

LA COMPOSITION CHIMIQUE DE L'ANANAS

par

R. HUET

TECHNOLOGUE A L'INSTITUT FRANÇAIS
DE RECHERCHES FRUITIÈRES OUTRE-MER (I. F. A. C.).

Les qualités gustatives de l'ananas furent sans doute très tôt appréciées, car son nom dériverait du langage des Indiens Guaranis, originaires du Paraguay dans lequel : a signifie fruit en général et nana, excellent (2).

Et cependant, depuis cette époque fort ancienne, une sélection continue lui a apporté des améliorations importantes. Charles DE ROCHEFORT, dans son « Histoire des Isles Caraïbes » publiée en 1660, s'exprimait ainsi :

« L'ananas est réputé le fruit le plus délicieux non seulement de ces Isles mais de toute l'Amérique. Il est si réjouissant à l'œil et d'un goût si doux qu'on peut dire que la nature a été extrêmement prodigue de ce qu'il y avait de plus rare et de plus précieux dans son trésor, pour cette plante. »

Actuellement, avec l'essor de la vie moderne, la culture de l'ananas s'est généralisée dans les régions tropicales. Elle est devenue industrielle, et prend de plus en plus d'extension.

Le goût du fruit, mais aussi d'autres considérations, ont orienté la sélection, par exemple la forme (cylindrique, elle se rapproche de celle d'une boîte de conserve et est plus avantageuse pour les fabricants de tranches d'ananas au sirop), la résistance aux chocs, nécessaire pour les transports maritimes ; de même, pour le confort et le rendement des ouvriers agricoles, les variétés à feuilles inermes supplantent les variétés épineuses.

En définitive, des innombrables variétés connues, plus de cent deux aux Hawaï au XIX^e siècle (2), il n'en a été retenu qu'une dizaine.

La découverte d'une variété convenant au goût du consommateur, aux exigences agronomiques et économiques, marque le début de recherches méthodiques. De grands progrès ont pu et doivent encore être réalisés par l'étude de l'influence de nombreux facteurs sur les qualités du fruit et en particulier sur son goût, ou, ce qui en est la traduction scientifique, sa composition chimique : influence du climat, du sol et de ses éléments, des engrais, des façons culturales, de la date de récolte.

Le fruit de l'ananas est constitué par la juxtaposition de petits fruits élémentaires disposés en spirale autour de la tige ; le technologue et le conserveur distinguent le cœur ou cylindre central qui est le prolongement de la tige, la pulpe et l'écorce du fruit.

Seule la pulpe est comestible mais on peut extraire une quantité notable de jus à partir du cœur.

HUME et MILLER (1904) (2) ont donné pour différentes variétés les proportions de substance comestible et de résidu inconsommable (voir tableau p. 185).

Les rendements en jus dépendent surtout des procédés d'extraction et de la puissance des moyens dont on dispose.

D'après BLAIR et WILSON (1910) (4), la portion comestible est de 61 % du poids du fruit, donnant

elle-même 92,8 % de jus (1). Les auteurs n'ont pas considéré le cylindre central comme comestible. Dans ces conditions, une tonne de fruits donnerait 570 litres de jus.

E. V. MILLER (1953) (11) trouve une corrélation hautement significative entre poids du fruit et volume du jus recueilli ; cependant, d'après sa technique d'extraction, les fruits étaient broyés et le jus extrait à la main à travers une étamine. Il n'obtenait donc en moyenne que 0,28 l de jus par kilogramme de fruit (tableau 4).

(1) Dans l'analyse de la composition chimique du fruit nous considérerons principalement la partie comestible, c'est-à-dire le jus.

TABLEAU I
 JOHNSON. — The Pineapple, p. 256.
 Composition de diverses variétés d'ananas frais, par MUNSON et TOLMAN (1903).

VARIÉTÉS	SOLIDES		CENDRES		ACIDES	PRO- TÉINES	SUCRES		
	Totaux %	Inso- lubles %	Totales %	Alcali- nité CO ₃ K ₂ %	en SO ₄ H ₂ %	N × 6,25 %	Réduc- teurs	Saccha- rose	Totaux en sucres invertis %
FLORIDE.									
Red Spanish.....	11,93	1,60	0,44	0,32	0,85	0,41	1,94	5,98	8,24
Red Spanish.....	16,53	1,48	0,51	0,38	0,51	0,42	5,89	8,71	15,06
Porto Rico.....	12,27	1,48	0,41	0,35	0,31	0,26	4,06	6,49	10,89
Egyptian Queen....	18,66	1,47	0,55	0,38	0,48	0,38	5,20	8,48	14,13
Sugar loaf.....	15,06	1,51	0,36	0,34		0,28	3,64	9,12	13,24
Red Spanish.....	13,30	1,55	0,36	0,24		0,47	4,40	6,48	11,22
Abakka.....	10,78	1,45	0,39	0,29		0,33	3,95	4,68	8,88
Blood.....	11,82	1,29	0,45	0,32		0,41	3,02	6,13	9,48
Red Spanish.....	17,52	1,68	0,43	0,37		0,42	4,54	10,20	15,28
Smooth Cayenne....	12,93	1,27	0,38	0,36	0,44	0,40	3,17	7,51	11,08
Smooth Cayenne....	14,85	1,03	0,37	0,32	0,45	0,39	9,75	2,98	12,89
Abakka.....	13,70	1,31	0,35	0,28	0,47	0,42	5,28	6,35	11,97
Porto Rico.....	12,20	1,84	0,53	0,48	0,55	0,57	3,98	6,03	10,33
Abakka.....	12,73	1,27	0,47	0,42	0,62	0,31	4,38	6,22	10,93
Red Spanish.....	13,10	1,49	0,46	0,60	0,30	0,48	4,52	6,53	11,04
Pernambuco.....	15,60	1,68	0,49	0,40	0,56	0,41	4,33	8,27	13,03
Egyptian Queen....	13,62		0,48	0,46	0,57	0,47	3,62	7,44	11,45
Abakka.....	11,02	1,02	0,40	0,28	0,40	0,34	4,08	4,91	9,45
Red Spanish.....	15,25		0,40	0,32	0,56	0,49	4,53	8,22	13,19
CUBA.									
Red Spanish.....	12,65	1,37	0,27	0,27	0,56	0,41	2,19	6,81	9,36
Sugar loaf.....	11,45	1,70	0,32	0,36	0,65	0,21	1,76	6,12	8,20
Red Spanish.....	14,12	1,64	0,32	0,33	0,60	0,38	3,00	8,76	12,23
Red Spanish.....	13,45	1,63	0,46	0,46	0,67	0,48	2,31	8,23	10,97
Sugar loaf.....	12,67	1,80	0,28	0,22	0,50	0,51	2,76	6,77	9,89
Red Spanish.....	17,53	1,54	0,43	0,40	0,51	0,39	3,76	10,48	14,79
Sugar loaf.....	16,53	1,33	0,34	0,36	0,46	0,36	4,55	9,43	14,48
Red Spanish.....	15,38	1,81	0,44	0,48	0,60	0,38	2,84	9,65	12,00
Sugar loaf.....	16,99	1,64	0,30	0,33	0,36	0,36	4,65	9,73	14,89
BAHAMAS.									
Red Spanish.....	14,65	1,59	0,41	0,41	0,75	0,46	2,75	8,98	12,21
PORTO RICO.									
Pan de azucar.....	14,14	1,69	0,41	0,44	0,52	0,44	2,97	8,22	11,62
Caraquena.....	17,69	1,83	0,33	0,37	0,84	0,53	4,59	9,97	15,09
Moy. de tous les éch.	14,17	1,52	0,40	0,37	0,60	0,42	3,91	7,59	11,90
Maximum.....	18,86	1,83	0,55	0,60	0,85	0,57	9,95	10,48	15,28
Minimum.....	10,78	1,02	0,27	0,22	0,30	0,21	1,76	2,98	8,20

VARIÉTÉS	POIDS DU FRUIT	POIDS DES DÉCHETS	PORTION COMESTIBLE	PERTES
	kg	kg	%	
Abachi	1,134	0,481	65,3	34,7
Spanish	1,672	0,680	59,3	40,7
Cayenne	2,213	0,822	62,8	37,2
Red Ceylon	1,644	0,708	57,0	43,0
Egyptian	0,822	0,411	50,0	50,0
Golden	1,559	0,538	65,4	34,6
Porto Rico	1,304	0,436	67,0	33,0
Euville	1,871	0,793	57,5	42,5
Prince Albert	1,247	0,482	61,3	58,7
Sugar Loaf	1,097	0,468	57,3	42,7
Rothschild	1,149	0,418	63,5	36,5
Wild	0,666	0,333	50,0	50,0

Nous avons constaté en Guinée que la proportion entre quantité de jus et poids du fruit n'est pas cons-

tante, mais qu'elle augmente avec le poids du fruit (1).

Dans les conserveries, le jus est considéré comme le sous-produit de la fabrication des tranches et du « crush » et ce n'est que rarement qu'on l'extrait à partir du fruit entier.

Les machines Ginaca découpent le fruit en cylindre perforé qui sert à la confection des tranches. Le cylindre, entièrement comestible, représente environ 42 % du poids du fruit. Des différents déchets, écorce, sommet et base du fruit, cœur, on peut ensuite extraire de 220 à 360 l de jus par tonne de fruits d'après JOHNSON (1937) (4). Ajoutons que ces chiffres nous paraissent optimistes.

Depuis le début du siècle nous avons des renseignements sur la composition minérale et organique de l'ananas. Nous reproduirons les tableaux d'analyse les plus typiques (voir tableaux 1-2-3). Le lecteur remar-

(1) L'étude qui nous a conduit à cette conclusion fait partie d'un ensemble que nous décrirons plus loin et qui est résumé dans le tableau 6.

TABLEAU 2

Analyses publiées par L. RANDOUIN dans *Vues actuelles sur l'alimentation* (1937).

FRUIT	PROTIDES		LIPIDES		GLUCIDES		SOUFRE		PHOSPHORE		CHLORE		IODE	
	g %		partie comestible				mg %		de partie comestible					
Ananas frais	0,5		0,05		12		5		5		28		0,035	
Ananas conservé	—		—		—		—		—		—		—	
Jus frais	—		—		—		—		—		—		—	

	Na	K	Mg	Ca	Fe	Cu	Zn	Mn
Ananas frais	2	250	15	15	0,55	0,07	0,25	1,08
Ananas conservé	—	—	—	—	—	—	—	—
Jus frais	—	—	—	—	—	—	—	—

	Vitamines C mg d'ac. asc.	Vitamines B ₂ Unités Bourquin	Vitamines B ₁ Vitamines A	
			Unités internationales	
Ananas frais	28	23	25	100
Ananas conservé	12	9	43	140
Jus frais	30	—	—	—

quera combien les variations peuvent être importantes pour un même constituant. Les influences dont nous venons de parler en sont en partie responsables. D'autre part, un fruit est en continuelle évolution et l'analyse ne saisit qu'un moment de son existence ; si l'on précise le plus souvent l'état de maturité apparente du fruit, ce n'est qu'une évaluation qui rend délicate la comparaison des résultats obtenus par différents auteurs.

TABLEAU 3.

HUET R. — Rapport annuel 1953. Station centrale I. F. A. C. *Analyse de jus d'ananas de la variété Baronne de Rothschild.*

Maturité	1/3 orangé
Extrait sec à l'étuve g %	13,1
Solides solubles d'après l'indice de réfraction g %	12,8
Sucres totaux en sucres intervertis g %	11,58
Sucres réducteurs g %	3,68
Saccharose g %	7,50
Acidité en meq. %	8,1
Acidité en SO ₄ H ₂ g %	0,40
Acidité en ac. citrique anhydre g %	0,51
N total g %	0,0497
Cendres g %	0,305

Le jus analysé a été extrait de cinq fruits de poids variant entre 1,100 kg et 1,500 kg en mars 1953.

Les glucides.

La tige de l'ananas est extrêmement riche en amidon ; par contre on n'a pu en déceler que quelques traces à la base du fruit. Il y aurait, pendant la maturation, transport d'amidon de la tige vers le fruit et, simultanément, transformation de cet amidon en sucre (KELLEY) (1). On a remarqué en effet que le fruit était particulièrement riche en sucres à la base, près de la tige. Cependant, ABEL et HORNER ont démontré que la teneur totale en amidon de la plante demeurait constante (1) ; ce qui laisse supposer que la synthèse d'amidon dans les feuilles compense exactement la saccharification au niveau du fruit.

Les sucres, substances énergétiques par excellence, représentent une fraction très importante de la partie comestible du fruit : à peu près les 9/10 de la matière sèche du jus ; 66 % du sucre existe sous forme de saccharose et 34 % sous forme de sucres réducteurs, glucose et fructose.

L'acidité.

L'acidité de l'ananas est très variable suivant les variétés, l'état de maturité du fruit et de nombreux autres facteurs que nous étudierons par la suite. Elle est un élément primordial du goût du fruit.

Exprimée en acide citrique anhydre, l'acidité est en moyenne, d'après MUNSON et TOLMAN, de 0,78 % (2) avec un maximum de 1,11 % et un minimum de 0,39.

En Guinée, avec la variété Baronne de Rothschild, un fruit au point de coupe a en moyenne une acidité de 0,65 g %.

Les principaux acides représentés sont l'acide citrique, entrant pour 87 % dans l'acidité totale du fruit mûr, et l'acide malique, pour à peu près 13 % (1).

Il paraîtrait plus logique de mesurer la saveur acide de l'ananas par son pH. Mais d'une part, la valeur du pH varie peu, de 3,6 à 4 en moyenne, et d'autre part, certaines observations nous font croire qu'il n'y pas dans tous les cas de rapport entre saveur acide et pH *in vitro*. Cette question est actuellement à l'étude.

Les éléments minéraux.

D'après MUNSON et TOLMAN (2), le pourcentage moyen de cendres est de 0,40. Cette teneur varie suivant les variétés de 0,27 à 0,55. La variété Baronne de Rothschild nous a donné 0,30 % de cendres.

La composition des cendres peut subir l'influence de la composition du sol. Mais s'il existe un rapport entre la composition minérale de la feuille et celle du sol, il n'en est pas de même pour le fruit.

L'ananas est surtout très riche en potassium. On voit que cet ion intervient dans l'anabolisme des glucides. Il agit d'autre part, comme nous le verrons par la suite, sur la formation des acides organiques.

Les matières azotées.

La teneur en azote total du jus d'ananas est assez constante et voisine de 500 mg par litre. L'azote se trouve surtout sous forme nitrique et ammoniacale et plus faiblement sous forme organique : protéines, peptides et aminoacides.

CHITTENDEN (4) a décelé en 1892 la présence de trois protéines distinctes : deux sont coagulables par la chaleur à 76° et 100° C. La troisième, non coagulable, est précipitée par l'acide acétique et le ferrocyanure de potassium.

L'influence de ces protéines sur la formation de dépôts dans les jus d'ananas pasteurisés n'est pas négligeable.

Nous avons trouvé dans un jus d'ananas fraîchement pasteurisé et homogénéisé, 15,9 % de l'azote sous forme protéique. Le jus avait été centrifugé à 2000 tours/minute pendant 10 minutes. Dans le culot de centrifugation il y avait 75,4 % de l'azote sous forme protéique.

Pour vérifier l'importance des matières protéiques dans les dépôts de jus pasteurisés, nous avons dosé l'azote total d'un jus d'ananas frais, puis centrifugé à 2000 tours/minute pendant 10 minutes, puis chauffé 5 minutes à 100° et centrifugé dans les mêmes conditions. Un litre de jus chauffé avait perdu 30 mg d'azote.

Vérification fut faite en dosant l'azote des culots de centrifugation. Le dépôt d'un litre de jus chauffé avait gagné 36,2 mg d'azote. Si nous admettons que ce dépôt d'azote est dû à la coagulation des matières protéiques, nous en déduisons que $36,2 \times 6,25$ soit 222 mg de matières protéiques ont déposé. Précisons que cette quantité représente 12,8 % de la matière sèche du dépôt total.

Les enzymes.

Les fruits renferment de très nombreux enzymes dont certains présentent une importance particulière :

La pectase

ou, avec plus de précision, la pectine méthyle estérase. Cet enzyme catalyse l'hydrolyse des esters méthyliques de la pectine. Par suite, les radicaux acides libérés peuvent se combiner aux ions Ca présents dans le jus du fruit et un gel de pectate de calcium se forme. Il est donc très important pour les conserveurs de vérifier l'inactivation des enzymes pectiques après pasteurisation des jus.

De nombreux tests ont été proposés. Nous avons expérimenté celui de KEW et VELDHUIS et celui de PATRON.

Dans le premier, on mesure au moyen d'un indicateur coloré, le rouge de méthyle, la quantité de radicaux carboxyles libérés par action de la pectine méthyle estérase du jus à doser, sur une solution de pectine.

Le second est basé sur la formation d'un gel après avoir mis en présence le jus et une solution de pectine et de chlorure de calcium.

Ces tests conviennent très bien aux jus d'agrumes. Mais les réactions sont beaucoup moins nettes avec le jus d'ananas. Nous en avons déduit que l'activité de la pectine méthyle estérase de l'ananas était très faible.

L'invertase.

En sa présence, le saccharose dissous dans le jus du fruit se dédouble en glucose et fructose. Mais il est possible que l'invertase soit détruite par flash-pasteurisation ; dans ce cas la lente inversion du saccharose que nous avons mesurée dans le jus d'ananas pasteurisé est une hydrolyse due à l'acidité du milieu.

	SUCRES TOTAUX	SUCRES RÉDUCTEURS
Jus frais	126,7 g/l	30,1
Jus pasteurisés :		
Jour 0	129,1	32,9
+ 2 mois	127	54,2
+ 7 mois	125	78
+ 9 mois	127,3	81,5

Les desmolases.

Catalysent l'oxydation de l'acide ascorbique présent dans le jus. Mais cette oxydation ne semble pas se faire directement, car on n'a trouvé ni acide ascorbique oxydase, ni phénolase dans l'ananas. Ce n'est qu'indirectement, par l'intermédiaire des quinones, qu'une peroxydase peut catalyser cette oxydation (9). D'autre part, le jus d'ananas contient des protecteurs d'oxydation comme le glutathion et des substances apparentées à la cystéine qui freinent ce phénomène.

Nous avons mesuré le taux d'oxydation de l'acide ascorbique à différentes températures : le jus de quelques ananas mûrs fut analysé immédiatement après l'extraction, puis une partie de ce jus fut laissée dans un récipient ouvert à l'air libre à température ambiante, 27°, l'autre partie dans un récipient identique en chambre froide, à 8° et à l'obscurité. Dans l'une et l'autre portion les dosages d'acide ascorbique furent faits périodiquement.

HEURE	JUS A 8° OBSCURITÉ	JUS A 27° LUMIÈRE
0	109 mg/l	109 mg/l
2	96	92
5	101	82
7	95	77

Nous remarquons qu'en chambre froide et à l'obscurité, après une légère oxydation, le jus reste stable.

Par contre, à 27° et à la lumière, l'acide ascorbique décroît de façon continue et cette perte atteint 30 % en 7 heures.

En général, l'oxydation de l'acide ascorbique est plus rapide pour un jus pasteurisé, dès l'ouverture de la boîte. Mais pour l'ananas, les substances protectrices dont nous avons parlé plus haut ralentissent fortement cette oxydation. SCOLAR et WILLARD (3) ont mesuré une perte de 1,1 % en 24 heures pour du jus d'ananas en conserve gardé entre 5 et 13° après l'ouverture de la boîte. Dans les mêmes conditions, du jus d'orange subissait une perte de 3 % et du jus de pomme, une perte de 24,1 %.

Il semble donc que la vitamine C soit particulièrement stable dans le jus d'ananas frais ou pasteurisé gardé à basse température.

La broméline.

CHITTENDEN, en 1892 (4), décela la présence dans l'ananas d'un enzyme protéolytique qu'il appela broméline. On peut isoler la broméline du jus d'ananas en la précipitant par l'alcool ou le sulfate d'ammonium. Avec ce dernier réactif, on obtient, à partir de 3 litres de jus, 5 g d'enzyme presque incolore.

Jusqu'à ces derniers temps, la valeur du jus d'ananas ne permettait pas d'extraire la broméline de façon rentable. Cependant, en 1956, la Hawaiian Pineapple Co a tenté l'opération sur une échelle réduite (10).

Similaire à la papaïne, la broméline digère les protéines et coagule le lait. Cette dernière propriété est utilisée pour mesurer son activité. Suivant la méthode

de BALLS et HOOVER, on mesure le temps nécessaire à la coagulation de 10 cm³ de lait à pH 4,6 en présence d'une quantité donnée de jus.

L'action du pH du milieu sur l'activité de la broméline est difficile à situer. Elle dépend en grande partie du substrat. Avec l'ovalbumine, le pH optimum est de 7, mais la broméline est active en milieu acide, neutre ou alcalin (5).

Au pH du jus, un chauffage à 62° prolongé 10 minutes l'inactive, mais l'augmentation de pH la rend plus résistante car, à pH 4,6, un chauffage de 66° pendant le même temps ne diminue que faiblement son activité.

La pasteurisation industrielle du jus d'ananas la détruit complètement. Cette destruction est d'une grande importance pratique, l'action de la broméline sur les protéines pourrait libérer des acides aminés qui donneraient au jus leur odeur et leur goût de fromage ou de poisson.

Il est arrivé que des jus en conserve présentent cet inconvénient, mais d'après ce que nous avons vu sur les températures d'inactivation de la broméline, elle ne peut en être la cause si les jus sont correctement pasteurisés.

Les vitamines.

L'ananas contient d'une part une provitamine insoluble dans le jus et faisant partie de la matière colorante de la pulpe, le carotène, et d'autre part des vitamines hydrosolubles : aneurine, riboflavine, amide nicotinique, acide ascorbique, acide pantothénique. Les vitamines sont donc représentées nombreuses mais en quantité modeste (3).

	CAROTÈNE	ANEURINE	RIBOFLAVINE	NICOTINAMIDE	AC. ASCORB.	AC. PANTOTHÉNIQUE
	microgramme pour 100 g 23-26-30	µg % g 50	µg % g 17-25	µg % g 180	mg % g 31-76	µg % g 100
Jus frais.		75	30-88	822	21-9	
Jus conservé					14	
Pulpe comestible . . .						

J. Lavollay et A. Patron : Les jus de fruits p. 12.

Une attention particulière sera donnée plus loin à l'acide ascorbique. Nous signalons qu'en Guinée la teneur en acide ascorbique d'un fruit mûr dépasse rare-

ment 8 à 10 mg pour 100 cm³ de jus. Mais un fruit vert, 15 jours avant sa maturité, en contient de 15 à 20 mg pour 100 cm³ de jus.

Principes constituant le parfum de l'ananas.

B. TKATCHENKO (1940) [15] attribue le parfum de l'ananas aux butyrates d'éthyle et d'amyle et ajoute que les quantités en sont fort inégales suivant les variétés étudiées.

Les substances volatiles responsables du goût et du parfum de l'ananas sont très délicates à isoler.

HAAGEN SMIT et ses collaborateurs (1945) (14) y sont parvenus en soumettant le fruit frais broyé à une distillation sous vide de 20 minutes : les principes volatiles étaient condensés dans des pièges à température de plus en plus basse, de + 25° à la température de l'air liquide. Ils obtenaient une petite quantité d'essence dont le parfum représentait exactement celui de l'ananas. Les esters signalés par B. TKATCHENKO n'ont pas été trouvés.

Ces chercheurs, travaillant en Californie sur fruits de variété Cayenne lisse, avaient remarqué une grande différence entre fruits d'hiver et fruits d'été, beaucoup plus parfumés. Ils obtinrent en effet 190 mg d'essence par kilogramme de fruit d'été et 15,6 par kilogramme de fruit d'hiver. Les fruits d'été se distinguaient surtout par une plus grande richesse en acétate d'éthyle et alcool éthylique.

FRUITS D'HIVER	
Acétate d'éthyle	2,91
Acétaldéhyde	0,61
Isocaproate de méthyle.....	1,4
Isovalérate de méthyle.....	0,6
n-valérate de méthyle.....	0,49
Caprylate de méthyle.....	0,75
Ester méthylique d'un acide-alcool à 5 carbones.....	traces
Composés contenant du soufre.....	1,07
FRUITS D'ÉTÉ	
Acétate d'éthyle	119,6
Alcool éthylique	60,5
Acétaldéhyde	1,35
Isovalérate d'éthyle	0,39
Méthyle isopropyle cétone.....	traces
Acrylate d'éthyle	0,77
n-caproate d'éthyle	0,77

Il existe donc de grandes différences de parfum suivant les saisons. Nous avons trouvé en Guinée que les fruits mûrissant en période intermédiaire hivernage-saison sèche étaient plus parfumés. Les fruits de début d'hivernage dégagent, coupés, un parfum différent et

leur teneur en alcool éthylique représente deux à trois fois celle des fruits de saison sèche. Cela pourrait être attribué à un début de fermentation, car l'état de maturité a une très grande importance et le parfum se développe surtout dans les quinze jours qui précèdent la maturité complète.

Relations entre taille et composition du fruit.

E. V. MILLER (11) a étudié sur différentes variétés les relations pouvant exister entre le poids du fruit et sa teneur en sucre mesurée par l'extrait sec soluble, l'acidité totale et la teneur en acide ascorbique (voir tableau 4).

Il a déduit de ces résultats qu'il existe peu de corrélations entre poids du fruit, teneur en solides solubles et acides totaux.

Nous avons combiné en Guinée les observations de cet ordre avec les observations sur le rendement en jus de fruits de diverses tailles et la variation de composition chimique au cours de la campagne de production. Les fruits étaient groupés en trois catégories : gros fruits de plus de 2 kg, fruits d'environ 1,500 kg et petits fruits de moins de 1 kg. Nous avons périodiquement, tout au long de la campagne, choisi 25 fruits pour chaque catégorie, de même maturité apparente (couleur de l'écorce 1/4 jaune-orangé 3/4 vert), dans la production générale de la station. Ces fruits étaient aussitôt pelés et coupés en cubes, y compris le cœur, puis broyés par catégorie dans une presse à vis Colin.

Nous mesurons le rendement en jus et, après homogénéisation, un échantillon de ce jus moyen était analysé (voir tableau 5).

D'après ces résultats, il ne semble pas y avoir de rapport entre poids du fruit et extrait sec soluble. Il n'existe pas non plus de corrélation entre teneur en acide ascorbique et poids du fruit.

Par contre, dans tous les cas, l'acidité totale est d'autant plus faible que le fruit est plus gros.

Influence du climat sur la composition du fruit.

D'après KOPP (cette plante...) « préfère les pluies bien réparties sans saison sèche trop marquée. Cependant, les ananas bien enracinés ne souffrent pas trop de la sécheresse » (1).

La campagne de production commence en Guinée dès la fin de l'hivernage, fin novembre, et se poursuit pendant toute la saison sèche jusqu'en avril. On a donc en décembre des fruits dont le plant a été très arrosé et qui ont profité d'un bon ensoleillement au moment de la maturation. En janvier, février et mars, la sèche-

resse est intense ; à la fin mars-début avril l'hygrométrie s'élève et il tombe une ou deux averses, la nuit.

Les résultats du tableau 6 sont significatifs des réactions du fruit à cette sécheresse. Les fruits de fin décembre sont les plus sucrés et les plus acides ; ils sont plus sucrés qu'au début du mois, car ils ont mûri à une période moins humide. Puis, la teneur en sucre s'abaisse légèrement à partir de fin janvier, elle remonte ensuite légèrement en avril.

L'acidité baisse lentement de décembre à février, puis beaucoup plus brusquement fin février. Elle remonte ensuite légèrement en avril. Notons, début décembre et début avril, une anomalie pour les gros fruits. La baisse d'acidité à ces époques est due à une affection, « le jaune de l'ananas » qui atteint principalement les gros fruits (12).

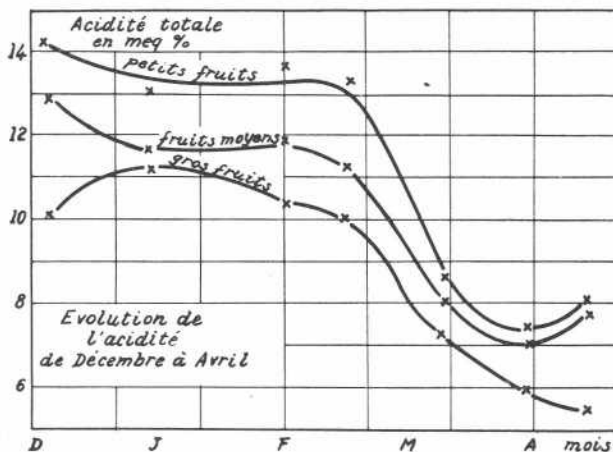
L'évolution de la teneur en acide ascorbique est très semblable à l'évolution de l'acidité.

TABLEAU 4

MILLER E. V. — Relation entre poids, rendement en jus et composition de diverses variétés d'ananas.

VARIÉTÉS	POIDS en g	RENDEMENT EN JUS	EXTRAIT SEC SOLUBLE g %	ACIDITÉ TOTALE g %	ACIDE ASCORBIQUE mg %
Abachi 1948	661	29	8,9	0,70	51,9
Abachi 1950	1 131	23	9,7	1,13	52,1
Cayenne. 1948	984	29	9,1	0,99	19,3
Cayenne. 1950	1 670	26	11,0	0,80	13,0
Red spanish 1948	932	26	10,3	0,92	17,6
Red spanish 1950	787	31	13,6	0,92	17,4
Queen. 1949	708	25	12,6	0,91	35,8
Natal 1949	767	22	15,8	0,91	10,0
Natal 1950	641	29	14,5	—	—

En conclusion, la plantation d'ananas commence à souffrir au bout de deux mois de sécheresse ; le méta-



bolisme des fruits est alors différent. L'accumulation des sucres est plus faible et la formation des acides et en particulier de l'acide ascorbique est très diminuée.

Influence de la fumure sur la composition de l'ananas.

Il existe peu de publications à ce sujet. Nous rappellerons donc uniquement ici les résultats que nous avons obtenus et qui ont déjà été publiés dans cette revue (13).

L'azote sous forme de sulfate d'ammoniaque n'a pas d'influence sur la teneur en sucre du fruit, mais il abaisse l'acidité.

Si

N⁰ = 0 g de sulfate d'ammoniaque par pied

N₁ = 20 g

N₂ = 40 g

Nous avons pour N⁰ une acidité moyenne de 9,63 meq. ‰

N₁ 8,80

N₂ 8,37

On a remarqué d'autre part que l'azote favorise le développement de la plante et du fruit. Or, nous avons vu plus haut que les gros fruits avaient l'acidité la plus basse. Il se pourrait donc que les gros fruits proviennent

TABLEAU 5

Relation entre poids, saison et composition du fruit.

DATE	POIDS MOYEN kg	EXTRAIT SOLUBLE g %	ACIDITÉ TOTALE meq. %	ACIDE ASCORBIQUE mg %	RENDEMENT EN JUS
4 décembre	0,906	13,85	14,55	10,7	0,46
	1,477	13,25	13,00	10,0	0,54
	2,404	13,90	10,15	10,9	0,60
28 décembre.....	0,909	14,6	13,12	10,9	—
	1,369	15,0	11,75	10,5	0,51
	2,216	14,6	11,36	9,4	0,56
30 janvier	0,934	12,7	13,7	11,5	—
	1,497	13,0	11,9	10,7	0,49
	2,222	14,0	10,5	9,8	0,53
14 février.....	0,918	12,0	12,33	10,8	0,48
	1,536	12,8	11,38	10,7	0,51
	2,303	12,8	10,13	9,3	0,54
8 mars	0,895	13,2	8,74	7,2	0,42
	1,478	12,2	8,14	7,7	0,49
	2,326	12,5	7,31	7,3	0,57
28 mars	0,897	12,8	7,50	6,6	0,48
	1,370	12,9	7,20	5,6	0,56
	2,219	13,0	6,07	6,5	0,56
12 avril	0,880	13,8	8,33	6,9	0,41
	1,433	13,9	7,97	6,6	0,52
	2,282	13,6	5,54	5,1	0,55

de plants bien pourvus en azote, ou l'assimilent de meilleure façon, cet azote ayant par la suite une action négative sur l'acidité du fruit.

Le potassium fut administré sous forme de sulfate de potasse. Sans action sur la teneur en sucres, il accroît de façon significative l'acidité.

Si

$K^0 = 0$ g de sulfate de potasse par pied

$$K_1 = 13,3$$

$$K_2 = 26,7$$

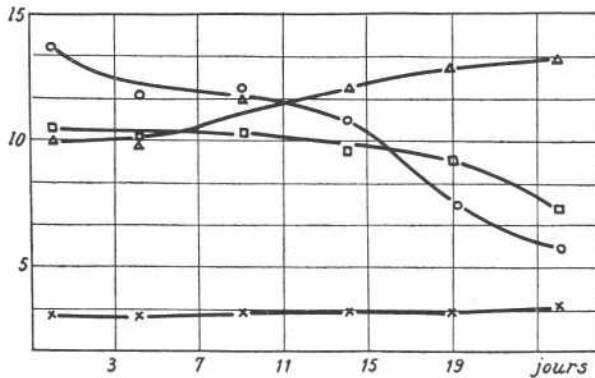
Nous avons pour K_0 une acidité moyenne de 6,97 meq. %

$$\begin{array}{r} K_1 \\ K_2 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 9,37 \\ 10,51 \end{array}$$

L'azote et le potassium ont aussi une action contraire sur la couleur du fruit.

L'azote renforce la coloration de la pulpe et diminue celle de l'écorce. Le potassium a l'effet inverse.

Le phosphore ne semble avoir d'influence, ni sur la teneur en sucre, ni sur l'acidité.



Evolution de différents constituants du fruit au cours de la maturation.
 o Acide ascorbique en mg %.
 Δ Sucres totaux en g %.
 x Sucres réducteurs en g %.
 □ Acidité totale en meq %.

La maturation de l'ananas.

Le fruit est le siège de transformations nombreuses au cours de la maturation. KELLEY (2) en 1910 avait étudié cette évolution sur variété Cayenne lisse aux Hawaï. Après avoir analysé des fruits verts, juste avant le début d'un changement de coloration, puis des fruits dont le 1/4 était coloré, des fruits à moitié colorés, et des fruits entièrement mûrs, il concluait à une forte augmentation de l'acidité, à peu près du simple au double, et à une augmentation de la teneur en sucre, surtout du saccharose. Cet auteur attribuait l'enrichissement en sucre du fruit mûrissant à la transformation de l'amidon de la tige en sucres et à leur transport dans le fruit pendant la maturation. En effet, des fruits coupés verts mûrissaient mais étaient bien moins sucrés que des fruits mûrs sur pied.

Nous avons étudié la maturation de l'ananas sur des fruits pris dans un carré particulièrement homogène de la plantation. Les ananas avaient leur taille maximum mais la couleur de leur peau restait verte. Nous avons coupé 15 fruits de poids sensiblement égal tous les 5 jours à partir de ce jour 0.

Les fruits pelés et pressés, le jus était analysé dans la journée.

Sucres totaux et réducteurs ont été dosés par la méthode de G. BERTRAND.

L'acidité totale fut titrée par la soude N/10 en présence de phénol-phtaléine et mesurée en milliéquivalents pour 100 cm³ de jus.

L'acide ascorbique fut dosé sous forme réduite, par décoloration du 2,7-dichlorophénol-indophénol au photomètre MEUNIER.

Les fruits choisis les jours 0, 4 et 9 étaient encore colorés en vert. Cependant, les phénomènes chimiques de la maturation ont débuté par une perte rapide d'acide ascorbique, et par une augmentation des sucres totaux. Sucres réducteurs et acidité totale ne varient guère.

A partir du 9^e jour, les fruits ont commencé à se colorer en rouge orangé près du pédoncule. Cette couleur remplaçant la couleur verte graduellement jusqu'au sommet du fruit. Au cours de cette période, les sucres totaux ont augmenté de façon continue, mais les sucres réducteurs sont restés constants. L'acidité totale a diminué (contrairement aux observations de KELLEY) et la teneur en acide ascorbique a fortement décri.

Au 24^e jour, la maturité dépassée, des fermentations se déclarent dans la pulpe.

Détail de l'évolution dans le fruit.

Les fruits sont hétérogènes et n'ont pas en tous points la même composition. On peut cependant distinguer des variations progressives d'un point à un autre, ou gradients.

MILLER (et Coll.) (7), DUPAIGNE (8), ont montré que pour des ananas mûrs récoltés depuis quelques jours, la teneur en sucre diminuait régulièrement de la base vers le sommet, et que le phénomène inverse se produisait pour l'acidité totale et l'acide ascorbique. Ils en déduisent que la maturité du fruit est plus avancée à la base qu'au sommet.

A partir de quel stade de maturité cette répartition s'établit-elle ? C'est ce que nous avons examiné en suivant l'évolution des différentes parties du fruit pendant la maturation.

ÉCHANTILLONNAGE.

Suivant la méthode précédemment décrite, les fruits ont été coupés dans un carré homogène. Sur six doubles rangées de plants d'ananas, nous avons délimité une longueur contenant 25 plants. A intervalles réguliers dans le temps, nous avons coupé 4 fruits sensiblement identiques en poids par double rangée. L'échantillon comprend donc 24 fruits.

Les opérations ont débuté quand les fruits, de taille maximum, étaient encore très verts (jour 0). Au jour 13, les fruits ont commencé à rougir près du pédoncule. Ils étaient à moitié colorés au jour 20 et presque

entièrement colorés au jour 28, fin de l'expérimentation.

Au laboratoire, chaque ananas fut découpé en neuf parties : trois parties égales du pédoncule à la couronne, découpées perpendiculairement à l'axe du fruit : base B, milieu M, haut H. Chacune de ces parties fut ensuite découpée en trois parties concentriques : cœur ou cylindre central, partie fibreuse prolongeant la tige (I), la pulpe médiane, comprenant la zone ovarienne des fruits élémentaires (2) et la pulpe adjacente à l'écorce (3). L'écorce est jetée.

Nous avons obtenu neuf échantillons en mélangeant les parties homologues de chaque fruit : H₁, H₂, H₃, M₁, M₂, M₃, B₁, B₂, B₃.

Les échantillons furent pressés et analysés dans la journée.

ANALYSES.

Elles furent réalisées comme dans l'étude précédente. Le dosage des sucres réducteurs et totaux a été supprimé. Nous nous sommes contenté de la mesure de l'extrait sec, sachant qu'elle est supérieure de 1,5 % environ à celle des sucres totaux.

Les sucres.

On peut classer, par ordre de richesse croissante, le cœur, la pulpe adjacente à la peau, la pulpe centrale.

Au jour 0, de la base au sommet, le fruit était homogène pour les parties homologues, en ce qui concerne les sucres ; mais, dans le premier temps des observations, la quantité de sucre s'est accrue très rapidement à la base, plus lentement au milieu et très lentement au sommet du fruit, de sorte qu'à partir du 6^e jour on a vérifié ce qui a déjà été énoncé pour les fruits mûrs, que la teneur en sucres diminue régulièrement de la base vers le sommet.

Pour toutes les parties, sauf le cœur qui est stable à partir du 20^e jour, la richesse en sucre s'est accrue lentement jusqu'à la fin des observations. La décroissance observée pour M₂ paraît être une anomalie.

L'acidité totale.

Toute la pulpe a paru homogène en acidité avec cependant une légère tendance à être plus acide à la base qu'au sommet. Le cœur était très peu acide.

Au cours de la maturation, l'acidité s'est affirmée dans la pulpe adjacente à la peau et n'a diminué que lorsque le fruit était coloré aux trois quarts.

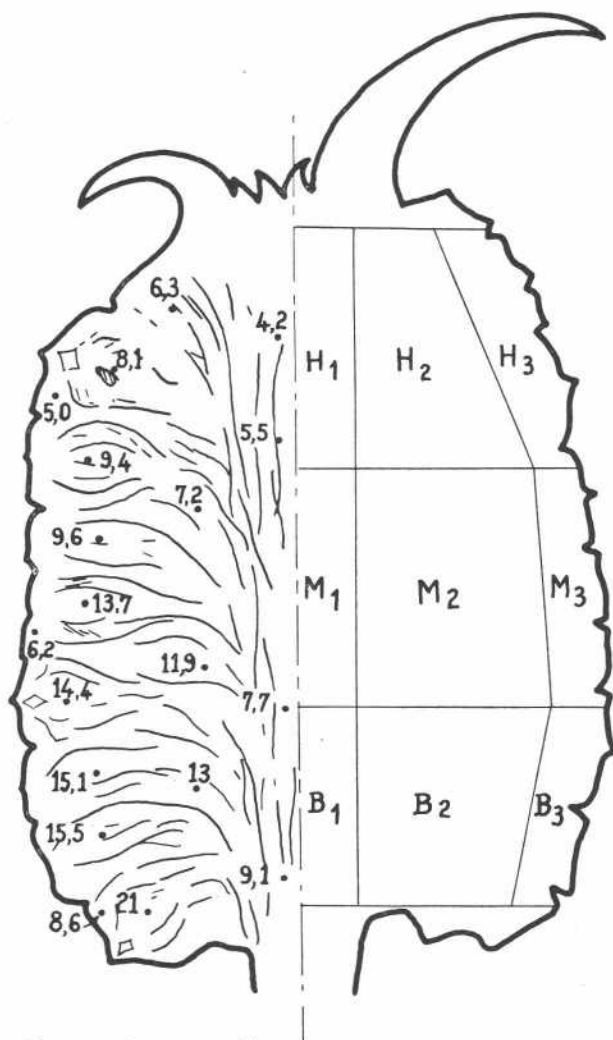
La pulpe centrale a perdu rapidement de l'acidité à partir du 6^e jour des observations. Cette perte fut plus rapide vers le bas du fruit.

Le cylindre central a varié très peu, sauf au sommet du fruit où il a gagné de l'acidité.

En fin de maturation, l'acidité augmentait progressivement de la base vers le sommet.

L'acide ascorbique.

L'acide ascorbique réduit existe à dose relativement élevée dans le fruit vert. Sa répartition est beaucoup

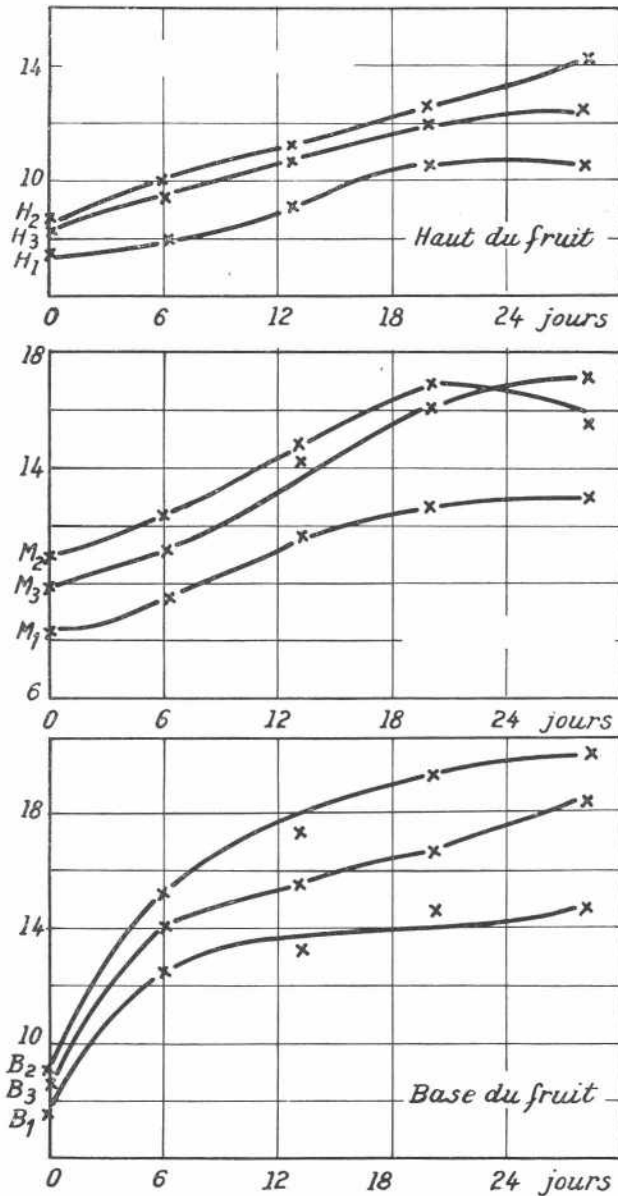


Variations de l'extract sec dans le fruit et schéma de l'échantillonnage pour l'étude "Évolution dans le fruit".

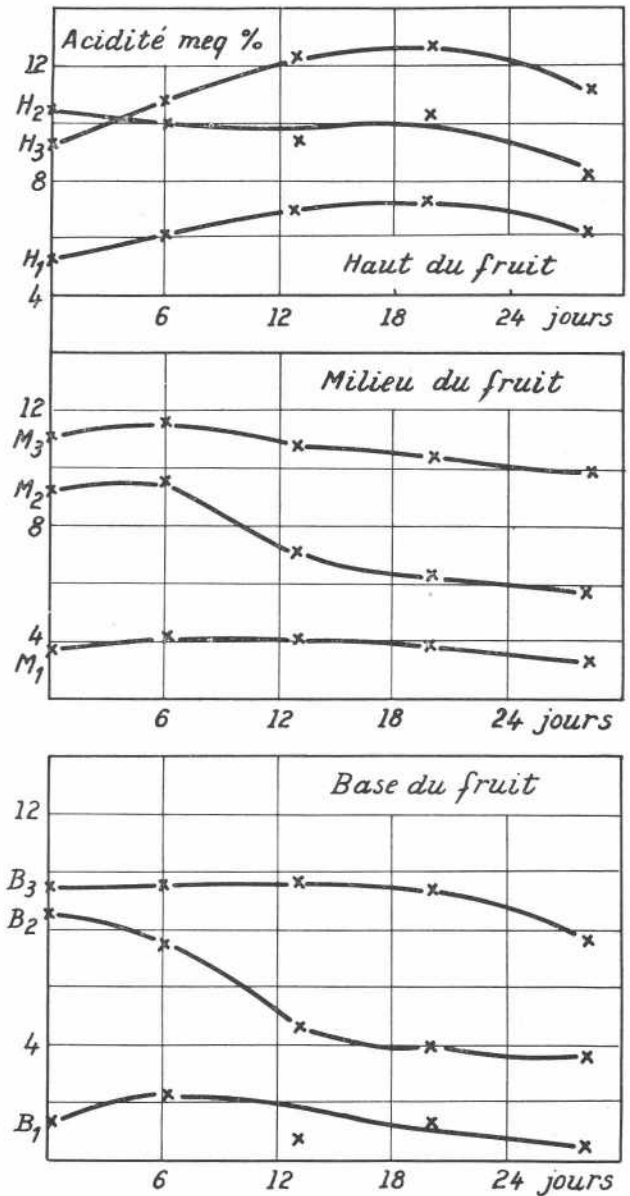
FIG. 1.

plus homogène que celle des sucres et des acides. Il se trouve en quantité légèrement inférieure à la base du fruit.

Les pertes en acide ascorbique furent rapides dans



Évolution de l'extrait sec soluble en fonction du temps.



Évolution de l'acidité en fonction du temps.

toutes les parties du fruit dès le début de l'expérimentation.

Sa rétention paraît plus importante dans le cœur du fruit et sous la peau.

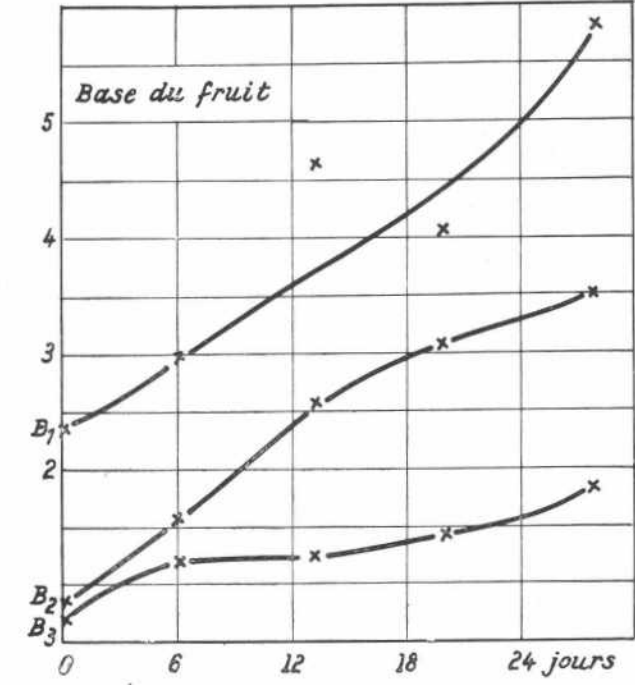
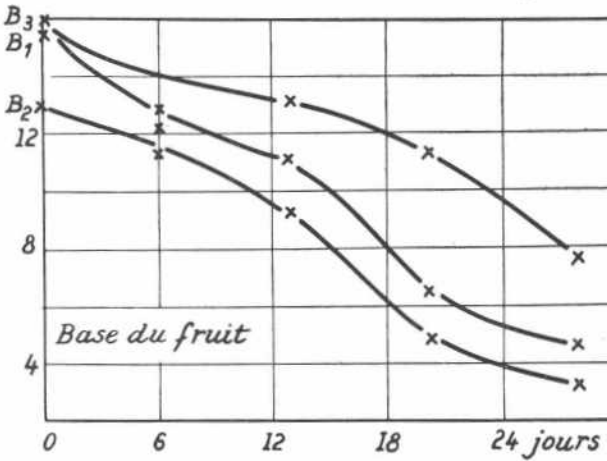
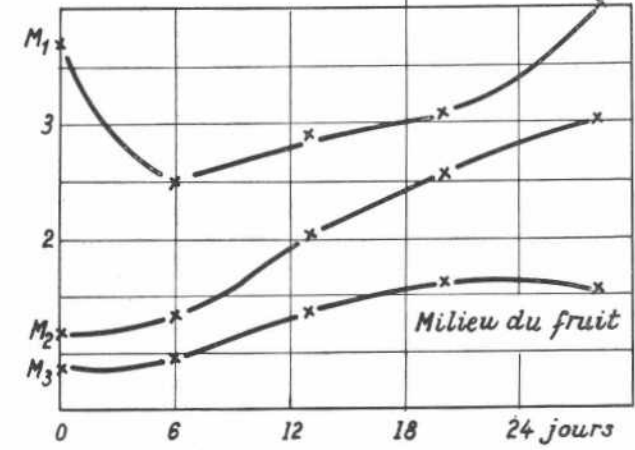
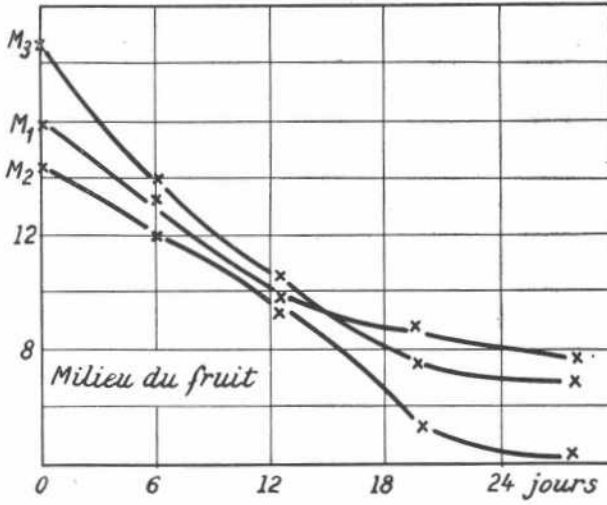
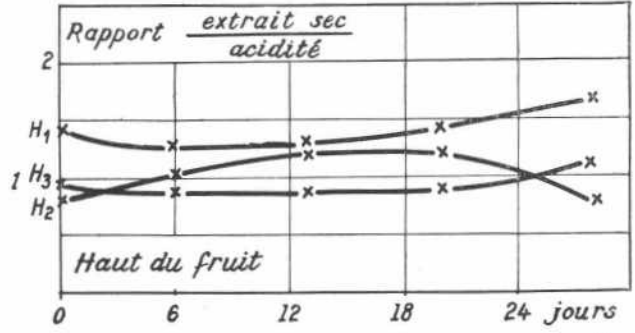
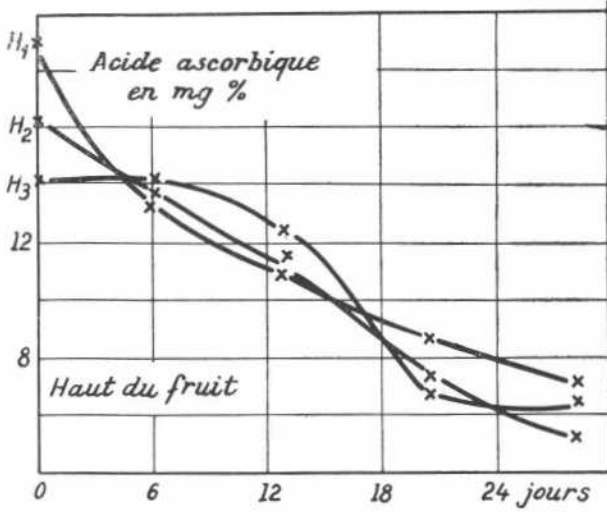
Le rapport extrait sec/acidité.

Ce rapport, qui caractérise en partie le goût du fruit, est en conséquence utilisé comme indice de maturité. Ce serait pourtant une erreur de comparer le rapport

ES/A de parties physiologiquement différentes comme le cœur et la pulpe, pour en déduire leur maturité relative.

Le rapport ES/A s'est accru très rapidement à la base du fruit, et de plus en plus lentement vers le sommet où il a paru stable.

Il est élevé pour le cœur, surtout à cause de la très faible acidité de ce dernier et augmente plus rapidement pour la pulpe centrale que pour la pulpe adjacente à la peau.



* * *

La maturation peut être caractérisée comme une période de la vie du fruit au cours de laquelle se déclenchent et se poursuivent des réactions biochimiques aboutissant à un état passager, celui de la maturité, dans lequel les qualités organoleptiques du fruit atteignent leur maximum.

Les actions enzymatiques à l'origine de ces phénomènes paraissent chez l'ananas prendre naissance simultanément dans tout le fruit. En premier lieu, destruction de l'acide ascorbique, formation des sucres-saccharose — puis, avec un retard de quelques jours, décarboxylation des acides.

Ces deux dernières réactions sont plus intenses à la base du fruit et dans la pulpe médiane, régions les plus riches et les mieux approvisionnées à partir de la tige.

Ces régions atteignent les premières l'état de maturité.

Le sommet du fruit ne parvient pas à une maturité aussi parfaite, car les réactions y sont plus lentes dans un milieu moins riche.

Valeur alimentaire de l'ananas

Le jus d'ananas contient à peu près toutes les substances nutritives du fruit, aussi ne ferons-nous état que de sa composition.

Aliment énergétique, le jus d'ananas est, après le jus de raisin, le plus sucré de tous les jus de fruit. Un verre de jus, soit à peu près 150 cm³, fournit à l'organisme 75 calories.

Le rôle des acides organiques présents dans l'ananas est discuté. D'après certains auteurs (3) les acides organiques seraient utilisés par l'organisme et auraient donc des propriétés énergétiques. Cependant, si ces acides ne sont pas complètement digérés, on peut leur

attribuer une action déminéralisante, en particulier à l'acide citrique qui a une grande affinité pour le calcium. Précisons ici que si l'on a observé des décalcifications à la suite de l'absorption exagérée de jus de citron, la consommation raisonnable d'un jus très moyennement acide comme le jus d'ananas ne peut faire redouter aucun accident de cette sorte. On lui reconnaîtrait plutôt des propriétés alcalinisantes dues à sa forte teneur en potassium.

D'autre part, si le calcium est présent en assez faible quantité dans l'ananas, le rapport Ca/P, voisin de 3 d'après L. RANDOUIN, en favorise l'assimilation. Il a été reconnu que de nombreux cas de rachitisme infantile étaient dus à un excès de phosphore par rapport au calcium dans l'alimentation.

Les vitamines ne s'y trouvent pas en grande quantité mais elles y sont presque toutes présentes (3). Seule la vitamine D fait complètement défaut. Il est important de remarquer la stabilité particulière de la vitamine C dans les jus d'ananas, par suite d'une part de l'absence d'acide ascorbique oxydase, catalysant l'oxydation directe de la vitamine C par l'oxygène de l'air, et de la présence d'autre part de protecteurs d'oxydation.

L'ananas peut-il aider à la digestion grâce à la broméline qu'il contient ? Cette question a été incomplètement résolue. Très actif « *in vitro* » (3) le jus d'ananas frais possède même un pouvoir vermifuge efficace. Il semble que son action soit beaucoup plus atténuée « *in vivo* » ; on lui attribue un pouvoir décapant sur les muqueuses de la bouche (1). Cet inconvénient ne se présente pas avec le jus en conserve, la broméline étant inactivée par la pasteurisation.

En résumé : le jus d'ananas, par sa teneur en sucre, son acidité modérée, sa richesse vitaminique et surtout son parfum et son goût, se classe parmi les meilleurs des jus de fruits.

Pour être instructive, la notion de composition chimique du fruit ne doit pas être statique. Il importe de la situer dans un état évolutif créé par la variation de divers facteurs : temps, humidité, engrais, maturité, localisation de l'endroit analysé dans le fruit.

Les résultats que nous avons exposés ne prétendent pas être complets. Nous n'avons souvent fait qu'effleurer les problèmes que posent la physiologie du fruit, les rapports entre sa composition et la nutrition du plant, le rôle des enzymes qu'il contient.

Nous avons l'intention de compléter certains chapitres. Ainsi, l'étude de l'évolution du fruit après la coupe, au cours de son entreposage, fera suite à l'étude de la maturation et pourra fournir des enseignements utiles et d'un intérêt pratique. Nous élargirons nos connaissances au sujet de l'influence des éléments minéraux sur la composition du fruit. Enfin, nous souhaiterions étudier dans quelle mesure l'irrigation pourrait remédier à l'action néfaste de la sécheresse prolongée.

Foulaya, le 2 février 1958.

Station Centrale des Cultures Fruitières tropicales.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) KOPP A. — Les ananas (1929).
 (2) MAXWELL O. JOHNSON. — The pineapple (1935).
 (3) LAVOLLAY J. & PATRON A. — Les jus de fruits (1948).
 (4) TRESSLER, JOSLYN & MARSH. — Fruit and vegetable juices (1939).
 (5) TAUBER. — The Chemistry and Technology of enzymes (1950).
 (6) RANDOUIN L. — Vues actuelles sur le problème de l'alimentation (1937).
 (7) MILLER E. V. & HALL G. — Distribution of total soluble solids, ascorbic acid, total acid and bromelin activity in the fruit of the Natal pineapple. *Plant. Phys.*, vol. 28, n° 3, Jul. 1953.
 (8) DUPAIGNE M. — Les différences d'indice de maturité entre les diverses parties des fruits. *C. R. Acad. Agric. France*, décembre 1953.
 (9) WATTS J. H. & GRISWOLD R. M. — Enzyme and ascorbic acid content of fresh and frozen pineapple. *Food Res.*, mars-avril 1953, vol. 18, n° 2.
 (10) ANONYME. — New pineapple enzyme. — *Food Eng.*, oct. 1956, vol. 28, n° 10, p. 181.
 (11) MILLER E. V. — A study of the relation between weight and juice content and composition of pineapple fruit. *Food Res.*, mars-apr. 1953, vol. 18, n° 2.
 (12) HUET R. — Contribution à l'étude du jaune de l'ananas en Guinée, *Fruits*, 1953, vol. 8, n° 11.
 (13) PY et Coll. — La fumure de l'ananas en Guinée française. *Fruits*, 1956, vol. 11, n° 1.
 (14) HAAGEN-SMIT A. J., KIRCHNER J. G., PRATER A. N., DEAZY C. L., Chemical studies of pineapple. *J. Amer. Chem. Soc.*, 1945, vol. 67, p. 1646-1650.
 (15) KRATCHENKO B. — La technologie de l'ananas (1941).

La culture de l'ananas en Guinée

MANUEL DU PLANTEUR

par

C. PY, M. A. TISSEAU

et leurs assistants **B. OURY** et **F. AHAMADA**

Cet ouvrage publié par l'Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer (I. F. A. C.), est destiné aux planteurs de Guinée et des pays de zone intertropicale qui connaissent une longue saison sèche.

Les auteurs n'ont pas la prétention d'être complets étant donné que les techniques évoluent constamment. En effet, la découverte, chaque année, de nouveaux produits (engrais, insecticides, herbicides) et la mise au point de nouvelles méthodes apportent d'importantes transformations dans tous les domaines. Ce livre intéresse aussi les producteurs d'autres régions, car il reprend systématiquement tous les travaux effectués pour cette culture sur la station centrale de l'Institut (Kindia-Guinée). Ils y trouveront donc rassemblées toutes les indications nécessaires à une culture rationnelle et intensive de cette plante fruitière. Cela doit donc constituer pour eux un guide, compte tenu des transpositions indispensables qu'imposent des conditions écologiques différentes.

Souscription à *Fruits*, 6, rue du Général-Clergerie, Paris, 16^e
 C. C. P. Paris 4870-60. Prix : **3 000 Fr.**