

RECHERCHES SUR L'EFFICACITÉ ALIMENTAIRE DES MARCS DE POMME FERMIERES

I. — ÉTUDE DE LA VARIABILITÉ DE COMPOSITION CHIMIQUE ET DE VALEUR NUTRITIVE DE MARCS DE POMME FERMIERES FRAIS

PAR

A.-M. LEROY et S.-Z. ZELTER ⁽¹⁾

Laboratoire de Recherches de Zootechnie, Institut National Agronomique, Paris

PLAN DU MÉMOIRE

- I. — Introduction.
- II. — Procédés d'obtention de marcs de pomme « fermiers ».
- III. — Étude expérimentale.
- IV. — Résultats.
- V. — Interprétation.
- VI. — Résumé et conclusions.

I. — INTRODUCTION

Un mémoire de HOUZEAU (1) remontant à 1887, et un ouvrage plus récent de WARCOLLIER (2) fournissent des renseignements qui concernent surtout la composition chimique de marcs frais de pomme, produits par l'industrie cidricole. Celle-ci ne traite, cependant, qu'un peu moins du tiers de la récolte de pommes à cidre, estimée à 3,5 millions de tonnes en année moyenne. Les deux autres tiers de fruits sont brassés sur place dans les exploitations agricoles du nord-ouest de la France par des procédés bien moins perfectionnés que ceux employés en usine. Ils laissent près d'un demi-million de tonnes de résidu de pressoir, appelé « marc fermier ». Le contenu de ce dernier en substances alimentaires susceptibles d'être transformées en produits animaux, intéresse plus particulièrement les régions cidricoles

(1) Avec la collaboration technique de C. DUMAY.

disposant de réserves fourragères hivernales peu abondantes. Mais on rencontre rarement, dans la littérature, des données le concernant. Une étude expérimentale de la teneur en constituants chimiques divers et de la valeur nutritive de marcs fermiers frais nous a donc paru indispensable. Elle a précédé celle entreprise sur l'utilisation du produit comme nourriture animale.

II. — PROCÉDÉS D'OBTENTION DE MARCS DE POMME « FERMISERS »

On sait que la première phase de la fabrication de cidre consiste à presser la pomme broyée, soumise au préalable à un cuvage de courte durée. Un rappel sommaire de la constitution morphologique et chimique de cette matière première facilitera la connaissance du sous-produit résultant de cette opération, exécutée à l'aide de techniques très diverses.

A. — Caractéristiques morphologiques et chimiques de la pomme

Morphologiquement, la pomme est constituée de trois éléments structuraux distincts, dont le rapport centésimal dans le fruit est, selon WARCOLLIER (2) :

Peau (épicarpe)	3 à 7
Pulpe (mésocarpe)	92,1 à 96,95
Pépins	0,05 à 0,9

Les principaux constituants des cellules polygonales de l'épicarpe sont : des essences odorantes, des pigments et des substances tanniques, localisées également dans le mésocarpe. Dans la pomme broyée, les tanins s'oxyderaient à l'air sous l'action d'une oxydase et se combineraient à la matière azotée. Cette dernière s'insolubiliserait ainsi sur les marcs (2).

Le contenu des cellules de la pulpe en suc, atteint 96,5 à 97,5 %. Les éléments lignifiés et cellulosiques y figurent pour 2,5 à 3,5 %. Le mésocarpe renferme ainsi des corps solubles, principalement des sucres, formant un liquide sirupeux, extractible par pression, et des substances insolubles (amidon, matières cellulosiques, composés pectiques, substances azotées et minérales, etc.). Notons qu'une partie seulement des protides, présents dans la pulpe, passe dans le moût, le reste se retrouvant dans le marc. Au cours du cuvage de la pomme, certains corps pectiques se coagulent et s'insolubilisent. Ils sont éliminés dans les marcs.

Les pépins, enfin, contiennent près de 25 % de lipides et 40 % de leurs cendres sont constitués par de l'acide phosphorique engagé principalement dans des combinaisons organiques (2). KOROLL (3) affirme de son côté qu'ils peuvent renfermer jusqu'à 19,8 % de protides.

Selon ULRICH (4) on rencontre dans la pomme mûre les composants chimiques ci-après : eau (84 %), cendres (0,3 %), glucides (environ 14 %), sorbitol, pectine (0,4 %), acide ascorbique (0,002 à 0,050 %), acides organiques (1,5 % avec prédominance d'acide malique), tanin (0,3 %), lignine (0,4 %), lipides (0,3 %), protides (0,02 à 0,1 %), alcools, esters, enzymes, vitamines (aneurine et riboflavine) et des substances de croissance (dans les pépins notamment). Cette composition chimique moyenne du fruit subit parfois des écarts sensibles sous l'effet de facteurs d'origine variétale, régionale ou culturale. La maturation entraîne certaines modifications : transformation d'amidon en sucres par exemple, ou de pectose en pectine soluble.

B. — Techniques de préparation de marcs de pomme fermiers

La nature mucilagineuse de la pomme ne permet pas l'extraction complète en une seule fois du suc présent dans la pulpe. Pour en extraire le maximum de principes solubles, les marcs issus d'une première pression sont soumis fréquemment à un ou plusieurs « remiages ». Cette opération comporte successivement une macération et un repressurage.

Les pressoirs très divers utilisés dans les exploitations cidricoles, sont généralement du type discontinu. La durée du pressurage peut varier de 45 minutes à 4 heures, selon le modèle de l'appareillage employé. Le réglage de son intensité qui, normalement, doit s'exercer entre 400 et 500 kg par décimètre carré, est extrêmement variable d'une exploitation à l'autre et pratiquement incontrôlable. Le rendement en moût croissant avec l'intensité de la pression, celle-ci exerce une action prépondérante sur l'épuisement des marcs. La concentration de ce produit en divers composants chimiques est donc susceptible de subir des variations provoquées à la fois par les facteurs signalés précédemment, qui influent sur la composition de la matière première dont proviennent les marcs, ainsi que par la diversité des techniques d'extraction de jus employées.

III. — ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

A. — Matériel d'étude

Nous avons prélevé, entre le 15 novembre et le 7 décembre 1950, 29 échantillons de marcs fermiers frais. Ils provenaient de 25 exploitations cidricoles disséminées dans les départements ci-après : Eure, Seine-Inférieure, Calvados, Manche, Mayenne, Ile-et-Vilaine, Morbihan, Sarthe. Des renseignements concernant l'origine des pommes pressées et les procédés d'extraction appliqués ont été notés à l'occasion de chaque prélè-

vement. Les fruits brassés étaient généralement constitués par des assortiments de plusieurs variétés de pommes en mélange. Quatre échantillons de marcs pris dans une exploitation de l'Eure correspondaient cependant à des variétés de pommes nettement distinctes, cueillies simultanément dans un verger et traitées le même jour dans des conditions identiques.

Par suite de la récolte exceptionnelle de l'année (environ 5,5 millions de tonnes), la plupart des exploitations n'ont pressé les fruits qu'une seule fois. De sorte que 23 de nos échantillons contenaient des marcs purs issus d'une première pression, et 6 des marcs de seconde pression, obtenus après un remiage. Sur l'ensemble des marcs prélevés, 2 provenaient d'une extraction par presse à vis, 1 par presse à arbres et les 26 autres par presses hydrauliques de modèles différents.

Ils étaient recueillis à la sortie de la presse et entassés dans un bocal fermant hermétiquement. Entourés immédiatement de glace, les échantillons étaient transportés dans la journée même au laboratoire, et gardés au frigidaire jusqu'à complète analyse du produit.

B. — Exposé de méthodes analytiques

Nous avons limité nos investigations au dosage des constituants que voici :

1^o **Principes calorigènes.** — Le dosage est effectué sur la matière sèche finement pulvérisée, obtenue après dessiccation à 105°, jusqu'à poids constant d'un kilogramme de marcs frais.

Les teneurs en protides totaux, en substances glucidiques (cellulose Weende et extractifs non azotés) et lipidiques, ainsi que les matières minérales ont été déterminées à l'aide de techniques classiques adoptées pour l'analyse des aliments du bétail (5,6). Ayant exposé ailleurs les principes de ces méthodes (7) nous ajouterons que la concentration des marcs en sucres réducteurs, exprimés en sucre interverti, est dosée sur le liquide d'épuisement à l'eau chaude (60°C), de 100 g de produit humide, selon la technique cuprimétrique de Bertrand (8).

2^o **Énergie convertible.** — La fraction digestible des substances calorigènes brutes est calculée à l'aide de coefficients de digestibilité ci-après, observés expérimentalement pour des marcs frais chez des ruminants, par nous et CHARLET-LÉRY (9) :

Matières cellulosiques : 54,2 ; Matières azotées : 0,0.

Matières grasses : 12,9 ; Extractifs non azotés : 76,2.

La somme de principes digestibles totaux (T.D.N.) est transformée d'abord en énergie métabolisable à l'aide du coefficient de conversion calorifique 3,6 préconisé par FORBES et KRISS (10), puis en unités nutri-

tives (U.F.) selon la formule imaginée par l'un de nous (II), et modifiée par DELAGE et GASNIER (12).

3° **Éléments minéraux.** — Nous ne ferons que signaler les méthodes usuelles auxquelles nous avons recouru :

a) *Phosphore.* La méthode comporte une minéralisation sulfo-nitrique de la substance. Après traitements successifs avec de l'acide nitrique, du nitrate et du molybdate d'ammonium, le phosphore est recueilli à l'état de précipité de phosphomolybdate d'ammonium, que l'on dissout dans un excès connu de soude normale, titrée en retour avec de l'acide sulfurique normal.

b) *Calcium et insoluble chlorhydrique.* Après incinération au rouge d'une quantité connue de substance, le résidu est traité d'abord à l'acide chlorhydrique, puis à l'acide nitrique. On redissout les éléments solubles dans de l'acide chlorhydrique. On recueille séparément le filtrat destiné au dosage du calcium et le précipité contenant les éléments insolubles dans HCl.

Après alcalinisation du filtrat par de l'ammoniaque, le précipité formé est dissout dans de l'acide formique et additionné après ébullition d'une solution saturée d'oxalate d'ammonium. Le nouveau précipité obtenu est lavé à l'eau ammoniacale chaude, puis dissous dans de l'acide sulfurique, et le calcium déterminé à chaud avec une solution de permanganate de potassium N/10.

On dose l'insoluble chlorhydrique en calcinant le précipité éliminé au début de l'opération, puis en pesant le résidu obtenu.

c) *Chlorures.* Détermination par sulfocyno-argentimétrie après défécation au ferrocyanure de zinc. Le résultat est exprimé conventionnellement en ClNa.

4° **Acidité organique et alcool.** — Les dosages sont effectués sur le produit humide :

a) *pH.* Il est mesuré électrométriquement à l'aide de l'électrode de verre.

b) *Acides gras volatils (acides acétique et butyrique) et acide lactique.* Nous les titrons selon la technique de Lepper-Flieg (13). Les détails opératoires et la précision de cette méthode sont exposés dans une précédente étude (7).

Précisons qu'à défaut de méthode spécifique de dosage, l'acide lactique est déterminé après oxydation sulfo-chromique, sous forme d'acide acétique.

c) *Alcool.* On le dose, après entraînement à la vapeur d'eau de l'alcool contenu dans 15 g de marc humide mis en suspension dans 100 cm³ d'eau. Le titrage est effectué conformément aux indications de

MARILLIER et GROSFILLEY (14) par la méthode au bichromate dont le principe est l'oxydation de l'alcool en acide acétique par le réactif sulfochromique.

d) *Acidité libre totale.* La technique consiste à extraire l'acidité libre présente dans une quantité fixe de produit humide mis en contact pendant 24 heures avec de l'alcool. On titre avec de la soude N/10 et on exprime les résultats en grammes de SO_4H_2 p. 1000 de substance brute.

IV. — RÉSULTATS

A. — Variabilité de la composition chimique et de la valeur alimentaire des mares fermiers frais

Les concentrations moyennes de composants chimiques trouvées dans les échantillons examinés, ainsi que les teneurs minima et maxima observées, figurent dans le tableau I.

TABLEAU I

Concentrations p. 1000 de :

	Substance humide			Substance sèche		
	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne
Matières sèches (g)	122,0	315,0	223,6 ± 7,3	—	—	—
Matières minérales (g)	4,8	19,0	8,5 ± 0,6	22,5	82,6	39,6
Matières organiques (g)	112,2	307,2	215,1 ± 1,4	920	975,0	964,0
Matières cellulosiques (g)	22,7	68,9	40,2 ± 1,7	101,3	271,7	181,5
Matières azotées totales (g)	7,6	17,4	12,0 ± 0,5	35,2	74,3	54,6
Matières grasses (g)	2,7	20,6	11,5 ± 0,9	12,3	89,6	53,7
Extractifs non azotés (g). dont sucre (en g sucre in- terverti)	72,2	258,5	151,5 ± 6,9	586,1	820,6	670,7
Phosphore (g)	0,3	105,9	38,6 ± 5,5	1,6	442,6	154,7
Calcium (g)	0,17	0,49	0,34 ± 0,01	0,95	2,3	1,6
Chlorures (en g ClNa)	0,20	0,89	0,45 ± 0,03	0,90	4,8	2,0
Insoluble chlorhydrique (g)	traces	0,97	0,32 ± 0,04	traces	4,6	1,5
T.D.N. (g)	0,30	14,20	3,57 ± 0,43	1,60	61,8	16,9
Énergie métabolisable (ca- lories)	68,9	214,9	138,3 ± 12,9	561,0	683,0	620,0
Valeur fourragère (U.F.)	249,0	774,0	498,0 ± 5,6	2 025	2 455	2 230
Équivalent fourrager (kg).	0,07	0,25	0,15 ± 0,07	0,575	0,794	0,672
Acidité libre totale (en g SO_4H_2)	4,0	14,3	6,6	1,260	1,740	1,490
Acide acétique total (g)	0,90	11,80	3,80 ± 0,59			
Acide butyrique total (g)	1,20	15,80	4,25 ± 0,56			
Acide lactique total (g)	0,00	2,20	0,35 ± 0,24			
Alcool (g)	0,65	6,10	2,95 ± 0,29			
pH	6,00	22,7	11,35 ± 0,91			
	3,1	5,5	4,25 ± 0,14			

B. — Différences intra et interrégionales

Le tableau II rapporte les écarts extrêmes constatés dans la composition des marcs provenant d'un périmètre restreint ou de régions diverses.

TABLEAU II

Écarts intra et interrégionaux
Teneurs en p. 1000 de produit humide

Région	Matière sèche			Valeur nutritive (U.F.)			Matières cellulosiques			Sucre interverti		
	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.
Eure	219	315	248	0,14	0,25	0,18	32	42	36	2	106	72
Seine-Inférieure ...	122	260	181	0,09	0,17	0,11	23	46	33	16	72	49
Calvados	229	292	251	0,12	0,19	0,16	37	69	49	1	57	33
Manche	187	216	202	0,11	0,15	0,12	38	51	45	0	41	13
Sarthe	203	260	234	0,13	0,19	0,16	36	38	37	17	67	46

Les concentrations des marcs en principes nutritifs paraissent différer bien davantage à l'intérieur d'une région limitée qu'entre régions différentes.

C. — Écarts variétaux

Un essai de pressage séparé, que nous avons effectué dans des conditions identiques, avec quatre variétés distinctes de pommes, récoltées simultanément dans un même verger, permet de se faire une idée de l'importance qu'il y a lieu d'attribuer aux influences de caractère variétal sur la variabilité de la concentration des marcs de pomme en divers composants.

TABLEAU III

Teneur en p. 1000 de produit humide

Variétés pressurées	Matière sèche	Matière organique	Matières cellulosiques	Matières azotées	Matières grasses	Extractions non azotés	Sucre interverti	P	Ca	Valeur nutritive (U.F.)
Brantot	315	307	31,9	11,7	5,1	258,5	106	0,30	0,50	0,25
Argile	219	212	34,1	9,7	2,7	166,0	66	0,45	0,31	0,16
Mettais	256	248	32,2	0,0	6,4	260,7	78	0,32	0,46	0,20
Jouveaux	232	225	34,3	8,9	3,1	179,0	103	0,38	0,30	0,18

Ces données indiquent que les écarts de composition et de valeur nutritive des marcs issus de variétés différentes de pommes sont moins prononcés que les variations relevées à l'intérieur d'un espace limité.

D. — Influence du remiage

Les modifications qu'entraîne le remiage dans la composition chimique des marcs ressortent du tableau IV.

Les résultats qui y figurent concernent des marcs obtenus d'abord d'une première pression et pressurés une seconde fois après avoir été soumis à un seul remiage.

TABLEAU IV

Effet du remiage sur la composition des marcs

en p. ‰ :	Échantillon « A »		Échantillon « B »	
	1 ^o Pression	2 ^o Pression	1 ^o Pression	2 ^o Pression
Matière sèche	239	292	187	198
Matières minérales.....	6,6	7,9	4,8	5,4
Matières cellulosiques.....	43,4	68,9	49,5	50,8
Matières azotées.....	13,9	17,4	12,1	13,9
Matières grasses.....	16,7	14,2	15,5	16,5
Extractifs non azotés.....	158,4	183,6	101,1	115,5
Sucre interverti.....	33,2	7,4	7,8	0,3
Phosphore.....	0,44	0,38	0,29	0,24
Calcium.....	0,49	0,79	0,70	0,89
Valeur nutritive (U. F.).....	0,16	0,19	0,11	0,12

Parallèlement à un épuisement en sucre, le remiage semble accroître les teneurs des divers principes calorigènes, améliorant ainsi la valeur alimentaire des marcs.

V. — INTERPRÉTATION

Les résultats exposés font apparaître une grande hétérogénéité de concentration en éléments nutritifs dans les marcs « fermiers » frais.

Les grosses variabilités de teneurs en substance sèche et en cellulose Weende entraînent des écarts de valeur nutritive considérables : pour le produit humide, cette valeur peut varier du simple à plus du triple. Dans ces conditions, l'estimation, même approximative, de la valeur alimentaire d'un marc fermier frais, à partir d'une donnée moyenne est susceptible d'être entachée de très grosses erreurs. Pour être correcte, elle nécessite au moins la connaissance de la teneur de la substance en matière sèche.

L'équivalent fourrager de la matière sèche, calculé à partir de la composition chimique, évolue dans des limites plus étroites. Il est sensiblement plus élevé (donc valeur alimentaire plus faible) pour les marcs

de pomme fermiers que pour les pulpes de betteraves sucrières. Une teneur plus forte du premier de ces aliments en cellulose brute peut expliquer partiellement la plus faible valeur énergétique de sa matière sèche dont le taux de fibres cellulosiques, bien que n'étant en moyenne que de 18 %, oscille fréquemment entre 20 et 27 %.

Il importe de noter que les marcs de pomme renferment excessivement peu de substances protidiques. L'utilisation digestive de ces dernières semble, d'ailleurs, négligeable chez le ruminant (9). On relève parallèlement une concentration relativement élevée en substances lipidiques, due probablement au contenu du produit en pépins. Le taux de sucre interverti est extrêmement variable. Pour les échantillons examinés, il s'échelonne entre 0,3 et 106 g par kilogramme de substance humide.

On observe une constance relative des teneurs en phosphore et en calcium. Celles-ci sont plus fortes dans les marcs que dans la betterave ou dans la pomme de terre, et se rapprochent sensiblement des concentrations trouvées dans les pulpes de betteraves sucrières. Le rapport $\frac{\text{Ca}}{\text{P}}$ dépasse généralement l'unité. Il est, d'autre part, vraisemblable qu'un autre élément minéral que nous n'avons pas pu doser, le potassium, prédomine également dans les cendres de marcs de pomme, cette base étant présente à haute dose dans la pomme (2,15).

Les données portées aux tableaux II, III et IV montrent que les limites de variation de constitution chimique sont bien plus étendues pour des marcs produits au sein d'une zone étroite que pour ceux provenant des régions ou des variétés différentes. Il semble donc logique d'admettre que la raison prépondérante de cette variabilité pourrait résider dans la diversité des types de pressoirs utilisés dans les exploitations.

A la sortie de la presse, les marcs fermiers paraissent contenir des quantités relativement importantes d'acides acétique et lactique ainsi que de l'alcool. L'acide butyrique, en revanche n'y figure qu'en faible concentration et se rencontre plus rarement. Les précautions prises lors du prélèvement et du transport des échantillons permettent de supposer que ces substances ne se sont pas formées après le pressage mais ont vraisemblablement pris naissance avant cette opération, au cours du cuvage aérobie ou anaérobie de la matière première.

L'acidité ionique des marcs frais est généralement élevée. Cette constatation s'explique par le contenu du produit en acides organiques de fermentation et par l'acide malique que la pomme renferme en fortes concentrations (2,4). Ceci pourrait avoir des conséquences physiologiques pour l'animal, qu'il importe d'étudier, et également technologiques, en raison du rôle important que joue le pH initial dans la conservation par ensilage, des matières végétales aqueuses.

VI. — RÉSUMÉ ET CONCLUSION

Nous avons procédé à de nombreux prélèvements de marcs de pomme frais produits dans les exploitations cidricoles, et avons étudié leur composition chimique. Les données analytiques font ressortir plus particulièrement des variations considérables de leur contenu, en matière sèche, en cellulose Weende, et en sucres. Pour l'évaluation — même approximative — de la valeur nutritive de cet aliment, ceci impose la nécessité de doser au moins la teneur du produit en substance sèche. L'extrême variabilité du taux de celle-ci pourrait être davantage occasionnée par l'hétérogénéité de techniques de pression employées dans les fermes, que par des influences de caractère variétal ou régional exercées sur la matière première dont sont issus les marcs.

En ce qui concerne l'alimentation du bétail, le marc de pomme « fermiers » se présente comme un produit renfermant une quantité substantielle de principes calorigènes susceptibles de constituer une source intéressante d'énergie alimentaire pour l'animal, mais dépourvu totalement de protides utilisables. Sa richesse excessive en éléments cellulosiques et en substances de nature pectique (16, 17) pourrait cependant limiter les possibilités d'utilisation du produit comme nourriture animale en particulier chez le monogastrique. L'étendue de ces possibilités sera précisée expérimentalement.

(Reçu pour publication le 6 novembre 1953)

BIBLIOGRAPHIE

- (1) HOUZEAU (M.). — Le Marc de Pommes. *Journal de l'Agriculture*, **1**, p. 733, 1887.
- (2) WARCOLLIER (G.). — a) Cidrerie (Baillièrè), Paris, 1928, p. 424 ; b) Bulletin Ass. Française Pomologique. Congrès Pomologique du Havre, 1910.
- (3) KOROLL in POTT (E.). — Handb. der Tierischen Ernährung u. landwirtsch. Futterm. (Parey), Berlin, 1909, **3**, p. 361.
- (4) ULRICH (R.). — La vie des fruits (Masson), Paris, 1952, p. 149.
- (5) Communication de l'Institut Professionnel de Contrôle et de Recherches Scientifiques des Industries de l'Alimentation Animale. Prélèvements et analyses des échantillons d'aliments et produits destinés à l'alimentation des animaux. Paris, 1951, 2^e édition.
- (6) LEROY (A.-M.). — Normes pour l'alimentation énergétique. Rapports généraux du V^e Congrès International de Zootechnie. Paris, 1949, p. 7-37.
- (7) ZELTER (Z.). — Le rôle nutritionnel chez la vache en lactation des acides acétique et butyrique formés au cours de l'ensilage. *Annales de Zootechnie*, **2**, p. 197, 1953.
- (8) BERTRAND (G.), THOMAS (P.). — Guide pour les manipulations de chimie biologique (Dunod), Paris, 1919, p. 85.

- (9) CHARLET-LÉRY (G.), LEROY (A.-M.), ZELTER (S.-Z.) (à paraître). — *Annales de Zootechnie*.
- (10) FORBES (E.-B.), KRIS (M.). — Proc. Soc. An. Prod., p. 113, 1931.
- (11) LEROY (A.-M.). — L'utilisation de l'énergie des aliments par les animaux. Bulletin Européen de la F. A. O., n° 4, février-mars 1948.
- (12) DELAGE (J.), GASNIER (A.). — L'alimentation énergétique et azotée des animaux domestiques. Rapports particuliers. Ve Congrès International de Zootechnie, Paris, 1949, p. 45-70.
- (13) LEPPER (W.). — Einheitlicher Apparat und einheitliche Gleichungen zur Bestimmung der Essig und Buttersäure und der Milchsäure in Sauerfutter. *Tierernährung u. Futtermitt.* **1**, p. 187, 1938.
- (14) MARILLIER (Ch.), GROSFILLEY (J.). — Le contrôle chimique en distillerie (Dunod), Paris, 1939, p. 39 à 48.
- (15) RANDOIN (L.), LE GALLIC (P.) et CAUSERET (J.). — Tables de composition des aliments (Lanore), Paris, 1947.
- (16) LEROY (A.-M.), MICHAUX (A.). — L'utilisation des matières pectiques par l'organisme animal. C. R. Acad. Sci., Paris, **229**, p. 1034, 1950.
- (17) MICHAUX (A.). — Les substances réductrices d'origine pectique au cours de la digestion chez le ruminant. C. R. Acad. Sci., Paris, **230**, p. 2051, 1950.
-