

RECHERCHES SUR LA CONSERVATION PAR ENSILAGE ET L'UTILISATION DES POMMES A CIDRE COMME ALIMENT DU BÉTAIL ⁽¹⁾

Laboratoire de Recherches Zootechniques
Institut National Agronomique, Paris.

PLAN DU MÉMOIRE

- I. — Étude expérimentale de la conservation de pommes à cidre par ensilage.
- II. — Utilisation digestive et valeur nutritive de pommes à l'état frais. Chez le mouton.
- II bis. — Un cas de digestibilité perturbée chez le porc par la présence excessive de chlorure de sodium dans un ensilage de pommes.
- III. — Effets du pourcentage de pommes ensilées dans le régime alimentaire du porc, sur la dépense alimentaire, la croissance et les qualités de carcasse.

Notre production d'alcool de la campagne 1954-1955 a dépassé 2 500 000 hectolitres dont environ 300 000 en provenance de la distillation de pommes. Les énormes stocks d'alcool accumulés ces dernières années posent à notre économie nationale des problèmes sérieux. Pour les résoudre un plan de réduction de cette fabrication a été mis en application depuis quelque temps.

Ce plan et la régression constante de la consommation de cidre ont conduit la Commission Consultative des Cidres et Poirés du Ministère de l'Agriculture, préoccupée de l'assainissement du marché des fruits à cidre, à nous demander d'entreprendre l'étude des possibilités de conservation et d'utilisation de pommes à cidre pour l'alimentation du bétail.

Les trois mémoires qui suivent exposent les résultats de notre recherche, qui a porté sur les points ci-après :

— étude des possibilités offertes par la pratique de l'ensilage pour préserver le contenu nutritif des pommes entreposées pour une longue durée ;

— détermination de l'utilisation digestive et de la valeur nutritive du fruit à l'état frais et après ensilage ;

— étude des effets d'une incorporation dans le régime alimentaire du porc charcutier de doses croissantes de pommes ensilées sur : l'appétence de la ration, la dépense alimentaire, la croissance et la qualité de la carcasse.

(¹) Recherches poursuivies avec le concours financier du Groupement National Interprofessionnel des fruits à cidre (Crédits du Fonds National du Progrès Agricole).

Mémoires reçus pour publication le 18 septembre 1956.

I. — ETUDE EXPÉRIMENTALE DE LA CONSERVATION DE POMMES A CIDRE PAR ENSILAGE

PAR

A. M. LEROY et S. Z. ZELTER (1)

A. — Enoncé du Problème.

La majeure partie de la matière sèche de la pomme est de nature glucidique ; elle se présente essentiellement sous forme de sucres solubles : glucose, levulose et un peu de saccharose. Ces sucres constituent à la fois le matériau respiratoire par excellence des tissus du fruit mûr et des substances particulièrement précieuses du point de vue alimentaire. La question est de savoir dans quelles conditions de conservation la réserve glucidique des pommes entreposées en vue de leur utilisation ultérieure pour l'alimentation animale peut être sauvegardée au mieux.

Une riche microflore de levures qui s'adaptent aisément à des milieux de pH bas couvre l'épiderme des fruits ; elle est l'agent d'un processus de fermentation caractéristique, qui se produit déjà en aérobiose et qui s'intensifie en milieu confiné : le fruit dégage du CO₂ et il se forme de l'alcool et de l'acide acétique au détriment des sucres solubles (2-3). Ce métabolisme glucidique peut s'effectuer dans la pomme même en l'absence de levure, grâce à un phénomène de « fermentation propre » (1).

Ceci explique l'échec de POULSEN (5) qui, expérimentant l'ensilage de pommes en nature ou acidifiées préalablement par une solution A. I. V., a enregistré respectivement 65 et 69 % de perte de matière sèche après 5 mois de conservation.

Connaissant la perméabilité sélective particulière de la pellicule superficielle des fruits — celle de la pomme est facilement traversée par les cathions (4) — et la facilité avec laquelle il est possible de dialyser des mono et dissacharides, nous nous sommes demandés si une asphyxie relative de tissus de pommes, obtenue par immersion dans un milieu aqueux renfermant des substances possédant des propriétés antifermen-taires ne permettrait pas d'atténuer la dégradation du contenu glucidique de ce fruit conservé en silo étanche.

Cette idée a constitué notre hypothèse de travail pour la recherche d'une technique d'ensilage appropriée à la conservation de pommes destinées à l'alimentation d'animaux de ferme.

(1) Avec l'assistance technique de M^{me} NAVILLE et de M^{lle} DUMAY.

B. — Matériel et méthodes expérimentales.

1° Modes de conservation étudiés.

Des quantités connues (entre 300 et 400 kg) d'un mélange formé en parties égales de trois variétés de pommes à cidre (Frequin tardif, Bedan blanc et Doux de Normandie) récoltées entre le 5 et le 15 novembre 1954 sont ensilées le 17 du même mois dans 6 silos cylindriques étanches d'un mètre cube de capacité. Elles en sont retirées et pesées avec précision (le 12 avril 1955), après 21 semaines de conservation.

La composition centésimale du mélange de pommes à l'état frais est la suivante : matière sèche : 17,20 ; matières minérales : 0,28 ; matières azotées totales : 0,30 ; matières grasses : 1,24 ; cellulose Weende : 1,09 (dont 0,92 de cellulose Kürschner) ; extractifs non azotés : 14,29. Ces fruits contiennent 9,76 p. 100 de glucides totaux hydrolysables et 8,19 p. 100 de sucres solubles totaux (exprimés en glucose).

Sur les six traitements expérimentés, 5 consistent en une immersion dans :

- 1° de l'eau ordinaire pure (traitement témoin négatif) ;
- 2° une solution aqueuse à 3 p. 100 de NaCl ;
- 3° une solution aqueuse à 6 p. 100 de NaCl ;
- 4° une solution aqueuse à 0,50 p. 100 d'acide formique ;
- 5° une solution aqueuse à 0,25 p. 100 de benzoate de sodium.

Une charge uniforme de 180 kg par m² maintient constamment en immersion les masses ainsi traitées.

Le sixième mode d'ensilage consiste en une conservation en anaérobiose relative des pommes en nature, sous une couche de 50 cm d'épaisseur de marc frais de cidrerie fortement tassée et sous une charge analogue à celle des autres silos.

2° Critères et techniques analytiques.

Pour l'appréciation de l'efficacité des traitements, nous admettons les critères suivants : a) taux de disparition de substances organiques totales, de glucides hydrolysables et solubles ; b) concentrations finales des masses ensilées en substances engendrées par le processus fermentaire (alcool, acides gras volatils, acide lactique).

Des échantillons adéquats de pommes sont prélevés et analysés au moment de leur introduction et de leur extraction du silo. La matière organique est déterminée par différence entre les teneurs en matière sèche dosée par dessiccation jusqu'à poids constant, dans un tunnel à rayonnement infra-rouge et les matières minérales obtenues par une

calcination à 550°C dans un four électrique. Les glucides réducteurs totaux (exprimés en glucose) sont dosés sur 1 gramme de matière sèche de pomme par la technique cuprimétrique de BERTRAND (6), après 4 heures d'hydrolyse sulfurique sous reflux. Les sucres solubles sont isolés par deux extractions successives de 0,4 g de produit sec pendant 30 minutes au bain-marie, à l'alcool à 80 p. 100 (éliminé ensuite sous vide et à basse température) et à l'eau ; le pouvoir réducteur total (exprimé en glucose) avant et après hydrolyse sulfurique est déterminé par iodométrie selon SOMOGYI (7) sur deux extraits séparés, après défécation à l'acétate de Pb dont l'excès est éliminé des filtrats par du phosphate disodique.

Dans le produit humide, nous dosons directement l'alcool selon SEMICHON et FLANZY (8) après deux distillations dont une en milieu alcalin pour retenir les corps susceptibles d'interférer avec ce dosage ; l'acide lactique, par colorimétrie à l'aide de la technique de BARKER et SUMMERSON (9) modifiée récemment par BARNETT (10) et qui repose sur la réaction très sensible entre acétaldehyde et *p*-hydroxydiphényl ; les acides gras volatils par chromatographie de partage d'après ELSDEN (11). Le pH enfin, est mesuré à l'aide d'une électrode de verre.

Certains de ces dosages (sucres solubles, alcool, acides gras volatils, acide lactique et pH) sont également effectués sur les milieux aqueux dans lesquels ont macéré les pommes.

Résultats.

Les résultats sont donnés dans les tableaux I, II et III ci-après.

TABLEAU I

*Teneurs initiale et finale des pommes en matériaux nutritifs
(en g p. 1 000 de fruit brut).*

	Composi- tion initiale	Composition finale					Sous couche de 50 cm de marcs de pomme.
		Eau Ordinaire	Eau à 3% NaCl	Eau à 6% de NaCl	Eau à 0,5% H-COOH	Eau à 0,25% benzoate de Na	
Matière sèche sans alcool .	172,0	123,6	154,5	162,7	136,7	121,2	144,4
Matière sèche + alcool . . .	—	128,2	156,5	163,2	144,7	124,9	161,8
Matières minérales	2,8	4,7	15,6	30,9	3,5	4,1	2,6
Chlorures (en NaCl)	0,13	0,05	11,0	26,2	—	—	—
Matières organiques sans alcool	169,2	118,9	138,9	131,8	133,2	117,1	141,8
Matières organiques avec alcool	169,2	123,5	140,9	132,3	137,2	120,8	159,2
Glucides hydrolysables (en glucose)	97,6	50,8	67,7	68,4	66,4	50,1	61,9
Sucres solubles (en glucose)	81,9	44,5	59,6	57,5	59,6	52,5	59,7

TABLEAU II

*Evolution des concentrations en éléments nutritifs de la pomme,
en fonction des milieux de conservation
(en p. 100 des concentrations initiales).*

	Dans l'eau ordinaire	Dans l'eau à 3% de NaCl	Dans l'eau à 6% de NaCl	Dans l'eau à 0,5% de H-COOH	Dans l'eau à 0,25% de benzoate de Na	Sous 50 cm de marc de pomme.
Matière organique.....	— 29,8	— 18,0	— 22,2	— 21,2	— 30,9	— 16,3
Sucres solubles.....	— 45,6	— 27,2	— 29,8	— 27,2	— 35,9	— 27,2
Glucides hydrolysables....	— 48,0	— 30,6	— 30,0	— 32,0	— 48,8	— 36,6

TABLEAU III

Influence des traitements sur le processus fermentaire.

III. — A — Substances disparues après 146 j. de conservation
en p. 100 des masses initiales.

	Eau ordinaire	Eau à 3% de NaCl	Eau à 6% NaCl	Eau à 0,5% de H—COOH	Eau à 0,25% de benzoate de Na	Sous 50 cm de marc de pomme
Matière organique exempte d'alcool.....	22,25	8,30	14,30	12,75	21,22	19,31
Matière organique + alcool.	19,24	7,00	14,00	7,65	18,81	9,58
Glucides hydrolysables....	41,00	23,1	20,3	24,7	41,6	39,1
Sucres solubles totaux....	39,25	20,25	18,77	19,00	26,39	29,80
Matières organiques autres que sucres solubles totaux.....	6,5	(0,7 ?)	7,0	3,0	16,7	9,9

III. — B — Substances apparues en fin de conservation
(en g p. 1000 g ou cc).

Alcool	Eau ordinaire		Eau à 3% de NaCl		Eau à 6% NaCl		Eau à 0,5% de H-COOH		Eau à 0,25% de benzoate de Na		Sous 50 cm de marc.
	Pommes	Jus de macération	Pommes	Jus de macération	Pommes	Jus de macération	Pommes	Jus de macération	Pommes	Jus de macération	Pommes
Alcool.....	4,6	4,6	2,0	3,2	0,5	3,5	4,0	1,0	3,7	0,6	17,4
Acide lactique.....	12,0	20,4	7,4	21,3	5,2	7,4	4,5	5,9	6,1	11,9	4,8
Acide acétique.....	2,88	4,01	1,90	2,07	1,03	2,20	0,44	1,69	0,99	2,26	1,36
Acide propionique....	0	0,52	0,0	0,49	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acide butyrique.....	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,94	0,0
Sucres solubles totaux (en glucose).....	—	0,99	—	0,23	—	0,25	—	0,26	—	1,86	—
pH.....	4,62	4,70	5,09	4,83	5,55	5,30	5,25	5,40	4,91	4,84	4,85

INTERPRÉTATION

Nous notons :

— l'effet amollissant produit par la conservation sous une couche de marc, sur les tissus de la pomme laquelle offre un aspect caractéristique de fruit blet, cependant que les autres milieux n'entament pas leur fermeté initiale ;

— l'enrichissement considérable en substances minérales, en chlorures notamment, des fruits conservés en solution de sel (tableau I), enrichissement qui est proportionnel à la concentration des solutions en chlorure de sodium (11 g de chlorures par kg de pommes pour la solution à 3 p. 100 et 26,2 g pour celle à 6 p. 100 de NaCl). Les études sur la perméabilité sélective de la pellicule superficielle des fruits, faites par MICHAELIS et FUJITA (4), signalent en effet un échange de ions K contre des ions Na dans la pomme placée dans une solution de sel ; elles expliquent le phénomène que nous rapportons et qui peut conduire à des accidents digestifs chez l'animal, comme cela a pu être observé au cours de notre étude de la digestibilité des pommes conservées dans la solution à 6 p. 100 de sel (voir mémoire II *bis*) ;

— l'existence d'un faciès fermentaire de type essentiellement lactique et d'une alcooligénèse réduite dans tous les milieux de conservation par immersion et d'un phénomène inverse dans le cas de la conservation sous une couche de marc (tableau III). Ce qui n'est pas en faveur de l'opinion de MÖLLER (12) et d'autres (13), qui ne croient pas possible une fermentation lactique naturelle dans un jus de pomme ou de poire, du fait de leur pauvreté en acides aminés essentiels indispensables à la croissance de certaines bactéries lactiques telles que *Streptobacterium-plantarum* ;

— la très faible concentration en acides gras volatils et l'absence totale d'acide butyrique dans tous les milieux (tableau III B) ;

— la faible préservation des réserves nutritives de la pomme pendant la conservation dans de l'eau additionnée ou non de 0,25 p. 100 de benzoate de soude ; les taux de disparition de matières organiques et surtout de glucides hydrolysables sont relativement élevés et semblables ; la présence de benzoate épargne quelque peu mieux les sucres solubles (26,39 p. 100 de pertes contre 39,25 p. 100 dans l'eau pure), mais ne protège guère les autres substances organiques qui se dégradent davantage qu'en l'absence de cet antiseptique (16,7 p. 100 de pertes au lieu de 6,5 p. 100 dans l'eau pure) ;

— l'efficacité comparable de l'immersion dans une solution à 3 p. 100 de NaCl, ou à 0,5 p. 100 d'acide formique et de la conservation sous une couche de marcs frais de pommes : les pertes de substances organiques enregistrées pour ces trois modes d'ensilage sont de moitié moindres que celles observées avec les autres traitements expérimentés, et de beaucoup

inférieures à celles que rapporte POULSEN (5) pour des ensilages mixtes de pommes et de betteraves sucrières ou de luzerne verte.

— l'action nettement moins favorable d'une solution de sel à 6 p. 100;

— la concentration extrêmement élevée en alcool des pommes conservées sous une couche de marc (17,4 g/kg au lieu de 0,5 à 4,6 g/kg constatés pour les autres traitements) ; ceci ne présente pas d'inconvénient pour l'animal puisque des expériences antérieures nous ont démontré la parfaite tolérance par le porc et par la vache laitière d'aliments fortement alcoolisés (14-15).

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Des essais de conservation de pommes à cidre par ensilage ont été faits dans l'eau pure ou renfermant 3 et 6 p. 100 de NaCl, 0,25 p. 100 de benzoate de soude, 0,50 p. 100 d'acide formique, ainsi que sous une couche de 50 cm de marcs frais de pomme.

Les pertes les moins élevées en éléments nutritifs sont observées pendant la conservation dans une solution à 3 p. 100 de sel, ou à 0,5 p. 100 d'acide formique et sous une couche de 50 cm de marcs frais de pomme. Ces trois traitements possèdent une efficacité comparable et satisfaisante, mais l'alcooligénèse est beaucoup plus intense en cas de conservation sous une couche de marc. Ce dernier phénomène ne présente, toutefois, pas d'inconvénient majeur pour l'animal. Étant donné le coût infime et la grande simplicité d'application de la conservation sous couche de marc, on peut considérer que ce procédé d'ensilage offre une solution pratique et économique au problème du stockage des pommes destinées à l'alimentation animale.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) MARTRUCHOT (L.) MOLLIARD (M.). — *Rev. Gen. Bot.*, 1903, **15**, 193 et 259-310.
- (2) PASTEUR (L.). — *C. R. Acad. Sci.*, 1872, **75**, 1054.
- (3) LECHARTIER (G.) BELLAMY (F.). — *C. R. Acad. Sci.*, 1869, **69**, n° 2, 466.
- (4) MICHAELIS (L.) et FUJITA (A.). — *Bioch. Zeitsch.*, 1925, **158**, 28.
- (5) POULSEN (J. F.). — *Tidsskr. Planteavl* 1952, **56**, n° 1, 60.
- (6) BERTRAND (G.) THOMAS (P.). — Guide pour la manipulation de Chimie Biologique (Dunod), Paris 1919, p. 85.
- (7) SOMOGYI (M.). — *J. Biol. Chem.*, 1952, **195**, p. 19-23.
- (8) SEMICHON (L.) FLANZY (M.). — *Ann. des Falsifications et des Fraudes* :
a) 1929, p. 139 et 414 ; b) 1930, p. 347.
- (9) BARKER (S. B.) SUMMERSON (W. H.). — *J. Biol. Chem.*, 1941, **138**, 535.
- (10) BARNETT (A. J. G.). — *Bioch. J.*, 1951, **49**, n° 4, 527.
- (11) ELSDEN (S. R.). — *Bioch. J.*, 1946, **40**, n° 2, 252.
- (12) MOLLER (E. F.). — *Angew. Chem.*, 1940, **53**, 204.
- (13) KEIL (W.) WEYRANCH (L.). — *Zbl. Bacteriol.*, 1937, **97**, 90.
- (14) LEROY (A. M.) ZELTER (S. Z.). — *Ann. Zoot.*, 1954, **3**, n° 2, 109.
- (15) LEROY (A. M.) ZELTER (S. Z.). — *Ann. Zoot.*, 1955, **4**, n° 1, 69.