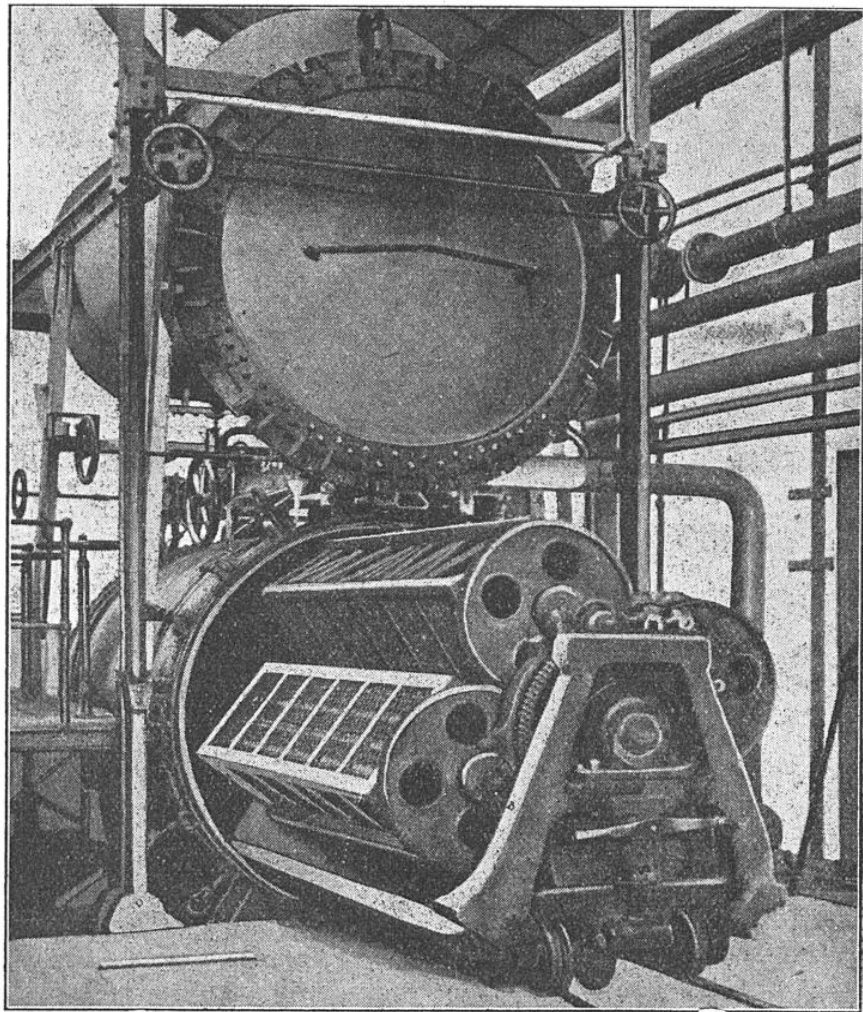
(1) Rapport de la Société des Nations (1937) sur l'alimentation dans ses rapports avec l'hygiène, l'agriculture et la politique économique.

Mais son emploi à ce titre suppose évidemment le lait entier, contenant aussi bien les vitamines liposolubles (A et D), qui partiraient avec la crème, que les vitamines hydrosolubles qui subsistent après écrémage.

S'il est naturel de réserver à l'enfant et au malade le lait entier en raison de leurs besoins spéciaux, il ne faut pas en conclure que le lait écrémé est un aliment dénué d'intérêt. Le lait écrémé conserve sous forme d'éléments hydrocarbonés et azotés (lactose, caséine) la majeure partie de la valeur énergétique du lait, soit 400 calories environ au litre sur les 700 du lait entier; c'est encore presque l'équivalent d'un vin à degré faible. Il contient l'intégralité des éléments minéraux. Il conserve enfin les vitamines hydrosolubles (B et C).

La meilleure preuve de la valeur du lait écrémé est donnée par son emploi généralisé dans l'alimentation et l'engraissement des animaux. Qu'on ne dise pas : le lait écrémé est tout juste bon pour les porcs. Le porc a, lui aussi, ses exigences en éléments énergétiques, minéraux et vitaminés, qui ne sont pas très différentes de celles de l'homme. Son alimentation a fait l'objet de recherches aussi complètes que celle de l'homme.

L'initiative de l'introduction systéma-



T W 1956

FIG. 5. — AUTOCLAVES A CAGES ROTATIVES POUR LA STÉRILISATION DU LAIT CONCENTRÉ NON SUCRÉ (LAIT NESTLÉ)

Le lait non sucré, après passage dans les évaporateurs (sans sirop de sucre), est généralement soumis à une homogénéisation dans le but de diviser en globules microscopiques les particules grasses relativement grosses du lait de vache et de les réduire à la dimension des globules du lait humain. Une fois mis en boîte, le lait est stérilisé dans de grands autoclaves horizontaux afin d'acquies une pureté bactériologique absolue assurant sa conservation.

tique du lait écrémé dans l'alimentation humaine est d'origine allemande; elle est antérieure à la guerre actuelle. Dans les circonstances difficiles que nous traversons, l'utilisation du lait écrémé est une ressource importante : le lait, même écrémé, est un aliment qui peut se substituer avantageusement pour la santé de l'homme à bien d'autres plus recherchés, et au sucre en particulier.

Emile AGEL.

COMMENT TROUVER, MALGRÉ LES RESTRICTIONS, NOTRE RATION DE VITAMINES ?

par André FOURNIER

L'homme, à mesure qu'il se civilise, tend de plus en plus à vivre dans un milieu artificiel, d'une nourriture artificielle. La hantise du microbe, la croyance aux bienfaits de la suralimentation, les modes gastronomiques, l'ont amené à faire subir à ses aliments des traitements (cuisson, fermentation, concentration sous volume réduit,...) qui, s'ils augmentent pour certains la teneur en produits énergétiques et en produits d'entretien, si, pour d'autres, ils améliorent le goût ou la présentation, détruisent ou éliminent dans tous les cas une fraction notable de ces aliments jugés à tort sans utilité (enveloppe des graines, peau des fruits, jus de cuisson des légumes...). Ces traitements, industriels ou culinaires, privent notre nourriture de certains principes indispensables bien que des quantités presque infinitésimales puissent suffire : les vitamines (1), qui jouent un rôle capital dans la nutrition et la croissance des animaux en général et de l'homme en particulier, et dont l'absence totale dans l'alimentation est la cause de terribles maladies (scorbut, bérubéri...), aujourd'hui heureusement fort rares en Europe. L'insuffisance de l'alimentation en vitamines est à l'origine de troubles, moins graves certes mais plus difficiles à déceler, et qui se traduisent par une résistance diminuée aux maladies infectieuses et compromettent le développement normal de l'enfant et de l'adolescent. De telles carences étaient déjà fréquentes avant la guerre, en période d'abondance; elles étaient cependant limitées par la suralimentation générale. Avec les restrictions, ce correctif manquant, il est indispensable que chacun de nous surveille le nouveau régime alimentaire que lui imposent les circonstances, sache quels sont les produits naturels les plus riches en ces précieux éléments et évite les pratiques culinaires inconsidérées qui les détruisent.

La carence des vitamines dans le régime alimentaire des peuples civilisés

Les vitamines, dont la découverte a révolutionné nos connaissances en hygiène alimentaire au cours des vingt-cinq dernières années, sont des substances de composition chimique parfaitement définie dont la plupart ont pu être isolées à l'état pur et obtenues par synthèse. La vitamine C, antiscorbutique, est l'acide ascorbique $C_6H_8O_6$; la vitamine D, antirachitique, dérive de l'ergostérol $C_{27}H_{42}O$ par irradiation solaire...

La caractéristique alimentaire commune de ces corps est l'inaptitude de l'organisme humain, et plus généralement animal, à en faire la synthèse à partir des autres aliments, hydrocarbures, graisses, matières azotées, et la très fai-

ble quantité de ces produits dont l'ingestion est nécessaire et suffisante. Des doses journalières très inférieures au milligramme suffisent; c'est ainsi que l'ergostérol irradié prévient le rachitisme expérimental du rat à la dose infime de 0,00002 milligramme par jour.

Pour être exact, indiquons deux exceptions à cette définition, qui sont d'ailleurs toutes deux d'importance pratique considérable.

Si l'organisme humain peut très aisément transformer les uns en les autres les corps gras et les aliments hydrocarbonés, il est indispensable de lui fournir des aliments azotés. L'adulte est en équilibre de poids avec une ration de 12 g d'azote albuminoïde (loi de Bidder et Schmidt). Mais il est indispensable qu'une fraction de cet azote soit absorbée sous la forme de certains acides aminés (lysine, tryptophane, cystine) dont la

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 238, page 259.

	VITAMINE A	VITAMINE B
TENEUR FORTE	Huile de foie de morue et de nombreux poissons (colin, lieu, lotte, merlu, turbot...) Beurre. Jaune d'œuf. Œufs de poisson (morue, truite...) Foie. Tomate.	Germes de céréales (blé, maïs, riz...) Levure de bière. Lait. Jaune d'œuf. Blé (entier), avoine, pois. Pain entier. Vin.
TENEUR MOYENNE	Beurre. Foie. Certaines viandes (porc, cheval...) Huile de foie ou de poisson entier (saumon, sardine, hareng...) Lait. Nombreux légumes (artichaut, carotte, champignon, chou, épinard, haricot, lentille, patate, citrouille...) Fruits (banane, orange, pamplemousse, citron...).	Presque tous les légumes (artichaut, asperge, betterave, carotte, chou, épinard, haricot, navet, oignon, patate, radis, pomme de terre, tomate). Graines (blé, avoine, orge, maïs, riz entier..., amande, arachide, châtaigne, haricot, lentille, pois...) Fruits (poire, pomme, prune, raisin..., citron, orange, pamplemousse). Lait. Abats (cœur, foie, rein...) Viande de porc. Pain.
TENEUR FAIBLE	Graisses animales (porc, mouton...) Huiles végétales (arachide, palme, olive...) Blé, orge, avoine, maïs... (grains entiers). Quelques légumes (betterave, navet, pomme de terre, pois...) Graines oléagineuses (amande, arachide, noix, noix de coco...) Viande.	Quelques légumes (betterave, carotte, laitue, oignon, pomme de terre). La plupart des viandes, extraits, jus... Pain blanc. Lait. Bière.
TENEUR NULLE	Saindoux pur. Certaines huiles végétales suivant traitement (olive, coton, soja...) beurre de coco. Maïs (blanc), seigle, riz entier ou poli. Féculé, amidon, gluten et farines blanches. Variétés blanches de pommes de terre, carotte, patate. Viande.	Certaines variétés d'oignons, pomme de terre... Graines décortiquées. Farines très blanches. Huiles animales et végétales. Blanc d'œuf. Miel. Bière.

TENEUR DES PRINCIPAUX ALIMENTS EN VITAMINES A ET B

synthèse est impossible dans notre organisme à partir d'autres sources d'aliments azotés.

D'un autre côté, il est une exception à la règle de non-formation des vitamines dans notre organisme. La vitamine D, antirachitique, se forme très bien à partir des stérols qui existent en abondance dans le corps humain, par irradiation

solaire au voisinage de la peau. C'est l'une des thérapeutiques classiques du rachitisme, l'autre étant l'ingestion directe de la vitamine déficiente.

Pourquoi le problème des vitamines est-il particulièrement aigu en période de restrictions alimentaires?

C'est que, d'abord, il se pose aujourd'hui même en temps normal.

	VITAMINE C	VITAMINE D
TENEUR FORTE	Poivron, piment, paprika. Citron, orange. Tomate, laitue, chou.	Hulle de foie de morue. Huiles de poissons. Sardines, hareng, morue.
TENEUR MOYENNE	Carotte nouvelle, haricots verts, petits pois, oignon, pomme de terre, betterave, salade. Banane, raisin.	Huiles végétales (olive, coton, sésame...) Beurre de coco. Beurre. Foie (de poissons, de poulet...) Saumon. Jaune d'œuf.
TENEUR FAIBLE	Carotte, épinard, navet. Banane, pomme, prune, raisin. Viandes et jus. Lait.	Lait.
TENEUR NULLE	Légumes desséchés au soleil. Farines. Huiles animales et végétales. Matières grasses. Œuf. Miel. Bière. D'une manière générale tous produits végétaux et animaux desséchés.	Presque tous les légumes (chou, carotte, pomme de terre...) et fruits (citron, orange, raisin...) Farines de céréales. Huiles végétales.

TENEUR DES PRINCIPAUX ALIMENTS EN VITAMINES C ET D

Cette quantité infime de vitamines qui nous est nécessaire n'existe dans nos aliments habituels qu'à l'état très dilué. Les « avitaminoses » sont beaucoup plus fréquentes que ne se l'imaginent le public et même certains médecins. L'explication complète que les vitamines ont fournie de l'origine alimentaire des maladies par carence (scorbut, xérophtalmie, béribéri, pellagre) a permis de rattacher à ces formes graves, et mortelles pour peu qu'elles se prolongent, nombre d'états déficients de l'adulte et surtout de l'enfant. Les symptômes sont atténués, imbriqués, car ces avitaminoses frustes sont le plus souvent multiples; mais ils se distinguent très bien de ceux qui relèvent d'une simple sous-alimentation.

La vérification de cette carence générale en vitamines malgré une suralimentation non moins générale a été faite au cours d'une vaste enquête suédoise de 1933. On a suivi soigneusement l'alimentation de 1 245 familles d'ouvriers,

employés et membres de la classe moyenne. La valeur moyenne de la ration journalière fut trouvée de 3 500 calories; elle correspond à une suralimentation nette, puisqu'une ration journalière de 2 400 calories représente largement les besoins d'entretien d'un adulte d'âge moyen n'accomplissant pas de travail musculaire sérieux. Malgré cette suralimentation générale, on trouva que 27 % des sujets soumis à l'enquête ne recevaient pas la quantité normale de vitamine A; la proportion des déficiences s'élevait à 36 % pour la vitamine B₁, 43 % pour la vitamine B₂, 14 % pour la vitamine C. Or très peu de pays peuvent comparer les conditions d'existence de leur classe ouvrière et moyenne avec celles de ces mêmes classes en Suède.

A quoi tient donc cette déficience en vitamines dans l'alimentation d'à peu près toutes les classes en tous les pays? Elle semble d'autant plus extraordinaire dans une période de surproduction ali-

mentaire générale (en temps de paix) que la situation était à cet égard plus favorable en des époques de civilisation moindre où les besoins en nourriture de l'homme étaient beaucoup moins aisés à satisfaire. La contradiction n'est qu'apparente; le manque de vitamines est précisément corrélatif du degré de civilisation.

A l'état sauvage ou demi-sauvage, les peuples qui habitaient nos régions tempérées consommaient une nourriture mi-animale, mi-végétale, sans faire subir de modifications notables aux aliments bruts. C'étaient les conditions les plus favorables à l'absorption de vitamines en quantité suffisante.

Toute la civilisation humaine a tendu à dévitaminiser les aliments, et l'on peut sans erreur en imputer la responsabilité première à Prométhée dérobant le feu aux Dieux.

Les raisons les plus variées y ont concouru. On a voulu des aliments plus concentrés; on a rejeté l'enveloppe des graines, le fruit dont on avait exprimé l'huile, les résidus des racines ou tiges dont on extrayait l'amidon ou le sucre, et ce qu'on rejetait était précisément l'élément riche en vitamines. On a voulu conserver les aliments, et la dessiccation, le boucanage, la salaison sont venues compléter l'appauvrissement en vitamines. On a voulu varier les sensations gustatives, et la cuisson, la fermentation, les pratiques culinaires de toutes sortes ont toujours agi dans ce même sens (distillation, destruction par la chaleur, passage dans les eaux de cuisson...). Enfin, les découvertes médicales de la fin du XIX^e siècle

ont fâcheusement poussé dans la même voie. Le but de l'hygiène semblait être d'empêcher le microbe de pénétrer dans l'organisme; la stérilisation parfaite de l'aliment était le moyen; c'est à de telles doctrines en particulier que l'on doit rapporter l'extension du scorbut infantile, vers les années 1900.

Dans les pays les plus riches, les ali-

ments entièrement ou presque entièrement privés de vitamines finissent par représenter une part importante de l'alimentation. Il n'en est pas, croyons-nous, où la condition des classes ouvrière, paysanne et moyenne ait été plus aisée qu'au Danemark au cours de ces dernières années. Or les autorités danoises durent s'inquiéter d'une extension des avitaminoses (rachitisme...)

parallèle à l'amélioration du bien-être.

L'explication était aisée. Le Danemark tenait la première place entre tous les pays du monde pour la consommation de sucre par tête et par an : 56 kg environ vers 1930, soit deux fois plus que la France ou l'Allemagne. D'autre part, l'industrie danoise des matières grasses livrait à la population à des prix défiant toute concurrence d'excellente oléomargarine, obtenue à partir d'une émulsion d'huile végétale dans le lait écrémé; il fallait bien utiliser l'huile des tourteaux indispensables à l'élevage, et le lait écrémé, sous-produit du beurre dont l'écoulement en Angleterre était si rémunérateur. La consommation danoise de margarine atteignait ainsi également un record mondial, 23 kg par tête et par an vers 1930, soit trois à quatre fois plus qu'en Allemagne et en Grande-Bretagne, et

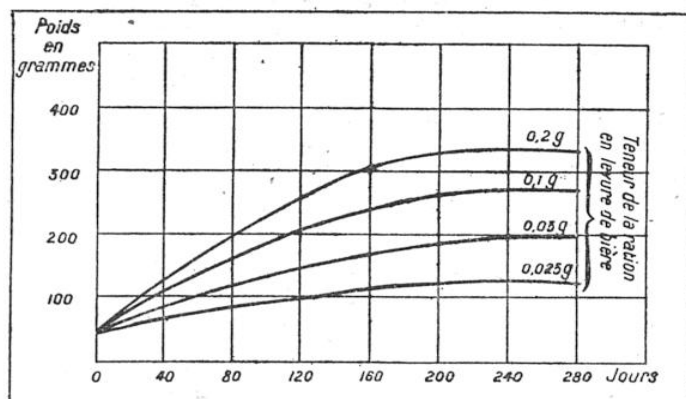


FIG. 1. — DÉVELOPPEMENT DU RAT SUIVANT LA TENEUR DE SA RATION EN VITAMINE B

Les courbes ci-dessus donnent, d'après Osborne et Mendel, l'effet de l'incorporation croissante de vitamine B dans la ration de jeunes rats. L'expérimentation a été faite sur quatre lots de jeunes rats, atteignant couramment 350 g à l'état adulte. Le poids moyen de chaque lot était de 40 g au début de l'expérience. Les rations étaient strictement identiques, avec teneur convenable en vitamines A, C, D. La vitamine B était fournie par l'addition de levure de bière au taux journalier de 0 g 025, 0 g 05, 0 g 1, 0 g 2 respectivement. Les poids atteints furent de 140 g, 200 g, 280 g, 330 g.

vingt fois plus qu'en France, protégée pour une fois dans le bon sens par une législation prohibitive de ce produit. Ces deux seuls postes de l'alimentation danoise représentaient, en aliments entièrement dévitaminisés, 1 100 calories par tête et par jour soit plus de la moitié de la ration de strict entretien (1). Pour peu qu'on y ajoutât quelques autres éléments à faible teneur, saindoux, huile, pain blanc, lait d'hiver, on était certain de la carence générale en vitamines de l'alimentation danoise.

L'acuité du problème des vitamines en période de rationnement

Ce qui compensait en grande partie jusqu'ici cette déficience générale qualitative de notre nourriture, c'était sa surabondance quantitative. Dans la plupart des pays de l'Europe occidentale, et en France en particulier, la quantité d'aliments ingérés dépasse fréquemment de 50 à 100 % la ration de strict entretien. Dans cette alimentation pléthorique, une partie de la population finit par trouver à peu près les vitamines qui lui sont nécessaires ; quant à l'autre, la déficience de sa ration en est atténuée d'autant.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 278, page 83.

Du point de vue hygiénique, la solution est déplorable. La suralimentation habituelle présente des inconvénients souvent aussi graves que la carence en vitamines, chez l'adulte en particulier dont tous les organes de digestion et d'élimination s'épuisent à ce régime. Chez l'enfant toutefois, où les besoins en vitamines sont

relativement plus élevés que les besoins énergétiques, les organes, jeunes, s'adaptent plus aisément à la surcharge, et où la carence persistante en vitamines a des conséquences graves, les méfaits de la suralimentation sont en moyenne moindres que ceux des avitaminoses, et les spécialistes des maladies de l'enfance n'hésitent pas à conseiller systématiquement l'alimentation large.

C'est une ressource qui, pour l'enfant comme pour l'adulte, nous fait absolument défaut aujourd'hui. La seule dont nous disposons est la

composition judicieuse de notre ration et la préparation des aliments qui y entrent en vue de n'y pas détruire des éléments qui sont assez fragiles.

La répartition des vitamines

Plus notre connaissance de cette question s'approfondit, et plus elle apparaît

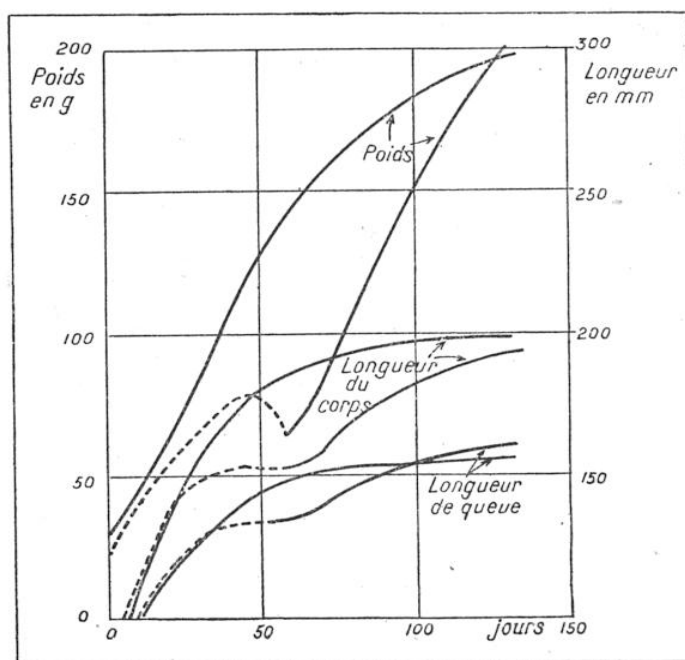


FIG. 2. — RÉVERSIBILITÉ DES EFFETS DE LA CARENCE EN VITAMINE A SUR LA CROISSANCE (POIDS ET TAILLE)

Les résultats ci-dessus, dus à H. Simonnet, donnent, pour le rat, l'effet du rétablissement du régime vitaminé (trait plein) après régime carencé (trait mixte). L'expérience a été faite sur deux rats mâles d'une même portée, âgés de 20 jours, pesant 28 et 30 g au début de l'expérience, soumis à des régimes identiques à l'exception de la carence complète en vitamine A pendant les 60 premiers jours pour l'un d'eux ; au moment de la réintroduction de la vitamine A dans son régime, celui-ci était à la veille de la mort, comme on peut le déduire à coup sûr de la courbe de poids dans ce genre d'expérimentation. La réversibilité est complète, aussi bien en poids, qu'en taille. Les deux mois de régime carencé chez le rat correspondent à plusieurs années chez l'enfant. Il serait imprudent d'en conclure, chez celui-ci, à l'innocuité finale du régime carencé, ne serait-ce qu'à cause des chances de mort par une infection quelconque au cours de la carence.

complexe; plus, en particulier, les éléments aux propriétés distinctes se révèlent nombreux. Pour limiter cet exposé à l'essentiel, il nous faudra donc nous en tenir à l'étude des quatre vitamines fondamentales, dites, A, B, C, D, en faisant rentrer dans la vitamine B toutes celles B₁, B₂,... qu'on a pu en séparer, et même la vitamine P (antipellagreuse) qui est d'une classe très voisine.

Rappelons

sommairement la caractéristique essentielle de chacun de ces corps. La vitamine A, dite vitamine de croissance ou quelquefois antixérophtalmique du nom de la manifestation principale due à son absence (inflammation de la conjonctive) est essentiellement une vitamine « anti-infectieuse »; la fréquence des infections nasales ou pulmonaires croît en raison directe de la carence en vitamine A. C'est à sa présence dans l'huile de foie de morue que ce médicament doit son effet utile chez les enfants « toujours enrhumés ». La vitamine B, dite antiribérique, est une vitamine à fonctions complexes : antinévrétique (B₁), d'utilisation nutritive et cellulaire (B₂ et B₃)... La vitamine C est la vitamine antiscorbutique. La vitamine D est la vitamine antirachitique.

Les éléments A et D sont solubles dans les corps gras (vitamines liposolubles); les éléments B et C sont solubles dans l'eau (vitamines hydrosolubles).

La plus grosse difficulté dans l'étude de la répartition de ces éléments tient à l'extrême variabilité de la teneur en vitamines d'un aliment donné suivant les

conditions de sa production. La teneur en vitamine A varie couramment dans le rapport de 1 à 5 d'un échantillon à l'autre pour l'huile de foie de morue, le beurre, le lait. Le jus de citron est le remède classique, et très puissant, du scorbut; or certains citrons des régions tropicales ont un pouvoir antiscorbutique exactement nul.

On ne peut donc que définir d'une ma-

nière assez vague la teneur d'un aliment en vitamines, contrairement à sa valeur énergétique qui est le plus souvent susceptible d'une évaluation précise. Le vin de 10° (sans sucre) représente 560 calories au litre (10 parties en volume d'un alcool de densité 0,8 et de pouvoir calorifique 7 000 calories au kilogramme), les différentes huiles alimentaires font

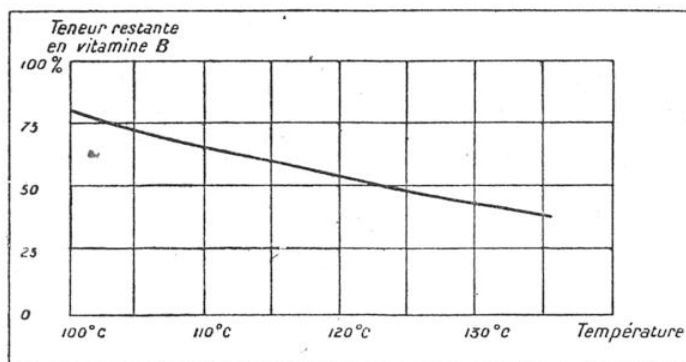


FIG. 3. — RÉSISTANCE A LA CHALEUR DE LA VITAMINE B DU JUS DE TOMATE

La courbe donne d'après Sherman et Grose la teneur restante en vitamine B du jus de tomate après quatre heures à différentes températures, la teneur du jus frais étant prise pour unité. La destruction dans la plupart des légumes suit une loi analogue (l'acidité n'a aucun effet sur la vitesse de destruction de la vitamine B). On notera que le « coefficient de température », c'est-à-dire l'accroissement de la vitesse de destruction pour un relèvement faible de température de 10° est minime; il est en moyenne de 1,3 à 1,4 alors qu'il est de 2 (entre 100° et 130°) pour la plupart des réactions chimiques. Il en est de même pour la vitamine C. L'application pratique de cette remarque est l'innocuité des marmites sous pression à cuisson rapide. La réduction de durée de cuisson compense l'effet néfaste du relèvement de température.

de 8 500 à 9 000 calories au kilogramme; ces évaluations risquent d'être erronées de 2 % dans le premier cas, de 5 % dans le deuxième. Mais on peut se tromper du simple au triple dans la teneur en vitamines d'un vin ou d'une huile.

On se bornera donc, comme on le fait le plus fréquemment, à classer les éléments en groupes à teneur forte, moyenne, faible ou nulle. La teneur sera dite forte lorsqu'une proportion de moins de 5 %, en valeur énergétique, de l'aliment suffit à rendre le régime complet en vitamine correspondante; dans les mêmes conditions la teneur sera dite moyenne quand cette proportion sera de 15 à 20 %, faible si elle est supérieure à 50 %, nulle si elle est supérieure à 100 %. Et encore le plus souvent, un même aliment doit-il

être classé dans deux ou trois de ces subdivisions.

Précisons cette définition habituelle sur un exemple pour éviter toute ambiguïté. L'huile de foie de morue et la tomate sont l'une et l'autre, au sens précédent, des aliments à forte teneur en vitamine A. Ce classement tient à ce qu'une huile de foie de morue moyenne, si elle est absorbée à raison de 1 % de la ration, compense l'absence complète de vitamine A dans les autres aliments ; le même chiffre pour la tomate serait de l'ordre de 4 %. Il ne faut pas en conclure que le même effet est obtenu par des poids d'huile de foie de morue et de tomate dans le rapport de 1 à 4. La teneur de 1 % donnée pour l'huile de foie de morue

signifie qu'il suffit d'absorber 1 % d'une ration de 2 400 calories par exemple, soit 24 calories sous forme d'huile de foie de morue pour qu'on puisse, sans inconvénient en ce qui concerne la vitamine A, compléter cette ration par des aliments qui en soient absolument privés ; il suffit pour cela d'environ 3 grammes d'huile. Au contraire, il faudra demander de la même manière, 4 % de la ration, soit 96 calories à l'ingestion de tomates ; mais, comme la tomate est un fruit à valeur énergétique très faible (280 calories environ au kilogramme au lieu de 8 500 pour l'huile), il faudra absorber plus de 300 grammes de tomates pour faire l'effet de 3 grammes d'huile de foie de morue.

Une autre difficulté pratique considérable est l'absence fréquente de toute loi générale de répartition des vitamines dans les aliments, qui ne facilite guère le souvenir de cette répartition ni l'application de ses connaissances. Par quel

mystère la graisse sous-cutanée de bœuf est-elle fréquemment à forte teneur en vitamine A, et le saindoux retiré de la graisse de porc à teneur nulle en ce même élément ? Et même si, connaissant cette loi particulière, on veut l'appliquer pratiquement, comment savoir, au vu de la graisse qu'on vous délivre contre un ticket de la carte d'alimentation, si sa richesse en vitamine A sera nulle, ou, au

contraire, supérieure à celle d'un beurre d'hiver ?

C'est sous réserve de ces remarques importantes qu'on donne plus haut le classement des principaux aliments suivant leur teneur en vitamines.

Le tableau relatif à la vitamine A appelle les observations suivantes :

La source primitive de la vitamine A

est végétale ; c'est par consommation de végétaux ou d'autres animaux nourris de végétaux que cet élément s'introduit dans l'organisme. Les poissons empruntent la vitamine A au plancton, et les crustacés et mollusques qui constituent celui-ci la prennent aux algues. Les animaux domestiques en trouvent une source abondante dans l'herbe ; la feuille de trèfle et de luzerne rentre dans les aliments riches en facteur A, au sens qui vient d'être défini.

Dans les végétaux, la richesse en facteur A paraît tenir à l'activité fonctionnelle du tissu. Les graines ou les tubercules sont pauvres en facteur A si on les compare aux feuilles. L'amidon du blé, la fécule de la pomme de terre, le sucre de la betterave sont des éléments de réserve de la plante, riches en valeur énergétique et absolument démunis de vitamine A.

On doit noter un parallélisme remar-

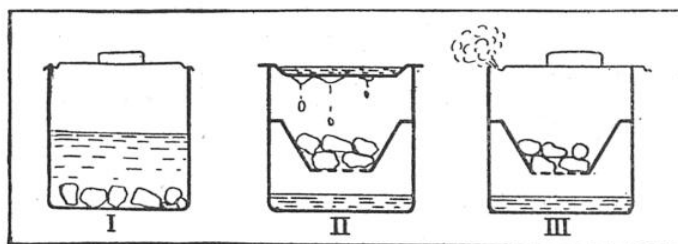


FIG. 4. — DILUTION, DESTRUCTION ET CONSERVATION DES VITAMINES HYDROSOLUBLES LORS DE LA CUISSON DES LÉGUMES

En I, la cuisson des légumes à l'eau dilue les vitamines et les perd dans la proportion du poids d'eau rejetée à l'égouttage au poids de légumes conservé. En II, la cuisson à la vapeur des légumes peut, dans certains cas, arriver à extraire presque complètement des légumes les vitamines hydrosolubles par lavage méthodique de ceux-ci sous l'effet de l'eau de condensation. Tout dépend du mode de construction de l'appareil (emplacement des condensations) et de sa conduite (grand feu ou petit feu). L'exemple de la figure, emploi comme couvercle d'une assiette pleine d'eau formant point froid est particulièrement néfaste. En III, exemple d'une cuisson, qui peut donner de bons résultats avec une marmite et une passoire ordinaire, à condition de faire petit feu, et d'éviter la plus grande partie des condensations en laissant le couvercle légèrement soulevé.

quable entre la coloration des végétaux (teneur en lipochromes) et leur richesse en facteur A. C'est ainsi que les variétés blanches du maïs (en grains), de la pomme de terre, de la carotte, ont une teneur pratiquement nulle, beaucoup plus faible en tout cas que les variétés jaune ou rouge des mêmes plantes. Même opposition entre la partie blanche et verte des feuilles de chou et de nombreuses autres plantes. Mais la loi ne s'étend pas aux substances animales, par exemple au beurre et au jaune d'œuf.

Chez l'animal, la vitamine A (liposoluble) se concentre en grande partie dans les parties grasses. Le foie ou le tissu adipeux des mammifères et des poissons la contiennent en grande quantité. Si la graisse de porc est relativement pauvre, cela tient

probablement au genre d'alimentation de cet animal et à l'abondance de son tissu adipeux, où se dilue le peu de vitamine A qu'il absorbe.

La répartition de la vitamine B répond à des lois analogues, mais plus constantes. La synthèse en est faite par les organismes végétaux encore, à l'exclusion des organismes animaux.

Elle ne se rencontre que dans les cellules végétales en activité ou dans celles qui ont été en activité, car ni la dessiccation ni le vieillissement ne la détruisent.

Mais elle est absente dans les tissus de réserve.

C'est ainsi qu'on s'explique les différences énormes qu'on observe entre les produits de mouture tirés, par exemple, d'un grain de blé, ou le pain qu'on fabrique avec eux. Si l'on prend pour unité la teneur en facteur B d'un blé entier d'hiver, ou du pain complet qu'on en

tire, la farine blanche, privée presque entièrement de l'endosperme, est dix fois moins riche; la farine ordinaire a, suivant les éléments actifs qu'on y aura maintenus (endosperme, cellules et membrane à aleurone, épisperme, endocarpe, épicarpe, épiderme), une teneur de 60 à 100 % du grain entier; des moutures contenant la presque totalité du germe peuvent avoir une teneur quatre fois plus forte que celle du grain entier. On peut

donc obtenir aisément des produits de mouture dont la richesse en vitamine B varie dans le rapport de 1 à 40.

Hydrosoluble, la vitamine B ne se rencontre évidemment pas dans les matières grasses.

La vitamine C est essentiellement contenue dans les aliments frais; elle disparaît dans les produits soumis à dessiccation.

La teneur des produits végétaux est en général beaucoup plus élevée que celle des produits animaux.

Hydrosoluble comme la vitamine B, la vitamine C ne se rencontre pas non plus dans les matières grasses.

La répartition de la vitamine D a longtemps été considérée comme parallèle à celle de la vitamine A, liposoluble comme elle. Elle était même désignée sous le nom de vitamine A'. L'huile de foie de morue est le type de ces produits à la fois riche en vitamines A et D.

Mais la distinction entre les deux facteurs, dont certains soutenaient l'identité, a été rendue relativement aisée par la stabilité beaucoup plus grande de la vitamine D. C'est ainsi que l'huile de foie de morue chauffée à 100° en présence d'air pendant quelques heures perd son action antixérophtalmique, mais pas son action antirachitique.

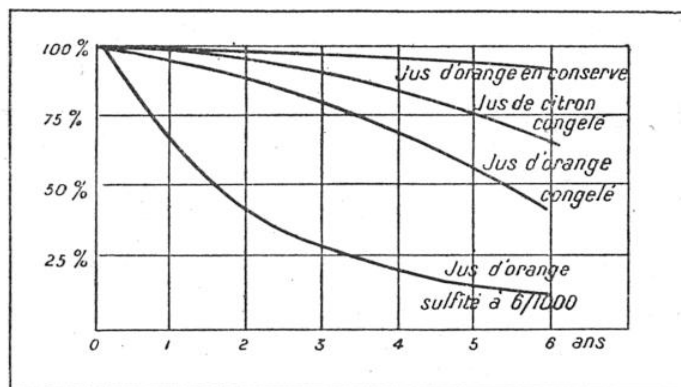


FIG. 5. — STABILITÉ DE LA VITAMINE C DANS DIFFÉRENTES CONDITIONS

La figure donne, d'après Delf, la perte de vitamine C dans différentes conditions de conservation. On voit que les jus ordinaires de fruits du commerce, en conserve, ne perdent pas sensiblement de leur pouvoir antiscorbutique après plusieurs années; que, contrairement à ce qu'on pourrait croire, les jus congelés se conservent moins bien; enfin, que l'addition d'agents conservateurs, comme le bisulfite à faible teneur, est néfaste.

D'autre part, on a séparé, dans les différentes matières grasses vitaminées, certaines, comme le beurre, riches en facteur A et pauvres en facteur D, et d'autres, au contraire, comme le beurre de coco, dont la teneur en facteur A est faible ou nulle, tandis que leur teneur en facteur D est notable.

Une étude plus complète a montré que la vitamine D est assez peu répandue. Elle n'existe guère en dose appréciable que dans certains poissons (morue, sardine) et surtout dans leur foie.

Notons une grande différence entre la vitamine D et toutes les autres. Elle est la seule dont la synthèse dans l'organisme animal soit possible, sous l'action de l'irradiation solaire.

La destruction et la conservation des vitamines

Aux yeux de maintes personnes, les vitamines apparaissent encore fréquemment comme des corps fragiles que détruisent aisément les influences les plus diverses, chaleur, vieillissement... Le nom, mal choisi, de vitamines, leur fait attribuer les propriétés des êtres vivants.

Ce sont en réalité des corps chimiques parfaitement individualisés, qui se détruisent ou se conservent en se comportant de façon différente suivant le traitement qu'on leur fait subir. Si la vitamine A est relativement sensible à la chaleur, la vitamine D de l'huile de foie de morue résiste très bien à un passage de quatre heures à l'autoclave à 120°. Si la vitamine C disparaît à la dessiccation, des graines de riz entier vieilles de cent ans n'ont rien perdu de leur valeur comme source de vitamine B.

La première des causes de perte des vitamines est le rejet pur et simple de la partie des aliments qui les contiennent.

Le foie, ou les œufs d'un poisson de taille moyenne, contiennent fréquemment autant de vitamines A et D que le reste de la ration journalière; il suffit, pour en bénéficier, de ne pas les rejeter en vidant le poisson. Si l'on veut de même conserver la vitamine A d'une salade ou la vitamine B d'un grain de blé, il ne faut pas rejeter les feuilles vertes dans le premier cas, le germe et les enveloppes de l'amidon du grain dans le second.

Indépendamment de toute action de la température ou de l'oxygène, la cuisson,

agissant par simple dilution, est une des causes les plus fréquentes de perte de vitamines.

Faisons cuire des épinards à l'eau, salons-les, puis égouttons avant de les servir. Personne ne s'étonnera, si l'on a rejeté 500 grammes d'eau pour conserver 250 grammes d'épinards cuits, que les deux tiers de la cuillerée de sel soit partie avec l'eau de cuisson et qu'un tiers seulement subsiste dans le plat. C'est un gaspillage auquel nous sommes habitués et qui n'est pas très grave au prix actuel du sel.

La vitamine B, hydrosoluble, que contient l'épinard, se dilue exactement comme le sucre et le sel; dans l'exemple précédent, elle disparaît, elle aussi, dans la proportion des deux tiers. Si l'on veut la conserver, il faut prêter attention au mode de cuisson.

C'est l'explication des marmites plus ou moins perfectionnées pour cuisson à la vapeur, de la supériorité des soupes, où l'on absorbe à la fois le légume et l'eau de cuisson... Encore faut-il faire bien attention à l'usage que l'on fait de certains de ces appareils si l'on ne veut pas obtenir le résultat exactement inverse de celui que l'on cherche, comme le montre la figure 4.

L'action des divers traitements, froid, chaleur, dessiccation, oxydation, irradiation..., est essentiellement variable suivant la vitamine considérée.

Le froid fait exception; il n'en détruit aucune. L'œuf conservé en frigorifique, le poisson ou la viande congelés conservent donc leurs vitamines.

L'action de *la chaleur* est beaucoup plus variable.

La chaleur seule ne détruit pas sensiblement la vitamine A en l'absence d'air. C'est ainsi que la teneur du beurre en facteur A ne diminue pas sensiblement après quatre heures à 120° C à l'abri de l'air; la destruction complète en atmosphère de gaz carbonique ne s'obtient guère qu'après deux heures à 200° C. Mais la vitamine A est très sensible à l'oxydation. A l'air, en couche mince, la destruction des vitamines du beurre est complète en six heures à 50° C; elle est pareillement complète en huit jours à 15°/20° C.

Pratiquement, les pertes au cours de préparations culinaires peuvent être considérables et l'on doit approuver la recommandation d'utiliser principale-

ment le beurre, en addition, à la fin de la préparation (noix de beurre sur une grillade).

La vitamine D résiste au contraire fort bien à la fois à la température et à l'oxydation, par exemple, à l'air pendant vingt heures, à 100° C, ou en émulsion pendant le même temps avec de l'eau oxygénée.

Les vitamines hydrosolubles, B et C, présentent également une résistance à la chaleur très différente.

La vitamine B est beaucoup moins sensible à la chaleur sèche qu'à la chaleur humide. C'est ainsi qu'un chauffage à sec d'une heure, à 120°, du blé, du maïs, de l'orge, ne diminue pas sensiblement leur teneur en vitamine B. La cuisson des légumes verts ou leur mise en conserve par stérilisation peut, au contraire, avoir une action destructive sur ce facteur; c'est ainsi que la cuisson en autoclave à 120° est néfaste pour de nombreux produits, et même pour certains la simple ébullition. Il ne faut cependant pas exagérer cet effet en cuisine de ménage.

La vitamine C est peu sensible à l'action de la chaleur seule. Mais les conditions autres que la température jouent un rôle essentiel. La dessiccation simultanée est très destructive par oxydation. La réaction acide du milieu joue un rôle protecteur très efficace; le jus de citron, la tomate, la groseille sont presque insensibles à l'action de la chaleur en cuisine courante.

On peut donc parfaitement conduire la conservation des aliments de manière à ne pas détruire les vitamines C. Pour les conserver, il faut se défier beaucoup plus de l'action de l'air contenu dans les substances alimentaires que de la température elle-même. En éliminant l'air par le vide et en le remplaçant par de l'azote, on parvient à faire d'excellentes conserves antiscorbutiques. De même, la dessiccation dans le vide du jus d'orange, du lait desséché, du lait concentré sucré ne détruit pas les vitamines C. Pas davantage, l'ébullition du lait pendant une heure en vase clos. Mais dix minutes d'ébullition de ce produit à l'air libre entraînent fréquemment une destruction complète.

Le vieillissement seul n'a qu'une action très faible sur les vitamines A et D; des huiles de foie de morue conservées pendant trente et un ans étaient encore très actives. Il en est de même pour la

vitamine B; on a donné précédemment l'exemple de riz entier conservé cent ans et n'ayant rien perdu de sa teneur en facteur B. La question est beaucoup plus complexe pour la vitamine C. Le maintien de ce facteur dépend beaucoup des conditions de conservation, de l'ébullition préalable qui détruit les diastases oxydantes, de la nature des agents conservateurs...

L'irradiation est un facteur d'intérêt particulier dans le cas de la vitamine D. On peut irradier l'animal (thérapeutique classique du rachitisme infantile, relèvement considérable de la valeur antirachitique du lait et des œufs produits par des vaches et poules irradiées). On peut également irradier ces aliments soit au moyen des rayons solaires, soit au moyen de lampes à rayons ultra-violet.

La complexité et l'avenir de la question des vitamines

Stériliser un lait pour éviter l'absorption de bacilles de la tuberculose est chose simple. Fournir à l'homme à peu près le nombre de calories que réclame son organisme n'est pas guère plus compliqué, en temps normal du moins. Mais obtenir que chacun ait sa dose exacte de vitamines, surtout avec le goût croissant manifesté pour les aliments dévitaminisés, est un problème qui dépassera fréquemment les capacités du consommateur moyen. La teneur d'un même aliment est par trop variée; la conservation des vitamines, au cours des opérations culinaires, dépend souvent de détails d'apparence insignifiante; la somme des connaissances indispensables à la maîtresse de maison et à la cuisinière serait vraiment excessive.

Tout ce que l'on peut espérer, c'est de voir suivre tant bien que mal quelques principes moins nuisibles que les errements actuels. Mais la solution sera peut-être, selon les méthodes qui ont commencé à voir le jour en Allemagne au cours de cette guerre, l'addition systématique à la ration de vitamines synthétiques. Après avoir pris, au début de chaque repas, sa pilule de vitamines, comme on le fait de son comprimé de quinine dans les régions à paludisme, l'enfant et l'homme pourront ensuite se gaver à leur aise de sucreries et de féculents.

André FOURNIER.

NOTRE SOL PEUT-IL PRODUIRE TOUTE L'HUILE DONT NOUS MANQUONS?

par Charles PAULMY

Les cultures oléagineuses (colza, lin, chanvre, œillette), qui couvraient en Europe une superficie considérable vers le milieu du siècle dernier, ont, à l'exception de celle de l'olivier, presque complètement disparu. Des produits tropicaux (arachide, palme) sont venus remplacer les produits européens pour le plus grand avantage du consommateur d'huile et de savon. Mais la spécialisation des cultures, si elle permet en temps de paix de les effectuer dans les régions du globe où elles donnent le meilleur résultat, rend en temps de guerre les pays spécialisés plus vulnérables au blocus. L'« autarcie » alimentaire à laquelle sont contraints pour une durée indéterminée les pays du continent les incitera à reprendre les cultures anciennes (colza) et à en développer de nouvelles (soja, tournesol), immédiatement productives, qui sont susceptibles de s'adapter sur leur sol et de fournir, en plus des matières grasses, un appoint sérieux à la nourriture du bétail.

La crise des oléagineux est une des plus graves de celles que nous vaut le blocus britannique. Elle nous touche directement, sinon dans nos besoins essentiels, du moins dans nos habitudes les plus anciennes. On se résignera difficilement, faute d'huile, au régime des pommes de terre à l'eau dans un pays où les « frites » sont le plat national; on se passera aussi difficilement de savon quand ce produit était devenu d'un usage si courant que le savonnage de la vaisselle, d'un évier, d'un parquet ou d'un carrelage était devenu une occupation quotidienne de beaucoup de ménagères.

A regarder de près, les conséquences sont même plus graves. Nous pouvons à la rigueur, et même avec un très bon rendement, fabriquer les corps gras de notre organisme avec des aliments hydrocarbonés; la pomme de terre bouillie engraisse l'homme comme le porc, sans qu'il soit besoin de lui ajouter de l'huile. Mais l'animal ne peut se passer, pour sa croissance, des aliments azotés dont la source principale étaient les tourteaux oléagineux. Pour l'homme, l'huile était un luxe; pour la vache laitière et le jeune porc, le tourteau était le complément indispensable de la betterave et de la pomme de terre, et sa matière azotée revenait d'ailleurs à l'homme, sous forme de lait ou de viande, après cette transformation.

La crise des oléagineux n'est pas spé-

cialie à la France. Elle sévit avec au moins autant d'intensité dans toute l'Europe soumise au blocus britannique. Elle tient à des causes générales.

La première est l'accroissement considérable, au cours des dernières décades, de la consommation des corps gras, qui est parallèle à l'accroissement du revenu et du bien-être. Le corps gras est un luxe que peuvent aujourd'hui se payer la plupart des populations, qui ont renoncé à faire des céréales la base principale de leur alimentation, et les remplacent de plus en plus par le lait, la viande, le sucre, les fruits.

Les cultures oléagineuses se sont accrues avec rapidité et cette situation s'étend au monde entier. Ces cultures n'ont jamais connu la crise sévère qui a frappé tant d'autres productions agricoles du blé à la viande, de la soie à la laine. Après un palier consécutif à la crise générale de 1929, leur essor a continué; la production de 1939 est double de celle de 1914, alors que celle des céréales n'a pas sensiblement varié. Dans un des rares pays d'Europe où la statistique permet cette précision, l'Allemagne de 1935, on constate que la consommation des corps gras représentait 25 % de la ration de strict entretien, sans faire état des autres matières grasses absorbées en mélange (crème, lait, viandes grasses, charcuterie...).

Le développement de la consommation des matières grasses est un besoin tellement général et si aisé à satisfaire que le consommateur européen aurait certainement pu s'en offrir à des prix très supérieurs à ceux qui étaient pratiqués. Mais il n'est pas douteux que la politique douanière suivie à l'égard des oléagineux a beaucoup facilité l'accroissement de leur consommation. Le protectionnisme sans cesse accentué qui, dans la plupart des pays d'Europe, défendait jalousement la production agricole indigène, s'effaçait dès qu'il s'agissait d'oléagineux. Aussi était-on arrivé à ce résultat qui aurait paru extraordinaire un demi-siècle plus tôt, que l'huile était devenue un aliment meilleur marché que le pain. Pendant les dix années qui précèdent la guerre, on trouvait, en France, d'excellente huile d'arachide à des prix de détail variant de 4 à 7 francs le litre, suivant la distance des centres de production; à la même époque, le pain valait en moyenne plus de 2 francs le kilogramme. Mais un litre d'huile est presque trois fois plus nourrissant qu'un kilogramme de pain.

La disparition des cultures d'oléagineux en Europe

Ce libre-échangeisme que les grands trusts des matières grasses étaient parvenus à imposer avait abouti, selon les principes habituels du libre-échange, à une répartition de plus en plus tranchée des activités. La zone tempérée est, en effet, beaucoup moins propice aux oléagineux que la zone tropicale ou équatoriale. Le rendement élevé en huile et en matières azotées qui accompagnent l'huile réclame le soleil; l'arachide, par exemple, vient presque aussi bien en Espagne (où il est d'ailleurs cultivé) et dans le midi de la France qu'au Sénégal ou au Nigéria, mais son rendement en huile est très inférieur. C'est l'inverse qui se produit pour les céréales; le riz de Cochinchine, quels que soient les soins qu'on apporte à sa culture, ne donne qu'un rendement très inférieur au riz du Japon ou du Piémont. Le libre-échange tendait donc à accentuer la division du travail entre une agriculture des pays chauds, productrice de graines oléagineuses, et une agriculture de la zone tempérée utilisant, après extraction de

l'huile, les tourteaux pour l'élevage, en complément des fourrages produits sur place. Au nègre et à l'Hindou, la culture de l'arachide et du cocotier; au Danois, la transformation de ces produits en beurre et en bacon.

Aussi ne s'étonnera-t-on pas que, parallèlement à l'accroissement considérable de la consommation, l'extension de la culture des oléagineux en Europe ait été très lente. Il y eut même régression jusque vers 1930, et ce n'est qu'après, sous l'influence de quelques mesures protectionnistes, administratives (interdiction de l'arrachage de l'olivier...); commerciales (tentatives de l'Allemagne pour le développement des cultures oléagineuses dans les Balkans, avec échanges sur le principe du troc) que la production européenne d'huiles s'est relevée au cours des dernières années. Ajoutons à ces causes l'effet freinateur de la culture de l'olivier, dont le cycle végétatif s'étend sur des dizaines d'années, et qui représente encore des deux tiers aux trois quarts de la production d'huile en Europe.

Aussi tous les pays d'Europe importaient-ils, à la veille de la guerre, un tonnage d'huile énorme, d'environ 2 500 000 tonnes, qui correspondait à près de 10 000 000 de tonnes de graines. Le premier rang était tenu par l'Allemagne, dont l'importation était passée d'environ 500 000 tonnes en 1914, à 700 000 tonnes vers 1935; le deuxième par la Grande-Bretagne, passée de 400 000 tonnes en 1914 à 550 000 tonnes aujourd'hui; le troisième par la France, passée de 300 000 tonnes en 1914 à 550 000 tonnes; le quatrième par l'Italie dont l'accroissement des importations était encore plus caractéristique, puisque, de 30 000 tonnes en 1914, elles s'étaient élevées à un maximum de 250 000 tonnes en 1934.

Le retour aux anciennes cultures

En présence du déficit énorme de notre production oléagineuse, force nous est, aujourd'hui, de nous remettre à une culture progressivement abandonnée pour d'autres plus fructueuses, ou plus exactement mieux protégées. Il existe heureusement des plantes, comme le colza ou le soja qui, sans échapper complètement à la règle qui subordonne le rendement en huile à l'intensité du rayonnement so-

laire, donnent encore des rendements très intéressants sous notre climat. Quelles sont les principales de ces plantes, quel rendement on peut en espérer, c'est ce que nous allons examiner brièvement.

L'olivier

L'olivier est la plus importante des ressources oléagineuses de l'Europe; il fournit encore, bon an, mal an, des deux tiers aux trois quarts de la production d'huile de notre continent et la presque totalité dans les pays méditerranéens, France du Midi, Italie, Espagne. Il ne peut cependant avoir aucune part dans un programme de développement de nos ressources oléagineuses.

Le premier des reproches à lui faire, rédhibitoire dans les circonstances actuelles, est la durée considérable de culture avant production. On ne commence pas à en tirer une récolte sérieuse avant dix ou quinze ans. Il nous faut des sources d'huile qui produisent en un an, et même en quatre mois.

L'olivier, comme tous les arbres fruitiers, donne malheureusement des récoltes irrégulières.

Or l'évaluation globale ne peut qu'atténuer, par le jeu d'une moyenne, la disparité des récoltes locales d'une année à l'autre. Ce dont nous avons besoin aujourd'hui, c'est d'une récolte régulière et certaine.

L'olivier, même limité aux régions méditerranéennes, est encore beaucoup trop sensible à la gelée. Sans remonter aux grands hivers de 1709 et 1820, celui de 1929 a produit en France des dégâts considérables dans les oliveraies, dont la gravité est multipliée par la durée de croissance avant production. Cette seule raison doit faire réserver les nouvelles plantations aux seules régions où la gelée n'est pas à craindre, Tunisie par exemple.

Enfin l'olivier est très sensible aux parasites, et notamment à la mouche de l'olive (*Dacus oleæ*), contre lesquels il est très difficile de lutter.

Le colza

Le colza a tenu longtemps la deuxième place dans la production européenne d'oléagineux et n'a été détrôné que tout récemment par le tournesol. Il a connu, il y a un siècle, une ère de grande prospérité en France, où il était cultivé sur plus de 200 000 hectares, contre 30 000 en-

viron aujourd'hui. D'ailleurs, il joue un rôle très important dans la production mondiale d'huile; il est cultivé sur plus de 4 000 000 d'hectares en Chine, de 2 000 000 d'hectares dans l'Inde. Sa décadence est liée à la fois à la concurrence des oléagineux des pays chauds et à la concurrence des huiles minérales comme huiles de graissage. C'est précisément l'emploi en mélange d'huile de colza et d'huile minérale pour le graissage qui explique l'important relèvement de cette culture en Europe depuis 1932.

Le colza est une crucifère, annuelle et bisannuelle. On distingue essentiellement une variété d'hiver, dont le cycle végétatif est de 300-340 jours, et une variété de printemps, beaucoup moins productive.

Comme toutes les plantes industrielles, le colza est exigeant, en ce sens qu'il ne donne un rendement élevé qu'en terrain fertile et moyennant une culture soignée. Cependant, sans faire absolument exception à cette règle, le colza est relativement accommodant et à côté des rendements élevés de 25 à 30 hl à l'hectare de certains départements (Nord, Oise, Seine-Inférieure...), il rend encore 10 à 12 hl dans des régions qui se prêtent mal à sa culture, ou bien lorsqu'il est mal soigné, dans des conditions où d'autres plantes industrielles auraient un rendement à peu près nul.

Il réussit, en principe, partout où l'on cultive le blé d'hiver. Néanmoins, en France, c'est dans les zones littorales de l'Ouest et du Nord-Ouest qu'il est principalement cultivé. Il lui faut de l'argile et du calcaire (bonnes terres franches, bons sols à blé), un climat modérément humide; il redoute les terrains compacts, à sous-sol imperméable, où les gelées d'hiver lui causent de graves dégâts. Il veut une copieuse fumure, un sol propre et bien ameubli, profondément et superficiellement.

On peut en obtenir alors des rendements très élevés. Si le rendement en France n'est que de 18 à 20 hl de graines, la culture du Nord atteint couramment 28 à 30 hl. On a même obtenu, à la ferme de l'Institut agricole de Gembloux, des rendements de 70 hl, soit 48 quintaux. La graine donne de 24 à 26 % d'une huile que l'on n'emploie généralement pas directement aux usages alimentaires. Le tourteau est couramment utilisé pour l'élevage. D'autre part, la production de

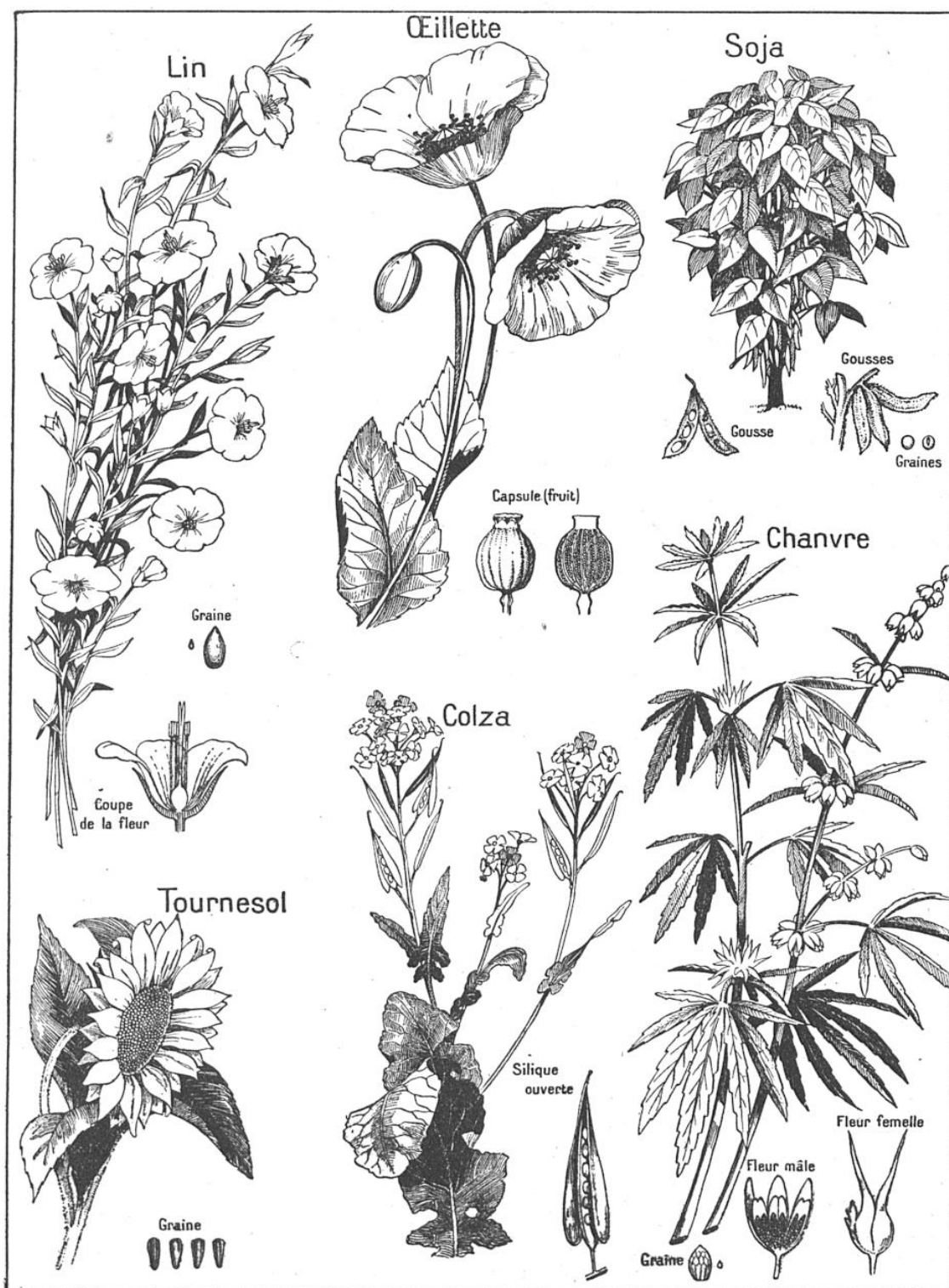


FIG. 1. — PLANTES OLÉAGINEUSES A CROISSANCE RAPIDE, JADIS CULTIVÉES EN FRANCE (LIN, ŒILLETTE, CHANVRE, COLZA) OU QUI POURRAIENT Y ÊTRE INTRODUITES (SOJA, TOURNESOL)

paille de litière est très élevée, de l'ordre de 10 000 kg à l'hectare, soit nettement plus que le blé.

Le lin

Le lin, le plus répandu des oléagineux après le colza en Europe, a une importance mondiale très supérieure, puisqu'il vient immédiatement après le coton (en tant que production d'huile) et l'arachide avec plus de 1 250 000 tonnes d'huile par an. Il a occupé en France plus de 250 000 hectares vers le milieu du XIX^e siècle; il ne couvrait plus que 40 000 hectares en 1914; la réduction après 1918 ramena cette culture à 20 000 hectares environ. Le chiffre s'est notablement relevé à la suite des encouragements à la culture du lin.

Le lin est une plante annuelle dont on cultive essentiellement trois variétés : l'une à l'usage textile seul (Belgique, Pays-Bas); l'autre pour la graine seule, dont les principaux producteurs sont, dans l'ordre d'importance décroissante, l'Argentine, l'U.R.S.S., l'Inde, les Etats-Unis, le Canada; la troisième qui vise la double production filasse-graine et qui est répandue dans presque tous les pays européens, y compris l'U.R.S.S. C'est évidemment ce dernier type de culture qui est à recommander à l'heure actuelle en raison du blocus simultané sur les oléagineux et les textiles. D'ailleurs, même en U.R.S.S., dont la production de 770 000 tonnes de graines par an dépasse de beaucoup celle du reste de l'Europe (environ 225 000 tonnes), la variété « Koudriache » (graine seule) cède de plus en plus de terrain devant la variété « Dolgounetz » (graine et fibre) qui occupe 90 % des emblavures.

Le cycle végétatif de la plante est très bref (90-100 jours) et se prête donc pour le mieux à d'autres récoltes sur le même sol.

Le lin réclame un terrain fertile, mais dont la nature peut être très diverse. Il ne tolère pas les terrains compacts argileux, ou trop sablonneux et friables. En raison de la rapidité de son développement, il est très exigeant quant à la préparation du sol, qui réclame au moins un déchaumage, un labour d'hiver, des façons superficielles nombreuses au printemps, un sarclage lorsqu'il atteint 8-10 cm.

Le rendement en huile est beaucoup

plus faible que celui du colza. Il ne dépasse pas, en moyenne, en France, 600 kg de graine donnant 35 % d'huile. L'huile de lin extraite à froid est comestible et est effectivement consommée pour la table en U.R.S.S., en Hongrie, en Pologne, dans l'Inde. Mais sa qualité essentielle est sa siccativité, qui la fait rechercher et réserver pratiquement pour les usages industriels, peinture, vernis, linoléum, encres typographiques. Le tourteau est l'un des meilleurs qui soit pour la nourriture du bétail.

Le chanvre

Le chanvre est, comme le lin, une plante à double usage oléagineux et textile. Son importance est bien moindre : la production mondiale, en huile, ne dépasse pas le 1/15 de la production d'huile de lin. Sa culture en France, qui s'étendait sur 167 000 hectares en 1840, est en sérieuse décroissance, qui tient surtout à la concurrence sévère des autres textiles grossiers (abacca...) dans la fabrication des cordages.

Le chanvre est une plante à racine pivotante, à tige élevée, qui atteint en France de 2 à 3 m, en Italie (chanvre du Piémont et de Bologne) de 3 à 4 m, en Chine jusqu'à 5 et 6 m en terre fertile et climat chaud.

Il craint la sécheresse, aime les bons fonds, les alluvions profondes et riches. Il est surtout cultivé en France dans la Sarthe, le Maine-et-Loire, le Morbihan. Il est très exigeant pour la fumure du sol.

Le chanvre se sème fin avril, lorsque les gelées ne sont plus à craindre. On le cultivait le plus souvent, autrefois, sans assolement, dans une « chènevière » pendant plusieurs années de suite, en le faisant suivre d'un seigle coupé en vert à la sortie de l'hiver.

Le rendement en graines et filasses est plus élevé que celui du lin; il est d'ailleurs assez variable selon la nature du sol et la fumure. On en obtient, en Anjou, de 800 à 1 200 kg de graines, et en moyenne 800 kg de filasse, dont les plus grossières (semis clairs) servent à la fabrication des cordages, et les plus fines comme textile donnant des toiles très résistantes à l'usure. L'huile est peu estimée; elle ne sert guère qu'en savonnerie.

Signalons l'odeur très accentuée du chanvre et sa toxicité, qui s'observe à la simple traversée d'une chènevière (cépha-

lée, éblouissements, vertiges) et qui se manifeste sous une forme beaucoup plus grave avec la variété indienne (*Cannabis indica*) d'où l'on tire le hachisch.

Le soja

Le soja, dont la production se développe d'une manière considérable en raison de ses applications multiples, est une plante originaire de Chine dont la culture s'est étendue le siècle dernier de l'Extrême-Orient aux Etats-Unis, puis récemment à l'Europe. Elle occupe actuellement la cinquième place dans la production oléagineuse, après le coton, l'arachide, le lin et le cocotier.

Nous serons assez brefs sur cette plante, renvoyant le lecteur à l'article qui lui a été consacré ici même (1).

Le soja est une légumineuse qui réclame de bons sols, mais n'en donne pas moins un rendement intéressant en sol pauvre. Le midi de la France lui convient parfaitement, mais il peut être cultivé avec succès sur tout notre territoire.

On le sème en mai, en poquets comme le haricot, pour la production de la graine et du fourrage; à la volée pour la production du fourrage seul.

Le rendement en fèves dans les meilleures conditions atteint 30 quintaux à l'hectare; les rendements européens dépassent rarement 18 à 20 quintaux. La teneur en huile, d'environ 22 % dans les sojas asiatiques, atteint jusqu'à 27 % dans certaines variétés françaises (sélections Rouest notamment).

La caractéristique du soja est la multiplicité de ses applications. Il peut être utilisé non seulement pour la production de l'huile, mais aussi bien pour l'alimentation humaine que pour l'alimentation animale.

La plante, verte ou sèche, est un excellent fourrage frais, fourrage d'ensilage ou foin. Il donne ainsi un rendement comparable à celui de la luzerne ou du

sainfoin, avec le bénéfice d'une récolte de graines considérable, de 25 à 30 quintaux à l'hectare.

La graine est un excellent aliment pour l'homme, à très forte teneur en matières grasses et en matières azotées. C'est même l'un des plus riches que l'on connaisse, et l'on sait en particulier qu'il entre pour une part importante dans les vivres de campagne du soldat allemand. La graine se prête à toutes sortes de préparation (légumes verts, salades, gâteaux secs, café grillé, pâtes alimentaires, sau-

ces, substituts du lait et des fromages, pâtisserie, bonbons grillés, sucrés ou salés).

L'huile elle-même a des applications multiples. Elle peut être consommée nature, sous forme

de graisse végétale, de margarine. Ses applications industrielles vont de l'emploi comme lubrifiant, aux peintures, vernis, linoléum, car elle est siccative. Elle donne d'excellents savons.

Le tournesol

Le tournesol (*Helianthus annuus* L.) n'a guère été introduit en Europe, comme oléagineux, qu'au cours des quinze dernières années. Son succès a été considérable puisqu'il détient aujourd'hui la deuxième place, immédiatement après l'olivier. Cultivé d'abord en Russie méridionale, en Turquie, en Egypte et dans l'Inde, il s'est étendu très rapidement en Roumanie, Bulgarie, Tchécoslovaquie et Yougoslavie. Depuis quelques années, on le cultive même en Argentine, et, comme plante d'ensilage, aux Etats-Unis et au Canada. Mais le grand pays de culture reste l'U.R.S.S., où il s'étend aujourd'hui sur 3 000 000 d'hectares, contre moins de 1 000 000 en 1914.

Le tournesol est une composée, dont on connaît trois variétés : le tournesol sauvage, le tournesol décoratif, fréquent en France, et le tournesol cultivé à l'usage spécial de plante oléagineuse. Cette variété se différencie du tournesol décoratif

PLANTE	Moyenne 1909- 13	Moyenne 1924- 28	1930	1932	1934	1936
Olivier.....	510	658	362	746	689	663
Tournesol.....	34,2	59,2	59,7	71,7	99	99
Colza.....	79,4	46,9	53,5	31,1	49	94,8
Lin.....	67,3	63,7	66,3	36	53,8	86,5
Chanvre.....	12,5	10,6	12,5	11,8	11,8	14,6
Œillette.....	8	9,2	9,2	10	12,4	10
Arachide.....	4,8	6,9	8,1	6	6,6	7,2
Divers.....	9	8,5	10,2	8,4	11,7	28
TOTAL.....	691	838	580	909	906	1 003

TABLEAU 1. — PRODUCTION EUROPÉENNE, NON COMPRIS L'U.R.S.S., D'OLÉAGINEUX (EN MILLIERS DE TONNES D'HUILE)

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 276, page 612.

par une taille plus grande (elle atteint facilement 2 à 3 m), un « capitule » de plus grandes dimensions (0 m 25 à 0 m 30 de diamètre), une graine plus riche en huile.

Il supporte mal les climats trop humides ou trop froids; il souffre également de la sécheresse excessive. Les résultats les meilleurs sont obtenus en régions plutôt chaudes, à humidité modérée et sur terrains riches en humus. Il vient également très bien sur les steppes légèrement sablonneuses et argileuses (U.R.S.S.). Il est plutôt exigeant. Il a besoin d'un labour profond en automne-hiver suivi d'un labour de printemps, de deux ou trois hersages au moment des semailles et d'un sarclage quinze jours avant l'apparition des nouvelles plantes.

La période de végétation est, suivant la variété et la région, de 100 à 140 jours pour la plante destinée à la production de la graine à huile, de 90 à 120 jours pour celle qui est destinée à l'alimentation du bétail comme fourrage vert; les variétés très précoces mûrissent même en 80 jours. En culture maraîchère, on peut faire le semis en place, ou en pépinière, fin avril, avec mise en place des plantes fin mai ou au début juin. On donne à la plante un binage et un buttage; elle vient à maturité en septembre ou au début d'octobre.

Le rendement en graines atteint aisément une dizaine de quintaux à l'hectare dont la teneur en huile est de 20 à 30 % pour la graine entière, de 35 à 45 % pour la graine décortiquée. Sans être aussi nombreux que pour le soja, ses usages multiples expliquent la rapidité de son développement. L'huile convient très bien à la fabrication de la margarine et le tourteau pour le bétail. Les tiges, feuilles et capitules sont excellents pour le bétail, à l'état frais ou en ensilage. Les tiges servent également comme tuteurs, pour la fabrication de clôtures temporaires, comme combustible. Certaines variétés de graines entrent, grillées, dans l'alimentation humaine (U.R.S.S.). Enfin, les fleurs sont très mellifères.

L'œillette

L'œillette est le nom vulgaire du pavot cultivé (*papaver somniferum*) lorsque cette plante est destinée à la production de l'huile.

C'est très probablement l'une des plus

anciennes plantes cultivées à cet usage; on a pu faire remonter son emploi aux populations lacustres de la Suisse.

Sa culture, qui n'avait jamais été très étendue en France (25 000 hectares environ au milieu du XIX^e siècle) et dont l'extension coïncidait en général avec les gélées de l'olivier, a subi une régression considérable. Elle est tombée vers 1914 à un millier d'hectares, principalement dans le Pas-de-Calais et la Somme. Elle a subi, comme toutes les autres cultures oléagineuses, la concurrence écrasante des produits importés.

L'œillette est une des plantes industrielles les plus difficiles qui soient quant à la nature du sol et à sa préparation. Il lui faut des terres douces, meubles, propres, à la fois humides et perméables. C'est essentiellement une culture du Nord, car elle craint la sécheresse.

La variété la plus employée pour la production de l'huile est l'œillette grise, le pavot blanc ou pavot à opium étant réservé aux usages médicaux et, en Orient, à la production de l'opium.

Le rendement en huile est assez élevé; il peut atteindre à l'hectare de 30 à 35 hectolitres, soit de 20 à 22 quintaux d'une graine à 35 à 40 % d'huile.

L'huile de première pression, extraite à froid, convient très bien pour la table; l'huile de deuxième pression provenant des graines chauffées est utilisée en savonnerie; le tourteau est employé dans l'alimentation du bétail.

Les possibilités de développement des cultures oléagineuses en France

La France peut-elle satisfaire ses besoins en huile?

Assurément, mais ce ne peut être, de toute évidence, qu'aux dépens d'autres cultures. Pour lui donner les 500 000 tonnes d'huile qu'elle importait annuellement, un million d'hectares au moins de colza serait nécessaire, qu'il faudrait prélever parmi nos meilleures terres à blé et à betteraves. Or il n'est pas douteux que la production en aliments immédiatement assimilables par l'homme est supérieure lorsque ces terres restent consacrées à leurs cultures actuelles. C'est un aspect de la question qu'on ne peut négliger dans les circonstances présentes et qui explique le maintien d'une restriction sévère sur la consommation des corps gras. L'huile végétale comme la

graisse, en période de disette alimentaire, reste un luxe.

La question doit cependant être examinée à nouveau si l'on fait entrer en compte les sous-produits. Dans le cas du colza, 10 000 kg de paille à l'hectare et surtout 1 500 kg de tourteaux sont un complément de production d'une valeur considérable. Car l'effet du blocus ne se limite pas à la réduction de nos importations d'huile. Pour le bétail, la disette de tourteaux est peut-être encore plus grave que le manque d'huile pour l'homme; il ne permet pas l'utilisation complète des « fourrages grossiers » surabondants (pailles, balles, marcs de pommes et de raisins), faute des aliments concentrés à forte teneur d'azote indispensables à la production du lait ou de la viande. Du point de vue le plus général du maximum de rendement de notre production agricole, l'extension de cultures comme le colza est très désirable.

Il est heureux pour cette extension que ces cultures soient aujourd'hui parmi les plus rémunératrices.

Le seul obstacle est donc, actuellement, le plus souvent, l'ignorance de l'agriculteur français à l'égard de cultures dont il a été détourné par des dizaines d'années d'introduction libre des oléagineux coloniaux ou étrangers, produits avec de la main-d'œuvre à bas prix, en des régions plus favorisées par le climat. Le paysan français ne se souvient que vaguement qu'autrefois des centaines de milliers d'hectares étaient consacrés à la culture du colza, de l'œillette, du lin, du chanvre; il ne songe pas à se lancer dans des cultures que ni lui ni ses pères n'ont pratiquées (soja ou tournesol).

Pour contribuer à la propagande nécessaire et pour donner une production directe qui ne serait pas négligea-

ble, la culture des plantes oléagineuses dans le jardin familial pourrait être d'un grand secours. La caractéristique des plantes oléagineuses est la complexité des soins culturels qu'elles réclament, et dont se passent en France toutes les cultures non sarclées. Ce n'est point une objection dans la culture au jardin.

Le Français moyen, qui possède un

PLANTE	Moyenne 1909-13	Moyenne 1924-28	1930	1932	1934	1938
Olivier { I.	12 753	8 400	6 110	9 728	7 150	8 900
{ II.	12 719	12 453	28 614	17 907	23 428	24 750
Lin { I.	4 358	4 558	6 088	1 817	3 489	5 612
{ II.	45 493	39 555	44 999	17 221	69 849	77 656
Colza { I.	14 808	8 067	7 008	5 806	4 621	8 291
{ II.	2 629	31	1 063	626	544	1 056
Arachide	139 803	190 978	256 232	242 684	259 224	276 596
Palme	20 102	28 977	16 872	18 696	27 842	103 001
Coprah	69 173	93 790	121 060	129 275	123 318	71 393
Total { Production.	37 018	22 775	20 777	18 359	16 177	23 580
{ Excédent d'import.	335 800	406 852	499 400	486 300	522 777	572 701

TABLEAU II. — PRODUCTION ET EXCÉDENT D'IMPORTATIONS FRANÇAISES D'OLÉAGINEUX (EN TONNES D'HUILE)

Ce tableau donne, pour les sources principales d'oléagineux, l'importance de notre production métropolitaine (chiffres I pour olivier, lin et colza) et de notre importation (chiffre II pour les mêmes sources, et seul chiffre indiqué pour arachide, palme et coprah). Le total comprend toutes les sources, même celles qui ne sont pas reproduites dans le tableau. La production française, qui représentait environ 10 % de la consommation en 1914, en représente moins de 5 % aujourd'hui.

jardin suffisant pour sa subsistance et qui est durement touché par la privation de savon et de corps gras se doute-t-il qu'une bien petite surface de colza ou de soja suffirait à doubler la ration que lui alloue sa carte, et à lui fournir, par surcroît, pour sa basse-cour, de quoi remplacer les déchets de blé ou de maïs introuvables? Au jardin, les rendements moyens cités plus haut seront aisément doublés. Bien mieux, beaucoup de ces plantes, colza, soja, tournesol, se prêtent à une culture en bordure d'allées qui utilise, beaucoup mieux que l'oseille ou le fraisier, le sol de ces allées. La bordure de 10 mètres de longueur de pieds de colza ou de tournesol fournit, en huile, de quoi doubler la ration de savon familiale. Et il est certainement moins difficile, avec un peu de soude, de l'en extraire, que de fabriquer à partir du chanvre cultivé dans le domaine, les draps ou les torchons inusables qu'on rencontre encore dans maintes régions françaises.

Charles PAULMY.

LE BLOCUS ALIMENTAIRE ET LA NOURRITURE DU BÉTAIL

par Daniel JULIANS

Les privations résultant du blocus sont aussi sévères pour l'animal que pour l'homme. Certains pays, tels que le Danemark, spécialisés dans l'élevage intensif du bétail, importaient avant la guerre d'énormes quantités de fourrage et de tourteaux. Le blocus, en supprimant leurs importations, ne leur permettra plus de nourrir un cheptel hors de proportion avec la superficie de leur sol. En France, la crise de l'alimentation du bétail se posera avec une acuité moindre, car notre élevage consommait une moins grande quantité de produits étrangers; mais elle se trouvera aggravée par l'absence de moyens de transport qui va transformer, en bien des endroits, les conditions de vie des animaux domestiques. Seule une application plus stricte des principes scientifiques de l'alimentation du bétail tels qu'ils se déduisent de notre connaissance des besoins alimentaires des animaux de la ferme suivant leur âge, leur travail, leur production laitière, et des conditions optima d'assimilation de la ration qui peut leur être attribuée, doit permettre de tirer le parti le plus judicieux des ressources qui restent utilisables pour l'élevage.

La nourriture de l'homme et du bétail

AUJOURD'HUI, sur des millions de kilomètres carrés de terre d'Europe, l'homme est contraint de disputer sa nourriture à l'animal. L'avoine finira-t-elle, écrasée, sous forme de « quaker oats », dans une tasse de lait, ou sera-t-elle broyée dans une mangeoire de cheval? Les pommes de terre nourriront-elles les hommes ou engraisseront-elles les porcs? On se fera une idée de l'importance du problème si l'on remarque qu'en France, pour chaque kilogramme d'homme, il y a quatre kilogrammes d'animaux domestiques.

Une situation semblable s'est présentée fréquemment dans l'histoire, et l'on peut même dire que, jusqu'à une époque récente, le bétail était considéré comme un « mal nécessaire ». Les animaux, indispensables pour labourer le sol, transporter ses produits, fournir le fumier, étaient une des charges de l'agriculteur obligé de les nourrir. Il y a moins d'un siècle, le tracteur à essence et l'engrais chimique, qui permettent de produire du blé sans le concours de l'animal domestique, auraient été accueillis comme une délivrance. C'est Baudement qui, le premier, en 1869, dans ses « Principes de

zootechnie », démontra que, loin d'être un mal nécessaire, l'exploitation intelligente du bétail pouvait être une opération fructueuse.

Si le principe même de l'élevage était discuté, nos connaissances sur la question n'en progressaient pas moins régulièrement, à mesure du développement des autres sciences. Sans remonter à Aristote, Xénophon, Hérodote, qui ne dédaignèrent pas d'exposer les règles rationnelles de l'élevage, et à Epicarnos, qui naquit en Sicile, 540 ans avant J.-C., et qui est l'auteur du plus ancien traité de zootechnie qui nous soit parvenu, la science de la nourriture du bétail a toujours été, et est aujourd'hui encore, très en avance sur la science de la nourriture de l'homme.

C'est que l'animal domestique est un sujet particulièrement docile, qui a permis d'établir des règles expérimentales dans des conditions auxquelles l'homme ne se serait jamais soumis. On est ainsi arrivé à pouvoir le nourrir d'une manière parfaitement économique, en lui évitant les famines qui dévastent périodiquement, les années de sécheresse, les troupeaux de nombreux pays à économie rurale arriérée. Pour faire du bétail, aujourd'hui, le pâturage n'est point une

ALIMENTS	MATIÈRES AZOTÉES	MATIÈRES GRASSES	MATIÈRES HYDROCARBONÉES	MATIÈRE ORGANIQUE TOTALE
Jeunes herbes en vert.	70-80 %	50-65 %	55-80 %	60-80 %
Foin de graminées et de légumineuses.	50-70 %	50-65 %	45-70 %	45-70 %
Paille de céréales et de légumineuses.	25-30 %	30-50 %	35-55 %	35-55 %

TABLEAU I. — LES COEFFICIENTS DE DIGESTIBILITÉ CHEZ LES RUMINANTS

Ce tableau indique, dans les trois premières colonnes, la proportion digérée de chacun des éléments (azotés, gras et hydrocarbonés) et, dans la dernière, la proportion absorbée de la valeur calorifique totale, pour quelques aliments à teneur élevée en cellulose.

condition nécessaire : le maïs de la Plata, l'arachide du Sénégal, le coprah des Indes, transportés à bon compte, permettent de s'en passer. Et ce n'est pas autrement que l'élevage danois est parvenu à la position de premier plan qu'il occupait jusqu'à ces derniers temps.

Mais la méthode, excellente en temps de paix, a le grave défaut d'être inapplicable en temps de guerre lorsque l'éleveur est coupé de ses sources d'approvisionnement. Il est heureux, pour l'économie agricole française, qu'elle n'ait suivi ces méthodes nouvelles qu'avec une certaine répugnance et qu'elle ait toujours tiré du sol national l'essentiel de la nourriture du cheptel français. Les problèmes qu'elle doit résoudre n'en sont pas moins d'une gravité extrême. L'arrêt des importations d'oléagineux la prive pratiquement de toutes ses ressources en tourteaux alimentaires, qui étaient le complément indispensable des aliments à faible teneur d'azote. La difficulté des transports intérieurs et des relations entre zone libre et zone occupée s'ajoute à l'exiguité des ressources. Le viticulteur qui manquait d'avoine pour son cheval pouvait se rabattre sur les aliments mélassés. Comment fera-t-il aujourd'hui ?

Dans la mesure où ces problèmes sont solubles, l'éleveur ne les résoudra que par une connaissance approfondie des principes rationnels de zootechnie générale qu'a permis

d'établir une expérience datant de près d'un siècle, et que nous allons rappeler très sommairement avant d'en tirer quelques applications aux conditions présentes.

La digestibilité des aliments

En un sens, le problème de l'alimentation est plus complexe pour le bétail que pour l'homme.

La plupart des aliments que celui-ci consomme sont en effet digérés, sinon intégralement, du moins dans une proportion telle qu'on peut, ou négliger la fraction non assimilée, ou la considérer comme constante. Lorsqu'on dit que la ration de strict entretien d'un homme n'accomplissant à peu près aucun travail physique est de 2 100 calories (1), la plus grande partie (90 à 95 %) de la valeur énergétique des aliments entrant dans

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 278, page 83.

NATURE DE L'ALIMENT	VALEUR fourragère (en unité fourragère = 1 kg orge)	MATIÈRES AZOTÉES	MATIÈRES SÈCHES
<i>Fourrages grossiers :</i>			
Herbe de pré ordinaire.	0,15	2,2 %	21 %
Lucerne.	0,125	3,5 —	22 —
Feuilles et collets de betteraves.	0,09	1,6 —	15 —
Foin ordinaire.	0,3	4 —	85 —
Paille de blé d'hiver.	0,2	0,4 —	85 —
Paille d'avoine.	0,25	1,3 —	85 —
Balles de céréales.	0,35	1,5 —	85 —
Marc de pommes frais.	0,13	1,5 —	20 —
<i>Fourrages concentrés :</i>			
Pommes de terre.	0,18	1 %	17 %
à 0,36			à 26 —
Topinambours.	0,23	0,9 —	20 —
Betteraves fourragères.	0,08	0,8 —	12 —
Orge.	1	6,7 —	85 —
Maïs.	1,1	7,7 —	87 —
Avoine.	0,85	8 —	87 —
Son de froment.	0,67	12 —	88 —
Tourteau d'arachide.	1,05	41 —	91 —
Tourteau de lin.	1,02	29 —	89 —
Tourteau de colza.	0,95	27 —	90 —
Lait écrémé.	0,11	3,6 —	9,7 —
— — pour les pores.	0,16		
Pulpe de betterave fraîche.	0,09	0,4 —	10 —

TABLEAU II. — LES CARACTÉRISTIQUES DES PRINCIPAUX FOURRAGES

ces 2 100 calories est effectivement digérée, puis brûlée dans l'organisme.

Au contraire, les calories contenues dans la plupart des aliments servant à la nourriture du bétail ne sont utilisées qu'avec un rendement très inférieur. Le rendement est d'ailleurs différent d'un aliment à l'autre. Pour un même aliment, il diffère suivant l'espèce de l'animal; il n'est pas le même pour la vache, le cheval, le porc.

La complexité de la question tient essentiellement à l'introduction, dans la ration animale, d'aliments à forte teneur en cellulose. La cellulose, qui a la même composition chimique et, brûlée dans la bombe calorimétrique, le même pouvoir calorifique que l'amidon, est utilisée par l'organisme de façon très différente.

Son assimilation n'est pas obtenue simplement, comme pour les autres aliments hydrocarbonés (amidon, sucre...), par l'action des sucs digestifs, mais par une fermentation bactérienne. Cette fermentation, peu sensible chez les carnivores et les omnivores, prend une importance particulière chez les herbivores; elle se produit dans la panse des ruminants et dans le cæcum du cheval. On a pu la reproduire artificiellement sur de la cellulose sous forme de papier, ensemencée avec du liquide provenant de la panse d'un ruminant; on a obtenu la même transformation, avec dégagement de gaz carbonique, de méthane et d'acides gras volatils, que dans l'appareil digestif de celui-ci. Mais, comme toutes les fermentations bactériennes, celle-ci consomme une partie du pouvoir calorifique des aliments auxquels elle s'applique; on a

trouvé que 25 % du pouvoir calorifique de la cellulose étaient ainsi dissipés.

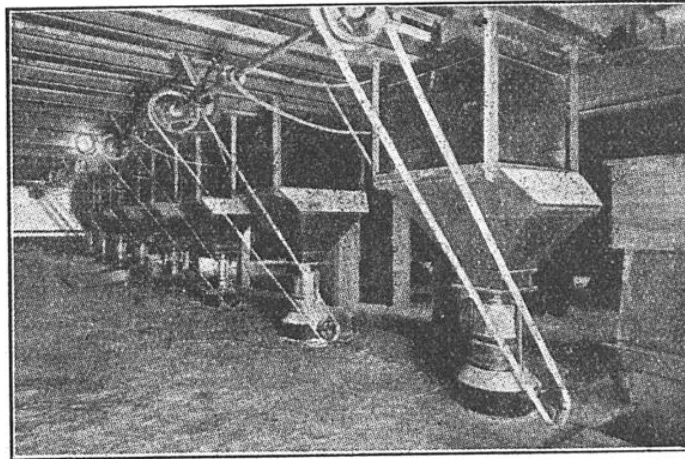
D'autre part, l'expérience directe montre (par l'analyse des excréments) qu'une partie de la cellulose échappe à cette transformation, et cela dans une mesure très différente selon l'aliment considéré. La proportion absorbée est d'autant plus faible que la plante est plus âgée : les jeunes herbes en vert, le foin coupé à maturité, la paille de blé, sont, à teneur

égale en cellulose, des aliments de valeur pratique très différente.

Enfin, la présence de cette cellulose empêche la digestion des matières azotées, des matières grasses et des autres matières hydrocarbonées qui l'accompagnent. La cellulose est l'élément constituant des cellules végétales. Elle forme barrière pour tenir à l'abri

les éléments azotés, gras et hydrocarbonés du suc cellulaire. Dans de la paille de blé d'hiver, contenant environ 40 % de cellulose, la moitié seulement de cet élément est absorbée au cours de la digestion; mais un tiers des matières hydrocarbonées autres que la cellulose, trois quarts des matières grasses, près des neuf dixièmes des matières azotées échappent simultanément à la digestion.

Le coefficient de digestibilité d'un aliment donné varie suivant l'espèce animale. Les aliments à forte teneur de cellulose sont beaucoup mieux assimilés par les ruminants que par les chevaux. Ils ne sont pratiquement pas utilisables par les porcs, et les porcs « coureurs » que l'on mène à la pâture n'y trouvent guère qu'un supplément de vitamines et de matières minérales. En sens inverse, le porc utilise mieux les aliments « concentrés »,



T W 2350

FIG. 1. — BATTERIE DE MÉLANGEURS POUR FARINES ALIMENTAIRES DESTINÉES À L'ALIMENTATION DU BÉTAIL DANS UNE IMPORTANTE COOPÉRATIVE HOLLANDAISE (VEGHEL)

Cette installation ne comprend pas moins de 16 balances doseuses automatiques d'une capacité de production horaire de 20 tonnes et permettant de préparer, à partir de 16 farines différentes, des mélanges rationnels, compte tenu de leur valeur alimentaire adaptée à l'âge et à l'espèce des animaux.

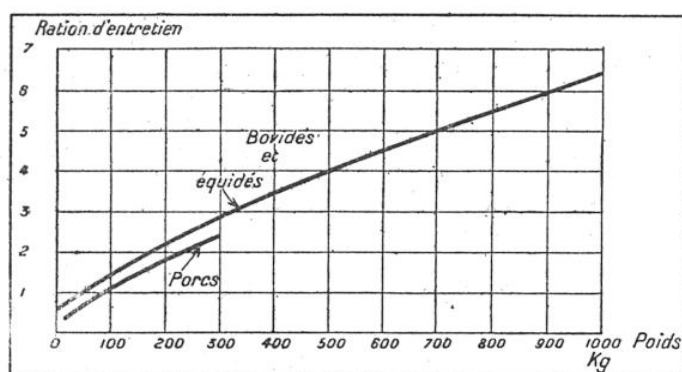


FIG. 2. — RATION D'ENTRETIEN, EN UNITÉS FOURRAGÈRES, DES ANIMAUX DE GRANDE TAILLE (BOVIDÉS, ÉQUIDÉS) ET DES PORCS, EN FONCTION DE LEUR POIDS

c'est-à-dire à faible teneur en cellulose, que les ruminants et le cheval; la différence est de l'ordre de 20 %.

La valeur nutritive d'un aliment est donc, pour le bétail, nettement distincte de son pouvoir calorifique, et l'expérience a été indispensable pour déterminer la relation d'équivalence entre les divers aliments.

Les besoins énergétiques

La première condition à laquelle doit satisfaire l'alimentation de l'animal est de lui fournir la quantité d'énergie indispensable à son entretien, à sa croissance, à son engraissement, à sa production laitière, à son travail.

Il faut une unité pour la mesure de la capacité énergétique des aliments du bétail. On aurait pu, comme on l'a fait pour l'alimentation humaine, choisir la calorie ou un de ses multiples, tel le « therm » (1 000 calories) employé par le professeur américain Armsby. On a préféré choisir comme unité la quantité d'énergie contenue dans un kilogramme d'un aliment bien déterminé. Si cet aliment est de l'amidon (qui a l'avantage d'être chimiquement déterminé), on a ainsi « l'unité nutritive » introduite par Kellner; si on choisit l'orge, on a « l'unité fourragère », la plus fréquemment adoptée à la suite des auteurs danois, et que nous choi-

sirons pour cet article (1).

L'unité ainsi définie ne représente pas, comme dans l'alimentation humaine, un pouvoir calorifique d'aliment tel qu'on le déterminerait à la bombe calorimétrique, mais bien la fraction utilisable par l'animal pour ses besoins énergétiques, tenu compte des remarques faites précédemment à propos de la digestibilité. Lorsqu'on lit, dans le tableau II, qu'il faut 2,5 kg de bon foin pour faire une unité fourragère, cela signifie que, dans l'alimentation du bétail, 1 kg d'orge peut être rem-

placé, à valeur énergétique égale, par 2,5 kg de bon foin.

Combien d'unités fourragères devra-t-on fournir à chaque animal?

Il faudra d'abord lui assurer une ration d'entretien calculée d'après l'espèce de l'animal et son poids. La figure 2 donne cette valeur pour les animaux de grande taille (bovidés, équidés) et pour les porcs.

Il faudra ensuite, pour les animaux en période de croissance, ajouter une ration de production qui dépend du gain journalier de poids que réalise l'animal, et qui lui sera proportionnelle. La figure 3 donne, pour les bovidés, à la fois

(1) L'« unité fourragère » (orge) vaut 70 p. 100 de « l'unité nutritive » (amidon), ou encore 1,65 « therm » (1 650 calories), suivant le professeur américain Armsby.

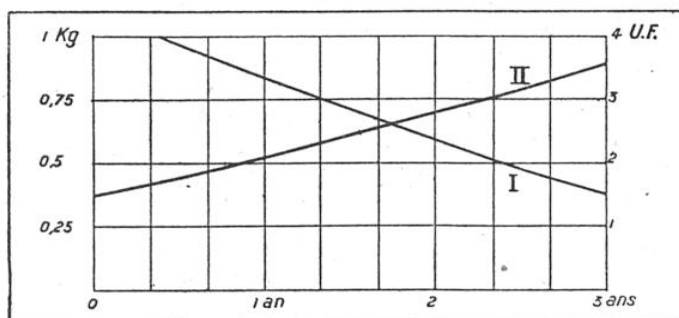


FIG. 3. — RATION DE PRODUCTION DES BOVIDÉS

La courbe I donne (échelle de gauche) le taux d'accroissement journalier en kilogrammes des bovidés mâles, de race améliorée, précoce et de grande taille. La courbe II donne (échelle de droite) le nombre d'unités fourragères correspondant à la ration de production de viande, par kilogramme de gain, qu'il convient d'ajouter à la ration d'entretien (voir fig. 2).

cette ration de production et le rythme moyen d'accroissement.

Lorsque l'animal travaille, il faut ajouter à sa ration d'entretien une *ration de travail* qui dépendra de l'intensité de celui-ci. On peut la fixer en gros, chez le bœuf, à un chiffre variant de la moitié de la ration d'entretien (travail faible) à cette ration d'entretien (travail fort), et, chez le cheval, de la moitié (travail faible) aux trois demis (travail fort) de la ration d'entretien.

Le cas échéant, il faudra encore ajouter une *ration de production du lait*. En toute rigueur, elle dépend de la richesse du lait produit en éléments nutritifs, variable dans chaque espèce suivant la race. Si l'on se contente d'un chiffre moyen, on peut admettre que la production d'un litre de lait demande, pour la vache, un supplément de 0,33 unité fourragère; pour la chèvre de 0,4 unité fourragère; pour la brebis, de 0,5 unité fourragère.

On arrive ainsi à déterminer exactement la ration totale qui convient à l'animal (1). C'est ainsi qu'un porc de 5 mois et 40 kg, d'une race précoce, qui gagne journellement 500 g, aura besoin d'une ration journalière de 2,03 unités fourragères (ration d'entretien 0,61, ration de production $0,5 \times 2,85$ ou 1,42); qu'une vache de 550 kg produisant 15 litres de lait, aura besoin d'une ration journalière de

9,25 unités fourragères (ration d'entretien 4,25, ration de production laitière $15 \times 0,33$ ou 5).

Les besoins azotés

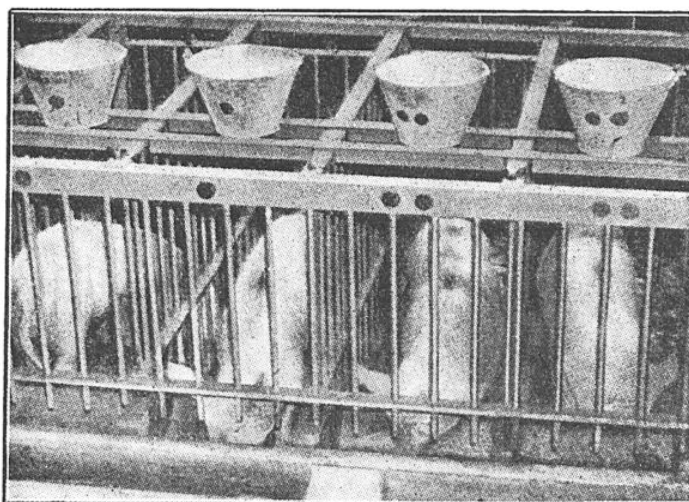
Si l'organisme des animaux, comme celui de l'homme, peut utiliser à peu près indifféremment matières grasses et matières hydrocarbonées, il n'en est pas de même des matières azotées, qui peuvent bien suppléer les unes et les autres, mais qui ne peuvent être remplacées par elles. Il est nécessaire d'apporter à tout organisme animal un minimum d'azote.

Plus on approfondit la question des matières azotées et plus elle apparaît complexe.

Il faut distinguer deux catégories de matières azotées alimentaires. La première,

celle des *amides* (dont le type est l'asparagine de l'asperge), comprend des corps de constitution relativement simple qui sont vraisemblablement assimilés de manière indirecte par la digestion des cadavres de microbes qui vivent à leurs dépens. La deuxième, qui constitue les substances albuminoïdes, est formée par l'union, en un très grand nombre de combinaisons, d'une vingtaine d'*acides aminés*, dont certains sont absolument indispensables à l'entretien et à la croissance des animaux supérieurs.

C'est ainsi que la lysine, la cystine, la tyrosine, l'arginine, l'histidine sont indispensables à la croissance; la cystine et la tyrosine d'une part, l'arginine et l'histidine de l'autre, peuvent se suppléer mutuellement. Le tryptophane paraît indispensable à l'entretien. On est arrivé à produire à volonté des animaux nains



T W 2351

FIG. 4. — PORCHERIE EXPÉRIMENTALE DE CAMBRIDGE (GRANDE-BRETAGNE) POUR L'ÉTUDE DE L'ALIMENTATION RATIONNELLE DES PORCS

Les porcs en question étant destinés à la production du « bacon », différents régimes sont expérimentés, plus ou moins riches en protéines, en vue d'obtenir une grande finesse de chair et un minimum de graisse.

(1) Il ne saurait être question d'exposer ici tout le détail de ces calculs. On les trouvera dans la plupart des traités de zootechnie générale et spéciale, par exemple dans l'ouvrage de Leroy (*Élevage rationnel des animaux domestiques*) auquel nous empruntons quelques-unes des données numériques de cet article.

(chiens, rats) avec des rations riches en matières azotées mais dépourvues de lysine; on ne peut pas nourrir des animaux avec une ration comprenant exclusivement, comme matière azotée, de la gélatine d'os, qui ne contient pas de tryptophane.

Or, certains aliments ne contiennent pas du tout, ou en très faible quantité, les acides aminés indispensables. C'est ainsi que le riz ne contient pas de lysine, que le maïs, pauvre en tryptophane, en contient deux fois moins que l'orge, neuf fois moins que le soja.

Quelles règles pratiques peut-on donner quant à la teneur en matières azotées de la ration?

Là encore il faut distinguer une ration d'entretien, qu'on admet être de 0,6 g de matières azotées digestibles par kilogramme d'animal; une ration de croissance, qui décroît assez rapidement avec l'âge de l'animal (de 4,5 g à la naissance à 1,5 g à 24 mois, toujours par kilogramme d'animal, chez les grands ruminants; de 6,5 g à la naissance à 3,5 g à neuf mois, chez les porcs); une ration de travail, de 0,5 g à 1,5 g, chez les animaux de trait, suivant l'intensité du travail; une ration de production laitière d'environ 60 g par litre de lait produit.

Les besoins minéraux

L'analyse, après incinération, des cendres provenant du cadavre d'un animal y retrouve un grand nombre de métaux et de métaux, dont beaucoup : chlore, phosphore, calcium, sodium, fer, jouent un rôle fondamental. Le phosphate de chaux est l'élément essentiel des os; le chlorure de sodium est un élément indis-

pensable dans la composition de tous les milieux liquides...

Ces corps viennent du sol qui les fournit en général en quantité surabondante. Les aliments grossiers (forte teneur en cellulose, faible valeur nutritive) comme l'herbe, le foin, la paille en contiennent une proportion très élevée relative-

ment à leur valeur fourragère. Le risque de sous-alimentation minérale tient donc, en général, à la consommation trop exclusive d'aliments concentrés (pauvres en cellulose, à pouvoir nutritif élevé sous un volume restreint). Le tableau III, qui donne la teneur en principes minéraux de quelques aliments, montre

ALIMENTS	Potassium	Sodium	Calcium	Magnésium	Chlore	Phosphore
Son de blé.....	12,8	1,9	1,2	5,2	8,8	10,8
Farines basses de froment.	10,1	1,7	1,0	3,8	0,3	8,8
Maïs.	3,5	0,3	0,1	1,1	0,6	2,6
Avoine.	4,0	1,6	1,0	1,1	0,7	3,8
Chaux.	3,8	0,05	0,92	0,3	0,4	0,4
Pommes de terre....	3,9	0,4	0,05	0,8	0,1	0,7
Betteraves.....	4,6	0,9	0,2	0,4	1,7	0,3
Pulpe de betteraves.	0,4	0,2	0,8	0,3	0,1	0,1
Foin de trèfle.....	15,6	0,6	10,6	2,5	2,2	1,5
Foin de luzerne.	7,0	4,2	9,6	3,4	1,4	2,0
Paille de blé.....	7,2	2,1	1,9	0,5	1,7	1,0
Paille d'avoine.	20,2	6,0	2,8	1,0	2,8	1,4
Tourteau d'arachide.	0,6	4,7	0,6	1,5	0,2	3,4
Tourteau de lin.	10,4	2,4	3,4	4,6	0,9	7,5
Lait écrémé.	1,3	0,5	1,4	0,1	1,0	1,0

TABLEAU III. — COMPOSITION MINÉRALE DE QUELQUES FOURRAGES
Ce tableau donne, d'après Forbes, en grammes par kilogramme d'aliment, la teneur en principes minéraux. On notera, surtout si on tient compte de la valeur fourragère des aliments, la richesse minérale des aliments « grossiers » (foins, pailles), la pauvreté minérale des aliments « concentrés » (pommes de terre, betteraves, grains entiers, lait écrémé), à l'exception de ceux où se rassemblent ces éléments (sons, tourteaux).

cette richesse relative des fourrages verts, bien connue, dans le cas de l'alimentation humaine, des naturalistes qui considèrent la salade comme le meilleur des « reminéralisants », très supérieur aux spécialités pharmaceutiques. Le même tableau montre les variations considérables de composition en passant d'un aliment à l'autre, même d'apparence voisine; comment deviner que le maïs contient dix fois moins de chaux que l'avoine?

Si l'on veut composer d'une manière rationnelle la nourriture des animaux, il faudra donc veiller à la présence d'éléments minéraux en quantités suffisantes, et ajouter, le cas échéant, le chlorure de sodium, la chaux et le phosphore qui pourraient manquer. Il est prudent, en ce qui concerne le sel, d'en distribuer de 2 à 5 g par jour et par 100 kg de poids. Lorsque la ration est pauvre en phosphore, on la complétera par une addition de poudre d'os, verts ou dégelatinés; lorsqu'elle est pauvre en calcium, on ajoutera

du carbonate de chaux, plus économique et d'ailleurs plus efficace que le phosphate de chaux.

Pour ces deux derniers éléments, on doit d'ailleurs distinguer une ration d'entretien, assez faible (1 g de phosphore et 5 g de calcium par 100 kg de poids), une ration de croissance, beaucoup plus élevée (1,5 g de phosphore et 2 g de calcium par 100 g de gain journalier), une ration de production laitière, qui peut être très élevée (7 g de phosphore et 8 g de calcium par litre de lait).

Pratiquement, l'insuffisance minérale n'est guère à craindre que chez les animaux dans la ration desquels les aliments grossiers n'entrent qu'en proportion faible (porcs, jeunes poulaillers, et juments poulinières en hiver...).

Les vitamines

L'animal a, comme l'homme, ses exigences en vitamines (1). La nature, prévoyante, les satisfait au moyen de cet aliment complet qu'est, pour l'adulte, l'herbe ou le foin, riche en vitamines A, B, C, et par l'insolation qui fabrique la vitamine D dans le corps même de l'animal. Pour le jeune, cet aliment complet est le lait.

Mais les transformations apportées par l'homme dans les conditions d'existence ou d'alimentation de l'animal peuvent modifier dans de larges mesures cette situation naturelle satisfaisante.

L'alimentation à base de tourteaux ou de grains de produits dérivés est fréquemment déficiente en vitamines. Le maintien à l'étable pendant la saison froide prive l'animal de la vitamine D produite par insolation. Le lait et le jeune nourri au lait s'en ressentent.

Il sera donc prudent de surveiller à ce point de vue la ration des bêtes en cours de croissance rapide, particulièrement sensibles à une déficience en vitamines :

(1) Voir, dans ce numéro, l'article sur les vitamines dans l'alimentation humaine.

veaux, agneaux et surtout porcelets. C'est la présence de vitamines, beaucoup plus que la valeur nutritive d'une herbe fort mal assimilée, qui explique les bons résultats obtenus par l'envoi au pâturage des truies nourrices, ou des porcelets à une certaine période de leur croissance. C'est également l'absence de vitamines dans l'alimentation des volailles qui n'ont pas d'herbe à leur disposition qui explique certains succès.

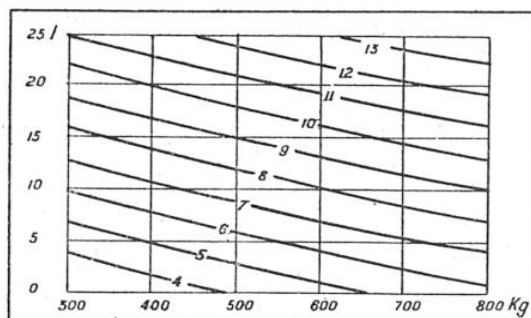


FIG. 5. — RATION DES VACHES LAITIÈRES

Le réseau de courbes donne en fonction du poids de la vache, en abscisse, et de sa production de lait, en ordonnée, le nombre d'unités fourragères de sa ration journalière (ration d'entretien plus ration de production).

L'encombrement de la ration

L'encombrement d'une ration se mesure en rapportant la valeur fourragère de cette ration, non pas à son poids, mais à sa teneur en matière sèche. L'eau que contient l'aliment n'intervient pas, qu'elle soit incorporée à l'aliment lui-même qui peut en contenir jusqu'à 90 % (betteraves, pulpes de sucrerie), qu'elle

soit absorbée avec l'eau de boisson, ou jointe aux aliments avec la salive dont un bœuf débite jusqu'à 80 litres par jour. L'assimilation se fait mal lorsque la matière sèche n'est pas dans un rapport convenable avec la valeur fourragère.

Là encore, la nature a pourvu à cette exigence en fournissant à nos animaux d'élevage cet aliment complet qu'est l'herbe de bon pâturage, ou le foin, équivalant à l'herbe à cet égard. Ou, plus exactement, l'appareil digestif des herbivores s'est adapté à cette nourriture. La difficulté commence lorsque l'homme lui en substitue d'autres. C'est ainsi que les pailles, les balles, les marcs de pommes, les marcs de raisin ont un excès de matières sèches et ne peuvent être absorbés utilement qu'en mélange avec des aliments en contenant une proportion moindre.

Si l'on définit le coefficient d'encombrement comme le rapport de la teneur de la ration en matières sèches à sa valeur fourragère, la valeur optimum de ce coefficient dépend à la fois de l'espèce et de la production de l'animal (travail,

viande ou lait). Elle est d'autant plus faible que l'animal travaille davantage, est en période de croissance ou produit davantage de lait.

Chez les bovins, le coefficient d'encombrement optimum varie de 1,4 (jeunes animaux, bœufs à l'engrais ou travaillant beaucoup, vaches donnant plus de 20 litres de lait), à 1,6 (jeunes animaux de plus de neuf mois, vaches donnant 15 litres de lait) et 2 (bœufs à l'entretien, vaches laitières à faible production).

Le coefficient d'encombrement optimum est de 1,2 à 1,6 suivant travail chez le cheval; de 1 (porc à l'engrais) à 1,2 (reproducteurs à l'entretien) chez le porc.

On peut d'ailleurs admettre par rapport à la valeur optimum une marge de 0,2 en plus ou en moins.

Les problèmes nés de la guerre

Sans examiner l'ensemble des problèmes nés de la guerre, dont certains sont extrêmement variés, on dira quelques mots des principaux d'entre eux et de leur solution dans le cas où ils en comportent.

Le premier et le plus général est le changement dans la nature de l'alimentation. Il n'est pas si grave qu'on pourrait le craindre, dans la mesure où l'on peut remplacer les aliments manquants par d'autres qui composeront une ration de caractéristiques équivalentes (valeur fourragère, matières azotées, matières minérales, vitamines, coefficient d'encombrement). Assurément, tout changement est néfaste à la croissance ou à la production de l'animal. Mais on doit observer que, deux fois par an, la plupart

supportent déjà ce changement qu'est le passage de la nourriture d'été à la nourriture d'hiver. Si elle est progressive, l'introduction dans la ration d'aliments nouveaux sera aisément supportée.

Pratiquement, la difficulté la plus grande, en France, sera probablement la méconnaissance assez générale des principes de l'alimentation animale ration-

nelle. C'en est pas que, dans nos régions agricoles les plus évoluées, nous n'obtenions pas d'excellents résultats. Mais la plupart de nos éleveurs se fient davantage à la tradition ou à leur expérience personnelle qu'à des principes qu'ils ignorent le plus souvent. Si le résultat est à peu près équivalent en période normale, il n'en

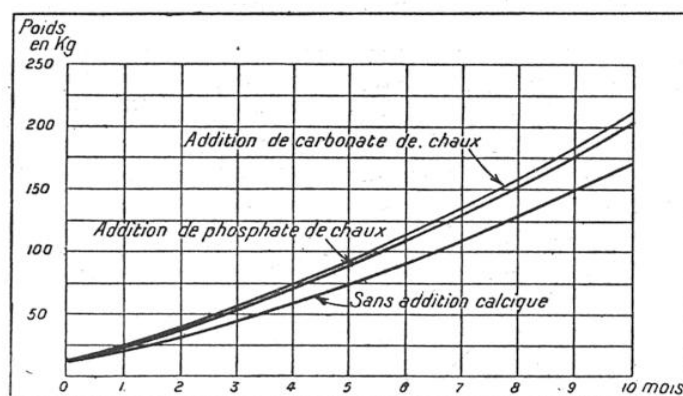


FIG. 6. — EFFET DE LA CHAUX SUR LA CROISSANCE DES PORCS

Le porc est généralement nourri avec des aliments (lait écrémé, pommes de terre, céréales concassées et son) relativement pauvres en éléments minéraux et dont la teneur en chaux est nettement inférieure à la teneur en phosphore. Klien, expérimentant sur trois porcs de deux mois recevant exactement la même ration avec ou sans addition de phosphate de chaux (7,5 g par jour) et de carbonate de chaux (2,5 à 6,7 g par jour), obtint une différence de poids de 35 kg avec le phosphate de chaux, de 40 kg avec le carbonate de chaux.

est plus de même à l'époque actuelle, où l'on doit trouver d'urgence une solution sans attendre l'établissement d'une tradition nouvelle, ou même sans avoir le temps de se livrer à des expériences personnelles. Les principes de zootechnie générale représentent précisément les éléments communs des traditions les meilleures et de l'expérimentation méthodique, portant sur les conditions d'alimentation les plus variées. Ils permettent le remplacement, sans tâtonnements, des aliments habituels par ceux dont la consommation est indispensable en temps de crise : pailles, feuilles et collets de betteraves, balles de céréales, marcs de pommes et de raisins... C'est grâce à eux qu'on pourra réduire au minimum les sacrifices de cheptel indispensables.

L'insuffisance alimentaire globale est un des traits de la situation nouvelle dont il ne faut pas exagérer la gravité pour notre pays. Notre élevage, à l'en-

contre de certains (hollandais, danois...), faisait appel, dans une mesure assez modérée, aux importations étrangères; les destructions et les réquisitions de bétail auront réduit le cheptel au moins autant que la nourriture.

Les facteurs d'inquiétude sont d'une part l'insuffisance des transports qui ne permet pas la répartition des ressources alimentaires subsistantes, et notamment la nourriture des élevages installés au voisinage des centres de production d'huile (Marseille, Bordeaux); les difficultés d'échanges entre zone libre et zone occupée; les prélèvements croissants de nourriture au bénéfice de l'alimentation humaine directe.

En Allemagne, où la question s'est posée avec au moins autant d'acuité au cours des dernières années en raison des restrictions d'importations alimentaires, on s'est efforcé d'accroître le rendement en matières nutritives tirées d'une surface de sol donnée (1). L'échelle de Woermann, reproduite tableau IV, montre les gains énormes qu'on peut réaliser en remplaçant la prairie, naturelle ou artificielle, par les cultures sarclées, betteraves fourragères, pommes de terre et surtout betteraves à sucre. Ces principes viennent d'être mis en pratique en Allemagne, notamment par l'extension de l'emploi de la betterave à sucre pour l'élevage des porcs. Sans attacher aux proportions indiquées une valeur absolue, car les chiffres dépendent des terrains, il n'en est pas moins certain qu'un gain de rendement considérable peut être obtenu.

L'insuffisance des matières azotées est un des traits généraux de la situation nouvelle. La source principale en était, pour la France comme pour l'ensemble des pays soumis au blocus britannique, les tourteaux provenant des millions de tonnes de graines oléagineuses importées en Europe, et dont les résidus, après extraction de l'huile, compensaient la faiblesse de teneur en matières azotées de la plupart des aliments à haut rende-

ment énergétique (betteraves, pommes de terre...).

La crise des matières azotées est moins aiguë en France que dans les pays où l'élevage intensif était essentiellement basé sur la combinaison tourteaux-cultures sarclées. Nous venons d'indiquer qu'on peut ainsi relever dans une proportion considérable le nombre de bêtes entretenues à l'hectare, d'abord parce que la pomme de terre ou la betterave tirent du sol beaucoup plus de matières nutritives que la prairie, ensuite parce

que le tourteau vient entièrement de l'extérieur. Mais la médaille a son revers, en cas d'arrêt de la fourniture de tourteau; la culture sarclée ne donne en effet que des aliments à très faible teneur d'azote, trois ou quatre fois moins que le pâturage.

Le problème de la réduction au minimum de la teneur d'azote de la ration avait d'ailleurs été étudié depuis très longtemps, en raison du prix relativement élevé des aliments azotés eu égard à leur valeur énergétique. Dès 1900, des études expérimentales très complètes furent entreprises sur cette question par les stations danoises officielles, et l'on démontra qu'une ration d'entretien légèrement inférieure à 0,6 g au kilogramme d'animal suffisait pour les vaches laitières. Mais on ne peut rien gagner sur la ration de production du lait, qui est la principale source de dépense d'azote de la vache. D'autre part, il est certain que le dépassement du minimum indispensable d'albuminoïdes dans la ration favorise la lactation. Aussi est-il sage en pratique d'enrichir les rations en azote.

La question se complique encore du fait que les matières azotées des tourteaux manquants peuvent bien remplacer celles de la betterave ou de la pomme de terre, mais ne peuvent pas être remplacées par elles. La vache à forte lactation dépérira, en même temps d'ailleurs que sa production laitière diminuera, si on lui fournit des matières azotées riches en amides (betterave...) sans apport convenable d'aliments riches en albumi-

Betteraves à sucre.....	100
Pommes de terre.....	51,5
Betteraves fourragères.....	41,6
Orge.....	31,5
Seigle.....	26,7
Prairie.....	22,1
Luzerne.....	21,7

TABLEAU IV. — COEFFICIENT DE RENDEMENT DES CULTURES EN MATIÈRES NUTRITIVES

(1) Voir dans ce numéro l'article sur l'exploitation intensive des prairies.

noïdes (tourteaux, graines de légumineuses...).

Un autre aspect des problèmes actuels est *l'excès de matières sèches* des aliments dont on dispose, après déduction des tourteaux, surtout si l'on fait appel aux aliments dédaignés en temps normal (pailles, balles, marcs de pommes et de raisins...). Ce problème a été un des plus graves de ceux qui se sont posés ces dernières années à l'élevage allemand, pour le maintien de la production du lait. Avec la suppression des tourteaux oléagineux étrangers, il ne lui était plus possible de composer une ration permettant de relever à 15 ou 20 litres de lait par jour, par simple addition d'un aliment concentré, un rendement de 8 à 10 litres.

Les solutions immédiates au problème de l'alimentation rationnelle

Nous n'avons pas fait état des solutions qui ne sont pas entrées dans la pratique courante, le plus souvent parce que leur valeur théorique certaine se heurtait à une question de prix de revient. On peut assurément, par un traitement convenable, microbien ou chimique, transformer la cellulose du bois ou des pailles en éléments plus assimilables, produire des matières azotées ou transformer les matières azotées de qualité inférieure (amides), au moyen de bactéries...

Jusqu'à ce que ces procédés soient entrés dans la pratique courante, il ne reste à l'élevage français qu'une ressource : l'application, avec une précision sans cesse accrue, des principes classiques de la zootechnie. L'élevage peut être aujourd'hui une technique scientifique, où le problème de la répartition optimum des matières azotées et des aliments à faible coefficient d'encombrement recevront une solution chaque jour plus parfaite.

Assurément, dans la plupart des cas, l'éleveur se trouve dans une situation dont la complexité paraît au premier abord défier toute répartition ration-

nelle d'aliments. Les cinquante bêtes de sa ferme lui posent presque autant de problèmes particuliers. Les chevaux, les bovidés, les moutons, les porcs voisinent. Les uns travaillent, d'autres sont à l'engraissement. Parmi les femelles, les unes sont sur le point de mettre bas, d'autres allaitent leurs nouveau-nés, d'autres sont à différents stades de leur production laitière. Faudra-t-il donc suivre en permanence le poids de chacun des animaux au pont-basculé (combien en possèdent?) ou au ruban zoométrique, peser chaque jour, pour chacun, la ration de foin, de betteraves, de tourteaux?

Une telle méthode serait le plus sûr obstacle à toute alimentation rationnelle. Mais elle ne s'impose nullement. Le calcul individuel qui serait inextricable devient simple s'il est fait globalement. A l'entrée de l'hiver, l'éleveur peut en quelques heures de réflexion et de calcul, voir si les aliments dont il dispose assurent à son cheptel le total voulu, en valeur énergétique, en taux d'azote, en matières minérales, en coefficient d'encombrement. Il réglera ses achats, ses échanges, ses semailles en conséquence, complètera ou réduira son troupeau. Cette précision dans l'évaluation lui évitera bien des déboires; elle lui permettra d'étaler sur de longs mois l'addition des fourrages grossiers inhabituels, pailles, balles, marcs..., qui seront alors absorbés utilement. Dans la répartition individuelle même, point n'est besoin d'une bascule pour donner à chaque animal ce qui lui revient, pour répartir à peu près également le foin et la paille, ajouter aux animaux qui travaillent ou ont une production laitière importante le supplément d'aliments concentrés indispensable, se livrer de temps à autre au « contrôle laitier », suivre les premiers symptômes d'amaigrissement et de durcissement de la peau au toucher qui révéleront l'insuffisance de la ration azotée, et corriger l'alimentation en conséquence.

Daniel JULIANS.

L'EXPLOITATION RATIONNELLE ET INTENSIVE DES PRAIRIES

par Pierre GAUME

Ancien Elève de l'Ecole Polytechnique

IL n'est pas besoin d'insister sur l'intérêt que présentent actuellement toutes les contributions à la solution du difficile problème de l'amélioration de notre ravitaillement. Toutes nos productions alimentaires doivent être intensifiées et, en tout premier lieu, les productions de viande et de lait, la viande dont la consommation a dû être si sévèrement réduite, le lait dont même les enfants et les malades sont privés et dont les dérivés, fromage et beurre, deviennent, par leur rareté, des produits de luxe.

Mais, pour produire plus de lait et plus de viande, ne faut-il pas disposer de quantités plus grandes de fourrage et créer de nouveaux herbages, en enlevant des terres à la culture, déjà trop pauvre? Ne peut-on pas plutôt augmenter la production des pâturages existants? C'est naturellement dans cette dernière voie qu'il faut chercher. Il suffit, pour se convaincre de la possibilité de cet accroissement de production, de constater qu'il y a un écart du simple au double entre la production moyenne et celle des bonnes prairies, du simple au quintuple entre celle des plus mauvais et des meilleurs herbages. Alors que la culture a fait des progrès remarquables, les prairies restent, dans la plupart des cas, utilisées

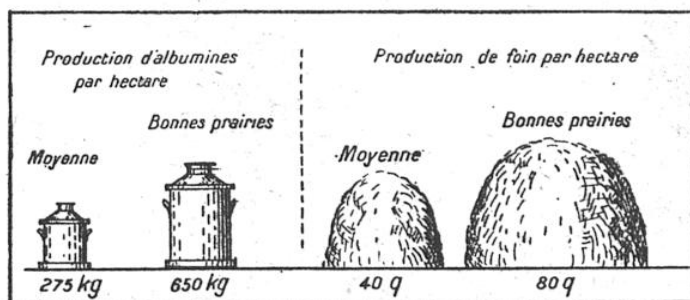


FIG. 1 — LE RAPPORT DES MEILLEURES PRAIRIES EST LE DOUBLE DE LA MOYENNE

Cette simple constatation permet de concevoir la possibilité d'une augmentation notable du rendement de la plupart des prairies.

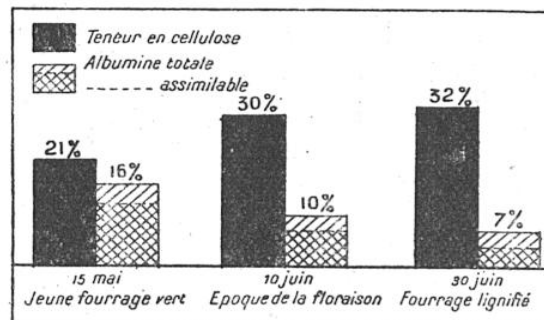


FIG. 2. — VARIATION DE LA VALEUR NUTRITIVE DU FOURRAGE

La diminution de la teneur en substances nutritives dépasse largement l'augmentation du poids brut de fourrage, entre le 15 mai et le 30 juin.

comme au siècle dernier, sans aucune amélioration. Cependant, des essais d'exploitation plus rationnelle ont déjà été faits, systématiques dans certains pays étrangers de grand élevage, plus timides en France. Ces études ont abouti à dégager quelques-uns des principes dont la mise en pratique nous donnera plus de lait et plus de viande, sans qu'il soit nécessaire d'empiéter sur la surface consacrée à la culture.

Si nous réfléchissons au problème du rendement de la prairie, nous sommes amenés à considérer qu'il dépend de deux facteurs principaux :

1° La production brute de fourrage;

2° Le pouvoir nutritif de ce fourrage, au moment où il est consommé.

C'est sur ces deux facteurs qu'il convient d'agir, de façon à les porter simultanément à leur maximum. Il est évident que le premier dépend surtout des soins apportés aux prairies, alors que le second est lié au mode d'exploitation : pacage, fauchage, conservation du foin, etc...

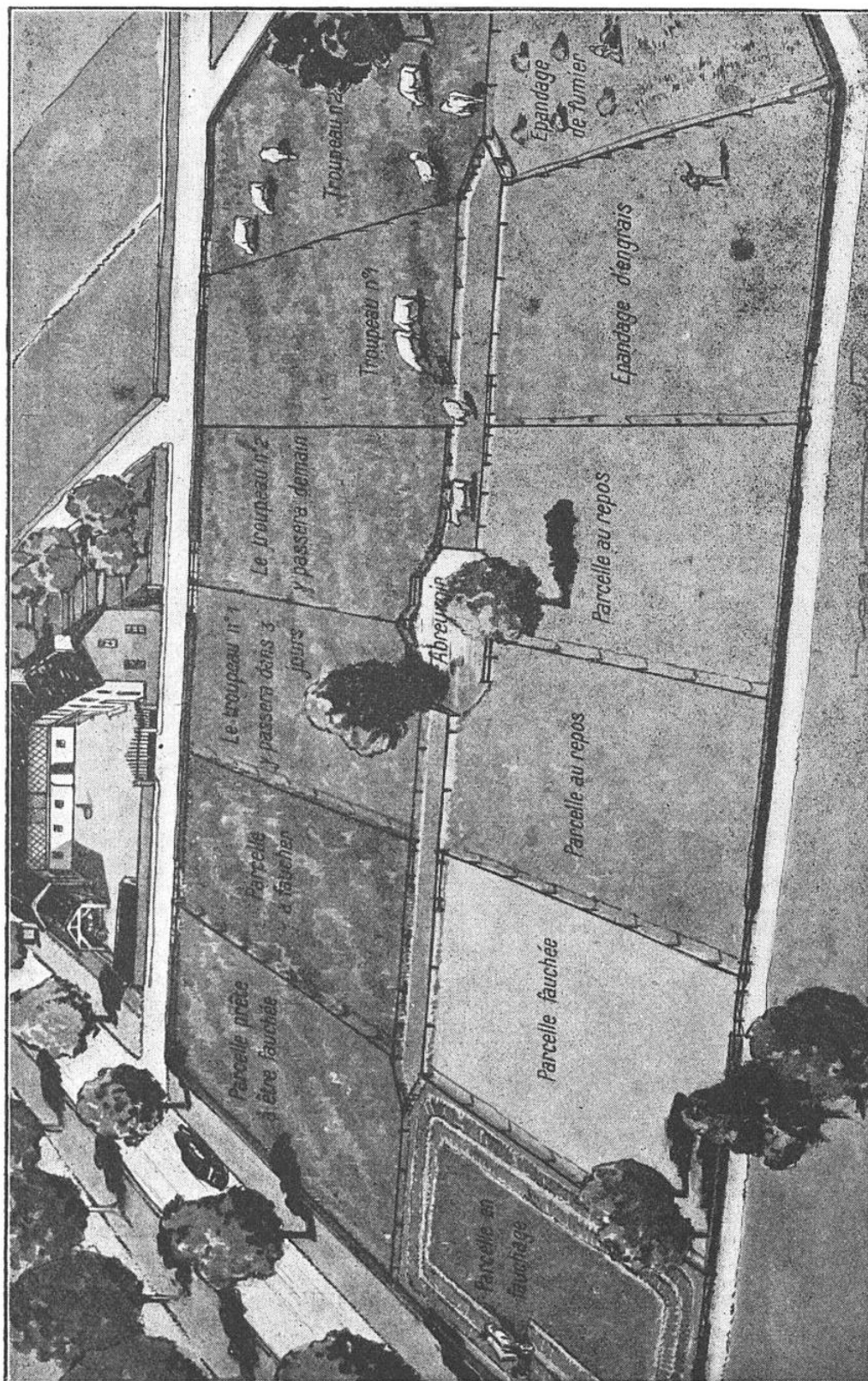


FIG. 3. — PRAIRIE AMÉNAGÉE ET TRAITÉE POUR LE PROCÉDÉ L'ÉLEVAGE INTENSIF DU PACAGE TOURNANT

Ce panorama schématique (les parcelles de prairie peuvent être beaucoup plus dispersées dans la réalité) correspond à la fin du printemps, au moment où la croissance de la végétation est la plus active et où la production de la prairie est supérieure à la consommation du bétail.



T W 2379

FIG. 4. — LE FUMIER EST INDISPENSABLE AUX PRAIRIES

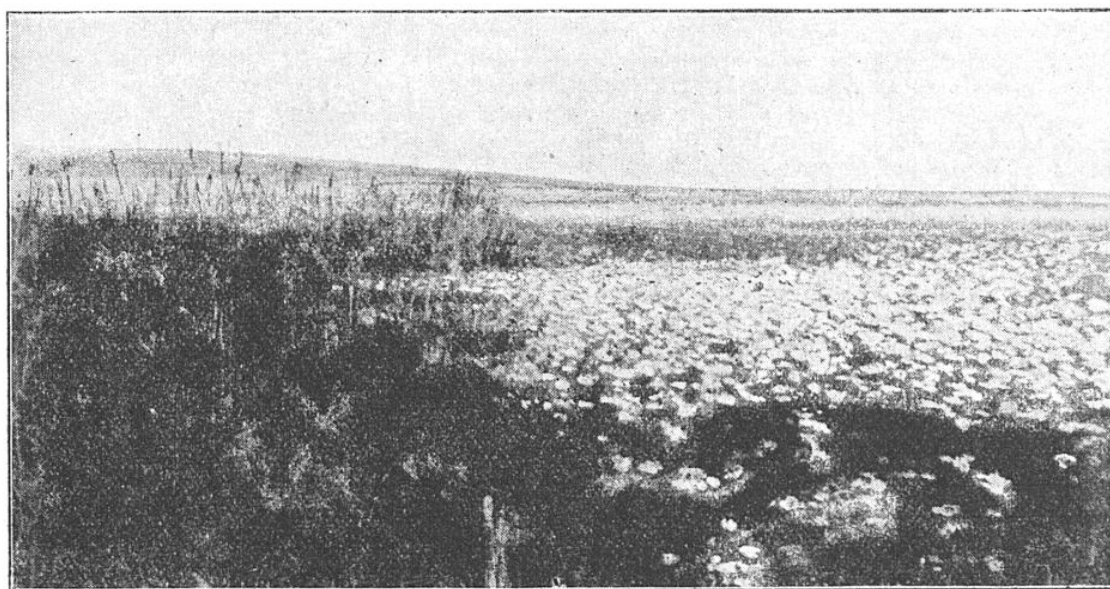
On en épandra chaque année sur le quart de la surface totale, de préférence pendant l'hiver, et sur les parcelles destinées à être fauchées très tôt au printemps.

L'exploitation classique

Neuf fois sur dix, on sort le bétail au printemps, quand le beau temps semble durablement établi; puis on laisse la nature se débrouiller seule pour fournir

aux animaux l'herbe dont ils ont besoin. On réserve seulement les parcelles où on fera le foin pour l'hiver.

Résultat : la prairie meurt de faim et de fatigue. Elle se vide de sa substance et ne reçoit jamais rien, la présence



T W 2381

FIG. 4. — UNE FUMURE ÉQUILIBRÉE ET INTENSIVE ACCÉLÈRE LA CROISSANCE DES BONNES ESPÈCES A UN POINT TEL QUE LES MAUVAISES HERBES SONT ÉTOUFFÉES

La parcelle de gauche a reçu une fumure complète (engrais organique, azote, acide phosphorique, potasse), celle de droite n'a reçu aucun engrais.

10

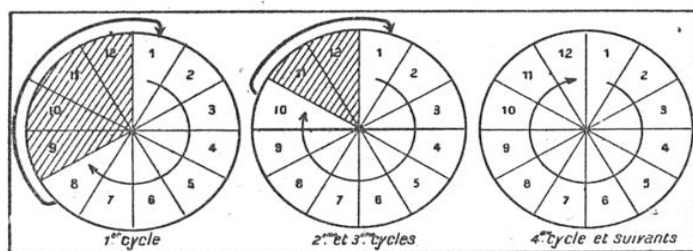


FIG. 6. — SCHÉMA DE L'EXPLOITATION EN « PACAGE TOURNANT »

Au cours du premier cycle, huit parcelles sont pacagées, quatre sont fauchées; aux deuxième et troisième cycles, dix parcelles sont pacagées, deux sont fauchées; à partir du quatrième cycle, toutes les parcelles servent au pacage.

continue du troupeau empêchant tout travail, tout apport d'engrais ou de fumier. Elle se pèle aux endroits trop secs et se couvre de mauvaises herbes aux endroits trop humides. Elle est piétinée, écrasée, tondue sur les croupes, délaissée dans les fonds. Une partie importante de l'herbe est mangée trop mûre, déjà partiellement lignifiée. Le jeune et beau fourrage vert de la mi-mai a perdu à fin juin la moitié de ses matières albuminoïdes, les trois quarts de son azote assimilable. Les bêtes, qui n'ont pas toutes les mêmes besoins, sont cependant toutes nourries de la même façon, les unes trop, les autres pas assez; car une vache donnant 5 litres de lait par jour n'a besoin que de 600 g d'albumines, pendant qu'à sa voisine, qui donne 25 litres, il en faut 1 800 g et qu'un jeune bœuf à l'engrais s'accommode fort bien de 800 g.

Le remède à ces maux se trouve naturellement dans la réalisation des deux conditions de rendement rappelées ci-dessus : soigner les herbages et consommer l'herbe au moment où elle est la meilleure.

La fertilisation de la prairie

La logique et surtout l'expérience prouvent que les prairies ont besoin d'engrais et que l'engrais paie. Bien mieux, des herbages en mauvais état, si leur sol est encore meuble et contient assez de chaux, peuvent être régénérés par simple emploi d'engrais. Bien entendu, la fumure doit être complète et équilibrée : engrais organiques, azote, phosphore, potasse. Une analyse du sol donnera à cet égard

de précieuses indications. D'une façon générale, il faut prévoir un épandage de fumier tous les quatre ans. Le terreau additionné de chaux donnera de bons résultats en été. Le phosphore et la potasse sont appliqués en hiver, à raison de 300 à 500 kg d'engrais phosphaté à 16-18 % et 200 à 300 kg de sel de potasse à 40 %, par hectare. L'azote, élément essentiel des fourrages verts, est apporté en partie par des arrosages de purin, le complément sous forme d'engrais azotés : sulfate d'ammoniaque, cyanamide, nitrate de soude au printemps, ammonitrite ou nitrate de chaux en été. Il faut compter, par hectare, de 300 à 500 kg d'en-

grais azotés à 20 %.

	Avec phosphore et potasse	Avec même apport de phosphore et de potasse, augmenté des quantités ci-dessous d'engrais azotés à 20 %		
		200 kg/ha	400 kg/ha	600 kg/ha
Lait ...	2 630 l	3 260 l	3 760 l	4 380 l
Viande.	150 kg	185 kg	214 kg	249 kg
Foin...	7 400 kg	9 200 kg	10 600 kg	12 400 kg

TABLEAU I. — Ce que rapporte un hectare de prairie avec ou sans engrais azoté.

grais azoté à 20 %. L'importance et l'intérêt de la fumure azotée ressortent des chiffres du tableau ci-dessus, que nous empruntons à des travaux récemment publiés en Allemagne.

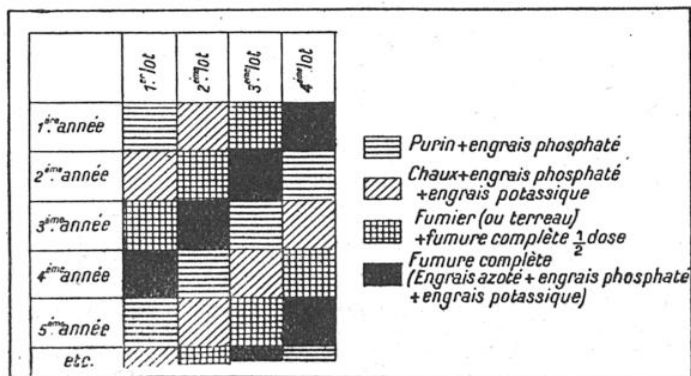


FIG. 7. — EXEMPLE DE FERTILISATION RATIONNELLE

L'ensemble des prairies est divisé en quatre lots. Chaque lot reçoit chaque année une fumure différente, suivant un cycle de quatre ans. On obtient ainsi une excellente utilisation des engrais.

Nous verrons ci-après comment un procédé d'exploitation rationnel permet d'employer la fumure même en été.

Le « pacage tournant »

L'idée nouvelle et la plus féconde de l'élevage « intensif » est née de la préoccupation de réaliser la seconde des conditions de bon rendement : consommer toujours le fourrage vert au moment où sa valeur nutritive est la plus élevée. Pour cela, on a pensé à diviser les pâturages (nous laissons de côté la question des prairies de fauche, auxquelles s'appliquent, bien entendu, les paragraphes ci-dessus) en un certain nombre de parcelles à peu près égales, où le bétail sera mis à paître successivement.

Le troupeau fait le tour complet en quelques semaines, de sorte que l'herbe est toujours consommée après quelques semaines de croissance et que chaque parcelle « se repose » entre deux passages consécutifs du bétail, ce qui permet de lui donner les soins nécessaires.

Le nombre de parcelles (voir la fig. 6) qui a donné les meilleurs résultats est de 8 à 12, suivant les facilités locales. La dimension des parcelles est d'environ 5 ares par tête de gros bétail ; autrement dit, pour un cheptel comportant vingt vaches laitières, les parcelles seront d'environ un hectare. Les séparations sont des clôtures légères en barbelés, un fil à 55 et un à 90 cm du sol. Il convient d'éviter les angles aigus. Toutes les parcelles doivent avoir accès à l'abreuvoir. Au besoin, on ménagera des couloirs de 8 à 10 m de largeur pour faire communiquer les parcelles éloignées et les points d'eau. Ceux-ci seront aménagés de façon à être toujours propres. On évitera que les animaux entrent dans l'eau en les bordant de barrières en rondins.

Les modalités de l'exploitation

On divisera le troupeau en deux groupes. Le premier ne comprendra que les vaches laitières, le second réunira le reste du cheptel. Dans les exploitations très importantes, on aura même avantage à subdiviser le premier groupe en deux, en mettant à part les vaches donnant beaucoup de lait. Sur chaque parcelle, les deux groupes — ou les trois — se succéderont, les vaches laitières d'abord, les

meilleures les premières, puis les veaux, bouvillons, chevaux, etc. Le changement se fera tous les deux, trois ou quatre jours, suivant la saison et la rapidité de croissance de l'herbe.

Suivons, au long de l'année, sans entrer dans les détails, une exploitation ainsi conduite.

Voici le printemps. Nous avons eu soin, en hiver, de recouvrir trois parcelles de paille. L'herbe y pousse très tôt et très vite et nous pouvons sortir notre troupeau de vaches laitières dès les premiers beaux jours. Le plus tôt sera le mieux. Nous prendrons naturellement les précautions nécessaires pour le passage de l'étable au plein air, courtes sorties journalières, choix de jours de beau temps, passage progressif du fourrage sec au fourrage vert, etc...

Au bout de deux jours, nous faisons passer le troupeau à la parcelle 2 et nous sortons le groupe 2 dans la parcelle 1. Deux jours après, nous changeons à nouveau, occupant les parcelles 3 et 2. La parcelle 1 est abandonnée pour trois semaines. Nous en profitons pour y passer le rouleau et épandre une première dose d'un sac d'engrais azoté (sulfate, cyanamide ou nitrate de soude) par hectare.

Nous continuons ainsi de parcelle en parcelle. L'herbe repousse vite et drue et toutes les parcelles sont bientôt assez

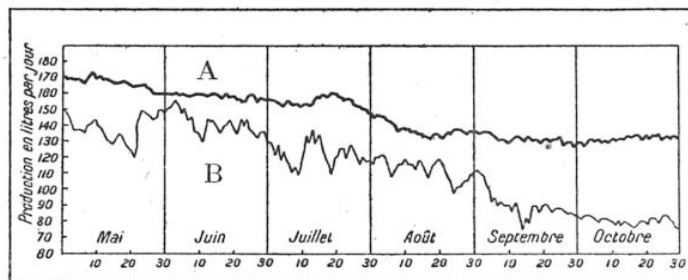
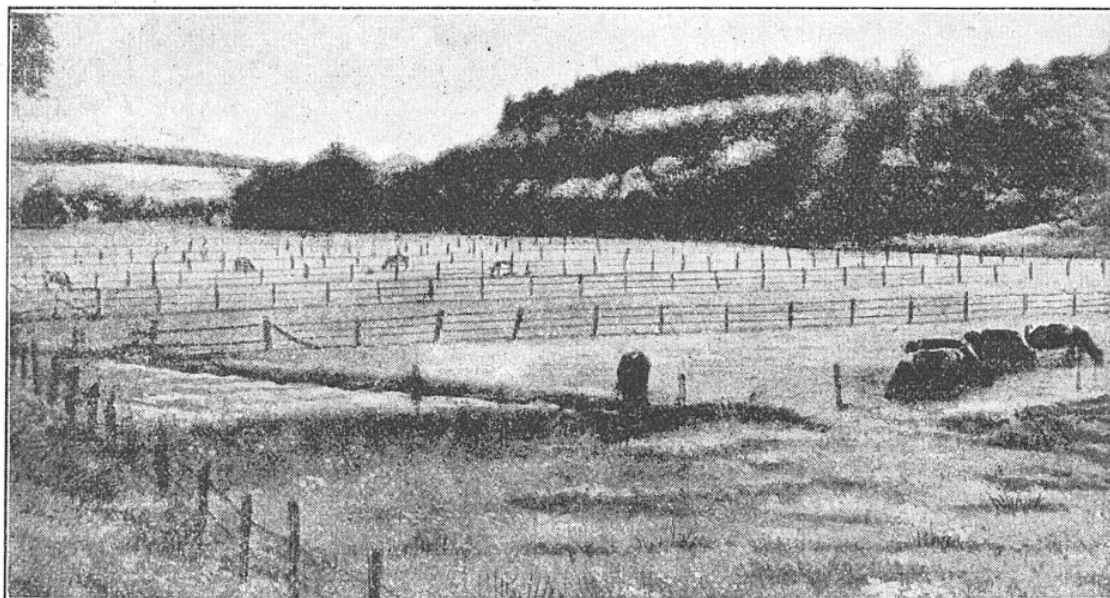


FIG. 8. — LA PRODUCTION DE LAIT D'UN TROUPEAU DE DIX VACHES LAITIÈRES

Après adoption du mode d'exploitation intensif et rationnel exposé ci-dessus (courbe A), la production est nettement supérieure et beaucoup plus régulière que celle du même troupeau avant l'adoption de cette nouvelle méthode (courbe B). La simple comparaison des deux courbes montre que les frais engagés pour l'achat des engrais et la séparation en parcelles sont largement « payants ».

avancées pour que les troupeaux y restent trois jours. Lorsque les vaches laitières quittent la parcelle 8, la parcelle 1 est déjà repoussée. Ne laissons pas notre herbe vieillir : elle perdrait les trois quarts de sa valeur nutritive. Nous ramenons le bétail à la première parcelle, gardant les parcelles 9 à 12 pour être

tons chaque jour notre production de lait et nous constatons avec joie qu'elle reste très régulière et ne décroît que lentement. Ce n'est que vers le 15 août que nous descendons au-dessous de 15 litres par jour et par tête, moyenne que nous réussissions à peine à atteindre à la meilleure saison les années précédentes.



T W 2380

FIG. 9. — PLUSIEURS PROPRIÉTAIRES ONT RÉUNI LEURS PRAIRIES PROCHES DU VILLAGE ET LES EXPLOITENT EN COMMUN, PAR « PACAGE TOURNANT »

fauchées. Nous fauchons d'ailleurs très tôt, un mois plus tôt que nos voisins. Nous perdons sur le poids de foin, nous n'avons que 40 quintaux à l'hectare au lieu de 60, mais ces 40 quintaux contiennent 2 600 kg de substances albuminoïdes, tandis que nos 60 quintaux de juillet n'en auraient fourni que 1 500 kg. Comme nous ne voulons pas perdre cette précieuse substance, nous faisons sécher sur chevalets et nous économisons encore 5 % de la valeur nutritive. Si le temps est mauvais, nous n'attendons pas non plus le bon plaisir du soleil et nous mettons notre foin en silo.

L'été vient. L'herbe pousse maintenant moins vite et dix parcelles sont utiles au pacage. Deux parcelles sont fauchées une seconde fois et nous épandons un second sac d'engrais azoté (ammonitrate ou nitrate de chaux) par hectare.

Passée la mi-juillet, les douze parcelles servent au pacage. La rotation complète dure maintenant cinq semaines. Nous no-

L'automne arrive, puis l'hiver. Les bêtes sont à l'étable. Mais les prairies ne restent pas privées de soins. Nous profitons, en effet, de la mauvaise saison pour exécuter nombre de menus travaux : curer les fossés, retendre les fils des clôtures, remplacer les piquets pourris, etc.. Nous couvrons trois parcelles pour le début du printemps prochain. Enfin, c'est en hiver que nous épandons le fumier, la potasse et le superphosphate.

Et si, faisant notre comptabilité aux veillées d'hiver, nous comparons les résultats à ceux des années passées, nous constatons qu'avec les mêmes prairies, si nous avons eu plus de peines, si nous avons dépensé quelque argent, nous avons fourni deux fois plus de lait au laitier et deux fois plus de viande au boucher et qu'au total, nous avons augmenté notre revenu, tout en apportant notre contribution au difficile problème de l'amélioration du ravitaillement de notre pays.

Pierre GAUME.

LES TECHNIQUES MODERNES DE LA STIMULATION VÉGÉTALE ET DU "FORÇAGE" DES PLANTES

par Lucien THEROND

Docteur de l'Université de Dijon (Sciences)

Les phénomènes chimiques extrêmement complexes qui président à la nutrition, à la croissance et à la reproduction des plantes sont encore incomplètement connus, mais il est cependant possible d'agir sur eux pour les modifier dans un sens favorable. Une température élevée accélère les échanges nutritifs, certains produits minéraux constituent à faible dose des « excitants » (engrais catalytiques), la suralimentation minérale et azotée (engrais), carbonée (« gazage » par le gaz carbonique), combinés à un apport supplémentaire d'énergie lumineuse, favorisent le développement végétatif. Cette stimulation augmente la précocité de la plante sans pour cela rompre l'alternance de ses périodes de vie active et de repos. Par des procédés beaucoup plus énergiques, agissant semble-t-il sur les hormones et diastases du tissu végétal, on est parvenu à arracher la plante à son repos périodique ou à provoquer le développement de certains de ses organes (racines) et à obtenir ainsi des fruits à contre-saison ou des boutures de plantes qui, normalement, ne se prêtent pas à ce mode de multiplication. Enfin, on sait maintenant provoquer par le contact de solutions de colchicine les « mutations » engendrant des espèces améliorées, et que les sélectionneurs devaient encore, il y a quelques années, attendre du hasard.

DEPUIS déjà longtemps, l'agriculteur s'est efforcé d'accélérer la croissance des végétaux en s'inspirant des conditions naturelles les plus favorables à leur cycle végétatif. L'amélioration des espèces cultivées et des méthodes d'exploitation du sol, dues aux progrès agronomiques si importants de la fin du siècle dernier, avait contribué d'une façon sensible à l'accroissement de la précocité des cultures. C'est ainsi que dans la branche de l'horticulture, où les primeurs récoltées avant la saison normale atteignent les prix les plus élevés sur les marchés, les techniques de stimulation et de forçage à l'aide d'adjuvants naturels (couches, serres chaudes) devaient atteindre un certain degré de perfection.

Cependant, les conditions économiques modernes où la concurrence commerciale et les exigences décuplées de la consommation poussent à une industrialisation de la culture des légumes et des fruits, ont incité le praticien à rechercher encore plus de rapidité dans le développement végétatif, à contrarier même le rythme saisonnier de ce dernier pour obtenir par des moyens artificiels des pro-

duits à « contre-saison » qui atteignent les prix de vente les plus hauts. Des découvertes récentes ont placé ces pratiques nouvelles à l'ordre du jour du progrès agronomique.

Dans son sens général, la « stimulation » se limite à une action adjuvante, excitante, des phénomènes de croissance. Si, par contre, on envisage une brusque reprise de la croissance chez des plantes à l'état de « repos végétatif », à une époque hors-saison, c'est-à-dire opposée à celle qui leur est assignée par les conditions normales du milieu naturel, on opère alors une stimulation brutale, qui est du « forçage ». Dans ce cas, la mise en œuvre d'agents particuliers, agissant directement sur le végétal, permet un véritable réglage des conditions de repos et de végétation, celle-ci étant positivement « dirigée » vers le but recherché.

La stimulation par le milieu alimentaire

Les engrais

Il est intéressant de signaler, en tout premier lieu, les véritables effets de « stimulation » qui ont été obtenus en agis-

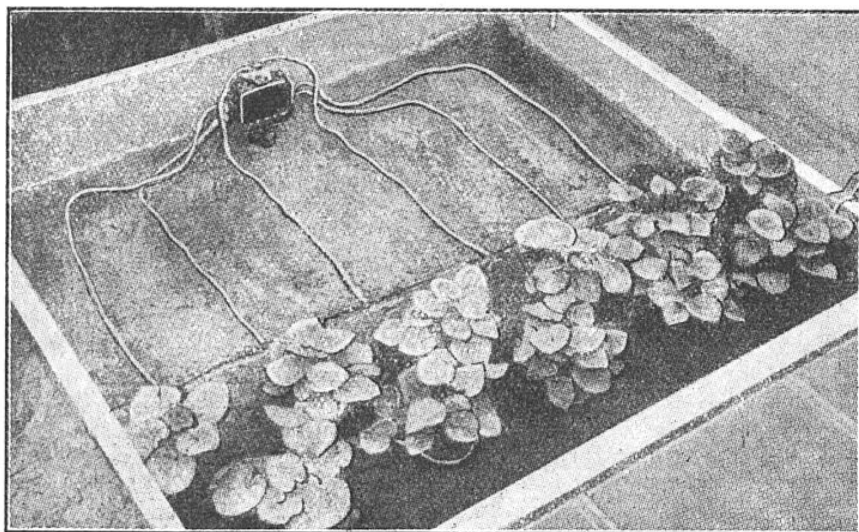


FIG. 1. — INSTALLATION DE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE D'UN CHASSIS

Les fils chauffants sont installés au fond du châssis et enrobés dans une couche de sable qui joue le rôle d'accumulateur de chaleur (Société électrique de travaux agricoles).

sant directement sur le milieu alimentaire, où le végétal puise une grande partie des éléments qui lui sont nécessaires. On sait que la « chimie de la plante » est inséparable de la « chimie du sol », et que toute modification apportée à la nutrition du végétal retentit sur sa physiologie. En augmentant ou en diminuant la teneur du sol en sels nutritifs, certains expérimentateurs ont pu provoquer chez diverses plantes des changements périodiques de repos et de croissance. On pourrait donc, dans ce sens, parler d'une action « stimulante » des engrais, dont la plupart sont plutôt considérés comme des correcteurs de carences alimentaires ou des adjuvants nutritifs du sol. Par contre, peut-on en dire autant de ces substances qui, ajoutées au sol à des doses minimales de 30, 20, 10 et même 4 kg à l'hec-

tare sont susceptibles d'agir sur les cultures? Ce sont bien là des stimulants de la croissance, des excitants, comme on les nomme à l'étranger, et qui en France ont reçu le nom d'éléments oligodynamiques (théorie de G. Bertrand), et, dans un langage plus courant, celui d'engrais « catalytiques ». Présents à l'état de traces, ils produisent des effets hors de proportion avec leur poids.

Laissons de côté, dans un domaine voisin, les substances dites « radioactives », dont l'application à la pratique agricole a presque toujours donné des résultats insignifiants ou négatifs. De même les « produits bactérisés » dont les Allemands, en particulier, avaient espéré de si bons résultats, et qui se sont montrés sans avantages appréciables pour l'agriculture.

Mais au point de vue biologique de la

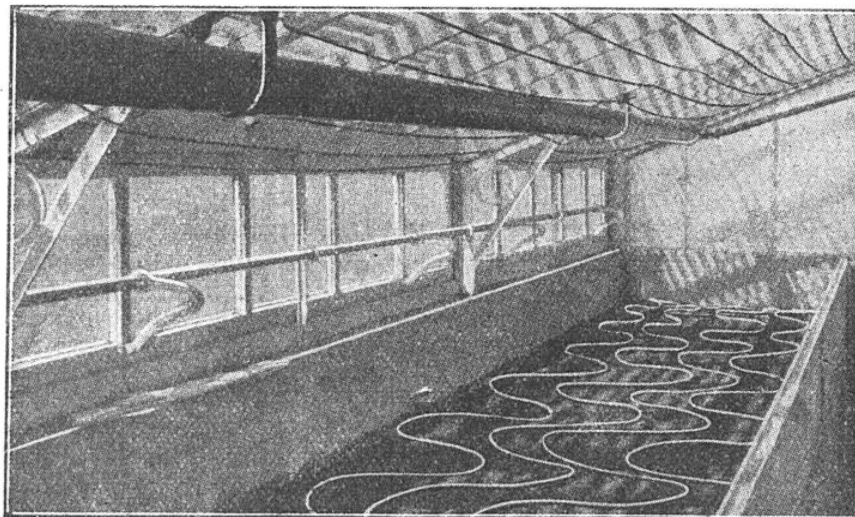


FIG. 2. — UNE SERRE MUNIE D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE (SOCIÉTÉ ÉLECTRIQUE DE TRAVAUX AGRICOLES)

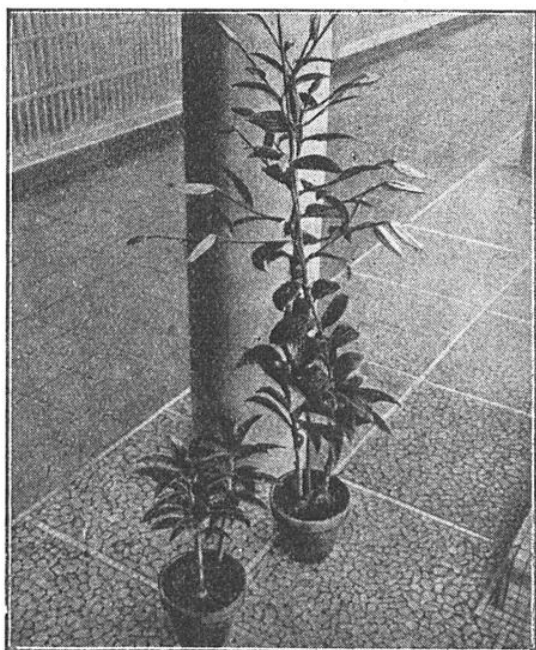
stimulation, il est indispensable de signaler — bien que le fait tombe dans le domaine de la pratique courante — l'action particulière des engrais organiques en décomposition, dont les constituants renferment divers principes tel l'acide indol-acétique représentant de véritables facteurs de croissance ou « hormones » (1) qui stimulent les réactions physiologiques du végétal.

Peut-être verrons-nous un jour dans la fertilisation du sol se vulgariser l'emploi de substances synthétiques de croissance associées aux engrais minéraux, en raison de la rareté du fumier de ferme, appelé en certaines régions à disparaître.

Le chauffage électrique du sol

Parmi les méthodes de stimulation des plantes par le milieu alimentaire, il faut

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 247, page 62. Nous verrons plus loin une application originale récente de ces substances provenant des processus de désassimilation des matières protéiques animales ou végétales. Au XIX^e siècle, Liebig avait entrevu leur action spéciale, mais il ne fut pas pris au sérieux quand il soutint que des traces d'impuretés organiques provoquaient la division cellulaire dans les cultures de ferments.



T W 2433

FIG. 3. — LA STIMULATION PAR LA LUMIÈRE D'APPOINT
Le plus grand des deux lys a été stimulé par la lumière électrique « intégrale », c'est-à-dire par la lumière d'une lampe à verre de quartz n'arrêtant pas les radiations ultra-violettes.



T W 2335

FIG. 4. — PLANTES CULTIVÉES EN APPARTEMENT A LA LUMIÈRE INTÉGRALE

faire une place importante au chauffage artificiel du sol qui permet d'assurer aux cultures ce facteur essentiel de la croissance qu'est la chaleur, facteur qui dans les conditions naturelles de culture fait souvent défaut aux époques les plus critiques de la végétation. L'électricité est venue apporter son précieux concours en fournissant aux couches une température constante, régulière et réglable, qui tend à remplacer de plus en plus, dans les installations modernes, les anciens procédés par couche de fumier (chaleur de fermentation) ou par thermosiphon (chauffage au charbon).

Le chauffage électrique du sol est justifié dans la plupart des pays producteurs de cultures forcées ou hâtées qui réalisent des prix élevés sur les marchés de « primeurs ». Son prix de revient est en effet devenu abordable par suite du tarif d'« heures creuses » consenti par les compagnies d'électricité. En outre, le sol, bon accumulateur de chaleur, peut être maintenu à une température régulière à 2° C près, par un chauffage intermittent. Des dispositifs pratiques et simples permettent actuellement d'utiliser le chauffage électrique dans des conditions satisfaisantes de commodité et d'économie. C'est ainsi que l'horticulteur, par

la manœuvre d'un seul commutateur, peut obtenir successivement dans la même couche des températures favorables aux diverses opérations : hivernage, multiplication des semis et des plants, reprise, etc. Il peut compartimenter ses cultures, éviter de chauffer des surfaces inutiles.

Appliqué aux cultures maraîchères comme aux cultures florales, le chauffage électrique détermine en bâches, tablettes ou châssis, en serre ou en plein air, des levées plus rapides, une végétation homogène et conduit avec un rendement meilleur à des récoltes plus précoces.

Que dire maintenant d'une autre utilisation de l'électricité, depuis déjà longtemps entrevue du reste, comme agent de stimulation de la nutrition végétale et connue sous le nom d'électroculture (1)? L'action d'un courant électrique circulant dans le sol où il stimulerait les réactions biochimiques, a fait l'objet d'un certain nombre d'expériences qui ne furent pas toutes négatives, mais par contre extrêmement contradictoires et généralement décevantes. Seule, l'action de l'effluve électrique, appliqué au-dessus des cultures et influençant les réactions du sol et des tissus végétaux, paraît avoir des effets certains, de même que l'action de courants à grande fréquence; mais des tentatives de vulgarisation de ces procédés n'ont pas été suivies par la pratique agricole.

Le gazage artificiel du sol ou la « fumure carbonique »

On sait que le gaz carbonique, contenu à très faible dose dans l'atmosphère, est la source principale de l'alimentation carbonée de la plante qui, sous l'influence des radiations lumineuses, fixe par photosynthèse le carbone du gaz carbonique et en rejette l'oxygène. Cette fonction physiologique primordiale aboutit à la formation de principes qui, combinés avec les éléments assimilés du sol, sont à la base de toute la synthèse végétale. Elle peut être renforcée de deux manières : soit en augmentant la source d'énergie lumineuse, soit en enrichissant le milieu en gaz carbonique. L'emploi de la lumière, assez onéreux, semble réservé à des cultures spéciales ou de luxe. Il en sera dit un mot plus loin. Quant au gazage, son importance doit être soulignée

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 222, page 497.

ici, notamment pour les plantes riches en carbone, telles les orchidées. En effet, il réalise non seulement un apport alimentaire, mais encore il agit artificiellement à la façon d'un stimulant, favorisant à faible dose la physiologie de la plante, et devenant nuisible à dose plus élevée. On pourra peut-être le considérer dans l'avenir comme un engrais carboné.

Dans la pratique, le gazage carbonique a d'abord utilisé du gaz du commerce en bouteilles, qu'on injectait sous les châssis ou qu'on répandait dans l'air; mais ce gaz contient des traces de méthane ou d'acétylène déterminant des effets nuisibles. Comme il convenait d'avoir une pureté du gaz d'au moins 98 %, on eut recours à la neige carbonique; mais ici le procédé se révéla peu pratique économiquement, étant donné la perte de poids (environ 25 %) en cours de transport, ceci malgré un emballage spécial calorifugé.

C'est le procédé allemand du docteur Reinau, dit « procédé OCO », qui paraît donner le plus de satisfaction. Il consiste à brûler simplement des tablettes de charbon de bois comprimées qui ont été traitées chimiquement. Chaque tablette dégage exactement 100 litres de gaz pur à la combustion, mais sa division en cinq parties permet un dosage pour chaque culture. Les charbons sont allumés après imbibition à l'alcool à brûler ou au méthaldéhyde (dit alcool solidifié), et le dégagement peut s'opérer soit au milieu d'une serre, soit sous les châssis ou à travers une couche.

Le gazage au gaz carbonique, exactement dosé, opéré avec soin en tenant compte de divers facteurs : température, intensité lumineuse extérieure réglant l'assimilation du carbone, autorise de grands espoirs en horticulture où l'emploi des couches naturelles présente de gros inconvénients. Chauffées, ces couches fournissent une quantité de gaz carbonique insuffisante (1). C'est pourquoi le gazage donne ses meilleurs effets sur couches chauffées. Avec le chauffage électrique, on obtient des résultats exceptionnels, dus semble-t-il à une meilleure assimilation carbonée, que favoriserait le rayonnement infra-rouge émis par les câbles chauffants.

(1) Par suite de l'arrêt des fermentations au fond de la couche au-dessus d'une certaine température.

Contrairement à d'autres procédés de gazage artificiel du sol (gaz d'éclairage, composés chlorés, etc.), essayés dans le but de stimuler la nutrition végétale et qui n'ont pas été adoptés dans la pratique agricole, le gazage au gaz carbonique est pratiqué dans plusieurs pays étrangers et notamment en Allemagne et en Hollande, où des milliers d'horticulteurs et de maraîchers obtiennent par son application de très beaux bénéfices. En France, la Société d'applications électriques Alsthom poursuit des essais dont certains ont déjà fourni d'intéressants résultats. Le procédé, même combiné au chauffage électrique, paraît devoir être limité pour l'instant aux cultures riches, ceci en raison du prix de revient des tablettes OCO (cours des changes).

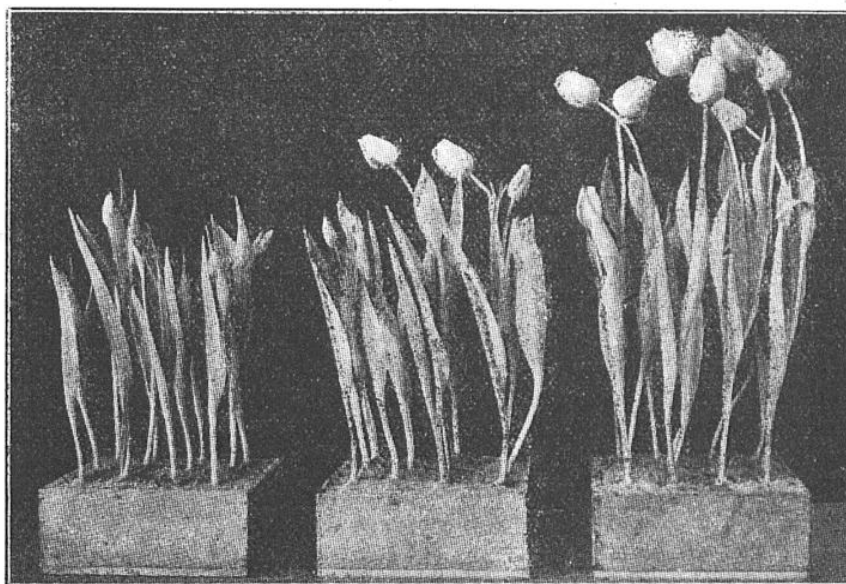
Le forçage des plantes

Ici, le phénomène de stimulation végétative est réalisé par contact direct des cultures avec le stimulant. L'action de ce dernier devant permettre d'avancer la date d'entrée en vie active des cultures, l'évolution physiologique n'est plus seulement accélérée, mais positivement contrariée dans son rythme normal, et des perturbations profondes sont apportées par le stimulant aux phénomènes de périodicité de la croissance. C'est que le but essentiel est justement de déclencher chez les plantes, en période de repos annuelle, un réveil artificiel de végétation, le développement de celle-ci pouvant être suspendu ou prolongé, au gré de l'expérimentateur ou du praticien.

Qu'est-ce que le repos des plantes ?

On peut croire généralement que les arbres et arbustes entrent en repos physiologique dès la fin de la croissance, et

qu'ils « s'endorment » sous l'action du froid hivernal, les rayons printaniers venant provoquer leur réveil végétatif. En réalité, le repos végétatif s'effectue par stades successifs qui sont liés à des processus physiologiques : ralentissement des échanges chimiques et des phénomènes respiratoires, production de toxines de « fatigue », inhibition des diastases et des substances de croissance (hétéro-auxines).



F W 2331

FIG. 5. — FORÇAGE DE LA FLORAISON DE TULIPES PAR ALTERNANCES DE TEMPÉRATURE AU LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE DE WAGENINGEN (HOLLANDE)
(Photo Copland.)

C'est ainsi qu'on distingue la période « d'avant-repos », au cours de laquelle, malgré la fin de croissance, une nouvelle végétation peut être aisément induite par des moyens appropriés. Le forçage donne alors d'excellents résultats. Pour cette période de repos apparent, l'action du froid n'est nullement nécessaire et il semble que l'inhibition des diastases, due à l'accumulation des produits de leur activité, y suffise. Vient ensuite l'état de « repos vrai », engendré par la baisse de température et l'inactivité maximum des ferments. La plante ne réagit plus alors à aucune stimulation et le forçage est pratiquement impossible.

Ce repos vrai, qui comporte l'action du froid, paraît si nécessaire aux fonctions vitales de la plante, qu'une fois qu'il est établi, le réchauffement est in-

capable de provoquer un départ végétatif. Pendant cette phase de repos, les processus biochimiques ne sont toutefois pas totalement suspendus et une faible activité des ferments et des échanges chimiques subsiste, qui, par l'élimination progressive des substances toxiques et la combustion des assimilats accumulés, va permettre l'apparition d'une troisième phase dite « d'après-repos », au cours de laquelle le végétal réagira très favorablement à la stimulation (en particulier par les anesthésiques).

Une quatrième phase, enfin, est celle de « l'inactivité forcée », où seules les conditions de température, d'humidité, etc., retardent encore le départ de la végétation (1). Ici, la stimulation indirecte intervient utilement (chauffage, engrais, etc.).

Les techniques de forçage

Les techniques utilisées ont un caractère général et s'opèrent toujours en deux phases : la plante est d'abord soumise à l'action d'un excitant devant déclencher le cycle des phénomènes internes aboutissant à la reprise de la végétation ; elle est ensuite placée dans un milieu favorable à son développement normal, c'est-à-dire en serre chaude et humide.

Les procédés de forçage sont très nombreux, mais quelques-uns seulement ont franchi le seuil du laboratoire pour passer dans la pratique. Ils peuvent être mécaniques ou physiques, et font alors appel aux variations de température et d'hydratation des tissus, à l'action de diverses radiations. Ils peuvent avoir recours à l'excitation chimique par des produits variés, anesthésiques ou non, ou par leur combinaison. A l'heure actuelle, l'horticulteur utilise surtout dans la catégorie des agents physiques le froid artificiel et la lumière d'appoint dont il vient d'être question, et dans celle des agents chimiques le procédé par éthérisation.

Pour le forçage proprement dit, la plupart des actions mécaniques ou physiques, autres que celle des basses températures n'ont pas donné lieu à de grandes applications commerciales. Cependant, la *dessiccation partielle* des tissus végétaux, le *trempage en bain tiède* des

rameaux coupés ou de jeunes pousses ligneuses permettent d'abréger notablement le repos végétatif. De même le *procédé par traumatismes*, qui consiste à piquer à leur base les bourgeons de végétaux ligneux, à les comprimer ou à les amputer au début de la période d'après-repos, ou encore à injecter des solutions aqueuses. Le trempage très rapide de rameaux couverts de bourgeons dans de l'acide sulfurique concentré ou de la potasse pure, suivi d'un lavage immédiat, peut aussi se ranger parmi ces actions physiques. Les végétaux portés en serre après ces divers traitements y réalisent une avance pouvant dépasser trois semaines.

Quant à l'action stimulante exercée par diverses radiations, elle est encore assez discutée et ne peut avoir pour l'instant qu'un caractère expérimental. Leur action pourrait résider dans la formation de nécrohormones ou d'un grand nombre de radiolésions microscopiques amorçant la multiplication cellulaire des tissus restés sains. Certains auteurs voient dans l'action des rayons β et γ du radium une stimulation des processus photosynthétiques. L'application de radiations de courte longueur d'onde a même permis d'observer des transformations physiologiques susceptibles d'engendrer par exemple des variations surprenantes dans le phénomène de reproduction. Il y a là un domaine immense et encore mal exploré.

L'utilisation de la lumière d'appoint

La lumière est un facteur trop important pour la physiologie et la morphologie de la plante, puisqu'elle agit sur la photosynthèse, sur la transpiration et autres fonctions secondaires, sur la formation de substances actives telles que les vitamines et les hormones, pour qu'on n'ait pas songé, à l'aide de la technique moderne, à pallier les insuffisances de l'éclairage naturel.

Celles-ci entraînent en effet un déséquilibre physiologique préjudiciable aux cultures et on sait à présent que certaines périodes critiques du cycle végétatif — telle la floraison — sont sous la dépendance de la durée quotidienne d'éclairement : c'est le photopériodisme, variable suivant les familles végétales qui fait distinguer les plantes de journées courtes

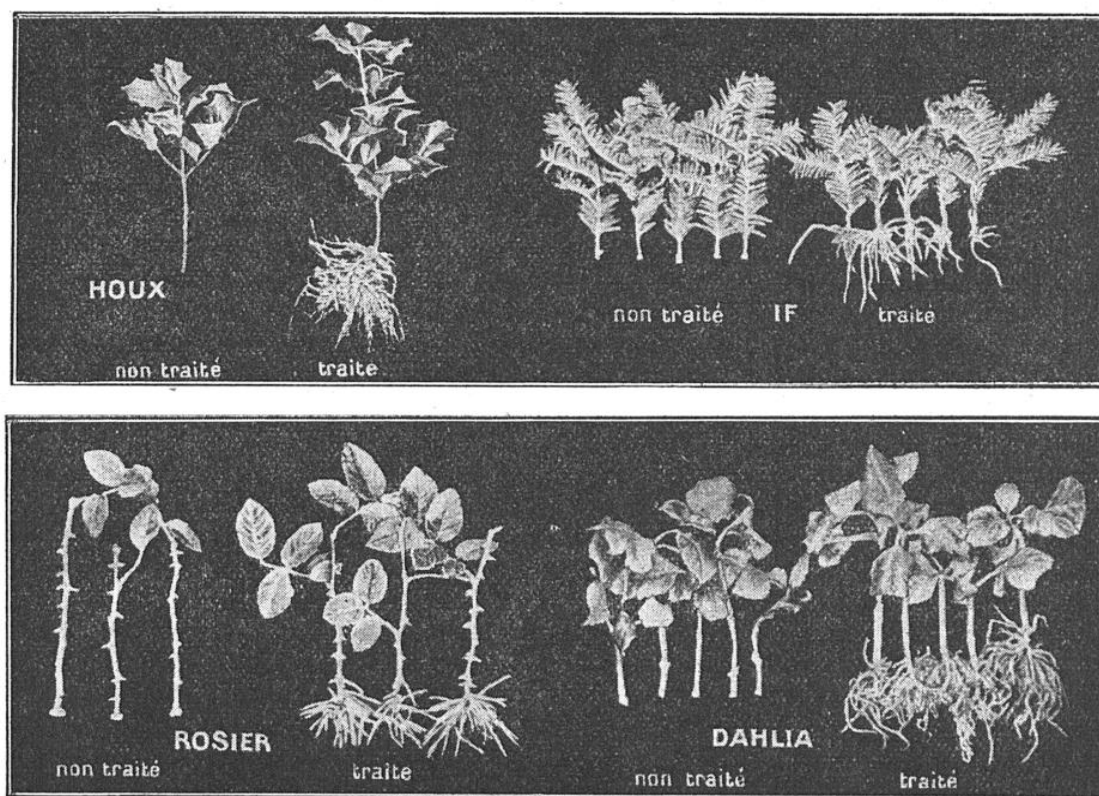
(1) En plein air, c'est le froid de l'hiver qui, à ce moment, constitue le seul obstacle à l'éclosion des bourgeons prêts à partir.

de celles de journées longues ou plus ou moins indifférentes à la durée d'éclairement.

Il est actuellement possible de cultiver des plantes complètement à la lumière artificielle, mais ce traitement continu est encore beaucoup trop onéreux pour passer dans la pratique. Il n'en est pas de même de la lumière dite d'appoint, qui, fournissant quelques heures d'éclai-

sens (1), c'est donc en se fondant sur des observations physiologiques déjà faites et les résultats obtenus pour telle culture, que l'horticulteur pourra réaliser de sérieux avantages par la lumière d'appoint.

En France, aux Etats-Unis, on utilise surtout les lampes à incandescence; en Hollande, celles au néon. Bien souvent, il suffit d'ailleurs d'éclairages mini



T W 2339 et 2340

FIG. 6. — LE « BOUTURAGE MODERNE » AVEC STIMULATION DE LA CROISSANCE DES RACINES PAR LES « HÉTÉRO-AUXINES »

On remarquera l'abondance de la poussée radiculaire induite par immersion des plants dans une solution d'hétéro-auxine, par comparaison avec les plants témoins non traités.

rement supplémentaires qui s'ajoutent à la durée du jour (de la fin de nuit au lever du jour de préférence), assure aux cultures une avance et un rendement notables, favorise l'enracinement des boutures et autorise la conservation des plantes d'appartement.

Comme chaque espèce a des besoins particuliers de lumière en quantité (plantes de soleil ou d'ombre) et en qualité (nature des radiations), que les plantes ne réagissent pas toutes dans le même

mes de 10 à 100 lux pour avoir de bons résultats avec des plantes de journées longues. En se fondant sur le fait que, dans la photosynthèse, la phase de sensibilisation photochimique est presque instantanée et que la phase chimique peut s'achever à l'obscurité, on a songé à accroître de deux à quatre fois les effets de la lumière en la distribuant par éclats

(1) Sur les calcéolaires, par exemple, l'action de l'éclairage artificiel ne se fait sentir que sur une partie de la vie de la plante.

clignotants de moins de 5 secondes d'intervalles. Ce procédé par clignotement à effet maximum d'excitation, paraît devoir jouer un rôle dans l'emploi économique de l'éclairage artificiel d'appoint. Le succès de ce dernier est assuré physiologiquement. Seul le bilan économique de son emploi reste à établir pour chaque cas.

Plantes à contre-saison par le froid artificiel

Les plantes maintenues en serre chaude et humide pendant l'hiver conservent très longtemps leur état de repos vrai et leur croissance tardive se fait mal. Le froid est en effet nécessaire pour induire le réveil de la végétation, comme il peut inhiber toute croissance à un stade quelconque du développement de la plante.

La technique frigorifique moderne permet donc de hâter le réveil végétatif ou de retarder l'évolution de la plante au stade voulu.

Dans le forçage proprement dit, on réalise un hiver artificiel en plaçant le végétal dans un milieu favorable à son réveil anticipé de croissance. Cette opération est effectuée sur une très grande échelle pour les plantes de contre-saison et donne lieu en particulier à l'industrie prospère de la fleur. Les plants de lilas, de rosiers, etc., sont placés en chambres froides à 0° ou 1° C pendant une certaine période et fleurissent peu après leur mise en serre. Pour les plantes à rhizomes ou à bulbes, la réfrigération est particulièrement précieuse. Emballés soigneusement en milieu bien sec, les rhizomes de muguet, de jacinthe, les bulbes de lys, de glaïeul, etc., sont entreposés au froid d'avril à août par exemple pour paralyser tout développement de l'embryon floral; après décongélation lente à + 4° ou + 6°, ils sont mis en serres pour la floraison d'automne qui a lieu deux à trois semaines après. Pour la floraison de printemps, le froid permet une avance considérable. C'est ainsi que les tulipes fleurissent de novembre à mars, mais au lieu d'éclore massivement en huit ou dix jours, une variété peut, grâce au froid, échelonner sa floraison sur vingt à trente jours, avec une précocité de six à huit semaines.

Récemment le professeur Blaauw, de Wageningen, en Hollande, est arrivé à des résultats remarquables en hâtant la

floraison de plantes à bulbes par des alternatives de chaud et de froid.

Signalons enfin l'action du froid comme agent de forçage dans le but de modifier complètement la réaction photopériodique de certaines plantes : c'est le principe de la *jarovisation* ou *printanisation* (1) si bien exploité en Russie à la suite des travaux de Lyssenko.

La stimulation chimique

Une foule de substances sont capables d'agir sur la germination et la croissance végétales. Assez récemment, F. Denny (U.S.A.) a essayé l'action stimulante de 224 produits chimiques de tous groupes sur trois mille lots de végétaux divers. Cet auteur a tenté en particulier d'obtenir des plants de pommes de terre donnant deux récoltes par an. La plupart des produits essayés, et surtout la monochlorhydrine du glycol, les thiocyanures de sodium et de potassium, la thiourée (2), se sont montrés actifs à une dose située d'ordinaire entre un seuil et un effet toxique. Les traitements — dont l'action se conserverait latente pendant trois semaines — consisteraient soit dans des immersions d'une heure dans des solutions aqueuses plus ou moins concentrées, soit dans une exposition de durée variable à la vapeur de produits volatils.

En Allemagne, on a réalisé aussi un nombre considérable d'expériences dans ce sens, et dans un très grand nombre de cas les organes végétaux les plus divers ont montré une croissance accélérée par rapport à des témoins.

Le forçage à la fumée, obtenu en laissant des végétaux ligneux à la phase d'après-repos dans une enceinte close saturée de fumée pendant vingt-quatre à quarante-huit heures (au delà, des lésions se produisent) est une des rares méthodes ayant reçu une application pratique. Après la mise en serre à la lumière, une avance de végétation de une à trois semaines peut être enregistrée. Les agents actifs de la fumée seraient l'acétylène, l'éthylène ou le formol.

Un forçage intéressant peut aussi être réalisé à l'aide d'injections de substances salines (sels de magnésium ou de po-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 254, page 133.

(2) L'application de ce dernier produit a provoqué un grand nombre de germinations sur le même tubercule.

tassium) à la base des bourgeons. Le trempage de rameaux coupés dans une solution à 10 % d'eau oxygénée du commerce pendant vingt-quatre heures abrègerait aussi notablement la période de repos; cette technique qui fait appel à une action oxydante paraît en contradiction avec celles qui font de l'anaérobiose (1) la cause déterminante de la stimulation. Dans ces dernières, les agents de forçage sont le gaz d'éclairage, les vapeurs de thymol, de camphre, d'acétone, d'hydrate de chloral, d'acétylène... Des tubercules de pommes de terre peuvent être forcés par un séjour dans l'azote ou le gaz carbonique. Aux Etats-Unis, l'éthylène, l'acétylène, le propylène sont utilisés pour hâter la maturation des fruits tropicaux.

Le forçage par éthérisation

C'est la première des méthodes de forçage qui fut découverte, en 1893, par le professeur Johannsen, de Copenhague, et qui est actuellement de beaucoup la plus employée en horticulture. Elle consiste à faire agir au moment du repos végétatif, sur des plantes préalablement arrachées puis séchées et effeuillées, une dose déterminée d'éther (2) pendant un temps variable compris entre vingt-quatre et soixante-douze heures, à la température de 14-18° C. L'action des anesthésiques est particulièrement intéressante, car produisant les mêmes effets que le froid, elle réalise l'hiver artificiel nécessaire aux processus cellulaires qui déterminent la reprise végétative. Elle permet aussi l'ar-

rêt de la croissance utilisé dans le « retardage ».

En sortant de la chambre d'éthérisation, les plants traités sont mis en serre presque immédiatement, quoiqu'il existe une certaine latence d'action de l'anesthésique. Un bassinage des plants, des bourgeons notamment, arrête l'action de l'éther, et on maintient en serre une hygrométrie de 80-100° soutenus, avec

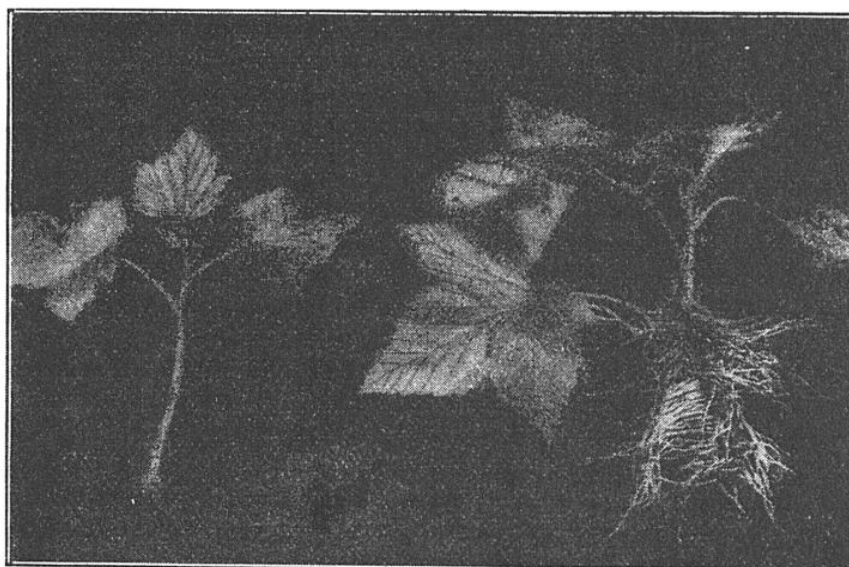


FIG. 7. — ACTION DES HÉTÉRO-AUXINES SUR UNE BOUTURE DE CASSIS
A droite, plant traité; à gauche, plant témoin.

augmentation progressive de la température jusqu'à 40°, après gonflement des bourgeons, qui éclatent en huit jours de traitement.

La floraison, pour les lilas, par exemple, a lieu alors de douze à seize jours après la mise en place à 25-28° C.

En éthérisant des plantes à la période d'avant-repos, vers début août, les fleurs peuvent s'épanouir entre le 1^{er} et le 15 septembre. La troisième phase, ou « d'après-repos », est la plus favorable au forçage par les anesthésiques. Ethérisés en octobre, des plants de lilas donnent par exemple une splendide floraison vingt à vingt-huit jours après cette stimulation chimique.

Le forçage par les hétéro-auxines

Certaines substances appelées « auxines » (augmentant la croissance) ont été récemment découvertes par les physiolo-

(1) Action des microorganismes anaérobies, dont les réactions de nutrition s'effectuent sans emploi d'oxygène libre.

(2) Comprise entre 240 à 300 g vaporisés au m³. Avec le chloroforme, les doses deviennent plus faibles, 9 g de ce corps correspondant à 40 g d'éther.

gistes dans les bourgeons terminaux, les tiges et les feuilles des plantes exposées à la lumière blanche. Ces substances régissent la répartition des matériaux de croissance sans modifier leur quantité totale. Ce sont des agents de la « corrélation chimique » dans l'individu végétal et elles diffusent généralement du bourgeon vers le collet pour déterminer à doses infimes l'allongement rapide de la tige des entre-nœuds, inhibant à certaines doses celui des racines, ou excitant au contraire leur formation, et provoquent le développement de l'ovaire en fruit. Elles offrent des analogies d'action avec certaines hormones animales, et comme divers produits de déchet de la nutrition animale (acide indol-acétique par exemple), stimulent la croissance végétale. Ces auxines sont parfois appelées « hormones végétales », ce qui est abusif, car il convient de réserver ce terme à des substances se trouvant effectivement dans les tissus végétaux, telles les auxines « a » et « b » ou les vitamines C et B₁.

Ces produits naturels, d'ailleurs définis chimiquement (1), ont été isolés à l'état pur à partir d'organes végétatifs ou de moisissures, mais les quantités extraites sont trop minimes pour permettre leur utilisation pratique comme sti-

mulants. Car on a songé à utiliser les auxines dans ce but. On avait constaté en effet que ces substances sont absentes des bourgeons à l'état de repos et qu'elles apparaissent dès leur éclosion. On a donc eu recours à des substances dites « hétéro-auxines » ayant des propriétés presque analogues à celles des auxines. Ce sont des acides organiques pouvant se trouver dans la plante et dans les matières animales en décomposition.

Aussitôt des expériences de forçage furent tentées, mais malgré des résultats édifiants de stimulation par injection de ces substances dans les bourgeons, on n'est pas arrivé à discriminer leur action propre de celle d'autres facteurs physicochimiques et à fixer les conditions pratiques de leur emploi pour les parties aériennes de la plante. Plus heureux ont été les essais de stimulation des racines.

Pouvoir rhizogène des hétéro-auxines et bouturage moderne

Le succès de la croissance dépend, en horticulture, de la capacité et de la rapidité d'émission racinaire des boutures. Il était donc d'un gros intérêt d'accroître la production des racines sur boutures, surtout pour celles jugées jusqu'alors réfractaires à la reprise.

L'application d'hétéro-auxines excite la formation des racines, opère la régénération des tissus cellulaires s'organisant en ébauches de racines qui l'allongent pour donner rapidement un chevelu plus ou moins abondant.

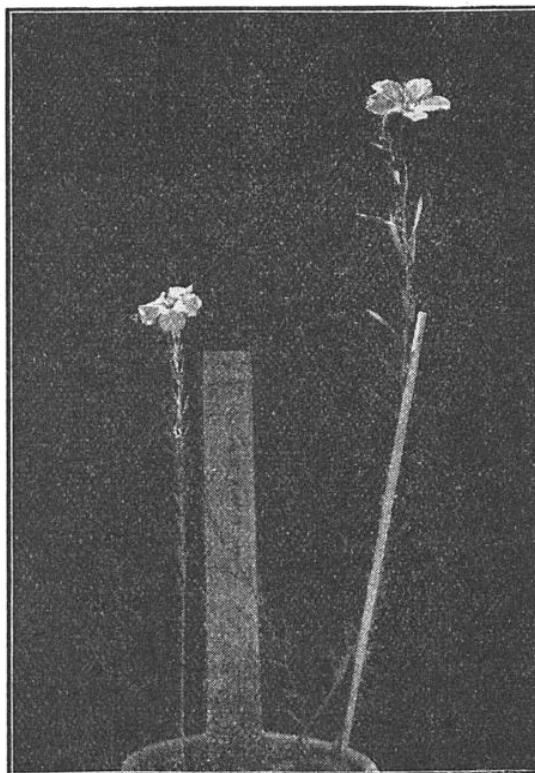


FIG. 8. — PLANT DE LIN RENDU « TÉTRAPLOÏDE » PAR L'ACTION DE LA COLCHICINE

La colchicine, poison extrêmement violent, a la propriété de provoquer chez les cellules végétales qui sont mises à son contact la multiplication par 2 (tétraploïdie) ou par 4 (octoploïdie) du nombre de chromosomes. Cette modification héréditaire se traduit le plus souvent par le gigantisme, une plus grande résistance, une plus grande facilité d'hybridation avec les espèces voisines. Le plant de droite qui a été traité à la colchicine est nettement plus développé que celui de gauche, non traité. Ses graines seront nettement plus volumineuses. (M. Simonet, Station de génétique d'Antibes).

(1) Auxine a : $C_{18}H_{32}O_5$ ou acide auxentriolique.
Auxine b : $C_{18}H_{30}O_4$ ou acide auxénololique.

Parmi les techniques employées, l'une consiste à appliquer l'hétéro-auxine dissoute avec de l'alcool fort à raison de 1 mg par centimètre cube, dans de la lanoline fondue, sur le sommet du rameau pour les boutures, ou sur la tige d'une plante.

Une autre méthode utilise des solutions très diluées dans l'eau et dans lesquelles on plonge l'extrémité sectionnée des boutures, le rameau étant ensuite remis la base dans l'eau.

La technique courante et pratique consiste à plonger la base des boutures dans la solution d'hétéro-auxine diluée dans l'eau à raison de 0,02 à 0,2 mg par centimètre cube. La bouture est enlevée un jour après environ et placée dans des conditions favorables à l'enracinement. On peut employer les spécialités commerciales que l'on dilue dans 100 ou 1 000 fois leur volume d'eau, selon les indications du fabricant. En général, les meilleurs résultats sont fournis par des concentrations fortes diffusées dans le végétal pendant un temps court.

Il ne faut pourtant pas oublier que cette formation rapide de racines est un phénomène très complexe qui peut être influencé par des facteurs étrangers aux auxines et dont certains nous échappent encore. L'espèce végétale, la nature de l'hétéro-auxine, sa concentration, le temps d'immersion ou le point d'application, en certains cas l'action empêchante du produit sur le développement des bourgeons, les conditions du bouturage, etc., sont autant de points à considérer pour atteindre de bons résultats. Un nombre important de plantes ont déjà été traitées avec succès par les hétéro-auxines. Les plantes d'ornement difficiles ou impossibles à bouturer (telle le *Camelia reticulata*), les porte-greffes qu'on multiplie par marcotte ou les arbres à cultiver « francs de pied », pourront être l'objet d'essais susceptibles de réserver à l'expérimentateur d'agréables ou fructueux résultats.

La multiplication du nombre des chromosomes

Plus surprenants encore sont les effets d'autres substances, agissant, non plus sur la croissance cellulaire, mais comme agents directeurs de l'activité protoplasmique. En effet, le déclenchement de variations brusques, de « mutations », chez

les plantes, que le généticien et le praticien attendaient seulement du hasard pour améliorer en grandeur ou en beauté nos espèces cultivées, est désormais possible par le simple traitement chimique des graines avant germination. L'obtention de végétaux polyploïdes, c'est-à-dire présentant un certain gigantisme, lié au nombre anormal de chromosomes de leurs cellules (1) a été réalisée par le savant physiologiste américain Blakeslee, qui, en traitant des graines par un alcaloïde puissant, la colchicine (en solution appropriée), a pu constater des mutations caractéristiques par un doublement de chromosomes et présentant le grand avantage d'être héréditaires.

Jusqu'alors, et sans parler de la création de variétés nouvelles par hybridation, action des rayons X ou du radium, des ondes électromagnétiques, par la réfrigération ou la chaleur en période de maturation sexuelle, ou par accident de greffage ou de bouturage, on n'avait guère fait appel à une méthode chimique, sauf cependant l'emploi de narcotiques tel le chloral, qui, sur des racines en voie de croissance, provoquait l'émission de radicelles tétraploïdes (2). Toutefois, pareil résultat était impossible sur les tiges portant les fleurs, ce qui enlevait tout espoir de reproduction polyploïde.

Les expériences du professeur Blakeslee, qui ont porté principalement sur des graines de datura, ont été suivies avec succès en France par M. Marc Simonet, directeur de la station de génétique d'Antibes (villa Thuret), qui, par traitement de différentes espèces : pétunia, lin, radis, etc., a également obtenu des individus géants.

Ces résultats ont non seulement une grande portée théorique, puisqu'on obtient par voie chimique des formes végétales nouvelles, semblables à celles que de Vries désigna au début de ce siècle sous le nom de « mutations », mais ils laissent encore entrevoir des conséquences pratiques du plus haut intérêt.

Lucien THÉRON.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 260, p. 108.

(2) C'est-à-dire ayant 4 n chromosomes dans leurs tissus au lieu de 2 n. On désigne par 2 n le nombre normal de chromosomes. Voir dans ce numéro l'article sur la sélection végétale.

QU'EST-CE QUE LES "OLIGOÉLÉMENTS" INDISPENSABLES A LA CROISSANCE VÉGÉTALE ET A L'HYGIÈNE ALIMENTAIRE

par Lucien THÉRON

Docteur de l'Université de Dijon (Sciences)

Le terme « oligoéléments » désigne tous les corps simples, tels que le bore, le manganèse, le zinc, l'aluminium, etc., qui, existant à l'état de traces dans les tissus végétaux, exercent une influence profonde sur la physiologie de la plante, hors de proportion avec leur masse. Leur absence dans le sol provoque chez la végétation des maladies de carence caractérisées. Chez les animaux, et cette action s'étend sans doute aussi à l'homme, on a pu démontrer que leur présence était non moins indispensable au maintien de l'équilibre physiologique.

La constitution des tissus végétaux

PHYSIOLOGISTES et agronomes sont aujourd'hui d'accord pour admettre qu'à moins d'un 1/1000 près, la matière végétale est constituée par la réunion et l'association de corps élémentaires métalloïdes : hydrogène, oxygène, carbone, azote, soufre, phosphore, et de métaux : calcium, magnésium, potassium et un peu de fer.

Ces corps, par leurs combinaisons complexes, arrivent à former des quantités importantes de matériaux : sucre, amidon, cellulose, graisses, huiles, albumine, alcaloïdes, parfums, etc..., qui rentrent dans notre alimentation quotidienne, soit directement, soit après transformation ou raffinage par les industries les plus diverses.

Cependant, la partie infime qui manque dans l'analyse complète d'un végétal pour arriver à un total parfait de tous les éléments, cette fraction de 1/1000 qui longtemps fut considérée comme négligeable, est représentée par des substances qui, à la lumière de découvertes physiologiques récentes, ont pris une importance très grande dans les phénomènes vitaux de la plante.

Ces substances, qui existent à l'état de traces dans le sol et les tissus végétaux, exercent, comme on sait, des effets hors de proportion avec le poids sous lequel elles interviennent et sont assimilées aux catalyseurs, d'où leur nom courant d'élé-

ments catalytiques. Pourtant comme cette action de catalyse n'est pas encore bien reconnue pour nombre d'entre eux, il convient de les dénommer plutôt éléments rares, microéléments ou, mieux, « oligo-éléments ».

On les oppose ainsi aux éléments massifs qui, en quantité importante, contribuent à l'édification des tissus de soutien du végétal.

Après leur identification par la méthode analytique dans la plupart des espèces végétales, l'importance physiologique de ces éléments a été mise en relief par la méthode synthétique en milieux artificiels ou naturels; l'étude des phénomènes diastatiques entreprise par M. G. Bertrand a été à la base de ces démonstrations expérimentales.

Les essais de la pratique agricole ont généralement confirmé les travaux de laboratoire.

Le manganèse, le bore, le zinc, l'aluminium, le cuivre, le fluor, le cobalt, le nickel, le silicium, le vanadium, l'iode, le titane, etc., ont eu à l'état de traces une action souvent surprenante dans le biochimisme des sols et se traduisant par des élévations de rendements et aussi par l'amélioration de la qualité des produits récoltés (grosesse, teneur en principes nutritifs...).

Toutefois, les effets de la plupart de ces corps qui, dans le sol, stimulent l'activité bactérienne, favorisent l'assimilabilité des autres matières alimentaires.

catalysent les réactions synthétiques aboutissant à la formation des substances de réserve dans la plante, n'ont pas été suffisamment confirmés encore pour *chaque cas particulier d'application* (c'est-à-dire pour un même sol type, une culture donnée, etc.), pour que leur utilisation générale se soit répandue en agriculture comme on l'eût souhaité.

C'est qu'on a d'ailleurs surtout recherché jusqu'ici le rendement à l'hectare, et bien que dans les cas appropriés, l'emploi d'engrais catalytiques donne, à *des infimes*, des résultats parfois supérieurs à celui des engrais courants, ces derniers assurent presque toujours les résultats escomptés pour la quantité de récolte.

Mais, si la conception de l'engrais « complet » n'a pu encore se réaliser pratiquement, ou plutôt se vulgariser, on a cependant été conduit, ces derniers temps, à considérer à nouveau très sérieusement, et par la force des choses, l'utilisation de certains oligoéléments dont l'insuffisance naturelle ou la non restitution au sol s'est traduite par des fléchissements de récolte et des états pathologiques des cultures.

Le diagnostic des maladies végétales de carence

Certaines maladies des plantes, dont les causes paraissaient inconnues, sont dues en réalité à des carences d'éléments oligodynamiques dont l'apport fait cesser les symptômes pathologiques et détermine la guérison. L'emploi des sels de manganèse pour diverses chloroses (notamment à la suite de chaulages qui ont une action inhibitrice sur l'assimilation du manganèse), l'emploi du bore dans la maladie du cœur de la betterave, dans celle du rutabaga ou « Raan », dans celle des colzas, navets, pois, du liège interne des pommiers, etc..., la nécessité du cuivre pour les betteraves à sucre, les avoines, les dattiers; du zinc pour les pommiers (maladie de la « Rosette »), orangers et citronniers (maladie dite « mottle leaf ») sont des exemples typiques de l'utilisation des éléments oligodynamiques pour lutter contre diverses maladies de carence des cultures.

Les plantes carencées en tel ou tel oligoélément offrent des symptômes souvent caractéristiques de l'état pathologique qui en résulte. Le phytopathologiste peut déceler ainsi l'affection, la diagnostiquer

par l'examen macroscopique et microscopique de certains organes végétatifs (1), mais l'étude du sol qui porte des cultures atteintes d'une maladie dont les causes paraissent inhabituelles devra compléter ces observations en vue de guider le praticien pour un traitement approprié. L'analyse des sols dont les progrès techniques s'affirment désormais (2) ne se bornera point ici aux dosages des principes nutritifs courants: azote, acide phosphorique, potasse (dont la restitution au sol est impuissante à guérir certaines affections), mais recherchera les carences d'oligoéléments que des essais culturaux sur petites parcelles (avec addition de tel ou tel élément oligodynamique) pourront également mettre en évidence.

Les besoins des plantes en oligoéléments et les rotations culturales

Chaque récolte exporte du sol des quantités énormes de matériaux nutritifs qui forment les tissus végétaux et les substances de réserve de la plante. Il y a des périodes d'assimilation intense de tel élément particulier ou périodes « critiques de végétation », pendant lesquelles l'insuffisance dans le sol de cet élément peut entraîner les troubles végétatifs les plus graves.

Pour les éléments massifs ou d'organisation, l'appauvrissement du sol est compensé par les engrais dont certains sont dits complets, parce qu'ils contiennent l'habituelle trinité chimique (azote, phosphore, potasse), mais qui, pour la plupart, sont dépourvus d'oligoéléments, ou qui contiennent l'un d'entre eux seulement, et encore sous une forme inefficace (3).

Par contre, la restitution au sol d'éléments utiles en petite quantité est généralement négligée et seules les rotations culturales peuvent à tout hasard permettre aux sols contenant des réserves insolubles de ces éléments de refaire un stock suffisant de ces derniers à l'état « assimilable ou actif », à condition que la culture suivante n'ait pas précisément un besoin marqué de l'oligoélément faisant déjà défaut à la précédente.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 247, page 64.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 203, page 389.

(3) Sauf certains engrais naturels renfermant, comme le nitrate du Chili, un peu de bore, d'iode, etc...

Les plantes ont, en effet, des besoins plus ou moins grands en tel ou tel principe présent dans le sol et cela s'applique aussi aux oligoéléments. Certaines espèces végétales accusent à l'analyse une grande richesse en manganèse, en bore, alumine, zinc, fluor, etc., alors que d'autres en contiennent fort peu. C'est ainsi que les conifères, quelques crucifères et céréales ont des teneurs exceptionnellement élevées en manganèse. Le thé, le café, le cacao, diverses plantes marines, en contiennent beaucoup, alors que la pomme de terre en renferme très peu, que les teneurs du blé, de l'orge et surtout de l'avoine en cet élément sont de beaucoup supérieures à celles des pois et des haricots. De même, l'inégale aptitude de certaines espèces végétales à fixer le bore est remarquable, puisqu'elle comporte des variations de 2,3 mg par kilogramme de matière sèche pour l'orge, à 14,37 mg pour le pavot (analyses récentes de G. Bertrand et de Waal).

Les graminées se montrent peu exigeantes en bore, alors que les plantes potagères : pois, carottes, choux, en contiennent environ dix fois plus et que les betteraves en exigent des quantités relativement importantes.

Des divergences analogues s'observent pour le zinc, la lentille en contenant par exemple 1000 fois plus que la prune ; pour le cuivre, où l'on constate aussi, par rapport à la prune, une richesse vingt fois supérieure ; pour le fluor, beaucoup plus abondant dans la lentille, le café, que dans le radis ou la pomme de terre ; pour l'iode, qui présente des teneurs bien supérieures dans l'ail que dans l'aubergine, etc...

Certes, des différences assez grandes peuvent s'observer dans les teneurs en tel ou tel microélément pour une même famille végétale ou une même variété, car il faut compter sur l'influence de divers facteurs, tels que le pouvoir d'oxydo-réduction du sol et sa nature géologique, les conditions climatiques, les actions réductrices, les antagonismes ioniques, etc., mais il n'en demeure pas moins qu'une « dominante » en tel ou tel oligoélément se manifeste chez les différentes espèces végétales, familles et parfois même variétés (1).

(1) Tout dernièrement, des teneurs plus importantes en manganèse ont été trouvées dans les vins provenant d'hybrides américains, par rapport aux teneurs des vins de *Vitis vinifera*. (Travaux de Flanzy et Thérond.)

L'agriculteur peut donc déjà, à la lumière des données fournies par les physiologistes, orienter le choix des oligoéléments à restituer au sol, d'après la nature et l'espèce culturale envisagée. Mais ces considérations tendent aussi à démontrer que le système des rotations culturales ne saurait à lui seul pallier l'insuffisance d'un oligoélément qui, exporté par la culture précédente, peut aussi faire défaut à la suivante dont les besoins peuvent être aussi forts ou même supérieurs en ce même élément.

Le système de la jachère *cultivée* pourrait seul constituer un remède à l'épuisement du sol en principes oligodynamiques, à la condition qu'il soit naturellement bien pourvu en réserves inactives qui, par le travail du sol, favoriseraient les réactions biochimiques, deviendraient peu à peu assimilables. Mais ce système est bien souvent impraticable, surtout à une époque où la moindre parcelle de terre doit être utilisée au maximum.

Ainsi donc s'impose, dans la plupart des cas, à des périodes plus ou moins espacées, une restitution au sol d'éléments oligodynamiques, au même titre que les éléments usuels contenus dans les engrais. D'ailleurs, à une heure où la production agricole tend à s'intensifier d'une façon exceptionnelle et sous toutes ses formes, l'intérêt des oligoéléments et l'emploi des engrais catalytiques doivent se manifester rapidement.

Après une étude préalable de chaque cas particulier, les praticiens devront faire des essais qui, comportant des doses infimes de catalyseurs, sont susceptibles de fournir de gros avantages, en raison de la raréfaction des engrais courants et des résultats qui peuvent être obtenus en quantité et en qualité.

On sait enfin qu'une non-restitution d'oligoéléments peut avoir de graves conséquences, non seulement en déterminant de très nettes maladies de carence, en créant une fatigue des sols, engendrée par des toxines que n'éliminent plus le pouvoir « catalytique » ou « oxydant » que doivent posséder ces derniers, mais aussi en influençant la composition des produits récoltés, partant, l'alimentation animale et humaine.

Les « oligoéléments », facteurs biologiques importants de notre alimentation

Le rôle de l'alimentation n'est plus à démontrer dans les fonctions physiologi-

ques de l'individu, et lorsqu'il s'agit de rechercher l'étiologie d'une maladie, on est d'abord enclin à examiner l'alimentation.

L'étude des maladies humaines par carence, les dystrophies d'origine alimentaires, dites inapparentes, dénotent toute l'importance attachée à la question.

Déjà les troubles occasionnés par l'insuffisance d'éléments essentiels, comme l'acide phosphorique, la chaux, etc., sont des faits trop connus chez l'homme et les animaux pour qu'il soit besoin d'y insister.

En ce qui concerne les oligoéléments, on sait qu'ils interviennent en biologie à côté du groupe des substances indispensables à la vie ou vitamines (1) et que leur action paraît étroitement liée à ces dernières qui, associées à des oligoéléments, peuvent d'ailleurs constituer des systèmes synergiques d'une activité hautement accrue.

Donc, ces éléments rares ne sauraient plus être considérés comme des impuretés de la matière vivante, ayant passé du sol dans les végétaux, puis dans les animaux, mais bien comme des agents actifs des processus vitaux.

À côté du fer, le plus anciennement connu des éléments intervenant à l'état de traces (0,0005 g % chez l'homme), le corps humain renferme du zinc (environ 0,0025 g %), du cuivre (0,0004 %) et de nombreux autres oligoéléments en proportion encore beaucoup plus faible, de puis le manganèse avec 0,00005 g % jusqu'à des millièmes de milligramme pour le cobalt, l'arsenic, le nickel, etc.

Il suffira, croyons-nous, de relater ici les expériences récentes du professeur Gabriel Bertrand venant, dans des conditions extrêmement rigoureuses de précision, confirmer ses expériences antérieures concernant l'action du zinc sur l'organisme animal, pour illustrer et faire ressortir la nécessité biologique des oligoéléments que nous devons trouver dans notre alimentation.

Ayant déjà démontré avec ses collaborateurs que le nickel et le cobalt comptent, comme le zinc, le fer et le manganèse parmi les éléments de la matière vi-

vante, M. G. Bertrand eut l'idée de reprendre ses expériences sur des souris soumises à des régimes absolument carencés en zinc, mais renfermant, outre des vitamines, une petite proportion de nickel et de cobalt. Ainsi il était permis d'obtenir une très grande certitude quant à l'action particulière du zinc. C'est ce que confirma l'expérimentation : il a suffi, en effet, que les animaux assimilent environ deux dixièmes de milligramme de zinc contenus dans les aliments pour que leur survie expérimentale ait passé, de deux à trois semaines quand ils étaient soumis au régime carencé en zinc, à près de deux mois et même deux mois et demi lorsque ce régime était additionné d'une aussi minime quantité de ce métal.

M. G. Bertrand fait remarquer qu'il n'est pas possible d'exiger une démonstration plus éclatante du rôle du zinc dans le processus global de l'alimentation.

D'ailleurs, la vérification de ses expériences par les biochimistes américains a abouti à une entière confirmation des résultats.

Ainsi les oligoéléments présentent dans notre alimentation une importance aussi grande que celle des éléments plastiques, puisqu'ils jouent un rôle dans les fonctions physiologiques comme celui de l'iode dans la glande thyroïde, du manganèse dans les oxydations intra-cellulaires, du nickel et du cobalt dans l'utilisation du glucose, etc...

Un réglage de l'alimentation, dans le but de modifier par un régime approprié la teneur en éléments oligodynamiques de l'organisme, est certes possible, mais il ne faut pas perdre de vue que c'est le sol qu'il convient de surveiller pour permettre aux plantes l'élaboration complète de tous les principes indispensables à un bon équilibre vital (1)

Lucien THÉRON.

(1) De nouvelles recherches américaines sur les sols ont fait apparaître l'existence de sels métalliques assez rares, mais pouvant être toxiques pour l'alimentation, puisqu'on les retrouve dans la plante. Ainsi certains échantillons de blé récoltés sur des sols à haute teneur en sélénium se sont montrés très toxiques pour le rat blanc et d'autres animaux. La presque totalité du sélénium se retrouverait dans le gluten, fait de première importance dans le choix des blés traités pour la fabrication d'aliments de régime.

(1) Voir dans ce numéro l'article sur les vitamines dans l'alimentation humaine.

LA SÉLECTION DES PLANTES : DE L'EMPIRISME A LA MÉTHODE SCIENTIFIQUE

par Jean LABADIE

Les méthodes générales de sélection mises en œuvre par les agriculteurs et horticulteurs spécialisés dans la production de semences et de plants s'appuient sur les grandes lois biologiques qui commandent, dans la libre nature, l'évolution des espèces, végétales aussi bien qu'animales, et leur adaptation aux conditions du milieu où elles vivent. Le rendement de nos cultures témoigne des brillants succès remportés par un empirisme éclairé dans ce domaine. Les conquêtes récentes de la génétique rationnelle vont sans doute bientôt, à une échelle que l'on pourrait dire industrielle, révolutionner les méthodes de sélection et, en créant et fixant dans des lignées pures certaines des « tares » ou « monstruosités » que seul jusqu'ici le hasard faisait apparaître chez des plantes généralement stériles, mettre à la disposition du praticien des espèces douées de qualités nouvelles multipliant le rendement des cultures.

Le travail de « sélection » est aujourd'hui la forme la plus « scientifique » de l'œuvre agricole. Grâce à une « hypothèse de travail » — ainsi que l'eût sans doute qualifiée Claude Bernard avec toutes les « théories », même les siennes propres — la théorie génétique américaine de Th. Hunt Morgan (1) a lancé les expérimentateurs de laboratoire dans une voie réellement féconde. Mais il est extrêmement remarquable que les chercheurs placés dans nos stations agricoles, face à face avec la nature, avouent loyalement que leurs recherches, ainsi guidées par la théorie, ne sont que le *prolongement rationnel* des travaux de sélection les plus anciens, les plus « empiriques », dont les premiers auteurs sont nécessairement anonymes, puisque, touchant la sélection du blé, par exemple, ils vécurent bien antérieurement aux pharaons de la première dynastie, aux époques préhistoriques. C'est ainsi que, dans l'industrie, les travaux les plus modernes sur les aciers prolongent, tout simplement, ceux des inventeurs médiévaux inconnus de l'acier.

Cette profession de foi, qui pourrait se formuler : « expériences d'abord », nous met dans l'attitude d'esprit convenable

pour comprendre la nature très spécialisée de ces travaux, dont un article aussi modeste que celui-ci ne saurait, d'aucune façon, montrer autre chose que les très grandes lignes. Non seulement les méthodes appliquées sont différentes quand il s'agit des animaux ou des végétaux, mais encore, pour les végétaux (auxquels nous allons borner notre étude) chaque plante emporte le chercheur, dès qu'il l'aborde, dans un cycle de travail tellement spécial que la spécialisation n'a pour ainsi dire pas de fin. A tel point que le terroir à son tour intervient et qu'à cent kilomètres de distance, sur un territoire aussi varié que la France, les résultats acquis pour un certain « blé » — conservons cet exemple-repère — ne sont plus rigoureusement valables d'une terre à l'autre, d'un climat à l'autre.

Et c'est pourquoi, autant les études de biologie générale sont nécessaires dans les Facultés, autant seraient pratiquement absurdes les études normalisées dans un établissement central quelconque, touchant une race végétale donnée, intéressant l'agriculture du pays. La standardisation », méthode industrielle souveraine, est une absurdité en culture végétale. Ainsi, nous allons le justifier, la science agronomique, prise dans ses travaux les plus rationnels, concourt.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 221, page 358.

elle aussi, à la confirmation de cette vérité depuis longtemps acquise, d'instinct, que la France, pour ne parler que d'elle, est, même dans sa carte géographique, un être réellement vivant dans chacune de ses « provinces » naturelles.

Les deux « sélections »

Introduite dans la science par Darwin, l'idée de sélection demande à être dissociée.

S'il s'agit de la fameuse « lutte pour la vie » — qui guidait Darwin — il est certain que le savant n'a rien, absolument rien, à apporter comme secours aux espèces. Sur le tapis végétal tel que nous l'offre la nature, la pâquerette des champs, la lavande, la sauge, l'églaïnier « sauvages » sont les végétaux les plus « sélectionnés », quant à leur sauvegarde propre. Si l'horticulteur les prend en amitié... intéressée, ils protestent à leur façon : « Vous voulez nous transformer en usines à parfums, en fleurs d'agrément ? Très bien ! Nous ne pouvons nous défendre par la force, mais nous allons protester à notre façon ! A mesure que vos exigences humaines croîtront à notre égard, nous leur résisterons en leur opposant notre « stérilité ». Libres, notre effort consistait à rechercher les moyens de proliférer envers et contre tous les obstacles naturels, et c'était là notre méthode de sélection naturelle, celle que nous assigne Darwin. Embrigadés dans vos champs, sous vos serres, nous fourbirons, certes, les *tares monstrueuses* que vous nous imposez en les qualifiant, du point de vue humain, de *qualités*, telles que les priment vos concours et expositions, mais nous nous réservons des déboires. Notre rendement individuel aura comme contre-partie notre fragilité spécifique, et notre résistance à proliférer. Et quand vous penserez avoir réussi à nous mater, quand vous aurez obtenu, par vos ruses de laboratoire, quelque rose surnaturelle, quelque poire ou quelque orange inespérées, vous vous apercevrez soudain, en tant que négociants, cette fois, qu'il aurait mieux valu vous épargner tant de virtuosités et que le jeu de notre torture se retourne contre les buts que vous poursuiviez. »

Tel est le défi que les sélectionneurs humains — nos chercheurs de laboratoire — ont accepté de relever vis-à-vis des plantes rompues, depuis des millé-

naires, à leur propre « autosélection ». On conçoit que le duel est compliqué et que les passes d'armes d'un tel combat réservent au savant plus d'*insuccès que de réussites*. Pour s'en convaincre, il vous suffit de consulter, par exemple, si vous êtes viticulteur, un catalogue de plants hybridés : il vous offre un « 7120 » ou « 4643 » *Couderc* qui vous donnera satisfaction, sous la réserve que vous ne commettrez aucune erreur de terrain (voir plus haut), mais les milliers de numéros encadrant ces deux-là figurent les insuccès tout court.

Le conflit de la sélection et de la fertilité

Une seconde notion principale, qui domine spécialement la sélection des végétaux, est celle-ci : dans leur grande majorité, les végétaux sont « auto-féconds ». Autrement dit, leur fleur comporte dans leurs *pistils* d'une part et leurs *étamines* d'autre part tous les éléments (pollen et ovules) nécessaires à la création d'une graine féconde (1).

Il s'ensuit que la science génétique appliquée aux végétaux n'a pas à tabler sur le fameux « chromosome X », ou *chromosome sexuel*, qui est si souvent adjoint, dans les races animales, aux « facteurs » héréditaires les plus variés.

L'autofécondité des fleurs apporte, d'autre part, au sélectionneur, un coefficient de sécurité pour ainsi dire absolu dans la définition et la fixation de ce qu'il nomme « une lignée pure ». Le même individu étant, en effet, responsable des deux séries de chromosomes, mâles et femelles, dont la conjonction par paires constitue le noyau de la cellule-fille normale (2), il est évident que, moyennant certaines précautions consistant à protéger l'individu obtenu contre la souillure éventuelle

(1) Les exceptions cependant ne sont pas rares : l'épinard, le chanvre, etc., sont des plantes « dioïques », c'est-à-dire à sexes séparés.

(2) Nous ne reviendrons pas sur la célèbre théorie chromosomique souvent exposée ou rappelée dans *La Science et la Vie* (n° 221, page 358). En bref, souvenons-nous simplement que les caractères héréditaires de tout être vivant sont liés, d'après cette théorie, aux chromosomes appariés constituant l'essentiel du noyau cellulaire. Les variations des caractères, dans l'hérédité, proviennent de la diversité des chromosomes mâles et femelles qui viennent se marier dans la cellule-germe au moment de la fécondation.

de ses frères de culture, cet individu va se reproduire constamment identique à lui-même. C'est là, pour ainsi dire, indéfiniment répété, le phénomène bien connu de la « gémellation univitelline » (jumeaux issus du même œuf), seul cas de procréation qui, dans les espèces animales, fournit des frères absolument semblables.

Ces notions de principe étant retenues, entrons tout d'abord dans notre sujet, par quelques exemples concrets de réussites empiriques — puisque, nous venons de le dire, il n'y a pas d'expérience générale valable en matière de sélection.

Un premier type de sélection : celle du blé

A tout seigneur, tout honneur.

La méthode par laquelle les premiers hommes ont réussi — poussés par quel instinct génial? — à transformer le *blé sauvage* (une graminée que vous auriez, profane, de la peine à reconnaître aujourd'hui), en blé de culture, c'est-à-dire producteur de farine, cette méthode peut aisément se deviner faute de la connaître. Elle est, en toute vraisemblance, celle qui s'est pratiquée jusqu'à la fin du dix-neuvième siècle.

Le sélectionneur prend comme base « ce qu'il a sous la main », c'est-à-dire une culture de blé au sein de laquelle un botaniste expérimenté retrouve toutes sortes de variétés *mélangées*. Dans cette « population mélangée », les caractères, comme on dit aujourd'hui, s'écrivent : « barbu », « non barbu », « à grains rouges », « à grains blancs », etc. Il s'aperçoit que certains individus de cette foule fournissent une production de grains plus intéressante que leurs voisins. Il les isole. Du moins, il croit les isoler, sous les étiquettes que nous venons de dire. En réalité, la nouvelle population sélectionnée est elle-même hétérogène au possible : en y regardant de près, les sous-

variétés y abondent. Le sélectionneur de l'autre siècle recommençait donc son choix, d'après ses désirs personnels — désir commun à tous les cultivateurs, c'est-à-dire de rendement, de résistance au climat, de conservation, etc. Et c'est ainsi que, bien avant la circulation intensive de l'ère des chemins de fer — au temps des barrières douanières, provinciales, notamment — certaines régions de culture et, dans ces régions, certaines

fermes privées, s'étaient dotées elles-mêmes de semences sélectionnées en parfait accord avec le climat et le terroir. Et cela, par le seul effet du *choix* annuel des « semences » prélevées avec soin sur la récolte générale.

Il y a cinquante ans, la « redécouverte » par Hugo de Vries des lois formulées en 1865 par le moine Mendel (à propos de ses fameuses hybridations de pois) est venue éclairer cet empirisme.

Ces lois permettent de suivre *isolément* dans une généalogie, la transmission des « caractères » qui intéressent précisément le cultivateur. Aussitôt l'attention du sélectionneur se trouva dirigée, par ces lois, sur les caractères considérés à travers une même lignée. Après avoir sélectionné des « pieds » dans une « population », on allait maintenant sélectionner des caractères tout le long d'une généalogie *issue d'un même pied*, c'est-à-dire sur une *lignée pure*.

La plante-blé étant « autoféconde », l'isolement de la lignée pure est aisé. Et l'on crée ainsi des variétés strictement analogues aux « souches » de culture bactérienne. Les maisons de commerce spécialisées les créent et les mettent en vente : elles substituent ainsi leur travail rationnel au travail empirique des anciennes sélections « familiales ».

Ce premier type de sélection n'est pas particulier au blé. Il s'applique encore aux pois et à d'autres espèces, notamment

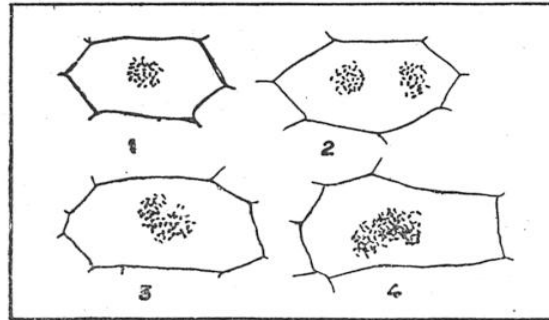


FIG 1. — MODIFICATION APPORTÉE PAR L'ACTION DE VAPEURS DE PARADICHLOROBENZÈNE SUR LES CHROMOSOMES DU LIN

Les points noirs centraux figurent les chromosomes du noyau cellulaire : 1, cellule diploïde témoin (nombre de chromosomes $2n = 30$); 2, cellule à double jeu de chromosomes; 3, cellule à 60 chromosomes; 4, cellule à 90 chromosomes après trois jours de traitement.

au soja (1). Comme on voit, la seule connaissance des lois fondamentales de Mendel suffit à la réaliser, pourvu qu'on y apporte du soin, de la persévérance et une grande intelligence touchant les caractères recherchés.

Le type de sélection « betterave »

La sélection généalogique de la betterave a été réalisée voilà plus d'un siècle — bien avant, par conséquent, la divulgation des lois de Mendel — par Louis Vilmorin.

Les caractères recherchés sont, ici, la teneur en sucre, en même temps que, cela va sans dire, le rendement en pulpe.

Vilmorin a fait l'analyse en sucre, pied par pied, des « populations » qu'il étudiait. Mais, ici, la plante n'est « autoféconde » qu'en théorie. Pratiquement, sa fleur est loin de présenter la morphologie « close » de la fleur de blé dont l'autofécondation s'effectue, pour ainsi dire, à huis clos. A peu près démunie de pétales, la fleur de betterave livre son pollen à tous vents. En sorte que chaque individu d'un même semis est exposé, suivant des chances énormes, à voir ses graines fécondées par un pollen qui n'est pas le sien. Donc, très grande difficulté pour obtenir la « lignée pure ».

Pour réaliser cette pureté généalogique, le sélectionneur est obligé d'ensacher la plante, avant même de savoir ce qu'elle vaudra en sucre. Ayant fait son choix et, de la sorte, obtenu les premières graines pures, il lui faut établir les semis de ces graines à l'abri de toute contamination. Ordinairement, c'est en pleine forêt, dans des clairières distantes de plusieurs kilomètres, que s'effectue cette pro-

lifération généalogique. Il intercroise entre elles les lignées pures ainsi réalisées : de cette hybridation orientée résultent les graines destinées à la vente.

Bien que cela paraisse étrange, le seigle se rattache, pour la sélection, au type-betterave et non au type-blé. Sa fleur est effectivement ouverte, dès l'origine, à tous les vents avec un pollen très abondant.

Toutes les fleurs visitées par les insectes — grands agents de fécondation florale et d'intercroisement — relèvent évidemment du même type, si on opère en plein air.

La sélection des fleurs et des fruits

Si du point de vue agricole nous passons au point de vue stricte-

ment horticole, l'utilisation empirique des mêmes lois comporte des variantes.

C'est ainsi qu'ayant obtenu une variété florale ou fruitière intéressante, la pureté de ligne est assurée par la reproduction strictement végétative : on reproduit l'individu-type soit par bouture, soit par marcotte, soit par greffage. Le semis, sitôt après l'isolement initial, est systématiquement évité. D'après les lois de Mendel, les graines seules peuvent apporter une variation. Tandis qu'une bouture apporte avec elle des cellules-germes parfaitement identiques : tous les chromosomes se ressemblent.

C'est, effectivement, l'une des particularités biologiques les plus essentielles du végétal que ses cellules sont, pour la plupart, du type « embryonnaire », c'est-à-dire prêtes à végéter, chacune, pour son propre compte. Cette qualité se rencontre, poussée à l'extrême, chez le *bégonia*, dont les feuilles aussi bien que les racines, l'écorce aussi bien que les pétales, sont capables de donner par bouture



FIG. 2. — ENSEMBLE DE BOITES DE PÉTRI POUR L'ÉTUDE DE L'ACTION DE DIVERS PRODUITS CHIMIQUES SUR LA GERMINATION DE L'ORGE ET DU LIN AU LABORATOIRE DE BOTANIQUE DU CENTRE DES RECHERCHES AGRONOMIQUES DE PROVENCE (ANTIBES)

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 276, page 612, et dans ce numéro l'article sur les plantes oléagineuses.

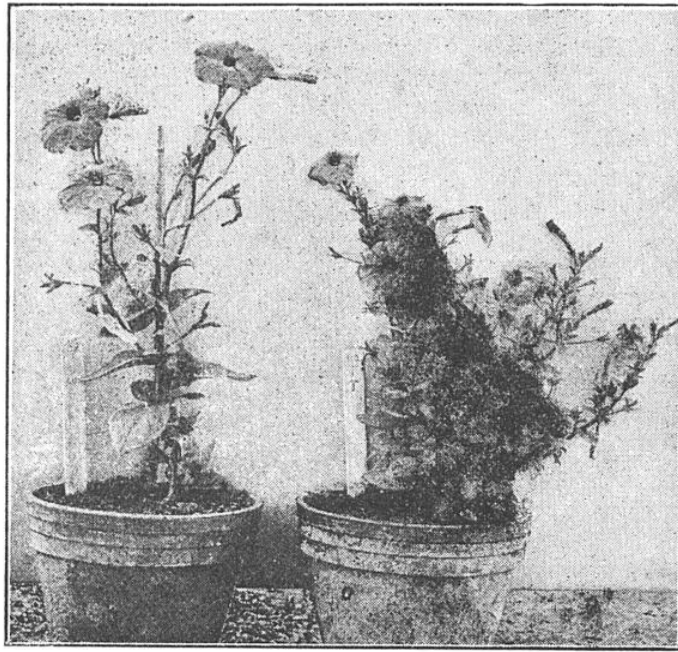


FIG. 3 — UN PÉTUNIA GÉANT TÉTRAPLOÏDE (28 CHROMOSOMES).
A DROITE, ISSU D'UN PÉTUNIA NORMAL DIPLOÏDE (14 CHROMOSOMES)
TEL QUE CELUI DE GAUCHE, PAR TRAITEMENT A LA COLCHICINE

un nouveau bégonia identique à l'ascendant.

Mais ici, pour des causes non encore bien élucidées, le porte-greffe (ou sujet) peut jouer un rôle extrêmement important dans la conservation de la lignée pure. Nourricier, le porte-greffe fournit sans doute ses « biocatalyseurs » individuels, dont le rôle, en génétique pure, a été mis en évidence relativement à la persistance des caractères. La théorie chromosomique, comme toute théorie, se trouve ainsi contrainte de renoncer au caractère d'absoluité que lui ont conféré ses fondateurs, dans l'enthousiasme de la découverte.

Et puisque « biocatalyseur » il y a, nous ne devons pas nous étonner que le terroir intervienne à son tour : ses caractères propres sont déterminés, comme on sait, par des teneurs infinitésimales, la plupart du temps impondérables, de minéraux les plus divers, des *catalyseurs* également. Et c'est pourquoi vous aurez beau transplanter ailleurs que sur le terroir

de la Gironde et précisément du Médoc les fameux plants « cabernet », cela ne vous garantira nullement la récolte d'un cru « bordeaux ».

Chaque coin de terroir a, lui aussi, ses caractères, son âme. Le colonel qui, arrêtant son régiment en Bourgogne, face au Clos-Vougeot, lui fit présenter les armes, n'était un fantaisiste qu'en apparence.

Suivant un exemple plus « prosaïque », le caractère de *résistance* à certains insectes prédateurs, tels que le *phylloxera*, acquis aux « plants américains » de la vigne, ne suffit pas à conférer à ces plants une valeur universelle. Il faut compter avec le terrain. D'où l'intérêt acquis, depuis quelques années, aux *hybrides* de la vigne spécialement adaptés à des conditions climatiques ou de terroir très variées.

Et ceci nous conduit à conclure que les travaux de recherche, en matière de sélection, agricole ou horticole, doivent s'effectuer dans le coin du pays qu'ils sont destinés à servir.

L'hybridation, les croisements

La sélection « choix » que nous venons d'examiner à grands traits est pour ainsi dire passive : elle se borne à « pêcher »

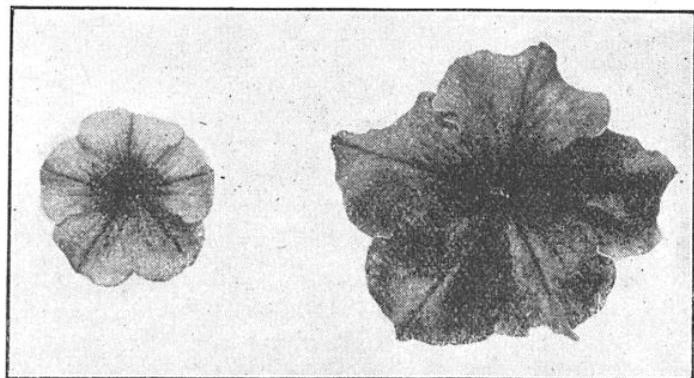


FIG. 4. — LES FLEURS COMPARÉES A MÊME ECHELLE DES DEUX PÉTUNIAS PRÉCÉDENTS

A gauche, fleur témoin diploïde (double jeu de chromosomes), $2n=14$. A droite, fleur tétraploïde (quadruple jeu de chromosomes, $4n=28$).

au petit bonheur dans le courant de l'évolution naturelle. Les sélectionneurs ont voulu mieux faire, *passer à l'action* en intervenant dans l'évolution elle-même.

La découverte empirique de « l'hybridation » (ou fécondation par croisements dirigés) leur permit d'entamer cette action, voilà fort longtemps. Les lois de Mendel, ici encore, vinrent diriger méthodiquement leurs travaux — en attendant que la génétique moderne les lançât sur une voie inespérée : la *mutation* artificielle des espèces, qui terminera cette étude.

Le « croisement » des espèces végétales permet de rechercher l'association, chez « l'hybride » obtenu, des caractères appartenant à des variétés différentes. Tel végétal est reconnu comme « résistant à la sécheresse » mais insuffisamment productif; telle autre variété du même végétal, d'un haut rendement, se montre fragile devant le manque d'eau. L'hybrideur va tenter d'obtenir, par leur mariage, une troisième variété qui soit, tout à la fois, *résistante* et *productive*.

L'autofécondité, quasi générale dans le monde végétal, offre un avantage sur lequel les sélectionneurs d'animaux ne peuvent guère compter. En vertu de l'absence du chromosome sexuel, la première génération, résultant d'un croisement, *est toujours homogène*. Autrement dit, les graines fournies par le sujet traité fournissent une planche de plantes toutes identiques. Le semis des graines ainsi obtenues en abondance laisse apparaître la disjonction (ou ségrégation) des « caractères » des deux variétés mariées artificiellement. C'est donc sur cette seconde génération hétérogène que le sélectionneur devra choisir les « plantes-souches » répondant à ses desiderata. La proportion des réussites est toujours aléatoire.

La recherche, au moyen de semis, doit alors s'effectuer dans un milieu conforme au futur milieu de culture. C'est au sélectionneur de provoquer la « sécheresse » destinée à faire apparaître le caractère « résistant » tout en surveillant la « productivité ». Nouvel argument pour la recherche *in situ*. Une fois choisi l'hybride (en deuxième génération), celui-ci figure dès lors, en principe, une *lignée pure* dont les graines ne seront lancées dans le commerce qu'après plusieurs années d'observations.

S'il s'agit de plantes multipliées par la méthode végétative (greffe, bouture, marcotte), l'isolement du sujet « le meilleur » n'offre pas de difficulté.

Mais ce que beaucoup d'horticulteurs ignorent, c'est que l'hybride obtenu en première génération doit être surveillé comme nous venons de le dire. Cette surveillance est commandée par les lois de Mendel. Du reste, la « lignée pure » n'est presque jamais réalisée chez les plantes horticoles. Les hybrides de roses et ceux des pêchers figurent toujours des lignées impures au point de vue *germinal* : *c'est donc uniquement par la multiplication végétative* que la pureté d'une variété sera maintenue, sous réserve... de mutations imprévisibles.

La lignée fût-elle rigoureusement pure, autant dans la multiplication germinative que dans la végétative, il arrive quelquefois que les caractères cultivés sont brusquement modifiés sans cause connue chez un descendant isolé. Cette modification — ou mutation — peut, du reste, apparaître tantôt « déficiente » et tantôt « méritante », relativement au but poursuivi. Le sélectionneur ne manque jamais d'isoler le sujet « méritant », car la mutation brusque (dont la découverte assure la gloire de de Vries) est douée de *fixité*, en même temps qu'elle garde, pour l'horticulteur sinon pour la nature, tous les caractères d'un fait accidentel qui ne se reproduira peut-être jamais plus sous ses yeux. C'est ainsi que certaines roses, certains chrysanthèmes, certains orangers remarquables sont de purs cadeaux faits par le hasard aux sélectionneurs. Exemple : l'oranger *Golden Bucquey* est une mutation — un « sport » comme disent les horticulteurs — du Washington Navel. La variation, disent les amateurs, est « méritante ».

Les mutations chimiquement dirigées

La mutation naturelle que nous venons de citer est « végétative ». Par un coup de scalpel bien placé, les rayons X et quelques autres « trucs », les biologistes ont réussi à provoquer quelques-uns de ces phénomènes mystérieux, sans avenir pratique, du reste. Mais depuis quatre ans, la théorie génétique (toujours elle!) les a incités à essayer de réaliser des mutations germinatives — par divers traitements de la graine. Ils ont pensé, ce que

le succès a confirmé, que l'enchaînement des caractères sur les chromosomes ne devait pas être insensible à l'intervention savante.

Au début de l'année 1937, le Français Gavaudan, essayant des traitements chimiques, avait constaté que l'imprégnation d'une *cellule végétative* avec une solution très étendue de colchicine (alcaloïde du *Colchique* d'automne) avait pour effet de multiplier les paires de chromosomes dans le noyau. Représentant ces expériences sur une *cellule germinative* différenciée (c'est-à-dire une graine), Blakeslee obtint le même résultat, avec cette nuance capitale que l'opération

effectuée sur la graine se répercutait dans la plante tout entière, à laquelle cette graine donnait naissance. Ainsi tous les tissus de la plante se trouvaient constitués de cellules dont les paires chromosomiques étaient multipliées par deux ou un multiple de deux. Or, à cette multiplication de chromosomes correspondait un accroissement concomitant de la taille des cellules. Il avait ainsi obtenu, par mutation d'une espèce donnée — en l'occurrence le *datura* —, une variété géante (1). On conçoit qu'en présence d'un « sport » aussi sensationnel, tous les chercheurs en biologie végétale aient été alertés.

Au Centre de recherches agronomiques d'Antibes (villa Thuret), Marc Simonet, appliquant la même méthode au *lin*, au *radis*, au *pétunia*, obtint pareillement des variétés géantes « tétraploïdes » — c'est-à-dire à $4n$ paires chromosomiques, n étant le nombre des paires normales. Depuis, une vingtaine de plantes tétraploïdes ont vu le jour au même laboratoire : un colza, la marguerite *anthé-*

mis, un piment, un rutabaga, une betterave à sucre, une blette (poirée), etc., furent « gigantifiées », dans la totalité de leur organisme, y compris la graine qui, féconde, assure leur reproduction.

Si la puissance de reproduction (fertilité) des variétés ainsi *mutées* demeurait numériquement égale à la fertilité de l'original, ce serait très beau. On aurait réalisé, dans ce cas, l'une des plus sensa-

tionnelles anticipations imaginées par H. G. Wells dans un de ses romans — à propos des êtres humains il est vrai.

Malheureusement pour les agriculteurs et les horticulteurs, la fertilité ne suit pas le mouvement : le lin normal

(diploïde) produit cent graines par pied, tandis que le lin tétraploïde n'en produit que *vingt*. Du point de vue pondéral des graines récoltées, le bilan de l'opération est donc nettement déficitaire.

Toutefois, pour le *colza*, la fertilité du tétraploïde demeure suffisante pour intéresser l'agriculteur. De plus, les variétés de fleurs décoratives géantes sont, d'ores et déjà, toujours intéressantes pour l'horticulteur.

En fait, la fertilité dans la plupart des cas n'est réduite que de moitié ou, tout au plus, des deux tiers. Et ceci devient encourageant, car les variétés obtenues dans une telle mutation révèlent, à leur tour, des différences qui prêtent à sélection. La « sélection des mutants », tel est le nouveau chapitre ouvert aux chercheurs.

L'octoploïdie ($8n$ paires chromosomiques) s'obtient également par forçage du dosage de colchicine. En forçant la dose, on obtient, à l'échelle *cellulaire seulement*, des multiplications chromosomiques qui vont jusqu'à $36n$. Mais au-dessus de $4n$, la plante n'est plus viable.

Quoi qu'il en soit, la technique d'application de la colchicine a donné lieu, en

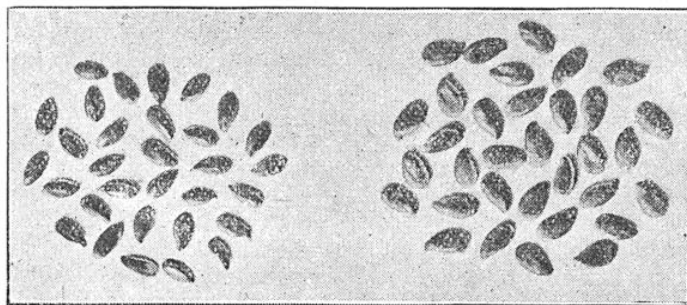


FIG. 5. — LES GRAINES DE LIN, COMPARÉES A MÊME GROSSISSEMENT, D'UNE VARIÉTÉ TÉTRAPLOÏDE, A DROITE (60 CHROMOSOMES) OBTENUE PAR TRAITEMENT A LA COLCHICINE DES GRAINES NORMALES, A GAUCHE (NOMBRE DE CHROMOSOMES : 30)

(1) La découverte de Blakeslee a fait l'objet d'une étude dans *La Science et la Vie*, n° 260, page 108.

ces dernières années, à des variantes expérimentales du plus grand intérêt : à l'imprégnation de la graine, s'ajoute par exemple celle des bourgeons et, plus généralement, de tout « l'axe végétatif » de la plante.

Deux autres produits *naturels*, d'effets analogues à ceux de la colchicine, ont été découverts l'un par Gavaudan : c'est l'*apiol* extrait de la graine du persil; l'autre par Simonet et Igolen, dans les feuilles du mandarinier. Bien que naturel, ce dernier n'a pas un nom très simple : les chimistes l'écrivent « méthylan-thranilate de méthyle ». Volatil, ses vapeurs ont le même effet que sa solution.

Du reste, en 1938, ayant eu l'idée de rechercher (par analogie avec l'hydrocarbure « cyclique » qu'est la colchicine) si d'autres carbures de même type, mais d'origine synthétique, ne produiraient pas le même effet de multiplication chromosomique, le Russe Kostoff découvrit qu'il en était bien ainsi de l'*acénaphène*, et que l'*acénaphène* agissait par ses seules vapeurs.

Ainsi, voilà de singuliers perfectionnements techniques. D'une part, la découverte de la formule moléculaire-type des produits multiplicateurs de chromosomes; tout comme les produits cancérogènes (1) eux aussi responsables du gigantisme des cellules cancéreuses, ces carbures sont caractérisés par le « noyau benzénique » — la condition paraissant nécessaire mais

non suffisante; d'autre part, l'action des produits à l'état de vapeur. Verra-t-on quelque jour des serres d'étude à l'atmosphère savamment viciée par ces poisons — car ce sont des poisons redoutables?

Au point où nous voilà parvenus, la sélection artificielle des plantes rejoint l'ensemble des problèmes qui constitue la « clef de voûte » de la physiologie cellulaire et, par conséquent, de la biologie tout court, en leur état le plus actuel.

Et déjà des corrélations importantes se révèlent entre les diverses modalités des phénomènes observés. C'est ainsi, par exemple, que la *colchicine* provoque sur le lin un accroissement de volume des noyaux cellulaires égal à 1,4 fois le volume normal et sur le blé un accroissement égal à $1,4 \times 1,5$ fois. Ce sont là de curieux « rapports simples », comme disaient les chimistes aux origines de la science.

D'autre part, comme une même substance peut provoquer sur des *plantes différentes* des effets également *différents*, il semble que la biologie de la cellule s'achemine, grâce à ces expériences, vers des progrès sensationnels par leur précision qui semble s'orienter vers des lois numériques — exactement comme il advint, répétons-le, à la chimie voilà cent ans. Nous assistons, peut-être, aux débuts de la biochimie rationnelle.

Jean LABADIÉ.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 263, page 398.

Le palmarès agricole de l'Europe, tel qu'il a été dressé récemment par M. Augé-Laribé, attribue les premières places, pour presque toutes les cultures, aux petits pays du nord-ouest : Pays-Bas, Belgique, Danemark, Irlande. Il s'agit ici de faire entrer en ligne de compte, non pas la masse totale de produits récoltés, pour lesquels les pays en question sont défavorisés du fait de leur superficie réduite, mais bien les rendements à l'hectare qui témoignent de l'habileté et de l'éducation professionnelles des cultivateurs. Le premier rang revient incontestablement dans cet ordre d'idées aux Pays-Bas : le rendement à l'hectare y a atteint, dans les meilleures années, 33,1 quintaux contre 18 seulement en France qui n'arrive qu'au treizième rang dans le classement des nations européennes. Pour le seigle, à 26,8 quintaux à l'hectare s'opposent 13 quintaux seulement en France, qui n'arrive plus qu'au dix-huitième rang. Pour l'avoine, 29,5 quintaux contre 16,9; pour les pommes de terre, 292,8 quintaux contre 116,7 (ici la France n'arrive qu'en vingtième position!); pour la betterave sucrière, 423,9 quintaux contre 307. On sait aussi l'importance qu'ont pris l'élevage et la production du lait et de ses dérivés dans l'économie agricole des Pays-Bas.

LES FLEURS, LES FRUITS ET LEURS ENNEMIS-NÉS : LES INSECTES

par Charles BRACHET

Dans l'économie agricole de la France, la production des fruits et, à un degré qui est loin d'être négligeable, celle des fleurs (fleurs pour décoration ou plantes à parfum), a joué, au cours des dernières années, un rôle important mais qui était loin de correspondre, du point de vue consommation intérieure et exportation, aux possibilités des terroirs français. Leur développement, en face des conditions nouvelles qui nous sont faites, va exiger des horticulteurs une double discipline collective qui, à l'exemple de ce qui se fait dans ce domaine à l'étranger, devra porter d'une part sur les méthodes de production à grand rendement et de présentation commerciale des produits, d'autre part sur la mise en œuvre des procédés de lutte scientifique contre les ennemis des cultures qui détruisent ou rendent invendable une part beaucoup trop grande de nos récoltes.

LE blocus sous lequel nous vivons doit, lorsqu'il cessera, laisser à notre pays au moins quelques-uns des bienfaits dont l'existence se trouve obscurément affirmée par l'adage populaire : « A quelque chose malheur est bon ».

Commencé dès avant cette guerre, de par les nécessités autarciques, le blocus économique, loin d'abattre l'Allemagne, l'a obligée à prendre conscience de toutes ses possibilités. Telle est la leçon que nous voudrions éclairer, en ce qui concerne la France, dans le département très spécial de son horticulture.

Disons tout de suite que cette leçon aboutira, là comme en bien d'autres points, à constater que la France est en retard sur l'étranger.

Il a fallu l'arrêt absolu de l'importation des belles pommes rouges américaines « standardisées » dans leur poids, leur forme, leur goût, luisantes d'une gaine paraffinée — leur vêtement de voyage —, pour nous faire apercevoir qu'en France également nous récoltions des pommes. Mais des pommes dont un spécialiste dresserait une liste de « variétés » autrement riche que celle des deux ou trois que nous expédiaient le Canada ou la Californie : des pommes dont la peau nous offrait, par surcroît, tous les échantillons de la flore cryptogamique et leur pulpe tous ceux de la faune entomologique. Trop de paniers semblaient extraits d'un traité de parasitologie.

En sorte que, réduit à l'achat des pommes françaises, c'est aujourd'hui seulement que le citadin prend une conscience exacte des motifs qui l'incitaient à préférer les américaines.

Mais le paysan, l'horticulteur n'ont-ils pas mieux à faire que de jouir de l'effondrement, d'ailleurs momentané, de la concurrence étrangère sur le marché ? Ils doivent profiter de leur avantage actuel pour entreprendre, sans tarder, la réforme de leurs cultures fruitières. Ainsi, le blocus fini, il se pourrait que la France ne désirât que modérément d'autres pommes que de son propre terroir.

De plus, profitant de la nouvelle culture méthodique, beaucoup d'autres fruits, qui se prêtent, moins que les pommes, à l'importation étrangère, se trouveraient avoir conquis et enrichi le marché de notre consommation intérieure, actuellement réduit à la portion congrue.

Enfin, le marché extérieur, se trouvant équilibré par les progrès réalisés, pourrait renverser sa « balance » et nos exportations dépasser nos importations. Tel serait le bienfait auquel nous avons fait allusion.

Les « caractères » commerciaux des fleurs et des fruits de grande vente

« Trop de variétés ! » tel est le cri de tout horticulteur français, désireux de travailler dans la voie d'une discipline rationnelle, la seule qui permette d'an-

plier les méthodes de production à grand rendement et de frais minimum.

A quoi il ajoute : « A rendement égal, il nous faut concentrer notre effort sur les variétés les plus résistantes au transport, puisque toute production intensive est destinée à une large diffusion autour de l'aire productive. » *Résistance au transport!* Voilà un « caractère », pour parler comme les génétistes, qui n'a rien de la sélection naturelle selon Darwin. Il faut donc s'occuper de l'obtenir par sélection artificielle. Tout comme l'Amérique a sélectionné dans ce sens ses pommes et ses poires, l'Italie a produit aussi des pêches qui voyagent.

Seulement, comme la sélection (1) obtenue est toujours plus ou moins fonction du terroir, on ne peut que rarement plagier le voisin, sans d'autre effort. Les violettes de Parme et celles de Toulouse ne sont pas plus interchangeables que ne le sont la poire du Canada et la *Doyenné* française; la pomme de Californie et la *Calville*; ou les pêches d'Italie et celles de Provence.

Ni la fleur ni le fruit de grande vente ne doivent atteindre à l'énormité, chère aux spécialistes d'exposition. Vous avez obtenu le kilogramme de poire en trois fruits seulement? ou la tomate qui « fait » sa petite demi-livre? ou l'asperge dont quatre spécimens suffisent à constituer une « botte »? Ce n'est pas intéressant pour la « ménagère moyenne » de France qui désire emporter dans son panier « au moins un » spécimen pour chaque convive de sa table quotidienne. C'est tellement vrai que l'horticulteur avisé accroît le poids de ses bottes d'asperges à mesure que, la saison s'avancant, leur prix relatif décroît. Ainsi : uniformité de taille et taille moyenne, tels sont les caractères peu brillants que le marchand, surtout s'il vend en gros, demande à l'horticulteur. Et ceci reste vrai, qu'il s'agisse du fruitier ou du fleuriste.

Le danger des « monstres de beauté » appelle la « discipline des produits »

Les fleurs, dont la province d'élection française est constituée par la Basse-Provence et la Côte d'Azur, méritent une mention spéciale.

Pour l'horticulteur, elles se divisent en « fleurs à parfum » et « fleurs de déco-

ration ». Les premières se cultivent en pleins champs; les secondes aussi, mais parfois exigent la serre, régulatrice du climat qui permet d'obtenir l'œillet, la rose, la jacinthe, le chrysanthème, le glaïeul, etc., avec une régularité quasi machinale, dans l'uniformité du produit comme dans les époques, échelonnées, de la récolte.

Le « floriculteur » méridional n'a qu'à défendre ses positions acquises de longue date. Encore ne doit-il pas s'emballer sur les variétés merveilleuses que lui offrent les sélectionneurs. Rien de pernicieux comme les essais culturels de ces « monstres de beauté », qu'il s'agisse d'œillets ou de roses ou d'autres espèces aux mutations dévergondées. Voilà quelques années, beaucoup de floriculteurs hollandais en furent les victimes. Avec un art consommé, ils inondèrent le marché de fleurs d'exposition, puis, la crise venue et les millionnaires se clairsemant, les plantations coûteuses, entretenues dans des serres qui figurent de véritables usines chauffées, durent être arrachées et les serres grandioses demeurèrent sans emploi.

Tandis que les cultivateurs provençaux de roses plus modestes, de la *Brunner* par exemple, qui résiste brillamment au voyage et à la manutention, furent bien avisés en restant fidèles à cette vieille créature de leurs pères. A celle-là et à d'autres qui, le fort de l'été venu, livrent fructueusement à l'alambic tout ce qui, de leur population, serait invendable autrement.

Faut-il renoncer aux spécimens de grand luxe? Pas le moins du monde. Mais leur culture doit garder le second rang dans « l'industrie » horticole : en d'autres termes, elle devra prendre, vis-à-vis de ses clients « riches » — lorsqu'ils réparaîtront eux aussi sur le marché — des assurances de prix, bien concertées par les syndicats, des assurances au sens technique du mot, c'est-à-dire de « couverture d'un risque ». Ainsi, les fleurs de grand luxe seront plus chères et, par suite des frais engagés, probablement de plus en plus belles. Tandis que les « fleurs standard », si l'on ose ainsi parler de l'immense variété de espèces déjà régulièrement cultivées chacune sur son terroir, deviendront de plus en plus accessibles pour toutes les bourses.

Les fruits sensationnels deviendront,

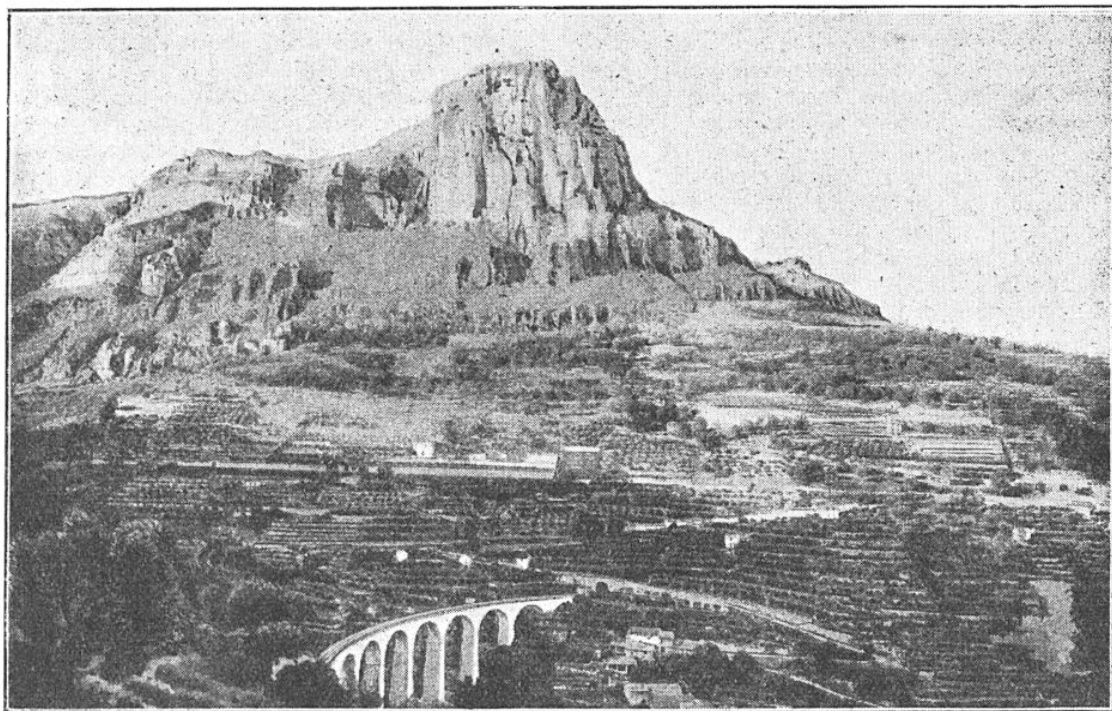
(1) Voir dans ce numéro l'article sur la Sélection.

tout de même, l'apanage des riches acheteurs — lesquels n'en auront pas toujours pour leur argent. La fraise des bois ne donne-t-elle pas l'exemple d'une saveur qui fait défaut aux fraises monstres? Mais, en l'occurrence, le verger d'amateur peut conserver son caractère de cultures exceptionnelles. Là, mieux

L'avenir vis-à-vis de l'étranger

Concernant la culture florale, on peut se demander ce que serait son avenir dans une Europe en économie fermée.

La réponse est donnée par le résultat de la campagne 1939-1940. Dans les circonstances présentes, les fleurs d'orne-



TW 2353

FIG. 1. — LES ORANGERAIES PRÈS DE NICE

Cette vue d'ensemble donne une idée de ce qu'est la culture de l'oranger à Nice, comparable aux vignobles du Languedoc.

que dans l'indiscipline du marché, l'individualisme français trouvera un champ d'action digne de lui. « Cultivons notre jardin » chacun à notre goût — mais notre jardin individuel, non celui qui se rattache au marché des halles. Il est des horticulteurs — nous pensons à l'un d'eux vraiment « célèbre » depuis trois générations — qui ont ainsi leurs « réserves » hors série, dans leurs vergers ou leurs planches professionnels. Nous avons souvenir d'une tranche d'un curcubitacé tellement extraordinaire qu'il nous fallut attendre le premier coup de cuiller pour reconnaître un... melon! Le virtuose horticulteur était fier de ce « violon d'Ingres », mais se gardait bien de l'exploiter! Il s'y serait ruiné.

ment manquent aux expéditeurs. Malgré le courant d'échange qui existe déjà d'assez longue date entre l'Italie et l'Allemagne, celle-ci a inauguré ses achats sur la Côte.

Une question plus importante est celle des fleurs et des plantes à parfum. Là, une illusion assez courante, chez le profane, serait que les produits synthétiques sont capables de détrôner un jour les parfums naturels, à l'instar des colorants. Il n'en est rien. Même l'essence de violette qui peut s'extraire à peu près intégralement des sous-produits de la houille, doit être rehaussée de violette naturelle. Les succédanés végétaux extraits soit du bois (essence de « rose » du bois de rose), soit d'une plante exotique



T W 2355

FIG. 2. — POIRES « BEURRÉ CLAIRGEAU » SUR CORDONS VERTICAUX
Ces grappes de fruits immaculées témoignent de ce qu'obtient un arboriculteur soigneux.

différente de la fleur nominale (essence d'œillet fournie par le clou de girofle), n'ont aucune chance de détrôner les parfums authentiques. Du reste, ceux-ci ne découlent pas du traitement de la fleur à l'état de produits marchands : l'addition du produit synthétique de base bien connu, *l'anthranilate de méthyle*, loin de concurrencer l'essence naturelle, vient accentuer la valeur industrielle du produit naturel. Mais cette chimie des parfums est trop complexe pour être développée ici.

Disons seulement que, du point de vue de l'adaptation au climat français par des études sélectives de fleurs qui se cultivent plus aisément aujourd'hui en Bulgarie ou en Roumanie, rentre dans le domaine des possibilités les plus assurées de la réussite. Là encore, il suffirait de l'assiduité dans la recherche et de la discipline dans la production.

La discipline des horticulteurs dans la lutte contre l'insecte

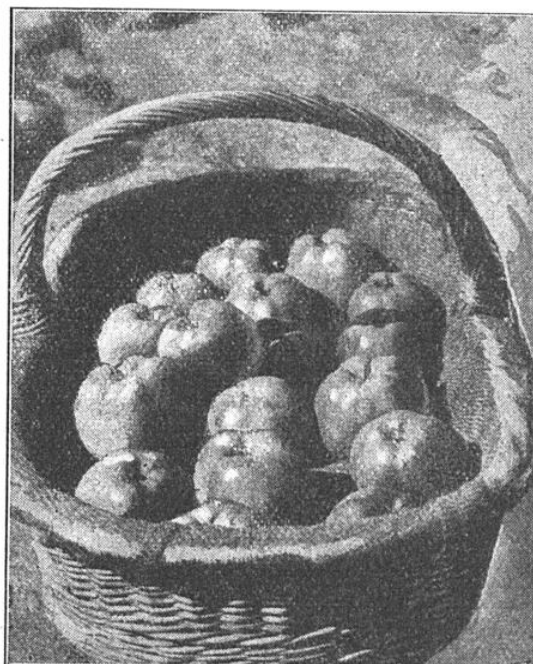
Il est inutile, je pense, de souligner longuement le rôle que doivent jouer la corporation et les organismes, *largement décentralisés*, dans ce que nous pouvons maintenant appeler la « rationalisation »

de la grande horticultrice — toutes réserves étant faites sur le mot emprunté à l'industrie — puisque, nous l'avons dit, terroir et climat demeurent les facteurs essentiels de la chose.

Et voici maintenant un second aspect de la future discipline corporative : la *qualité* étant assurée par les variétés standard, il faut pourvoir à la conservation *quantitative* des récoltes par une défense organisée, méthodique, couvrant l'ensemble d'une région. Contre quel ennemi ?

Vous l'avez deviné : *l'insecte*.

On l'a souvent répété, les moyens de



T W 2354

FIG. 3. — POMMES SÉLECTIONNÉES DANS LES PANIERS CAPITONNÉS SERVANT À LA CUEILLETTE DES FRUITS

prolifération de l'insecte sont d'une telle ingéniosité que chaque individu-parasite figure le germe d'une épidémie, toujours latente.

Les viticulteurs méridionaux savent bien que toutes les vignes contiguës restent solidaires devant le fléau que représente la triade classique « pyrale-eudémis-cochylis », dont les papillons voyagent sur un grand rayon. Les agriculteurs de la pomme de terre ont, tout de même, pâti de leur action isolée contre le *doryphore* dont les « foyers » s'étendent avec une régularité quasi mécanique sur la carte. A deux reprises, dans les quarante dernières années, l'Allemagne a su enrayer d'abord et puis éteindre l'invasion de son territoire — et par conséquent de l'Europe — à partir de foyers allumés par des importations de pommes de terre américaines, à Hambourg. Aussi bien, quand se déclara l'invasion française, par Bordeaux, au lendemain de l'autre guerre, l'Allemand eut beau jeu pour ironiser avec amertume sur notre incurie ou notre absence de méthode qui permit au *doryphore* de progresser avec une régularité géométrique autour de la Gironde, tout en essaimant çà et là pour constituer de nouveaux foyers.

Retournons le fer dans la plaie. En Italie, la « mouche de l'olivier » est capable, vous n'en doutez pas, d'accomplir les mêmes ravages qu'en Provence. Elle n'y manquait pas — jusqu'à l'avènement du régime fasciste. Mais, depuis dix ans, l'Etat italien — secondé par les corporations — a institué le traitement obligatoire. Vous placez vous-même, à charge d'inspection inopinée, si vous le désirez, les « appâts » insecticides; mais si vous y renoncez en excipant de votre incapacité, ce sont des équipes cantonales qui opèrent chez vous, à vos frais bien entendu, ces frais étant, du reste, fort diminués du fait du travail en série. Et puis, il y a les arbres en déshérence, ceux qui bordent les routes... Aucun n'est oublié. Et la récolte des olives a doublé de rendement.

Ces exemples typiques suffisent pour marquer la nécessité d'une coordination dans les traitements insecticides. Mais ce ne sont que des exemples. Aussi bien, nous allons jeter un coup d'œil, dans les pages suivantes, sur le monde infiniment divers des parasites et les moyens de les combattre.

Contentons-nous d'avoir peut-être réussi à exposer la nécessité d'une discipline collective dans un compartiment de l'économie agricole qu'on était tenté, il y a vingt ans, de considérer comme la plus accessible à la fantaisie individuelle. Notons, d'ailleurs, que la « discipline des variétés » rejoint la « discipline des traitements insecticides » en ceci que les variétés cultivées tendent à spécialiser les parasites et même à repousser absolument certains d'entre eux, ainsi que chacun peut s'en convaincre par l'exemple classique du *phylloxera* dont l'invasion victorieuse des traitements put être arrêtée net simplement par l'introduction du « plant américain » comme sujet porte-greffe. Et l'on sait encore que, cette victoire étant acquise, les sélectionneurs l'ont perfectionnée par l'obtention de *plants hybrides* capables à la fois de résister au *phylloxera* et de restituer *directement* les anciens rendements de la vieille vigne française.

Le monde des arthropodes, plus évolué que celui des vertébrés, le nôtre

Pour saisir les difficultés de la lutte contre les insectes, il faut bien savoir que leur monde n'est pas du tout « inférieur » à celui des vertébrés.

Ce sont là deux formes *divergentes*, mais également « évoluées » de la vie. Ayant l'un et l'autre pris le départ aux premiers âges de la Terre, l'insecte a suivi son instinct en sacrifiant l'intelligence, tandis que le vertébré, dont nous sommes, paraît-il, le plus beau spécimen, n'est parvenu à la forme humaine que par le sacrifice de l'instinct au bénéfice de l'intelligence, mère de la science.

Chaque insecte s'est donc spécialisé à outrance vers une tâche précise, cette spécialisation s'appliquant à tous ses organes : la courtilière est une scie vivante; la plupart des larves sont des vrilles qui digèrent à mesure qu'elles taraudent, etc. A ces « outils-vivants », ultra-perfectionnés, en incessant travail de destruction, nous sommes donc tenus d'opposer des moyens intelligents, c'est-à-dire « scientifiques ».

Chaque espèce d'insecte opère avec la sûreté d'un instinct éduqué durant des centaines de millénaires. Notre science, dans sa forme utile, en l'occurrence

la chimie, n'a qu'un siècle d'existence.

Il est vrai que sa puissance massive semble devoir permettre à l'homme de rattraper le temps perdu. Une bonne pulvérisation d'arséniate, par exemple, semble devoir « tout tuer », suivant la méthode qu'Innocent IV appliquait aux hérétiques, laissant à Dieu le soin de « reconnaître les siens ». Malheureusement, en horticulture, cela ne va pas tout seul.

D'abord, il ne faut pas tuer le client de l'horticulteur, futur dégustateur du fruit que l'insecticide doit « défendre », par conséquent, à sens unique. Ainsi, toute une série de fruits — des fraises aux cerises, en passant par l'olive et même le raisin parvenu à certaine grosseur — deviennent interdits aux pulvérisations toxiques.

D'autre part, le pulvérisateur peut-il se vanter de fouiller entièrement un olivier dans son feuillage si ténu ou de pénétrer son écorce

dure, squameuse, tourmentée?

En somme, l'intervention des insecticides a ses revers — ce qui justifie la mise en œuvre, ces dernières années, de la méthode « biologique » consistant à opposer aux insectes nuisibles d'autres insectes utiles, puisqu'ils sont leurs parasites mortels. La méthode biologique (1) revient à mettre en œuvre « l'équilibre naturel des espèces ». Les méthodes chimiques sont incompatibles avec elle, puisque, nous venons de le remarquer, le poison n'épargne personne.

Elles ont déjà fait un certain mal en empoisonnant indirectement les oiseaux insectivores : mésanges, fauvettes, rouges-gorges, pinsons, etc. (2). Tant et si bien

(1) Voir dans ce numéro l'article sur la lutte biologique.

(2) Ne laissons pas passer l'occasion de jeter

que le problème insecticide apparaît assez complexe, autant dans le choix des produits que dans leur application.

Cependant, les méthodes chimiques sont nécessaires en l'état actuel des choses. Acceptons-en donc l'étude comme la rançon de l'intervention humaine dans « l'équilibre des espèces » dont s'était contentée la nature jusqu'à présent.

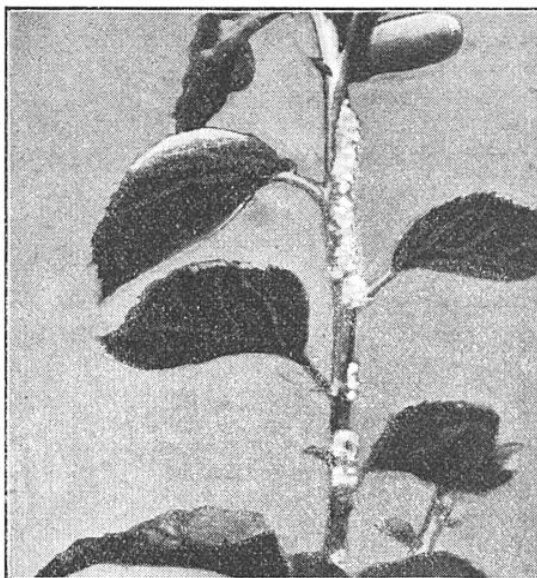


FIG. 4. — COLONIE DE PUCERONS LANIGÈRE SUR UNE POUSSÉ DE POMMIER

Groupés en colonies, les pucerons piquent l'écorce qui se crevasse; les blessures dégénèrent en chancres qui épuisent l'arbre. (Ph. R. Pussard.)

Les causes inéluctables de l'invasion « planétaire » des insectes nuisibles

Non seulement la sélection dépayse les plantes — et, par là, leur enlève les caractères d'auto-défense qu'elles s'étaient données dans leur habitat naturel, mais encore l'expédition de leurs produits véhicule d'un pays à l'autre, d'un continent à l'autre, les insectes déprédateurs qui eux, s'adaptent avec une rapidité inouïe aux nouveaux climats, aux plantes nouvelles pour eux.

Les parasites d'importation sont in-

nombrables. L'Amérique nous a donné le *Phylloxera* qui a bouleversé la viticulture française; et puis le puceron lanigère du pommier; l'Italie nous a dotés de l'*Eudemis* de la vigne; l'*Icerya purchasi* vient d'Australie, etc.

Il est vrai que l'Europe a répliqué (et peut-être commencé) par l'émigration aux Etats-Unis de la *cécidomye* destructive du blé, dès 1779; le charançon de la luzerne qui cause dans l'Utah des millions de dégâts annuels; et, concernant les vergers, la *spongieuse* et le *bombyx cul brun*, etc. En sorte que la solidarité collective pour la lutte contre l'insecte, évidente entre propriétaires de vergers contigus dans un même pays a pris, au XX^e siècle, un carac-

l'anathème, à notre tour, contre les trop célèbres « chasseurs » méridionaux pour lesquels tout oiseau vaut un coup de fusil.

tère réellement planétaire. Une *convention internationale* touchant la protection mutuelle des Etats, a organisé sur le papier tout un système de mesures et d'inspection douanière; elle a été signée le 4 mars 1914. Mauvaise date! Elle est encore aujourd'hui, lettre morte — et, du train dont les choses vont, risque de le demeurer longtemps.

Au reste, est-elle applicable? L'ingéniosité que déploie l'insecte pour cacher sa ponte ou ses larves dans le débris et les emballages ne sera-t-elle pas toujours victorieuse des mesures administratives? L'instinct de l'arthropode sera probablement toujours plus fort que l'intelligence des fonctionnaires douaniers.

Il reste donc à lui opposer l'intelligence du savant.

La diabolique variété du peuple prédateur

Tenons-nous en aux insectes du verger et du jardin, puisque tel est notre sujet.

Et même, à ce titre réduit, nous devons nous borner à une nomenclature incomplète. Il n'est pas jusqu'aux serres, qui n'aient leurs parasites spécialisés : les orchidées, les azalées, les bégonias, par exemple, doivent être défendus contre l'*Heliothrips hemorrhoidalis*.

Parmi les ravageurs des plantes florales, citerons-nous le *criocère* du lys, les *cétioïnes* du rosier? Ils représentent, parmi les ravageurs, la famille des COLÉOPTÈRES.

Les LÉPIDOPTÈRES (ou papillons) se nomment communément (faisons grâce de

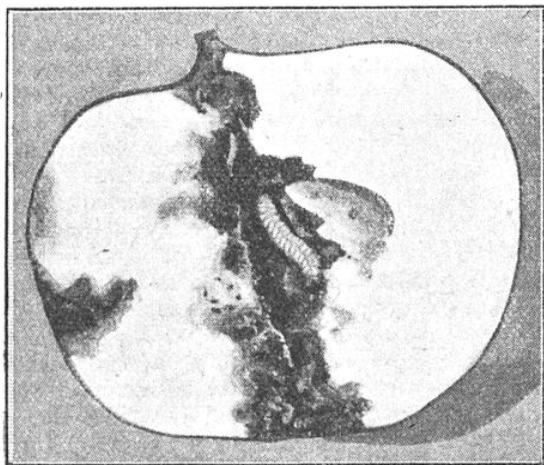


FIG. 5. — POMME RONGÉE PAR UNE CHENILLE DE CARPOCAPSE

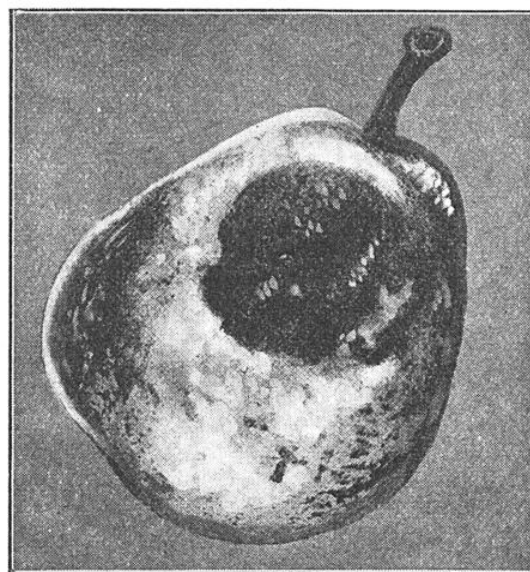


FIG. 6. — POIRE ATTAQUÉE PAR LA MOUCHE DES FRUITS

La mouche des fruits (*Ceratitis capitata*) pond ses œufs dans le fruit. Les larves se développent, le fruit se décompose partiellement et tombe avant maturité.

leurs noms latins) : le *papillon* de l'œillet et surtout le *Tortrix* qui ravage les cultures de cette fleur dans la région d'Antibes; la *teigne* et le *phalène* du lilas. D'autres « tordeuses », des « bombyx » communs aux arbres fruitiers et aux plantes florales; la *pyrale ocellée*, les *hyponomeutes* et autres *microlépidoptères*, leur tiennent compagnie.

Les HÉMIPTÈRES désignent la famille qui rassemble en un même cousinage : les *pucerons* et les *poux* du rosier; les *cochenilles*; les *cicadelles* suceuses insatiables de sève.

Les HYMÉNOPTÈRES sont représentés à la roseraie par des « mouches à scie », les *tenthredes* qui, du reste, émigrent de la rave et sont de plusieurs variétés; le *mégachile*, qui taille dans les feuilles les matériaux pour faire son nid, la *cypris*. Et brochant sur le tout, les fourmis qui envahissent les plates-bandes.

Passons-nous au verger?

Voici encore d'autres COLÉOPTÈRES : le *charançon de la livèche* (un forestier) grimpe, sans voler, aux arbres fruitiers dont il ronge les bourgeons; les *diablots*, que l'on paya, en 1905, huit francs le kilogramme aux ramasseurs. Et le *péri-tèle gris* qui opère seulement de nuit.

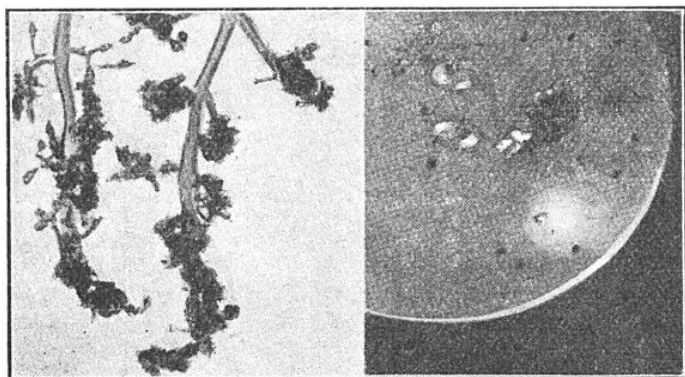


FIG. 7. — LES DÉGATS DE LA COCHYLIS SUR LA VIGNE

La Cochylis est un des principaux ennemis de la vigne. Elle a deux générations par an. A gauche, les chenilles de la première génération ont rongé, en mai, les boutons à fleur de la grappe en formation; à droite, un grain de raisin porte des œufs qui donneront naissance aux chenilles de la deuxième génération (fin août) lesquelles entameront la peau et videront le grain.

Les charançons colorés (*rhynchites*) sont multiples : le *bacchus* apparaît au printemps avec les fleurs de pommier et de poirier, son mets préféré, tandis que l'*urbec* se spécialise dans l'enroulement des feuilles en « cegure »; le *rhynchite cuivreux* passe des prunes aux cerises; et l'*anthonome* du pommier, qui broute la fleur « en herbe », c'est-à-dire avant l'éclosion : en 1889, il a coûté 60 « millions-or » à la Bretagne et à la Normandie. Il est vulnérable, heureusement, à des parasites naturels, de petites mouches. Le cerisier et le poirier ont, aussi, leurs *anthonomes* spécifiques.

Les charançons du noisetier ont pris naturellement, comme bû, l'évidage de la noisette pour y nicher tout en se nourrissant de l'amande.

Les *buprestes*, autres coléoptères, diffèrent selon qu'ils sont « du framboisier », « du pêcher » ou « du poirier ». Les *scolytides* sont des coléoptères rongeurs qui « achèvent » les arbres affaiblis, en danger : le poirier et le prunier se partagent l'un d'eux; le pommier et le pêcher ont le leur, également, de moitié. L'olivier a le sien. Tout ce peuple ronge le bois et achève de « tuer » les branches affaiblies, L'*hylésine* rivalise, sur l'olivier, avec les *scolytides*.

Voici, maintenant, des LÉPIDOPTÈRES : le *bombyx cul-brun*; le *bombyx à livrée*; le *bombyx disparaté*; le *bombyx antique*; le *petit paon* et le *grand paon* également nocturnes et les *phalènes* qui, du verger,

viennent heurter nos lampes de travail par la fenêtre ouverte. La *pyrale des pommes*, dont notre couteau tranche désagréablement la larve sur notre assiette où nous pensions déguster, cependant, un fruit impeccable. La *pyrale des prunes*, comme celle des *châtaignes*, ne sont que leurs cousines éloignées.

La *phalène* et la *sésie tipuliforme* se partagent le groseillier : l'une prend les feuilles, l'autre la moelle de la tige.

La *teigne de l'olivier* pond sur la feuille près du calice des jeunes fruits que la larve, sitôt éclos, envahit.

Et les *chenilles fileuses* accaparent pour faire leurs nids soyeux, les feuilles du pommier.

Voulez-vous connaître les HÉMIPTÈRES du fruitier?

Les *pucerons*, ici encore, sont variés : pêcher et poirier ont chacun le leur.

Le *puceron lanigère*, déjà nommé, figure l'ennemi le plus redoutable du pommier; il l'exploite avec une science diabolique. Parthégonétique, d'abord, il devient sexué à l'automne. Chaque année, l'invasion reprend ses bases de départ sur les anciens foyers. Et d'année en année, ces nids deviennent des tubérosités de grosseur croissante. Cela commence, méthodiquement, par les jeunes pousses plus aisées à conquérir et puis l'invasion renforcée attaque les branches. Enfin, c'est le tronc. Aptère à une certaine période de ses métamorphoses, le puceron devient

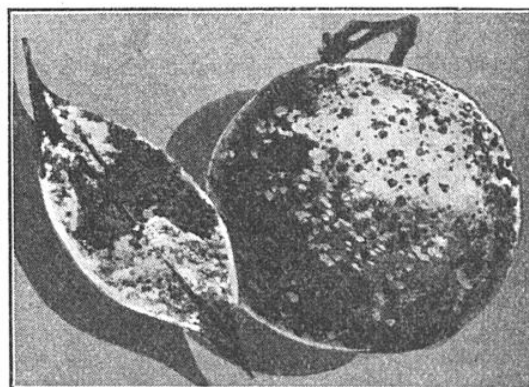


FIG. 8. — LE POU ROUGE DE L'ORANGER

ailé pour émigrer en essaims sur les arbres ou les vergers non encore infestés. Et les ailes lui poussent justement quand, sexuels, ses couples peuvent pondre ! Avouez que les états-majors des armées humaines ne font pas mieux pour organiser leurs invasions.

Et puis, il y a les *Psylles*, encore des pucerons ! Celle du pommier est rouge, celle du poirier, rouge orangé. Celle de l'olivier, vert jaunâtre. Et le poirier connaît encore un autre hémiptère : le *tigre*, qui se cache à l'envers des feuilles.

Est-ce tout, en fait d'hémiptères ? Non : il y a les *cochenilles*. La multiplication de ces « poux » est vertigineuse : l'*Aspidiotus commun* s'attaque au poirier qu'il suce à satiété. L'*Aspidiotus perniciosus*,

venu de Chine à travers l'Amérique, prolifère en deux générations à raison d'un million par femelle initiale à chaque saison. L'*Aspidiotus minor* est répandu dans tous les vergers du Midi ; l'*Aspidiotus nerii* est un fléau pour l'olivier ; l'*Aspidiotus fias*, pour l'oranger. Il y a, encore : le *Diplosis pirivora*, pou du poirier ; le *Mytilapsis pomorum*, pou du pommier ; le *Mytilaspis citricola*, pou de l'oranger. Le *Diaspis pentagona* se charge, à lui seul, d'éteindre la culture du mûrier, comme le phylloxera fit de la vigne.

L'olivier doit nourrir une autre variété de cochenilles : les *lecanines*. Le pêcher également a sa *lecanine*, et l'amandier, et l'olivier encore la sienne, qui est noire.

L'oranger, le figuier ont la leur aussi.

Les *Dactylopius* sont encore d'autres cochenilles spécialisées dans la destruction : *blanche*, du citronnier et de l'oranger ; *blanche* (variée) des plantes de serre. L'*Icerya purchasi*, redoutable, s'attaque à toute une série d'arbustes et de plantes ; venue de Californie en mars 1912, elle a envahi les Alpes-Maritimes.

Les DIPTÈRES enfin : la cerise, l'orange, l'olive ont, chacune, une mouche spécifique. La Provence comme la Tunisie doivent disputer à ces mouches, chaque année, leurs récoltes d'oranges et d'olives.

Les HYMÉNOPTÈRES ne pouvaient se désintéresser, eux non plus, des bourgeons de toutes sortes d'arbustes : ce sont la *tenthrede limace*, la *mouche à scie*, etc. Et les *guêpes*, les *fourmis*, autres hyménoptères, viennent enfin gâter les fruits



FIG. 9. — LES RAVAGES DE LA « CHEIMATOBIE » (CHENILLE ARPEN-TEUSE) DANS LES VERGERS

La « cheimatobie » s'attaque aux bourgeons, aux fleurs et aux feuilles des arbres forestiers et fruitiers. Les dégâts qu'elle cause sont considérables chaque année. On voit ici l'influence du traitement par pulvérisation de bouillie arsenicale sur la floraison. Seule la partie basse de l'arbre a été traitée.

mûrs parvenus à maturité.

D'après cette énumération relative seulement aux fruitiers, vous pouvez imaginer ce qu'il resterait à dire pour les autres cultures, depuis la forêt jusqu'aux légumes...

La mécanique, la physique, la chimie, alliées dans la lutte contre l'insecte

A l'inférieure diversité des formes et ruses de la gent arthropode, il faut lutter par tous les moyens « intelligents ».

Moyens mécaniques : l'écrasage par rouleaux ou centrifugeuses, en ce qui concerne les grains. Le secouage des ar-



T W 2377

FIG. 10. — LA DÉSINFECTION DU SOL PAR LE SULFURE DE CARBONE INTRODUIT A LA PROFONDEUR OPTIMUM ET DOSÉ PAR LE PAL INJECTEUR

bres avec ramassage consécutif. Il existe des *appareils collecteurs* (échenilleuses) et des *abris-pièges* offerts aux insectes. Les *ceintures gluantes* dont on entoure les troncs, refoulent les insectes aptères.

Moyens physiques : le *feu* se met en œuvre par des lances-flammes bien réglés ; en hiver, par *l'échaudage* à l'eau bouillante. La *lumière* peut servir à « piéger » les insectes nocturnes.

Mais c'est aux insecticides chimiques qu'appartient la tâche de lutter en dernier ressort.

Ici encore, la spécialisation des produits devient une nécessité, en raison même de la diversité de l'ennemi comme de ses tactiques.

On a d'abord pensé à tuer l'insecte, ou ses larves, ou ses pontes par *application externe* (relativement à l'animal). C'est la raison d'être des émulsions appliquées soit par badigeonnage, soit par pulvérisation : émulsions de pétrole, d'huile lourde de goudron, de goudron de bois, d'huile de paraffine, d'huiles végétales, de résine, de benzine, de savon. Décoc-tions de feuilles de noyer, lait de chaux, sulfate de cuivre et de fer, bouillies sulfo-calciques. Le pyrèthre, le soufre, la naphthaline, le plâtre, le crud-ammonia-

que. Tous ces produits, les uns minéraux, les autres organiques ou végétaux, ont trouvé leur emploi isolés ou en mélanges.

Le sulfure de carbone, *volatil*, est intervenu pour désinfecter le sol profond, ainsi que le sulfo-carbonate de potasse, la benzine, l'acide sulfureux. L'acide *cyanhydrique* également : il s'applique en entourant l'arbre d'une tente imperméable. C'est le moyen le plus efficace contre les cochenilles de l'oranger.

Les fleurs, avant exportation, passent au *fumigatorium cyanhydrique*. De même, les plants importés, avant d'être mis en terre.

Les serres peuvent être soumises à la fumigation du tabac, supportable aux ouvriers.

Et puis, sont apparus les *insecticides internes*, ceux que l'on propose à l'insecte d'ingérer en imprégnant le végétal : la *nicotine*, par exemple. Mais ce sont les produits arsenicaux qui ont reçu, jusqu'ici, la plus large application. Leur variété (que nous passerons sous silence) provient de la difficulté du dosage et de la spécificité du but poursuivi, *dans le cadre d'une réglementation* qui prévoit les accidents de la consommation humaine.

Les cultures maraîchères ne sont pas autorisées à utiliser l'arsenic ; les allées de parcs et les terrains de sports doivent se priver de la protection de leurs plates-bandes à l'arsenic. Ainsi, se trouvent réservés des abris de reproduction pour une foule d'insectes.



T W 2378

FIG. 11. — LA LUTTE CONTRE LE DORYPHORE PAR POUDRAGE DE ROTÉNONE

Récemment, des recherches furent entreprises pour déceler des insecticides qui ne soient pas toxiques pour l'homme. On en a découvert au moins un dont l'efficacité s'affirme chaque jour : la *rotenone*. Ce produit, d'origine végétale, est fourni par certaines légumineuses de l'Amérique du Sud où les indigènes l'utilisent de longue date pour la pêche : le poisson intoxiqué par les appâts reste comestible. La *rotenone* est, chimiquement parlant, une cétone.

Tous les moyens sont bons : il faut seulement les employer avec « méthode » et « discipline »

Tous les horticulteurs praticiens sont d'accord sur ce point : aucun moyen ne doit être négligé. Les plus primitifs, les plus traditionnels, tels que le ramassage à la main, seront toujours *nécessaires*, concurremment avec les plus modernes. Cette première conclusion pratique était à prévoir dans un domaine qui relève des sciences biologiques, non plus physi-

Comment, dès lors, se présente le problème — existant ici comme partout — du progrès ?

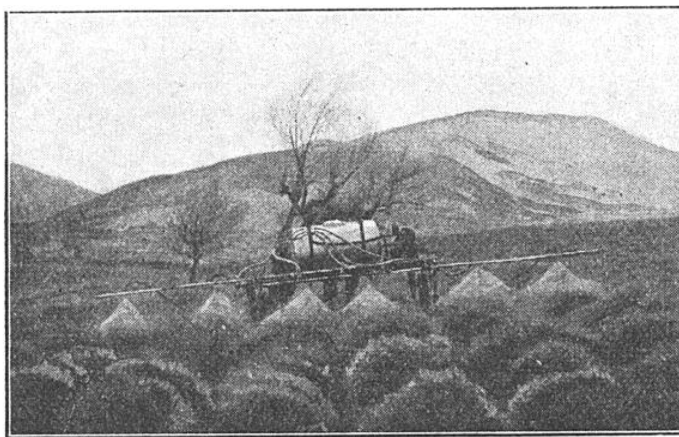
D'abord, dans la *méthode technique*



T W 2375

FIG. 12. — LE TRAITEMENT DES LAVANDES A LA BOUILLIE SAVONNEUSE NICOTINÉE

Le lot traité présente une belle coloration verte (noire sur le cliché), contrastant avec la coloration grise des lavandes voisines « déperissantes ». (Ph. R. Pussard.)



T W 2374

FIG. 13. — APPAREIL DE PULVÉRISATION A MOTEUR PERMETTANT DE TRAITER SIX RANGS DE LAVANDES, EN ACTION DANS UNE LAVANDERIE ARTIFICIELLE A SAINT-ANDRÉ-DES-ALPES (BASSES-ALPES. PH. R. PUSSARD)

d'application. Les traitements, particuliers à chaque végétal, doivent également se plier avec une exactitude rigoureuse aux *phases* de végétation, ceci relevant de la science horticole proprement dite. Donc : *spécificité* et application *saisonnière*.

Ensuite, il convient de rechercher une amélioration constante des *moyens physiques* d'application : appareils de pulvérisation à grand rendement, dosage exact des produits chimiques. Voici un exemple assez curieux de l'importance du dosage : la *fourmi d'Argentine*, véritable fléau des jardins et des habitations, sur la Côte d'Azur, se combat (comme, du reste, la mouche de l'olive) au moyen d'appâts sucrés, empoisonnés, à raison de 1 *pour mille* d'arséniate de soude. Cette dose *n'empoisonne pas* les « ouvrières » mais seulement *la nourriture* que les « ouvrières » rassemblent pour les larves ; ainsi, ce sont les larves, *seules reproductrices*, qui sont justement frappées par leurs « nurses » ! C'est là une belle réussite de l'intelligence scientifique contre l'instinct. Mais si, d'aventure, on force la dose, c'est l'ouvrière qui est empoisonnée : rien n'est fait ! « — Les larves vont mourir d'inanition », pensez-vous. — Non ! la mort

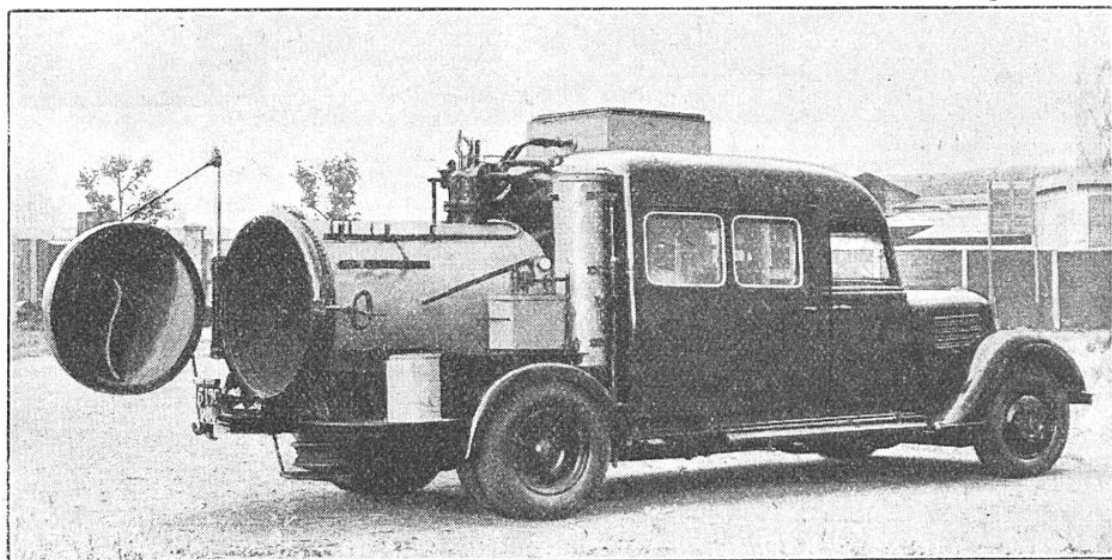
des premières ouvrières qui succombent constitue un avertissement pour les autres. L'appât est éventé. Mieux, il est recouvert par les ouvrières survivantes !

L'importance de la méthode étant reconnue, il reste — et c'est la conclusion annoncée — à l'étendre, sous forme de discipline collective, aux intéressés et, pour tout dire d'un mot, à toute la région intéressée.

les semences et même les terreaux de semis.

Le travail dépasse, en l'occurrence, les moyens individuels. Telle « désinfection » exigera, par exemple, une fumigation en autoclave, sous dépression préalable. La communauté horticole (la corporation) en autoclave, sous dépression préalable. échelle et, par conséquent, coûteux.

Signalons, à titre épisodique, l'inté-



T W 2376

FIG. 14 — LE CAMION LABORATOIRE DE LA STATION DE ZOOLOGIE AGRICOLE ET INSECTARIUM D'ANTIBES

Derrière la cabine-laboratoire est disposé l'autoclave travaillant sous vide partiel et capable d'utiliser tous les gaz toxiques préconisés pour la désinfection : acide cyanhydrique, oxyde d'éthylène et gaz carbonique, bromure de méthyle, sulfure de carbone, chloropicrine, etc. Ainsi peuvent être traités les plantes en mottes, les terreaux de semis, les graines de semence, les plants divers, etc. La désinfection est en effet indispensable pour les plantes destinées à des pays indémnes de nos ravageurs et aussi pour les espèces végétales exotiques importées sur notre sol qui risqueraient d'introduire chez nous de nouveaux parasites.

L'invasion des insectes étant strictement analogue à l'expansion d'une épidémie, une prophylaxie d'ensemble doit être instaurée. Tandis qu'on lutte « au centre » contre l'ennemi installé, il faut établir des barrages « à la périphérie ». L'exemple du *doryphore* ne s'étend pas, avec une égale simplicité, à toutes les invasions. Foyer et périphérie sont, le plus souvent, eux-mêmes dispersés suivant une mosaïque disparate, plus ou moins dissociée, dans une région donnée.

Dès lors, dans une plantation ou un semis nouveaux, il convient de ne pas importer — fût-ce de quelques kilomètres — les œufs, les larves ou les adultes. Autrement dit, il faut aseptiser les plants,

ressante réalisation due, dans cette voie, à M. M. Pussard, du Centre d'études d'Antibes (fig. 14).

Quand toutes les régions d'un Etat seront équipées non seulement en appareils mais en mesures législatives rigoureusement observées, pour opposer « pied à pied » à l'insecte un combat suivant une tactique d'ensemble, et quand tous les Etats seront d'accord sur une méthode, une discipline et une tactique d'intérêt commun, alors seulement on pourra envisager la disparition progressive ou tout au moins la stabilisation du fléau qu'est l'insecte.

Charles BRACHET.

LA VIGNE NOUS FOURNIT CE QUI NOUS MANQUE LE PLUS : SUCRE, HUILE ET CARBURANTS

par Jean FRANCIS

La région méridionale de la France s'est depuis une centaine d'années spécialisée dans la culture de la vigne et l'industrie vinicole. Cette monoculture, qui ne va pas sans danger en période normale, rend l'économie d'une région beaucoup plus vulnérable aux bouleversements qui accompagnent une guerre mondiale. Heureusement, la vigne est capable de nous fournir, outre le vin, quelques-uns des produits qui nous font le plus défaut à l'heure actuelle : sucre de raisin, qui, s'il ne se présente pas sous une forme aussi commode que le sucre de betterave, possède, avec un pouvoir sucrant deux fois moindre que celui-ci, la même valeur énergétique, huile de pépins de raisin, enfin alcool et charbon de sarments qui constituent d'excellents carburants de remplacement.

Le raisin et ce qu'il nous offre

La grappe de raisin se compose de la rafle ou rāpe et des grains. Les grains eux-mêmes renferment à l'intérieur de leur pellicule les pépins et la pulpe. De ces parties, chacune nous offre un certain nombre de produits dont nous allons examiner successivement la nature (tableau II) et les utilisations possibles.

La rafle et la pellicule, outre les matières ligneuses et cellulosiques (qui donneront au marc ses qualités de *fouillage* et de *combustible*), ne contiennent guère que des matières qui interviennent dans la fermentation alcoolique et influent sur la qualité du vin; par elles-mêmes elles ne présentent pas d'intérêt notable.

La composition des pépins fait entrevoir sans autre qu'ils pourront constituer un *combustible* intéressant, de pouvoir calorifique élevé. La forte teneur en *matières grasses* présente un intérêt évident, car leur extraction ne rencontre pas, nous le verrons, de difficulté particulière.

Si la rafle et la pellicule fournissent quelques-uns des éléments du moût ou jus de raisin, c'est la pulpe qui, dans sa constitution, joue le rôle de beaucoup le plus important, comme on le voit au tableau I.

Les substances acides ont une grande importance pour la qualité du vin, mais

sont sans intérêt intrinsèque. Seul fait exception le bitartrate de potassium, qui constituera le *tartre des cuves* dont on pourra extraire l'acide tartrique.

Mais c'est le sucre qui est de loin le plus important des constituants du moût. Que celui-ci soit converti en vin ou en alcool, que l'on poursuive l'extraction du sucre non fermenté, il est toujours le point central du processus, et tous les autres produits dont il a été fait mention ne constituent que des matières secondaires. C'est tout récemment que l'on a considéré le moût comme une source possible de sucre, et non pas seulement comme la source du vin. Car ce n'est guère que depuis les travaux de Pasteur sur la fermentation qu'on sait l'empêcher de se déclarer dans le moût, c'est-à-dire éviter que celui-ci se transforme en vin.

Il n'entre pas dans le cadre de cette étude d'exposer par le menu les procédés de la vinification. Mais un exposé des industries vinicoles ne saurait être complet sans que cette importante technique y soit traitée au moins schématiquement. La figure 1 donne, à titre d'exemple, la marche d'un procédé typique de vinification en rouge selon les méthodes scientifiques les plus modernes de l'Institut ymotechnique de Montpellier (1). On re-

(1) L'application de ces méthodes a été rendue possible par la *coopération*, qui permet de réunir et de traiter des quantités réellement industrielles (fig. 3).

marquera particulièrement le *levurage*, qui, suivant le *sulfitage*, assure la substitution de levures sélectionnées aux levures indigènes. La qualité du vin s'en trouve améliorée, mais c'est surtout la conservation qui en est assurée grâce à l'élimination des ferments, facteurs de maladies (dont les principales sont la *tourne*, la *piqûre* et les *casses*).

Les vins tournés ou piqués sont envoyés à la vinaigrerie, qui ne traite pas seulement ces vins malades, mais aussi des vins sains.

D'autres vins malades rejoignent à la distillerie les excédents de récolte et les marcs, pressurés après décuvage du vin. L'*alcool* ainsi produit fournit d'une part un *carburant* de choix, et d'autre part un apport important à l'industrie des *alcools alimentaires* (c'est également de la distillerie que sortent les pépins déjà mentionnés comme une source précieuse de matières grasses, et par conséquent fort importants pour l'industrie et la savonnerie ainsi qu'on le verra plus loin). Epépinés ou non, les *marcs secs*, c'est-à-dire distillés, évitent aux distilleries des frais de combustibles. Comme on y retrouve également les matières azotées et minérales (acide phosphorique, potasse) provenant de la rafle et de la pellicule, ils peuvent servir d'engrais ou de constituants pour des engrais composés.

Eau pure.....	78	%
Sucres fermentescibles.....	20	%
Acides libres (tartrique, malique, etc.).....	0,25	%
Bitartrate de potassium.....	1,5	%
Sels minéraux.....	0,2	%
Substances albuminoïdes, huiles essentielles, matières mucilagi- neuses, etc.....	0,05	%
TOTAL.....	100	%

TABLEAU I. — LA COMPOSITION MOYENNE DU MOUT

Enfin, certains préconisent l'utilisation des marcs séchés à l'air, puis mélassés, pour l'alimentation animale.

Pour épuiser les possibilités, non plus du raisin, mais de la *vigne*, mentionnons les *sarments* qui fournissent un *charbon de bois* particulièrement propre à la gazogénéation.

L'extraordinaire variété des produits que la vigne met à notre disposition a de quoi, nous le concevons, laisser le lecteur abasourdi. Il se reportera donc avec profit à la figure 2, où s'en trouve schématisée la généalogie.

Les événements récents, en posant avec l'acuité que l'on connaît la question des sucres, ont donné au *sucré de raisin* une importance capitale. La suite montrera ce qu'est le sucre de raisin, comment on l'obtient, ce qu'on en peut attendre. Cependant le rappel de quelques notions de biologie et de chimie doit en précéder l'exposition.

Le sucre de raisin

L'homme, on le sait, a besoin de deux sortes d'aliments (1) :

— Les aliments constructifs et réparateurs,

— Les aliments énergétiques.

Les premiers fournissent à l'organisme

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 277, p. 37.

A. — Poids relatif des constituants de la grappe.			
		Rafle.....	2,5 à 5 %
		Grains	{ Pellicule..... 7 à 11 %
		(97,5 à 95 %).	{ Pépins..... 2 à 6 %
			{ Pulpe..... 83 à 91 %
B. — Composition des constituants de la grappe.			
RAFLE	PELLICULE	PÉPINS	PULPE
Eau : 78-80 %. Tanins : 2-3,5 %. Mat. minérales : 2-2,5 %. Sucres. Bitartrate de potassium. Acides organiques. Matières azotées. Matières ligneuses.	Eau : 78-80 %. Tanins : 1-2 %. Mat. minérales : 1,5-2 %. Bitartrate de potassium. Acides organiques. Matières azotées. Matières cellulosiques.	Eau : 36-40 %. Mat. hydrocarbonées : 34-36 %. Mat. grasses : 10-12 %. Tanin : 7-8 %. Matières azotées. Matières minérales. Acides volatils.	Eau : 78-80 %. Sucres : 10-25 %. Acides libres : 0,3-0,45 %. Bitartrate de potassium : 0,5-0,7 %. Matières azotées. Matières minérales. Huiles essentielles et matières grasses.

TABLEAU II. — LA COMPOSITION MOYENNE DE LA GRAPPE DE RAISIN

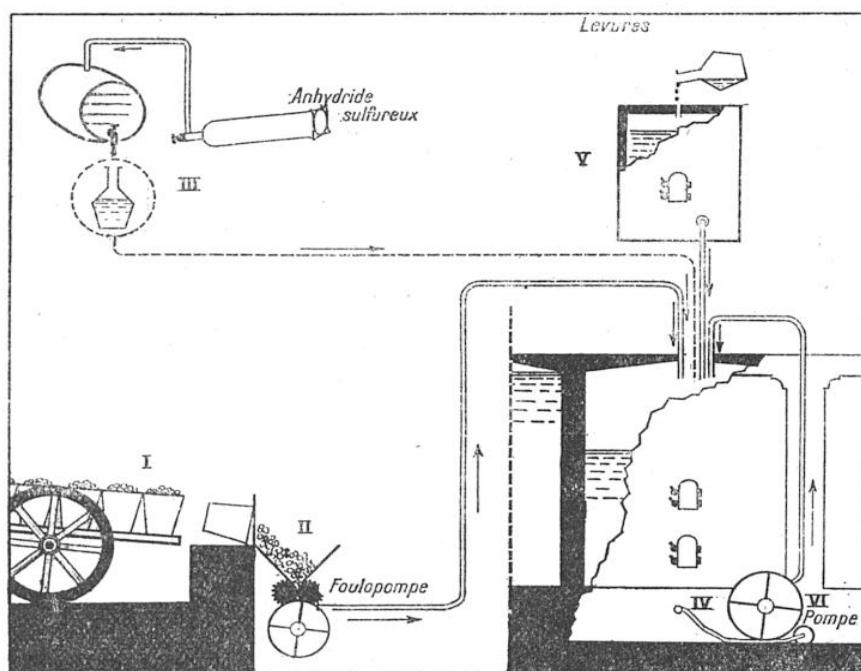


FIG. 1. — SCHÉMA DES PRINCIPALES OPÉRATIONS D'UNE VINIFICATION SUIVANT LA MÉTHODE DE L'INSTITUT ZYMOTÉCHNIQUE DE MONTPELLIER

- I. Arrivée de la vendange : La vendange arrive à la cave dans des « comports » (sortes de petits baquets), transportés par des charrettes.
 - II. Foulage : La vendange est déversée dans un « foulpompe », où elle est écrasée entre deux cylindres cannelés et pompée vers les cuves de fermentation.
 - III. Sulfitage : On prépare une solution d'anhydride sulfureux par détente de ce gaz liquéfié dans de l'eau. Versée dans la cuve, elle empêche le développement des ferments apportés par la vendange.
 - IV. Premier remontage : Une pompe renvoie à la partie supérieure de la cuve le moût qui s'écoule par un robinet situé à la partie inférieure, dans le but d'homogénéiser le contenu de la cuve et de mélanger l'anhydride à la vendange.
 - V. Levure : On prépare un « pied de cuve » ou « levain », en versant des levures sélectionnées dans une cuve de moût frais, où elles se multiplient abondamment. La vendange est ensuite aspergée de ce levain, qui substitue ainsi les levures sélectionnées aux levures indigènes dont le sulfitage a empêché le développement.
 - VI. Deuxième remontage : Comme le premier remontage, cette opération homogénéise la vendange, mais en y mêlant intimement le levain destiné à en provoquer la fermentation.
- Après quatre ou cinq jours de cuvage, la fermentation est à peu près terminée. On décuve alors le vin; le marc est envoyé à la distillerie après pressurage.

les matériaux dont il a besoin pour croître d'abord, pour s'entretenir ensuite. Ce sont surtout les *protides* ou albuminoïdes (matières azotées), et aussi les *substances minérales* (eau, soufre, phosphore, chaux, etc.).

Quant aux aliments énergétiques, ils sont les combustibles qui contribuent à la fonction thermo-régulatrice en fournissant les calories dégagées par leur combustion. Ils comprennent les *lipides* ou matières grasses, qui s'accumulent dans

l'organisme sous forme de réserves, utilisées en cas de manque d'hydrates de carbone ou de demande exceptionnelle d'énergie. (Nous mentionnerons pour mémoire leur fonction d'isolant thermique.) L'autre classe d'aliments énergétiques, qui nous occupera plus spécialement, englobera les *glucides* (1) ou hydrates de carbone. C'est dans cette catégorie que se classent :

- Les *sucres* proprement dits;
- Les *féculents* (amidon, fécule, etc.).

Il faut encore, parmi les sucres, distinguer les *monosaccharides* ou monoses (non-hydrolysables et directement fermentescibles), tels que le *glucose*, le *fructose* (2) et le *galactose*, et les *disaccharides* ou diholosides (assimilables seulement après hydrolyse par certaines diastases), tels que le *saccharose*, le *maltose* et le *lactose*.

C'est le saccharose, extrait de la betterave ou de la canne, qui constitue le « sucre » du langage courant. Son hydrolyse donne le glucose et le fructose (que nous avons mentionnés à l'instant parmi les monosaccharides), et qui sont précisément les sucres qui se trouvent dans le raisin.

Le sucre de raisin (3) est, en effet, un

(1) Egalement appelés *saccharides*.

(2) Autrefois appelé *lévulose*.

(3) Il ne faut pas confondre le vrai sucre de raisin, extrait du raisin, avec le glucose obtenu

mélange de glucose et de fructose, avec prédominance de glucose comme dans tous les fruits doux. Comme l'un et l'autre de ces constituants sont très voisins par leurs propriétés chimiques, l'extension du mot « glucose » couvre, dans le langage ordinaire, le sens de « glucose ou fructose ». C'est ainsi qu'il faudra l'entendre par la suite.

Par son pouvoir calorifique, et par conséquent par sa valeur nutritive, le glucose est sensiblement équivalent au saccharose. Son pouvoir sucrant, par contre, est deux fois et demie inférieur. (Il faut entendre par là qu'un certain poids de saccharose dissous dans un certain volume d'eau donne une saveur sucrée de même ordre qu'un poids de glucose 2,5 fois supérieur dissous dans le même volume d'eau) (1).

Le glucose est l'aliment énergétique par excellence. Sa combustion par l'oxygène de l'oxyhémoglobine du sang s'effectue sans autre déchet que le gaz carbonique qui est éliminé par nos poumons.

C'est aussi le seul que nos muscles soient capables d'utiliser directement pour produire du travail. Tous les autres aliments énergétiques doivent, avant d'être brûlés, subir leur transformation en glucose sous l'action des diastases de notre organisme. Certaines de ces transformations (celle de l'amidon en saccharose puis du saccharose en glucose) s'effectuent sans laisser de résidus. Il n'en est pas de même de celles des protides et des lipides qui font apparaître des déchets toxiques (urée, cétones) que le rein doit éliminer.

La propriété principale du glucose est industriellement à partir de la fécule, de l'amidon/ ou même de la cellulose, qui a été vendu sous l'appellation commerciale de « sucre façon raisin » ou même « sucre de raisin », et dont la pureté est sujette à caution.

(1) On touche du doigt la différence entre pouvoir sucrant et valeur alimentaire si l'on considère le cas de la saccharine. Dotée d'un pouvoir sucrant environ cinq cents fois supérieur à celui du saccharose, la saccharine n'a aucune valeur nutritive : contrairement à ce que son nom semble impliquer, la saccharine n'est pas un sucre, ni même un aliment.

d'être fermentescible sous l'action de certaines levures, suivant le schéma :

Glucose $\Rightarrow$ Alcool éthylique + Gaz carbonique

Comme de semblables levures, amenées par le vent et les insectes sur la pel-

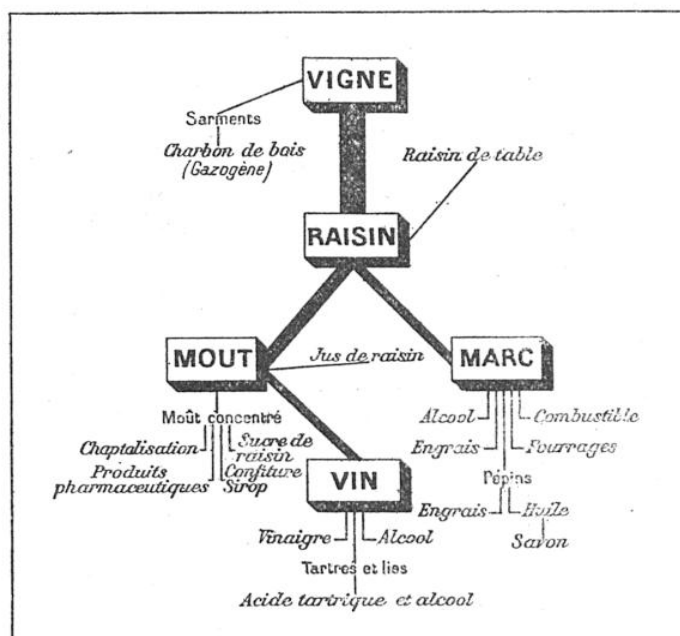


FIG. 2. — L'INDUSTRIE VITICOLE SAIT AUJOURD'HUI TIRER PARTI DE TOUT CE QUE PRODUIT LA VIGNE

La figure ci-dessus constitue un arbre généalogique des produits dérivés de la vigne. Ceux qui sont directement utilisables sont indiqués en italique.

licule du raisin, y sont « collées » par une sorte de cire dite *pruine*, on comprend à présent pourquoi le moût entre de lui-même en fermentation si l'on ne prend de précautions spéciales.

Fabriquer du sucre de raisin consistera donc essentiellement :

- à conserver le moût non fermenté,
- à extraire de ce moût le sucre qu'il renferme.

Les moûts concentrés et le sucre de raisin

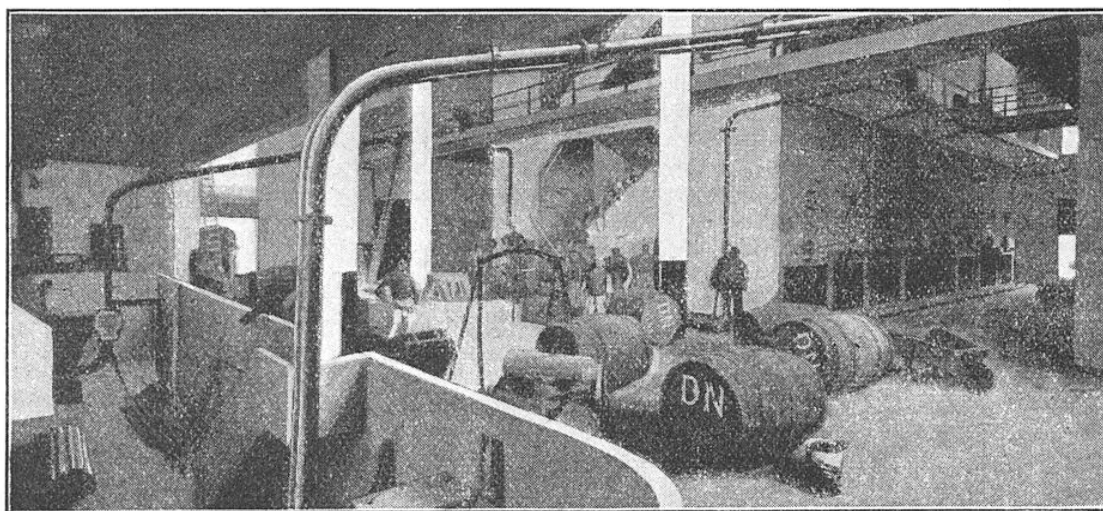
Pour rendre les moûts impropres au développement des levures, il faut y introduire un antiseptique. C'est cette opération, réalisée à doses massives, que l'on nomme *mutage* (1), et qui détruit

(1) « Muter », c'est « rendre muet ». Un moût en fermentation émet en effet un bruit caractéristique de bouillonnement, dû à l'abondant dégagement de gaz carbonique.

les levures apportées avec la vendange. Les antiseptiques couramment employés à cet effet sont l'anhydride sulfureux, soit liquéfié, soit produit par la combustion de soufre dans les cuves (méchage); le métabisulfite de potasse et le bisulfite de soude, moins avantageux, ont été utilisés en raison de l'insuffisance de l'anhydride sulfureux sur le marché; de même l'acide monobromacétique et ses dérivés.

ses bourbes, le moût est prêt pour la concentration.

La concentration des moûts n'est pas, en elle-même, une nouveauté : les Romains, les Grecs, les Egyptiens et même les Hébreux la pratiquaient, en chauffant du jus de raisin dans des bassines : ce n'est pas autrement que font nos ménagères pour préparer le raisiné bien connu de tous.



T W 2480

FIG. 3. — CAVE COOPÉRATIVE DE PÉZENAS (HÉRAULT)

La coopération, qui permet de réunir des quantités industrielles de vendange, a été le principal facteur de progrès en vinification. On compte actuellement en France un demi-millier de coopératives. On voit ici l'ensemble des installations de la coopérative de Pézenas. Les locaux sont vastes, aérés et prévus de manière à permettre une exploitation facile et des agrandissements ultérieurs. (M. Rouquier, architecte.)

On conçoit qu'avant de muter, il est nécessaire de séparer le moût des parties solides de la vendange. On peut, pour ce faire, saigner la cuve, c'est-à-dire soutirer le moût en empêchant la vendange de s'y mêler par un fagot ou des claies servant de filtre. Après cette opération, il reste dans la cuve du marc non fermenté (grâce à une première dose d'anhydride, incorporée à la vendange au cours du remplissage de la cuve). Passé au pressoir continu, ce marc est susceptible de délivrer une certaine quantité de moût qu'il retenait (moût de presse) et que l'on ajoute au « moût de goutte ». C'est alors qu'intervient le mutage proprement dit, c'est-à-dire l'injection du complément d'anhydride nécessaire à une complète antiseptie.

« Débourbé » au bout de six à huit jours, c'est-à-dire soutiré et débarrassé de

Une bonne concentration ne doit éliminer que l'eau du moût, en lui conservant, autant que possible, toutes les propriétés du raisin frais. On conçoit donc facilement la supériorité, de ce point de vue, de la *concentration sous vide* (fig. 5), qui travaille à des températures n'altérant pas les constituants du moût et fournit donc des produits vivants et vitaminés, consommables directement. La *concentration sous pression atmosphérique* a l'avantage de la simplicité et de l'économie; mais détruisant les vitamines, stérilisant le moût et risquant (haute température) de lui communiquer un « goût de cuit » (1), elle est réservée de

(1) Ce « goût de cuit », dû à un commencement de caramélisation, donne leur saveur particulière aux « vins cuits », comme le xérès et le madère, par exemple.

préférence aux concentrés non destinés à la consommation en nature.

Le but primitif dans lequel fut conçue la concentration des moûts ne visait nullement leur utilisation en dehors de la vinification : ils devaient servir, par addition à des vendanges insuffisamment sucrées, à obtenir des vins dont on dési-

la quintessence des produits nationaux, appellent des utilisations dirigées vers des besoins plus pressants.

Dans la confection des *confitures*, le concentré n'apporte pas seulement du sucre, mais encore du fruit : le raisiné déjà cité ne demande que peu de fruits, le moût donnant, presque en suffisance,



T W 2550

FIG. 4. — LA CAVE COOPÉRATIVE « LES COTEAUX DE CABRIÈRES », PRÈS DE PÉZENAS (HÉRAULT)
(M. Rouquier, architecte.)

rait relever le degré, en évitant l'emploi à cette fin du sucre de betterave employé auparavant (chaptalisation). Il est possible de faire prendre en masse, par réfrigération, des « briquettes » de moût ; permettant le transport sous volume réduit, et par conséquent très propres à l'exportation, elles se prêtent à la régénération. C'est ainsi que, en faisant fermenter ces blocs dissous dans une quantité d'eau égale à celle qu'avait évaporée la concentration, on a pu produire en Amérique des vins de crus français.

Mais les durs moments que traverse notre économie, en nous forçant à tirer

couleur et saveur. Ces mêmes propriétés sont employées avantageusement en confiserie (bonbons, sodas, sirops, limonades, etc.). Il est curieux de noter à ce sujet que le snobisme a précédé la disette dans le lancement de ces produits, qui a été envisagé il y a plusieurs années déjà pour l'exportation aux Etats-Unis : la vue, sur une étiquette, du nom d'un cru fameux constitue là-bas un appât suffisant pour introduire de semblables spécialités.

En *pharmacie*, un grand nombre de sirops médicamenteux seront à base de moût concentrés. Ils pourront se récla-

mer des propriétés antiscorbutiques et antinévrétiques des vitamines C et B, qu'ils contiendront en abondance.

Toutes ces applications, qui ne nécessitent pas un raffinage du sucre contenu dans le moût, absorberont plus de la moitié de la production. Le reste sera employé à la *fabrication du sucre de raisin* proprement dit.

Disons tout de suite que cette fabrication, qui sera réalisée très prochainement par les Raffineries Saint-Louis, à Marseille, n'a jamais encore été menée à bien industriellement. Aussi ne possède-t-on à ce jour que peu de détails sur cette importante technique. Il est certain cependant qu'elle comportera principalement le « déverdisage » (ou désacidification) et la décoloration.

Le moût arrivera à la raffinerie à demi concentré (18-24° B) de manière à éviter des transports d'eau onéreux et superflus. La désacidification consiste en une addition de carbonate de chaux destinée à précipiter l'acide tartrique, indésirable, sous forme de tartrate de chaux insoluble. La décoloration se pratique au moyen de noir animal qu'on sépare ensuite par filtration.

Pratiquement, il ne reste plus en présence alors, dans le moût arrivé à ce stade, que du sucre et de l'eau; il faut encore éliminer le plus possible de cette dernière : une dernière concentration sous vide permet d'obtenir un sirop très épais, ayant la consistance du miel et titrant 36 à 40° B, c'est-à-dire plus de 800 grammes de sucre par litre. S'il n'est pas possible de donner au sucre de raisin l'aspect cristallisé (et partant les présentations commerciales) des sucres de canne et de betterave, c'est que le fructose qu'il contient est réfractaire à toute cristallisation. Il ne s'agit là que d'un bien petit inconvénient, auquel on s'accoutumera sans peine et qui n'enlève rien aux qualités du sucre nouveau. On notera que celui-ci, au contraire des sucres ordinaires, apportera à l'organisme quelques *matières minérales* dont l'utilité n'est pas négligeable.

Les marcs et alcools de marc

On l'a vu plus haut : après extraction du « vin de presse », le marc prend le chemin de la distillerie, où il est ensilé en attendant l'heure du traitement. Sa composition est alors la suivante (en

moyenne pour une tonne de marc, provenant de 8,3 tonnes de vendange ayant donné 66 hectolitres de vin) :

Raffles	150 kg
Pulpe et pellicules...	600 kg
Pépins	150 kg
Alcool	50 litres
Acide tartrique.....	20 kg

La distillerie n'est pas nouvelle et n'entre pas, au demeurant, dans notre sujet. Nous nous bornerons donc à rappeler que le marc, autrefois distillé directement, l'est à présent après conversion en piquette », c'est-à-dire après macération dans l'eau. Des produits de tête (flegmes) et de queue (vinasses) on peut retirer certains produits chimiques : glycérine, alcools supérieurs ou fusels. Mais c'est surtout l'*alcool éthylique*, objet principal de l'opération, qui est précieux.

S'il entre pour une grande part dans la préparation des alcools de table (eaux-de-vie, spiritueux), il constitue en lui-même l'« *eau-de-vie de marc* » proprement dite, dont certaines variétés sont appréciées.

Par distillation en présence de corps avides d'eau, on obtient l'*alcool absolu* ou anhydre (pharmacie, chirurgie).

Excellent *combustible et carburant*, l'alcool est appelé, à ce double titre, à prendre une place extrêmement importante dans l'économie nouvelle. L'alcool carburant a été utilisé déjà depuis de longues années, mais en mélange avec l'essence seulement (carburant dit « national »). L'alcool pur a un pouvoir calorifique inférieur à celui de l'essence, mais il compense ce handicap en nécessitant moins d'air pour sa combustion : à telle enseigne que la puissance développée, à cylindrée égale, est du même ordre de grandeur (1). C'est ainsi que les moteurs à essence peuvent marcher à l'alcool sans altération notable de leurs caractéristiques.

Dans le but de tirer du marc un supplément d'alcool, on peut le soumettre à la suite de traitements suivante : épépinage, désagrégation, lessivage (pour dissoudre l'acide tartrique), *saccharification de la cellulose* et du tanin par de l'eau acidulée sous pression, décantation, *fermentation* des sucres obtenus par hydro-

(1) Le mélange détonant produit ainsi le même nombre de calories au mètre cube.

lyse, *distillation* : il est clair que le sucre provenant de la cellulose donnera par fermentation de l'alcool qui s'ajoutera à la quantité que produirait le procédé normal; le recours à cette intéressante méthode donnerait, d'après son auteur, M. Ph. Reffréger, pour une tonne de marc, 100 litres d'alcool et 600 kg d'un résidu utilisable comme engrais : on voit que le rendement en alcool est sensiblement doublé.

Sans procéder ainsi on a depuis longtemps tiré parti du marc distillé sous forme de *fouillage* et d'*engrais*. Relativement riche en azote, mais pauvre en acide phosphorique et en potasse, le marc engrais trouve sa meilleure utilisation sous forme d'engrais composés. Comme fourrage, il a une valeur moitié moindre, à poids égal et non séché, de celle du foin de pré; c'est pourquoi on l'additionne fréquemment de mélasse, car la valeur alimentaire du marc mélassé se rapproche de celle de l'avoine.

Disposant sur place de quantités importantes de marc, les distilleries l'emploient souvent comme combustible : cette application, résultant du peu de valeur qu'avaient les marcs par le passé n'est plus souhaitable aujourd'hui; cependant le manque de charbon à obligé de nombreuses distilleries à y recourir ces derniers temps.

Les huiles et savons de pépins

Il y a beau temps que l'on a remarqué que les pépins de raisin contiennent de l'huile, mais, ne connaissant pas encore l'emploi des dissolvants, les premiers chercheurs recoururent à des procédés

mécaniques; ces essais, entrepris dès le XVIII^e siècle, restèrent sans suite industrielle jusqu'à la guerre de 1914-1918, où l'on pensa parer au manque d'huiles minérales et de ricin destinées au graissage des machines.

Mais là encore le succès fut loin d'être atteint, l'imperfection de la technique n'ayant permis d'obtenir que des huiles acides, instables et aux propriétés trop variables.

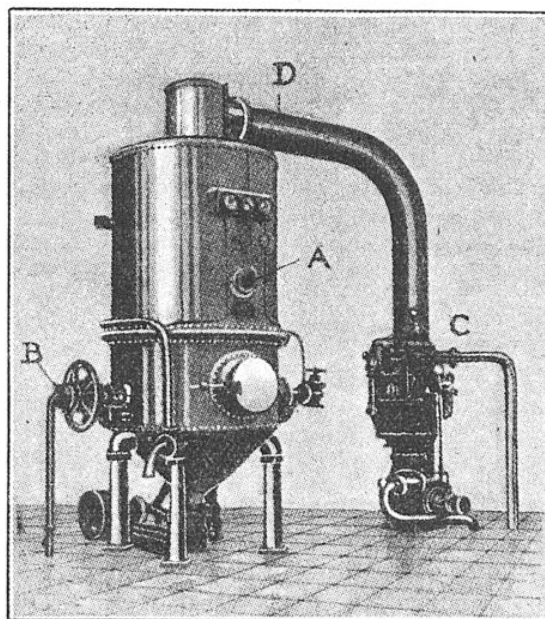


FIG. 5. — LA CONCENTRATION SOUS VIDE PARTIEL DU MOÛT DE RAISIN

Le moût est introduit dans le corps de l'appareil par une tuyauterie, et des regards tels que A permettent de suivre la marche de l'opération. Un courant de vapeur amenée par la tubulure B est envoyé dans un corps de chauffe tournant à la partie inférieure. Une pompe à vide C entretient par la tubulure D une pression de 2 cm, sous laquelle l'ébullition se produit aux environs de 32° C. Cet appareil fournit 2,5 hl par heure à 35° Baumé provenant du traitement de 100 hl de moût. (Delestaing et Poggi.)

forte teneur en acide linoléique, en fait des substituts précieux de l'huile de lin pour la fabrication des *couleurs* et *verniss*.

Lorsque l'huile est produite parfaite-

Après 1918, de grands savants français, en particulier M. Carrière, de la Faculté des Sciences de Montpellier, étudièrent en détail les propriétés chimiques et physicochimiques des huiles de pépins et mirent au point des procédés permettant d'obtenir des huiles neutres. De ces travaux, il résulte que si certains cépages donnent des huiles pouvant entrer dans la composition des huiles de graissage « *compound* », c'est dans la catégorie des huiles *semi-siccatives* qu'il faut ranger la grande majorité des huiles de pépins. En effet, par leur « indice d'iode » (1), elles se rapprochent des huiles d'œillette dont elles partagent les propriétés siccatives : cette particularité, due à une

(1) Les huiles siccatives renferment dans leur formule un certain nombre de liaisons non saturées sur lesquelles l'oxygène de l'air vient se fixer, modifiant leur viscosité. On peut doser les liaisons non saturées en leur faisant fixer de l'iode. La quantité d'iode fixée par un poids donné (100 g) de l'huile est l'indice d'iode, qui est nul pour les corps gras saturés.

ment neutre, elle constitue une bonne *huile de table*, au léger goût de noisette et ne donnant pas de saveur particulière à la cuisson.

Quand l'huile ne présentera pas une neutralité suffisante, on l'emploiera avantageusement dans la fabrication du *savon*. Cette application est de loin la plus importante qu'on en ait faite à ce jour.

Avant d'être traités, les pépins sont séparés du marc distillé (*épépinage du marc*). Dans une disposition récente, le marc, déversé dans une trémie, est présenté par un élévateur à un « émietteur » placé à la partie supérieure de la machine. Le marc émietté est séparé des rafles sur un premier crible, puis les pépins, sur un second crible, sont séparés de la pulpe ou terreau. Un système d'aspiration et de ventilation assure l'évacuation des poussières et des détritiques légers.

Les pépins séparés du marc continuent à vivre, et leur teneur en matières grasses augmente pendant un certain temps (1). Après cette maturation, qui s'accompagne d'une dessiccation à l'air, les pépins sont broyés et soumis à un traitement d'extraction par le trichloréthylène (fig. 6). Un raffinage ultérieur en fera les huiles fines d'une part (50 % environ), et d'autre part des produits moins purs destinés à l'industrie du savon.

Les *tourteaux déshuilés*, mélangés au terreau provenant de l'épépinage, constituent un *engrais* riche en azote.

Le sarment de vigne

On ne saurait négliger les *sarments* de vigne, puisqu'un hectare en produit en moyenne 1 500 kg. Leur ramassage ne pouvant d'ailleurs être évité, on a, de tout temps, cherché à leur trouver un débouché.

Les *sarments feuillés*, broyés et ensilés, constituent la base d'un excellent *aliment pour le bétail*, dont chaque pied de vigne peut fournir 600 g.

La *carbonisation* des sarments en vue d'alimenter les *gazogènes* est à l'ordre du jour : elle donne en effet un produit d'une grande pureté et qui se prête fort

heureusement à cette utilisation. A 1 ha de vigne, c'est-à-dire à 1 500 kg de sarments, correspondent 300 kg de charbon équivalant à 250 l d'essence.

Comme tous les produits celluloseux, les sarments peuvent être convertis en pâte à papier, avec cependant quelques difficultés d'ordre technique (1).

Enfin, on a proposé la *saccharification* de cette cellulose, en vue d'une fermentation et d'une distillation ultérieures destinées à produire de l'*alcool-carburant*. On pourrait, d'après MM. Carrière et Archimandriti, saccharifier (par traitements à l'acide chlorhydrique) 20 à 25 % du sarment d'aramon (2).

Les tartres et lies

Ils sont principalement utilisés en vue de l'extraction de l'*acide tartrique* qu'ils renferment, produit qui trouve des applications diverses dans l'industrie des boissons gazeuses et la fabrication des émétiques employés pour le mordantage en teinture et en impression sur coton, et comme vomitifs en pharmacie.

Sous l'influence des ferments acétiques, l'alcool de vin se transforme en acide acétique : c'est le principe de la préparation des *vinaigres de vin*, à laquelle on réserve en général, nous l'avons vu, les vins altérés, et principalement les vins *piqués*.

La vigne française et l'économie autarcique

Avant d'étudier la place que peuvent prendre les produits de la vigne dans l'économie nationale, jetons un regard sur la situation actuelle. Et soulignons de suite que jusqu'à ces temps, seuls le vin et l'alcool ont été exploités sur une grande échelle.

La production moyenne française atteignait ces dernières années 80 000 000 d'hectolitres par an (Algérie comprise), soit près de la moitié de la production mondiale. La part du Midi est prépondérante, et le Languedoc à lui seul fournissait le tiers de la production de l'Empire : c'est dire que l'occupation de la partie Nord et Ouest de notre territoire n'affecte pas notablement nos possibilités viticoles.

La consommation nationale n'excède

(1) 100 kg de pépins à 10 p. 100 d'humidité donnent : en décembre, 9 à 10 litres d'huile; en juin-juillet, 15 à 16 litres. On peut tabler sur une moyenne de 12 ou 13 litres.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 278, page 82.
(2) L'aramon est le cépage le plus répandu dans notre vignoble méridional.

pas 65 000 000 d'hectolitres, et la surproduction trouve son explication dans l'engouement provoqué, parmi les cultivateurs méridionaux, par les profits élevés qu'a permis, au début du siècle surtout, la monoculture de la vigne. Cette pléthore, cause de troubles profonds du marché, a appelé un ensemble de mesures, ou plutôt d'expédients, destinés à assainir la situation : l'ensemble a été codifié récemment et constitue le *Statut viticole*. Les deux modes d'action principaux par lesquels ce statut limite la production d'une part, et en empêche d'autre part l'écoulement incontrôlé, sont les *prestations*, qui obligent tout vigneron à faire convertir en alcool une partie de sa récolte, et le système de *blocage*, qui empêche la vente massive dont l'effet serait de handicaper les petits producteurs.

La situation actuelle va permettre d'assainir réellement le marché, non pas au moyen de mesures artificielles, mais par une utilisation judicieuse de la récolte entière, qui épousera les besoins du pays en matières devenues rares : c'est dans cet esprit que le gouvernement a instauré le *mutage obligatoire*, qui lie les coopératives et les producteurs de plus de 500 hectolitres à l'obligation de muter respectivement 10 et 20 % de leur récolte, sans préjudice des « mutés libres » que chacun peut produire à sa guise. Malheureusement, l'anhydride ne s'est trouvé que difficilement, et la fabrication de l'acide monobromacétique n'a pas été mise au point à temps : si bien que la production totale pour la campagne en cours n'excédera vraisemblablement pas 8 000 000 d'hectolitres. A cette quantité correspondraient, si elle était concentrée

et raffinée en totalité, 150 000 tonnes de sucre de raisin. Mais, ainsi qu'il a été dit plus haut, 50 % au plus seront destinés à la consommation directe.

Les besoins réels du marché français sont difficiles à chiffrer. Avant la guerre, il absorbait 800 000 tonnes de sucre, mais il semble que cette quantité excède large-

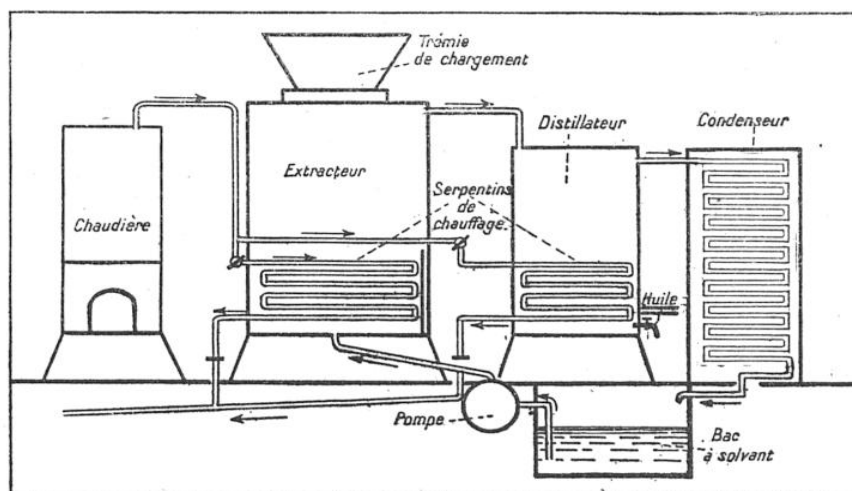


FIG. 6. — SCHÉMA DE L'EXTRACTION DE L'HUILE DE PÉPINS DE RAISINS

Les pépins broyés sont introduits par la trémie dans l'extracteur où le solvant (trichloréthylène) est refoulé par une pompe. Un serpentin chauffe l'appareil avec de la vapeur provenant de la chaudière. Le solvant chargé d'huile passe alors au distillateur, également chauffé à la vapeur, mais à une température supérieure. Le trichloréthylène distillant à 87° (alors que l'huile ne passerait qu'au-dessus de 300°) est vaporisé et passe au condenseur, où il est condensé par contre-courant avec de l'eau froide et renvoyé au bac d'alimentation. Cet appareil est à fonctionnement discontinu et permet de faire deux extractions en vingt-quatre heures.

ment les rations nécessaires (1). Il n'en reste pas moins, on le voit, que le sucre de raisin de cette année ne saurait alimenter à lui seul le pays tout entier. Dans une année normale, où tout l'excédent de récolte aurait pu être muté, la production de sucre de raisin se serait montée au double, soit 300 000 t. Complétée même par une faible partie de la production habituelle de sucre de betterave (qui atteignait près de un million de tonnes) (2), elle pourra suffire à couvrir,

(1) La consommation de sucre est souvent question d'us et coutumes plus que de nécessité vitale et varie largement d'un pays à l'autre. C'est ainsi qu'elle atteint 40-45 kg par homme et par an en pays anglo-saxons, 20 en France, 5 à 6 en Europe orientale (chiffres d'avant-guerre).

(2) Le sucre de canne ne représente pas 200 000 tonnes et son importance est d'autant moindre qu'il y avait déjà surproduction de sucre de betterave.

à l'avenir, les nécessités du marché national. A plus forte raison si l'on entreprenait de réduire la consommation de vin, ce qui serait aisé, puisqu'elle atteint un demi-litre par jour et par habitant.

Ce précieux secours que la vigne apportera à l'industrie sucrière est-elle en mesure aussi de le fournir à celle des carburants? Les chiffres ici seront, contrairement à ce qu'on pourrait penser, plus intéressants pour le charbon de bois que pour l'alcool.

En effet, si la production d'alcool de marc peut être maintenue et poussée même jusqu'à 500 000 hectolitres, c'est-à-dire 40 000 tonnes, il n'en va pas de même de la production d'alcool de vin : celle-ci provenait de l'excédent de récolte, qui sera diminué de plus de moitié par les quantités de moût mutées pour la fabrication du sucre. Compte tenu de cette forte réduction, on pourrait produire cependant 40 000 tonnes supplémentaires (en respectant le chiffre actuel de la consommation nationale de vin). La vigne donc ne pourrait guère nous fournir au total plus de 80 000 tonnes d'alcool, équivalant sensiblement à 66 000 tonnes d'essence. Ce chiffre, hélas! n'est pas même égal à la production des gisements de Pechelbronn (75 000 tonnes), que nous avons perdus avec l'Alsace, laquelle représentait 4 % à peine de notre consommation d'avant-guerre! Si donc nous nous trouvons en présence de quantités non négligeables, qui peuvent constituer un appoint sérieux à l'industrie des carburants liquides de remplacement, on n'en peut attendre sans autre une solution satisfaisante du problème.

Tout autre est le cas du charbon de bois de sarments. Si l'on ramassait pour la carbonisation les 2 000 000 de tonnes de sarments annuels, on en tirerait la quantité impressionnante de 400 000 tonnes de charbon de bois. Or, comme 1,2 à 1,4 kg de ce charbon équivalent en moyenne à 1 litre d'essence (1), c'est donc l'équivalent de 300 000 000 de litres, soit près de 230 000 tonnes d'essence, que nous apporte le sarment. A condition toutefois que le ramassage soit effectué sur toute l'étendue du vignoble français, ce qui est évidemment impossible, vu la dispersion et le morcellement des propriétés. Une réglementation et une organisation adéquates permettraient cependant, sinon

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 278, pages 99 et suiv.

d'atteindre ces chiffres, du moins de les approcher.

Comment se présente la situation en ce qui concerne les matières grasses? Là encore nous ne trouverons, aux maux dont nous souffrons, qu'un remède partiel mais intéressant. En supposant traitées les 100 000 tonnes de pépins d'une récolte nouvelle, on en tirerait 20 000 tonnes d'huile, dont la moitié, nous l'avons vu, pourrait servir d'huile de bouche, le reste étant destiné à la savonnerie. En rapprochant ce chiffre de notre ration actuelle d'huile, on constate qu'il n'en fournirait que le huitième environ : solution insuffisante, mais allègement notable des charges de notre économie. Signalons, pour être juste, que rares sont actuellement les installations déjà équipées (comme la « Catalane » de Perpignan, ou la Coopérative d'Elné, dont les productions sont respectivement de 100 et 80 tonnes par an), qui pourront travailler dès cette année.

Les difficultés qui s'opposent à l'exploitation totale des produits de la vigne (dispersion et morcellement de la propriété, occupation du territoire) ne se présentent pas, ou peu, dans le Midi et en Algérie, où la coopération et la grande propriété sont la règle : cette circonstance éminemment favorable permettrait, avec une organisation appropriée, d'atteindre facilement des chiffres inférieurs du tiers seulement aux valeurs d'ensemble citées plus haut. Il convient d'y ajouter encore, de cette même provenance méridionale, une production possible de 200 000 tonnes d'engrais (mélange terreau de marc + tourteaux de pépins).

Ainsi donc, la vigne française nous apporte généreusement ses nombreux produits et sous-produits pour alléger la disette qui nous menace. A nous de savoir en tirer parti. Les premières mesures prises pour l'exploitation du sucre de raisin qui du même coup nous assurent ce produit et diminuent l'encombrement du marché des vins, autorisent à ce sujet tous les espoirs.

Et quand le moment viendra pour la France de revivre des jours plus faciles, la leçon des heures pénibles ne sera pas perdue : ayant appris à tirer parti des richesses de notre sol, il nous en restera un enrichissement durable. La terre de France ne nous en sera que plus chère.

Jean FRANCIS.

LE GAZ DE FORÊT DANS L'ÉCONOMIE RURALE

par F. S. de CONDÉ

L'agriculture et la crise des carburants

COMME après toutes les grandes catastrophes nationales, les Français se tournent aujourd'hui vers ce qui constitue la plus sûre ressource du pays : la mise en valeur de notre sol, qui devra satisfaire à tous nos besoins. Mais l'agriculture, à qui on demande de fournir en ce moment tout ce que nous ne pouvons recevoir de l'étranger, traverse elle-même une crise très complexe, dont nous voulons ici examiner un aspect.

Une exploitation agricole comporte comme facteur très important de ses frais de production le poste *énergie* ; les façons culturales — qui équivalent à un apport d'engrais azoté —, les transports, le battage, etc., sont autant d'opérations qui constituaient autrefois le travail des animaux de la ferme, et pour lequel ceux-ci ont été relevés dans une grande proportion par des engins mécaniques. L'agriculture française n'employait pas moins de 40 000 tracteurs de toutes sortes avant la guerre.

Si nous examinons maintenant les industries de transformation des produits agricoles, certaines où interviennent la cuisson (boulangerie), la distillation ou des fermentations (fromagerie) consomment pour le chauffage d'importantes quantités de chaleur.

Or, dans beaucoup d'exploitations, surtout parmi celles qui appliquent les méthodes modernes à rendement élevé, le blocus empêchant l'approvisionnement en essence ou en huile lourde, nombre de tracteurs vont se trouver sans carburant et des installations de chauffage ne pourront plus fonctionner. Si l'on ajoute à cela que 300 000 chevaux environ parmi ceux qui furent requis en 1939 ont été tués par les rigueurs de l'hiver 1940, ce qui représente 15 % de notre cavalerie de trait, on voit que le problème de l'énergie va se poser d'une manière très aiguë à la ferme.

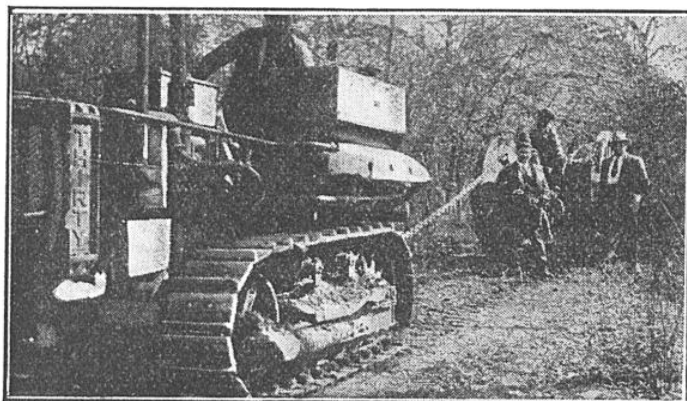
Heureusement, la terre, une fois de

plus, va nous fournir le remède à nos maux, puisqu'elle est la source inépuisable d'un combustible capable de rendre la vie à cette partie essentielle de l'économie de notre pays : ce combustible est le bois. La forêt française, répartie sur le cinquième de la superficie de notre sol, permet, en effet, de trouver un peu partout du bois à des conditions avantageuses. Notre industrie forestière, qui depuis de nombreuses années souffrait de la mévente du bois, était capable de donner annuellement 30 millions de stères de bois propre à la carbonisation, mais la non-utilisation du petit bois faisait que, bon an mal an, 14 millions de stères étaient abandonnés sur place. Or, la technique moderne nous apporte le moyen de remettre en marche, avec ce bois, les moteurs que le manque de pétrole a mis en sommeil : c'est le gazogène, qui une fois la paix revenue, sera capable de nous libérer d'une part de nos importations d'essence.

Un poêle qui tire mal : le gazogène

Loin d'être une invention récente le gazogène est un ancêtre véritable nanti de ses lettres de noblesse. Bien avant l'essence, l'industrie l'a utilisé à poste fixe pour actionner les moteurs à explosion et il a fait ses preuves comme producteur de force motrice immédiatement après la vapeur.

Son principe est extrêmement simple : il transforme, par une combustion limitée, le combustible solide en carburant gazeux capable d'actionner un moteur. Une portion du carbone qu'il contient brûle en échauffant la masse qui l'entoure. Cette masse devient alors capable de réduire le gaz carbonique fourni dans la combustion et l'eau que contenait le combustible, et de décomposer les produits volatils qui se dégagent. En définitive, on obtient un mélange d'azote, d'oxyde de carbone et d'hydrogène (gaz pauvre), qui après purification alimente le moteur.



T W 2527

FIG. 1. — TRACTEUR FORESTIER CATERPILLAR DE 60 CHEVAUX
Il fonctionne au charbon de bois. Le générateur comporte trois tuyères refroidies par l'eau de refroidissement du moteur.

Mais la réalisation pratique du gazogène et surtout son adaptation sur des véhicules où il doit conserver un poids et des dimensions raisonnables, a posé des problèmes très délicats, et la concurrence victorieuse du véhicule à essence a sans doute retardé pendant assez longtemps la mise au point de cet appareil.

À une époque où l'essence coulait en abondance de toutes les pompes de distribution, la concurrence voulait que tous les ans les constructeurs offrissent à l'usager des véhicules d'une conduite et d'un entretien toujours plus simples. Aussi, les manœuvres d'allumage, de nettoyage du gazogène et des épurateurs, l'encombrement et la surcharge de la voiture ont longtemps détourné l'acheteur de ce mode de traction dont les avantages étaient méconnus. Beaucoup reculaient aussi devant l'importante mise de fonds supplémentaire que représentait son adoption, et, en effet, le gazogène avait de la peine à sortir de ce cercle vicieux : il était cher parce qu'il était rare, et il était rare parce qu'il était cher. L'absence actuelle de concurrence doit l'en faire sortir, puisqu'il va falloir le construire en grande série, et une politique rationnelle des carburants forestiers doit per-

mettre la préparation de carburants solides à des prix qui ne se ressentent pas trop de la demande accrue.

Les difficultés techniques de mise au point sont maintenant complètement résolues et il existe un certain nombre de types de gazogènes qui donnent toute satisfaction et qui ont réussi, en particulier, à s'adapter à tous les emplois qu'en exige l'agriculture.

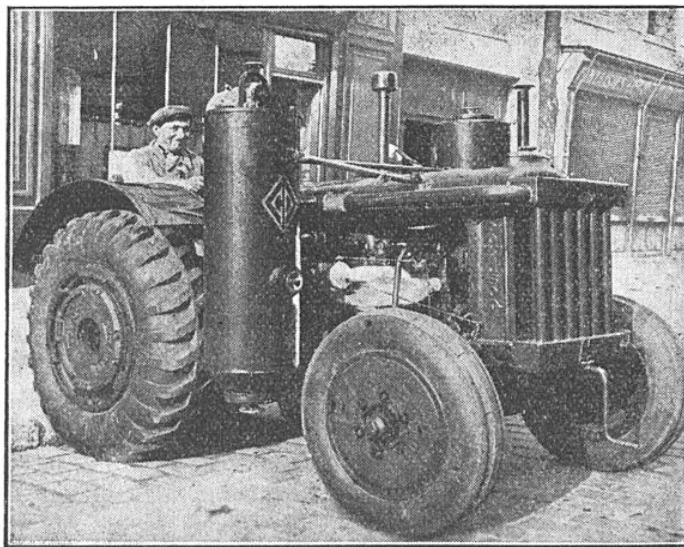
Les gazogènes modernes

Le gazogène, sous sa forme initiale, avait un certain nombre de défauts qui le rendaient peu propre à une installation sur un véhicule :

— à caractéristique égale, le gaz de gazogène fournit dans un moteur une puissance inférieure (de 35 % environ) à la puissance développée par l'essence ;

— les ralentissements étouffent la combustion et aux reprises le moteur tire moins bien ;

— les anciens gazogènes étaient de très gros volume et équipés de revêtements réfractaires, lourds et fragiles, et d'épurateurs compliqués.



T W 2528

FIG. 2. — TRACTEUR FORDSON ÉQUIPÉ AU GAZ PAUVRE DE CHARBON DE BOIS

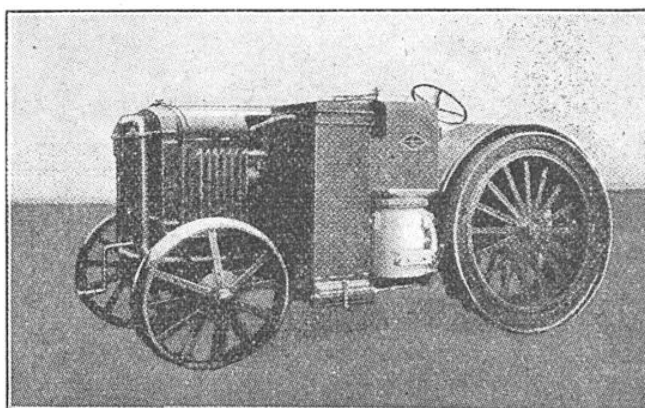
Grâce aux modifications de son moteur, il est capable de rendre sensiblement les mêmes services que le tracteur du même modèle à essence.

On sait qu'il est possible de rétablir la puissance d'un moteur à essence par des modifications assez légères (de 5 ou 6 à 8 ou 9,5) de son taux de compression, refroidissement des gaz à l'admission, augmentation de l'avance à l'allumage. Pour un moteur Diesel, on devra au contraire réduire la compression (de 14 ou 15 à 10) et adopter un dispositif d'allumage.

Les réactions dans le gazogène s'amorcent d'autant plus vite que les gaz y circulent à plus grande vitesse. Dans les gazogènes modernes, ceux-ci restent au contact du combustible pendant environ 3/10 de seconde, il en résulte qu'aux reprises, la zone des réactions reprend très vite sa température et son volume normaux et que le gaz est de qualité constante.

Cette rapidité des réactions permet également de limiter le volume de la masse qui réagit et par conséquent la masse totale de l'appareil.

Tous les appareils construits à l'heure actuelle sont à tuyère et généralement à tirage inversé. Ces deux dispositifs ont l'avantage d'alimenter la zone de combustion en carburant toujours frais. Si celui-ci est du bois, le carburant frais, à mesure qu'il descend vers la zone de réaction, se débarrasse de son eau et de ses produits pyrolytiques. Si celui-ci est du charbon riche (houille, semi-coke), les goudrons sont dis-



T W 2529

FIG. 4. — TRACTEUR AGRICOLE ÉQUIPÉ D'UN GAZOGENE SABATIER-DECAUVILLE

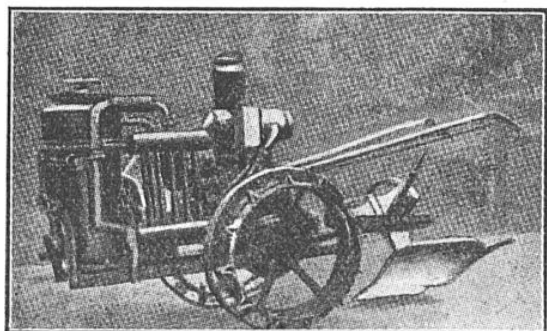
Ce gazogène fonctionne au charbon de bois. Il est équipé de deux tuyères à refroidissement par l'air.

sociés et brûlés. En les forçant, pour s'échapper, à traverser le foyer, on obtient leur décomposition, et on peut ainsi, tout en enrichissant le gaz produit, alléger la tâche des épurateurs qui, en fonctionnement normal, n'ont plus que des poussières à arrêter.

La tuyère, refroidie énergiquement, insuffle de l'air au centre du foyer dont le combustible se trouve porté à 1 000-1 500° C suivant le mode de refroidissement de la tuyère. Tout autour se trouve une zone peu chaude qui isole la zone de réaction des parois du gazogène.

On peut donc se dispenser de protéger ces parois par un réfractaire et en même temps on réussit à fondre les cendres de la combustion en un laitier occupant un volume dix fois moindre. Cette élimination des cendres favorise la marche de la combustion et permet d'utiliser des combustibles donnant jusqu'à 10 % de cendres lorsque le gazogène est muni d'une fosse à laitier, alors que l'on admet officiellement que la teneur en cendres du combustible ne doit pas dépasser 5 %.

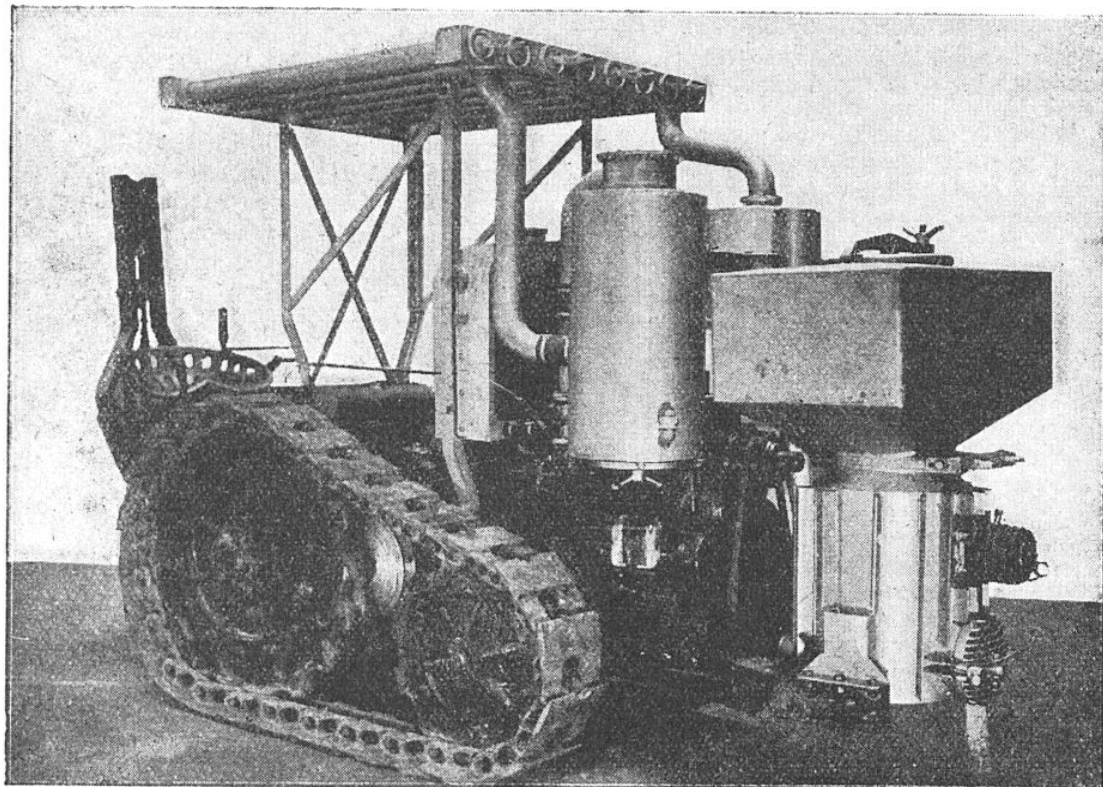
Ce dernier progrès va fournir au gazogène tout une gamme de nouveaux combustibles dérivés des déchets végétaux de la ferme ou de la forêt convenablement carbonisés. Les menues branches, les sarments de vigne et, en général, toutes les parties de la plante qui sont encore en voie de croissance renferment, en effet, une plus grande proportion de sels minéraux que les parties complètement lignifiées. Elles donnent donc plus de cendres.



T W 2530

FIG. 3. — PETITE CHARRUE DE MOTOCULTURE ÉQUIPÉE AU GAZOGENE

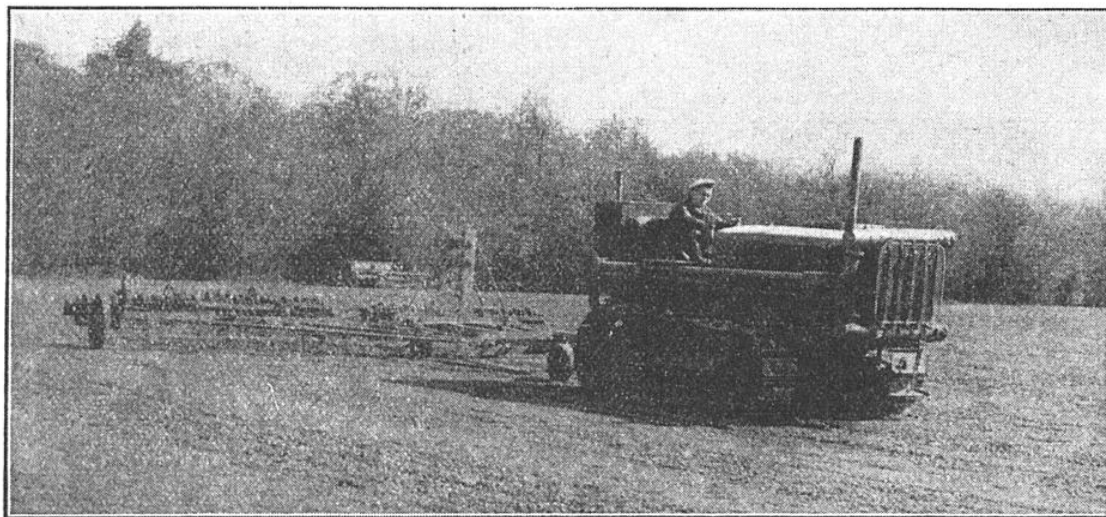
Cette charrue autonome à soc pivotant, construite en Allemagne, donne une idée des possibilités d'adaptation du générateur à gaz pauvre. Le poids du gazogène placé très à l'avant équilibre l'effort dû au labourage. L'allumage et la mise en route demandent quatre minutes.



T W 2552

FIG. 5. — TRACTEUR VIDAL DU TYPE ÉTROIT ÉQUIPÉ D'UN GAZOGÈNE DEWOITINE

On peut juger, sur cette gravure, des difficultés qui se présentent quand on veut monter sur un véhicule de dimensions restreintes cette petite usine à gaz transportable qu'est un gazogène équipé de refroidisseurs et d'épurateurs volumineux dont tous les organes doivent rester, comme ici, facilement accessibles.



T W 2553

FIG. 6. — TRACTEUR ALLIS-CHALMERS ÉQUIPÉ NEUF AVEC UN GAZOGÈNE GOHIN-POULENC

Ce tracteur remorque normalement 9 mètres de herse et trois rouleaux Kroskill. Son générateur à tuyère infusible refroidie par l'eau, équipé d'une fosse à laitier, lui permet de brûler des charbons de bois de provenance très diverses.

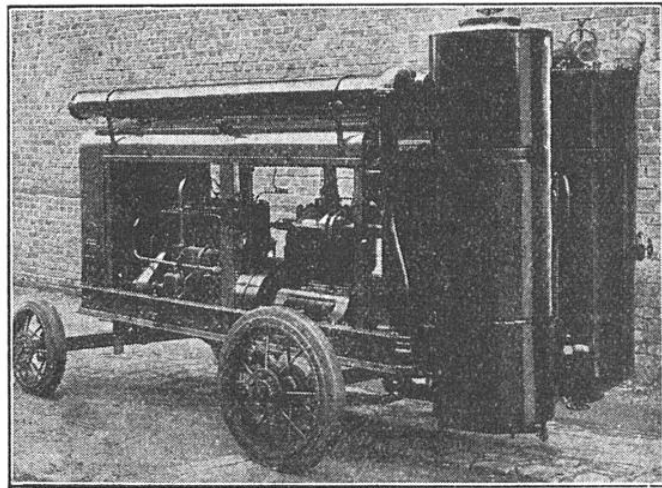
et étaient autrefois considérées comme impropres à alimenter un gazogène. Grâce au gazogène moderne à charbon de bois, les ramis, brindilles, rémanents et houppiers constitueront, ainsi qu'un grand nombre de déchets végétaux, un excellent carburant lorsqu'ils seront convenablement carbonisés.

Des menus de 0,5 à 2 cm ne sont ni trop petits ni trop cendreux s'ils sont utilisés dans un gazogène approprié (gazogène à fusion de cendres, à tirage horizontal et à fosse à laitier); nous l'avons nous-même longuement expérimenté et vérifié en marchant avec de tels charbons en brindilles de 1 cm seulement.

Le sarment de vigne, qui jouit actuellement d'un certain prestige d'actualité, n'est d'ailleurs pas autre chose : il a donné d'excellents résultats au laboratoire comme sur route.

Or, toutes ces chutes de bois, brûlées jusqu'alors sur place, en forêt, et ainsi gaspillées inutilement en pure perte, suffisent seules à l'alimentation d'un nombre considérable de gazogènes *sans qu'il soit jamais nécessaire de porter atteinte au capital forestier lui-même.*

Le gazogène tend donc à devenir polycombustible, ce qui permettra sa construction en grande série et abaissera, par conséquent, son coût de fabrication. Cette qualité lui donnera droit de cité dans toutes les régions, quelles qu'en soient les ressources agricoles, et lui permettra de



1 W 253

FIG. 8. — LOCOMOBILE A GAZ PAUVRE DU TYPE POLYCOMBUSTIBLE
Ce groupe permet d'entraîner indifféremment toutes les machines de ferme (batteuses, hacheuses, presses, etc.)

conquérir dans l'économie rurale la place qu'il mérite.

Le gazogène et les moteurs de la ferme

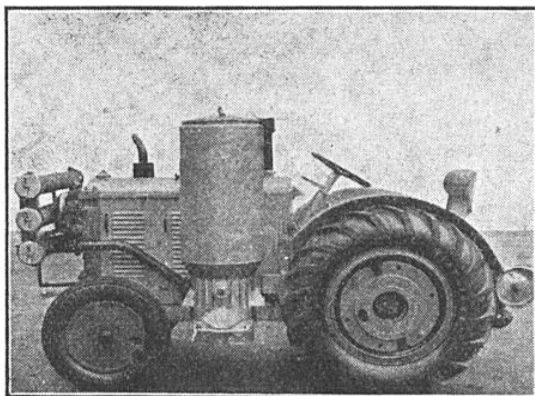
Des milliers de moteurs fixes à gaz pauvre fonctionnent en France. L'emploi du gaz pauvre pour la production de force motrice n'est donc pas une nouveauté.

Les moteurs à gaz modernes partent avec la même facilité et sont aussi souples que les Diesel. 400 à 500 g de charbon gazéifié donnent le même effet utile que 200 g de pétrole. Comme d'autre part le moteur à gaz est beaucoup moins délicat que le Diesel, le gazogène pour moteur fixe marchant avec divers combustibles minéraux et végétaux jouit d'une faveur méritée.

Bien que les tracteurs soient maintenant couramment utilisés pour actionner les machines les plus diverses des exploitations agricoles, depuis la batteuse jusqu'au hache-paille et le coupe-racines, en passant par les pompes d'arrosage et d'irrigation, on emploie plus fréquemment, dans ce but, des groupes moteurs fixes ou locomobiles. Les constructeurs ont depuis longtemps étudié le problème du gaz pauvre et fabriquent des moteurs dont la gamme de puissance va de 4 à 60 ch.

Certaines maisons livrent même des groupes gazomoteurs formant bloc, prêts à l'utilisation immédiate.

La plupart des moteurs fixes, qui ont un régime assez lent, sont assez faciles

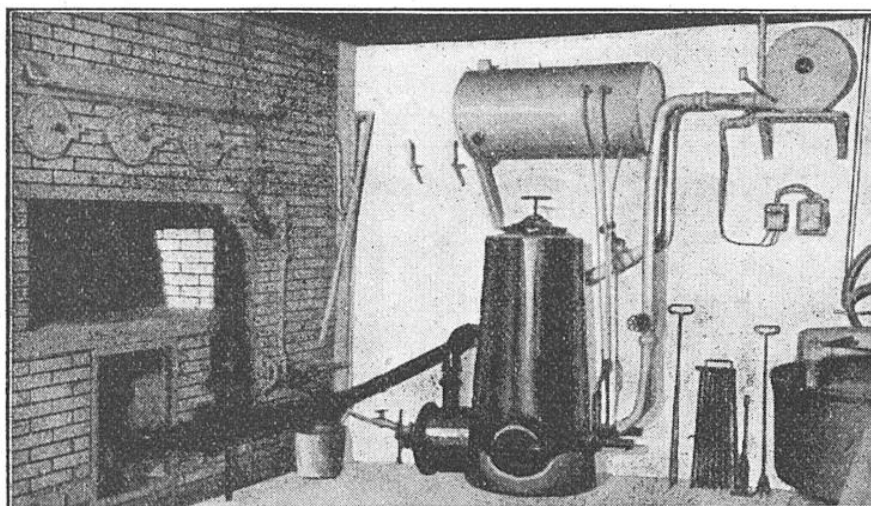


1 W 2554

FIG. 7. — TRACTEUR AGRICOLE RENAULT ÉQUIPÉ D'UN GAZOGENE DE LA MÊME MARQUE

à adapter au gaz pauvre quand on ne se résigne pas tout simplement à la perte de puissance qui résulte de leur emploi sans modifications de leurs caractéristiques.

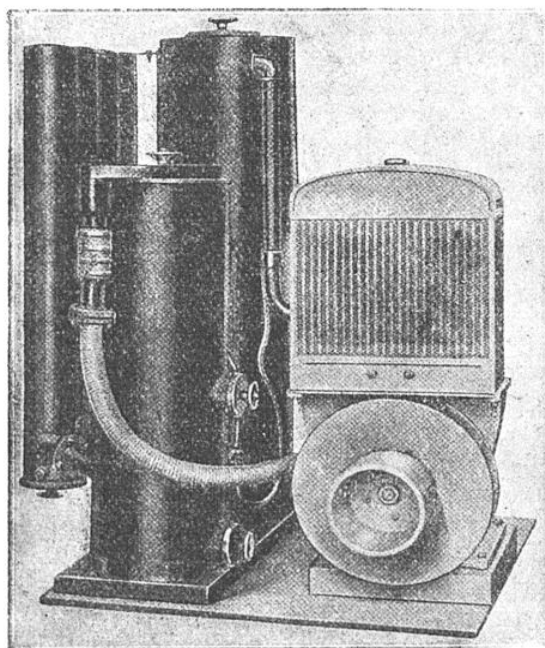
L'installation des gazogènes sur les tracteurs est un problème auquel les constructeurs se sont attaqués à une date plus récente. Cette installation ne présente qu'une seule difficulté : la place est relativement restreinte à bord de ces véhicules. Les illustrations qui accompagnent cet article montrent que la difficulté a pu être facilement surmontée,



T W 2532

FIG. 10. — UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE D'UN FOUR DE BOULANGERIE PAR LE GAZ PAUVRE

Ce générateur de gaz permet de cuire une tonne de pain pour une consommation de 60 kg de charbon de bois. Il est d'une manipulation très propre et permet une cuisson moins brutale que celle qu'on obtient avec des brûleurs à mazout.



T W 2533

FIG. 9. — GROUPE A GAZ PAUVRE TYPE « ATLANTIC » (MOTEURS MILLOT)

Il pèse, complet, 315 kg et développe de 10 à 12 ch pour 1 700 cm³ de cylindrée. Sa consommation ne dépasse par 6 kg de charbon à l'heure.

même pour des engins d'un usage aussi spécial que le tracteur vigneron qui trouvera dans le charbon de sarment de vigne un combustible gratuit.

En France, un millier de tracteurs forestiers et de tracteurs de labour étaient déjà équipés, en 1939, pour marcher au gaz de forêt. Ils avaient acquis grâce à cette surcharge un supplément d'adhérence non négligeable.

A notre connaissance, on n'a pas encore fait en France d'adaptation de petits appareils de motoculture. L'étranger semble beaucoup plus avancé que nous dans ce domaine, comme le montre la figure 3, qui donne une idée de la diversité des applications du gaz de forêt.

Mais avant d'entreprendre la construction de moteurs nouveaux, il conviendra d'adapter tous les anciens tracteurs.

Cette question devrait intéresser particulièrement les groupements patronaux et les syndicats agricoles. Ceux-ci avec leurs moyens puissants et étendus pourraient grouper les commandes tant en gazogène qu'en pièces pour adaptation et transformation des moteurs et obtenir ainsi, aux moindres frais, des équipements complets.

Grâce à ce système, l'étude des adaptations non encore réalisées, ainsi que les essais, seraient amortis facilement, tou-

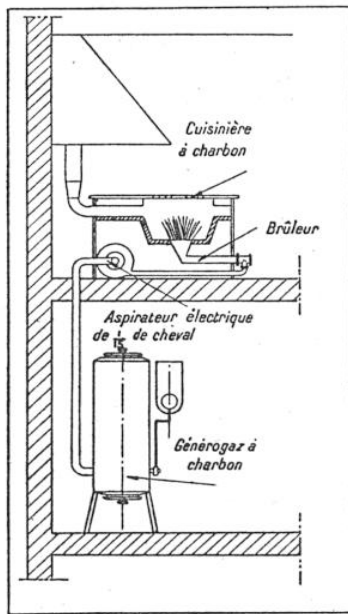


FIG. 11. — LA CUISINE FAMILIALE AU GAZ PAUVRE

La cuisinière à charbon a été modifiée par l'installation dans le foyer d'un brûleur à gaz pauvre. Le chauffage ainsi obtenu a toute la souplesse du chauffage au gaz de ville; on consomme 13 kg de charbon par jour pour préparer la nourriture de trente personnes.

tion du bois commence seulement à s'organiser sur une grande échelle, il serait encore bien illusoire de prétendre éliminer l'une ou l'autre solution. L'agriculteur puisera dans les ressources locales.

Il consommera donc, dans les Landes et le Sud-Ouest, du bois de pin léger, remarquablement réactif, et dans le Centre (Cher, Nièvre, etc.) et dans l'Ouest, des charbons de bois denses (chênes, hêtres, charme); mais dans les régions vinicoles du Midi, il utilisera le charbon de sarment de vigne qui est tout indiqué, concurremment avec les grignons d'olive carbonisés.

Par contre, dans les régions minières, et plus particulièrement les plaines du Nord, à cultures intensives, l'agriculteur doit trouver une très notable amélioration de ses conditions de travail en gazéifiant les houilles maigres et les semi-cokes pour gazogènes de la région. Ces carburants très économiques, qui sont considérés comme des déchets inutilisables par les industries, parce qu'en grains trop petits,

tes choses qu'un cultivateur seul ne peut entreprendre.

Il faudra également prévoir l'approvisionnement en carburant de tous ces moteurs et éviter, grâce à une organisation rationnelle de leur production, d'entamer par une exploitation inconsidérée notre capital forestier.

Bois ou charbon ?

Les deux carburants ont leurs partisans acharnés et alors que la carbonisa-

conviennent très bien aux gazogènes à fusion de cendres. Dans ces régions, employer du charbon de bois, si ce n'est en mélange, serait une hérésie.

Mais, dans un avenir plus ou moins éloigné, il se peut que l'un des deux carburants produits par la forêt cède entièrement la place à l'autre.

Le bois a pour lui l'avantage de la simplicité, de la propreté; il ne nécessite comme outillage supplémentaire qu'une machine à découper qui donnera aux morceaux les dimensions convenables. Le charbon de bois nécessite une carbonisation préalable, qui donne 150 à 250 kg de charbon pour une tonne de bois. Le premier remplace l'essence à raison de 2,5 à 3 kg de bois occupant un volume de 9 l pour un litre d'essence.

Le même litre d'essence sera remplacé par 1,2 à 1,4 kg de charbon de bois occupant un volume de 5 l.

Il pourrait sembler que vu le faible rendement de la carbonisation, les calories du bois seront mieux utilisées par la combustion

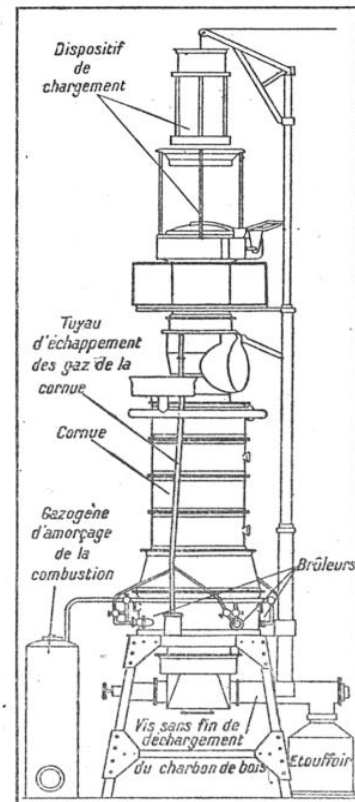


FIG. 12. — FOUR VERTICAL DÉMONTABLE « AUTOCARBONE » DE DISTILLATION DU BOIS EN VASE CLOS

Ce four vertical de 9,50 m de haut est capable de carboniser non seulement le bois de feu, mais des matières ligneuses de petites dimensions (noyaux, grignons, etc.). Il se compose

d'une cornue chauffée extérieurement, d'abord par le gaz d'un gazogène d'amorçage, puis par le gaz de distillation. Ce dernier, quand la carbonisation est amorcée, est en excès considérable. On peut le brûler dans des moteurs après l'avoir débarrassé de ses produits pyroligneux (goudrons, acide acétique, etc.), de grande valeur marchande.

directe dans le gazogène. Mais le bois a quelques inconvénients : pendant les arrêts, la combustion se ralentissant, les produits pyrolytiques distillent à travers le foyer sans être décomposés et risquent d'encrasser les épurateurs. Or ces produits nuisibles dans les filtres d'apuration, s'ils avaient été récupérés dans une installation rationnelle de carbonisation, auraient eu une valeur marchande telle que le charbon de bois aurait pu être considéré non comme le principal résultat de cette carbonisation, mais comme un sous-produit.

Les goudrons, les produits volatils qui se dégagent dans une carbonisation servent eux-mêmes à la fabrication de carburants liquides d'une grande valeur.

De plus, nous avons vu que le gazogène à charbon de bois tend à devenir polycombustible, et cette dernière qualité lui permettra peut-être de supplanter définitivement son rival, parce qu'au lieu de beau bois de feu, il permettra de brûler à peu près n'importe quels déchets végétaux.

Ces déchets devront être carbonisés en vase clos, ce qui a l'avantage d'augmenter dans des proportions sensibles le rendement de l'opération et permet la récupération intégrale de tous les produits de distillation. On peut évaluer à 10 millions de tonnes par an les déchets les plus divers abandonnés sur coupe. Carbonisés, ils produiraient 3 millions de tonnes de charbon qui équivaldraient sensiblement à 20 millions d'hectolitres de carburant liquide.

L'usine de distillation peut d'ailleurs se réduire à deux ou trois fours verticaux (fig. 12) continus au plus, et à un appareillage simplifié de récupération et de force motrice mobile, sans chaudière, ni installation fixe onéreuse. Tous les sous-produits seraient alors dirigés et centralisés, pour y être traités, vers des installations définitives importantes situées dans des centres industriels, où ils trouveraient un écoulement normal et une utilisation rationnelle et économique.

Nous n'aurions pas examiné complètement le problème de l'énergie dans l'économie rurale, si nous ne parlions des progrès que l'on peut réaliser dans les installations de chauffage, progrès qui doivent permettre une notable économie de combustible. La maison « Autocarbone » se prépare à mettre sur le marché un appa-

reil de chauffage à récupération. Cet appareil qui se présente soit sous la forme d'une cuisinière ou d'un poêle, soit sous la forme d'une chaudière de chauffage central, donnera, comme sous-produit, 20 kg de charbon de bois par 100 kg de bois.

Le gaz de forêts dans les industries rurales

De toutes les industries rurales, la plus répandue et la plus importante est incontestablement la boulangerie. La cuisson du pain s'effectue dans les installations courantes sur un four à sole, dont les parois préalablement chauffées cuisent lentement la fournée par la chaleur qu'elles rayonnent. Ces fours ont parfois été modernisés pour le chauffage au mazout ; certains sont chauffés au charbon ou au bois. Le mazout a l'inconvénient, en échauffant plus brutalement la voûte, de « saisir » le pain ; le bois et le charbon sont d'une manipulation assez sale.

On a pu réaliser le chauffage de tels fours par des gazogènes fonctionnant au charbon de bois. Le gaz pauvre qu'ils fournissent alimente des brûleurs orientables dans la gueule du four ou un brûleur fixe dans le foyer. La consommation est alors de 60 kg pour cuire une tonne de pain. L'appareil est d'un maniement propre et sa chauffe est moins brutale que celle du mazout.

Des procédés de chauffage analogue sont applicables à des types de fours différents et aux chaudières de distillation. Dans l'industrie laitière, où le chauffage doit être soigneusement réglé suivant les phases successives des traitements que l'on fait subir au lait et à ses dérivés, le gaz pauvre réalise, par la facilité avec laquelle on règle son utilisation, une sérieuse économie. Enfin, il est susceptible d'apporter à la ménagère le confort que lui donnait autrefois le gaz butane, et il permet ici encore par une cuisson bien conduite d'économiser une importante quantité de combustible.

Enfin, il n'est sans doute pas chimérique de croire que, dans un avenir plus lointain, certaines agglomérations rurales situées dans des centres forestiers seront dotées d'une usine à gaz pauvre, fabriquant avec un excellent rendement le gaz de forêt qui apportera aux ménages et dans les industries rurales l'énergie bon marché.

F.-S. DE CONDÉ.

L'AUTOMOBILE A ACÉTYLÈNE

par Edmond BLANC

Ingénieur des Arts et Manufactures

L'acétylène, composé endothermique de carbone et d'hydrogène, dégage, quand on le brûle, en plus de la chaleur de combustion de ses deux constituants, sa chaleur de formation qui est considérable. Cet appoint d'énergie lui permet de développer la même puissance que l'essence dans un moteur à explosion, sans qu'il soit nécessaire d'en modifier les caractéristiques. Mais, même légèrement comprimé, son instabilité peut donner lieu à de terribles explosions, et la déflagration de son mélange avec l'air risque, par sa brutalité, d'être une cause de détérioration des pistons. De nouveaux procédés sont tout récemment venus remédier à ces deux inconvénients graves qui avaient jusqu'ici fait obstacle à son utilisation comme carburant : l'injection d'eau dans les cylindres amortit les chocs sur les pistons, et les générateurs ou les bouteilles d'alimentation actuels offrent à l'usager une sécurité totale. On peut dès maintenant affirmer que l'acétylène, qui n'est en somme que de la houille blanche stockée sous forme d'énergie chimique, est assuré d'un brillant avenir comme carburant de remplacement.

Le drame de l'essence, dont le premier acte traduisait l'angoisse d'une nation privée de ses transports sur route, et dont l'acte second semblait annoncer le triomphe du gazogène, paraît faire entrer en scène de magistrale façon un personnage voué jusque-là à d'autres besognes : l'acétylène.

Certes, l'idée de tirer parti de ce gaz pour la force motrice ne date pas d'hier. On songeait, dès 1896, trois ans après la découverte par Maquenne et par Moissan de sa production par action de l'eau sur le carbure de baryum et sur le carbure de calcium, à animer à l'aide d'acétylène les moteurs fixes. Mais l'explosion du mélange air-acétylène se montrait d'une telle violence que les pistons accusaient de rudes meurtrissures et la tentative en resta là, d'autant plus que les essais de compression et de liquéfaction de ce gaz firent des victimes chez M. Pictet.

Il fallut, pour redonner à cette idée un élan nouveau, la tragédie stratégique de juin 1940.

Une des premières autos alimentées par l'acétylène fut, dès la fin d'août, celle équipée par M. J. Sirieys, ingénieur à Limoges. Il avait alors conçu et réalisé un dispositif rationnel tirant le gaz de la bouteille bien connue des soudeurs « à l'autogène » au travers de deux détendeurs et d'un doseur automatique de son invention.

L'acétylène rendait ainsi non seulement la vie, mais même la jeunesse au moteur, tandis que le gazogène ou la bouteille de gaz de ville lui restituaient tout au plus les deux tiers de son ancienne puissance. La voiture de M. Sirieys suscita dans la région un intérêt considérable. Cependant, chacun restait sceptique, évoquant les dangers d'emploi d'un tel gaz dont le mélange avec l'air constituait un explosif propre à renverser les maisons comme châteaux de cartes. Les chimistes, enfin, invoquaient le comportement très personnel de ce combustible dans les cylindres, où il déterminait des phénomènes de *détonation* très marquée, propre à user très vite la machine.

Le « tigre » des gaz

Cependant, l'ardeur des chercheurs ne s'arrêta point à ces appréhensions. A bon escient, ils considéraient, en effet :

1° Que l'acétylène dispose d'une énergie considérable : 14 300 calories par mètre cube, soit presque le quadruple de l'énergie du gaz d'éclairage ;

2° Qu'il était d'un usage courant, voire même familial, puisque après avoir triomphé en plein vent comme éblouissant « gaz de foire », il restait souverain dans les ateliers de soudure ;

3° Qu'en raison du développement forcé de notre industrie hydroélectrique, sa production industrielle s'étendrait consi-

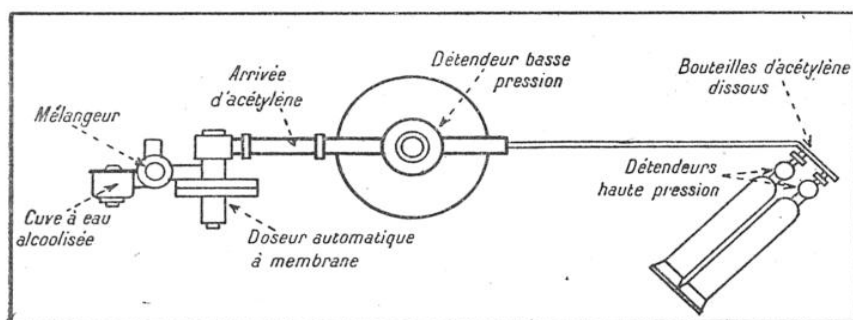


FIG. 1. — SCHÉMA D'ENSEMBLE DE L'ALIMENTATION D'UN MOTEUR PAR L'ACÉTYLÈNE DISSOUS SOUS PRESSION (SYSTÈME GAZÉO)

L'acétylène est détendu en deux étapes jusqu'à une pression voisine de celle de l'atmosphère, puis admis dans le mélangeur par un doseur automatique à membrane (voir fig. 3). L'air du mélange entraîne l'eau alcoolisée d'une cuve fonctionnant comme un carburateur d'automobile. Cette eau introduite dans le moteur amortit la déflagration du mélange combustible.

dérablement, étant donné que ce gaz résulte de l'action de l'eau sur le carbure de calcium, carbure issu lui-même d'une synthèse (coke et chaux) au four électrique.

Il faut, d'autre part, noter que l'on a peu à peu appris à connaître toutes les caractéristiques de ce gaz très « personnel » et découvert la manière de le prendre et de l'asservir.

Avant de montrer sa violence dans le cylindre, l'acétylène avait déjà livré ses secrets au laboratoire.

Berthelot, soucieux déjà de préciser les conditions de cheminement de l'onde explosive, fit détoner dans ce gaz du fulminate de mercure et constata qu'à la pression atmosphérique, si le tube d'expérience n'a pas plus de 2 cm de diamètre, la décomposition de ce combustible n'a lieu qu'au point même de l'inflammation. Si on comprime à 2 atmosphères, l'explosion se propage indéfiniment et l'onde s'élance jusqu'au bout de la conduite avec une vitesse considérable. M. Maquenne, reprenant les expériences à la pression

Alors que la combustion de l'hydrogène (dont la flamme chaude a pourtant belle réputation) ne fournit que 58 calories, la combustion complète de l'acétylène indique théoriquement 320 calories, et il fallait bien s'attendre à ce que ce gaz, composé endothermique, donnât des explosions particulièrement bri-

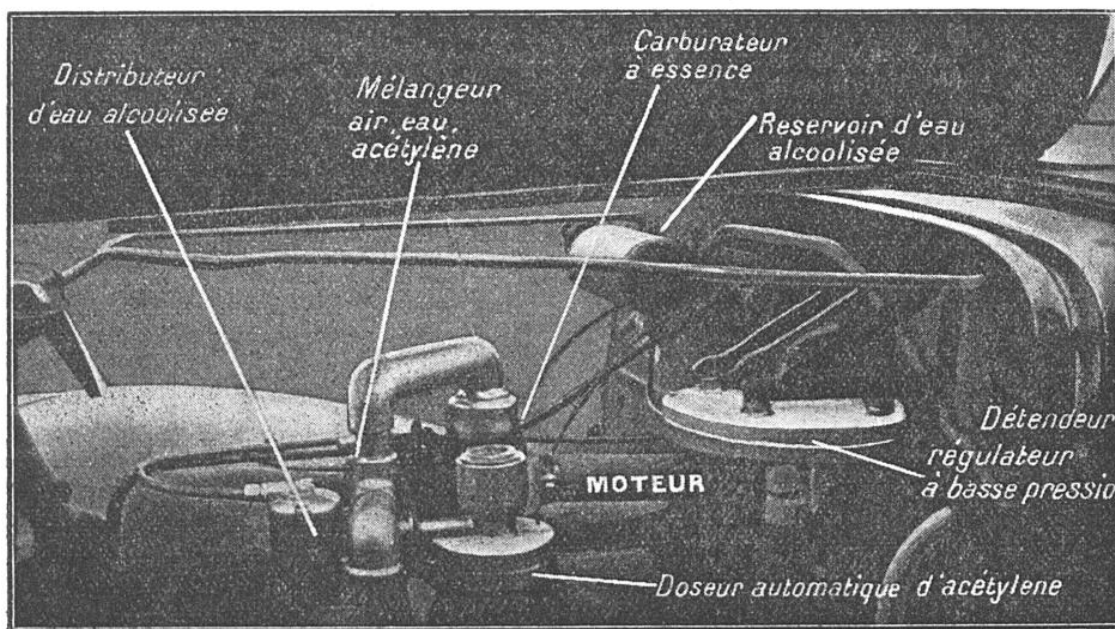


FIG. 2. — VUE DU DISPOSITIF « GAZÉO » D'ALIMENTATION D'UN MOTEUR A ACÉTYLÈNE

ordinaire avec un tube de 3 cm de diamètre, constata une propagation jusqu'à 6 m environ du point de départ. De là résulte la précieuse indication de n'employer pour l'acétylène que des conduites de petit diamètre. Par ailleurs, la compression de ce gaz se révèle comme une opération délicate et sa liquéfaction en fait un explosif brisant des plus redoutables.

Il s'agissait donc, dans l'emploi de ce « tigre des gaz » pour l'automobile, de limiter à l'extrême sa liberté et notamment de l'emprisonner ou de l'enchaîner, même, pour en faire un serviteur docile, en évitant toute complication avec l'air.

Deux méthodes se présentaient, mais dès l'abord la plus séduisante était l'usage des bouteilles d'acétylène où celui-ci, dissous dans l'acétone, enchaîné ensuite, molécule à molécule à un ciment poreux et mis enfin en vase clos, ne pouvait plus donner d'inquiétudes. La seconde méthode était de le tirer d'un générateur à carbure de calcium, conforme aux conditions de sécurité.

Les dispositifs d'alimentation

Avant de parler des précautions et des risques, et pour suivre les événements dans l'ordre chronologique, examinons les moyens d'alimentation à l'aide des bouteilles d'acétylène dissous.

L'installation imaginée par M. Sirieys et qui, dans son principe, peut s'appliquer aux gaz comprimés en général, comprend :

1° La bouteille d'acétylène dissous et son *mano-détendeur*;

2° Une canalisation et son robinet d'arrêt fixé au tableau de bord de la voiture;

3° Un *détendeur* basse pression sous le capot;

4° Un *doseur* automatique et un *mélangeur*, associés au carburateur normal.

Les deux détendeurs ont pour mission d'abaisser la pression de l'acétylène dissous, de 15 kg/cm² à 500 g/cm², puis de 500 à 5 g/cm².

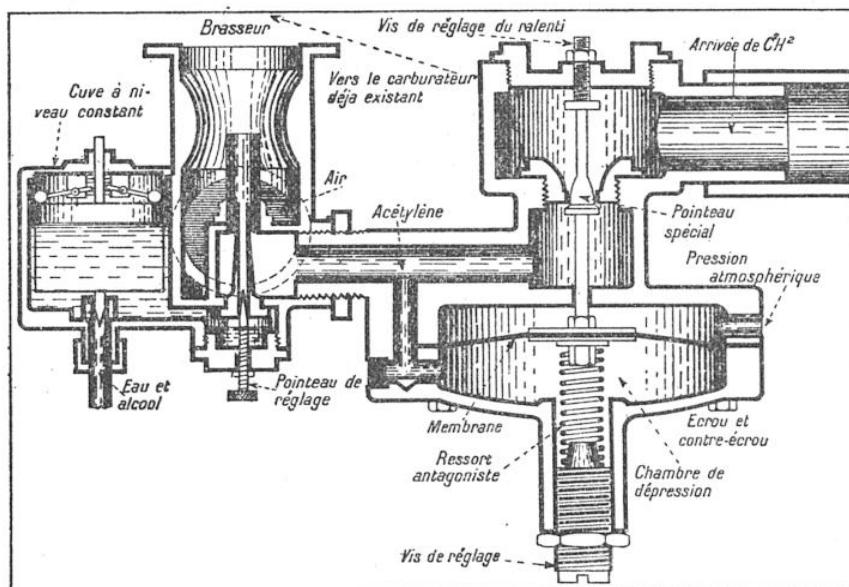


FIG. 3. — SCHÉMA DU MÉLANGEUR DANS LE SYSTÈME « GAZÉO »

La quantité d'acétylène admise dans le mélangeur est dosée automatiquement par un pointeau spécial dont l'ouverture est commandée par une chambre de dépression en relation avec le moteur. L'air arrivant au mélangeur entraîne au passage de l'eau alcoolisée fournie par une cuve à niveau constant.

C'est sous cette faible pression qu'il arrive dans le *doseur automatique* dont la fonction unique et essentielle est de maintenir pour le mélange de l'air et de l'acétylène le débit optimum de ce gaz à tous les régimes du moteur (la combustion complète exigeant 14 g d'air pour 1 g d'acétylène).

Ce dosage est assuré par le jeu d'un pointeau à profil parabolique, mû par une membrane obéissant elle-même à la dépression dans les cylindres et à la réaction d'un ressort antagoniste. La réalisation d'amenée, dont le diamètre intérieur peut, suivant le débit exigé par le moteur, varier entre 10 et 15 mm, est constituée par un fort tube de caoutchouc armé ou un tube métallique, à l'exception des tubes de cuivre rouge, attaqués par l'acétylène qui forme avec eux un *acétylure* spontanément explosible. Du

doseur, le gaz passe au mélangeur où il rencontre non seulement l'air, mais une petite quantité d'eau vaporisée.

De l'eau dans le moteur

L'idée d'introduire directement de l'eau à l'état liquide revient à MM. Paul Col et Heyraud, de Marseille, qui procédèrent à des essais fort éloquents en se servant tout simplement de la cuve et du gicleur du carburateur à essence pour

et le moteur connaît alors une vigueur qui nous sembla parfois supérieure à celle que lui permettait l'essence.

On pourrait, certes, employer l'alcool pur, mais il faut tenir compte de la distribution limitée de ce combustible qui, par ailleurs, à égalité d'énergie cédée, coûte plus cher que l'essence.

Ainsi limite-t-on les possibilités d'usure du moteur qui conserve sa puissance et ses anciennes dispositions (ce qui permet

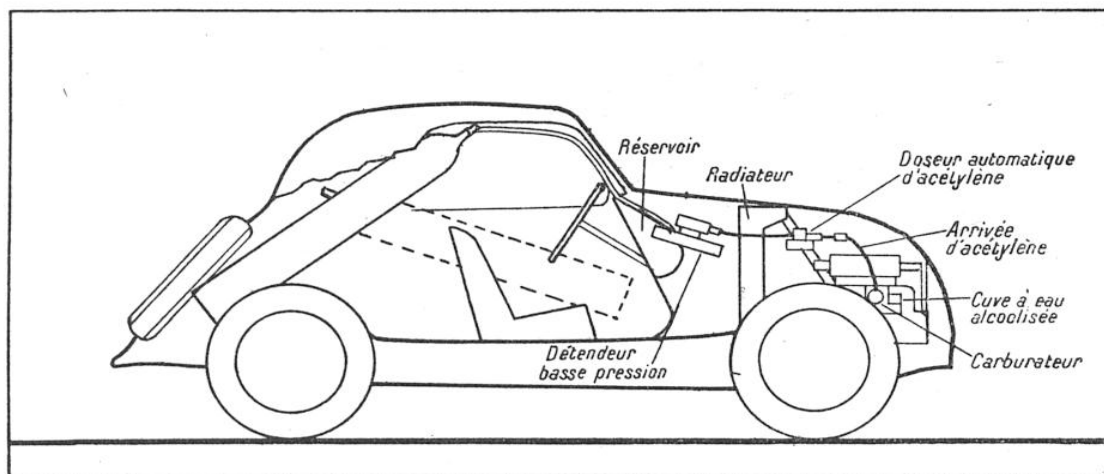


FIG. 4. — INSTALLATION D'UN SYSTÈME D'ALIMENTATION « GAZÉO » SUR UNE SIMCA 5

introduire cette eau, étant donné que l'installation précitée avait l'avantage de ne rien changer au moteur existant ni à son équipement. Le résultat fut très net. Cette petite quantité d'eau (admise seulement à partir d'un certain régime du moteur, afin de ne point noyer les bougies au ralenti) a pour mission de parer aux conséquences d'une explosion trop brisante. L'acétylène est terriblement détonant, ce qui inflige aux pistons des effets de *percussion* en même temps que les effets normaux de *pression*. L'eau réduit ces phénomènes de détonation, en vertu d'une action *physique* qui, sans modifier l'expansion gazeuse due à la combustion (puisque les calories qu'elle prend au milieu la dilatent, 1 litre d'eau donnant 1 700 litres de vapeur), forme en quelque sorte *matelas* pour protéger les faces du piston. Il suffit de pulvériser l'eau en utilisant le courant gazeux en régime élevé. MM. Heyraud et Col procédèrent en outre à des essais à l'aide d'eau alcoolisée. L'alcool, indétonant par lui-même, apporte en outre ses calories personnelles

de revenir, le cas échéant, aux combustibles liquides), tandis que la légère pression de l'acétylène et la constitution des canalisations le met à l'abri des retours de flamme.

Du « gazéo » au « turbogaz »

Ces améliorations dues à l'addition d'eau ont fait naître, à Marseille, le « gazéo » (gaz et eau), tandis que, dans cette même cité, un mécanicien avisé, M. Martin, créait le « turbogaz ».

M. Martin avait, non sans raison, souci de réaliser l'absolue homogénéité du mélange air-acétylène. En vérité, ces deux gaz, de densité respectives 1,29 et 1,19, apparaissent comme bien choisis pour s'associer intimement sans effort. Néanmoins, on peut craindre que leurs écoulements *laminaires* les laissent côte à côte sans nouer entre elles leurs molécules. Des arrivées *tourbillonnaires* semblent plus favorables et c'est pourquoi l'inventeur a adopté un ensemble comprenant un appareil à ailettes et un diffuseur, constituant un *turbo-diffuseur* avec deux ad-

missions d'air. Ces dispositifs, d'ailleurs, sont peu encombrants. Ils tiennent dans le creux de la main (1).

A cette idée, un chimiste a accouplé le souci d'utiliser un antidétonant que les constructeurs vendent en bouteille, convenablement « maquillé » par un colorant rouge et de l'essence de mirbane (2).

De toutes façons, le succès de ces divers dispositifs est suspendu à la source même du combustible, la bouteille d'acétylène dissous, dont il convient d'exposer les caractéristiques industrielles et commer-

(1) Nous avons, pour obtenir l'homogénéité du mélange, créé personnellement un brasseur E. B. très simple, à double mouvement tourbillonnaire et cheminée centrale, sans réduction de la section de passage, donc sans perte de charge appréciable.

(2) L'antidétonant semblait être du tétrachlorure CCl_4 , peu recommandable. L'expérience n'a pas été jusqu'à présent en faveur de cet appareil.

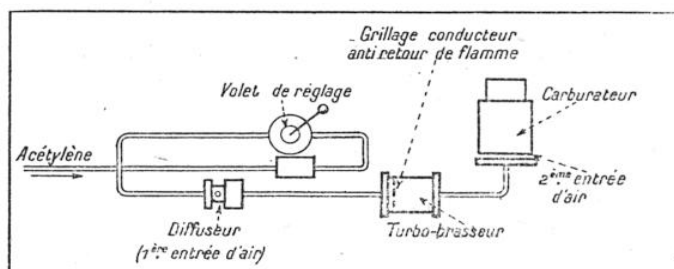


FIG. 5. — LE MÉLANGEUR PAR BRASSAGE DIT « TURBOGAZ » DE M. MARTIN, A MARSEILLE

Un diffuseur et un turbo-brasseur à ailettes mélangent intimement l'acétylène et une première portion de l'air de combustion. La deuxième portion sert à entraîner, à l'aide d'un carburateur, une composition antidétonante qui joue ici le même rôle que l'eau alcoolisée.

combustible *épuré*, car la soudure autogène exige cette pureté. Ces récipients sont livrés en deux modèles mesurant soit 1,00 m, soit 1,40 m environ de hauteur. C'est évidemment le premier modèle qui convient ici. L'enveloppe, en tôle d'acier, est *totale*ment garnie de matière poreuse compacte, mais légère et à grains très fins, comparable à une argile cuite ou un ciment, et faisant l'objet de brevets. Il importe, en effet, qu'elle n'offre au « tigre des gaz » aucun espace d'explosion où l'air puisse se faire son complice.

La matière occupant tout le volume, cela permet de lui donner toutes positions sans écoulement de l'acétone dans lequel

ciales, ainsi que l'installation à bord des voitures.

La bouteille des soudeurs

La bouteille présente, outre l'avantage de délivrer du souci de production du gaz à bord de la voiture, celui de fournir un



T W 2501

FIG. 6. — INSTALLATION DE BOUTEILLES D'ACÉTYLÈNE SUR UNE VOITURE 5 CH ROSENGART (M. HEYRAUD, A MARSEILLE)

l'acétylène est dissous, et Berthelot a montré que jusqu'à 20 kg/cm² de pression, cette solution restait stable. Eprouvées à 90 kg/cm², ces bouteilles doivent livrer normalement un gaz à 15 kg/cm².

La pression augmente naturellement avec la température, mais on ne saurait s'en soucier puisqu'elle n'a causé aucun accident sur les chantiers africains. En hiver, elle tombe fréquemment à 10 kg/cm² et baisse lentement au fur et à mesure de la consommation. En été, elle atteint 20 à 25 kg/cm² et décroît plus vite.

Les types de bouteilles varient avec les fournisseurs. Celles de 1,40 m se prêtent mal à l'installation. Celles de 1 m de longueur et 30 litres de volume, facturées pour 4 m³ d'acétylène, conviennent.

Leur remplissage exige dix heures pour la pénétration totale de la matière poreuse et un certain repos ensuite.

Avant livraison comme au retour de la bouteille, une balance romaine, équipée pour un chargement aisé, permet de peser le combustible livré ou restitué. Le récipient pèse 56 kg à vide et 60 kg environ après remplissage de gaz (1). L'emploi de ces bouteilles pour l'automobile obéit à quelques prescriptions. Il convient, par exemple, d'éviter avec une bouteille en fin de service de la solliciter brutalement par l'accélérateur. Un débit trop important peut faire *aspirer l'acétone* avec l'acétylène. Or, ce solvant est rare et cher et sa présence dans les canalisations et les appareils générerait l'écoulement du gaz et détériorerait la membrane du doseur. Pour cette même raison, on recommande pour les bouteilles la *position verticale* ou fortement inclinée.

Il vaut mieux, par ailleurs, alimenter avec deux bouteilles ou trois les fortes voitures, si l'on craint une insuffisance de débit, car celui-ci reste *limité* par la vitesse de dégagement de l'acétylène dissous, et il faut en tenir compte.

Si la matière poreuse est de bonne qualité, elle ne commence à se désagréger qu'après dix ou quinze années. Le stockage n'a donc aucune influence sur le débit. Les fournisseurs sérieux en assurent périodiquement le contrôle. Ils rejettent comme matière poreuse la tourbe qui pro-

voqua, il y a trois ans, un terrible accident à Saint-Nazaire.

L'installation des bouteilles pose des problèmes variés. Pour les raisons précitées, il paraît contre-indiqué de les fixer sur le toit ou dans le châssis, et favorable de les installer verticalement dans la malle arrière. Certains possesseurs de petites voitures n'hésitent point à les installer à l'intérieur.

La question de sécurité

Abordons maintenant la question de sécurité où la bouteille figure précisément comme un élément très favorable.

On peut s'étonner, en vérité, de la crainte inspirée par l'acétylène, car son emploi offre des aspects bien plus rassurants qu'à l'époque où ce « gaz de foire » imposait à l'automobile un *générateur* d'acétylène pour éclairer la route. On plaçait à son bord le dispositif capricieux et irrégulier qui *fabriquait* l'acétylène sur la voiture même.

Actuellement, l'étanchéité parfaite des canalisations et la faible pression du gaz entre la bouteille et le carburateur nous rassurent.

Rappelons, à ce propos, que, si le « tigre des gaz » forme avec 10 % d'air le plus brisant des explosifs gazeux, il importe essentiellement de distinguer l'*acétylène libre* (inquiétant dès que sa pression dépasse 1,5 atmosphère) et l'*acétylène absorbé*, enchaîné dans l'acétone et son support. *L'acétylène dissous reste rigoureusement inoffensif.* La Direction générale des Mines précisait d'ailleurs, dès octobre 1940, les prescriptions à suivre pour l'installation des canalisations, raccords et joints et la limitation du débit par bouteille à 1 200 litres par heure.

Mais allons au-devant de toutes les inquiétudes et imaginons une défaillance de l'alimentation et des doseurs ou mélangeurs. Les aventures du moteur à essence fonctionnant en mélange trop pauvre nous rappellent l'incident classique redouté à bord des avions : le *retour de flamme* au carburateur et l'incendie.

Ici, la situation est tout autre.

Dans le moteur à essence, deux circuits distincts : celui d'un GAZ carburé (air-essence) et celui d'un LIQUIDE (essence).

Le gaz obéit à l'appel des cylindres. Si cet appel faiblit (ralenti extrême) et qu'un défaut de distribution ou d'allumage apporte sa complicité, on peut craindre le retour de flamme. Le circuit

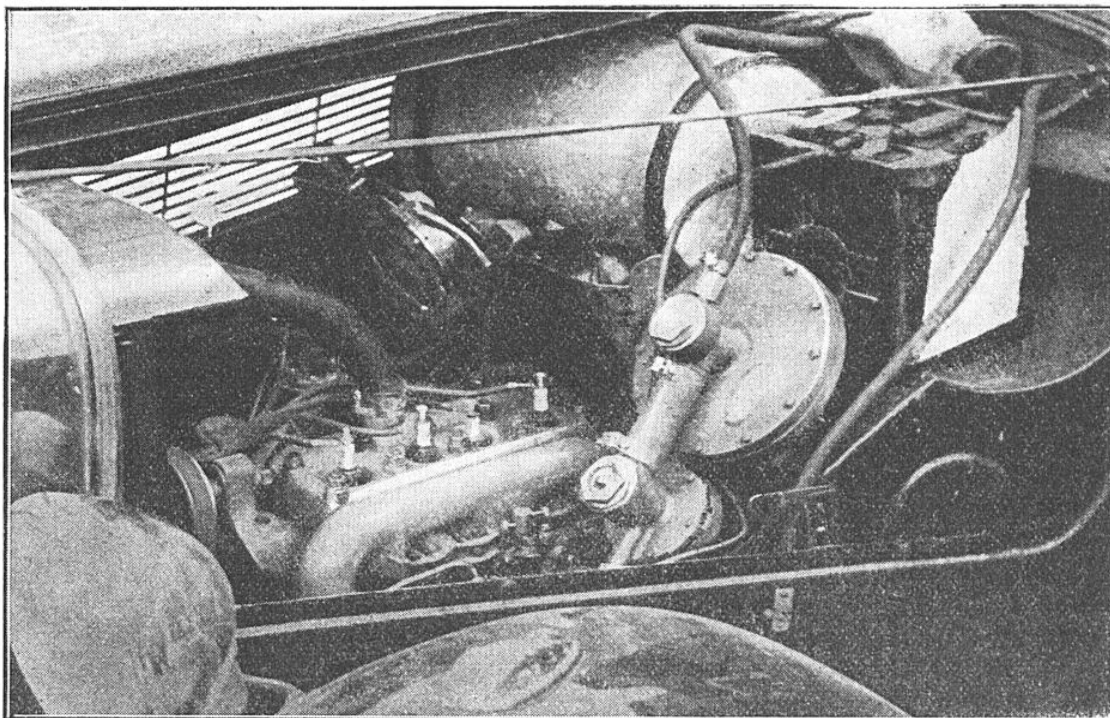
(1) Il est à prévoir d'ailleurs que les fabricants de bouteilles en établiront, pour la clientèle automobile, de moins pesantes, en alliages légers, frettées d'acier.

liquide devient alors un redoutable agent d'incendie, en raison de la *quantité* importante de carburant à proximité du foyer, carburant *pesant* qui peut se répandre tout autour du véhicule. La fermeture du robinet d'essence n'empêche pas l'incendie sous le capot. Au contraire, l'acétylène arrive sous faible pression et constitue le seul circuit de com-

qui peuvent subir des chocs sans aucun risque.

Approvisionnement et dépense

Il semble, à première vue, malaisé de comparer le prix de l'essence, déjà prohibitif et en ascension fatale (en dehors même d'étonnantes spéculations), au prix de l'acétylène, qui ira sans aucun doute



T W 2554

FIG. 7. — DÉTENDEUR BASSE PRESSION ET DOSEUR AUTOMATIQUE D'ACÉTYLÈNE SUR UNE PETITE ROSENGART

bustible. Libéré dans l'atmosphère et plus léger, il se disperse rapidement.

Si, pour une raison (à laquelle on peut faire accueil comme *hypothèse*), une flamme apparaît au carburateur, on se trouve dans les mêmes conditions que devant un quelconque réchaud à gaz allumé par une ménagère. La flamme d'un combustible gazeux ne saurait pas plus remonter vers sa source que celle du réchaud vers le compteur à gaz de ville.

Allons jusqu'aux limites de l'in vraisemblable et imaginons qu'un fil de bougie détaché, de connivence avec quelques molécules d'acétylène, évadées de la buse d'un carburateur expirant, déclenche une explosion-amorce. Nous savons qu'elle ne peut se propager. Les pires incidents ne sauraient enfin affecter les bouteilles

en décroissant, grâce au développement forcé de l'industrie hydroélectrique en France.

Envisageons simplement la consommation. Le Service des Mines estime, conformément aux décisions de la physique, qu'un mètre cube d'acétylène correspond à deux litres d'essence.

Cependant, si l'on tient compte des avantages d'un combustible gazeux, assurant de bons départs à froid en hiver, et une grande supériorité sur les combustibles liquides pour constituer un gaz carburé *homogène*, on peut estimer qu'une 10 ch ordinaire fera un parcours de 80 km avec une bouteille de 4 m³, si le gaz est bien employé. Le prix du kilomètre reste de l'ordre de 1,20 fr.

L'approvisionnement ne saurait, en

principe, causer d'inquiétudes. Le carbure, issu du mariage de la chaux avec le coke (résidu des usines à gaz ou de la métallurgie), restera abondant. Cependant, et notamment dans les régions de Toulouse et Brive, les usagers de la bouteille éprouvèrent quelques difficultés. Certains fournisseurs, en novembre, refusèrent de leur livrer des bouteilles. A la vérité, il faut convenir que non seulement ces fournisseurs devaient alimenter

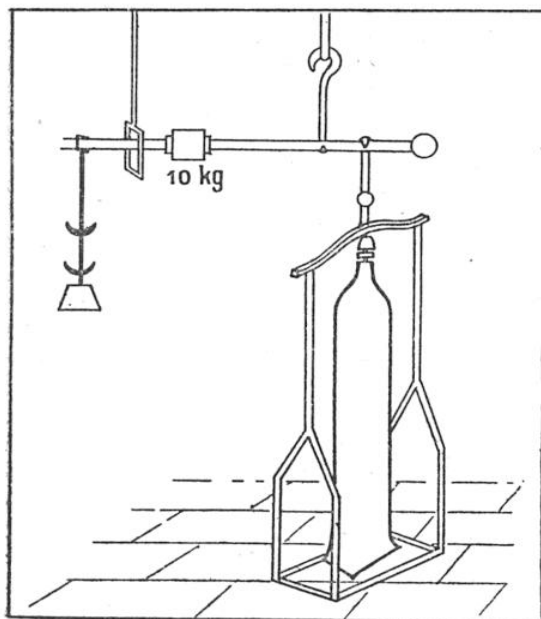


FIG. 8. — BALANCE SPÉCIALE POUR LA PESÉE DES BOUTEILLES D'ACÉTYLÈNE

leur clientèle de soudeurs à l'autogène, mais pouvaient redouter : 1° une rentrée tardive des bouteilles en promenade sur les autos; 2° des ennuis consécutifs au remplissage de la bouteille par d'autres qu'eux-mêmes. L'acétylène dissous se révélait alors comme un combustible essentiellement régional.

Aussi bien les inventeurs se tournèrent-ils vers le générateur d'acétylène qui n'imposait que l'approvisionnement en carbure de calcium et promettait en outre de très appréciables réductions de dépense.

Les générateurs spéciaux

Tout de suite réapparaît le souci de sécurité. Avec la bouteille, on se contentait d'employer le redoutable gaz dûment mis en cellule. Avec le générateur, on allait le produire.

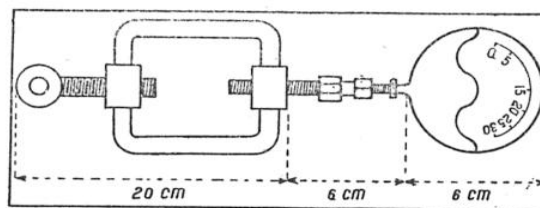


FIG. 9. — MANOMÈTRE MUNI DE SON ÉTRIER DE FIXATION SUR LA BOUTEILLE

Le raccord du manomètre vient se fixer à l'orifice a (voir fig. 10) de la bouteille.

La Direction des Mines devait donner elle-même la réponse, dans un projet de réglementation élaboré dès octobre et qui complétait l'arrêté ministériel du 10 septembre 1934, toujours en vigueur.

Pour une première catégorie de générateurs chargés de moins de 2 kg de carbure (c'est-à-dire libérant au plus un demi-mètre cube de gaz), il suffit de doter l'installation de joints en caoutchouc robustes et d'un dispositif de protection contre les retours de flamme. Le rayon d'action des véhicules est alors limité à quelques lieues.

La seconde catégorie de générateurs (charge supérieure à 2 kg) doit limiter à 1,5 kg/cm² la pression du gaz, et la proportion d'air dans l'acétylène engendré ne doit pas dépasser 2 %.

Le dégagement d'acétylène doit être régulier et non tumultueux, et la température de l'appareil rester inférieure à 120° (en raison des risques de polymérisation de l'acétylène).

L'installation doit enfin comprendre, outre la soupape classique de sûreté (disposée de manière que le gaz libéré n'incommode pas les passagers), un système anti-retour d'air et un dispositif limiteur de débit dans le cas d'aspiration maximum du moteur.

Dès le mois de novembre, divers

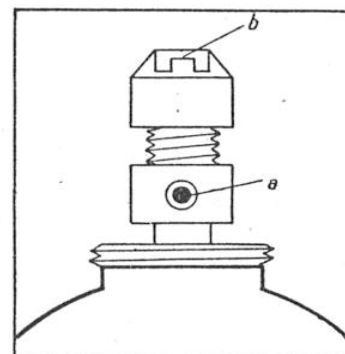


FIG. 10. — COMMENT ON VÉRIFIE L'ÉTANCHÉITÉ DES BOUTEILLES

A l'aide d'un pinceau trempé dans l'eau de savon on vérifie qu'il ne s'échappe pas d'acétylène en a ou b.

modèles apparurent à Vichy, disposés sur le support arrière. A Marseille, un générateur Phébus « sans pression », chargé de 5 litres d'eau et de 10 kg de carbure, et pourvu d'un épurateur plombé (à principe tenu secret), se montra dans les rues, installé dans la malle arrière d'une 10 ch. On pouvait sans danger le renverser, et si le couvercle s'ouvrait, la production d'acétylène se trouvait automatiquement arrêtée.

Nouseûmesalors l'occasion de participer nous-même à des recherches de cet ordre au Bureau technique du Centre. Nous les exposons à titre d'exemple.

Un doseur automatique de carbure

On peut produire l'acétylène soit par action de l'eau tombant sur le carbure, soit par contact intermittent avec l'eau d'un panier contenant ce produit, soit enfin par chute de carbure dans l'eau.

Les deux premiers procédés donnent peu de garanties sur l'élévation de la température et sur la qualité du gaz dont les impuretés menacent à la fois le moteur et l'usager.

Le phosphore, spontanément inflammable, et l'hydrogène sulfuré engendrent des produits acides et les produits azotés provoquent des surchauffes.

Le générateur à chute de carbure dans l'eau produit un gaz refroidi et largement dépouillé (ce qui n'empêche point de l'associer à l'indispensable épurateur). Cependant, il demeurerait frappé d'interdit en raison de la possibilité d'une chute intempestive et surabondante du carbure, déterminant une dangereuse surproduction d'acétylène. Il importait néanmoins, pour alimenter les moteurs avec un gaz orthodoxe, de s'en tenir à cette troisième

catégorie de générateurs, sous réserve de quelques perfectionnements.

Le principe adopté alors fut de réaliser un doseur automatique de carbure de calcium. Une vis sans fin à large surface hélicoïdale placée au bas de la trémie de distribution (hermétiquement close par un couvercle d'autoclave) pousse le carbure vers la goulotte ouverte au

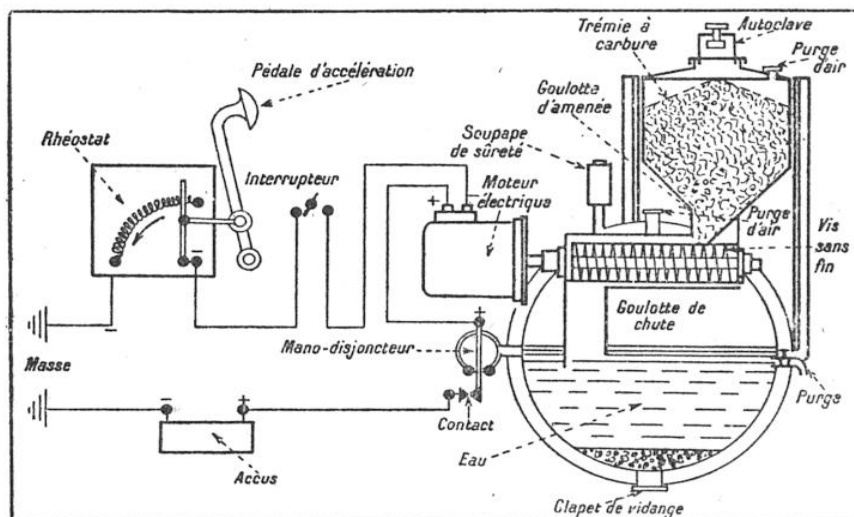


FIG. 11. — SCHÉMA D'UN GÉNÉRATEUR D'ACÉTYLÈNE A DOSAGE AUTOMATIQUE DU CARBURE DE CALCIUM (BUREAU TECHNIQUE DU CENTRE)

La dépression produite par le moteur, lorsqu'elle est suffisante, maintient fermé le contact du mano-disjoncteur et met en marche un moteur électrique. Ce moteur, dont la vitesse est contrôlée par la pédale d'accélération à l'aide d'un rhéostat en série, actionne une vis sans fin. La vis sans fin fait tomber à chaque tour la même quantité de carbure dans l'eau et la quantité d'acétylène réclamée par le moteur se dégage.

dessus de l'eau d'un réservoir. Sa vitesse de rotation lui vient d'un très petit moteur électrique animé par le courant de batterie de la voiture et dont le régime est réglé par un rhéostat commandé par la pédale d'accélération.

Dès que la pression de l'acétylène dans le corps du générateur atteint la limite fixée, un mano-disjoncteur coupe le courant.

On use d'un carbure concassé menu, conduit vers la vis de façon à n'intéresser que deux ou trois spires (afin de réduire le frottement). Son débit, conforme à la demande du moteur, reste indépendant des oscillations et des trépidations du véhicule. La masse d'eau elle-même n'obéit ni au tangage ni au roulis, grâce à un cloisonnement spécial du réservoir. Des robinets de purge pour l'eau de chaux et pour la vidange d'air lors de

la mise en train complètent l'appareil pourvu par ailleurs des moyens de sécurité fixés par le Service des Mines (1).

Pour éviter tout accident

Cette observance des règlements ne dispense point les usagers d'une certaine vigilance, autour de leur installation, de quelque nature qu'elle soit. De même que les centres de livraison de bouteilles procèdent au contrôle des fuites en promenant sur le robinet à clef mobile et le raccord du mano-détendeur un pinceau plongé dans l'eau de savon, de même il convient d'user de ce moyen pour contrôler les fuites de toute l'installation.

On pourra aussi intéresser à cette recherche, outre les yeux, le nez et les oreilles, en cherchant à percevoir une odeur ou un sifflement après qu'on a mis les canalisations en liaison avec une pompe de compression. Des installations bien étudiées et contrôlées resteront exemptes de tout risque.

Nous mettrons enfin en garde les chercheurs mal instruits des comportements particuliers de l'acétylène contre le danger qu'ils courent en tentant des expériences sans l'avis d'un spécialiste.

De rudes mésaventures affligèrent ceux qui voulurent eux-mêmes remplir des bouteilles ou en modifier la constitution intérieure et ceux qui voulurent introduire directement l'acétylène comprimé dans le moteur, provoquant ainsi l'éclatement de la machine. Des accidents divers menacent aussi ceux qui cherchent à nettoyer une canalisation d'acétylène à l'aide d'air ou d'oxygène comprimés.

Il faut enfin noter que la température d'inflammation des mélanges air-acétylène étant très basse, un point en ignition suffit à les allumer. Il ne faut jamais laisser au « tigre des gaz » une porte ouverte : l'explosion d'un litre de mélange avec l'air peut tuer une personne à proximité.

C'est tout cela qui explique la méfiance rémanente attachée à la réputation de ce gaz et la persistance d'espairs en faveur des combustibles liquides.

(1) Le Bureau Technique du Centre a cependant réalisé un générateur à panier conique spécial protégé, simple et peu encombrant et qui paraît répondre aux conditions d'emploi. Il importe d'ailleurs de pousser la réalisation de générateurs. On trouvera plus aisément du carbure que des bouteilles.

Les mariages de l'acétylène

Ne pourrait-on alors unir étroitement l'acétylène à d'autres combustibles plus calmes ?

M. Georges Claude, créateur de l'acétylène dissous, a déjà essayé tout récemment la dissolution d'acétylène dans l'alcool qui en absorbe 120 fois son volume sous 20 kg/cm² de pression. Ce carburant liquide obtenu vaut l'essence, mais il est assez coûteux.

La Société de l'Air liquide a « marié », d'autre part, l'acétylène et le gaz de ville dans la proportion de 1 volume pour 5, afin de relever le faible pouvoir calorifique de celui-ci. On obtient tout au plus 5 500 calories par mètre cube. Pour la même raison, d'aucuns songent à associer le « tigre des gaz » au gaz des forêts et au gaz pauvre. Cependant, le voisinage d'un foyer et l'accouplement avec un gaz impur nous laissent inquiet.

Une solution qui ne manque point d'élégance apparaît dans ce « carburant de Savoie » créé par M. Girard à partir de l'acétylène.

M. Girard, ingénieur chimiste d'une usine productrice de carbure de calcium, fait agir l'acétylène sur l'eau et obtient ainsi l'aldéhyde ordinaire accompagné d'un polymère, la paralaldéhyde, soit deux liquides inflammables, le premier très volatil, le second bouillant à 124°. Il y ajoute alors pour leur liaison de l'acétone et obtient un liquide héritier de l'énergie de l'acétylène et qui a déjà brillamment animé des véhicules. Son droit de cité doit cependant lui venir d'une expérience prolongée, car il se trouve à mi-chemin entre l'acétylène et l'acide acétique résultant de l'oxydation de l'aldéhyde dont il convient alors de vérifier la courtoisie. Enfin, le prix de ce carburant liquide sera fatalement plus élevé que celui de l'acétylène, et il apparaît, d'autre part, qu'un liquide ne vaudra jamais un gaz pour l'homogénéité du mélange carburé.

Il n'en constitue pas moins la plus intéressante des tentatives de ce genre vouées pour la plupart à des succès régionaux. L'immense flot des automobiles ne saurait d'ailleurs se ranimer à l'aide d'un seul carburant de remplacement, car il faut ménager les réserves de toutes sortes. Il y a place pour tous dans l'activité sur les routes.

Edmond BLANC.

POUR LE LABOURAGE DES CHAMPS EN GRANDE CULTURE, UTILISONS L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

par J.-H. SOURISSEAU

Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse
Directeur de la Station de Mécanique Agricole de l'Université

Le manque de carburants pour les tracteurs agricoles, lors de la préparation des terres avant les semailles d'automne 1940, a placé au premier plan de l'actualité l'emploi du labourage électrique. Mais un chantier de labourage électrique ne peut s'improviser. Il faut avant tout une ligne de transport d'énergie électrique à haute tension, et on ne fabrique pas en quelques jours le matériel indispensable. Seules les organisations déjà existantes ont pu bénéficier cette année de leur prévoyance. Sans doute, les difficultés du ravitaillement en hydrocarbures subsistant en grande partie, verrons-nous de telles installations se multiplier au cours des années prochaines, là où les conditions naturelles et l'entente entre agriculteurs permettront l'exploitation des terres en grande culture, condition indispensable pour l'exploitation économique de l'important équipement qu'exige le labourage électrique.

La préparation des terres pour les semailles d'automne 1940 a placé au premier plan le labourage électrique, à cause du manque de carburants pour les tracteurs agricoles.

Mais, disons-le tout de suite, un chantier de labourage électrique ne s'improvise pas. Il faut une ligne de transport d'énergie, et on ne fabrique pas en quelques jours le matériel nécessaire. Ce sont les organisations déjà existantes qui vont bénéficier de leur confiance dans l'emploi de l'énergie électrique pour le labourage des champs.

L'organisation d'un chantier de labourage

Le labourage électrique en grande culture est né du labourage à vapeur par câble de traction.

Un chantier de labourage électrique à deux treuils automoteurs (fig. 1) comprend, comme celui de labourage à vapeur, deux treuils T_1 et T_2 à un seul tambour, placés sur les deux fourrières opposées du champ à labourer; une charrue bascule, dont le nombre de socs dépend de la profondeur du labour (c'est-à-dire de la résistance du sol par décimètre carré de section du labour), de la vitesse de la charrue et de la puissance du mo-

teur du treuil (1); deux câbles de traction en fils d'acier toronnés. Chaque câble est accroché par une extrémité à la charrue bascule et s'enroule par son autre bout sur le tambour d'un treuil.

On comprend facilement comment le labourage est exécuté.

Supposons la charrue bascule enrayée à l'extrémité du champ près du treuil T_1 placé sur la fourrière.

Le treuil T_2 placé sur la fourrière opposée tire au moyen du câble la charrue qui effectue un rayage. Lorsque la charrue est arrivée près du treuil T_2 , on la fait basculer en utilisant le câble de retour qu'on place sur un crochet fixé à l'extrémité de la partie de la charrue qui est en l'air, puis ce câble, en s'enroulant sur le tambour du treuil T_1 , tire la charrue qui laboure.

Dans ces deux trajets en sens inverse, la bande de terre est renversée du même côté, parce que les deux groupes de socs de la charrue bascule ont des versoirs symétriques par rapport à un plan vertical passant par l'essieu des deux roues de la charrue. On effectue ainsi un labour à plat.

(1) Par exemple, deux fois un soc pour un défoncement à 50 centimètres et deux fois trois socs pour un labour à 30 centimètres.

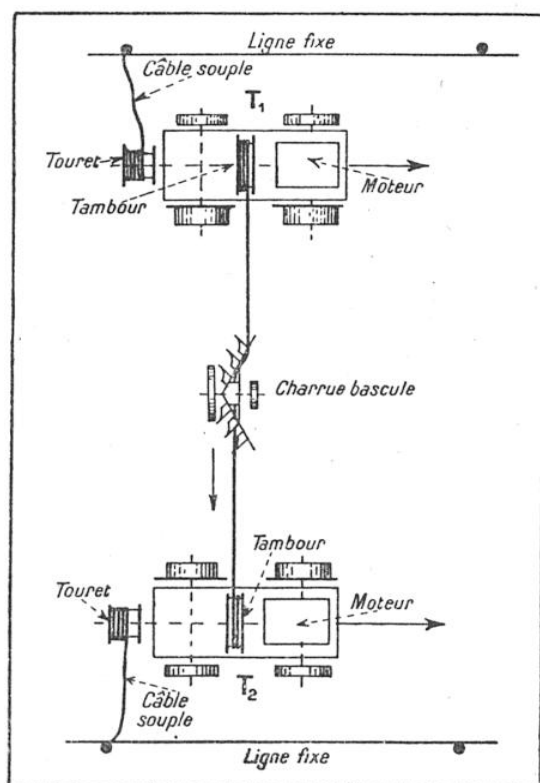


FIG. 1. — SCHÉMA D'UN CHANTIER DE LABOURAGE ÉLECTRIQUE AVEC DEUX TREUILS T_1 ET T_2 , TIRANT ALTERNATIVEMENT UNE CHARRUE BASCULE AU MOYEN D'UN CÂBLE EN FILS D'ACIER

Durant le trajet de la charrue vers le treuil T_1 , le tambour du treuil T_2 est fou, et le câble se déroule derrière la charrue pour effectuer ensuite une nouvelle traction ; durant ce temps aussi, on déplace sur sa fourrière le treuil T_2 d'une distance égale à deux fois la largeur labourée à chaque rayage, de façon qu'il soit en place pour tirer convenablement la charrue après son basculement sur la fourrière opposée.

Puis c'est au tour du treuil T_1 d'effectuer les manœuvres du treuil T_2 et ainsi de suite.

Le personnel comprend un ouvrier sur chaque treuil et un laboureur sur la charrue bascule pour la diriger à l'aide d'un volant ; souvent, un aide est adjoint à l'équipe.

Les fourrières sur lesquelles se déplacent les deux treuils nécessitent, pour être

labourées, une nouvelle mise en place du matériel ; le plus souvent, à cause du temps nécessaire pour cette opération, on laboure ces fourrières avec des attelages ou un tracteur.

Le chantier de labours ordinaires avec deux treuils automoteurs, que nous venons de décrire, est le seul qui soit économiquement viable.

On a essayé de nombreux dispositifs avec des poulies de renvoi et un seul treuil muni de deux tambours actionnés par le même moteur. Tous ces dispositifs ont dû être abandonnés, à cause des pertes de temps pour la mise en chantier du matériel.

Capacité de travail d'un matériel de labourage

Chaque corps de charrue découpe et retourne une bande de profondeur p et de largeur l . Si la charrue possède plusieurs corps, la profondeur du labour est la même et la largeur travaillée est multipliée par le nombre des socs.

L'effort nécessaire pour tirer la charrue varie à chaque instant, parce que la terre est un matériau hétérogène, qui offre aux pièces travaillantes (coutre, soc, versoir) une résistance variable.

Si on interpose entre la charrue et le câble de traction un dynamomètre enregistreur, on aura sur le diagramme (fig. 2) la grandeur de l'effort de traction à chaque instant.

Cet effort de traction oscille entre une valeur maximum F_1 et une valeur minimum F_2 (pointes de labourage) qui sont parfois très différentes. On peut, sur le diagramme des efforts au crochet de la charrue (fig. 2), calculer l'effort moyen, qui, supposé constant pendant le labourage, produirait le même travail que l'effort variable.

Connaissant la vitesse de la charrue évaluée en mètres par seconde, on peut calculer la puissance moyenne

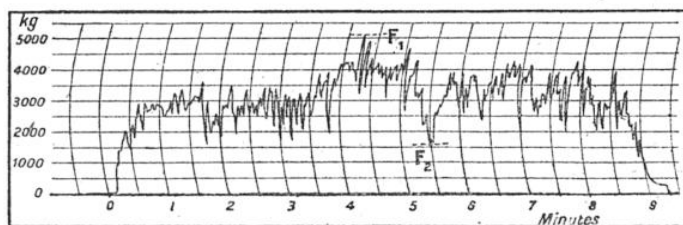


FIG. 2. — DIAGRAMME DES EFFORTS AU CROCHET DE LA CHARRUE AU COURS D'UN LABOUR

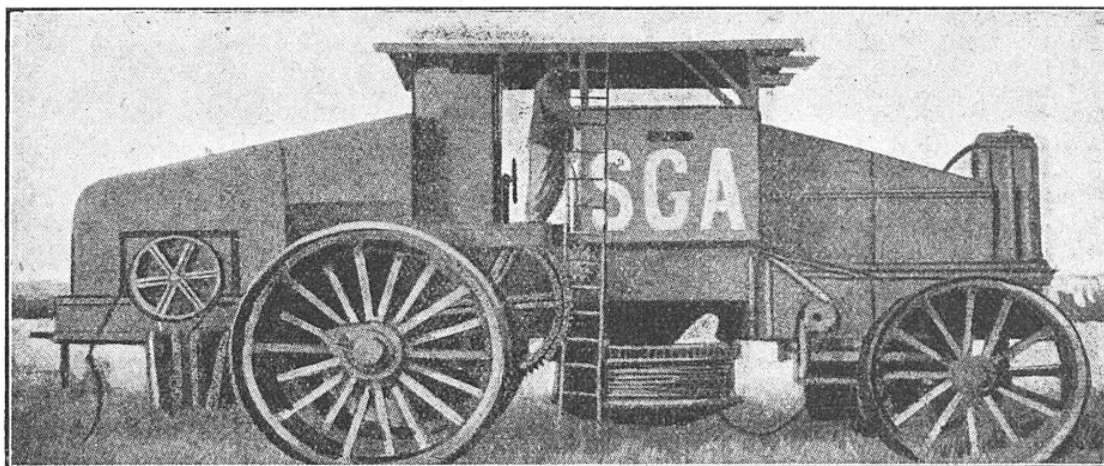
nécessaire au crochet d'attelage (1).

Mais les pointes de labourage sont parfois très élevées. Si le sol est très sec; si on traverse des veines argileuses, des bancs pierreux, le labour de défoncement devient un travail au choc. Le moteur à vapeur et le moteur électrique, dont la puissance est élastique, peuvent résister à ces à-coups violents.

En second lieu, comme la culture ne dispose pas généralement de mécaniciens

à quelque moment que ce soit; pas de consommation d'énergie en dehors des heures de travail; aucun transport de combustible et d'eau n'est nécessaire, mais le moteur électrique nécessite l'installation d'une ligne électrique.

L'intérêt économique du labourage électrique est conditionné par la capacité de travail des treuils de labourage, c'est-à-dire la surface qu'ils peuvent cultiver dans l'unité de temps, soit une jour-



T W 2512

FIG. 3. — TREUIL AUTOMOTEUR TYPE 20 TONNES, MOTEUR 100 CHEVAUX

spécialisés, il faut des machines rustiques, d'une conduite et d'une visite faciles. Le moteur à vapeur et le moteur électrique remplissent encore ces conditions.

Les avantages du labourage électrique sur le labourage à vapeur sont évidents.

Avec le moteur à vapeur, deux heures sont nécessaires pour que la machine soit sous pression; à l'arrêt, il faut éteindre le feu; du combustible est consommé en dehors des heures de travail; on doit constituer des stocks de combustible et, pendant le labourage, organiser des équipes de charretiers pour le ravitaillement en eau et en charbon à travers champs.

Avec le moteur électrique, la mise en marche et l'arrêt du moteur sont obtenus par la simple manœuvre d'une manette

née de huit heures ou de dix heures de travail effectif, qui est une durée bien précisée et suffisamment longue.

La surface qu'un treuil de labourage d'une puissance donnée peut labourer dans l'unité de temps dépend de la résistance qu'oppose le sol à la pénétration de l'outil. Si le sol est trop dur, il faut enlever un soc à la charrue et la surface cultivée est diminuée.

Lorsqu'on envisage la traction par décimètre carré de section d'un labour de profondeur définie, il faudrait, pour que des comparaisons soient possibles, indiquer l'état physique du sol à ce moment, le taux d'humidité qui influe énormément sur la résistance à la pénétration de l'outil.

D'autre part, l'effort de traction augmente rapidement avec la profondeur du labour; au fur et à mesure, il faut diminuer la largeur du rayage et la surface cultivée diminue.

Par contre, l'effort de traction augmente peu avec la vitesse de la charrue, lorsque cette vitesse croît jusqu'à 2 mè-

(1) Elle est, en chevaux, égale à $\frac{Fm \times v}{75}$ et, en kilowatts, à $\frac{Fm \times v}{75} \times 0,736$; Fm effort moyen en kg; v vitesse de la charrue en m/s.

tres par seconde, vitesse qui n'est pas dépassée en pratique.

Dans chaque opération culturale, il faut utiliser toute la puissance du moteur du treuil par l'emploi d'un instrument bien choisi. Par exemple, un treuil dont la puissance du moteur permet une traction moyenne de 3 tonnes sur le crochet d'attelage peut tirer : une charrue bascule à un soc dans un défoncement à 50 centimètres, une charrue bascule à quatre socs dans un labour à 25 centimètres, une herse de 6 mètres de large.

La capacité de travail d'un matériel dépend donc de la puissance du moteur.

Donnons un exemple. Dans un labour à 30 centimètres de profondeur, en supposant, par décimètre carré de section du labour, un effort moyen nécessaire de 65 kg, une vitesse de un mètre par seconde à la charrue et un rendement mécanique de 0,70 au treuil, on trouve, avec un soc (largeur labourée, 0,37 m), une puissance de 14 ch nécessaire sur le treuil. On laboure, en dix heures, 1,08 hectare, en supposant que le cinquième du temps soit perdu pour les manœuvres.

En admettant que la puissance nécessaire soit proportionnelle au nombre des socs, avec quatre socs il faudrait 56 ch ; la surface labourée serait de 4,32 hectares en dix heures.

Si les socs sont munis de griffes qui fouillent le fond de chaque raie, 85 ch environ seraient nécessaires.

On doit même, dans chaque cas, utiliser un moteur un peu plus puissant, à cause des résistances exceptionnelles que la charrue rencontre.

Pour bien utiliser la puissance du moteur, le treuil devra être établi pour donner plusieurs vitesses à la charrue, par exemple 0,80 m pour les labours profonds et 1,20 m pour les labours ordinaires, ou bien 1,30 m et 1,90 m si le treuil est plus puissant.

Les surfaces labourées indiquées ci-dessus dépendent des dimensions du champ à cultiver. La longueur du rayage est un facteur essentiel de la surface labourée par jour avec un treuil.

Prenons, par exemple, un matériel qui tire une charrue bascule à trois socs ; largeur du rayage, 1,10 m ; vitesse de la charrue, 0,80 m/s ; largeur de la fourrière, 7 m. La durée de l'arrêt sur chaque fourrière pour le basculage de la charrue et l'enrayage est d'une minute en pratique ; avec ce matériel de moyenne puis-

sance, et une équipe exercée, le temps d'arrêt moyen serait de 45 secondes.

Si le rayage a 100 m de long, on laboure, en dix heures, 2 hectares ; s'il a 350 m, on laboure 2,80 hectares.

Il ne faut pas néanmoins des rayages trop longs, à cause de la difficulté d'émettre des signaux d'une fourrière à l'autre pour les manœuvres de la charrue bascule et la perte de puissance par frottement du câble de traction sur le sol.

Enfin, la surface cultivée dans la journée pour un champ de grande longueur dépend de la surface de ce champ. Si le matériel doit être déplacé dans un autre champ après une demi-journée ou un tiers de journée de travail, il n'est pas de labourage par treuils possible. Les champs doivent avoir une surface minimum correspondant à une journée de travail normal du matériel et une longueur minimum de 200 mètres.

Reste le facteur personnel de l'équipe. Avec une bonne équipe, bien dirigée, employée toute l'année, la production journalière sera élevée. On doit encourager les ouvriers par une prime à l'hectare labouré aussi élevée que possible, en tenant compte de la qualité du travail fait.

Si toutes ces conditions que nous avons énumérées ne sont pas remplies, il ne faut pas entreprendre le labourage par câble de traction ; on aurait des déceptions.

Il faut commencer d'abord par organiser les champs, échanger des parcelles avec des voisins, supprimer les haies avec leurs arbres, les fossés aussi, en les remplaçant par de gros drains en terre cuite qui écoulent les eaux, disposer les champs en forme de rectangle avec de longs rayages (les fossés parallèles à ces rayages, s'ils ne sont pas bordés de haies ou d'arbres, ne sont pas une gêne pour le câble).

Il faut organiser l'assolement de façon à réduire au minimum les déplacements du matériel de labourage.

Les treuils de labourage

Dans l'emploi du treuil automoteur, se pose le problème essentiel de son ancrage instantané, de façon que, sous l'effort de traction de la charrue, il ne riipe pas vers celle-ci, quel que soit l'état du sol.

De ce point de vue, on peut classer les treuils en treuils lourds, qui s'ancrent par leur poids, et en treuils légers, qui utilisent un dispositif d'ancrage automatique.

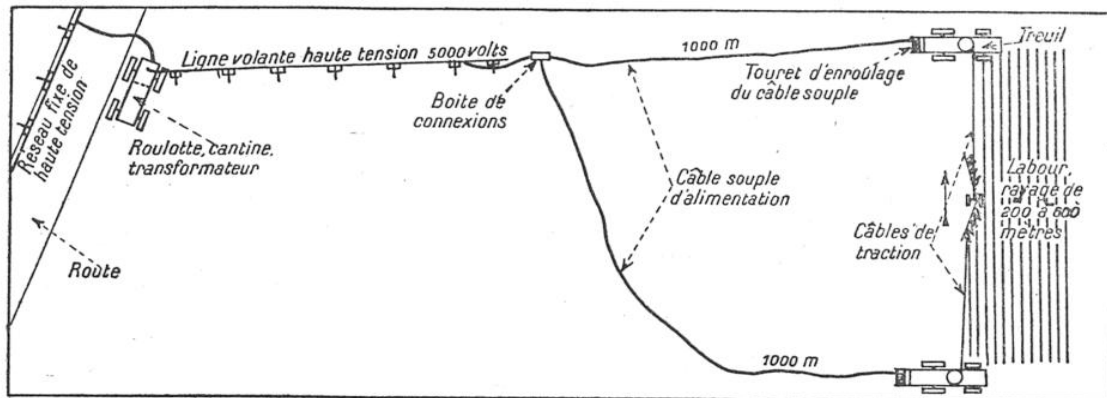


FIG. 4. — CHANTIER DE LABOURAGE ÉLECTRIQUE AVEC ROULOTTE-TRANSFORMATEUR, LIGNE VOLANTE A 5 000 VOLTS, DEUX TREUILS AUTOMOTEURS AVEC CÂBLE SOUPLE D'ALIMENTATION ET CHARRUE BASCULE QUATRE SOCS

Les treuils lourds

Le type des treuils lourds (fig. 3) pèse 22 tonnes. Il utilise un moteur triphasé de 125 ch sous 5 000 volts (1). Il a été conçu par l'ingénieur Petit.

Le treuil est muni d'un moteur à essence de 50 ch pour le transport sur route et les déplacements dans les champs jusqu'à ce que le moteur électrique soit relié au secteur.

Le moteur électrique et le moteur à essence peuvent être embrayés à volonté sur le même arbre primaire placé dans le prolongement de leurs arbres respectifs. Cet arbre primaire et un arbre second

naire parallèle sont munis d'engrenages pour constituer une boîte de vitesses (le moteur électrique peut donner deux vitesses au câble de traction de la charrue, 1,38 m et 1,94 m par seconde). Sur l'arbre secondaire sont prises par pignons d'angle la commande des roues motrices et celle du tambour à axe vertical sur lequel s'enroule le câble d'une longueur de 650 m.

A l'arrière du bâti du treuil est placé un touret sur lequel peut s'enrouler 1 000 mètres de câble électrique souple à trois conducteurs isolés.

Le treuil s'ancre par son poids, sans cependant s'enfoncer trop dans le sol, parce que les roues arrière ont 2,20 m de diamètre et 0,70 m de large. Ces machines semblent énormes dans une cour

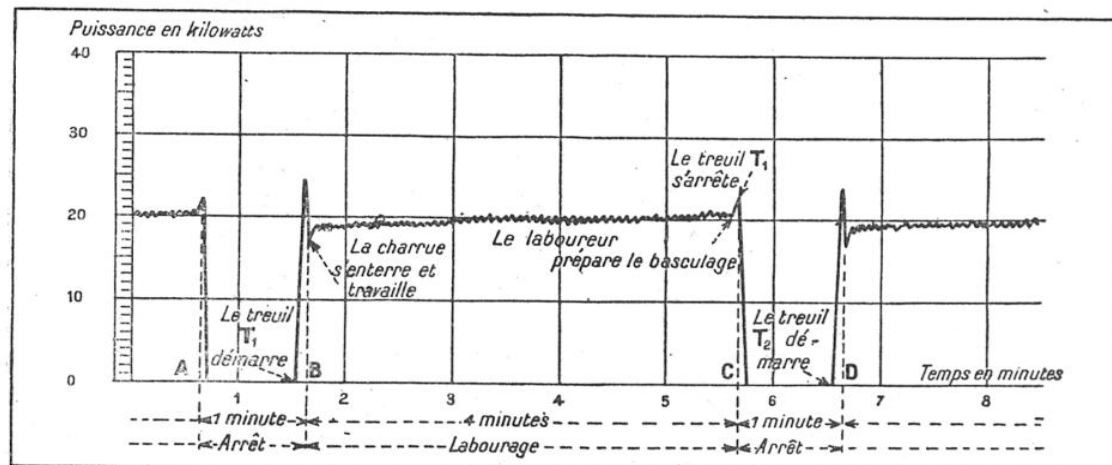


FIG. 5. — DIAGRAMME-TYPE D'UN CHANTIER DE LABOURAGE ÉLECTRIQUE AVEC DEUX TREUILS TIRANT ALTERNATIVEMENT UNE CHARRUE BASCULE

de ferme, mais paraissent de toutes petites masses noires dans les vastes plaines de l'Oise, de Seine-et-Marne et de Seine-et-Oise où elles évoluent.

La fig. 4, représente un chantier de labourage avec deux de ces treuils automoteurs.

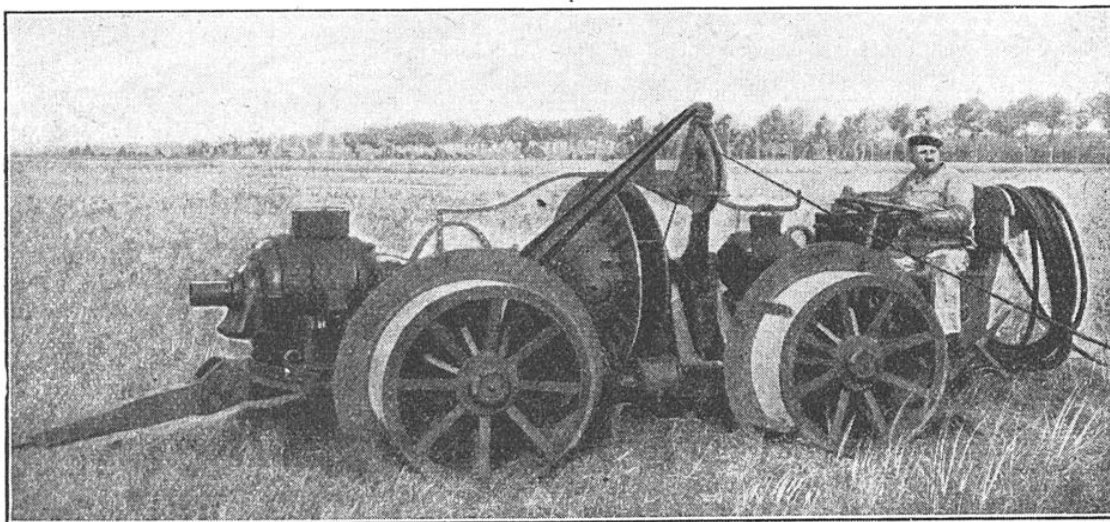
Le courant est pris sur la ligne à 25 000 volts en bordure de la route, abaissé à 5 000 volts par un transforma-

suivre le fonctionnement du matériel sans le voir.

Les treuils légers

Le type des treuils légers avec dispositif d'ancrage automatique (fig. 6) pèse 5 tonnes. Il utilise un moteur triphasé de 50 ch sous 600 volts. Il a été conçu par les ingénieurs Etrade.

Le câble qui tire la charrue, avant de



T W 2513

FIG. 6. — TREUIL LÉGER DE LABOURAGE ÉLECTRIQUE AVEC FLÈCHE D'ANCRAGE AMORTISSEUR

teur logé dans une roulotte et distribué par une ligne volante et le câble souple aux moteurs des deux treuils.

Avec un rayage de 400 mètres, en terre argilo-calcaire de bonne culture, la capacité de travail du matériel est la suivante :

1° Labours pour céréales, de 15 cm, 100 ares à l'heure, de 22/25 cm, 75 ares à l'heure; 2° labours pour betteraves de 25/30 cm, plus 12/15 cm de fouillage, 50 ares à l'heure, soit environ 500 hectares de labours par an.

La consommation d'énergie est variable avec l'humidité du sol et sa composition physique. En moyenne, avec un rayage de 400 mètres, on consomme 30 à 45 kWh à l'hectare pour des labours de 15 cm; 45 à 60 kWh à l'hectare pour des labours de 22/25 cm; de 90 à 110 kWh à l'hectare pour des labours de 25/30 cm, plus 15 cm de fouillage.

La fig. 5 représente un diagramme-type relevé avec un wattmètre enregistreur dans l'un de ces chantiers; il permet de

s'enrouler sur le tambour dont l'axe est horizontal, passe sur une poulie à gorge orientable, qui est placée à l'extrémité d'une flèche mobile articulée aux châssis du treuil.

Le câble de traction tend à abaisser la flèche; la flèche, au contraire, est constamment sollicitée au relèvement par le jeu d'un piston qui comprime de l'azote dans un cylindre.

L'effet de ces deux tendances contraires se traduit à chaque instant par une certaine position de la flèche qui constitue ainsi un amortisseur très efficace des accroissements brusques de traction qui peuvent se produire pendant le labourage.

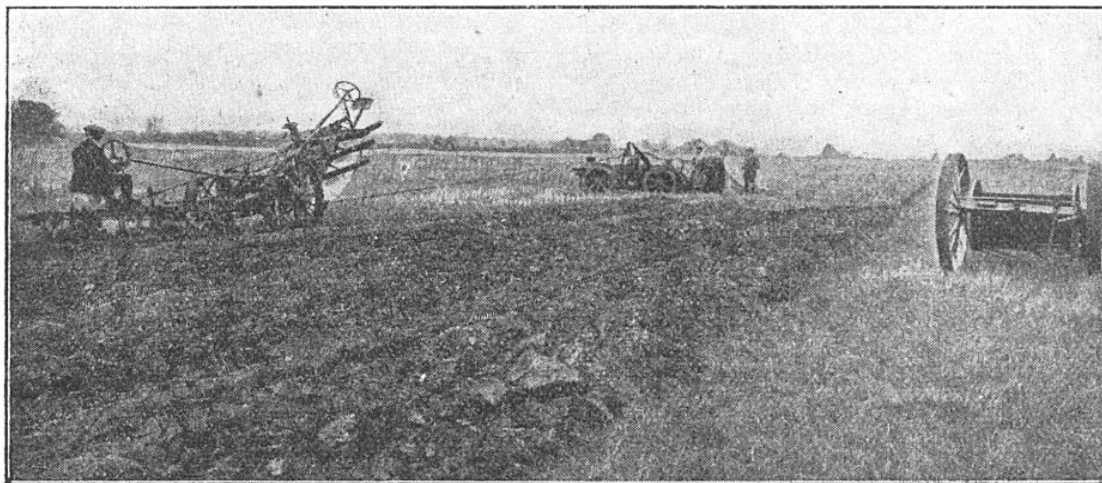
Le châssis est porté par quatre roues qui ont un mètre de diamètre. Les deux roues situées du côté où s'exerce la traction sont munies de disques coupants, faits avec des cornières qui pénètrent dans le sol.

Le dispositif articulé de la flèche et des accessoires est calculé de façon que la ré-

sultante de la traction qui s'exerce sur ce câble et du poids du treuil passe pour toutes les positions de la flèche par le sommet de l'angle formé par la jante de la roue et sa couronne coupante. Le treuil se trouve ainsi fixé au sol.

7 heures 20 minutes; surface labourée, 2,27 ha; consommation, 63 kWh par hectare. Personnel utilisé : deux ouvriers sur les treuils et un laboureur.

La capacité du matériel est environ de 250 hectares de labours par an.



T W 251

FIG. 7. — ASPECT D'UN CHANTIER DE LABOURAGE ÉLECTRIQUE AVEC TREUIL LÉGER ET FLÈCHE D'ANCRAGE AUTOMATIQUE, CHARRUE BASCULE A TROIS SOCS ET TOURET ENROULANT 500 MÈTRES DE CÂBLE SOUPLE ÉLECTRIQUE A TROIS CONDUCTEURS ISOLÉS

Le treuil peut donner au câble de traction deux vitesses, 0,80 m et 1,20 m par seconde. La flèche doit toujours conserver sa mobilité.

Un moteur électrique de 10 ch sert aux déplacements du treuil lorsqu'il est relié au secteur.

Le déplacement du treuil sur route et dans les champs, lorsqu'il n'est pas relié à la ligne électrique, se fait avec des animaux qu'on attelle à une flèche fixée dans un boîtier solidaire du châssis.

La fig. 7 représente le chantier de labourage organisé avec deux de ces treuils à l'Ecole régionale d'agriculture d'Ondes, à 25 km de Toulouse. Sur le côté du champ, on voit un tambour monté sur deux roues et sur lequel peuvent s'enrouler 500 mètres de câble souple à trois conducteurs isolés.

Voici le relevé d'une journée de labourage avec une charrue bascule à trois socs : profondeur du labour, 0,25 m; largeur du rayage, 1,10 m; vitesse de la charrue, 1,20 m/s; effort moyen de traction, 1400 kg (deuxième labour dans les alluvions siliceuses de la Garonne); longueur du rayage, 230 m; durée de travail effectif,

Le matériel de labourage électrique doit s'accrocher sur la haute tension.

La roulotte transformateur et les lignes de labourage

Le labourage électrique n'est économiquement possible que s'il s'accroche sur la haute tension (en général 25 000 ou 15 000 volts) et s'il utilise un transformateur de tension placé dans une roulotte.

La tension est ramenée à 5 000 volts, 1 500 volts, 600 volts, qui sont les tensions généralement utilisées sur les moteurs des treuils et qui présentent à peu près les mêmes dangers d'électrocution pour les ouvriers du matériel de labourage.

L'appareillage et le montage des cabines transformateurs mobiles sont du type des postes fixes. A l'extérieur, sur le toit de la roulotte : un sectionneur tripolaire aérien, commandé par une perche de l'extérieur de la voiture, un jeu de selfs; à l'intérieur de la cabine : un disjoncteur tripolaire dans l'huile, un transformateur triphasé, étudié dans sa construction et son montage pour supporter les chocs pendant le transport de la roulotte.

un jeu de coupe-circuits sectionneurs, un jeu de barres permettant de brancher le câble d'alimentation des moteurs des treuils au moyen d'un simple serrage par écrou à oreilles.

Les compteurs de l'énergie électrique et le wattmètre enregistreur sont branchés après le transformateur.

Toutes les parties métalliques des appareils de la cabine, ainsi que les ferrures, seront reliées entre elles et à la masse métallique de la roulotte par un câble de terre. Le neutre du transformateur sera à la terre. Indépendamment de la terre que constitue la roulotte elle-même, on devra prévoir une ou deux prises de terre de chaque côté avec des piquets en fer de 1 mètre, et de 5 à 6 cm de diamètre, munis de connexions.

Le câble souple à trois conducteurs qui amène le courant du transformateur mobile aux moteurs de labourage doit être construit et isolé avec un soin extrême. En général, il est logé dans une gaine d'acier recouverte d'une tresse métallique.

La roulotte étant placée à quelques mètres de la ligne à haute tension, comment s'y accrocher ?

On a imaginé plusieurs procédés. Celui qui paraît le plus simple et le plus rapide est d'utiliser trois perches isolantes dont l'extrémité est munie d'un crochet pour prendre contact avec chacun des trois fils de la ligne. La manœuvre des perches isolantes se fait en utilisant un gant en caoutchouc et un tabouret dont les pieds sont isolés.

Certaines lignes du réseau rural à haute tension seront uniquement des lignes de labourage.

Quel type de poteaux adopter ? Les poteaux en bois, à cause de leur bas prix, facilité de pose et de déplacement, conviennent seuls, à condition de préserver le pied du poteau de la pourriture qui se manifeste sur les 30 cm au-dessous de la surface du sol.

Une préservation efficace consiste, après avoir séché et fendillé les poteaux de sapin, à les injecter d'une dose massive de créosote ; ils deviennent noirs et impu-trescibles.

Des poteaux noirs, plantés en 1905 sur le réseau de la Société méridionale de transport de force de Carcassonne et examinés en 1921, sont restés parfaitement conservés dans toute la partie en terre.

De plus, d'après les mesures que j'ai

faites, les poteaux de sapin injectés de créosote, sans être isolants, laissent pour des tensions entre phases de 550 volts perdre environ trois fois moins d'énergie électrique que les poteaux non injectés.

Les Coopératives de labourage électrique

A part de rares exceptions, comme celle du domaine de l'Etang, près de Puichéric (Aude), qui possède son usine électrique et ses treuils, l'exploitation d'un matériel de labourage électrique se fait en coopérative par des agriculteurs voisins, totalisant de 200 à 500 hectares de labours par an, selon le matériel utilisé.

L'organisation d'une coopérative de labourage électrique est une tâche délicate qui réclame une grande initiative de la part d'un cultivateur éclairé qui jouera le rôle d'animateur. Il devra, après étude des différents matériels de labourage électrique, de leur capacité de travail suivant la nature des labours à effectuer et de leurs conditions de vente, convertir à ses vues chacun des agriculteurs de la zone à labourer, composée de grandes plaines peu morcelées, pourvue d'un réseau de distribution à haute tension. Il devra, par des adhésions nouvelles, chercher à faire disparaître les « trous » qui subsisteraient sur la carte représentant les surfacés à labourer, car il ne faut pas que les déplacements du matériel fassent perdre trop de temps, sinon l'entreprise ne serait pas viable.

Reste ensuite à fixer avec le secteur de distribution d'énergie les modalités de la fourniture de courant qui doit prévoir une marge de puissance suffisante pour que chaque pierre rencontrée ne provoque pas d'interruption de courant, ce qui rendrait le labourage impossible.

C'est seulement en présence de tous ces documents que pourra être constituée, par l'union de tous les intéressés, la Coopérative de labourage qui bénéficiera des avantages de l'association et du crédit agricole, pour des emprunts à long terme et à très faible intérêt.

Quant à l'exploitation du matériel, elle sera confiée à un entrepreneur qualifié qui en assurera également l'entretien, sous le contrôle de la Coopérative.

Ainsi, grâce à l'emploi d'un personnel spécialisé et entraîné, le labourage pourra être entrepris dans les meilleures conditions économiques et avec le maximum de rendement.

J.-H. SOURISSEAU.

COMMENT FABRIQUER LE FUMIER ARTIFICIEL, ERSATZ INDISPENSABLE DANS L'ÉCONOMIE RURALE D'AUJOURD'HUI

par F. DUSSOL

Avec le progrès de la motoculture et la disparition, dans de nombreuses régions, du fumier de la cavalerie militaire, le problème de l'approvisionnement en fumier se pose d'une façon inquiétante. Les terres ont un besoin constant de fumier de ferme qui apporte au sol l'humus indispensable à sa fertilité. Peut-on le remplacer par un fumier artificiel? Voici un exposé succinct de la méthode mise au point par MM. Demolon et Burgerin à la Station agronomique de Versailles, grâce à laquelle les agriculteurs pourront tirer le meilleur parti de la paille et de tous les résidus végétaux de la ferme dans la fabrication d'un fumier artificiel capable de fournir aux terres l'humus indispensable pour que les apports d'engrais complémentaires produisent leur effet maximum.

Le fumier artificiel, fabriqué à partir de la paille, bien que moins riche en azote organique que le fumier naturel, peut très bien remplacer le fumier de ferme. Il fournit à la terre un apport important de matière humique sans qu'il soit possible toutefois de négliger la petite quantité d'azote qu'il porte avec lui, soit 0,4 à 0,5 % environ.

Cette quantité d'azote lui est fournie par des additions nécessaires, en cours de fabrication, d'engrais azotés : urée, sulfate d'ammoniaque ou cyanamide. Ces sels azotés sont ajoutés juste en quantité nécessaire pour éviter d'abondantes pertes d'azote au cours des réactions bactériennes qui conduisent au fumier « consommé ».

Le fumier artificiel peut être enrichi en acide phosphorique et en

potasse si on ajoute, en même temps que les sels ammoniacaux, des engrais potassiques et phosphoriques, mais, en pratique, cette addition ne se justifie pas et il est préférable d'apporter ces éléments sous forme d'engrais complémentaires.

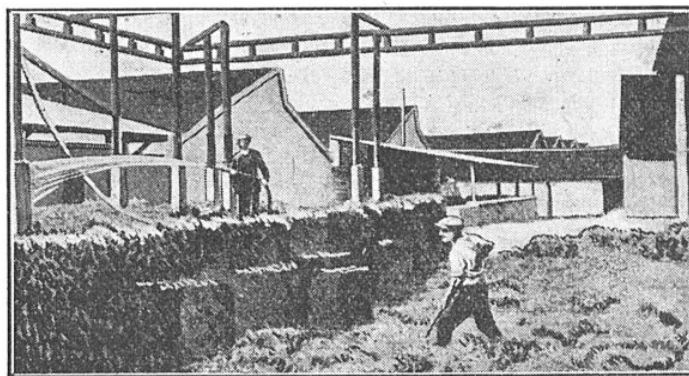
La fabrication du fumier artificiel

La fabrication du fumier artificiel s'effectue suivant la technique ci-après :

On utilise une plate-forme pourvue d'une fosse à purin de faible capacité

(1 m³ pour 10 m²) avec une pompe permettant d'arroser largement.

Mise en route et conduite de l'opération. — On commence par faire un lit de paille d'environ 60 à 80 cm de hauteur. Pour en assurer le mouillage, on effectue au moins trois arrosages successifs : matin, soir et



T W 2526

FIG. 1 — DEUX PLATES-FORMES A FUMIER A LA FERME DES ANGLAIS (PROPRIÉTÉ DE LA SOCIÉTÉ MOËT ET CHANDON)

A droite, un ouvrier éparpille : on distingue le mur de paille pressée. A gauche, arrosage, il faut arroser abondamment pour que la paille reprenne l'humidité indispensable aux permutations qui conduiront au fumier.

lendemain matin, sur la base de 2 400 litres par tonne de paille, soit 800 litres dans chaque arrosage partiel. On apporte alors en surface un lit de fumier naturel ou provenant d'une opération précédente. On répand ensuite aussi uniformément que possible, en le semant à l'état de poudre, un mélange nutritif approprié sur la base de 4 kg d'azote pour 1 000 kg de paille; on effectue un léger arrosage pour faire pénétrer les produits solubles dans la masse. Au bout d'un à deux jours, on constate l'apparition de zones où la température s'élève. Lorsque celle-ci atteint 50 à 60° dans toute la masse, ce qui peut nécessiter cinq à six jours, on tasse en promenant un animal sur le tas. Si l'on n'a pas cette possibilité, le tassement se trouve assuré à la rigueur par le piétinement de l'ouvrier chargé de l'arrosage. On arrose ensuite copieusement. La température s'abaisse momentanément pour remonter vers 70° au bout de deux ou trois jours.

On effectue alors un nouveau chargement d'égale épaisseur de paille et on renouvelle la même série d'opérations, à l'exception de l'addition de fumier frais. La quantité d'azote ajoutée peut alors être réduite à 2,5 kg par 1 000 kg de paille. Il convient de faire entrer en circulation dans les arrosages le purin qui s'écoule au début de l'opération. Toutefois, dans une opération bien conduite, la quantité de liquide exsudé est très réduite. Il est utile de protéger les parois contre l'évaporation au moyen de blocs de paille pressée, qu'on superpose.

Les mélanges nutritifs d'arrosage. — On pourra utiliser l'un ou l'autre des mélanges I et II en vue de maintenir le rapport habituel des éléments fertilisants :

FORMULE I

Sulfate d'ammoniaque... 40 kg;
Phosphate d'ammoniaque 30 kg;
Sulfate de potasse..... 30 kg;
à raison de 18 kg par tonne de paille
(28 kg pour le premier chargement).

FORMULE II

Sulfate d'ammoniaque... 50 kg;
Phosphate bicalcique.... 30 kg;
Sulfate de potasse..... 20 kg;
à raison de 25 kg par tonne de paille
(40 kg pour le premier chargement).

On peut aussi utiliser simplement l'urée (formule III) quand on vise essentiellement la production de matière humique.

FORMULE III

Urée 5 kg;
ou cyanamide à 20 %... 12,5 kg
par tonne de paille ou tout autre mélange approprié.

Le contrôle de la marche de la fermentation s'effectue d'après la température qu'on relève au moyen d'un thermomètre-pieu logé dans une gouttière, pratiquée dans une monture à extrémité effilée. La température doit atteindre environ 65-70° dans la première phase de l'opération et rester ensuite aux environs de 50°. Un abaissement brusque de la température est l'indice que la matière se dessèche. Il faut alors arroser pour compenser les pertes importantes par vaporisation. Au bout de deux ou trois jours, la température doit être remontée à peu près à son degré initial.

La quantité de paille à employer est de 300 à 350 kg par mètre carré, en cinq chargements successifs.

Le rendement en fumier à 80 % d'humidité peut être fixé à 2,7-2,8 fois le poids de la paille. Ces chiffres permettent d'évaluer la production d'une plateforme de 100 m² à environ 120 tonnes en trois mois. Cette quantité serait produite dans le même temps par 50 chevaux. En supposant deux fabrications par an, la production correspondra à la production annuelle de 25 chevaux.

La méthode par dilution, applicable à la ferme, pour accroître la production de fumier

Dans notre économie rurale antérieure dominée par l'idée de restitution, la paille, vue sa pauvreté en éléments fertilisants, a été considérée uniquement comme un absorbant et l'idée a prévalu qu'il faut éviter d'exagérer la quantité de litière dans la crainte, non fondée, d'avoir un fumier par trop pailleux.

Prenons le cas d'un cheval excréant environ 5 à 6 litres d'urine par jour, soit environ 200 g d'urée. Pour absorber ce volume de liquide, il faut environ 2,5 kg de paille. En pratique, cette quantité est un peu plus large et atteint 4 kg. Négligeant l'azote des produits solides, le mélange renfermera donc 50 kg d'urée par tonne de paille, soit dix fois plus que le minimum nécessaire défini antérieurement.

Supposons maintenant que les urines soient considérées essentiellement comme la source d'azote nécessaire à l'humifica-

tion. Dans ce cas, en tablant sur les chiffres indiqués plus haut, 200 g d'urée suffiront à la transformation de 40 kg de paille, soit dix fois plus que précédemment. Mais un important supplément d'eau sera nécessaire pour amener cette paille au taux d'humidité favorable. Il est facile de calculer que, dans le cas considéré, cette quantité correspond à seize fois le volume urinaire. Elle ne serait que très légèrement moindre en quantité absolue s'il s'agissait d'animaux à urine moins concentrée.

En définitive, on voit qu'il est toujours possible d'accroître considérablement la capacité de production de fumier d'un nombre déterminé d'animaux. Cette solution est aussi conforme à la meilleure récupération de l'azote.

Lorsque le fumier est transporté sur plate-forme, il y aura lieu d'apporter auparavant une couche de paille au moins équivalente et préalablement soumise aux arrosages destinés à l'humidifier. Cette manière de faire évite la double manutention qui résulterait de l'augmentation des litières.

Lorsque les animaux sont parqués sur la fosse à fumier, il est utile de compartimenter celle-ci. Les animaux seront in-

troducts dans un compartiment au moment où il y aura lieu d'assurer le tassement. On apportera à ce moment une couche de paille isolante qui sera soumise aux arrosages lorsque les animaux auront été retirés. Dans cette méthode mixte, tout apport d'azote est inutile. L'arrosage au purin sera suffisant.

Ainsi envisagée, la question du fumier artificiel dépasse de beaucoup le cadre d'une technique, pour prendre l'aspect d'un important problème d'économie rurale, surtout dans une période où la diminution importante du cheptel en France pourrait entraîner un abaissement de la fertilité des sols.

L'agriculteur avisé ne manquera pas de profiter d'une richesse qu'il a sous la main et dont une étude scientifique sérieuse a définitivement mis la technique au point.

F. DUSSOL.

N. D. L. R. — Nous informons nos lecteurs que la table des matières du Tome LVII (nos 271 à 276, janvier à juin 1940) a paru. Elle peut leur être adressée au reçu de la somme de 2 fr. 50.

La table des matières du Tome LVIII (nos 277 à 280, septembre à décembre 1940) paraîtra avec le numéro 281 (janvier 1941).

Les nos de juillet et d'août 1940 n'ont pu paraître.

TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement af- { 1 an 55 fr.		Envois recommandés.. 1 an 65 fr.
franchis. { 6 mois 28 fr.		

BELGIQUE

Envois simplement af- { 1 an. 75 fr. (français)		Envois recommandés.. { 1 an. 96 fr. (français)
franchis. { 6 mois. 40 fr. —		

ÉTRANGER

Pour les pays ci-après : *Australie, Bolivie, Chine, Danemark, Etats-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Iles Philippines, Irlande, Islande, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Rhodésie*

Envois simplement af- { 1 an 100 fr.		Envois recommandés.. { 1 an 120 fr.
franchis. { 6 mois 52 fr.		

Pour les autres pays :

Envois simplement af- 1 an 90 fr.		Envois recommandés.. { 1 an 110 fr.
franchis. 6 mois 46 fr.		

Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats-cartes ou chèques postaux de préférence. — Tout changement d'adresse doit être accompagné de la somme de 1 franc en timbres-poste.

« LA SCIENCE ET LA VIE » — Rédaction et Administration : actuellement : 22, rue Lafayette, Toulouse (Haute-Garonne). — Chèques postaux : Toulouse 184.05.

Imp. Régionale, Toulouse.

Le Gérant : L. LESTANG.

L'ECOLE UNIVERSELLE

par correspondance de Paris

a pu installer à LYON, 11 et 12, place J.-Ferry, sa succursale pour la zone libre. Grâce à ses célèbres cours par correspondance, ses élèves ont obtenu depuis trente-trois ans des

centaines de milliers de succès

aux examens des baccalauréats, de l'enseignement supérieur, des grandes écoles, aux concours administratifs, en travaillant chez eux, à leurs heures, à des conditions exceptionnellement avantageuses, quelles que soient leur résidence et la fréquence de leurs déplacements.

Pour vous documenter sur ses méthodes, demandez à l'Ecole Universelle celle de ses brochures gratuites qui vous intéresse :

BROCHURE N° 15. — Classes secondaires complètes depuis la 11^{me} jusqu'aux Baccalauréats et à la classe de Mathématiques spéciales.

BROCHURE N° 16. — Classes primaires et primaires supérieures complètes, du cours élémentaire au Brevet supérieur.

BROCHURE N° 17. — Enseignement supérieur (Lettres, Sciences, Droit).

BROCHURE N° 18. — Pour devenir fonctionnaire (toutes les carrières administratives en France et aux Colonies).

BROCHURE N° 19. — Carrières du commerce (sténo-dactylo, correspondance commerciale, banque, comptabilité).

BROCHURE N° 20. — Orthographe, rédaction, rédaction de lettres, calcul, calcul extra-rapide, écriture, calligraphie.

BROCHURE N° 21. — Langues étrangères (allemand, anglais, italien, espagnol).

ECOLE UNIVERSELLE

ZONE LIBRE : 11 et 12, place Jules-Ferry, LYON,

ZONE OCCUPEE : 59, boulevard Exelmans, PARIS (16^{me}).

É C O L E
PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE
DE T. S. F.
ET DE TÉLÉVISION

51, Boul^d Magenta — **PARIS X^e**

— ZONE LIBRE : —

CHATEAU DE VILLAC (Dordogne)
(Propriété de l'École)

ENSEIGNEMENT
TECHNIQUE et PRATIQUE sur place et par correspondance

Préparation à toutes les carrières

INDUSTRIE
P. T. T.
MARINE
AVIATION
ARMÉE
COLONIES

Tous nos élèves diplômés sont très recherchés et bien payés.

**NOTRE ÉCOLE EST LA SEULE OU
L'ON FAIT DE LA PRATIQUE**

Demandez le programme et les conditions qui vous seront
envoyés gratuitement et par retour du courrier.

CEYBE, Publicité.



Cours sur place ou par correspondance

INDUSTRIE

DESSINATEUR, TECHNICIEN,
SOUS-INGÉNIEUR, INGÉNIEUR
en Mécanique générale, Cons-
tructions aéronautiques, Électri-
cité, Radiotechnique, Chimie in-
dustrielle, Bâtiment, Travaux Pu-
blics.

PONTS & CHAUSSÉES

ADJOINT TECHNIQUE ET
INGÉNIEUR ADJOINT

COMMERCE - DROIT

SECRÉTAIRE, COMPTABLE ET
DIRECTEUR, CAPACITÉ ET
LICENCE.

SECTION DES SCIENCES

Etude et développement par
correspondance des Sciences
mathématiques et appliquées
depuis les cours d'initiation
jusqu'aux cours les plus éle-
vés.

Arithmétique, Géométrie, Algè-
bre, Trigonométrie, Mécanique,
Cosmographie, Géométrie des-
criptive, Mathématiques généra-
les, Calcul différentiel, Calcul
intégral, Géométrie analytique,
Physique, Chimie, Électricité, Ré-
sistance des matériaux Bacca-
lauréats.

MARINE MARCHANDE

Les nouvelles constructions pré-
vues pour la Marine Marchande
ainsi que son futur développement
et les nouveaux statuts qui sont
prévus en font une carrière des
plus intéressantes pour les jeun-
s gens.

On peut être admis à partir de
13 ans dans les cours préparatoi-
res, à 16 ans dans le cours d'As-
pirant. Les examens officiels d'E-
lève-Officier ont lieu à 17 ans.

**Examens officiels préparés à
l'Ecole :** Entrée dans les Ecoles de
Navigation, Brevet d'Elève-Offi-
cier (Pont, Machines, T.S.F.), Bre-
vets de Lieutenants, d'Officiers
Mécaniciens et d'Officiers-Radios
Cours spécial d'Aspirant.

T. S. F.

Carrière d'avenir à condition
de posséder l'un au moins des
trois brevets officiels délivrés
par le Ministère des P.T.T. :

Certificat spécial, Certificat d'Opé-
rateur de 2^e classe, Certificat
d'Opérateur de 1^{re} Classe.

De nombreuses situations ad-
ministratives.

AVIATION CIVILE

Brevets de Navigateurs aériens.
Concours d'Agents techniques et
d'Ingénieurs Adjoints.

PROGRAMMES GRATUITS

Joindre un timbre pour toute réponse

Inscriptions par correspondance
à toute époque

Rentrée sur place au 1^{er} janvier



CEYBE, Publicité.



E. P. P. P. P.

IMP. RÉGIONALE, TOULOUSE.