

Caractéristiques des amidons de plantes alimentaires tropicales

F. DELPEUCH, J. C. FAVIER et R. CHARBONNIÈRE *

avec la collaboration technique de Marie-Madeleine de BERRY

O.R.S.T.O.M., Centre pluridisciplinaire de l'Office National
de la Recherche Scientifique et Technique,
B.P. 193 Yaoundé (République Unie du Cameroun)

* Laboratoire de Technologie alimentaire, I.N.R.A.,
C.E.R.D.I.A., 91305 Massy (France)

Résumé

La ressource potentielle en amidon représentée par de nombreux végétaux tropicaux est très importante, mais l'extension des utilisations de leurs amidons implique une meilleure connaissance des caractéristiques et propriétés de ceux-ci. Trente amidons de plantes tropicales de divers genres, espèces et variétés ont été étudiées. Leur composition chimique, teneur en amylose, forme, taille et type d'organisation cristalline sont rapportés et comparés.

Les teneurs en amylose des grains d'amidon de variétés d'une même espèce sont souvent très voisines, mais des différences importantes sont aussi observées entre variétés de quelques espèces. Aucune relation n'apparaît entre le type d'organisation cristalline des grains d'amidon et leur teneur en amylose, alors que, sans avoir valeur de critère absolu, leur taille moyenne dominante peut laisser présumer de ce type : B, dans le cas des amidons à grains de dimensions supérieures à 30 μm , A ou C, pour la plupart des amidons à grains plus petits. Le type d'organisation cristalline est le même pour les amidons provenant de variétés d'une même espèce végétale, mais peut être identique ou différent lorsqu'il s'agit d'amidons issus d'espèces d'un même genre. La localisation des lieux de culture des végétaux ou l'année de la récolte n'ont aucune influence sur la teneur en amylose, la morphologie ou le type d'organisation cristalline des grains d'amidon.

Mots. clés : *amidons tropicaux, composition, caractéristiques physiques.*

I. — Introduction

De nombreux végétaux de zone tropicale produisent des tubercules, des racines ou des fruits riches en amidon. Très souvent, ces productions végétales sont d'importance primordiale pour les populations locales, car elles sont à la base de leur alimentation. Bien que l'information les concernant présente encore des lacunes, les valeurs déduites des estimations statistiques publiées (F.A.O. 1975)

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° : 4059 ex 1

Cote

B

O. R. S. T. O. M. - 9

Collection de Référence

4059
ex 1
AVR. 1979
9385 Nub.

rendent déjà bien compte de leur ampleur, notamment par comparaison avec la production de pomme de terre en zone tropicale et dans le monde (tabl. 1). Toutes sont en augmentation par rapport aux estimations de COURSEY et HAYNES (1970), déduites des statistiques F.A.O. pour 1967.

TABLEAU I

Production estimée(*) de racines et tubercules alimentaires,
en zone tropicale et dans le monde (en milliers de tonnes métriques)

| | Manioc | Igname | Taro | Patate douce | Pomme de terre | Totaux |
|--|---------|--------|-------|--------------|----------------|---------|
| Amérique tropicale et Caraïbes | 29 992 | 48 | — | 2 132 | 5 868 | 38 040 |
| Asie tropicale et Océanie | 28 241 | 230 | 344 | 7 594 | 6 750 | 43 159 |
| Afrique tropicale | 43 972 | 19 539 | 3 569 | 5 571 | 1 407 | 74 058 |
| Totaux | 102 205 | 19 817 | 3 913 | 15 297 | 14 025 | 155 257 |
| Production totale mondiale | 105 209 | 20 198 | 4 502 | 136 570 | 291 321 | 557 800 |

(*) Valeurs dérivées de l'Annuaire F.A.O. de la Production, 1975, 29, 80-87.

Les rendements potentiels énormes des végétaux considérés leur confèrent un grand intérêt, non seulement pour l'alimentation humaine mais aussi pour l'alimentation animale et pour les applications industrielles de l'amidon. Pourtant, actuellement encore, leur utilisation reste le plus souvent limitée à des préparations alimentaires artisanales. Cet aspect n'est sans doute pas étranger au fait que les amidons des végétaux tropicaux ont été beaucoup moins étudiés que les amidons usuels, alors que la valorisation rationnelle d'un amidon implique la connaissance préalable de ses propriétés. Aussi, depuis quelques années, certains d'entre eux font-ils l'objet d'études en Afrique occidentale, en Inde, au Brésil, à Porto Rico, notamment ceux d'igname (*Dioscorea*) BERRIOS et GONZALEZ, 1971, BRENNAN et SODAH AYERNOR, 1973, FAVIER, 1969, HOLLO et GUILBOT, 1964, MARTIN et THOMPSON, 1971, MIEGE, 1948, 1957, RAO et BERI, 1952, 1955, RASPER, a) b) 1969, 1971, RASPER et COURSEY, 1967, ROSENTHAL *et al.*, 1972, 1974), de taro (*Colocasia antiquorum*) (FAVIER, 1969, RASPER, a) b) 1969, 1971, HIGASHIHARA *et al.*, 1975), de macabo (*Xanthosoma sagittifolium*) (BERRIOS et GONZALEZ, 1971, FAVIER, 1969, RASPER, a) b) 1969, 1971), de patate douce (*Ipomoea batatas*) (FAVIER, 1969, RAO et BERI, 1952, RASPER, a) b) 1969, 1971), de fruit de l'arbre à pain (*Artocarpus communis*) (BERRIOS et GONZALEZ, 1971, CORREA *et al.*, 1970, FAVIER, 1969, ROSENTHAL *et al.*, a) 1974), de banane plantain (*Musa paradisiaca*) (BERRIOS et GONZALEZ, 1971, FAVIER, 1969, RASPER, a) b) 1969, 1971), de légumineuses (*Leguminosae*) (ROSENTHAL et ESPINOLA, 1969, ROSENTHAL et NAKAMURA, 1972, ROSENTHAL *et al.*, 1970, 1971, a) b), 1974) et de quelques autres végétaux indigènes (ABD-ALLAH *et al.*, 1974, BERRIOS et GONZALEZ, 1971, FAVIER, 1969, RAO et BERI,

1952, RASPER, a) b) 1969, 1971, ROSENTHAL et ESPINOLA, 1969, SRIVASTAVA *et al.*, 1970).

Afin de recueillir des données susceptibles d'aider à la promotion d'utilisations nouvelles, artisanales ou industrielles, alimentaires ou non, pour des amidons de végétaux de zone tropicale camerounaise, leur composition chimique, leur morphologie, leur structure et certaines de leurs propriétés ont été étudiées. L'acquisition de données nombreuses est en effet nécessaire en raison de la variété des utilisations possibles d'un amidon et compte tenu de ce que le grain d'amidon constitue une entité complexe dont les propriétés dépendent de paramètres multiples. Par exemple, le fait qu'à l'état cru certains amidons ne résistent que partiellement aux processus d'hydrolyse intervenant dans leur utilisation digestive, alors que d'autres sont totalement indigestibles, ne peut être qu'en relation avec leur composition chimique et leur structure. D'autre part, la digestibilité d'un amidon étant améliorable par un traitement thermique convenable (FAVIER, 1969, CERNING-BEROARD et LE DIVIDICH, 1976, LE DIVIDICH, 1977), la connaissance de ses propriétés physicochimiques peut aussi aider à comprendre l'action du traitement. C'est ainsi que pour appréhender le comportement d'un amidon à une cuisson, il est nécessaire de connaître non seulement sa composition chimique, sa teneur en amylose (RAO *et al.*, 1952), sa structure, mais aussi ses propriétés de gonflement et de solubilisation. Il en va de même pour ses aptitudes à des transformations technologiques, telles la fabrication de films protecteurs (DEATHERAGE *et al.*, 1954, 1955, WOLF *et al.*, 1951) ou d'agents épaississants. L'étude des propriétés physicochimiques d'un amidon se situe donc au premier stade d'une recherche de développement. Par ailleurs, l'étude biochimique peut apporter aussi des données intéressantes puisque la sensibilité d'un amidon à une dégradation alpha-amylasique *in vitro* n'est pas sans rapport avec sa digestibilité *in vivo* (AUMAITRE *et al.*, 1969).

La présente publication concerne seulement des données chimiques et physiques. La dégradation alpha-amylasique des amidons, leur gonflement et leur solubilité dans l'eau en fonction de la température seront décrits dans un autre article.

II. — Matériel et méthodes

2.1. — Matériel

Les amidons ont été extraits de la fraction comestible de végétaux à tubercules ou racines alimentaires et de végétaux à fruits féculents.

Les végétaux du premier groupe comprennent :

- huit espèces d'igname (*Dioscorea*) : *D. rotundata* (deux variétés), *D. cayenensis* (deux variétés), *D. schimperiaana*, *D. bulbifera*, *D. esculenta*, *D. alata*, *D. libreschiana*, *D. dumetorum* (trois variétés);
- deux variétés de manioc (*Manihot esculenta*);
- trois variétés de patate douce (*Ipomoea batatas*);
- deux variétés de macabo (*Xanthosoma sagittifolium*);
- trois variétés de taro (*Colocasia antiquorum*);
- une carotte indigène (*Coleus esculentus*);
- un haricot-igname (*Pachyrrhizus erosus*), légumineuse à tubercules, peu connue au Cameroun mais consommée dans certains pays tropicaux (Indonésie, Mexique).

Dans le cas de l'igname *D. dumetorum*, deux variétés ont été cultivées deux années de suite à YAOUNDÉ (Centre-Sud Cameroun) et à la Station de Recherches d'Agronomie Tropicale (I.R.A.T.) de BAMBUI (Nord-Ouest Cameroun), située à 1 300 mètres d'altitude. A l'exception du haricot-igname, cultivé à YAOUNDÉ, tous les autres végétaux proviennent de la Station de BAMBUI.

Les végétaux du second groupe, tous du Jardin Botanique de Yaoundé, comprennent deux espèces d'*Artocarpus* : *A. integra* (jaquier) et *A. communis*, variétés « seminifera » et « apyrena » (véritable arbre à pain). Dans le cas de *A. integra* et *A. communis* « seminifera », l'amidon provient des graines comestibles de leurs fruits, tandis que dans le cas de *A. communis* « apyrena », à fruits dépourvus de graines, il provient de la pulpe.

2.2. — Méthodes

2.21. Extraction de l'amidon

Après épluchage, le matériel amylicé est broyé, à température ambiante, en présence d'une solution de chlorure mercurique à 0,01 M. La bouillie obtenue est ensuite passée à travers une mousseline à mailles de 0,25 mm. Le lait d'amidon recueilli est alors lavé à l'eau permutée, puis décanté. Après plusieurs lavages et décantations successifs, le produit résiduel est dispersé et agité dans un mélange à un volume de toluène pour neuf volumes de solution aqueuse de chlorure de sodium à 4 p. 100, afin de séparer les protéines de l'amidon du milieu. Après une nouvelle série de lavages à l'eau permutée, alternant avec des décantations, la suspension est séchée à une température inférieure à 45 °C. Finalement, le produit sec est broyé modérément et passé à travers un tamis à mailles de 0,25 mm.

2.22. Examens chimiques

Ils comprennent les déterminations suivantes :

- teneur en eau : par dessiccation à 104-107 °C, jusqu'à masse constante;
- teneur en amidon : par la méthode de DIMLER (1964);
- teneur en cendres : par calcination à 550 °C durant 8 heures;
- teneur en protéines (N × 6,25) : par la microméthode de KJELDAHL;
- teneur en lipides : par extraction au Soxhlet avec l'éther de pétrole;
- teneur en indigestible glucidique (insoluble formique) : par la technique à l'acide formique, de GUILLEMET et JACQUOT (1943);
- teneur apparente en amylose : par titrage ampérométrique de l'iode lié par l'amylose de l'amidon, suivant la méthode de BEMILLER (1964), en opérant à 20 °C et en prenant la valeur 19,9 pour coefficient théorique d'absorption de l'iode par l'amylose pure.

2.23. Examens en microscopie

Ils ont été effectués par microscopie optique, en lumière ordinaire et en lumière polarisée, et par microscopie à balayage (appareil JEOL, type 50 A). Les dimensions des grains d'amidon ont été déterminées au microscope optique, en utilisant la technique de Mac MASTERS (1964).

2.24. Examens par diffraction de rayons X

Les spectres de diffraction de rayons X ont été obtenus avec un spectrodiffractomètre C.G.R. (*) muni d'un monochromateur sélectionnant la radiation K_{α} d'une anticathode de cuivre. Le rayonnement diffracté était détecté par un compteur à scintillations et son intensité enregistrée en fonction des angles θ de BRAGG, à la vitesse de 1° en 4 min. L'inertie du comptage de photons X était de 10 s et la vitesse de déroulement du papier d'enregistrement de 8,5 mm /s. Tous les spectres ont été réalisés par la méthode de montage en transmission, suivant une technique déjà décrite (CHARBONNIÈRE *et al.*, 1968). Pour leur examen, les amidons ont été amenés à une hydratation voisine de 30 p. 100, par rapport à la masse pondérale de matière sèche, proportion pour laquelle les intensités des raies spectrales avoisaient leur optimum.

III. — Résultats et discussion

3.1. — Composition chimique et teneur en amylose des amidons

Les proportions d'amidon, cendres, protéines, lipides, insoluble formique et amylose dans le matériel amylicé extrait sont indiquées aux tableaux 2 et 3. Elles sont exprimées en p. 100 de la masse pondérale de matière sèche des extraits

TABLEAU 2

Composition chimique d'amidons d'ignames

| Origine de l'amidon | Amidon | Cendres | Protéines | Lipides | Insoluble formique | Amylose |
|---|--------|---------|-----------|---------|--------------------|---------|
| <i>D. alata</i> ex Bafut | 96,2 | 0,17 | 2,21 | 0,62 | 1,41 | 23,0 |
| <i>D. bulbifera</i> ex Gwofon . . | 97,7 | 0,01 | 0,97 | 0,24 | 0,30 | 26,6 |
| <i>D. libreschiana</i> | 99,0 | 0,13 | 0,40 | 0,20 | 0,16 | 34,5 |
| <i>D. schimperiana</i> | 84,1 | 1,06 | 4,47 | 0,35 | 10,90 | 17,3 |
| <i>D. rotundata</i> ogoja | 97,2 | 0,31 | 1,70 | (*) | 0,39 | 23,0 |
| <i>D. rotundata</i> conique | 97,0 | 0,10 | 1,07 | 0,28 | 0,57 | 21,7 |
| <i>D. cayenensis</i> long | 98,7 | 0,03 | 0,59 | 0,10 | 0,09 | 22,0 |
| <i>D. cayenensis</i> digité | 97,8 | 0,04 | 1,40 | (*) | 0,27 | 19,5 |
| <i>D. esculenta</i> | 97,9 | 0,18 | 0,21 | 0,43 | 0,11 | 13,5 |
| <i>D. dumetorum</i> hirsute jaune (BAMBUI 1970) | 97,2 | 0,14 | 1,14 | (*) | 0,22 | 10,3 |
| <i>D. dumetorum</i> hirsute jaune (YAOUNDE 1971) | 98,1 | 0,16 | 1,15 | 0,24 | 0,05 | 10,2 |
| <i>D. dumetorum</i> lisse jaune (BAMBUI 1970) | 97,7 | 0,18 | 1,81 | (*) | (*) | 10,2 |
| <i>D. dumetorum</i> lisse jaune (BAMBUI 71) | 97,1 | 0,32 | 1,82 | 0,19 | 0,07 | 11,2 |
| <i>D. dumetorum</i> lisse blanc (BAMBUI 70) | 98,0 | 0,11 | 1,64 | (*) | (*) | 10,4 |
| <i>D. dumetorum</i> lisse blanc (YAOUNDE 1971) | 97,6 | 0,20 | 1,33 | 0,15 | 0,11 | 9,7 |

(*) Non déterminé.

(*) Compagnie Générale de Radiologie.

TABLEAU 3

Composition chimique d'amidons de végétaux tropicaux
(autres que les ignames)

| Origine de l'amidon | Amidon | Cendres | Protéines | Lipides | Insoluble formique | Amylose |
|--------------------------------------|--------|---------|-----------|---------|--------------------|---------|
| TARO | | | | | | |
| <i>Colocasia antiquorum</i> : | | | | | | |
| blanc gros tubercules . . . | 97,4 | 0,18 | 1,08 | 0,18 | 0,28 | 14,2 |
| rouge ex Knambe | 94,3 | 0,31 | 2,42 | 0,28 | 1,37 | 17,3 |
| petite taille ex Bafut . . . | 97,7 | 0,30 | 2,09 | 0,25 | 0,54 | 9,5 |
| MANIOC | | | | | | |
| <i>Manihot esculenta</i> : | | | | | | |
| rouge | 98,3 | 0,01 | 0,21 | 0,57 | 0,14 | 16,9 |
| blanc. | 99,4 | 0,01 | 0,24 | 0,22 | 0,12 | 17,1 |
| CAROTTE LOCALE | | | | | | |
| <i>Coleus esculentus</i> | 97,9 | 0,11 | 0,97 | (*) | (*) | 14,8 |
| MACABO | | | | | | |
| <i>Xanthosoma sagittifolium</i> : | | | | | | |
| rouge | 98,5 | 0,11 | 1,11 | 0,08 | 0,52 | 22,8 |
| blanc. | 98,1 | 0,08 | 0,57 | 0,14 | 0,41 | 21,1 |
| JACQUIER | | | | | | |
| <i>Artocarpus integra</i> (graines). | 97,7 | 0,01 | 0,26 | (*) | 0,16 | 22,7 |
| ARBRE A PAIN | | | | | | |
| <i>Artocarpus communis</i> : | | | | | | |
| apyrena (pulpe) | 97,0 | 0,19 | 0,46 | 0,14 | 0,71 | 9,2 |
| seminifera (graines) | 93,3 | 0,35 | 0,63 | 0,34 | 0,46 | 21,8 |
| PATATE DOUCE | | | | | | |
| <i>Ipomoea batatas</i> : | | | | | | |
| jaune ex America | 98,7 | 0,08 | 0,51 | 0,26 | 0,07 | 17,8 |
| blanche ex Menjo | 98,8 | 0,10 | 0,54 | 0,60 | 0,13 | 17,5 |
| rouge ex Nkolbisson | 98,0 | 0,10 | 0,48 | 0,06 | 0,18 | 18,3 |

(*) Non déterminé.

purifiés, sauf la teneur en amylose qui est rapportée à la masse pondérale d'amidon pur sec.

Les amidons extraits contiennent de 1 à 3 p. 100 de substances non amylacées, excepté l'amidon de l'igname *D. schimperiana* qui s'est révélé difficile à purifier et en contient près de 16 p. 100, principalement des matières cellulosiques (10,9

p. 100) et des protéines (4,5 p. 100). Pour les autres amidons, les teneurs en protéines sont nettement plus faibles, comprises entre 0,2 et 2,5 p. 100. Les teneurs en matières cellulosiques, lipides et cendres sont, à quelques faibles écarts près, respectivement inférieures à 0,6, 0,6 et 0,4 p. 100.

Parmi les amidons d'ignames, ceux des variétés de l'espèce *D. dumetorum* ont les teneurs en amylose les plus basses, toutes voisines de 10 p. 100. L'amidon de *D. libreschiana* a la teneur la plus élevée, 34,5 p. 100. Les amidons des autres ignames ont des teneurs intermédiaires, comprises le plus souvent entre 19 et 23 p. 100, valeurs de l'ordre de celles trouvées au Ghana (RASPER et COURSEY, 1967) pour les mêmes espèces et comparables à celles relatives aux amidons de pomme de terre ou d'arrow root (*Maranta arundinacea*). Toutefois, pour l'amidon d'une variété non précisée d'une igname de l'espèce *D. rotundata* cultivée à Porto Rico, BERRIOS et GONZALEZ (1971) trouve une teneur en amylose de 34 p. 100, valeur nettement plus élevée que celle rapportée ici pour la variété « ogoja » (23,7 p. 100) ou la variété à tubercules coniques (21,7 p. 100). Peut être s'agit il d'une variété différente, car il ne semble pas que les conditions écologiques interviennent notablement sur la teneur en amylose des amidons considérés, celle-ci se révélant sensiblement la même dans le cas d'amidons issus de récoltes différentes (1970 et 1971) ou obtenues en des lieux d'altitude et de climat différents (YAOUNDE et BAMBUI).

Les teneurs en amylose des amidons des trois variétés de patates douces examinées ne présentent pas de différences significatives (17,8, 17,5 et 18,3 p. 100), ni celles des amidons des deux variétés de manioc (16,9 et 17,1 p. 100) et de macabo (22,8 et 21,1 p. 100). Par contre, dans le cas du taro, l'amidon de la variété « ex Bafut » a une teneur en amylose nettement plus basse que les amidons des autres variétés, soit 9,5 contre 14,2 et 17,3 p. 100. De même, les amidons des deux variétés de fruits à pain ont des teneurs en amylose très différentes, 21,8 p. 100 pour *A. communis* « seminifera », valeur également trouvée par CORREA (1970), et 9,2 p. 100 pour *A. communis* « apyrena », mais il s'agit d'amidon de graines dans le premier cas et de pulpe dans le second. Ces résultats montrent que si les amidons de variétés de certaines espèces végétales comportent souvent des teneurs en amylose de même ordre (cf. *D. dumetorum*, *D. rotundata*, *Manihot esculenta*, *Ipomoea batatas*, *Xanthosoma sagittifolium*), la remarque ne saurait apparemment s'étendre aux variétés de toutes les espèces (cf. *Colocasia antiquorum* et *Artocarpus*).

3.2. — Formes et tailles des grains d'amidon

Elles sont très variables, quoique caractéristiques pour chaque amidon. Cependant, des analogies de formes, auxquelles sont associées des similitudes de tailles, permettent de rassembler en trois groupes tous les amidons examinés (tabl. 4). En effet, certains sont surtout constitués de grains ovoïdaux, d'autres de grains polygonaux, d'autres de grains sphériques ou hémisphériques.

Les grains du premier groupe sont relativement gros, leur plus grande dimension étant le plus souvent de 40 μm et leur plus petite de 24 μm . Ceux du second groupe sont toujours très petits, avec un « diamètre » moyen généralement compris entre 1 et 5 μm , tandis que ceux du troisième groupe ont un « diamètre » moyen notablement plus grand, très souvent de l'ordre de 10 μm , mais rarement supérieur à 20 μm .

Les amidons de *D. rotundata*, variété « ogoja », *D. dumetorum*, variété hirsute à chair jaune, et *Artocarpus communis*, variété « seminifera », peuvent être considérés

TABLEAU 4

Formes, tailles et spectres de diffraction des grains d'amidon

| Origine de l'amidon | Forme des grains | Longueur (µm) | | Diamètre (µm) | | Type du spectre | | |
|---|-------------------------------|---------------|-------|---------------|----|-----------------|----|----|
| <i>D. alata</i> | ovoïdale | 20 | 30(*) | 55 | 10 | 22(*) | 40 | B |
| <i>D. bulbifera</i> | | 15 | 31 | 55 | 10 | 24 | 40 | B |
| <i>D. libreschiana</i> | | 20 | 39 | 80 | 15 | 31 | 70 | B |
| <i>D. schimperiana</i> | | 20 | 38 | 60 | 10 | 23 | 35 | B |
| <i>D. rotundata</i> ogoja | | 15 | 24 | 60 | 5 | 18 | 30 | B |
| <i>D. rotundata</i> conique | | 20 | 39 | 60 | 10 | 28 | 40 | B |
| <i>D. cayenensis</i> long | | 15 | 34 | 60 | 10 | 21 | 40 | B |
| <i>D. cayenensis</i> digité | | 20 | 41 | 90 | 10 | 24 | 40 | B |
| <i>D. esculenta</i> | polygonale | | | | 1 | — | 10 | Cb |
| <i>D. dumetorum</i> (toutes variétés) | | | | | 1 | — | 5 | Ca |
| <i>Coloc. antiq.</i> blanc | | | | | 1 | — | 10 | A |
| <i>Coloc. antiq.</i> rouge | | | | | 1 | — | 5 | A |
| <i>Coloc. antiq.</i> ex-Bafut | | | | | 1 | — | 4 | A |
| <i>Pachyrrhizus erosus</i> | sphérique ou 1/2 sphérique | | | | 2 | — | 12 | A |
| <i>Manihot esculenta</i> (rouge et blanc) | | | | | 4 | — | 40 | Ca |
| <i>Coleus esculentus</i> | | | | | 5 | — | 12 | Ca |
| <i>Xanthosoma sagittifolium</i> (rouge et blanc) | | | | | 5 | — | 20 | Ca |
| <i>Artoc. integra</i> | | | | | 3 | — | 12 | Ca |
| <i>Artoc. com. apyrena</i> | | | | | 2 | — | 12 | B |
| <i>Artoc. com. seminiifera</i> | | | | | 3 | — | 15 | B |
| <i>Ipomoea batatas</i> (toutes variétés) | | | | | 4 | — | 40 | Ca |

(*) Dimensions les plus fréquentes.

comme respectivement représentatifs, au point de vue formes et tailles, de chacun de ces groupes. La microscopie en lumière blanche, au même agrandissement, met particulièrement bien en évidence les différences de tailles des trois types de grains (fig. 1a, 2a, 3a); en lumière polarisée, elle montre que les grains ovoïdaux présentent une croix noire excentrée (fig. 1b), alors qu'elle apparaît centrée dans le cas des grains polygonaux et sphériques (fig. 2b et 3b). Quant aux formes des grains, c'est par microscopie électronique à balayage, avec grandissements convenables, qu'elles sont le mieux précisées (fig. 1c, 2c, 3c).

En même temps qu'il fait apparaître une certaine corrélation entre les formes et les tailles des grains d'amidon, le classement effectué montre que ces caractères morphologiques peuvent être très différents pour des amidons issus d'espèces végétales d'un même genre (cf. *D. rotundata* et *D. dumetorum*), alors qu'ils restent analogues lorsqu'il s'agit de variétés d'une même espèce (cf. variétés de *D. rotundata*, *D. cayenensis*, *D. dumetorum*, *Colocasia antiquorum*, *Artocarpus communis*, *Ipomoea batatas*).

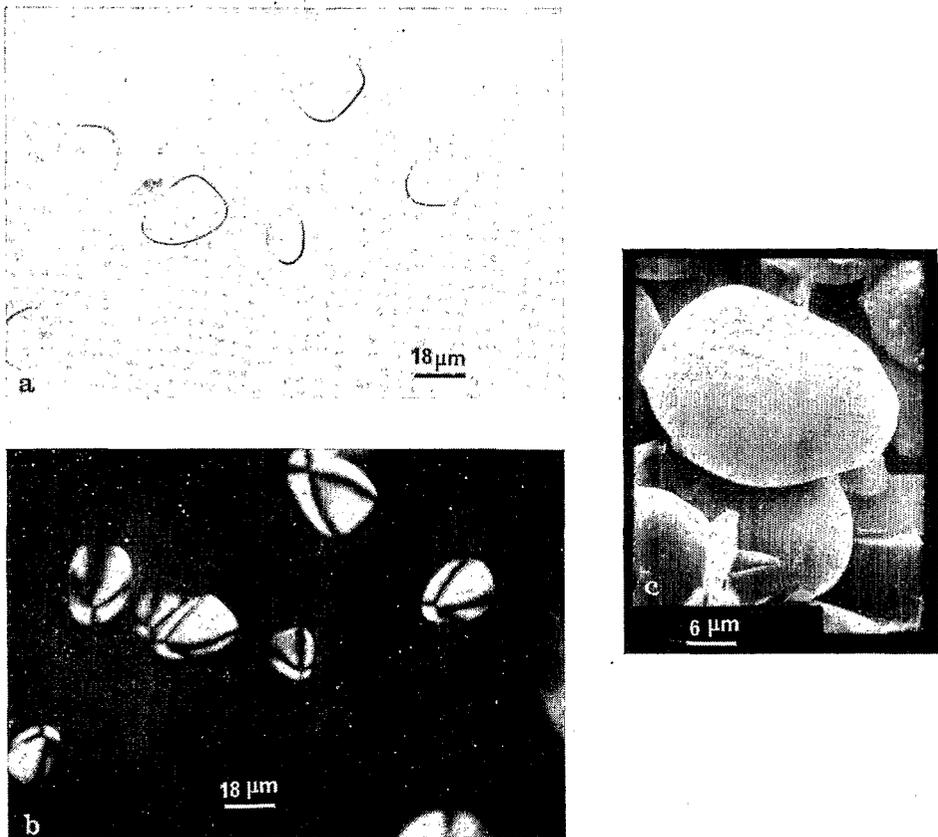


FIG. 1. — Grains d'amidon de *D. rotundata* « ogoja ».

- a) microscopie en lumière blanche, $G \times 500$.
 b) microscopie en lumière polarisée, $G \times 500$.
 c) microscopie électronique à balayage, $G \times 1500$.

D'autre part, la similitude des formes et des tailles des grains d'amidon des diverses variétés de l'igname *D. dumetorum* — cultivées en des lieux très différents (YAOUNDE et BAMBUI) — et le bon accord entre nos résultats et ceux obtenus au GHANA (RASPER et COURSEY, 1967) incitent à considérer que les caractères morphologiques des grains ne sont pas influencés par la localisation géographique des lieux de croissance des végétaux.

3.3. — Spectres de diffraction de rayons X

Il est bien connu que le spectre de diffraction de grains d'amidon indique qu'une partie de leur structure est régulièrement organisée. L'organisation n'est cependant pas la même pour tous les amidons puisqu'ils ne donnent pas tous le même spectre. Habituellement, ils sont classés en trois groupes principaux définis chacun par un

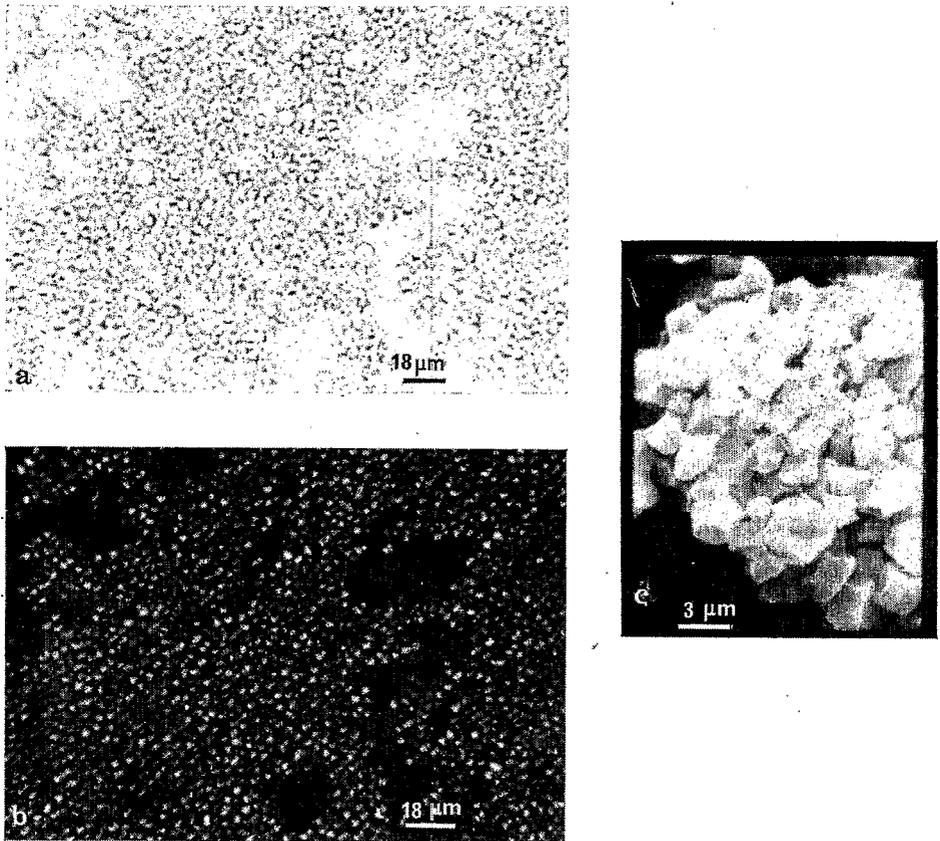


FIG. 2. — Grains d'amidon de *D. dumetorum hirsute jaune*.

- a) microscopie en lumière blanche, G \times 500.
- b) microscopie en lumière polarisée, G \times 500.
- c) microscopie électronique à balayage, G \times 3000.

spectre particulier désigné par A, B ou C (KATZ et van ITALLIE, 1930). Les spectres A et B sont considérés comme purs, c'est à dire dus, chacun, à une phase cristalline particulière et homogène. Par contre, le spectre C serait une composition des deux précédents, consécutive à la présence simultanée des deux phases dans chacun des grains de l'amidon concerné. Des proportions variables de ces phases seraient la cause d'analogies plus ou moins marquées entre un spectre C et les spectres A ou B, d'où les désignations Ca, Cb, Cc parfois employées (ROSENTHAL *et al.*, 1974).

Cependant, les résultats d'une étude radiocristallographique de divers amidons linéarisés (DUPRAT *et al.*, 1974) conduisent à considérer que seul le spectre B est pur. Il est en effet apparu que les résidus non hydrosolubles produits par hydrolyse acide d'un amidon à spectre B donnent encore ce spectre, même lorsqu'ils ne représentent plus que 10 p. 100 de la masse initiale d'amidon. Ce résultat est tout à fait compatible avec le concept de l'homogénéité de la structure cristalline d'un amidon à spectre B. Il n'en va pas de même avec les résidus issus d'amidons à spectre A ou

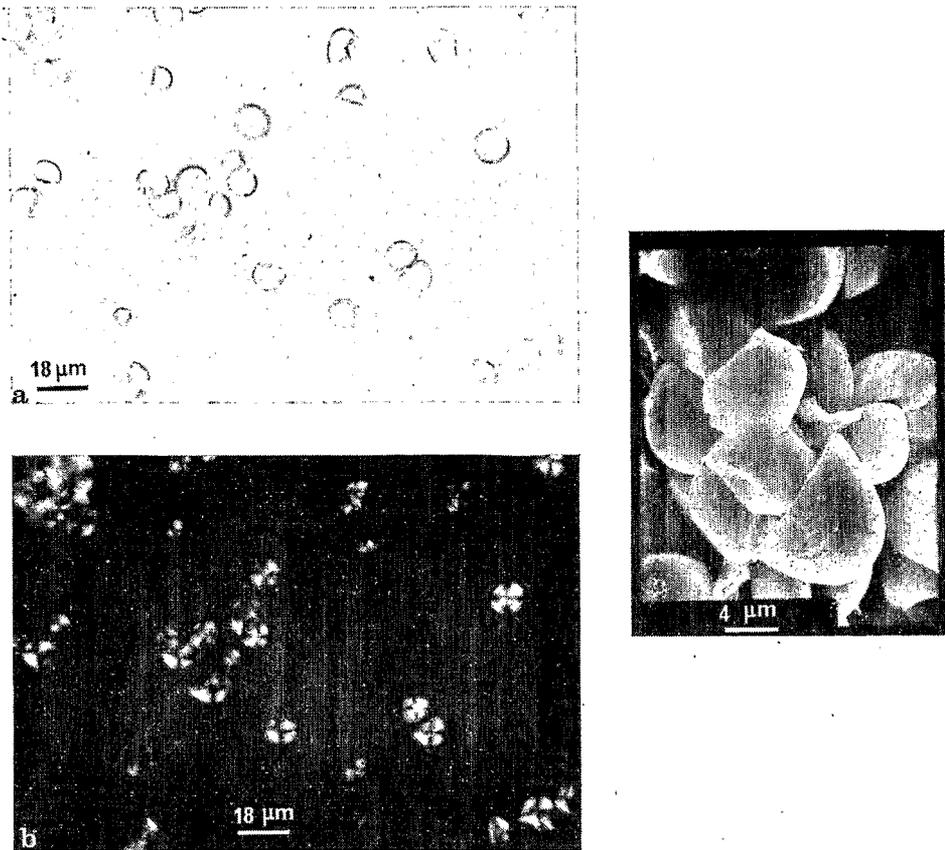


FIG. 3. — Grains d'amidon de *Artocarpus communis* « *seminifera* »

- a) microscopie en lumière blanche, G \times 500.
 b) microscopie en lumière polarisée, G \times 500.
 c) microscopie électronique à balayage, G \times 2250.

C, leurs spectres se différencient notablement des spectres primitifs, qui ne se rapporteraient donc pas à des structures homogènes.

Sur la base de ces considérations, les amidons peuvent être séparés en deux catégories seulement, suivant que leurs spectres possèdent les caractéristiques du spectre B pur ou celles des spectres A, Ca, Cb, Cc. Les spectres des amidons examinés ici (fig. 4, 5, 6, 7, 8, 9) montrent que tous ceux à gros grains, donc la plupart des amidons de *Dioscorea*, se rangent dans la catégorie caractérisée par le spectre B, qui comprend cependant aussi les amidons à petits grains des deux variétés d'*Artocarpus communis* (tabl. 4). Les autres amidons, tous de dimensions inférieures à 20 μm , se rangent dans la seconde catégorie. Ainsi, sans avoir valeur de critère absolu du type d'organisation cristalline d'un amidon, une grande taille de grains laisse présumer une structure à spectre B, c'est-à-dire du même type que celle de l'amidon de pomme de terre. Dans la mesure où l'organisation cristalline d'un amidon peut être en rapport avec ses propriétés physiques et chimiques, les analo-

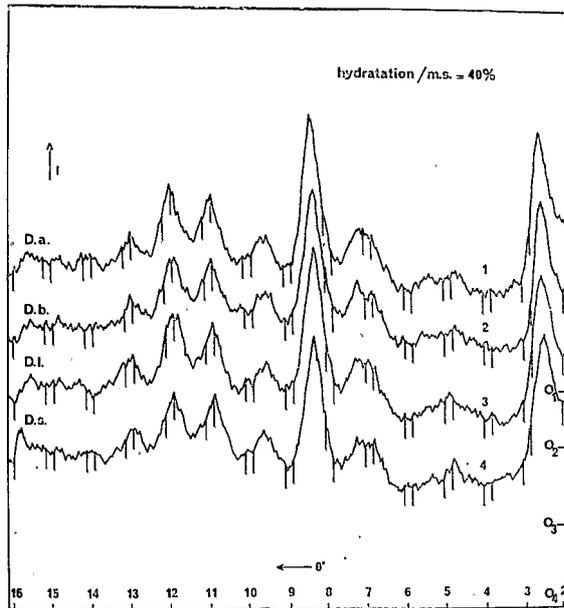


FIG. 4.

D.a. : *D. alata*. D.b. : *D. bulbifera*. D.l. : *D. libreschiana*. D.s. : *D. schimperiana*.

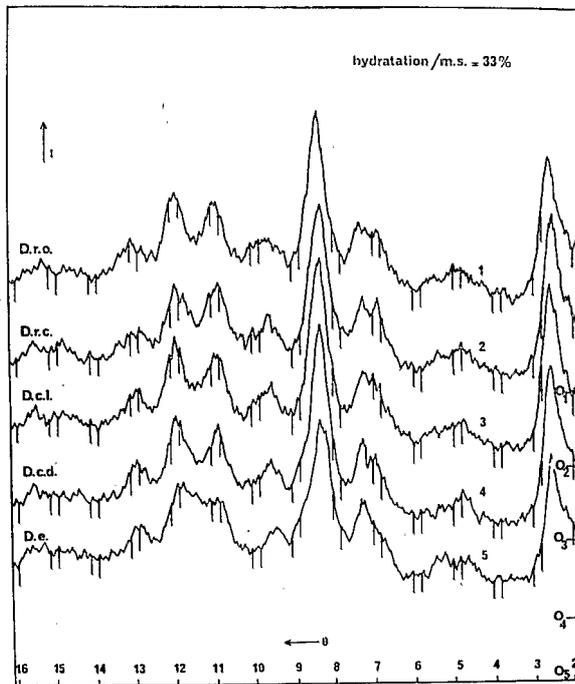


FIG. 5. — D.r.o. : *D. rotundata* « ogoja ».

D.r.c. : *D. rotundata* conique.

D.c.l. : *D. cayenensis* long.

D.c.d. : *D. cayenensis* digité.

D.e. : *D. esculenta*.

gies de tailles apparaissent ainsi susceptibles d'avoir pour corollaire des analogies de propriétés, particulièrement lorsqu'il s'agit de gros grains.

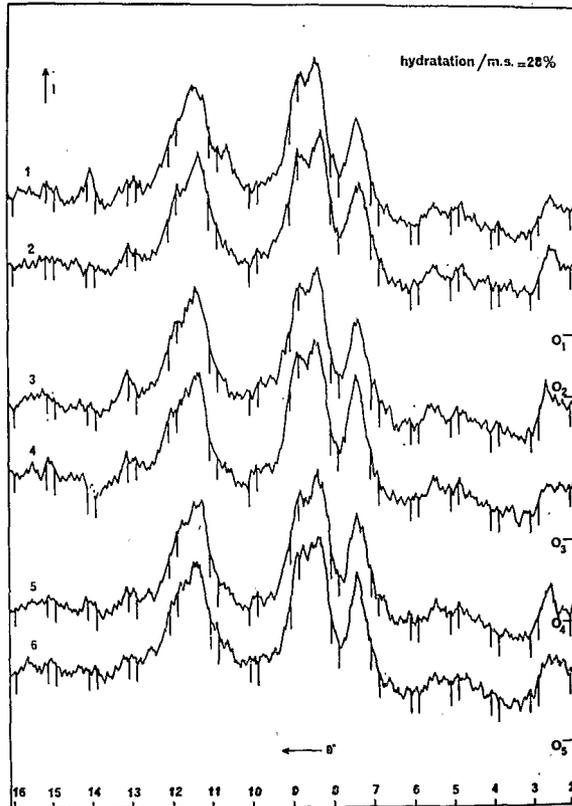


FIG. 6. — *D. dumetorum* : 1 : hirsute jaune, BAMBUI 1970.
 2 : hirsute jaune, YAOUNDE 1971.
 3 : lisse jaune, BAMBUI 1970.
 4 : lisse jaune, BAMBUI 1971.
 5 : lisse blanc, BAMBUI 1970.
 6 : lisse blanc, YAOUNDE 1971.

La comparaison des divers spectres conduit encore aux remarques suivantes :

- a) de toute évidence, le spectre A n'est pas spécifique des amidons de céréales; ceux de tubercules ou de racines donnant aussi ce spectre (fig. 7 : *Colocasia antiquorum*) ou un spectre extrêmement voisin (fig. 6 : *D. dumetorum*; fig. 8 : *Xanthosoma sagittifolium*); de même, le spectre B n'est pas spécifique de l'amidon de tubercules puisqu'il apparaît également avec celui des graines d'*Artocarpus communis* « seminifera » ou de la pulpe d'*Artocarpus communis* « apyrena » (fig. 9), ou encore avec celui des caryopses d'amyloïmaïs (CHARBONNIERE *et al.*, 1968);

- b) le spectre d'un amidon n'est pas en relation directe avec sa teneur en amylose : des amidons issus de végétaux d'un même genre (*Artocarpus integra* et *Artocarpus communis* « seminifera », à teneurs en amylose très voisines (22,7 et 21,8 p. 100) donnent des spectres différents, alors que ceux issus des deux variétés d'*Artocarpus communis*, à teneurs en amylose très différentes (21,8 et 9,2 p. 100), donnent le même spectre (fig. 9);

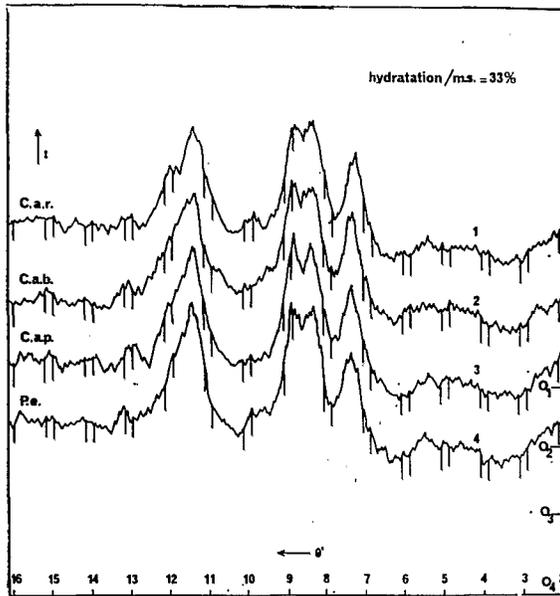


FIG. 7. — C.a.r. : *Colocasia antiquorum* rouge.
 C.a.b. : *Colocasia antiquorum* blanc.
 C.a.p. : *Colocasia antiquorum* petite taille (ex-Bafut).
 P.e. : *Pachyrrhizus erosus*.

- c) les amidons d'espèces d'un même genre n'ont pas tous la même structure : dans le genre *Dioscorea*, l'amidon de *D. dumetorum* est à spectre Ca (fig. 6), alors que les amidons des autres espèces sont à spectre B (fig. 4 et 5); dans le genre *Artocarpus*, l'amidon de *A. integra* est à spectre Ca et celui de *A. communis* à spectre B (fig. 9);
- d) les amidons de variétés d'une espèce ont tous la même structure, tels ceux des variétés de diverses espèces de *Dioscorea* (fig. 5 et 6) ou de variétés d'*Artocarpus communis* et d'*Ipomoea batatas* (fig. 9), *Colocasia antiquorum* (fig. 7), *Manihot esculenta* et *Xanthosoma sagittifolium* (fig. 8);
- e) l'identité des spectres des amidons de toutes les variétés considérées de *D. dumetorum* (fig. 6) indique que le type de l'organisation cristalline des grains est indépendant de la localisation des lieux de croissance des végétaux et de l'année de récolte, comme leur teneur en amylose (cf. § 3.1.) et leur morphologie (cf. § 3.2).

IV. — Conclusions

Le présent mémoire n'expose qu'une partie des résultats de notre étude puisqu'il concerne seulement des caractéristiques des amidons considérés et ne traite pas de leurs propriétés. Celles-ci seront décrites dans une seconde partie qui précisera leurs relations avec les caractéristiques déterminées.

Dans l'immédiat, les conclusions suivantes peuvent être dégagées des données expérimentales rapportées ici :

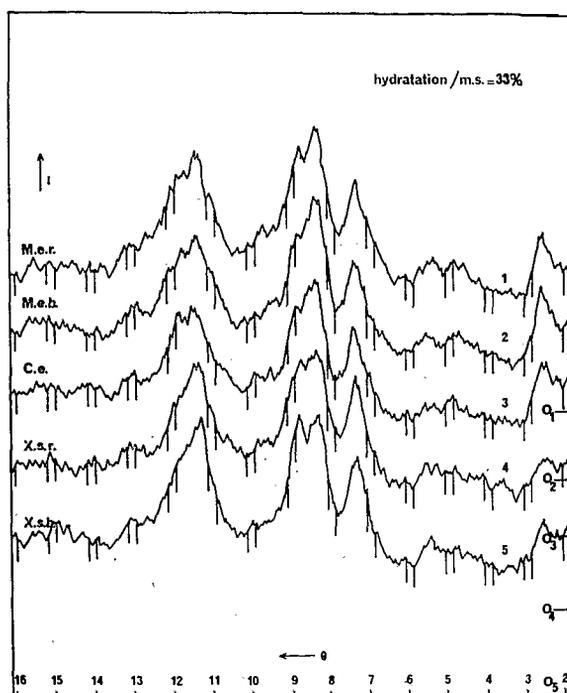


FIG. 8. — M.e.r. : *Manihot esculenta* rouge.
 M.e.b. : *Manihot esculenta* blanc.
 C.e. : *Coleus esculentus*.
 X.s.r. : *Xanthosoma sagittifolium* rouge.
 X.s.b. : *Xanthosoma sagittifolium* blanc.

- a) la détermination de la taille des grains d'un amidon, par simple examen au microscope, peut permettre de présumer du type de leur organisation cristalline, surtout s'il s'agit de gros grains, et de le rapprocher d'amidons de propriétés connues;
- b) les amidons de variétés d'une même espèce végétale ont la même organisation cristalline et sont par conséquent susceptibles de posséder des propriétés de digestibilité comparables;

- c) la teneur en amylose d'un amidon n'étant pas caractéristique de l'espèce dont il provient, certaines propriétés des amidons de variétés d'une même espèce pourront être différentes, en particulier celles relatives à la rhéologie de milieux à base d'amidon ou comportant de l'amidon;

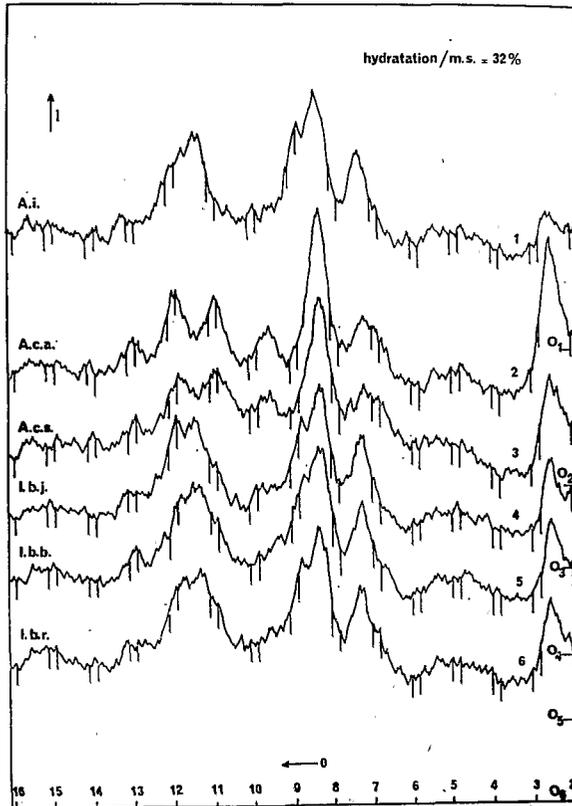


FIG. 9. — A.i. : *Artocarpus integra*.
 A.c.a. : *Artocarpus communis apyrena*.
 A.c.s. : *Artocarpus communis seminifera*.
 I.b.j. : *Ipomoea batatas* jaune.
 I.b.b. : *Ipomoea batatas* blanche.
 I.b.r. : *Ipomoea batatas* rouge.

- d) la teneur en amylose, la morphologie et l'organisation cristalline du grain d'amidon ne sont pas influencées par la localisation du lieu de provenance du végétal.

Reçu pour publication en juin 1978.

Remerciements

Nous remercions vivement Monsieur D. GALLANT, du Laboratoire de microscopie du Centre de Recherches Agro-Alimentaires (I. N.R.A. Nantes), pour les examens de microscopie optique et électronique qu'il a effectués.

Summary

Characteristics of starches from tropical food plants

The starch potential resource constituted by numerous tropical plants is very important, but enlargement of the utilizations of their starches involves a better knowledge of the characteristics of these ones. Thirty starches from tropical plants of various genus, species and varieties were studied. Their chemical composition, amylose content, form, size and crystalline organization type are reported and compared.

The amylose contents of starch granules from varieties of same species are often closely related, but large differences are also observed between varieties of some species. No relationship appears between the crystalline organization type of the starch granules and their amylose content, whereas, without being an absolute criterion, their dominant medium size can let presume that type: B for starches with granules of size over 30 μm , A or C for most of the starches with smaller granules. The crystalline organization type is the same for starches from varieties of a same species, but can be the same or not for species of a same genus. Neither the localization of the culture grounds of plants, nor the harvest year have an effect upon the amylose content, the morphology or the crystalline organization type of the starch granules.

Références bibliographiques

- ABD-ALLAH M. A., FODA Y. H., HAMED M.G.E., 1974. Characteristics and « fodal » — factor of mango seed kernel starch. *Die Stärke*, **26** (12), 426-433.
- AUMAITRE A., CORRING T., LE DIVIDICH J., 1969. Étude de la vitesse d'hydrolyse *in vitro* de quelques amidons de plantes tropicales (patate douce, banane, igname) par le suc pancréatique de porcelet; relation entre la vitesse de dégradation *in vitro* et la digestibilité apparente de la ration. *J. Rech. Porcine en France*, 99-103, I.N.R.A.-I.T.P. éd., Paris.
- Annuaire FAO de la Production*, 1975, **29**, 80-87.
- BEMILLER J. N., 1964. Iodimetric determination of amylose. *Amperometric titration*. In WHISTLER R. L., *Methods in carbohydrate chemistry*, Starch, vol. IV, 165-168, Academic Press Inc., New-York-London.
- BERRIOS M. L., GONZALEZ M. A., 1971. Extraction, purification and amylose content of some starches. *J. Agr. Univ. Puerto Rico*, **55**, 263-264.
- BRENNAN J. G., SODAH-AYERNOR G., 1973. A study of the kinetics of retrogradation in a starch-based dough made from dehydrated yam (*Dioscorea rotundata* L. Poir). *Die Stärke*, **25** (8), 276-280.
- CERNING-BEROARD J., LE DIVIDICH J., 1976. Valeur alimentaire de quelques produits amylicés d'origine tropicale : étude *in vitro* et *in vivo* de la patate douce, de l'igname, du malanga, du fruit à pain et de la banane. *Ann. Zootech.*, **25** (2), 155-168.
- CHARBONNIÈRE R., MERCIER C., TOLLIER M.-Th., GUILBOT A., 1968. Étude diffractométrique des amidons de maïs à teneur variable en amylose. *Die Stärke*, **20** (3), 75-78.
- CORRÉA A. M. N., NAKAMURA T., TOLMASQUIM E., 1970. Estudo das propriedades do amilo de fruta-pao (*Artocarpus incisa* L.). *Revista Brasileira de Tecnologia*, **1**, 27-31.
- COURSEY D. G., HAYNES P. H., 1970. Root crops and their potential as food in the tropics. *World Crops*, July/August, 261-265.
- DEATHERAGE W. L., MAC MASTERS M. M., VINEYARD M. L., BEAR R. P., 1954. A note on starch of high amylose content from corn with high starch content. *Cereal Chem.*, **31**, 50-52.
- DEATHERAGE W. L., MAC MASTERS M. M., RIST C. E., 1955. A partial survey of amylose content in starch from domestic and foreign varieties of corn, wheat, and sorghum and from some other starch-bearing plants. *Trans. A.O.C.C.*, **13** (1), 31-42.
- DIMLER R. J., 1964. Determination of optical rotation for determination of concentration of starch content of corn. In WHISTLER R. L., *Methods in carbohydrate chemistry*, Starch, vol. IV, 133-139, Academic Press Inc., New-York-London.
- DUPRAT F., CHARBONNIÈRE R., ROBIN J.-P., GUILBOT A., 1974. Radiokristallographische studien an lintnerisierten stärke. *Zeszyty Problemowe Postępow Nauk Rolniczych*, **7**, 155-164.
- FAVIER J.-C., 1969. Étude de la digestibilité *in vitro* de l'amidon de diverses plantes alimentaires du Sud-Cameroun. Influence des transformations technologiques sur l'amidon de manioc. *Ind. alim. agr.*, **86**, 9-13.

- GUILLEMET R., JACQUOT R., 1943. Essai de détermination de l'indigestible glucidique. *C. R. Acad. Sci.*, **216**, 508-510.
- HIGASHIHARA M., UMEKI K., YAMAMOTO T., 1975. Isolation and some properties of taro root starch. *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, **22** (Part 3), 61-65.
- HOLLÓ J., GUILBOT A., 1964. L'utilisation industrielle de l'igname et les caractéristiques de son amidon. In « Premier Congrès Int. des Ind. Agric. et Alim. en zones tropicales et subtropicales », Abidjan (Côte d'Ivoire), **1**, 537-560, C.I.I.A., B.I.P.C.A., S.E.D.I.A.C., Paris.
- KATZ J. R., VAN ITALLIE Th. B., 1930. Alle Stärkearten haben das gleiche Retrogradationsspektrum. *Z. phys. Chem. A* **150**, 90-99.
- LE DIVIDICH J., 1977. Feeding Value of *Canna edulis* Roots for Pigs. *J. Agric. Univ. P. R.*, **61** (3), 267-274.
- MAC MASTERS M. M., 1964. Microscopic technics for determining starch granule properties. In WHISTLER R. L., *Methods in carbohydrate chemistry*, Starch, vol. IV, 233-240, Academic Press Inc., New-York-London.
- MARTIN F. W., THOMPSON A. E., 1971. Crude protein content of yams. *Hort Science*, **6** (6), 545-546.
- MIÈGE J., 1948. Le *Dioscorea esculenta* Burkill en Côte d'Ivoire. *Rev. Int. Bot. appl. Agric. Trop.*, **28**, 509-514.
- MIÈGE J., 1957. Influence de quelques caractères des tubercules semences sur la levée et le rendement des ignames cultivées. *J. Agric. Trop. Bot. appl.*, t. **IV** (7-8), 315-342.
- RAO B. S., MURTHY A. R. V., SUBRAHMANYA R. S., 1952. The amylose and the amylopectin contents of rice and their influence on the cooking quality of the cereal. *Proc. Indian Acad. Sci., Sect. B*, **36**, 70-80.
- RAO P. S., BERI R. M., 1952. Starch from the tubers of *Dioscorea hispida* Dennst. *Sci. Cult.*, **17** (11), 482-483.
- RAO P. S., BERI R. M., 1955. Dioscorea starches. *Sci. Cult.*, **20** (8), 397-399.
- RASPER V., COURSEY D. G., 1967. Properties of starches of some west african yams. *J. Sci. Fd Agric.*, **18**, 240-244.
- RASPER V., 1969. Investigations on starches from major starch crops grown in Ghana. I. Hot paste viscosity and gel-forming power. *J. Sci. Fd Agric.*, **20**, 165-171.
- RASPER V., 1969. Investigations on starches from major starch crops grown in Ghana. II. Swelling and solubility patterns: amyloelastic susceptibility. *J. Sci. Fd Agric.*, **20**, 642-646.
- RASPER V., 1971. Investigations on starches from major starch crops grown in Ghana. III. Particle size and particle size distribution. *J. Sci. Fd Agric.*, **22**, 572-580.
- ROSENTHAL F. R. T., ESPINOLA L., 1969. The *Mucuna (Dioclea Malocarpa)*. The properties of the starch. *Die Stärke*, **21** (10), 262-266.
- ROSENTHAL F. R. T., ESPINOLA S., OLIVEIRA S. M. G., 1970. Jack-bean starch, 1. Properties of the granules and of the pastes. *Die Stärke*, **22** (4), 126-129.
- ROSENTHAL F. R. T., ESPINOLA L., SERAPIAO M. I. S., SILVA S. M. O., 1971. Lablab bean starch. I. Properties of its granules and pastes. *Die Stärke*, **23** (1), 18-23.
- ROSENTHAL F. R. T., PELEGRINO S. L., CORRÊA A. M., 1972. Studies on the starches of *Dioscorea*. *D. alata*, eatable and *D. cinnamomifolia*, non eatable. *Die Stärke*, **24** (2), 54-58.
- ROSENTHAL F. R. T., NAKAMURA T., 1972. Studies on the structure of leguminosae starches. 1. Solubility in dimethyl sulfoxide and by enzymatic action. *Die Stärke*, **24** (5), 152-158.
- ROSENTHAL F. R. T., NAKAMURA T., ESPINOLA A. M. C., JOCHIMEK M. R., 1974. Structure of starch granules. Part 3. Some considerations on Leguminosae and Tuberosae. *Die Stärke*, **26** (2), 50-56.
- ROSENTHAL F. R. T., PELEGRINO S. L., MELLO A. P., SILVA S. M. O., 1974. Studies on the starch of *Dioclea violacea*. *Die Stärke*, **26** (7), 243-248.
- SRIVASTAVA H. C., HARSHE S. N., GHARIA M. M., MUDIA G. P., 1970. Physicochemical studies on some starches. *Die Stärke*, **22** (5), 162-166.
- WOLFF I. A., DAVIS H. A., CLUSKEY J. E., GUNDRUM L. J., RIST C. E., 1951. Preparation of films from amylose. *Ind. Eng. Chem.*, **43**, 915-919.