

Caractéristiques des amidons
de plantes alimentaires tropicales :
Action de l'alpha-amylase, gonflement et solubilité

F. DELPEUCH et J.C. FAVIER

Unité Nutrition de l'Office National de la Recherche Scientifique et Technique,
B.P. 193, Yaoundé (République Unie du Cameroun)

Résumé

Trente amidons de plantes alimentaires tropicales de divers genres espèces et variétés sont étudiés du point de vue de leur sensibilité à l'hydrolyse alpha-amylasique et de leurs propriétés de gonflement et de solubilité dans l'eau en fonction de la température. Ces différentes caractéristiques apparaissent très variables en fonction du genre botanique, mais aussi de l'espèce et parfois des cultivars.

Leurs relations éventuelles entre elles et avec la taille des grains d'amidons, la teneur en amylose et le type d'organisation cristalline sont discutées en regard des résultats acquis chez les amidons de maïs et de pommes de terre.

En général, il semble que les amidons à petits grains et à faible teneur en amylose sont plus sensibles à l'action de l'alpha-amylase que les autres amidons et possèdent les vitesses de solubilisation les plus faibles par rapport aux vitesses de gonflement.

Mots clés : amidons tropicaux, alpha-amylolyse, gonflement, solubilité dans l'eau, composition, caractéristique physique

1. — Introduction

Dans une précédente publication (DELPEUCH *et al.*, 1978), la composition chimique, la morphologie et les spectres de diffraction de rayons X de plusieurs amidons tropicaux ont été décrits et discutés. Le présent article traite de leur comportement au cours d'une alpha-amylolyse et de leurs propriétés de gonflement et solubilité dans l'eau en fonction de la température. Les relations entre ces propriétés et les caractéristiques déjà étudiées font l'objet d'une attention particulière.

Adresse des auteurs : ORSTOM, 24, rue Bayard, 75008 Paris.

27 OCT. 1986

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

N° : 20.444

Cpte : B

2. — Matériel et méthodes

Sur les amidons de maïs, pomme de terre et manioc extraits au laboratoire, pris en référence, et sur les amidons de plantes tropicales purifiés précédemment décrits (DELPEUCH *et al.*, 1978) ont été étudiés :

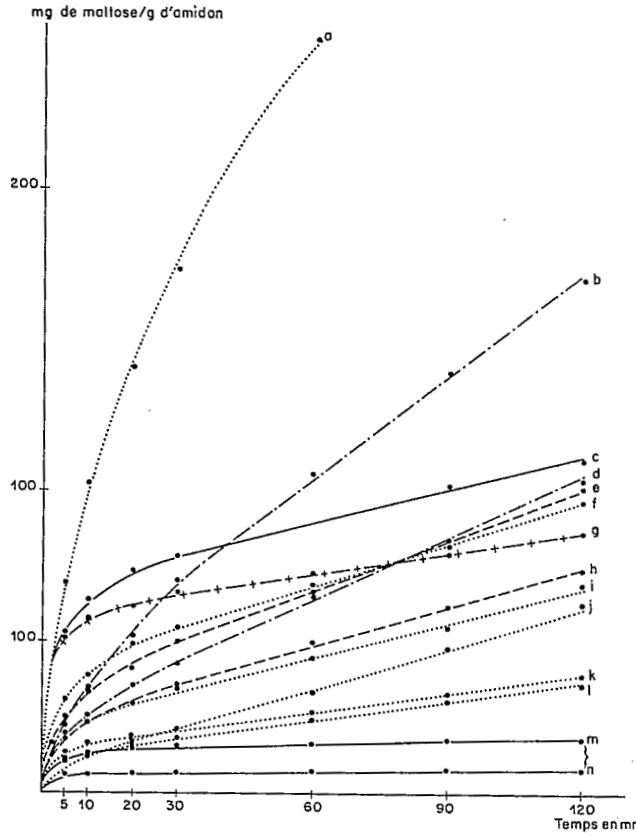


FIG. 1. — Cinétiques de la dégradation α -amylasique d'amidons crus tropicaux

| | | |
|-------------|--|-------|
| | témoins <i>Zea mays</i> | b |
| ----- | <i>Manihot</i> | d |
| ----- | <i>D. dumetorum</i> blanc 1971 | e |
| ----- | <i>D. dumetorum</i> hirsute jaune 1970 | h |
| - + - + - + | <i>D. esculenta</i> | g |
| ----- | amidons à spectre B | c |
| ----- | <i>Artocarpus communis</i> | m |
| ----- | <i>D. rotundata</i> ogoja | n |
| ----- | <i>D. cayenensis</i> digité | m à n |
| ----- | Plupart des <i>dioscorea</i> | a |
| | amidons à spectre A et C a | f |
| | <i>Pachyrrhizus</i> | i |
| | <i>Colocasia</i> blanc | j |
| | <i>Colocasia</i> rouge | k |
| | <i>Ipomea</i> jaune | l |
| | <i>Artocarpus integra</i> | l |
| | <i>Coleus</i> | l |
| | <i>Xanthosoma</i> (confondu à <i>D. rotundata</i> ogoja) | m |

— La s
déterminée p
2,5 p. 100 d'
masse pondé
phosphate 0,
une méthode
d'amidon ini
— Les g
température,
par MERCIER

3.I.

Les cinét
1 et 2.

Caro

Orig

- D. rotundata* Og
- D. rotundata* co
- D. cayenensis* lo
- D. cayenensis* di
- D. schimperiana*
- D. libreschiana*
- D. bulbifera* ex
- D. alata* ex Baf
- D. esculenta* . .
- D. dumetorum* h
- jaune (Bambu
- D. dumetorum* h
- jaune (Yaoun
- D. dumetorum* li
- jaune (Bambu
- D. dumetorum* li
- jaune (Bambu
- D. dumetorum* li
- blanc (Bambu
- D. dumetorum* li
- blanc (Yaoun

Vi = amidon dég
Vf = amidon dég
FH = extrapolatic

— La sensibilité des amidons à une alpha-amylase d'origine bactérienne, déterminée par la méthode de TOLLIER et GUILBOT (1971) : une suspension à 2,5 p. 100 d'amidon sec est additionnée de 20 p. 100 (proportion rapportée à la masse pondérale d'amidon sec) d'alpha-amylase (de la firme N.B.C.) en tampon phosphate 0,005 M; les glucides alcool-solubles libérés sont ensuite dosés par une méthode à l'antrone (LÆWUS, 1952) et exprimés en mg de maltose par g d'amidon initial.

— Les gonflements et solubilités des amidons dans l'eau, en fonction de la température, déterminés de 5 en 5 °C par la méthode de LEACH *et al.* (1959) modifiée par MERCIER, 1968.

3. — Résultats

3.1. — Sensibilité des amidons à l'alpha-amylase bactérienne

Les cinétiques d'amylolyse des amidons crus sont représentés sur les figures 1 et 2.

TABLEAU I

Caractéristiques des courbes d'alpha-amylolyse des amidons d'ignames

| Origine de l'amidon | Vitesse initiale Vi | Vitesse finale Vf | Fraction facilement hydrolysable FH |
|---|---------------------|-------------------|-------------------------------------|
| <i>Ignames</i> | | | |
| <i>D. rotundata</i> Ogoja | 1,12 | 0,02 | 1,4 |
| <i>D. rotundata</i> conique | 0,68 | 0,60 | 0,7 |
| <i>D. cayenensis</i> long | 0,69 | 0,01 | 0,8 |
| <i>D. cayenensis</i> digité | 0,52 | 0,01 | 0,6 |
| <i>D. schimperiana</i> | 0,91 | 0,02 | 1,0 |
| <i>D. libreschiana</i> | 0,63 | 0,02 | 0,7 |
| <i>D. bulbifera</i> ex Gwofon | 0,90 | 0,03 | 1,0 |
| <i>D. alata</i> ex Bafut | 0,65 | 0,02 | 0,7 |
| <i>D. esculenta</i> | 5,10 | 0,12 | 5,9 |
| <i>D. dumetorum</i> hirsute | | | |
| jaune (Bambui 70) | 1,36 | 0,18 | 1,4 |
| <i>D. dumetorum</i> hirsute | | | |
| jaune (Yaoundé 71) | 1,76 | 0,20 | 2,5 |
| <i>D. dumetorum</i> lisse | | | |
| jaune (Bambui 70) | 1,92 | 0,23 | 2,2 |
| <i>D. dumetorum</i> lisse | | | |
| jaune (Bambui 71) | 2,06 | 0,25 | 2,6 |
| <i>D. dumetorum</i> lisse | | | |
| blanc (Bambui 70) | 2,15 | 0,29 | 2,6 |
| <i>D. dumetorum</i> lisse | | | |
| blanc (Yaoundé 71) | 2,45 | 0,30 | 2,9 |

Vi = amidon dégradé pendant les 5 premières minutes, p. 100 d'amidon initial.

Vf = amidon dégradé en moyenne en 5 minutes pendant la première heure, p. 100 d'amidon initial.

FH = extrapolation de la partie linéaire des courbes.

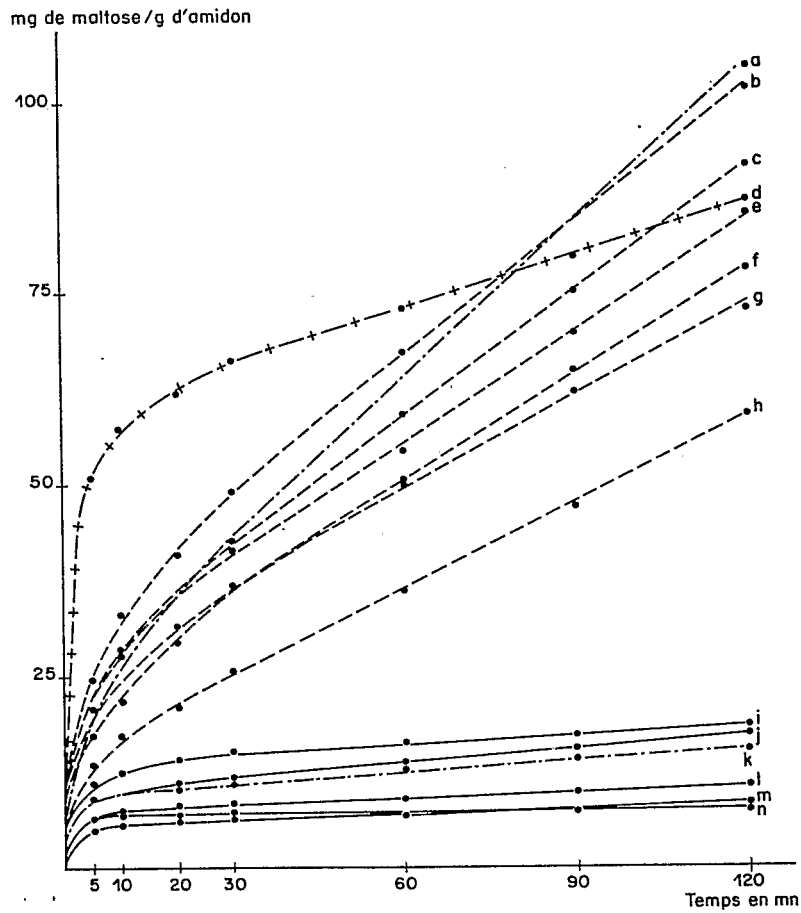


FIG. 2. — Cinétiques de la dégradation α -amylasique d'amidons crus d'ignames comparées à celles des amidons de manioc et de pomme de terre

- | | | | |
|-------------|---------------------|---|---|
| — + — + — + | <i>D. esculenta</i> | | |
| — | témoins | <i>Manihot</i> | |
| | | <i>Solanum</i> | |
| — — — — — | <i>D. dumetorum</i> | lisse blanc 1971 | a |
| | | lisse blanc 1970 | k |
| | | lisse jaune 1971 | c |
| | | lisse jaune 1970 | e |
| | | hirsute jaune | f |
| | | hirsute jaune | g |
| — — — — — | amidons à spectre B | <i>D. rotundata</i> agoja | d |
| | | <i>D. bulbifera</i> | i |
| | | <i>D. schimperiana</i> (confondu à solanum) | j |
| | | <i>D. libreschiana</i> | k |
| | | <i>D. cayenensis</i> long | l |
| | | <i>D. alata</i> | l |
| | | <i>D. cayenensis</i> digité | m |
| | | <i>D. rotundata</i> conique | n |

Ca

Manihot esculenta
rouge .
blanc .

Ipomea batatas
jaune ex
blanche ex
rouge ex

Xanthosoma
rouge .
blanc .

Colocasia
blanc gr
rouge ex
petite ta

Coleus esculentus

Pachyrrhizus

Artocarpus
spyyena
seminijis

Artocarpus

Pour
suivants
facilemen
Par
nensis, *D.*
type B,
comme l
B. Dans
entre elle
nettemen
Par
plus faci
courbes

TABLEAU 2

Caractéristiques des courbes d'alpha-amylolyse de divers amidons tropicaux

| Origine de l'amidon | Vi | Vf | FH |
|---|------|------|------|
| <i>Manioc</i> | | | |
| <i>Manihot esculenta</i> | | | |
| rouge | 1,58 | 0,30 | 1,6 |
| blanc | 1,90 | 0,35 | 2,2 |
| <i>Patates douces</i> | | | |
| <i>Ipomea batatas</i> | | | |
| jaune ex-America | 0,98 | 0,22 | 0,7 |
| blanche ex-Menjo | 1,00 | 0,30 | 0,7 |
| rouge ex-Nkolbisson | 0,93 | 0,24 | 0,7 |
| <i>Macabos</i> | | | |
| <i>Xanthosoma sagittifolium</i> | | | |
| rouge | 0,84 | 0,04 | 0,9 |
| blanc | 0,96 | 0,05 | 1,1 |
| <i>Taros</i> | | | |
| <i>Colocasia antiquorum</i> | | | |
| blanc gros tubercules | 3,15 | 0,22 | 4,2 |
| rouge ex Nkambé | 1,74 | 0,18 | 2,4 |
| petite taille ex Bafut | 3,16 | 0,16 | 4,9 |
| <i>Carotte locale</i> | | | |
| <i>Coleus esculentus</i> | 1,06 | 0,11 | 1,2 |
| <i>Haricot igname</i> | | | |
| <i>Pachyrrhizus erosus</i> | 6,90 | 1,20 | 10,2 |
| <i>Arbre à pain</i> | | | |
| <i>Artocarpus communis</i> | | | |
| <i>spyrena</i> (pulpe) | 4,90 | 0,13 | 5,5 |
| <i>seminifera</i> (graines) | 5,20 | 0,18 | 6,7 |
| <i>Jacquier</i> | | | |
| <i>Artocarpus integra</i> (graines) | 1,19 | 0,10 | 1,4 |

Pour comparer les différents tracés, nous avons déterminé les paramètres suivants (MERCIER, 1968) : vitesse initiale (Vi) et finale (Vf) d'hydrolyse, fraction facilement hydrolysable (FH). Les résultats sont rapportés aux tableaux 1 et 2.

Parmi les ignames (*Dioscorea*), les amidons des espèces *D. rotundata*, *D. cayennensis*, *D. schimperiana*, *D. libreschiana*, *D. bulbifera* et *D. alata*, tous à spectre type B, sont très difficilement hydrolysables par l'alpha-amylase bactérienne, comme l'amidon de pomme de terre pris en référence et également à spectre type B. Dans tous les cas, les valeurs des paramètres Vi, Vf et FH sont comparables entre elles. Par conséquent, à l'état cru, tous ces amidons de tubercules apparaissent nettement plus difficiles à hydrolyser que les amidons crus de céréales.

Par contre, les amidons de l'espèce *D. dumetorum* apparaissent beaucoup plus facilement hydrolysables que ceux des autres espèces de *Dioscorea* : leurs courbes d'hydrolyse s'inscrivent entre celles des amidons de maïs et de pomme de

terre, comme la courbe relative à l'amidon de manioc; les vitesses initiales et finales sont nettement plus élevées que pour les amidons des autres ignames, leurs valeurs étant voisines ou un peu supérieures à celles relatives à l'amidon de manioc (tabl. I et II). Pour chacune des trois variétés de *D. dumetorum*, l'amidon des tubercules récoltés en 1971 se montre plus facilement hydrolysable que celui des tubercules récoltés en 1970, mais il pourrait s'agir d'un artefact : les amidons de 1971 ont séjourné dans leur eau de lavage plus longtemps que ceux de 1970, leur récupération ayant été effectuée par simple décantation et non par centrifugation, d'où la possibilité d'un début de fermentation entraînant une légère dégradation.

Les amidons de *D. esculenta*, des deux *Artocarpus communis* et des *Colocasia antiquorum* blanc et ex-Bafut ont des courbes d'hydrolyse d'un aspect plus particulier : les vitesses initiales et les fractions facilement hydrolysables sont plus élevées, respectivement au voisinage de 5,1 et 5,9, que celles relatives aux autres amidons, alors que les vitesses finales gardent des valeurs faibles, voisines de 0,15. Les courbes d'hydrolyse des amidons de *D. esculenta* et de *D. dumetorum*, se différencient nettement des courbes données par les autres ignames.

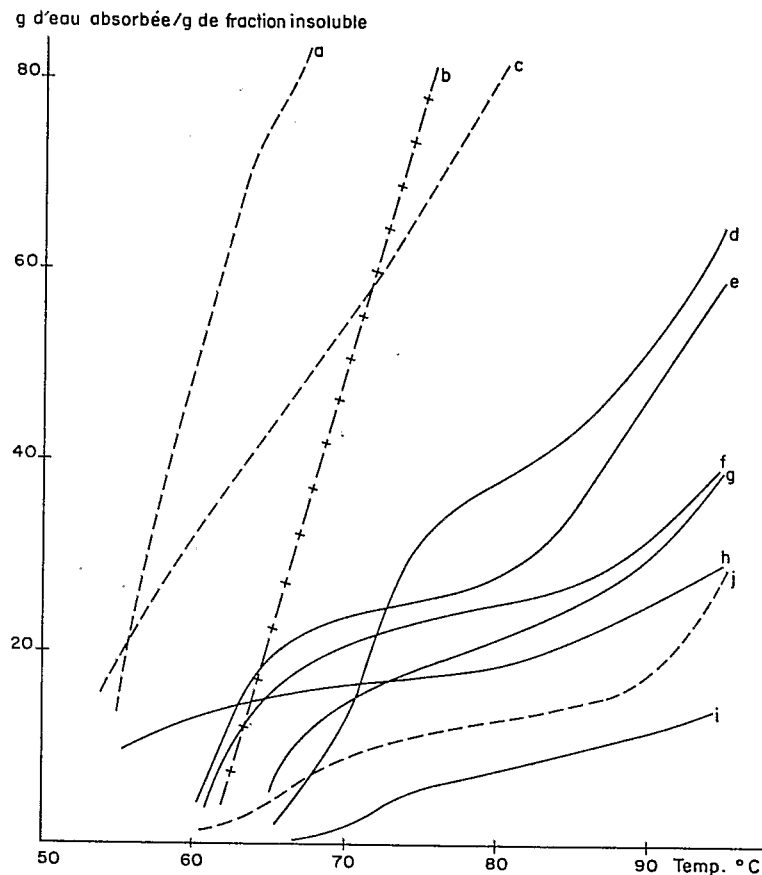


FIG. 3 — Gonflement de divers amidons en fonction de la température
 a) *Solanum tuberosum*; b) *D. esculenta*; c) *Manihot esculenta*; d) *Dumetorum* hirsute jaune 1971;
 e) *D. rotundata* conique; f) *D. cayenensis* long; g) *D. alata*; h) *D. bulbifera*; i) *D. libreschiana*;
 j) *Zea mays*.

Après les amidons qui sont les plus doux présentent la catégorie d'amidons lement l'amidon de L'amidon de *P.* d'hydrolyse; les paramètres amidon de céréale

3.2. — Gonflement

L'évolution de des amidons étudiés température; le gonflement amidon insoluble dans de fraction insoluble les fig. 3, 7 et 9 où l

Pour les amidons obtenus par plusieurs CIER 1968) : le gonflement commence à se produire linéairement quand

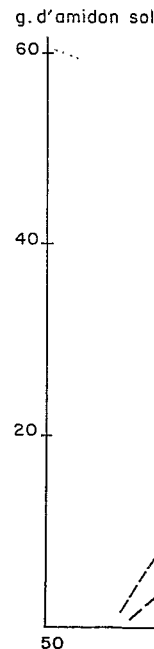


FIG. 4. —
 a) *Solanum tuberosum*; b) *D. esculenta*;
 c) *D. rotundata* conique; d) *Zea mays*.

Après les amidons d'ignames, ce sont ceux de macabos et de patates douces qui sont les plus difficilement attaqués par l'enzyme. Les amidons de patates douces présentent cependant une vitesse finale d'amylolyse plus élevée. A cette catégorie d'amidons peu sensibles à l'action de l'alpha-amylase se rattache également l'amidon de *Coleus esculentus*.

L'amidon de *Pachyrrhizus erosus* présente une très grande sensibilité à l'hydrolyse; les paramètres Vi, Vf, FH sont de l'ordre de ceux observés pour un amidon de céréale tel que l'amidon de blé.

3.2. — Gonflement et solubilité dans l'eau en fonction de la température

L'évolution du gonflement en milieu aqueux des amidons de référence et des amidons étudiés est représentée sur les figures 3, 6, et 9 en fonction de la température; le gonflement, traduisant la capacité d'hydratation de la fraction d'amidon insoluble dans l'eau, est exprimé en grammes d'eau absorbée par gramme de fraction insoluble. L'évolution de la solubilité des amidons est représentée sur les fig. 3, 7 et 9 où la solubilité est exprimée en pourcentage d'amidon solubilisé.

Pour les amidons de référence, nos diagrammes sont comparables à ceux obtenus par plusieurs auteurs, (LEACH *et al.* 1959, HOLLO et GUILBOT 1964, MERCIER 1968) : le gonflement des amidons du manioc et de la pomme de terre commence à se produire vers 53 °C et 55 °C respectivement et s'accroît à peu près linéairement quand la température s'élève; celui de l'amidon de maïs présente

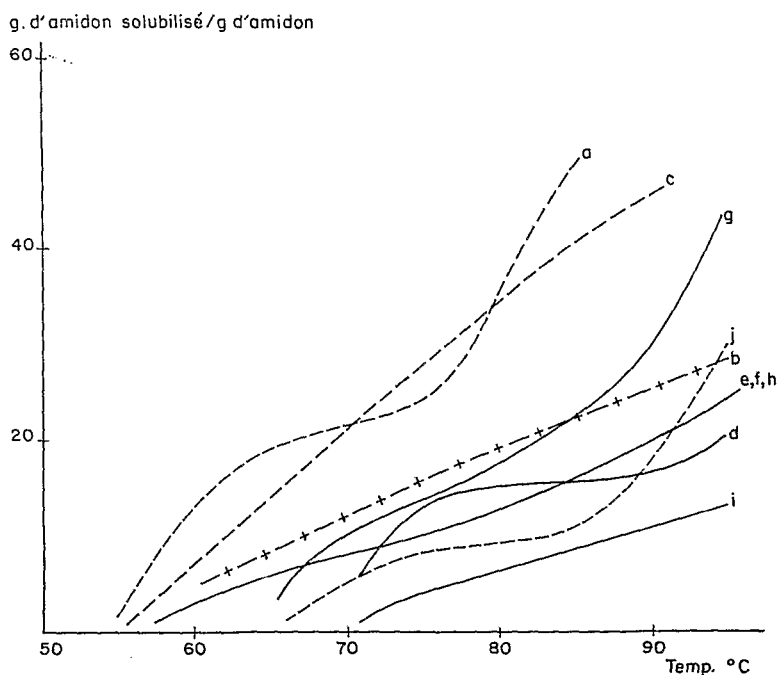


FIG. 4. — Solubilité de divers amidons en fonction de la température
 a) *Solanum tuberosum*; b) *D. esculenta*; c) *Manihot esculenta*; d) *Dumetorum hirsute* jaune 1971;
 e) *D. rotundata* conique; f) *D. cayenensis* long; g) *D. alio*; h) *D. bulbifera*; i) *D. libreschiana*;
 j) *Zea mays*.

deux stades d'accroissement, le premier entre 60 et 65 °C et le second vers 90 °C. Par contre la capacité d'hydratation de l'amidon de maïs paraît assez limitée comparativement à celle des amidons de manioc et de pomme de terre. Cette différence se retrouve au niveau de l'importance de la solubilisation.

En ce qui concerne les ignames (fig. 3), l'amidon de *D. esculenta* se distingue de celui des autres espèces par son gonflement élevé et linéaire, comparable à celui du manioc et de la pomme de terre; le gonflement des amidons des autres espèces intervient en général à des températures supérieures, comprend deux stades et semble plus limité. Le gonflement des amidons des variétés de *D. dumetorum* subit un accroissement brusque vers 70 °C et paraît assez élevé sans toutefois se distinguer particulièrement de celui des autres espèces. L'amidon de *D. libreschiana*, à forte teneur en amylose, possède la capacité d'hydratation la plus faible.

Si l'on considère les diagrammes de solubilité des amidons d'ignames en fonction de la température (fig. 4), on observe qu'ils présentent une allure comparable à celle des diagrammes de gonflement. La solubilité est dans l'ensemble assez limitée et présente souvent deux stades comme dans le cas du maïs.

Les amidons des macabos, taros et patates douces (fig. 6 et 7) sont comparables à ceux des ignames du point de vue du gonflement et de la solubilité. L'amidon de taro petite taille possède cependant une capacité d'hydratation et une solubilité plus élevées.

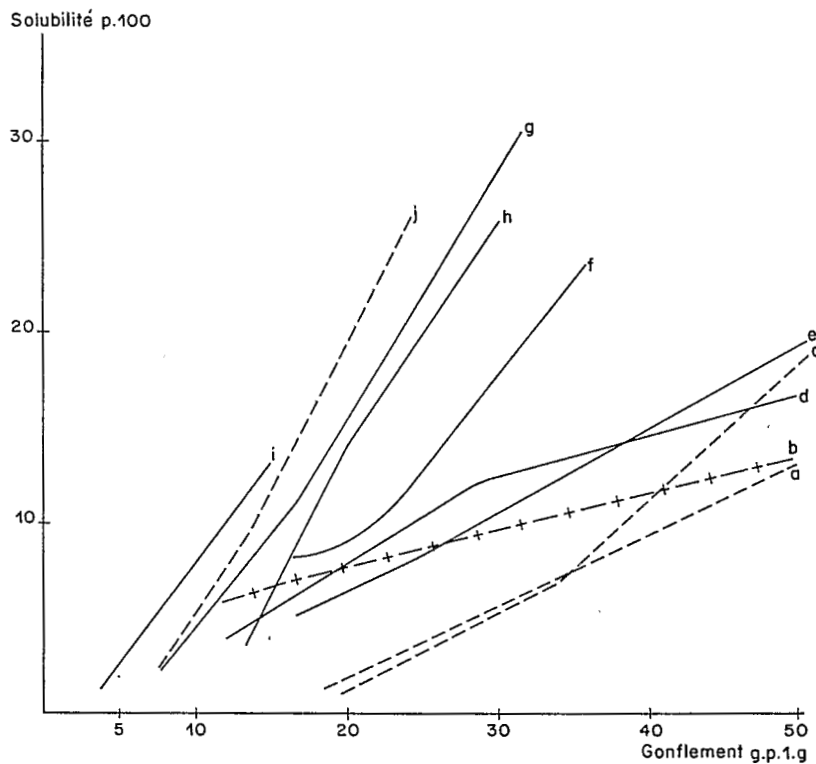


FIG. 5. — Solubilité en fonction du gonflement de divers amidons
a) *Solanum tuberosum*; b) *D. esculenta*; c) *Manihot esculenta*; d) *Dumetorum hirsute* jaune 1971; e) *D. rotundata* conique; f) *D. cayenensis* long; g) *D. alata*; h) *D. bulbifera*; j. *Zea mays*.

L'amidon d'amylose, se disti extraits des grai réduite (fig. 6 e

Enfin, pour limités sans que stades d'accroiss

Les graphiqu les amidons des i de terre, se solub de gonflement ce solubilité inférieure paraît (fig. 8) pc un degré moindri ment de l'amidor des amylomais (assez important.

En définitiv

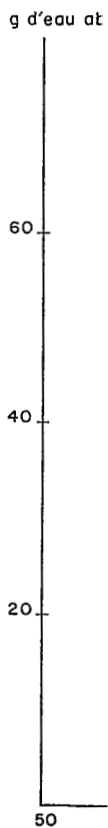


FIG. 6.
a) *Colocasia* petite ta jaune; f) *A. commun*

L'amidon de la pulpe du fruit d'*A. communis apyrena*, à faible teneur en amylose, se distingue des amidons des autres *artocarpus* — qui sont des amidons extraits des graines — par sa capacité d'hydratation importante et sa solubilité réduite (fig. 6 et 7).

Enfin, pour *Pachyrrhizus* et *coleus*, les gonflements et solubilités sont assez limités sans que l'on puisse, dans nos conditions expérimentales, distinguer deux stades d'accroissement (fig. 9).

Les graphiques de solubilité en fonction du gonflement (fig. 5) montrent que les amidons des ignames *D. esculenta* et *D. dumetorum*, comme l'amidon de pomme de terre, se solubilisent moins rapidement qu'ils ne gonflent. Pour un même stade de gonflement ces amidons, à faible teneur en amylose, présentent toujours une solubilité inférieure à celle des autres amidons d'ignames. Le même phénomène apparaît (fig. 8) pour l'amidon d'*A. communis apyrena* (9 p. 100 d'amylose) et, à un degré moindre, pour l'amidon du taro petite taille. Inversement, le gonflement de l'amidon de l'igname *D. libreschiana* (34,5 p. 100 d'amylose) comme celui des amylomais (MERCIER, 1968) reste très réduit pour un taux de solubilisation assez important.

En définitive on peut dire que, généralement, la capacité d'hydratation et la

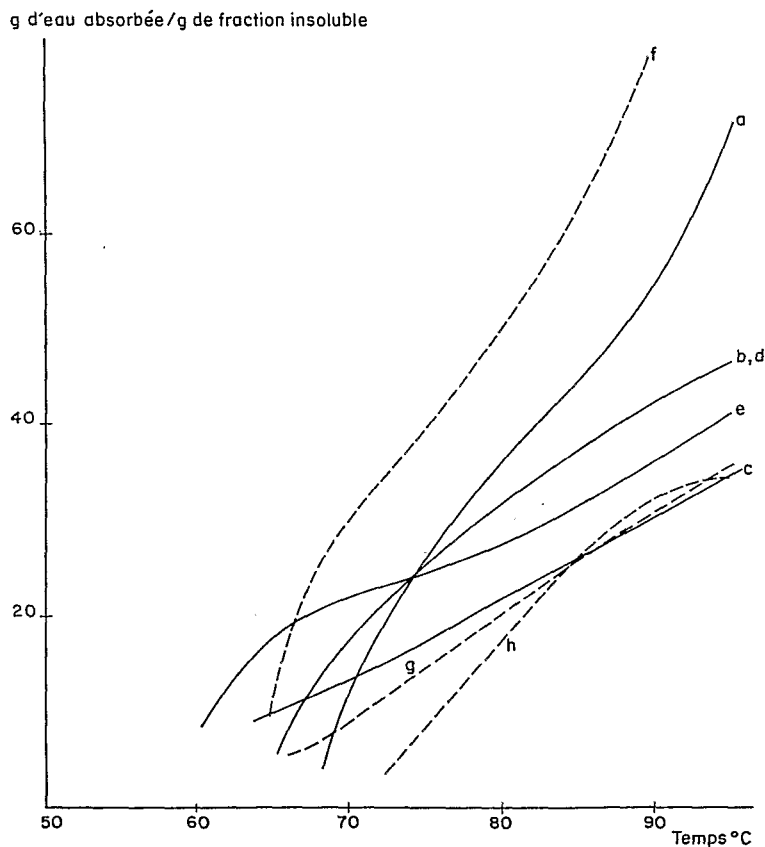


FIG. 6. — Gonflement de divers amidons en fonction de la température
 a) *Colocasia* petite taille; b) *Colocasia* blanc; c) *Colocasia* rouge; d) *Xanthosoma* rouge; e) *Ipomea* jaune; f) *A. communis apyrena*; g) *A. communis seminefera*; h) *A. integra*.

solubilité de l'ensemble des amidons des plantes alimentaires tropicales étudiées ici sont comparables à celles du maïs, mais sont plus réduites et se manifestent à des températures plus élevées que celles des amidons de pomme de terre et de manioc.

4. — Discussion et conclusion

Les résultats précédents montrent que les caractéristiques physico-chimiques des amidons d'amylacés tropicaux varient en fonction du genre botanique, mais aussi de l'espèce et parfois des cultivars.

Chez les tubercules du genre *Dioscorea*, la variabilité notable des dimensions des grains d'amidon, des teneurs en amylose, des spectres de diffraction X, des sensibilités à l'alpha-amylase et des propriétés de gonflement dans l'eau, permet de discuter des relations éventuelles entre ces différents paramètres.

1. — La teneur en amylose semble en relation, pour certains amidons, avec la taille des grains. Chez les ignames, les amidons de *D. esculenta* et *D. dumetorum* possèdent à la fois les grains les plus petits et les teneurs en amylose les plus basses (DELPEUCH *et al.*, 1978). La même observation peut être faite avec la variété de taro petite taille. Ces résultats vont d'ailleurs dans le même sens que ceux de KULP (1973) pour l'amidon de blé.

2. — Les amidons d'ignames à petits grains et à faible teneur en amylose sont plus facilement hydrolysés par l'alpha-amylase que ceux des autres espèces. Ces résultats s'accordent avec ceux de RASPER (1969) qui, opérant avec des conditions différentes d'amylyse (0,2 à 1 p. 100 d'enzyme par rapport au substrat,

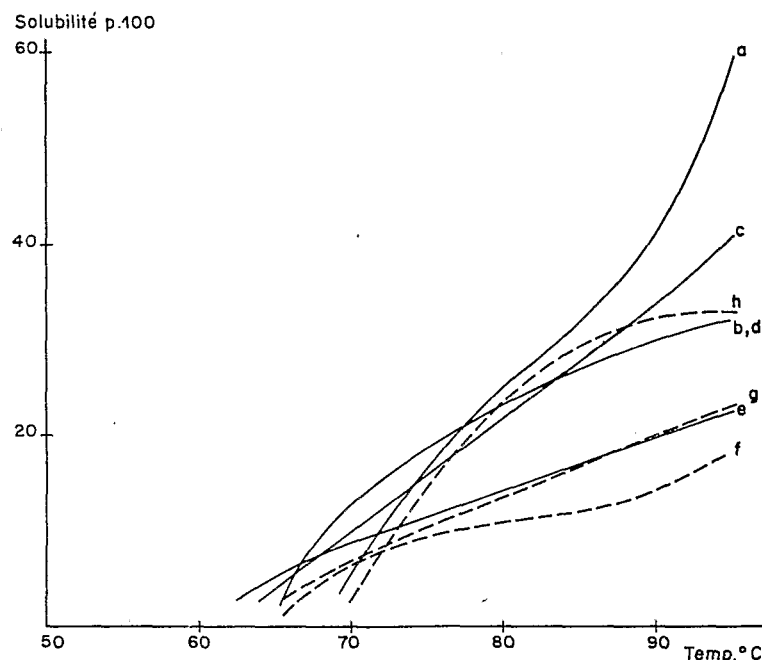


FIG. 7. — Solubilité de divers amidons en fonction de la température
 a) *Colocasia* petite taille; b) *Colocasia* blanc; c) *Colocasia* rouge; d) *Xanthosoma* rouge; e) *Ipomea* jaune; f) *A. communis* aphyrena; g) *A. communis* seminifera; h) *A. integra*.

durant 2
dumetorum
 de leur r
 taro, ma
D. rotun
 manioc,
 expérim
 dans no
 tités d'a
 ils ont p
 rejoint

Poi
 l'essent
 et pour
 surface
 botanig
 différen
 pour le

a) Coi
 jaune

durant 20 heures à 30 °C), trouve aussi que les amidons de *D. esculenta* et *D. dumetorum* sont plus dégradés que ceux des autres ignames. Dans l'ordre croissant de leur résistance à l'hydrolyse, il classe comme suit les amidons qu'il a examinés : taro, maïs, *D. dumetorum*, manioc, *D. esculenta*, patate douce, macabo, *D. alata*, *D. rotundata*, *D. cayenensis*, pomme de terre. Seule apparaît une inversion entre manioc, *D. dumetorum* et taros, qui pourrait être attribuée aux conditions expérimentales différentes. Encore faut-il remarquer que si les amidons des taros dans notre expérimentation présentent des vitesses finales d'amylolyse et des quantités d'amidon dégradé au bout de 2 h inférieures à celles de l'amidon du manioc, ils ont par contre des vitesses initiales d'amylolyse sensiblement supérieures, ce qui rejoint les résultats de RASPER.

Pour cet auteur, cette sensibilité accrue à l'action de l'enzyme serait due pour l'essentiel à la petite taille des grains. Au contraire, pour LEACH et SCHOCH (1961) et pour MERCIER (1968), il n'existerait aucune corrélation entre la taille ou la surface des grains d'amidon et la sensibilité à l'alpha-amylase; par contre, l'origine botanique d'un amidon et sa teneur en amylose seraient impliquées dans les différences de sensibilité à l'alpha-amylase. MERCIER (1968) montre ainsi que, pour le maïs, la vitesse et l'importance de l'hydrolyse enzymatique diminuent

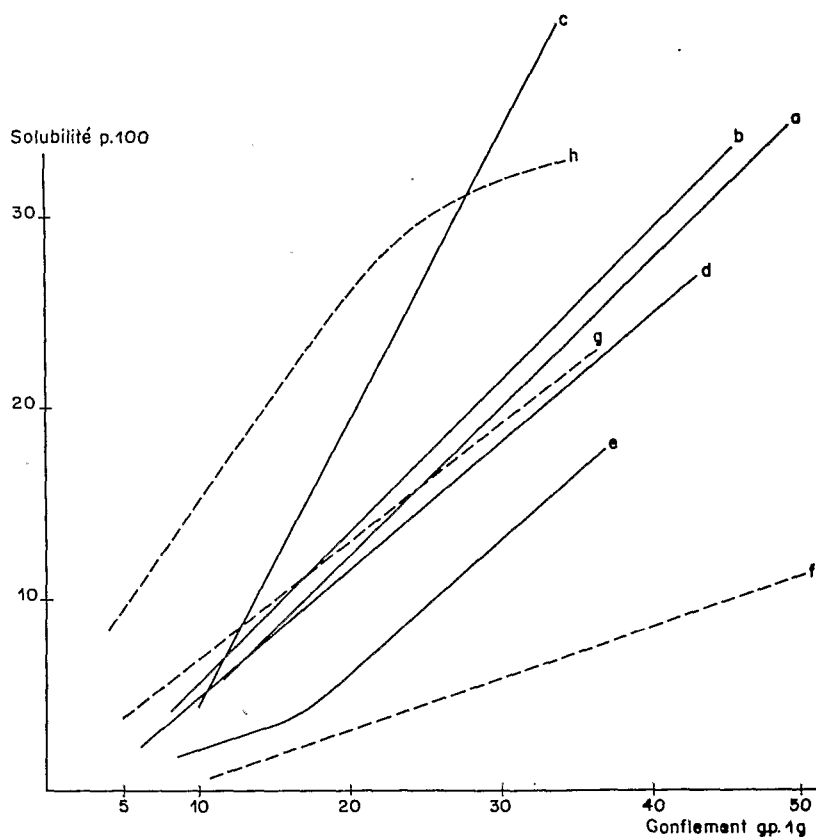


FIG. 8. — Solubilité en fonction du gonflement de divers amidons
 a) *Colocasia* petite taille; b) *Colocasia* blanc; c) *Colocasia* rouge; d) *Xanthosoma* rouge; e) *Ipomea* jaune; f) *A. communis aphyrena*; g) *A. communis seminifera*; h) *A. integra*.

avec l'augmentation de la teneur en amylose. Si comme le suggère BADENHUIZEN (cité par MERCIER, 1968) l'amylopectine est préférentiellement dégradée par les amylases, on pourrait penser que le rapport amylose/amylopectine a effectivement une influence sur l'alpha-amylolyse. Pourtant cette hypothèse ne se vérifie pas avec tous les genres botaniques puisque, pour *Artocarpus*, l'hydrolyse de l'amidon de la variété *seminifera* (21,8 p. 100 d'amylose) est aussi importante que celle de l'amidon de l'*A. apyrena* (9,2 p. 100 d'amylose).

L'hypothèse d'une corrélation entre le type du spectre de diffraction des rayons X du grain d'amidon, donc de son organisation cristalline, et l'alpha-amylolyse a été avancée par certains auteurs. Par exemple, LEACH et SCHOCH (1962) observent que les amidons à spectre A sont plus facilement attaqués par les amylases et se solubilisent plus rapidement dans le diméthylsulfoxyde que les amidons à spectre B. Pour ces auteurs, ceci suggérerait l'existence d'une structure granulaire plus homogène chez les amidons à spectre B. Cette hypothèse s'accorderait avec le fait que les résidus d'hydrolyse acide de ces amidons sont à spectre B, alors que ceux des amidons de blé et de manioc n'ont plus tout à fait le même spectre A que les amidons natifs (DUPRAT *et al.*, 1974). Nos résultats, ainsi que ceux de BEWA (1978) sur le *canna* ne vérifient pas cette hypothèse puisqu'ils mettent en évidence que pour l'amidon de *D. esculenta*, à spectre très voisin du type B, et celui de *canna* à spectre B l'alpha-amylolyse est importante. Ils montrent par ailleurs que, à l'intérieur d'un même genre botanique, deux amidons à spectres différents, ceux de *D. dumetorum* et de *D. esculenta*, présentent des

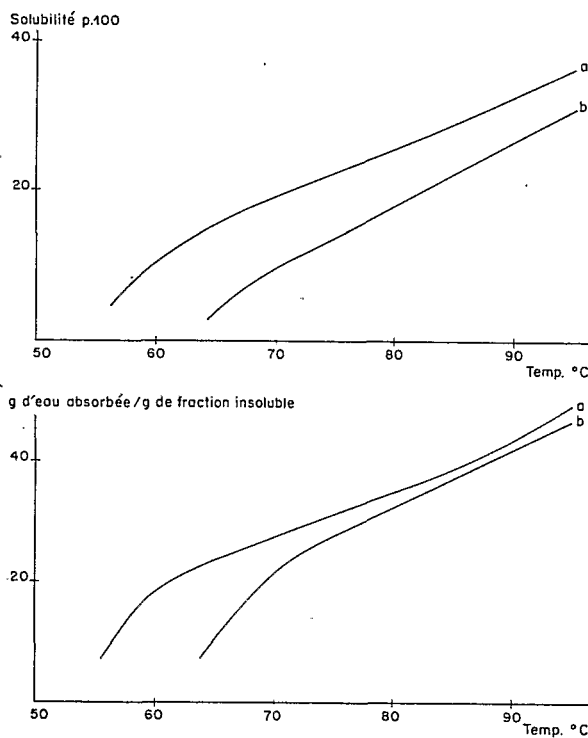


FIG. 9. — Gonflement des amidons de *Pachyrrhizus Erosus* (a) et *Coleus Esculentus* (b) en fonction de la température

sensibilités voisines et rel donc que l'influence de l' à l'alpha-amylyse ne so

En définitive, l'alp à faible teneur en amyli probablement mais qu'i rences de sensibilité ent buent les variations de couches concentriques, différentes à la pénétrat et/ou la teneur en am On pourrait ainsi propo tique à celui des grains assez résistante limitan

4. — Les allures ce de la plupart des amido BOT (1964), indiquent t et de solubilité. Hormis il semble que les cara d'ignames se rapproche bilité limités, en deux stades pourrait indiquer liaisons internes se relac d'énergie différents.

Les amidons de *D. communis apyrena*, tou vitesse de gonflement s lose pourrait avoir une bilité dans l'eau de ces le gonflement est réduit les plus fortes c'est-à-d avec les amidons des an notamment celui de *D. pacité d'hydratation*

Les dimensions du de taros, on observe t chez celui qui a les di (1972), étudiant le co remarquent également sont les plus petits est

Par contre, l'influ moins nette. L'hypoth spectre B serait moins c limité des céréales par ne rend pas compte d

En conclusion, su que présente la conna amidons d'origine tropi et les variétés peut con industrielle des tubercu technologies ou à l'alim

sensibilités voisines et relativement élevées à l'action de l'alpha-amylase. Il semble donc que l'influence de l'organisation cristalline du grain d'amidon sur la sensibilité à l'alpha-amylase ne soit pas prépondérante.

En définitive, l'alpha-amylolyse importante des amidons à petits grains et à faible teneur en amylose indique que ces deux paramètres interviennent très probablement mais qu'il convient de rechercher ailleurs l'explication des différences de sensibilité entre les autres amidons. GUILBOT et MERCIER (1962) attribuent les variations de sensibilité des amidons aux amylases à l'existence de couches concentriques, autour du grain d'amidon, présentant des résistances différentes à la pénétration et à l'attaque enzymatique; l'organisation cristalline et/ou la teneur en amylose n'interviendraient que comme facteur secondaire. On pourrait ainsi proposer pour les grains d'amidons d'ignames un modèle identique à celui des grains d'amidon de pomme de terre avec une couche externe assez résistante limitant le processus d'alpha-amylolyse.

4. — Les allures comparables des diagrammes de solubilité et de gonflement de la plupart des amidons étudiés, en accord avec les résultats de HOLLO et GUILBOT (1964), indiquent une relation étroite entre les phénomènes de gonflement et de solubilité. Hormis le gonflement exceptionnel de l'amidon de *D. esculenta*, il semble que les caractéristiques de gonflement et de solubilité des amidons d'ignames se rapprochent de celles des amidons de céréales : gonflement et solubilité limités, en deux stades. Selon LEACH *et al.* (1959), la présence de ces deux stades pourrait indiquer dans le grain d'amidon l'existence de deux types de liaisons internes se relâchant à deux températures différentes et donc à des niveaux d'énergie différents.

Les amidons de *D. esculenta*, *D. dumetorum*, du taro petite taille et de *A. communis aphyrena*, tous à faible teneur en amylose, présentent en général une vitesse de gonflement supérieure à la vitesse de solubilisation. La teneur en amylose pourrait avoir une influence sur les comportements de gonflement et de solubilité dans l'eau de ces amidons; on peut penser avec MERCIER *et al.* (1970), que le gonflement est réduit là où les liaisons interchaînes sont les plus nombreuses ou les plus fortes c'est-à-dire chez les amidons riches en amylose. Ceci a été observé avec les amidons des amylomais et paraît se vérifier avec les amidons des ignames, notamment celui de *D. libreschiana* (34,5 p. 100 d'amylose) qui possède la capacité d'hydratation la plus faible.

Les dimensions du grain d'amidon pourraient intervenir. Parmi les amidons de taros, on observe une capacité d'hydratation et une solubilité plus élevées chez celui qui a les dimensions du grain les plus réduites. GERING et DEHARS (1972), étudiant le comportement d'amidons de plusieurs cultivars de taros, remarquent également que le gonflement de l'amidon de la variété dont les grains sont les plus petits est supérieur à celui de tous les autres.

Par contre, l'influence du type d'organisation cristalline semble beaucoup moins nette. L'hypothèse selon laquelle la structure du grain correspondant au spectre B serait moins cohérente que celle correspondant au spectre A (gonflement limité des céréales par rapport à celui de la pomme de terre) (MERCIER, 1968) ne rend pas compte du gonflement réduit des amidons d'ignames à spectre B.

En conclusion, sur le plan des applications pratiques, on conçoit l'intérêt que présente la connaissance des caractéristiques qui ont été étudiées chez ces amidons d'origine tropicale. L'existence de différences importantes entre les espèces et les variétés peut conduire à choisir, dans le cadre du développement de la culture industrielle des tubercules, celles qui sont les plus adaptées à la cuisson, à certaines technologies ou à l'alimentation animale. C'est ainsi qu'en raison de la plus grande

sensibilité à l'hydrolyse alpha-amylasique de leurs amidons, l'utilisation des tubercules crus de *pachyrrhizus*, *D. dumetorum*, *D. esculenta* et *colocasia* blanc pourrait être envisagée en alimentation animale. CERIGHELLI (1955) avait déjà signalé *pachyrrhizus* comme légumineuse à tubercule susceptible de fournir de la fécule. Elle serait en outre facile à traiter du fait qu'elle est dépourvue de matières mucilagineuses. Si l'on recherche la propriété de cuire rapidement, *D. esculenta* sera choisi de préférence à *D. bulbifera* et à plus forte raison à *D. libreschiana* car son amidon, comme les amidons de pomme de terre et de manioc, gonfle facilement dans l'eau quand la température augmente alors que l'amidon de *D. libreschiana* et à un moindre degré celui de *D. bulbifera*, gonflent plus difficilement, comme celui du maïs par exemple.

Reçu pour publication en juin 1980.

Summary

*Characteristics of starches from tropical food plants:
alpha-amylase hydrolysis, swelling and solubility patterns*

Alpha-amylase hydrolysis, swelling and solubility patterns were studied on thirty starches from tropical plants of various genus, species and varieties. Large differences were observed in alpha-amylase hydrolysis, swelling and solubility patterns between the different genus and species and at times between varieties of the same species. The results were compared with those obtained with maize starch and potato starch. Relationships between the characteristics studied and the size of starch granules, the amylose content and the crystalline organization type were discussed.

Generally it seems that starches with small granules and with a low amylose content are more sensitive to alpha-amylase action than the other starches and have the lowest solubilization rate when compared to the swelling rate.

Références bibliographiques

- BEWA H., 1978. *Amidons des tubercules tropicaux. Efficacité nutritionnelle pour le poulet*. Thèse de docteur-ingénieur, Université Paris VI.
- CERIGHELLI R., 1955. *Cultures tropicales. I. Plantes vivrières*. Ed. Baillière, Paris.
- DELPEUCH F., FAVIER J. C., CHARBONNIERE R., 1979. Caractéristiques des amidons de plantes alimentaires tropicales. *Ann. Technol. agric.*, 27, 809-826.
- DUPRAT F., CHARBONNIER R., ROBIN J. P., GUILBOT A., 1974. Radiokristallographische studien an lintnerisierten stärke. *Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych Z.*, 159, 155-164.
- GOERING K. J., DEHARS B., 1972. New Starches. VIII Properties of the small granule-starch from *Colocasia esculenta*. *Cereal Chem.*, 49, 712-719.
- GUILBOT A., 1961. Etat actuel de nos connaissances sur certains aspects de la physico-chimie de l'amidon. Incidence en technologie des produits alimentaires à base de céréales. *Ind. Agric. Alim.* 78, 205-218.
- GUILBOT A., MERCIER C., 1962. Répercussions, sur la digestibilité de l'amidon, des modifications de sa structure physicochimique au cours de ses transformations technologiques. *Ind. Agric. Alim.*, 79, 939-947.
- HOLLO 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), I, 537-560, C.I.I.A., B.I.P.C.A., S.E.D.I.A.C., Paris.
- KULP K., 1973. Characteristics of small-granule starch of flour and wheat. *Cereal Chem.*, 50, 666-679.

LEACH H. W., MC C
and solubility pa
LEACH H. W., SCHO
lases on granular
LEACH H. W., SCHO
starches in Dime
LÆWUS F. A., 1952
Anal. Chem., 24,
MERCIER C., 1968.
physiques et enzy
MERCIER C., CHARB
téristiques des ar
formation. *Die S*
RASPER V., 1969.
Swelling ans sol
TOLLIER M. TH., G
de maïs grain. A

- LEACH H. W., MC COWEN L. D., SCHOCH T. J., 1959. Structure of the starch-granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem.*, **36**, 534-544.
- LEACH H. W., SCHOCH T. J., 1961. Structure of the starch granule. II. Action of various amylases on granular starches. *Cereal Chem.*, **38**, 34-46.
- LEACH H. W., SCHOCH T. J., 1962. Structure of the starch granule. III. Solubilities of granular starches in Dimethyl Sulfoxide. *Cereal Chem.*, **39**, 318-327.
- LOEWUS F. A., 1952. Improvement in anthrone method for determination of carbohydrates. *Anal. Chem.*, **24**, 219-220.
- MERCIER C., 1968. *Contribution à l'étude de la structure du grain d'amidon au moyen de méthodes physiques et enzymatiques*. Thèse de Doctorat ès-Sciences. Faculté des Sciences, Paris.
- MERCIER C., CHARBONNIERE R., GALLANT D., GUILBOT A., 1970. Évolution de quelques caractéristiques des amidons extraits de grains de maïs normal et d'amylomaïs au cours de leur formation. *Die Stärke*, **22**, 9-16.
- RASPER V., 1969. Investigations on starches from major starch crops grown in Ghana. II. Swelling and solubility patterns. Amyloclastic susceptibility. *J. Sci. Agric.*, **20**, 642-646.
- TOLLIER M. TH., GUILBOT A., 1971. Caractéristiques de la fraction glucidique des échantillons de maïs grain. *Ann. Zootech.*, **20** (n° hors série), 633-640.