

ETUDE DE QUELQUES PROPRIETES PHYSICO - CHIMIQUES DE L'AMIDON DE DIVERSES PLANTES ALIMENTAIRES DU CAMEROUN

Par

F. DELPEUCH, J.C. FAVIER
Nutritionnistes de l'ORSTOM
R. CHARBONNIERE
CNRS

RÉSUMÉ

Les auteurs ont étudié l'amidon de plusieurs genres, espèces et variétés de plantes à tubercules, racines alimentaires et fruits féculents tropicaux. Ont été abordés la taille et la forme des grains, la teneur en amylose, le spectre de diffraction X, l'attaque alpha-amylasique et les propriétés de gonflement et de solubilité dans l'eau en fonction de la température. Ces différentes caractéristiques apparaissent très variables d'une espèce à l'autre et parfois d'une variété à l'autre.

Leurs relations éventuelles sont discutées en regard des résultats acquis chez les amidons de céréales (blé, maïs) et de tubercules (pomme 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

Tubercules, amidon, ignames, patates douces, taros, macabos, coleus, pachyrrhizus, arbre à pain, amylose, alpha-amylase, spectre de diffraction X, gonflement, solubilité dans l'eau.

SUMMARY

The authors studied starch from various types, species and varieties of tropical tuber plants, edible roots and starch fruits. The study took into account the size, and form of the grains, the amylose content, the X diffraction spectrum, the alpha-amylase susceptibility and the properties of swelling and solubility in water depending on the temperature. These various characteristics appear very variable from one specie to another and at times from one variety to the other.

Their possible relations are discussed in the light of the results obtained with starch from grains (wheat, maize) and tubers (potatoes).

In general, it seems that starch from small grains and with a low amylose content is more sensitive to alpha-amylase action than the other starches and has the lowest solubilization speeds when compared to the swelling speeds.

KEY WORDS

Tubers, starch, yams, sweet potatoes, colocasia, cocoyams or taro, cocoyams, pachyrrhizus, bread-fruit tree, amylose alpha-amylase, X diffraction spectra, swelling, solubility in water. 26 FEB. 1980

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

1. INTRODUCTION

L'amidon est généralement considéré comme un des polysaccharides les plus importants dans l'alimentation humaine. C'est, pondéralement, le composant principal des plantes à racines alimentaires, tubercules et fruits féculents qui constituent la base de l'alimentation des populations de la zone tropicale humide.

La structure du grain d'amidon peut avoir, suivant l'origine botanique, une incidence importante sur l'utilisation digestive des plantes amylacées. Il est bien connu que certains amidons résistent partiellement au processus d'amylolyse qui entre en jeu au cours de la digestion. D'autres sont même, à l'état cru, très indigestibles et passent en nature dans les fèces (1). C'est ainsi qu'un précédent travail (2) a permis de confirmer l'intérêt des traitements thermiques des amidons de tubercules tropicaux aussi bien dans le cadre de l'alimentation humaine que dans celui d'une éventuelle utilisation pour l'alimentation animale.

Outre l'aspect fondamental d'une meilleure connaissance de la structure du grain d'amidon et de ses répercussions sur la physiologie digestive, l'étude des propriétés physicochimiques des amidons présente un intérêt pratique. Elle constitue en effet le premier stade de la recherche d'applications artisanales ou industrielles pour les produits amylacés tropicaux. Le comportement à la cuisson (3) et l'aptitude à certaines transformations technologiques telles que la fabrication de films protecteurs et d'agents épaississants (4-5) dépendent en partie de la composition de l'amidon, du rapport amylose amylopectine, et de ses propriétés de gonflement et de solubilisation dans l'eau.

Enfin dans le cadre de la recherche de sources énergétiques locales pour l'alimentation animale, il peut être intéressant d'évaluer la sensibilité des amidons de tubercules à la dégradation alpha-amylasique. Plusieurs auteurs ont en effet mis en évidence un parallélisme certain entre l'hydrolyse alpha-amylasique *in vitro* et la digestibilité *in vivo*, notamment chez le porc (6).

En réalité si les propriétés des principaux amidons commerciaux (pomme de terre et céréales) sont maintenant bien connues, peu de travaux ont été consacrés aux amylacés tropicaux.

L'igname, *Dioscorea sp.*, est le tubercule dont l'amidon a été le plus étudié. En Afrique MIEGE (7-8) a mesuré les dimensions des grains d'amidons de *D. esculenta* et *D. alata*. Plusieurs espèces d'ignames cultivées au Ghana, *D. rotundata*, *D. alata*, *D. esculenta*, *D. dumetorum*, sont décrites par RASPER ET COURSEY (9) sur le plan de la teneur en amylose et des propriétés rhéologiques de leurs amidons. Des variations considérables apparaissent entre les espèces, certaines caractéristiques sont mises en relation avec l'aptitude de *D. esculenta* et *D. dumetorum* à la préparation de fofou (plat traditionnel en Afrique de l'Ouest). Dans une perspective d'utilisation industrielle les propriétés de l'amidon d'igname ont été également étudiées par HOLLO et GUELBOFF (10). De même, *D. alata* au Brésil (11) ainsi que *D. hispida*, *D. bulbifera*, *D. alata*, *D. sativa* et *D. anguina* en Inde (12, 12 bis, 12 ter) ont fait l'objet d'études approfondies.

D'un autre côté des données sur la teneur en amylose sont citées par ROY et MITRA en Inde (13) pour les taros et le haricot-igname ; par DEATHERAGE (14) à Porto-Rico pour les macabos, taros, patates douces et manioc ; par CORREA (15) au Brésil pour le fruit à l'arbre à pain.

Des valeurs de gonflement dans l'eau et de sensibilité à l'alpha-amylase sont rapportées par RASPER (16) pour plusieurs amidons tropicaux.

Les travaux que nous avons entrepris consistent en une étude inter-spécifique et intervariétale de plusieurs caractéristiques des amidons d'ignames et de quelques autres aliments riches en amidons.

Il s'agit essentiellement de la taille des grains, de la teneur en amylose, du spectre de diffraction des rayons X, de l'alpha-amylolyse et de la capacité d'hydratation et de solubilisation dans l'eau en fonction de la température. Notre attention s'est portée plus particulièrement sur les relations susceptibles d'apparaître entre ces différentes propriétés.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. MATÉRIEL

Les mesures ont été effectuées sur des amidons extraits au laboratoire à partir de la portion comestible des plantes à racines alimentaires, tubercules et fruits féculents suivants :

2.1.1 Plantes à racines alimentaires et tubercules

Les ignames : il s'agit de huit espèces du genre *Dioscorea* appartenant à l'ordre des liliales, dont trois sont représentées par plusieurs variétés.

Les patates douces : trois variétés d'*Ipomea batatas* de la famille des convolvulacées.

Deux variétés de «macabos», *Xanthosoma sagittifolium*, et trois variétés de «taros», *Colocasia anti-quorum*, qui appartiennent à la famille des aracées.

Un «haricot igname» (Yam bean ou potato bean), *Pachyrrhizus erosus*. C'est une légumineuse à tubercule, pratiquement non connue au Cameroun mais consommée dans certains pays tropicaux (Indonésie, Mexique).

Les échantillons proviennent de la station IRAF de Bambui située à 1 300 m d'altitude dans l'Ouest-Cameroun, hormis deux variétés de *D. dumetorum* et le «haricot igname» récoltés à Yaoundé.

2.1.2. Fruits féculents

Il s'agit de deux espèces d'*Artocarpus*, plantes arborescentes de la famille des moracées.

A. Communis variétés *apyrena* est le véritable arbre à pain dont les fruits sont dépourvus de graines. L'amidon est extrait de la pulpe. Les fruits de la variété *seminifera* possèdent de nombreuses graines qui sont consommées et à partir desquelles l'amidon a été extrait.

A. integra est le jacquier dont les fruits possèdent comme *A. Communis seminifera* des graines comestibles.

Tous les fruits ont été récoltés au jardin botanique de Yaoundé.

2.2. MÉTHODES D'ANALYSE

— Extraction de l'amidon : après épluchage les aliments sont broyés en présence d'une solution de chlorure mercurique 0,01 M ; la suspension est passée à travers une mousseline. L'amidon est purifié par une série de lavages à l'eau permutée puis par agitation dans une solution de chlorure de sodium à 4 p. cent en présence de toluène afin d'éliminer les protéines. Après une nouvelle série de lavages à l'eau, l'amidon est finalement séché à une température inférieure à 45° C, modérément broyé et passé à travers un tamis de 0,25 mm de mailles.

Diverses déterminations ont été effectuées sur les différents amidons :

- la teneur en eau par dessiccation à 104° - 107° C jusqu'à poids constant ;
- la teneur en amidon par la méthode de DIMLER modifiée (17) ;
- la teneur en cendres par calcination à 550° C pendant huit heures ;
- la teneur en azote total par microméthode de Kjeldahl et conversion en protéines à l'aide du coefficient 6,25 ;
- la teneur en lipides par extraction au Soxhlet à l'éther de pétrole ;
- l'indigestible glucidique par la technique de GUILLEMET et JACQUOT (18) à l'acide formique ;
- les dimensions des grains d'amidon en microscopie photonique à l'aide d'un oculaire à échelle micrométrique et d'un micromètre objectif (19) ;
- l'iode fixé et la teneur en amylose par la méthode de titrage ampérométrique de J.M. BEMILLER (20) en prenant 19,9 p. cent comme coefficient d'absorption théorique de l'iode par l'amylose pure (TOLLIER et GUILBOT 21). Deux échantillons de manioc sont pris comme référence (coefficient 18,6 p. cent). Les courbes de titrage sont du type de celle portée sur la fig. 1. La prise d'essai varie selon les amidons entre 70 et 200 mg ; les mesures sont effectuées à 20° C. Les teneurs en lipides comprises entre 0,1 et 0,6 p. cent (tableaux 1 et 2) ne sont pas suffisantes pour interférer dans la fixation d'iode.
- la sensibilité à l'alpha-amylase bactérienne par la méthode de TOLLIER et GUILBOT (22) : suspension à 2,5 p. cent d'amidon sec et 20 p. cent d'alpha-amylase bactérienne NBC par rapport au substrat. Les glucides alcoolosolubles libérés sont dosés par la méthode à l'anthrone (23) ;
- le gonflement et la solubilité dans l'eau en fonction de la température par la méthode de LEACH (24) modifiée par MERCIER (25) ;
- les spectres de diffraction des rayons X ont été enregistrés à l'aide d'un spectrodiffractomètre de la Compagnie Générale de Radiologie muni d'un compteur à scintillation assurant la détection des raies de

diffraction produites avec le rayonnement K du cuivre. Les enregistrements sont obtenus à partir d'une coupe de chaque tubercule ou fruit ou à partir d'amidon purifié.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. COMPOSITION CHIMIQUE

Les résultats des analyses chimiques des amidons extraits sont portés sur les tableaux 1 et 2. L'ensemble des substances non glucidiques représente, en général, 1 à 3 p. cent du produit purifié. Il s'agit surtout d'impuretés d'origine protéique, notamment chez les amidons d'ignames et de taros. L'amidon de *D. schimperiana* s'est révélé particulièrement difficile à purifier et contient encore un fort pourcentage de substances cellulosiques. Hormis cet amidon, le degré de pureté obtenu permet d'effectuer les analyses envisagées.

3.2. OBSERVATIONS MICROSCOPIQUES

L'examen microscopique montre que les grains d'amidons de tubercules, généralement présentés comme assez grands et ovoïdes, sont en réalité de forme et de taille très variables.

De surcroît forme et taille peuvent différer entre deux espèces d'un même genre botanique. C'est ainsi que chez les ignames les grains de *D. cayenensis* sont ovoïdes et peuvent mesurer jusqu'à 80, μ de longueur alors que ceux des variétés de *D. dumetorum* sont polygonaux avec des diamètres compris entre 1 et 5 μ (tableau 3).

La localisation géographique et l'altitude du lieu de production ne semblent pas intervenir de manière prépondérante ainsi qu'en témoigne la similitude de nos résultats et de ceux obtenus par RASPER au Ghana (9) chez les mêmes espèces d'ignames.

Les taros, en particulier la variété ex bafou, possèdent avec *D. dumetorum* et *D. esculenta* les grains les plus petits, entre 1 et 10 μ .

L'amidon des patates douces présente un mélange de petits et de gros grains, tous étant cependant de forme sphérique à demi sphérique.

En lumière polarisée la croix noire paraît excentrée chez les amidons d'ignames et plutôt centrale chez les amidons à grains sphériques comme la patate douce.

3.3. IODE FIXE ET TENEURS EN AMYLOSE

Les quantités d'iode fixé et les teneurs en amylose des amidons d'ignames sont rassemblées dans le tableau 4.

Ces teneurs varient selon l'espèce de 9,7 à 34,5 p. cent d'amylose. Toutes les variétés de *D. rotundata*, *D. cayenensis* et *D. alata* possèdent des amidons à teneurs comprises entre 19,5 et 23 p. cent, dans le domaine de celles de la pomme de terre et de l'arrow-root et des valeurs trouvées chez les mêmes espèces au Ghana (9).

Remarquons qu'avec une technique de dosage colorimétrique, BERRIOS (14) obtient une teneur en amylose de 34 p. cent pour un *D. rotundata*, de variété non précisée, cultivé à Porto-Rico. Il pourrait s'agir d'une différence intervariétale ou de localisation géographique que l'on ne trouve pas entre les variétés ghanéennes et camerounaises.

Deux amidons d'ignames, *D. bulbifera* et *D. libreschiana* ont des teneurs en amylose plus élevées, respectivement, 26,6 et 34,5 p. cent. En revanche les amidons des trois cultivars de *D. dumetorum* et de *D. esculenta* ont la particularité de posséder une faible affinité pour l'iode. Les teneurs en amylose sont de 13,5 p. cent pour *D. esculenta* et comprises entre 9,7 et 11,2 pour *D. dumetorum*. RASPER et COURSEY (9) citent des valeurs de 14 à 15 p. cent chez ces espèces. Les conditions écologiques de production ne semblent pas intervenir sur la valeur en amylose puisque celle-ci reste sensiblement la même d'une année à l'autre, 1970 et 1971, et d'un lieu de culture à l'autre, Yaoundé-Bambui, d'altitudes et de climats différents.

L'amidon de *D. dumetorum* se rapproche par sa faible affinité pour l'iode des amidons de type cireux (waxy).

Remarquons que ces amidons sont aussi ceux qui parmi les ignames possèdent les grains les plus petits. Cette observation est à rapprocher de celle effectuée par KUIP chez les amidons de blé à petits grains (26).

Fig.1 COURBES DE TITRAGE POUR UN BLANC ET UN ÉCHANTILLON DE 200,5mg DE MANIOC

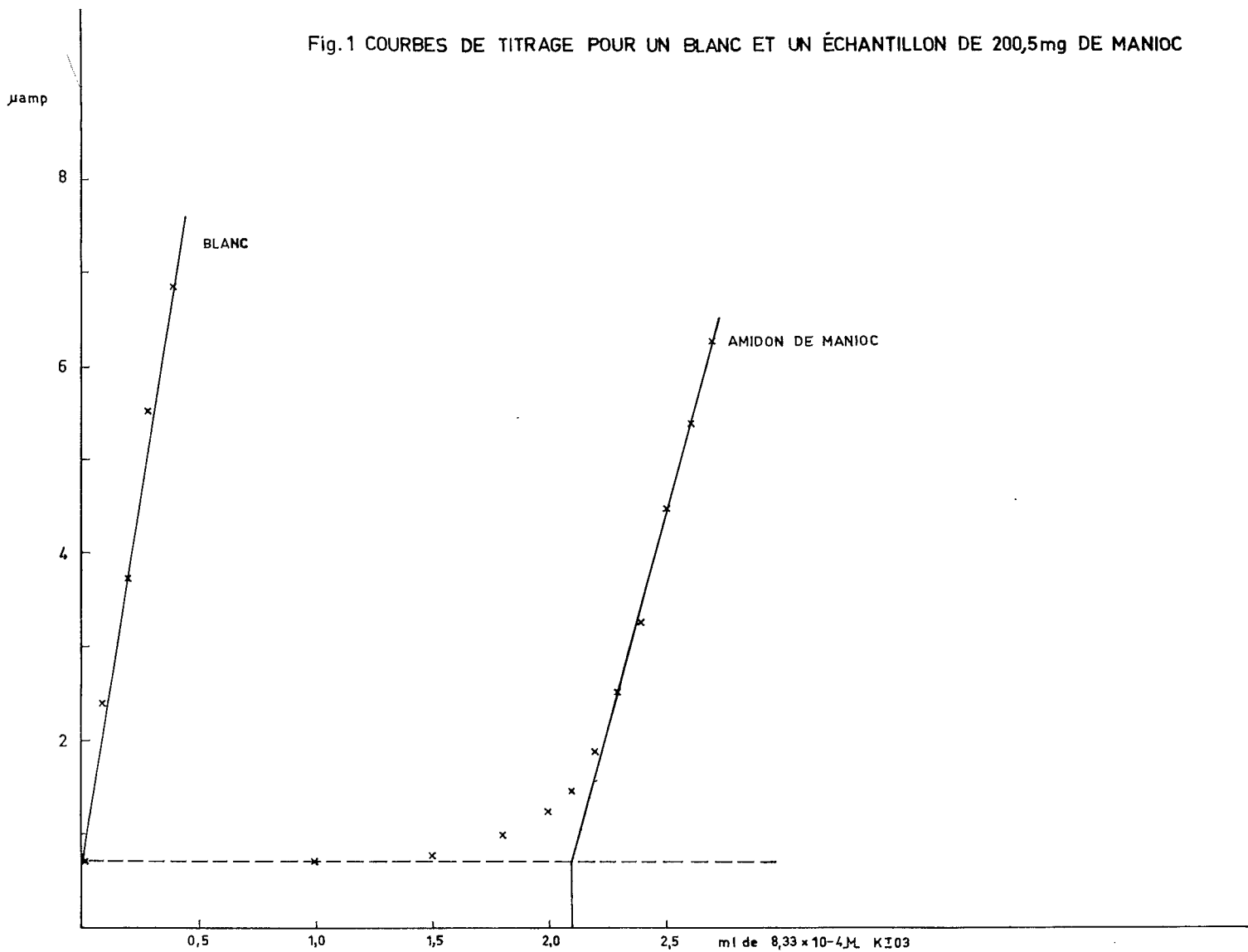


TABLEAU I
COMPOSITION CHIMIQUE DES AMIDONS

Résultats exprimées en g. pour 100 g. d'amidon extrait (matière sèche)					
Origine de l'amidon	Amidon	Matières Minérales	Protéines	Lipides	Insoluble formique
IGNAMES					
D. rotundata ogoja	97,2	0,31	1,70	—	0,39
D. rotundata conique	97,0	0,10	1,07	0,28	0,57
D. cayenensis long	98,7	0,03	0,59	0,10	0,09
D. cayenensis digité	97,8	0,04	1,40	—	0,27
D. schimperiana	84,1	1,06	4,47	0,35	10,90
D. bulbifera ex gwofon	97,7	0,01	0,97	0,24	0,30
D. esculenta	97,9	0,18	0,21	0,43	0,11
D. alata ex Bafut	96,2	0,17	2,21	0,62	1,41
D. libreschiana	99,0	0,13	0,40	0,20	0,16
D. dumetorum hirsute jaune (Yaoundé 71)	98,1	0,16	1,15	0,24	0,05
D. dumetorum hirsute jaune (Bambui 70)	97,2	0,14	1,14	—	0,22
D. dumetorum lisse jaune (Bambui 70)	97,7	0,18	1,81	—	—
D. dumetorum lisse jaune (Bambui 71)	97,1	0,32	1,82	0,19	0,07
D. dumetorum lisse blanc (Bambui 70)	98,0	0,11	1,64	—	—
D. dumetorum lisse blanc (Yaoundé 71)	97,6	0,20	1,33	0,15	0,11

TABLEAU 2

COMPOSITION CHIMIQUE DE DIVERS AMIDONS TROPICAUX

Résultats exprimés en g pour 100 g d'amidon extrait (matière sèche)					
Origine de l'amidon	Amidon	Matières Minérales	Protéines	Lipides	Insoluble formique
MANIOC					
Manihot esculenta					
rouge	98,3	0,01	0,21	0,57	0,14
blanc	99,4	0,01	0,24	0,22	0,12
PATATES DOUCES					
Ipomea batatas					
jaune ex america	98,7	0,08	0,51	0,26	0,07
blanc ex Menjo	98,8	0,10	0,54	0,60	0,13
rouge ex Nkolbisson	98,0	0,10	0,48	0,06	0,18
MACABOS					
Xanthosoma sagittifolium					
rouge	98,5	0,11	1,11	0,08	0,52
blanc	98,1	0,08	0,57	0,14	0,41
TAROS					
Colocasia antiquorum					
blanc gros tubercules	97,4	0,18	1,08	0,18	0,28
rouge ex Nkambe	94,3	0,31	2,42	0,28	1,37
petite taille ex Bafou	97,7	0,30	2,09	0,25	0,54
CAROTTE LOCALE					
Coleus esculentus	97,9	0,11	0,97	—	—
«HARICOT-IGNAME»					
Pachyrhizus crosus	98,8	0,10	0,28	—	0,16
ARBRE A PAIN					
Artocarpus communis					
apyrena (pulpe)	97,0	0,19	0,46	0,14	0,71
semifera (graines)	93,3	0,35	0,63	0,34	0,46
JACQUIER					
Artocarpus integra (graines)	97,7	0,01	0,26	—	0,16

TABLEAU 3
FORMES ET DIMENSIONS DES GRAINS D'AMIDONS

Origine de l'amidon	Forme	Longueur μ /	diamètre μ /	Largeur μ /
<i>D. rotundata</i> ogoja	ovoïde et triangulaire	24 (15 - 45)		18 (5 - 30)
<i>D. rotundata</i> conique	"	39 (20 - 60)		28 (10 - 40)
<i>D. cayenensis</i> long	"	34 (15 - 60)		21 (10 - 40)
<i>D. cayenensis</i> digité	"	41 (20 - 90)		24 (10 - 40)
<i>D. schimperiana</i>	"	38 (20 - 60)		23 (10 - 35)
<i>D. bulbifera</i>	"	31 (15 - 55)		24 (10 - 40)
<i>D. esculenta</i>	polygonale		1 à 10	
<i>D. alata</i>	ovoïde et triangulaire	30 (10 - 55)		22 (10 - 40)
<i>D. libreschiana</i>	"	39 (20 - 80)		31 (15 - 70)
<i>D. dumetorum</i> (toutes variétés)	polygonale		1 à 5	
<i>Ipomea batatas</i>	sphérique à 1/2 sph.		4 à 40	
<i>Xanthosoma sagittifolium</i>	"		5 - 20	
<i>Colocasia antiquorum</i> blanc	polygonale		1 - 10	
" rouge	"		1 - 7	
" petite taille	"		1 - 4	
<i>Coleus esculentus</i>	sphérique à 1/2 sph.		5 - 12	
<i>Pachyrrhizus erosus</i>	"		4 - 20	
<i>Artocarpus integra</i>	"		3 - 12	
" <i>Communis</i> <i>apyrena</i>	"		2 - 12	
" <i>Communis</i> <i>seminifera</i>	"		3 - 15	

Les teneurs en amylose des patates douces, 17 à 18 p. cent, et des macabos, 21 à 23 p. cent, ne présentent pas de grandes différences intervariétales (tableau 5). En revanche le cultivar de taro ex-bafou a une affinité pour l'iode sensiblement plus basse que celle des autres taros.

De même les deux variétés de fruits à pain ont des teneurs en amylose très différentes mais il faut préciser qu'il s'agit d'amidon de graines pour *A. seminifera* et d'amidon de la pulpe pour *A. apyrena*. Pour ce dernier cultivar, CORREA (15) trouve une teneur en amylose de 9,0 p. cent.

3. 4. SPECTRE DE DIFFRACTION X

A partir des spectrodiffractogrammes obtenus on observe que les spectres des ignames *D. rotundata*, *D. cayenensis*, *D. schimperiana*, *D. bulbifera*, *D. esculenta*, et *D. alata* et *D. libreschina* sont de type B.

Ceux de l'igname *D. dumetorum*, des patates douces, des macabos, des taros, de *pachyrrhizus* et de *cokous* sont du type A. Le type de spectre qui traduit l'organisation cristalline du grain d'amidon peut donc être différent selon l'espèce d'un même genre puisque seul, parmi les ignames, celui de *D. dumetorum* est de type A.

Cette particularité est à rapprocher de la faible teneur en amylose du *D. dumetorum*. Peut-être existe-t-il pour l'igname comme pour le maïs un domaine de teneurs en amylose où il y a passage du spectre A au spectre B ?

Chez le maïs CHARBONNIERE (27) a montré que ce passage se produit pour un domaine assez étroit des teneurs en amylose (35 à 40 p. cent). Chez l'igname ce domaine pourrait se situer entre 10 et 13 p. cent puisque l'amidon de *D. esculenta* à 13,5 p. cent d'amylose a un spectre de type B. Les conditions de culture ne semblent pas influencer sur le type du spectre puisque toutes les variétés de *D. dumetorum*, quels que soient le lieu de production ou l'année, sont du type A.

3. 5. SENSIBILITÉ A L'ALPHA-AMYLASE BACTERIENNE.

Les cinétiques d'amylyse des amidons crus sont représentées sur la figure 1 bis et pour tous les ignames sur la figure 2. Pour faciliter la comparaison des différents amidons, nous avons mesuré les paramètres suivants définis par MERCIER (25) : vitesse initiale, vitesse finale et fraction facilement hydrolysable (tableaux 6 et 7).

Chez les ignames les amidons des espèces *D. rotundata*, *D. cayenensis*, *D. schimperiana*, *D. libreschina*, *D. bulbifera* et *D. alata* sont très difficilement hydrolysés par alpha-amylase bactérienne, au même titre que l'amidon de pomme de terre pris en référence.

Les valeurs des paramètres VI, VF, FH sont toutes très voisines et comparables à celles de la pomme de terre.

Ces amidons entrent bien dans la classification habituelle (25) :

- amidons de céréales sensibles à l'alpha-amylase
- amidons de tubercules difficilement hydrolysés à l'état cru, le manioc occupant une position intermédiaire entre ces deux groupes.

L'amidon de *D. dumetorum* semble plus facilement hydrolysé que celui des autres Dioscorea. Les courbes du *D. dumetorum* sont placées, comme celles du manioc, en position intermédiaire entre le maïs et la pomme de terre.

Les vitesses initiales et finales sont en nette augmentation par rapport aux autres ignames et leurs valeurs sont égales sinon supérieures à celles du manioc (tableaux 6 et 7).

Remarquons que pour chacune des trois variétés de *D. dumetorum*, l'amidon des tubercules récoltés en 1971 est plus facilement hydrolysés que celui des tubercules de 1970. Il convient de signaler que les amidons de 1971 ont séjourné dans leur eau de lavage plus longtemps que ceux de 1970 car leur séparation s'est effectuée par simple décantation et non par centrifugation. Peut-être y a-t-il eu début de fermentation et légère dégradation ?

D. esculenta possède avec les *A. communis* et les taros blancs et ex-Bafou une courbe d'aspect particulier. La vitesse initiale et la fraction facilement hydrolysable sont élevées (5,1 et 5,9 p. cent) alors que la vitesse finale reste à un niveau assez bas. La courbe de *D. esculenta* comme celle de *D. dumetorum* se

TABLEAU 4
TENEUR EN AMYLOSE DES AMIDONS D'IGNAMES

Origine de l'amidon	Amidon g pour 100 g de mat. sèche	Iode fixé	Amylose
		g pour 100 g d'amidon pur	
IGNAMES			
D. rotundata ogoja	97,2	4,56	23,0
D. rotundata conique	97,0	4,32	21,7
D. cayenensis long	98,7	4,37	22,0
D. cayenensis digité	97,8	3,88	19,5
D. schimperiana	84,1	3,28 à 3,88	15,2 à 19,5
D. bulbifera ex gwofon	97,7	5,30	26,6
D. esculenta	97,9	2,69	13,5
D. alata ex Bafut	96,2	4,57	23,0
D. libreschiana	99,0	6,89	34,5
D. dumetorum hirsute jaune (Yaoundé 71)	98,1	2,02	10,2
D. dumetorum hirsute jaune (Bambui 70)	97,2	2,05	10,3
D. dumetorum lisse jaune (Bambui 70)	97,7	2,02	10,2
D. dumetorum lisse jaune (Bambui 71)	97,1	2,23	11,2
D. dumetorum lisse blanc (Bambui 70)	98,0	2,06	10,4
D. dumetorum lisse blanc (Yaoundé 71)	97,6	1,92	9,7

TABLEAU 5
TENEUR EN AMYLOSE DE DIVERS AMIDONS TROPICAUX

Origine de l'amidon	Amidon g pour 100 g de mat. sèche	lode fixé	Amylose
		g pour 100 g d'amidon pur	
MANIOC			
Manihot esculenta rouge	98,3	3,15	16,9
Manihot esculenta blanc	99,4	3,18	17,1
PATATES DOUCES			
Ipomea batatas			
Jaune ex-america	98,7	3,54	17,8
blanche ex-Menjo	98,8	3,48	17,5
rouge ex-Nkolbisson	98,0	3,64	18,3
MACABOS			
Xanthosoma sagittifolium			
rouge	98,5	4,53	22,8
blanc	98,1	4,19	21,1
TAROS			
Colocasia antiquorum			
blanc gros tubercules	97,4	2,81	14,2
rouge ex-Nkambe	94,3	3,43	17,3
petite taille ex-Bafou	97,7	1,89	9,5
CAROTTE LOCALE			
Coleus esculentus	97,9	2,96	14,8
«HARICOT-IGNAME»			
Pachyrrhizus erosus (légumineuse à tubercules)			
	98,8	3,31	16,6
ARBRE A PAIN			
Artocarpus communis			
apyrena (pulpe)	97,0	1,84	9,2
seminifera (graines)	93,3	4,34	21,8
JACQUIER			
Artocarpus integra (graines)	97,7	4,52	22,7

ETUDE DE QUELQUES PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES DE L'AMIDON DE DIVERSES PLANTES ALIMENTAIRES DU CAMEROUN

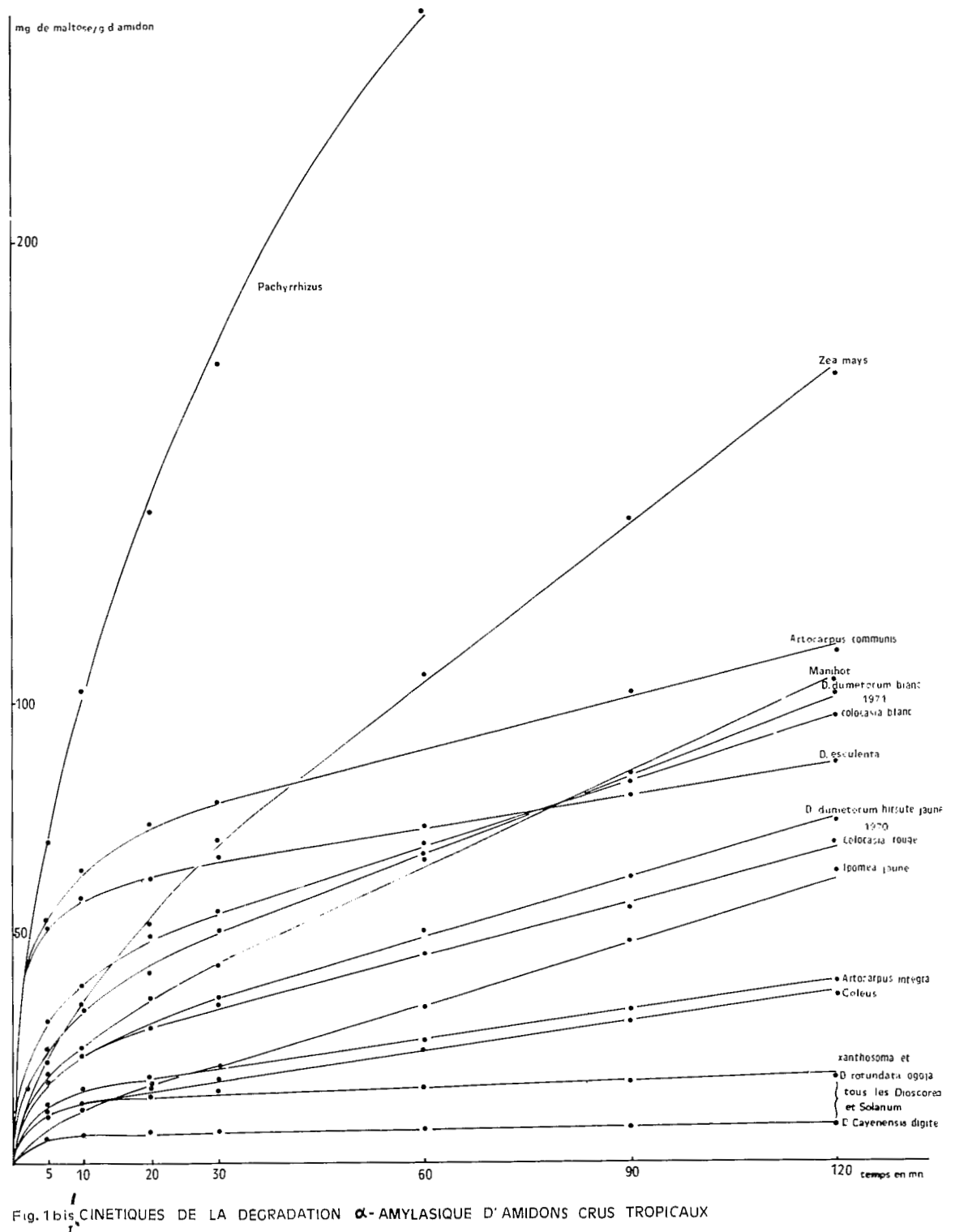


Fig. 1 bis CINÉTIQUES DE LA DÉGRADATION α -AMYLASIQUE D'AMIDONS CRUS TROPICAUX

ETUDE DE QUELQUES PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES DE L'AMIDON DE DIVERSES PLANTES ALIMENTAIRES DU CAMEROUN

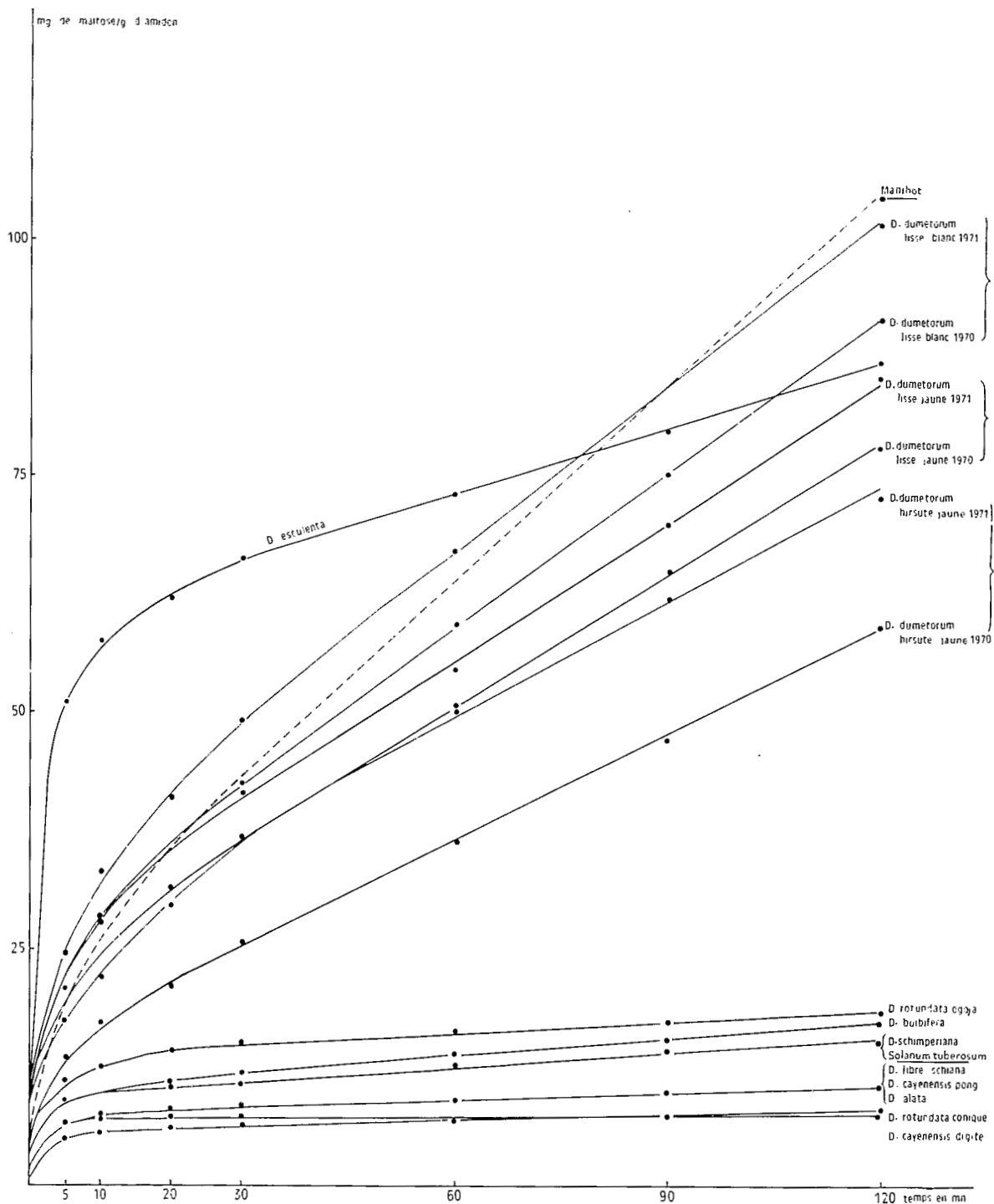


Fig2 CINETIQUES DE LA DEGRADATION α AMYLASIQUE D'AMIDONS CRUS D'IGNAMES COMPAREES A CELLES DES AMIDONS DE MANIOC ET DE POMME DE TERRE

TABLEAU 6

CARACTÉRISTIQUES DES COURBES D'ALPHA-AMYLOLYSE DES AMIDONS D'IGNAMES

Origine de l'amidon	Vitesse initiale VI	Vitesse finale VF	Fraction facilement hydrolysable FH
IGNAMES			
D. rotundata ogoja	1,12	0,02	1,38
D. rotundata conique	0,68	0,001	0,68
D. cayenensis long	0,69	0,01	0,76
D. cayenensis digité	0,52	0,008	0,58
D. schimperiana	0,91	0,02	1,0
D. bulbifera ex gwofon	0,90	0,03	1,0
D. esculenta	5,1	0,12	5,9
D. alata ex Bafut	0,65	0,015	0,71
D. libreschiana	0,63	0,02	0,67
D. dumetorum hirsute jaune (Yaoundé 71)	1,76	0,2	2,5
D. dumetorum hirsute jaune (Bambui 70)	1,36	0,18	1,40
D. dumetorum lisse jaune (Bambui 70)	1,92	0,23	2,2
D. dumetorum lisse jaune (Bambui 71)	2,06	0,25	2,6
D. dumetorum lisse blanc (Bambui 70)	2,15	0,29	2,6
D. dumetorum 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.

TABLEAU 7

CARACTERISTIQUES DES COURBES D'ALPHA AMYLOLYSE DE DIVERS
AMIDONS TROPICAUX

Manioc rouge	1,58	0,3	1,6
Manioc blanc	1,9	0,35	2,2
PATATES DOUCES			
Ipomea batatas			
jaune ex america	0,98	0,22	0,7
blanche ex Menjo	1,0	0,3	0,75
rouge ex Nkolbisson	0,93	0,24	0,7
MACABOS			
Xanthosoma sagittifolium			
rouge	0,84	0,045	0,86
blanc	0,96	0,05	1,15
TAROS			
Colocasia antiquorum			
blanc gros tubercules	3,15	0,22	4,2
rouge ex Nkambé	1,74	0,18	2,4
petite taille ex bafou	3,16	0,16	4,9
CAROTTE LOCALE			
Coleus esculentus	1,06	0,11	1,2
HARICOT IGNAME			
Pachyrrhizus erosus	6,9	1,2	10,2
ARBRE PAIN			
Artocarpus communis			
apyrena (pulpe)	4,9	0,13	5,5
seminifera (graines)	5,2	0,18	6,7
JACQUIER			
Artocarpus integra (graines)	1,19	0,1	1,4

détache nettement des autres ignames. Ces deux amidons possèdent de petits grains et une faible teneur en amylose ; RASPER (16), avec des conditions d'amylolyse différentes des nôtres (0,2 à 1,0 % d'enzyme par rapport au substrat pendant 20 h à 30° C), trouve également une dégradation enzymatique plus importante, pour *D. esculenta* et *D. dumetorum* que pour les autres ignames.

Il établit ainsi une liste d'amidons classés suivant leur résistance croissante à l'hydrolyse, soit : taro, maïs, *D. dumetorum*, manioc, *D. esculenta*, patate douce, macabo, *D. alata*, *D. rotundata*, *D. cayenensis*, pomme de terre.

Pour l'essentiel ce classement est en accord avec nos propres résultats. 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 taros dans notre expérimentation ont une vitesse finale et une quantité d'amidon dégradé au bout de 2 h plus basses que celles du manioc, leur vitesse initiale est par contre sensiblement supérieure, ce qui rejoint les résultats de RASPER.

Après ceux d'ignames, ce sont les amidons de macabos et de patates douces qui sont le plus difficilement attaqués par l'enzyme. Les patates possèdent cependant une vitesse finale plus élevée. *Coleus* peut se rattacher à cette catégorie de tubercules peu sensibles à l'alpha-amylase.

L'amidon de *Pachyrrhizus* 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. Sous réserve d'une bonne valeur nutritive, l'utilisation de cette légumineuse à tubercule pourrait donc être envisagée en alimentation animale.

L'intérêt de *Pachyrrhizus* a déjà été signalé par CERIGHELLI pour qui le tubercule pourrait fournir, de la fécule et serait facile à traiter étant dépourvu de matières mucilagineuses (28).

3.6 GONFLEMENT ET SOLUBILITÉ DANS L'EAU EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Nous avons porté l'évolution, en fonction de la température, du gonflement des amidons sur les fig. 3, 6, 9, 10.

Il s'agit de la capacité d'hydratation de la fraction insoluble dans l'eau des amidons tropicaux que nous avons suivie comparativement à des amidons de référence, pomme de terre, maïs et manioc. Elle est exprimée en gramme d'eau absorbée par gramme de fraction insoluble. Pour les amidons de références nos diagrammes de gonflement sont comparables à ceux obtenus par plusieurs auteurs (10, 24, 25).

Selon LEACH (24) l'évolution de la capacité d'hydratation permet d'évaluer les forces de liaisons internes de chaque type d'amidon. Le gonflement de la pomme de terre commence à s'accroître vers 55° C et évolue de façon sensiblement linéaire. Le maïs présente deux stades d'accroissement au cours du gonflement dont le premier se situe entre 60° et 65° C et le second vers 90° C. L'amidon de l'igname *D. esculenta* possède comme la pomme de terre et le manioc une capacité d'hydratation élevée. Chez les autres ignames le gonflement intervient en général à des températures supérieures ; il comporte deux étapes et paraît plus limité. D'après LEACH (24) le gonflement en deux stades pourrait indiquer l'existence de deux types de liaisons internes se relâchant à des températures différentes et donc à des niveaux d'énergie différents.

En revanche la pomme de terre avec un gonflement élevé et linéaire posséderait des liaisons internes faibles et identiques. Soulignons que l'amidon de *D. libreschiana* à forte teneur en amylose a la capacité d'hydratation la plus faible. Ce dernier point est à rapprocher des gonflements limités des amylomaïs (25).

Les diagrammes de solubilité des ignames portés sur la figure 4 présentent une allure comparable aux courbes de gonflement avec deux stades de solubilisation comme pour le maïs.

Ces résultats sont en accord avec ceux de HOLLID et GUILBOT (10) et indiquent une relation étroite entre les phénomènes de gonflement et de solubilité. Du point de vue de l'importance de la solubilisation, manioc et pomme de terre se distinguent nettement. *D. esculenta* qui possède un gonflement élevé n'a pas une solubilité supérieure aux autres ignames.

Hormis ce gonflement exceptionnel de *D. esculenta*, il semble que les caractéristiques des amidons d'ignames se rapprochent de celles des amidons de céréales (gonflement et solubilité limités, en deux étapes). Cependant ces deux étapes ne se retrouvent pas sur les diagrammes obtenus par RASPER (26) chez les ignames.

Les graphiques de solubilité en fonction du gonflement (fig.5) permettent de constater que les amidons de *D. esculenta*, *D. dumetorum* et de la pomme de terre sont soumis à une solubilisation moins rapide que le gonflement.

Pour un même stade de gonflement ces amidons présentent toujours une solubilité inférieure à celle des autres amidons d'ignames. Inversement le gonflement de l'amidon de *D. libreschiana* (34, 5 p. cent d'amylose), comme celui des amylomais (25), reste très réduit pour une vitesse de solubilisation assez importante. On trouve ici confirmation de l'hypothèse de MERCIER selon laquelle la capacité d'hydratation serait, pour certains amidons, d'autant plus faible que le taux d'amylose est important (25).

Les valeurs de gonflement et de solubilité des macabos, taros et patates douces (fig. 6 et 7) sont comparables à celles des ignames. La variété de taro petite taille possède cependant une capacité d'hydratation et une solubilité plus élevées. GOERING (29) étudiant le comportement de plusieurs cultivars de taros remarque également que le gonflement de la variété dont les grains sont les plus petits est supérieur à tous les autres.

Les vitesses de gonflement et de solubilisation de *Pachyrrhizus* et *Coleus* sont assez limitées sans que l'on puisse, dans nos conditions expérimentales, distinguer deux stades d'accroissement (fig. 9).

Enfin l'amidon d'*A. communis apyrena*, à faible teneur en amylose, se distingue des autres amidons d'*artocarpus* par sa capacité d'hydratation importante et sa solubilité réduite (fig. 10 et 11). Ces deux caractéristiques donnent à son diagramme de gonflement en fonction de la solubilité (fig. 12) une allure comparable à celle des amidons de pomme de terre et des amidons à faible teneur en amylose : *D. esculenta*, *D. dumetorum*, taro petite taille, *A. communis apyrena* et maïs cireux (26)

En conclusion, on peut dire que l'ensemble des amidons de tubercules tropicaux étudiés présentent en général une capacité d'hydratation et une solubilité plus réduites et débutant à des températures plus élevées que celles des amidons de la pomme de terre et du manioc.

3. 7. DISCUSSION

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

Chez les tubercules du genre *Dioscorea* la grande variabilité des dimensions des grains d'amidons, 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. 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 pour l'amidon de blé (26).

2. Ces 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. Pour RASPER (16), dont les résultats sont en accord avec les nôtres, cette sensibilité accrue à l'action de l'enzyme serait due pour l'essentiel à la petite taille des grains.

En revanche MERCIER (25), LEACH et SCHIOCH (31) pensent qu'il n'existe aucune corrélation entre la taille, la surface des grains d'amidon et l'alpha-amylolyse. Par contre la teneur et la nature de l'amylose seraient impliquées dans ces différences de sensibilité à l'alpha-amylase. C'est ainsi que, chez le maïs, la vitesse et l'importance de l'hydrolyse enzymatique diminuent avec l'augmentation de la teneur en amylose (25). Si, comme le suggère BADENHUIZEN (cité par MERCIER, 25), l'amylopectine est préférentiellement dégradée par les amylases, on peut penser que le rapport amylose/amylopectine a effectivement une influence sur l'alpha-amylolyse.

Remarquons toutefois que cette hypothèse ne se vérifie pas pour tous les genres botaniques puisque chez *Artocarpus* l'hydrolyse de l'amidon de la variété *seminifera* (21,8 p. cent d'amylose) est aussi importante que celle de l'amidon de *A. apyrena* (9,2 p. cent d'amylose).

L'accent a été mis par d'autres auteurs sur l'influence du type du spectre, et donc de l'organisation cristalline du grain, sur l'alpha-amylolyse. C'est ainsi qu'il a été mis en évidence une diminution de la vitesse d'hydrolyse lors du passage, par traitement thermique, d'un spectre B à un spectre A (25). En contradiction avec ces résultats, LEACH (32) trouve que les amidons de spectre A sont plus facilement attaqués par les amylases et solubilisés dans le diméthylsulfoxyde que les amidons de spectre B. Ceci suggérerait pour LEACH l'existence d'une structure granulaire plus homogène chez les amidons à spectre B. Cette hypothèse, nous le verrons, est infirmée par l'hydrolyse importante des amidons de *D. esculenta* et de *canna* (33), tous deux de spectre B, et par les comportements de gonflement et de solubilité de certains

amidons de spectre B qui laissent plutôt entrevoir une structure granulaire moins cohérente (25). Il ressort de nos résultats que l'influence du spectre sur l'alpha-amylolyse n'est pas prépondérante puisque, à l'intérieur d'un même genre botanique, deux amidons de spectres différents ceux de *D. dumetorum* et *D. esculenta* présentent des sensibilités voisines et assez élevées à l'alpha-amylase. En définitive l'alpha-amylolyse importante des amidons à petits grains et à faible teneur en amylose montre que ces deux paramètres interviennent mais qu'il convient de rechercher ailleurs l'explication des différences de sensibilité entre les autres amidons.

En revanche 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, 25) ne rend pas compte du gonflement réduit des amidons d'ignames à spectre B.

GUILBOT et MERCIER (34,35) proposent l'existence d'un réseau d'enveloppes présentant des résistances différentielles à l'hydrolyse enzymatique. L'organisation cristalline et/ou la teneur en amylose interviendraient seulement comme facteur secondaire. On pourrait ainsi proposer pour les grains d'amidons d'ignames un modèle identique à celui des grains de la pomme de terre avec une couche externe assez résistante limitant le processus d'alpha-amylolyse.

3. Les amidons de *D. esculenta*, *D. dumetorum*, du taro petite taille et de *A. communis apyrena* qui sont tous à faible teneur en amylose présentent en général une vitesse de gonflement supérieure à la vitesse de solubilisation.

La teneur en amylose pourrait intervenir sur les comportements de gonflement et de solubilité dans l'eau de ces amidons ; on peut penser avec MERCIER (36) que le gonflement est réduit là où les liaisons interchaines risquent d'être les plus nombreuses ou les plus fortes c'est-à-dire chez les amidons riches en amylose. Ceci a été observé chez les amylomais et paraît se vérifier chez les ignames où l'amidon de *D. libreschiana* (34,5 p. cent d'amylose) possède la capacité d'hydratation la plus faible.

En conclusion on conçoit l'intérêt que présente la connaissance des caractéristiques qui ont été étudiées chez les amidons. 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. 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 ceux de la pomme de terre et du manioc, gonfle facilement dans l'eau quand la température augmente alors que l'amidon de *D. libreschiana* et à moindre degré celui de *D. bulbifera*, gonflent plus difficilement, comme celui du maïs par exemple.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les chercheurs de l'Institut de Recherches Agronomiques et Forestières (IRAF), et tout particulièrement M. LYONGA, qui nous a procuré les tubercules de la collection de la station agronomique de BAMBUI - BAMBENDA.

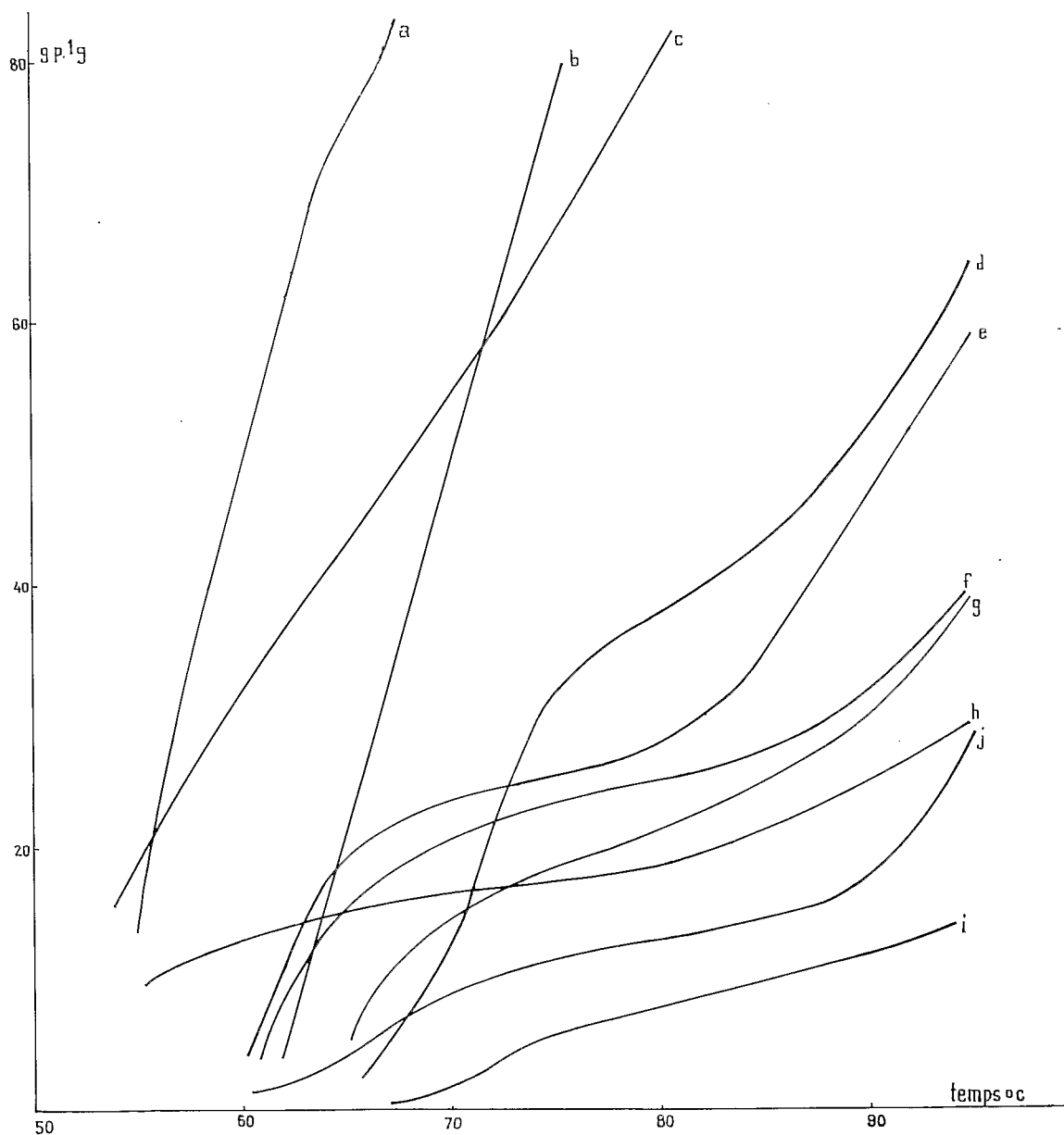


Fig. 3 CONFLEMENT DE DIVERS AMIDONS EN FONCTION DE LA TEMPERATURE
 a, *Solanum tuberosum*; b, *D. esculenta*; c, *Manihot esculenta*; d, *Dumetorum hirsute* jaune 1971; e, *D. rotundata* cô-
 nique; f, *D. cayenensis* long; g, *D. alata*; h, *D. bulbifera*; i, *D. libreschiana*; j, *Zea mays*
 (en ordonnées g. d'eau absorbée par g. de fraction insoluble)

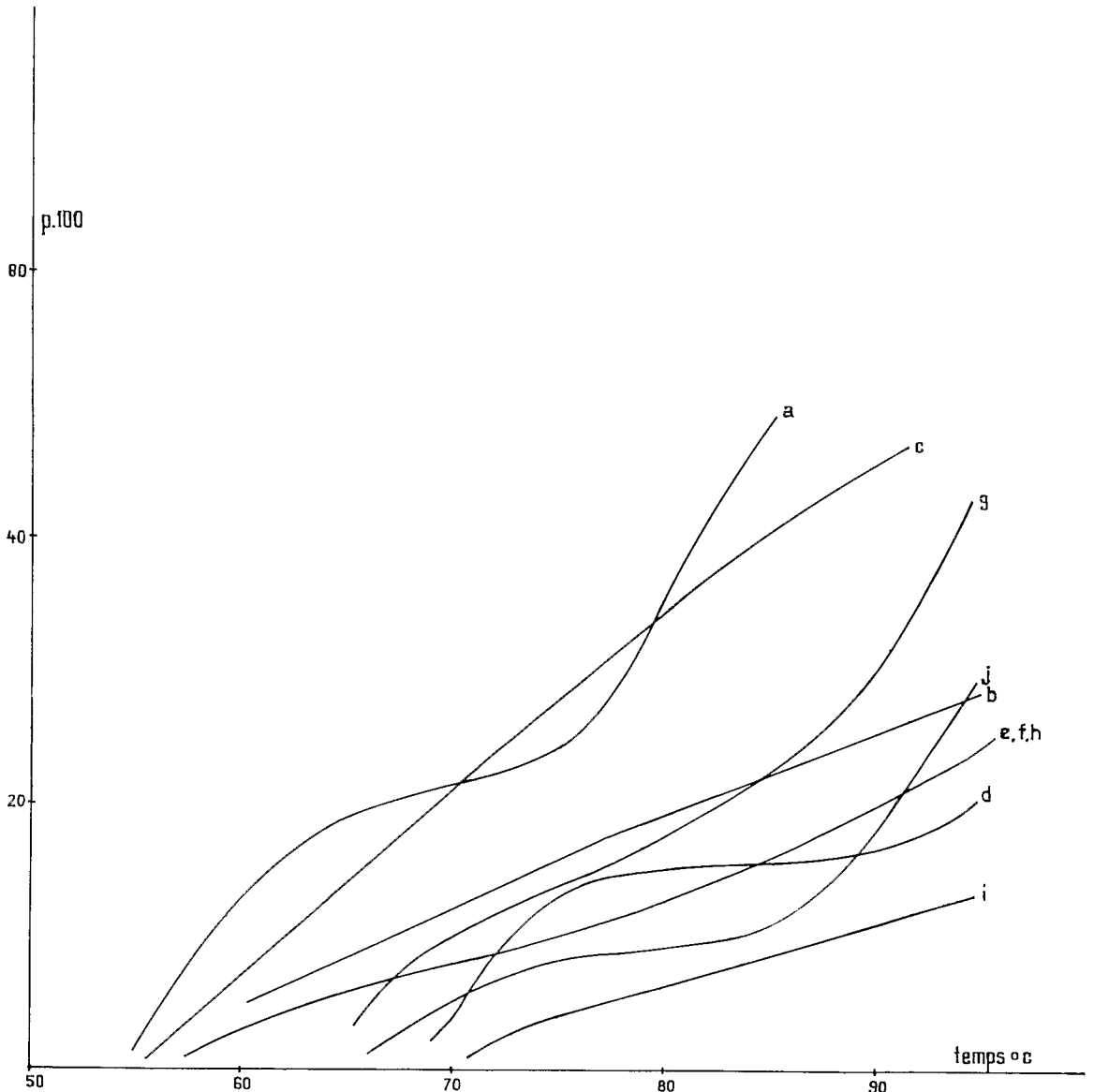


Fig. 4 SOLUBILITE DE DIVERS AMIDONS EN FONCTION DE LA TEMPERATURE

a. *solanum tuberosum*; b. *D. esculenta*; c. *manihot esculenta*; d. *Dumetorum hirsute* jaune 1971; e. *D. rotundata* cônica
 f. *D. cayenensis* long; g. *D. alata*; h. *D. bulbifera*; i. *D. libreschiana*; j. *zea mays*

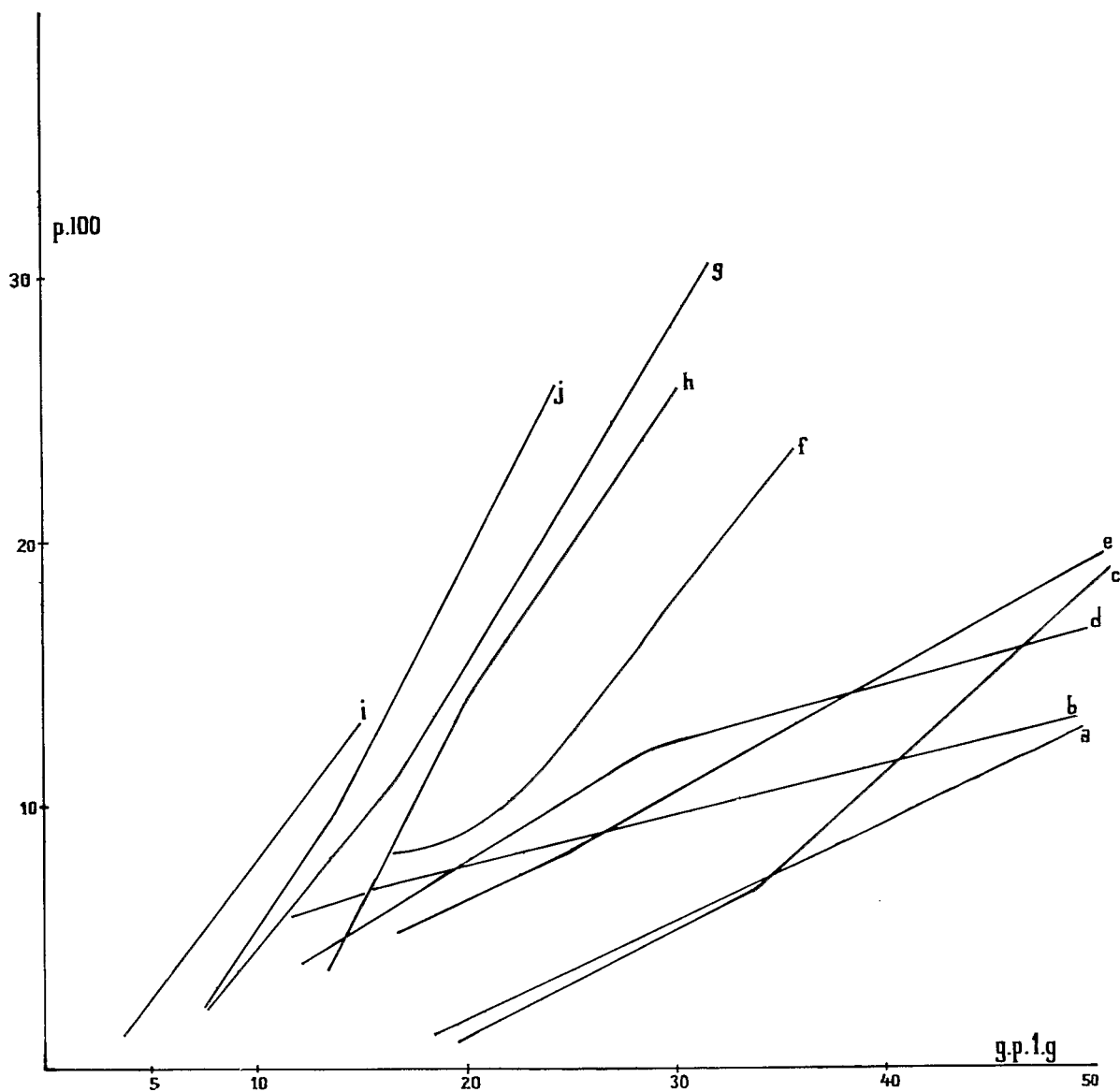


Fig. 5. SOLUBILITE EN FONCTION DU GONFLEMENT DE DIVERS AMIDONS

a, *Solanum tuberosum*; b, *D. esculenta*; c, *Manihot esculenta*; d, *D. dumetorum* hirsute jaune 1971; e, *Q. rotundata* conique; f, *D. cayenensis* long; g, *D. alata*; h, *D. bulbifera*; i, *D. libreschiana*; j, *Zea mays*

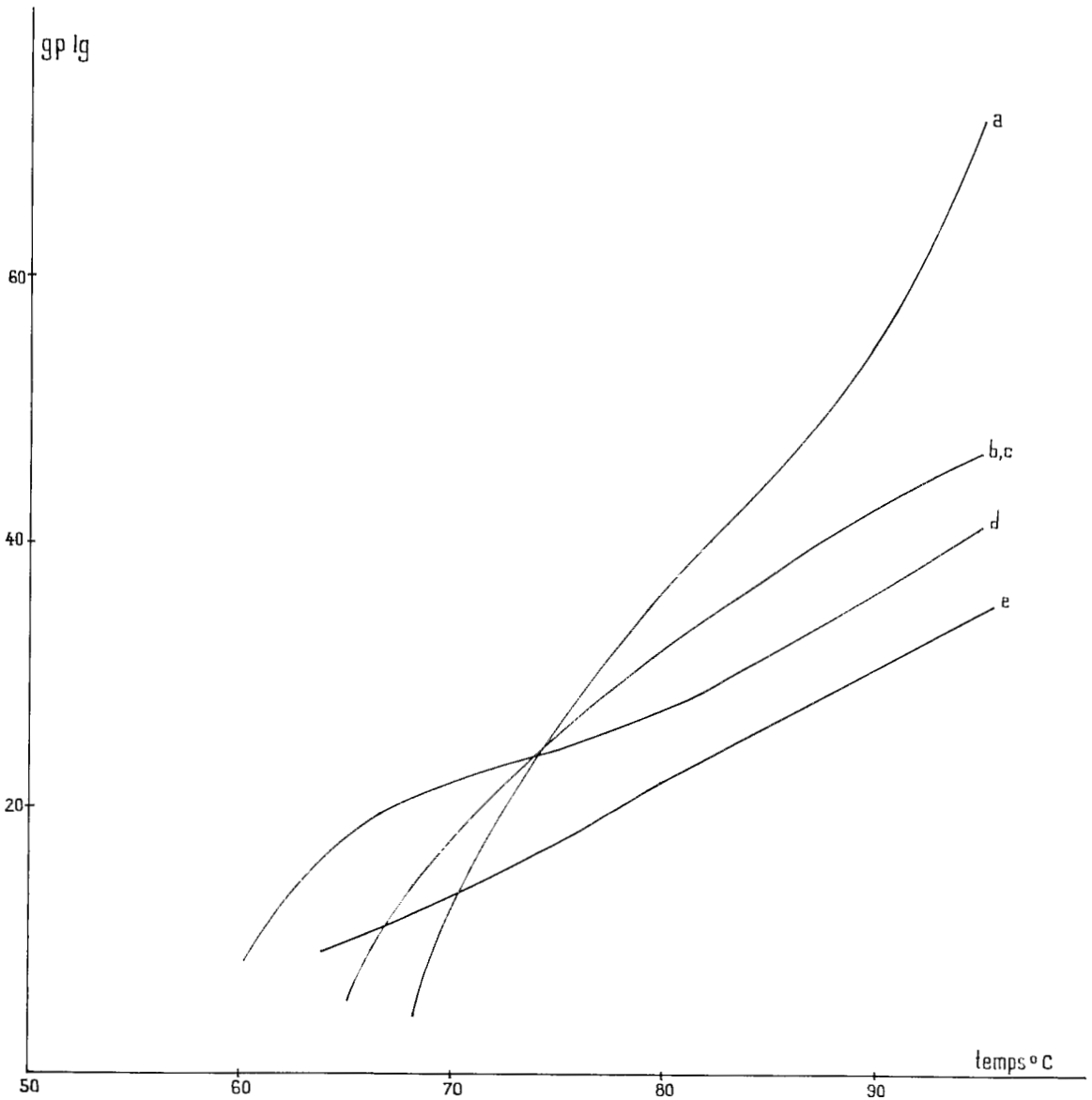


Fig. 6 GONFLEMENT DE DIVERS AMIDONS EN FONCTION DE LA TEMPERATURE
a. colocasia petite taille ; b. colocasia blanc ; c. xanthosoma rouge, dipomea jaune
e. colocasia rouge

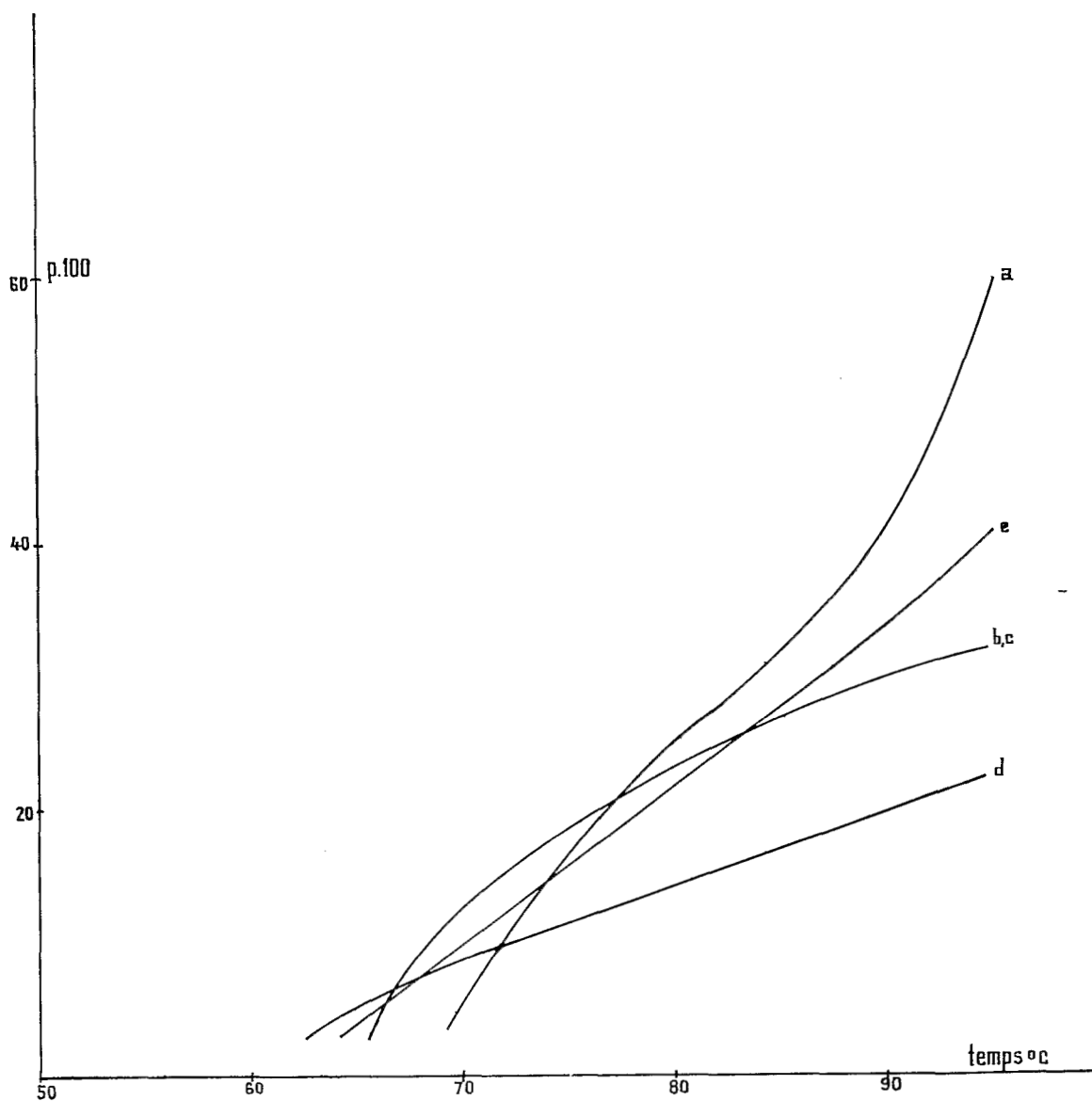


Fig.7 SOLUBILITE DE DIVERS AMIDONS EN FONCTION DE LA TEMPERATURE
a, colocasia petite taille; b, colocasia blanc; c, xanthosoma rouge; d, ipomea jaune; e, colocasia rouge

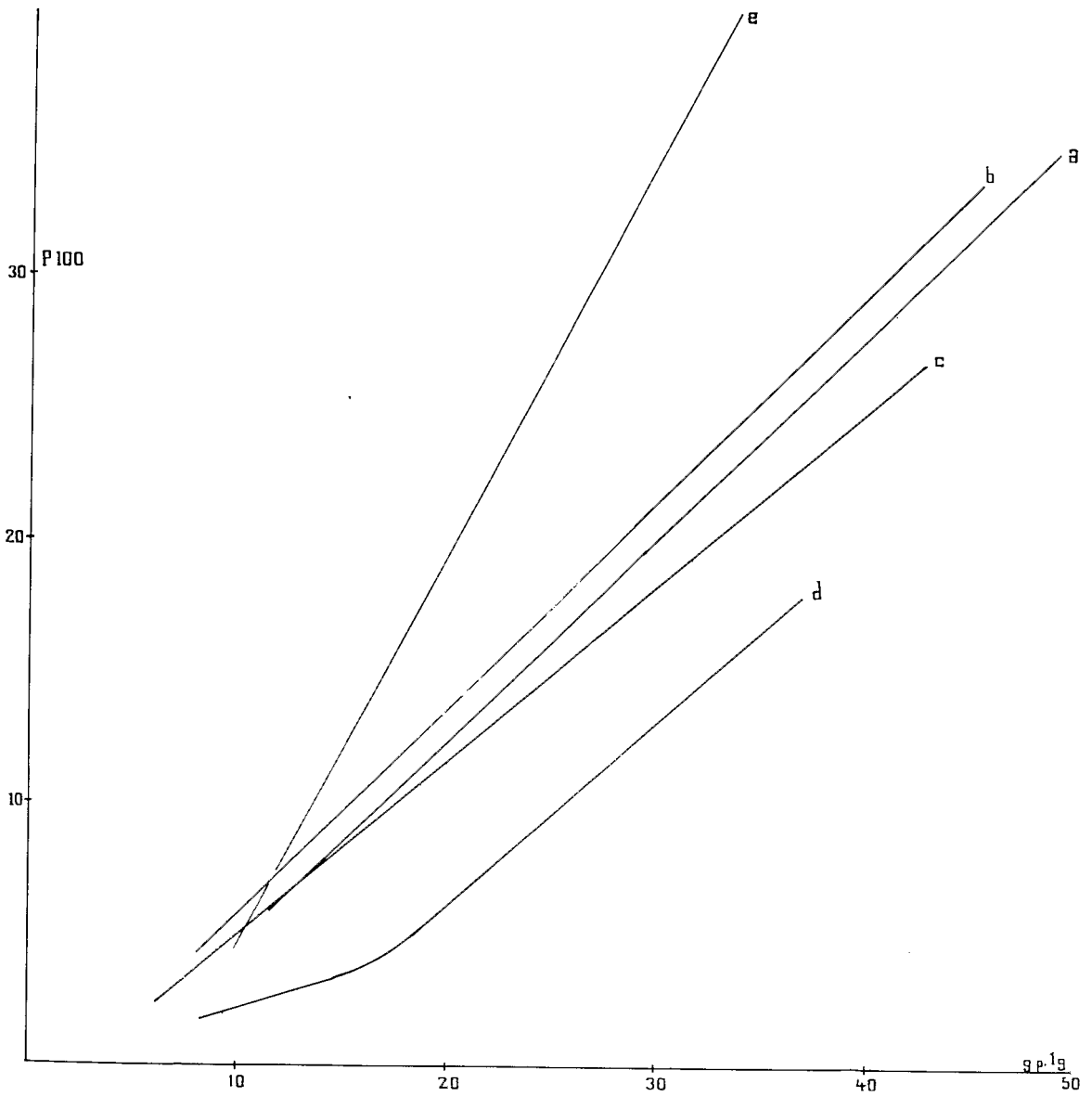
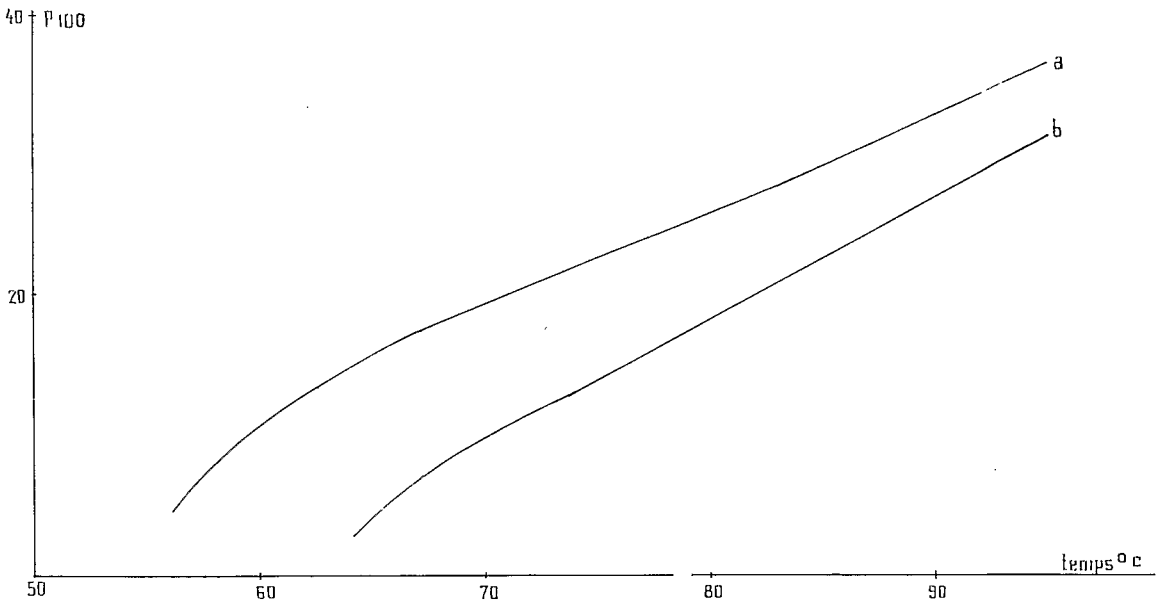


Fig. 8. SOLUBILITE EN FONCTION DU GONFLEMENT DE DIVERS AMIDONS

a, colocasia petite taille ; b, colocasia blanc ; c, xanthosoma rouge ; d, pomea jaune ; e, colocasia rouge



SOLUBILITE DES AMIDONS DE Pachyrrhizus erosus^(a) et Coleus esculentus^(b) EN FONCTION DE LA TEMPERATURE

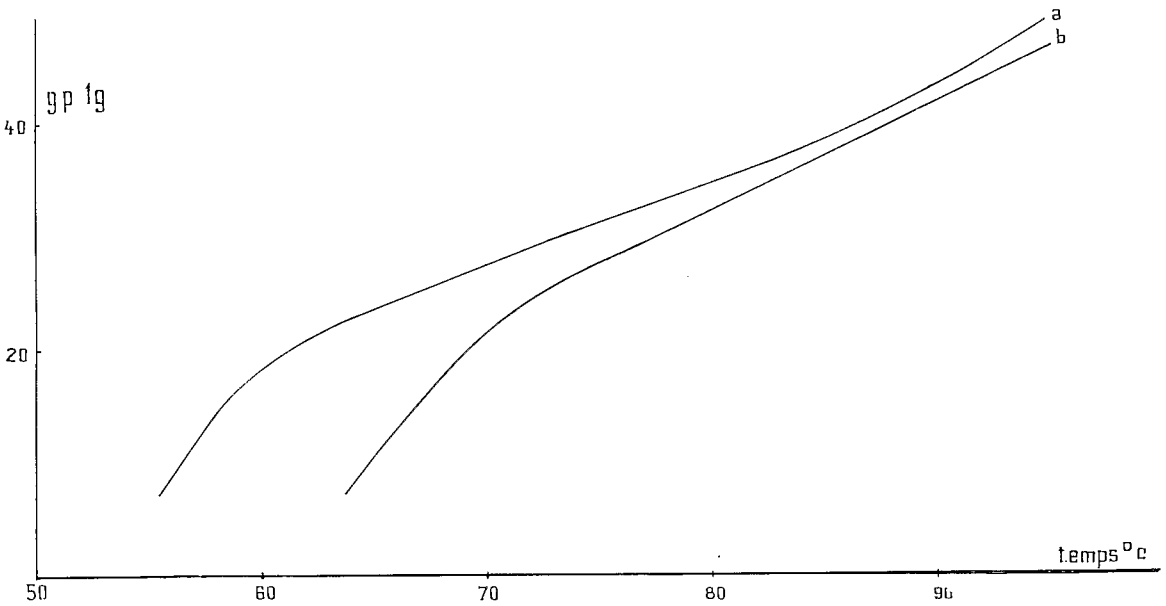


Fig.9 GONFLEMENT DES AMIDONS DE Pachyrrhizus Erosus (a) ET Coleus Esculentus (b) EN FONCTION DE LA TEMPERATURE (en ordonnées g. d'eau absorbée par g. de fraction insoluble)

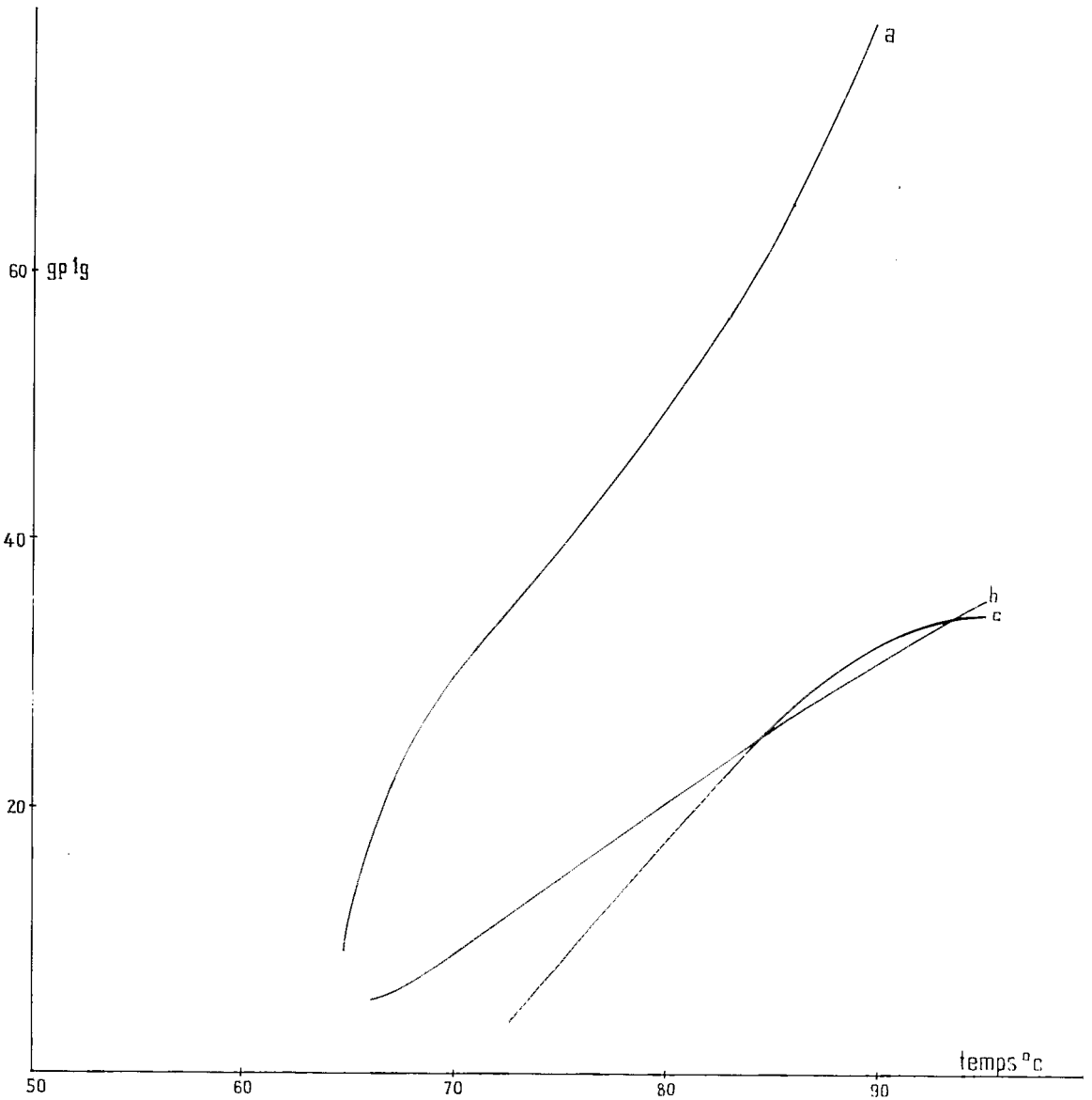


Fig. 10 GONFLEMENT DES AMIDONS d'Artocarpus EN FONCTION DE LA TEMPERATURE
a. A communis apyrena : b. A communis seminifera, c. A integra (en ordon-
nées g. d'eau absorbée par g de fraction insoluble)

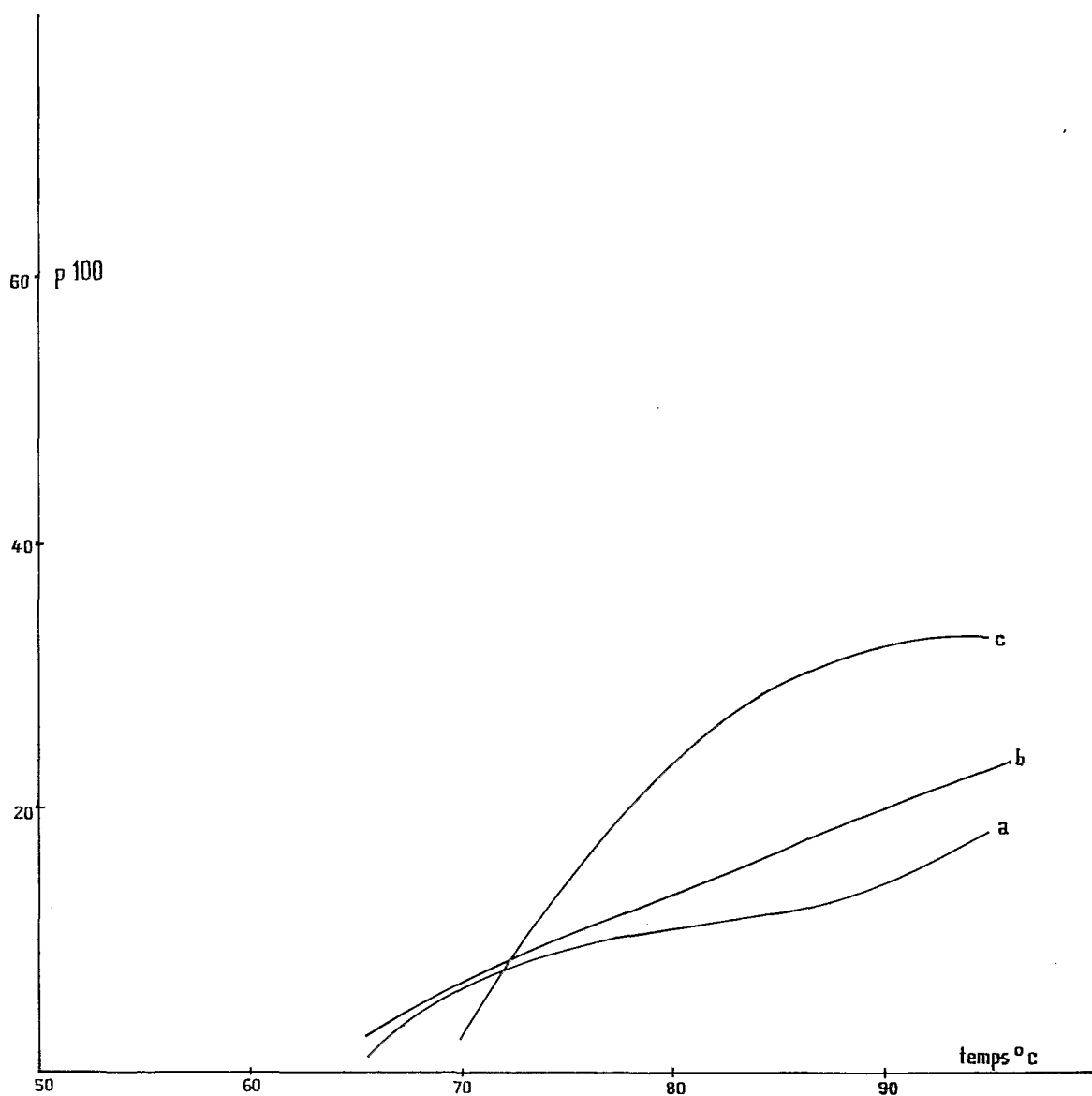


Fig. 11 SOLUBILITE DES AMIDONS d'Artocarpus EN FONCTION DE LA TEMPERATURE
a, A. communis apyrena; b, A. communis seminifera c, A. intégr

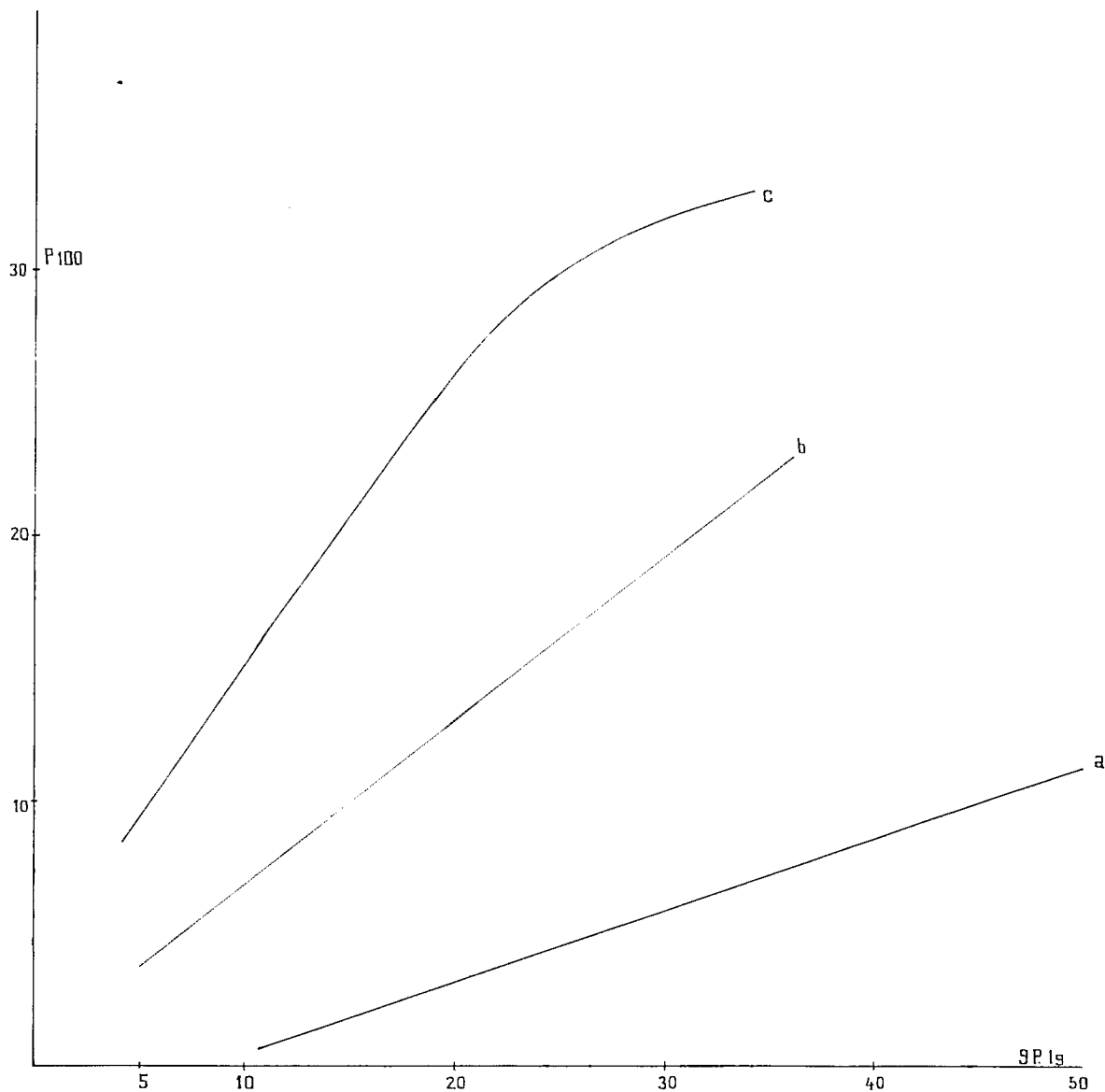


Fig.12 GONFLEMENT EN FONCTION DE LA SOLUBILITE DES AMIDONS D'Artocarpus
 a, A. communis apyrena; b, A. communis seminifera; c, A. integra

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. JACQUOT R. Le besoin énergétique éd. CNRS Bellevue
2. FAVIER J.C.- Indust. Alim. Agric. 1, (1969) 9.
3. RAO B.S. et al.- Proc. of Indian Acad. of Sci., 36, (1), (1952), 70
4. DEATHRAGE, W.L., MAC MASTERS, M.M., RIST G.E.- Transactions A.O.C.C. 13, (1), (1955), 31
5. WOLFF I.A. et al.- Ind. Eng. Chem. 43 (1951) 915
6. AUMAITRE A. et al.- Journée de la recherche porcine en France. INRA, Paris (1969), 99
7. MIEGE J.- Revue int. Bot. Appl. Agric. Trop. 28 (1948), 509
8. MIEGE J.- Agric. Trop. Bot. 4 (1957), 315
9. RASPER V. and COURSEY D.G.-J. Sci. Fd. Agric. 18 (1967), 240
10. HOLLO J., et A. GUILBOT- 1er congrès international des industries Agricoles et alimentaires en zone tropicale, ABIDJAN, t. 1 (1964) 537.
11. ROSENTHAL F.R.T., and al.- Stärke 2, (1972) 54.
12. RAO B.S., BERI R.M., Sci. Cult., 1952, 17, 82
- 12 bis RAO B.S., BERI R.M., Indian Forester, 1952, 78, 146
- 12 ter. RAO B.S., BERI R.M., Sci. Cult., 20, 1955, 397
13. ROY N., MITRA A.K.- J. Fd. Sci. Techn. 7 (3) (1970), 164
14. BERRIOS M. L., GONZALEZ M.A.- J. Agr. Univ. Puerto Rito 55 (2), (1971), 263.
15. CORREA M.M. N. and al., Rev. Bras. de Techn., 1 (1), (1970) 27
16. RASPER, V.- J. sci. Fd. Agric.. 20 (1969), 642.
17. DIMLER, R.I. in methods of carbohydrate chemistry vol. 4, éd. by R.L. WHISTLER, Academic Press, New-York (1964) 133.
18. GUILJEMET, R. et R. JACQUOT.- C.R. Ac. Sci., 216 (1943), 508.
19. MACMASTERS M.M.- in "Methods of carbohydrate chemistry" vol.4 éd. R.L. WHISTLER, Acad. Press, New-York (1964) 233
20. BEMILLER S.N.- in "Methods of carbohydrate chemistry" vol. 4, éd. by R.L. WHISTLER Acad. Press, New-York (1964) 165.
21. TOLLIER, M. Th. et A. GUILBOT- Communication personnelle (1974)
22. TOLLIER M. Th. et A. GUILBOT- Annales de Zootechnie hors serie (20) (1971) 633
23. LOEWUS F.A.- Anal. Chem. 24 (1952), 219
24. LEACH, H.W., Mc COWEN L.O. and T.J. SCHOCH.- Cereal Chem. 36, (1959), 534.
25. MERCIER CH.- Thèse de doctorat d'état. Faculté des Sciences de Paris (1968)
26. KULP K.- Cereal chemistry 50 - (6) (1973), 666
27. CHARBONNIERE R. et al.- Stärke 3 (1968), 75.
28. CERIGHELLI R.- Cultures tropicales I. Plantes vivrières 1955 éd. BAILLIERE PARIS
29. GOERING K.J., DEHARS B.- Cereal Chemistry 49 (1972), 712
30. GUILBOT A. Indust. Alim. Agric. 3 (1961), 205.
31. LEACH H.W., SCHOCH T.J.- Cereal Chem. 38 (1961), 34.
32. LEACH H.W., SCHOCH T.J., Cereal Chem. 39 (1962), 318.
33. BEWA H. Mémoire de D.E.A. (1974) Université de Paris VI
34. MERCIER CH., CHARBONNIERE R., GUILBOT A., Stärke 20 (1968), 6
35. GUILBOT A., MERCIER CH., - Ind. Agri. Alim. 79 (1962), 939
36. MERCIER CH., et al.- Stärke 22 (1970), 9.

F

PUBLICATION DE L'OFFICE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE DU CAMEROUN

PUBLICATION OF THE NATIONAL OFFICE FOR SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH OF CAMEROON

Cahiers
DE L'ONAREST

onarest
scientific papers

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

N° : 14541 → 545

Cpte : 13

Volume 2, No 3 - Août 1979