

INCIDENCES NUTRITIONNELLES DES DIFFERENCES DE CARACTERISTIQUES PHYSICOCHIMIQUES DES AMIDONS DE DEUX ESPECES D'IGNAMES CULTIVEES AU CAMEROUN

TRECHE, S.*
GUION, P.*

RESUME

Les caractéristiques physicochimiques des amidons de *Dioscorea dumetorum* et de *Dioscorea rotundata* sont étudiées : leur spectre de diffractométrie des rayons X appartiennent respectivement au type A et au type B et ils diffèrent notablement par leur teneur en amylose, leur pH, la taille de leurs grains et leur sensibilité à l'alpha-amylase bactérienne ; toutefois, en ce qui concerne leur gonflement et leur solubilité dans l'eau en fonction de la température et de leur solubilité dans le diméthylsulfoxyde, leurs comportements sont différents de ceux communément rencontrés chez des amidons de même type.

Lorsque ces deux espèces d'ignames sont incorporées dans des aliments ayant subi un traitement de granulation, leurs grains d'amidon sont fortement endommagés ; les sensibilités à l'attaque enzymatique in vitro et in vivo dans le jabot du coq ne se différencient plus de façon significative.

Pourtant la digestibilité de l'amidon et la rétention de l'azote, chez des coqs adultes, sont significativement plus fortes avec l'aliment contenant *D. dumetorum*.

Ce résultat, s'il était vérifié en alimentation humaine après l'utilisation de certains procédés technologiques traditionnels, pourrait amener à préconiser un choix dans la source amyliacée à fournir aux groupes de population les plus vulnérables.

ABSTRACT

Some physicochemical characteristics of the starches of Dioscorea dumetorum and Dioscorea rotundata were studied: their X-ray diffraction pattern belong to the A-type and to the B-type respectively; they differed from each other in their amylose content, their pH value, their granule size and their susceptibility to bacterial alpha-amylase; however, concerning swelling power and solubility in water and solubility in dimethylsulfoxide, their behaviours were not the same as the classical behaviours of starches of the same X-ray diffraction type.

*When these two yam species were incorporated in pelleting treated diets, their starch granules were seriously damaged. Thus, there were no significant difference in their susceptibilities to enzymatic attack, either in vitro or in vivo in rooster crop. Nevertheless, starch digestibility and nitrogen retention in adult roosters were significantly greater with the *D. dumetorum* diet.*

*This last result, if checked in traditional human feeding, could lead to recommend *D. dumetorum* consumption in the most vulnerable groups of yams eating population.*

* Nutritionnistes de l'O.R.S.T.O.M. Centre de Nutrition de l'I.M.P.M. D.G.R.S.T. BP 6163 YAOUNDE-Cameroun

INTRODUCTION

Différentes études sur l'utilisation nutritionnelle des ignames ont été faites. La plupart ont porté sur des ignames appartenant aux espèces *D. cayenensis*, *D. rotundata* ou à des espèces non précisées : FETUGA et OLUYEMI (1976) ont montré, chez le poulet, que l'incorporation de *D. rotundata* à des taux de 25 et 40 % dans des régimes dont la source énergétique était du glucose, avait un effet défavorable sur la croissance par rapport au régime témoin ; ATINKPAHOUN (1972) a obtenu, avec un régime à base de *D. cayenensis*, chez le poulet, une efficacité alimentaire, une digestibilité de l'amidon et une rétention de l'azote moins fortes qu'avec des régimes à base de manioc ou de patate douce ; CERNING-BEROARD et LE DIVIDICH (1976) ont observé les mêmes effets avec un régime contenant une igname d'espèce non précisée, distribué à des rats, par rapport à des régimes contenant de la patate douce ou du maïs ; SZYLIT et al. (1978) ont montré par ailleurs que les amidons de patate douce ou de manioc étaient plus favorables que l'amidon de *D. cayenensis* à la protéosynthèse in vitro de la microflore du rumen de mouton.

Seuls BEWA (1978) et SZYLIT et al. (1977) ont mis en évidence des variations d'utilisation nutritionnelle en rapport avec les espèces d'ignames considérées : ils ont montré que les différences de structure physicochimique des amidons de *D. dumetorum* et de *D. cayenensis* se répercutaient sur la croissance du poulet et l'efficacité alimentaire des régimes auxquels elles étaient incorporées.

En Afrique de l'Ouest, les ignames entrent pour une large part dans l'alimentation de nombreuses populations (COURSEY, 1965 et 1967). Au Cameroun on trouve principalement des variétés de *D. dumetorum* et des variétés du groupe complexe *D. cayenensis-D. rotundata* (DUMONT, 1977) présentant les caractéristiques botaniques des variétés de ce complexe communément réunies sous l'appellation *D. rotundata*. Ces espèces bénéficient, en particulier, *D. dumetorum*, de forts rendements et de teneurs en protéines relativement élevées (TRECHE et GUION, 1980).

Certaines des caractéristiques physicochimiques des amidons de ces deux espèces ont déjà été étudiées : DELPEUCH et al. (1978), SZYLIT et al. (1977), ROBIN (1976) ont montré que les spectres de diffractométrie des rayons X étaient du type A pour *D. dumetorum* avec une teneur apparente en amylose comprise entre 9 et 13 % et du type B pour *D. rotundata* avec une teneur apparente en amylose comprise entre 21 et 27 % ; par ailleurs DELPEUCH et al. (1978), SEIDEMAN (1964), RASPER (1971) et RASPER et COURSEY (1967) s'accordent à décrire les grains d'amidon de *D. dumetorum* comme polygonaux et de petite taille et ceux de *D. rotundata* comme ovoïdes et beaucoup plus gros.

A partir d'une variété camerounaise de chacune de ces deux espèces, nous avons repris et complété les résultats existants sur les propriétés physicochimiques de leur amidon ; nous avons étudié, de plus, la dégradation de leur amidon *in vivo* dans le jabot du coq et mesuré leur digestibilité et leur influence sur la rétention des autres composants des régimes, cherchant à vérifier les résultats obtenus avec quelques variantes expérimentales par BEWA (1978) et SZYLIT et al. (1977).

MATERIEL ET METHODES

1. Etude des tubercules

Obtention : les tubercules de *D. dumetorum* et de *D. rotundata* retenus pour l'étude appartiennent respectivement aux cultivars Ex Jakiri et Ex Oshei originaires de l'Ouest-Cameroun. Ils sont obtenus en plusieurs récoltes effectuées moins d'un mois avant et après la maturité, conservés pendant 3 à 30 jours avant d'être épluchés et séchés sous vide à une température inférieure à 60°C.

Compte tenu des conditions d'obtention des tubercules, on peut estimer qu'environ la moitié des tubercules de *D. dumetorum* ont subi le phénomène de durcissement (TRECHE et DELPEUCH, 1978).

Composition chimique : sur les moutures de tubercules, on détermine :

- les teneurs en matière sèche, minérale et azotée suivant les méthodes officielles d'analyse ;
- la teneur en lipides par extraction au soxhlet à l'éther de pétrole ;
- l'indigestible glucidique par la technique de GUILLEMET et JACQUOT (1943) à l'acide formique ;
- les teneurs en hémicelluloses et lignocellulose par les techniques de VAN SOEST et WINE (1967) et VAN SOEST (1963)
- les teneurs en glucides alcoolosolubles (PM < 2000) et hydrosolubles (PM > 2000) par la méthode colorimétrique à l'antrone de LOEWUS (1952) après extraction par l'alcool à 80° GL et à 40° GL (série de 2 extractions à chaud et une extraction à froid) ;
- la teneur en amidon, sur le résidu d'extraction par l'éthanol à 40° GL, par la méthode enzymatique de THIVEND *et al* (1965) ;
- les teneurs en glucose, fructose et saccharose dans l'extrait éthanolique à 80° GL par les méthodes proposées par JOHNSON *et al.* (1964) et modifiées par CERNING (1970).

Caractéristiques des amidons :

- extraction de l'amidon : les tubercules séchés sont broyés en présence d'une solution de chlorure mercurique 0,01 M ; la suspension est purifiée par une série d'opérations décrites par DELPEUCH *et al.* (1978) avant d'être séchée à une température inférieure à 45° D. Le produit sec est broyé modérément et passé à travers un tamis à mailles de 0,25 mm ;
- la taille et la forme des grains sont appréciées en microscopie photonique à l'aide d'un oculaire à échelle micrométrique et d'un micromètre objectif ;
- la densité des amidons est déterminée selon SCHOCH et LEACH (1964) à l'aide d'un pycnomètre ;
- le pH est mesuré sur une suspension contenant 10 % d'amidon dans l'eau tridistillée ;
- la détermination du spectre d'absorption du complexe amidon-iodé est réalisée par la méthode de BAILEY et WHELAN (1961) modifiée par ROBIN (1976) ;
- le gonflement et la solubilité dans l'eau en fonction de la température sont déterminés par la méthode de LEACH *et al.* (1959) modifiée par MERCIER (1968) ;
- la solubilité dans le diméthylsulfoxyde est mesurée selon LEACH et SCHOCH (1962) en utilisant du diméthylsulfoxyde contenant moins de 0,5 % d'eau ;
- la sensibilité à l'alpha-amylase bactérienne est mesurée par la méthode de TOLLÆR et GUILBOT (1971), les glucides alcoolosolubles libérés étant dosés par la méthode à l'antrone sulfurique de LOEWUS (1952).

2. Expérience sur coqs

. Composition et caractérisation des régimes :

- la composition des aliments expérimentaux (tableau 1) est calculée pour fournir un apport équilibré en énergie et en azote ; la supplémentation en protéines est faite avec de la farine de poisson ; les glucides digestibles des régimes sont donc entièrement apportés par les ignames ; la célite est incorporée pour servir de traceur ;

Tableau 1. Composition centésimale des régimes expérimentaux.

	Régime D. Dumetorum	Régime D. Rotundata
Igname	77,2	72,4
Farine de poisson	15,9	19,3
Huile de maïs	4,0	4,0
Cellulose	1,4	2,8
Complément minéral	0,7	0,7
Complément vitaminique	0,3	0,3
Célite 545	0,5	0,5

- la composition chimique des régimes est déterminée selon les mêmes méthodes que celle des tubercules ;
- les aliments sont granulés (2,5 mm de diamètre) ; l'état d'endommagement de l'amidon contenu dans les aliments, à la suite du traitement de granulation, est apprécié en leur faisant subir une bétaamylolyse, sans empesage préalable, selon la méthode employée par MERCIER et GUILBOT (1974) mais en tenant compte des quantités de glucides hydrosolubles présents avant et après l'hydrolyse enzymatique ; le temps d'hydrolyse est de 5 heures conformément aux recommandations de TOLLIER (1965) pour limiter les risques de contamination microbienne. De plus les courbes d'alpha-amylolyse *in vitro* sur les aliments sont obtenues par la méthode de TOLLIER et GUILBOT (1971) en distinguant les glucides alcoolosolubles et hydrosolubles formés, extraits dans l'éthanol à 80 et à 40°GL. à froid.

. Dispositif expérimental

Quatre coqs ayant terminé leur croissance (3,5 kg) sont fistulés au niveau du jabot selon la technique décrite par IVOREC-SZYLIT (1971). Après cicatrisation des plaies, ils sont habitués à consommer, en cage individuelle, les aliments granulés à raison de 100 g/jour ; les aliments sont ingérés intégralement en 1 heure ; l'eau est fournie à volonté toute la journée.

Chaque coq subit 4 périodes expérimentales au cours desquelles les 2 régimes sont alternés ; elles sont composées de périodes successives de 4 jours d'adaptation au régime, de 3 jours de récolte des fientes et de 4 jours pendant lesquels est effectué quotidiennement un prélèvement de contenu de jabot 1h30, 3 heures, 4h30 et 7h30 après le début du repas.

. Etude de la digestion dans le jabot

Les contenus de jabot sont prélevés à la pompe à vide ; on détermine leur pH et leur teneur en matière sèche avant qu'ils ne soient congelés, séchés à l'étuve à vide et broyés.

Les teneurs en glucides alcoolosolubles, hydrosolubles et en amidon sont déterminées comme dans les tubercules et sont comparées aux teneurs correspondantes des régimes.

Sur les extraits ethanologiques, on procède à l'analyse qualitative des glucides de faible poids moléculaire par chromatographie en couche mince sur gel de silice après élution par une solution d'acétate d'aniline, isopropanol, eau (10 . 6 : 3, v/v) et révélation selon DE STEFANIS et PONTE (1968) ; les teneurs en glucose, fructose et saccharose sont déterminées selon JOHNSON *et al.* (1964).

. Bilans de rétention

Pendant la période de collecte, les fientes sont récoltées 2 fois par jour pour être congelées.

Le calcul des coefficients de rétention se fait selon la méthode proposée par MAC CARTHY *et al.* (1974) pour le porc et déjà employée par TRÉCHE (1975) chez le poulet : la célite qui sert de traceur est dosée dans l'insoluble chlorhydrique déterminé par solubilisation des matières minérales dans HCL 4 N et calcination à 650°C.

Le dosage des différents composants étudiés se fait selon les mêmes méthodes que celles employées pour l'étude de la composition chimique des tubercules.

RESULTATS

1- Composition chimique des tubercules et des aliments

La composition chimique complète des tubercules d'ignames et des aliments est donnée dans le tableau II. Les tubercules de *D. dumetorum* se distinguent principalement des tubercules de *D. rotundata* par leurs teneurs plus élevées en protéines brutes, hémicelluloses, lignocellulose et glucides hydrosolubles et par leur teneur plus faible en amidon. Parmi les glucides alcoolosolubles, le fructose et le saccharose sont en proportion plus importante dans les tubercules de *D. dumetorum* que dans ceux de *D. rotundata*.

Il n'y a pas de différence de teneur en protéine brute entre les deux régimes. Toutefois, des différences subsistent au niveau de la composition de la fraction glucidique.

Tableau 2. Composition chimique des ignames et des aliments

en g. p. 100 g. MS.	Tubercules <i>D. dume- torum</i>	Tubercules <i>D. rotun- data</i>	Aliment <i>D. dume- torum</i>	Aliment <i>D. rotun- data</i>
Matières azotées	8,2	5,8	17,5	18,0
Cendres	3,1	2,3	5,7	5,5
Lipides	0,35	0,18	7,1	6,8
Amidon	59,4	78,1	41,0	53,5
Glucides hydrosolubles	10,5	2,6	12,1	5,0
Glucides alcoolosolubles	3,6	3,3	2,0	1,8
Fructose	1,17	0,49	1,05	0,48
Saccharose	1,53	2,07	0,73	1,29
Glucose	0,22	0,02	0,26	0,16
Hémicelluloses	4,3	3,6	0,9	1,5
Lignocellulose	6,9	2,2	9,5	5,7
Indigestible glucidique	5,3	1,6	7,5	4,2
Insoluble chlorhydrique	—	—	0,576	0,631

2. Propriétés physicochimiques des amidons

. Amidons extraits

Les résultats concernant la taille des grains, le pH et la densité des amidons des deux espèces sont données dans le tableau 3.

Tableau 3. Caractéristiques des amidons extraits des tubercules étudiés

	Amidon de <i>D. dumetorum</i>	Amidon de <i>D. rotundata</i>
Teneur en (% M.S.) amidon	96,9	98,9
Taille des grains en micromètres (1)	2,8 1 - 5	22,8 x 39,4 (14 x 18) - (32 x 52)
pH	4,61	6,49
Densité	1,566	1,594

Les spectres d'absorption du complexe amidon-iode (figure 1) sont peu différents ; la longueur d'onde correspondant au maximum d'absorption est légèrement plus élevée pour *D. dumetorum* (623 nm.) que pour *D. rotundata* (619 nm.) ; la longueur moyenne des chaînes linéaires et des portions externes des chaînes ramifiées ne diffèrent donc, d'après la relation établie par LEE (1967), que de 4 à 5 unités anhydroglucopyranose.

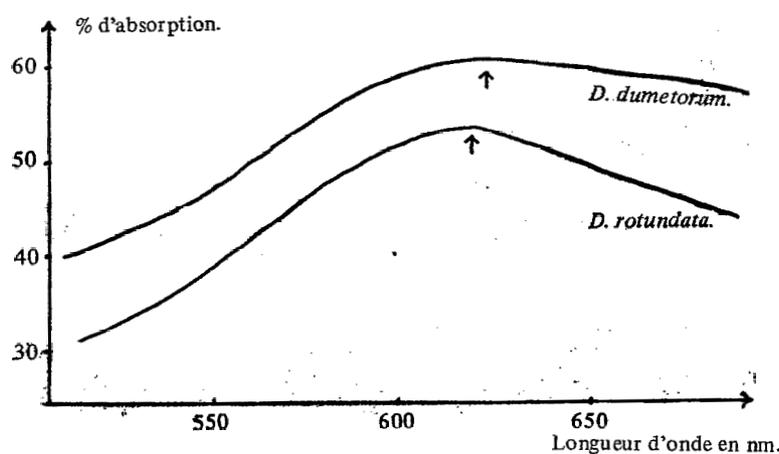


Figure 1. Spectre d'absorption des complexes amidon-iode.

Les courbes de gonflement et de solubilité dans l'eau en fonction de la température (figures 2 et 3) révèlent un comportement très différent des deux types d'amidon : l'amidon de *D. rotundata* a une solubilité faible et un gonflement en deux étapes alors que le gonflement et la solubilité de l'amidon de *D. dumetorum*, plus importants, augmentent simultanément.

(1) Moyenne obtenue sur 100 grains d'amidon - Valeurs extrêmes.

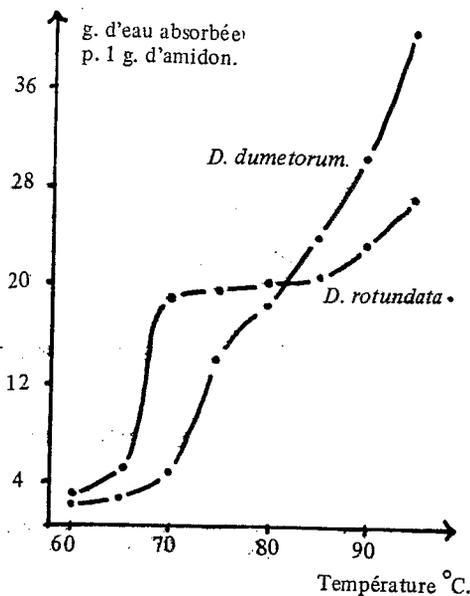


Figure 2. Gonflement en fonction de la température des amidons extraits.

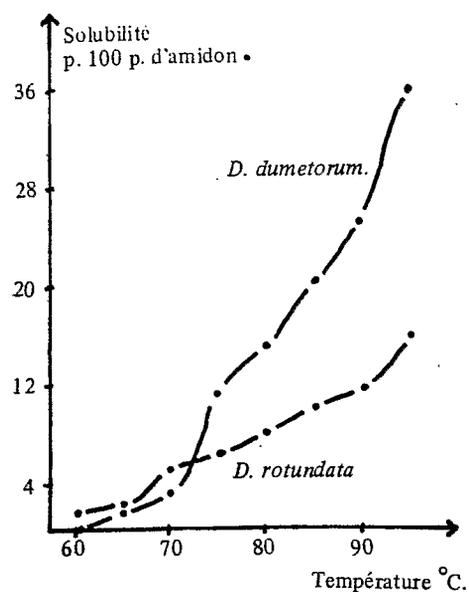


Figure 3. Solubilité en fonction de la température des amidons extraits.

Les courbes de solubilité dans le diméthylsulfoxyde en fonction du temps (figure 4) montrent que les grains d'amidon de *D. rotundata* se solubilisent de façon progressive alors que ceux de *D. dumetorum* se solubilisent en deux temps.

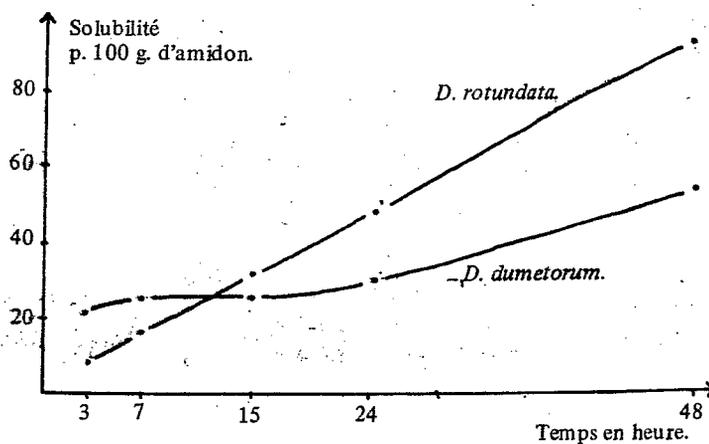


Figure 4. Solubilité dans le diméthylsulfoxyde, en fonction du temps, des amidons extraits.

Les courbes d'alpha-amylolyse bactérienne (figure 5) nous ont permis de calculer différents paramètres (tableau 4) : l'amidon de *D. dumetorum* est plus résistant à l'attaque enzymatique que l'amidon de *D. rotundata*, et ce, pendant toute la durée de l'hydrolyse.

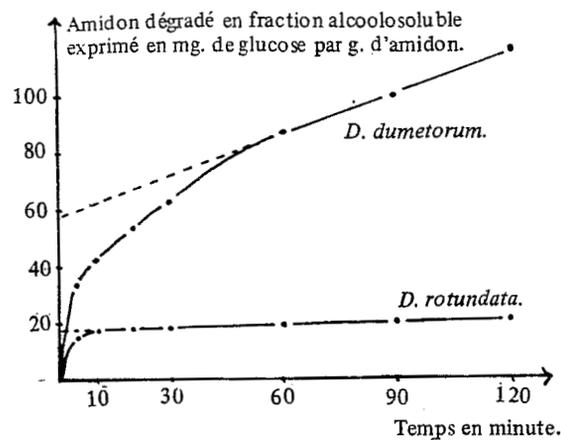


Figure 5. Cinétique de dégradation alpha-amylasique des amidons extraits.

Tableau 4. caractéristiques des courbes d'alpha-amylolyse des amidons extraits

	Amidon de <i>D. dumetorum</i>	Amidon de <i>D. rotundata</i>
Vitesse initiale (1)	3,05	1,33
Vitesse finale (2)	2,52	0,35
Fraction facilement hydrolysable (3)	5,27	1,57

. Amidon dans les aliments

L'influence du traitement de granulation sur l'amidon contenu dans les aliments apparaît dans les résultats des hydrolyses enzymatiques :

. Bêta-amylolyse : après 5 heures d'attaque, 17,4 % de l'amidon de *D. dumetorum* et de 17,5 % de l'amidon de *D. rotundata* sont dégradés ce qui correspond (MERCIER et GUILBOT 1974) à des quantités d'amidon lésées de respectivement 29,0 et 29,2 %.

. Alpha-amylolyse : la comparaison des cinétiques de dégradation alpha-amylasique (figure 6) des amidons des aliments et des tubercules entiers révèle que, lors de la préparation des aliments, les fractions facilement hydrolysables se sont trouvées considérablement augmentées ; il n'est pas possible de calculer de façon précise la vitesse finale d'hydrolyse et de comparer les deux amidons à partir de ce paramètre.

(1) % d'amidon hydrolysé pendant les 5 premières minutes.

(2) % d'amidon hydrolysé en une heure pendant la phase linéaire.

(3) Extrapolation au temps 0 de la phase linéaire.

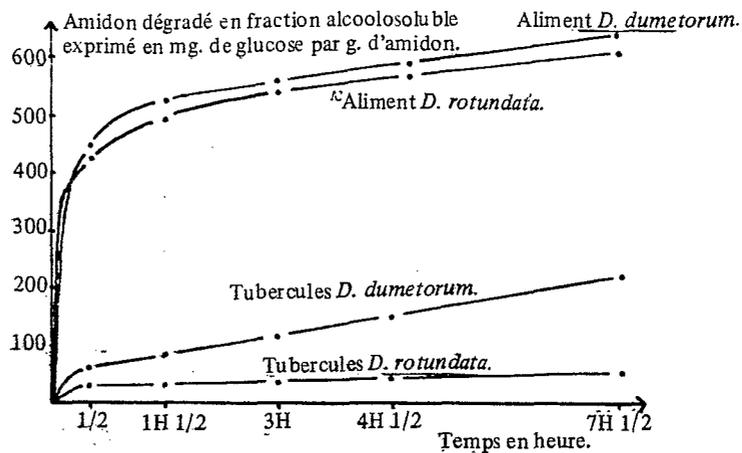


Figure 6. Cinétique de dégradation alpha-amylasique des tubercules et des aliments.

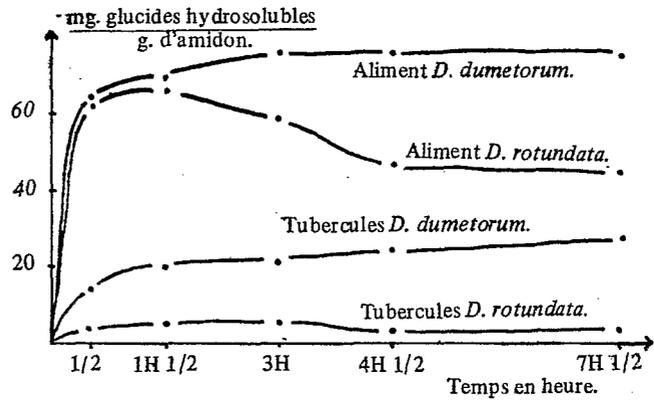


Figure 7. Variation de la quantité de glucides hydrosolubles au cours de l'hydrolyse par l'alpha-amylase des tubercules et des aliments.

Si on mesure les variations des quantités de glucides hydrosolubles présentes dans les milieux d'hydrolyse (figure 7), on met en évidence qu'après une forte augmentation, commune aux quatre milieux et proportionnelle à la valeur des fractions facilement hydrolysables des amidons, il y a une stabilisation dans les milieux contenant *D. dumetorum* et une diminution importante dans les milieux contenant *D. rotundata*.

3 Dégradation dans le jabot du coq

Evolution du pH

Pour les deux régimes, le pH des contenus de jabot diminue significativement à mesure que se prolonge le séjour dans le jabot (tableau 5).

Tableau 5. Evolution du pH des contenus de jabot en fonction du temps écoulé depuis le début des repas.

	Valeur dans l'aliment	Durée de séjour dans le jabot. (1)				Niveau de signification
		1H30	3H	4H30	7H30	
<i>D. dumetorum</i>	5,68	5,65±0,03 ^a	5,40±0,04 ^b	5,18±0,12 ^c	4,82±0,09 ^d	P<0,05
<i>D. rotundata</i>	5,92	5,84±0,03 ^a	5,57±0,07 ^b	5,11±0,11 ^c	4,52±0,04 ^d	P<0,05

1) Moyenne de 8 valeurs + écart type de la moyenne. Sur la même ligne, les moyennes suivies d'aucune lettre commune sont différentes au niveau de signification indiqué.

. Evolution de la teneur en matière sèche des contenus de jabot

Les teneurs en matière sèche des contenus de jabot (tableau 6) diminuent principalement pendant les 90 premières minutes postprandiales. Par la suite, l'hydratation des contenus, bien que significative est plus faible.

Il semble que les coqs boivent plus lorsqu'ils consomment l'aliment *D. rotundata*.

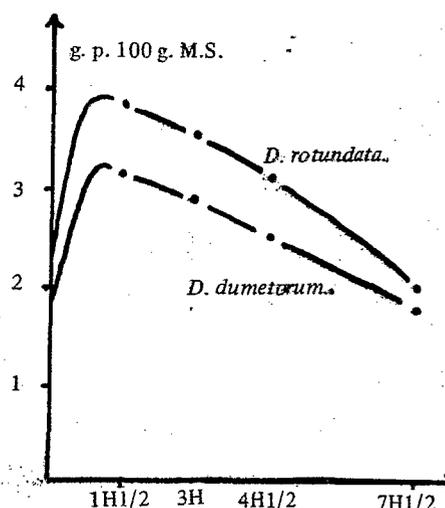
Tableau 6. Evolution de la teneur en matière sèche des contenus de jabot en fonction du temps écoulé depuis le début des repas

	Valeur dans d'aliment	Durée de séjour dans le jabot (1)				Niveau de signification
		1H30	3H	4H30	7H30	
<i>D. dumetorum</i>	92	47,7±4,2 ^a	43,0±3,0 ^{ab}	39,1±3,2 ^{bc}	37,0±2,6 ^c	P < 0,05
<i>D. rotundata</i>	91	37,0±2,4 ^a	34,5±3,5 ^a	28,8±1,9 ^b	26,8±2,3 ^b	P < 0,05

. Evolution quantitative et qualitative des glucides alcoolosolubles

Avec les deux régimes, les teneurs en glucides alcoolosolubles des contenus de jabot augmentent pendant les 90 premières minutes qui suivent le début du repas puis diminuent régulièrement jusqu'à la 7e heure postprandiale (figure 8).

Figure 8. Evolution de la teneur en glucides alcoolosolubles de la matière sèche des contenus de jabot.



D'un point de vue qualitatif, la composition en oligosides de la fraction des glucides alcoolosolubles évolue dans le jabot au cours de la digestion (tableau 7) : dans les aliments on constate, comme dans les tubercules (KETIKU et OYENUGA, 1973) une prépondérance du saccharose et du fructose ; dans le jabot, leurs teneurs diminuent considérablement à mesure qu'apparaissent des produits de dégradation de l'amidon et des glucides hydrosolubles ; parmi ces produits de dégradation, les chromatographies sur couche mince permettent d'identifier des quantités importantes de maltose et de maltotriose.

(1) Moyenne de 8 valeurs ± écart-type de la moyenne. Sur la même ligne, les moyennes suivies d'aucune lettre commune sont différentes au niveau de signification indiqué.

Tableau 7. Evolution de la composition des glucides alcoolosolubles dans le jabot du coq en fonction du temps écoulé depuis le début du repas.

	Régime <i>D. dumetorum</i>					Régime <i>D. rotundata</i>				
	0	1H30	3H	4H30	7H30	0	1H30	3H	4H30	7H30
Glucides alcoolosolubles (1)	2,03	3,21	2,91	2,56	1,79	1,82	3,50	3,42	3,00	2,05
Saccharose (1)	0,77	0,44	0,08	0,00	0,00	1,36	0,63	0,09	0,00	0,00
(2)	38	14	3	0	0	75	18	3	0	0
Fructose (1)	1,05	1,04	1,00	0,72	0,43	0,48	0,57	0,74	0,39	0,15
(2)	52	32	34	28	24	26	16	22	13	7
Glucose (1)	0,26	0,35	0,34	0,22	0,17	0,16	0,24	0,28	0,24	0,17
(2)	13	11	12	9	9	9	7	8	8	8
Produits de (1) dégradation	0,00	1,38	1,49	1,62	1,19	0,00	2,06	2,31	2,37	1,73
(2)	0	43	51	63	67	0	59	67	79	85

Evolution des teneurs en différents composants de la fraction des glucides digestibles

Les teneurs en amidon, en amidon + glucides hydrosolubles et en l'ensemble des glucides digestibles ont été ramenées, pour chaque prélèvement, aux teneurs respectives contenues dans les aliments afin de comparer les évolutions obtenues avec chacun des aliments (figures 9, 10, 11).

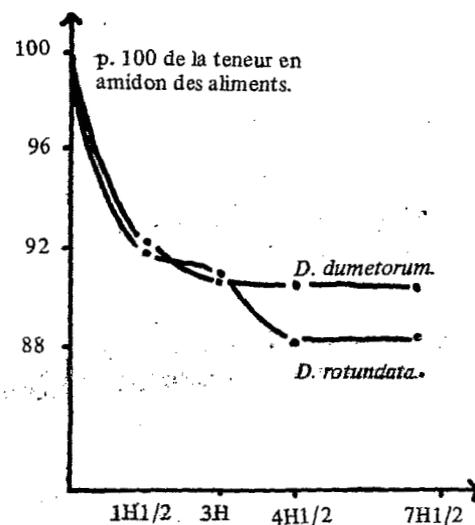


Figure 9. Evolution de la teneur en amidon des contenus de jabot exprimée en pourcentage de celle des aliments.

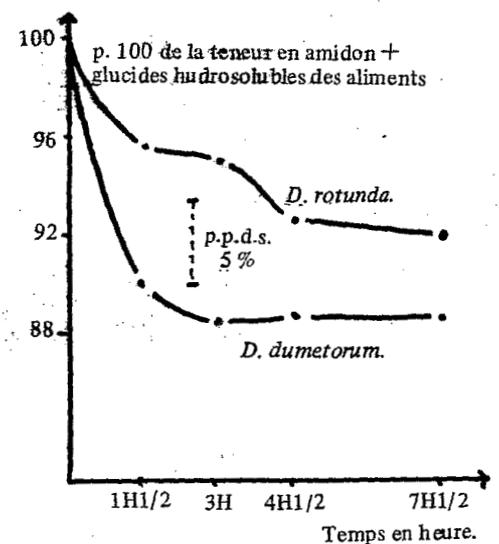


Figure 10. Evolution de la teneur en amidon + glucides hydrosolubles des contenus de jabot exprimée en pourcentage de celle des aliments.

(1) en g. d'équivalent glucose p. 100 g. M.S.

(2) en % de la quantité de glucides alcoolosolubles.

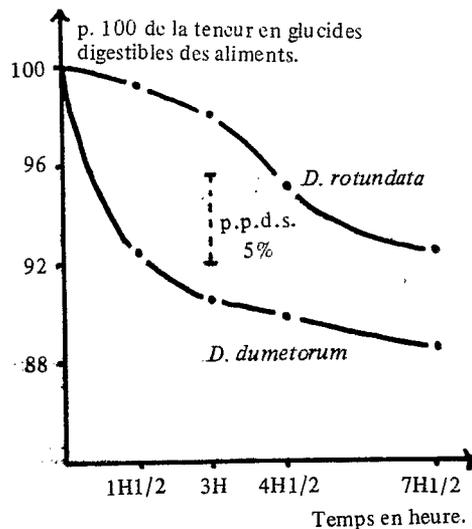


Figure 11. Evolution de la teneur en l'ensemble des glucides digestibles des contenus de jabot exprimée en pourcentage de celle des aliments.

Les diminutions de teneur en amidon sont surtout importantes pendant les 90 premières minutes postprandiales ; elles ne sont plus significatives par la suite et ne diffèrent pas entre les deux régimes.

Par contre, les diminutions de teneurs en amidon + glucides hydrosolubles et en l'ensemble des glucides digestibles sont significativement plus importantes avec le régime *D. dumetorum* et elles se poursuivent, pour les deux régimes après les 90 premières minutes qui suivent le début du repas.

4. Bilans de rétention

Les coefficients de rétention des différents constituants des régimes sont données dans le tableau 8 ; le niveau de signification des différences observées est calculé par la méthode des couples.

Le coefficient de rétention de l'amidon qui peut être assimilé à une digestibilité, et ceux des autres constituants, excepté les lipides sont significativement plus forts avec le régime contenant *D. dumetorum*.

Tableau 8. Coefficients de rétention des différents constituants des aliments.

	Aliment <i>D. dumetorum</i>	Aliment <i>D. rotundata</i>	Niveau de signification
Matière sèche	76,4 + 0,5	66,4 + 0,5	P < 0,001
Matière organique	79,7 + 0,5	69,3 + 0,5	P < 0,001
Cendres	21,2 + 2,6	17,3 + 2,2	P < 0,05
Lipides	90,0 + 1,1	89,0 + 1,4	N.S.
Insoluble formique	11,0 + 1,1	1,4 + 0,6	P < 0,001
Azote	39,4 + 2,4	28,5 + 2,8	P < 0,001
Amidon	99,6 + 0,2	82,4 + 1,0	P < 0,001
Glucides digestibles	99,1 + 0,2	79,8 + 1,0	P < 0,001

Moyennes de 8 valeurs ± écart-type de la moyenne.

Science and Technology Review, (Health Sci.), n° 1-2 : 117-133

DISCUSSION ET CONCLUSION

La méthode de séparation des glucides hydrosolubles et de l'amidon employée (extraction à chaud par l'acool à 40 ° G1) fait apparaître chez les tubercules de *D. dumetorum* une fraction importante de dextrines ; cette fraction est augmentée dans les deux aliments étudiés par le traitement de granulation.

Les résultats concernant la taille des grains, leur pH et leur densité sont en accord avec ceux de RASPER et COURSEY (1967) et RASPER (1969 I, 1971).

Les courbes de gonflement et de solubilité dans l'eau en fonction de la température diffèrent notablement de celles de RASPER (1969 II) qui a travaillé sur des variétés récoltées au Ghana ; elles concordent, sauf en ce qui concerne la courbe de solubilité de l'amidon de *D. dumetorum* avec celles obtenues par DELPEUCH *et al.* (1978).

Les taux de solubilité dans le diméthylsulfoxyde observés ne permettent pas de confirmer l'interprétation des courbes de solubilisation des grains d'amidon proposée par LEACH et SCHOCH (1962) ; ces auteurs estiment que les amidons de spectre de diffractométrie de type A sont solubilisés plus rapidement que ceux de type B. Par contre nos résultats rejoignent ceux obtenus sur *D. alata* et *D. cinnamomifolia* par ROSENTHAL *et al.* (1972) qui observent une solubilisation très rapide de ces grains d'amidon de type B.

L'ensemble des résultats obtenus dans l'étude des différentes caractéristiques physicochimiques des amidons de ces deux espèces d'ignames montrent que des corrélations communément rencontrées ne sont pas vérifiées : *D. dumetorum* possédant un spectre de diffractométrie de type A, est bien facilement hydrolysable par l'alpha-amylase mais sa solubilisation dans le diméthylsulfoxyde est faible et son gonflement dans l'eau relativement important ; *D. rotundata*, de type B, reste peu sensible à l'attaque enzymatique in vitro mais il est facilement solubilisé dans le diméthylsulfoxyde et sa courbe de gonflement dans l'eau en fonction de la température présente un palier indiquant selon LEACH *et al.* (1959) et GUILBOT (1961) qu'il existe deux types de liaison qui se rompent à différents niveaux d'énergie.

L'étude de la dégradation enzymatique in vitro de l'amidon des aliments met en évidence une augmentation considérable de leur fraction facilement hydrolysable qui ne permet plus de mettre en évidence les différences de sensibilité enzymatique qui existent entre les amidons des tubercules ; toutefois, la diminution, en fin d'hydrolyse, des quantités de glucides hydrosolubles mesurées dans les milieux contenant *D. rotundata* semble témoigner d'une plus grande difficulté pour l'enzyme à attaquer l'amidon résiduel de cette espèce.

In vivo dans le jabot du coq nous avons pu mettre en évidence une différence de dégradation entre les deux régimes portant sur l'ensemble de la fraction des glucides digestibles mais non significative en ce qui concerne uniquement l'amidon.

L'apparition dans la fraction des glucides alcoolosolubles de produits de la dégradation de polymères du glucose ainsi que l'évolution quantitative de cette fraction confirme les résultats de SZYLIT (1973) concernant les processus digestifs dans le jabot : il y a dégradation progressive d'une partie de l'amidon et éventuellement des dextrines en glucose qui, après transformation en acide lactique sous l'action de la microflore microbienne, est absorbé au niveau des parois du jabot.

Plusieurs raisons peuvent être invoquées pour expliquer à la fois la faiblesse des dégradations mesurées en comparaison de celles observées par ATINPAHOUM (1972) sur des tubercules ou par SZYLIT (1973) sur des céréales et l'absence de différence entre les deux espèces au niveau de la quantité d'amidon dégradée :

— la présence d'une quantité importante de glucides hydrosolubles qui, extraits ici dans l'éthanol 40° GL à chaud, sont habituellement dosés en même temps que l'amidon par les méthodes courantes d'analyses ;

— la présence de glucose en quantité non négligeable dans les aliments ce qui pourrait exercer selon IVOREC-SZYLIT *et al.* (1965) une action inhibitrice sur la dégradation d'origine microbienne de l'amidon ;

— la valeur du pH des aliments, inférieure aux valeurs optimales du pH pour l'action des enzymes salivaires (6,5) et pour la prolifération des lactobacilles (6,1 à 6,4) (SZYLIT, 1975).

Le calcul des coefficients de rétention qui permet de tenir compte de l'ensemble des processus digestifs (action des amylases salivaires et microbiennes dans le jabot, action de l'amylase pancréatique dans l'anse duodénale, action éventuelle d'autres amylases microbiennes au niveau des coeca) et métaboliques, montre la plus grande digestibilité de l'amidon de *D. dumetorum* et son effet favorable sur la rétention de l'azote. Ces résultats confirment ceux de BEWA (1978) et de SZYLIT *et al.* (1977).

Il semble donc que les parties des grains d'amidon des deux espèces, non endommagées par le traitement de granulation, conservent des différences de sensibilité enzymatique qui se traduisent in vivo par une plus forte digestibilité de l'amidon de *D. dumetorum*.

L'influence sur la rétention de l'azote peut s'expliquer par une utilisation digestive plus rapide des glucides ayant un rôle d'épargne sur les acides aminés grâce à la fourniture rapide d'énergie sur les sites de la protéosynthèse (SPIVEY *et al.*, 1958) ; par ailleurs, chez le poulet, on peut penser que les amidons peu digestibles sont à l'origine d'un développement bactérien au niveau des coeca qui serait responsable d'une excrétion accrue d'azote endogène fécal.

L'utilisation nutritionnelle des aliments apparaît donc comme étroitement dépendante de la sensibilité de leur amidon à l'attaque enzymatique ; celle-ci ne dépendrait pas, selon ROBIN (1976), directement de la structure cristalline A ou B des amidons mais résulterait plutôt des différences de structure de la fraction amorphe enrobant les cristallites en rapport avec la teneur en amylose et la plus forte cohésion de celle-ci ; la résistance de l'amidon à l'attaque enzymatique peut également être attribuée à la protection des grains par une zone externe de nature non précisée qui offrirait des degrés de résistance différents à la pénétration des enzymes (GUILBOT et MERCIER, 1962).

Le problème est en fait de savoir si les traitements technologiques traditionnels subis par les ignames destinées à l'alimentation humaine sont suffisamment sévères pour faire disparaître les différences de digestibilité entre amidons de caractéristiques différentes. AUMAITRE *et al.* (1969) n'ont pas pu, par la cuisson, faire disparaître entièrement les différences de digestibilité apparente de la matière organique et des protéines brutes observées chez le porc avec la patate douce et la banane plantain ; LANGWORTHY et DEUEL (1922) ont retrouvé chez des hommes ayant ingéré certaines sortes de tubercules de l'amidon non digéré dans les fèces. De plus, certains traitements technologiques pourraient faire ressortir chez les ignames des différences de comportement (viscosité, consistance des gels) non envisagées ici avec des amidons crus (RASPER, 1969 I).

On peut donc se demander si les différences de propriétés physicochimiques des amidons observées chez les ignames et plus généralement parmi les tubercules tropicaux, ne devraient pas, compte tenu de leurs éventuelles incidences sur la rétention de l'énergie et de l'azote, conduire à préconiser un choix dans la nature de la source amylacée à fournir en alimentation humaine, en particulier aux groupes de population particulièrement vulnérables comme les enfants au moment du sevrage.

BIBLIOGRAPHIE

1. ATINKPAHOUN, H., 1972 — Contribution à l'étude de la valeur nutritionnelle pour le poulet de trois plantes tropicales : *Manihot utlissima*, *Hypomea batatas* et *Dioscorea cayenensis*. Thèse, Paris VI,
2. AUMAITRE, A., CORRING, T. et LE DIVIDICH, J., 1969 — Etude de l'hydrolyse in vitro de quelques amidons de plantes tropicales par le suc pancréatique de porcelet ; relation entre la vitesse de dégradation in vitro et la digestibilité apparente de la ration dans : Journée de la Recherche Porcine en France, Paris, I.N.R.A., I.T.P. ed., pp. 99-103.
3. BAILEY, J.M. and WHELAN, W.J., 1961 — Physical properties of starch: Relationship between iodine stain and chain length. *J. Biol. Chem.*, Vol. 236, n° 4, pp. 969-973.
4. BEWA, H., 1978 — Amidon de tubercules tropicaux. Efficacité nutritionnelle pour le poulet. Thèse, Paris VI.
5. CERNING, J., 1970 — Contribution à l'étude de l'évolution de la composition glucidique des céréales au cours de leur maturation. Thèse, Lille, n° 80.
6. CERNING-BEROARD, J. et LE DIVICH, 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.* Vol. 25, n° 2, pp. 155-168.
7. COURSEY, D.G., 1965 — The role of yams in West African food economies. *World Crops.* Vol. 17, n° 2, 74-82.
8. COURSEY, D.G., 1967 — Food technology and the yam in West Africa. *Trop. Sci.* Vol. 8, n° 4, pp. 152-159.
9. DELPEUCH, F., FAVIER, J.C. et CHARBONNIERE, R., 1978 — Caractéristiques des amidons de plantes alimentaires tropicales. *Ann. Tech. Ann. Techn. Agric.* Vol. 27, n° 4, pp. 809-826.
10. DE STEPHANIS, V.A. and PONTE, J.G., 1968 — Separation of sugars by thinlayer chromatography. *J. Chromatog.* 34, pp. 116-120.
11. DUMONT, R., 1977 — Etude morphobotanique des ignames *D. rotundata* et *D. cayenensis* cultivées au nord Bénin. *Agron. Trop.*, Vol. 32, n° 3 pp. 225-243.
12. FETUGA, B.L. and OLUYEMI, J.A., 1976 — The metabolizable energy of some tropical tuber meals for chicks. *Poult. Sci.* n° 55, pp. 868-873.
13. GUILBOT, A., 1961 — Etat actuel de nos connaissances sur certains aspects de la physico-chimie de l'amidon. *Industr. Alim. Agr.*, n° 3, pp. 205-217.
14. GUILBOT, A. et MERCIER, C., 1962 — Répercussions sur la digestibilité de l'amidon des modifications de sa structure physicochimique au cours de ses transformations technologiques. *Industr. Alim. Agr.*, n° 79, pp. 939-947.
15. GUILLEMET, R. et JACQUOT, R. 1943 — Essai de détermination de l'indigestible glucidique. *C.R. Acad. Sci. Paris, Ser. D.*, 216, pp. 508-510.
16. IVOREC-SZYLIT, O., 1971 — Note sur la fistulation du jabot du coq. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.*, Vol. 11, n° 4, pp. 733-735.

17. IVOREC-SZYLIT, O., MERCIER, C., RAIBAUD, P. et CALET, C., 1965 – Contribution à l'étude de la dégradation des glucides dans le jabot du coq. Influence du taux de glucose du régime sur l'utilisation de l'amidon. C.R. Aca. Sci. Paris, Ser. D. 1965, 261, pp. 3201–3203.
18. JOHNSON, G., LAMBERT, C., JOHNSON, D.K. et SUNDERWITH, S.G., 1964 – Colorimetric determination of glucose, fructose and sucrose in plant material using a combination of enzymatic and chemical methods. J. Agr. Food Chem. Vol 12, n° 3, pp. 216–219.
19. KETIKU, A.O. et OYENUGA, V.A. 1973 – Changes in the carbohydrate constituents of yam tuber during growth. J. Sci. Fd. Agri., n° 24, pp. 367–373.
20. LANGWORTHY, G. F. et DEUEL, H. J., 1922 – Digestibility of raw rice, arrowroot, canna, cassava, taro, tree-fern and potato starches. J. Biol. Chem., n° 52, pp. 251–261.
21. LEACH, H.W., MAC COWEN, L.D. et SCHOCH, T.J., 1959 – Structure of the starch granule. 1. Swelling and solubility patterns of various starches Cereal Chem., Vol. 36, n° 6, pp. 534–544.
22. LEACH, H.W. et SCHOCH, T.J., 1962 – Structure of the starch granule. 3. Solubilities of granular starches in dimethylsulfoxide. Cereal Chem., n° 39, pp. 318–327.
23. LEE, E.Y.C. (1967) cité par MERCIER (1968) et par ROBIN (1976).
24. LOEWUS, F.A., 1952 – Improvement in anthrone method for the determination of carbohydrates. Anal. Chem., n° 24, p. 219.
25. MAC CARTHY, J.F., AHERNE, F.Y. et OKAI, D.B., 1974 – Use of Hcl insoluble ash as an index material for determining apparent digestibility with pigs. Can. J. Anim. Sci., n° 54, pp. 107–109.
26. MERCIER, C., 1968 – Contribution à l'étude de la structure du grain d'amidon au moyen de méthodes physiques et enzymatiques, Thèse, Paris. C.N.R.S. A.O. 2413.
27. MERCIER, C. et GUILBOT, A., 1974 – Influence des conditions de granulation du maïs sur les caractéristiques physicochimiques de son amidon. Ann. Zootech., Vol. 23, n° 3, pp. 241–251.
28. RASPER, V., 1969 – Investigations on starches from major starch crops grown in Ghana : 1. Hot paste viscosity and gel-forming power. 2. Swelling and solubility patterns : amylolytic susceptibility. J. Sci. Fd. Agr., n° 20, pp. 165–171 ; pp. 241–251.
29. RASPER, V., 1971 – Investigations on starches from major starch crops grown in Ghana. 3. Particle size and particle size distribution. J. Sci. Fd. Agr., n° 22, pp. 572–580.
30. RASPER, V. et COURSEY, D.G., 1967 – Properties of starches of some West African yams. J. Sci. Fd. Agr., n° 18, pp. 240–244.
31. ROBIN, J.P., 1976 – Comportement du grain d'amidon à l'hydrolyse acide ménagée. Etude physicochimique et enzymatique de la fraction insoluble. Contribution à la connaissance de la structure de l'amylopectine. Thèse, Paris. C.N.R.S. A.O. 12534.

32. ROSENTHAL, F.R.T., PELEGRINO, S.L. and CORREA, A.M.N., 1972 - Studies on the starches of *Dioscorea*. *D. alata* eatable and *D. cinnamomifolia* non eatable. *Die Stärke*, Vol. 24, n° 2, pp. 54-57.
33. SCHOCH, T.J. and LEACH, H.W., 1964 - Determination of absolute density: liquid displacement. In: *Methods in carbohydrate chemistry*. IV. ed. by R.L. WHISTLER, Acad. Press, New-York, pp. 101-103.
34. SEIDEMAN, J., 1964 - Mikroskopische untersuchung Vorschiedener *Dioscorea* stärken. *Diestärke*, n° 8, pp. 246-253.
35. SPIVEY, H.E., KATAYAMA, M.C., HOSHIDA, M. and HARPER, A.E., 1968 - Significance of the protein sparing effect of dextrin. *Am. J. Physiol.*, n° 193, pp. 479-487.
36. SZLIT, O., 1973 - Les voies métaboliques de la dégradation de l'amidon dans le jabot de *Gallus gallus* et leurs incidences nutritionnelles. Thèse, Paris.
37. SZLIT, O., 1975 - Communication personnelle.
38. SZLIT, O., BORGIDA, L.P., BEWA, H., CHARBONNIERE, R. et DELORT-LAVAL, J., 1977 - Valeur nutritionnelle pour le poulet en croissance de cinq amylicées tropicaux en relation avec quelques caractéristiques physicochimiques de leur amidon. *Ann. Zootech.*, Vol. 26, n° 4, pp. 547-564.
39. SZYLIT, O., DURAND, M., BORGIDA, L.P., ATINKPAHOUN, H., PRIETO, F. and DELORT-LAVAL, J., 1978 - Raw and steam-pelleted cassava, sweet potato and yam *cayenensis* as starch sources for ruminant and chicken diets. *Ann. Food Sci. and Techn.*, n° 3, pp. 73-87.
40. THIVEND, P., MERCIER, C. and GUILBOT, A., 1965 - Dosage de l'amidon dans les milieux complexes. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.*, Vol. 5, n° 4, pp. 513-526.
41. TOLLIER, M.T., 1965 - Contribution à l'étude de l'action du rayonnement gamma sur les caractères physicochimiques de l'amidon et sa sensibilité aux amylases. Thèse, Paris.
42. TOLLIER, M.T. et GUILBOT, A., 1971 - Caractéristiques de la fraction glucidique des échantillons de maïs grain. *Ann. Zootech.*, n° 20, pp. 633-640.
43. TRECHE, S., 1975 - Influence du degré de polymérisation et du taux d'incorporation de maltodextrines sur la croissance et la composition corporelle du poulet et sur la digestion dans le jabot du coq. Mémoire D.E.A. Paris.
44. TRECHE, S. et DELPEUCH, F., 1978 (1-7 octobre) - La durcissement de *Dioscorea dumetorum* au Cameroun. Communication présentée au Séminaire international sur l'igname. I.F.S.-O.N.A.R.E.S.T. Buéa. Cameroun.
45. TRECHE, S. et GUION, P., 1980 - Etude des potentialités nutritionnelles de quelques tubercules tropicaux au Cameroun. 1. Influence de la date de récolte. *Revue Science et Technique*, Vol. 1, n° 1, pp. 55-69.
46. VAN SOEST, P.S., 1963 - Use of detergents in the analyses of fibrous feeds. *J. of Assoc. Offic. Anal. Chem.*, Vol. n° 5, pp. 829-835.
47. VAN SOEST, P.S. and WINE, R.H. 1967 - Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. 4. Determination of plant cell-wall constituents. *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.*, Vol. 50 n° 1, pp. 50-55.