

REPUBLIQUE DU MALI
UN PEUPLE - UN BUT - UNE FOI.

ECOLE NATIONALE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE DU MALI

Quelques aspects de technologie de l'analyse des denrées alimentaires glucidiques

MEMOIRE

Presenté et soutenu publiquement le Novembre 1978 devant l'Ecole Nationale de Medecine
et de Pharmacie du Mali

par: Aïssata FOFANA
pour Obtenir le grade de
Pharmacien

Examineurs :

Professeur Jacques JOSSELIN

Professeur Oumar SYLLA

Docteur Sory KEITA

Docteur Daouda DIALLO

President

Juges

ECOLE NATIONALE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE DU MALI

ANNEE ACADEMIQUE 1977-1978

Directeur Général	: Professeur Aliou BA
Directeur Général Adjoint	: Professeur Bocar SALL
Secrétaire Général	: Monsieur Godefroy COULIBALY
Economiste	: Monsieur Moussa DIAKITE
Conseiller Technique	: Professeur Philippe RANQUE

PROFESSEURS MISSIONNAIRES

Professeurs Jacques JOUSELIN	: Biochimie
- Omar SYLLA	: Chimie Organique
- Humbert GIONO-BARBER	: Pharmacodynamie
- Georges GRAS	: Toxicologie-Hydrologie
- Sadio SYLLA	: Anatomie-Dissection
- Bernard BLANC	: Gynécologie-Obstétrique
- André MAZER	: Physiologie
- Jean-Pierre BISSET	: Biophysique
- François MIRANDA	: Biochimie
- Miche QUILICI	: Immunologie
Docteurs Alain DURAND	: Toxicologie-Hydrologie
- CHEVRIER	: Biochimie
- Emile LOREAL	: D.R.L
- Mme P. GIONO - BARBER	: Anatomie-Physiologie Humaine
- Bernard LANDRIEU	: Biochimie
J.P. REYNIER	: Pharmacie Galénique
- Jean DELMONT	: Santé Publique
- Mme Thérèse FARES	: Anatomie-Physiologie Humaine
- Boubacar Cisse	: Toxicologie

PROFESSEURS TITULAIRES RESIDANT A BAMAKO

Professeurs	Alaou BA	: Ophtalmologie
-	Bocar SALL	: Orthopédie- Traumatologie- Anatomie
-	Mamadou DEMBELE	: Chirurgie générale
-	Mohamed TOURE	: Pédiatrie
-	Souleymane SANGARE	: Pneumo-phtisiologie
-	Mamadou KOUMARE	: Pharmacologie-Matières médicales
-	P. SAINT-ANDRE	: Dermatologie-Vénérologie-Léprologie
-	Philippe RANQUE	: Parasitologie-Zoologie
-	Bernard DUFLO	: Pathologie médicale - Thérapeutique

ASSISTANTS CHEFS DE CLINIQUE

Docteurs :	Aly GUINDO	: Sémiologie digestive
-	Abdoulaye AG-RHALY	: Sémiologie rénale
-	Sory KEITA	: Microbiologie
-	Yaya FOFANA	: Microbiologie
-	Moctar DIOP	: Sémiologie chirurgicale
-	Balla COULIBALY	: Pédiatrie - Médecine du Travail
-	Bénitiéni FOFANA	: Obstétrique
-	Mamadou Lamine TRAORE	: Gynécologie-Obstétrique-Méd.Légale
-	Boubacar CISSE	: Dermatologie
-	Yacouba COULIBALY	: Stomacologie
-	Sidi Yaya SIMAGA	: Santé Publique
-	Banoussi KONATE	: Santé Publique
-	Issa TRAORE	: Radiologie
-	Mamadou K. TOURE	: Sémiologie cardiovasculaire
-	Sné BAYO	: Histologie-Embryologie-Anapath
Mesdames	CAMARA (Sarata)	: Chimie Organique
-	KEITA (Oulematou)	: Biologie animale
-	Diaby	: Santé Familiale

ASSISTANTS CHEFS DE CLINIQUE

Monsieur Cheick Tidiani TANDIA Hygiène du Milieu

-

CHARGES DE COURS

DOCTEURS L. AVRAMOV : Psychiatrie

- Christian DULAT : Microbiologie

- Patrick DEFONTAINE : Physiologie-Anesthésie-Réanimation

- Marie-Colette DEFONTAINE : Gynécologie-Hématologie

- Isack Mamby TOURE : Microbiologie

- Gérard KRUGHEL : Anatomie-Traumatologie-Sémiologie chirurgicale

- Henri DUCAM : Pathologie cardiovasculaire

- Boukassoum HAIDARA : Galénique-Diététique

- Elisabeth ASTORQUIZA : Epidémiologie

- Philippe JONCHERES : Urologie

- Mamady Modi DIAL : Chimie Analytique

Madame Brigitte DUFLO : Sémiologie digestive

Monsieur MARTIN : Chimie Analytique

Professeurs Tiémoko MALLET : Mathématiques

- Alévé DJINDE : Mathématiques

- Amadou Baba DIALLO : Physique

- N'Golo DIARRA : Botanique-Cryptogamie-Biologie végétale

- Ibrahima TOURE : Physique

- Lassana KEITA : Physique

Professeurs Souleymane TRAORE : Physiologie générale

- Daouda DIALLO : Chimie générale-Minérale

A MON PERE

A MA MERE

Pour votre profond amour, pour les
sacrifices consentis. Puissé je vous procurer
les plus grandes satisfactions

A MES FRERES ET SOEURS,

A TOUS LES MIENS

En témoignage de ma profonde affection.

A LA MEMOIRE DE MA GRANDE MERE

AISSA YATTARA

Puisse je mettre en application toutes vos
leçons de sagesse. La mort seule ~~pou~~ pouvait me
priver de votre affection

AUX FAMILLES DIALLO, FAYE, à DOUDOU, à
DIEGO, à GERAD que nous tenons à remercier
pour le séjour agréable qu'ils nous ~~va~~ ont permis
de faire à DAKAR.
Qu'ils trouvent ici le modeste témoignage de
notre reconnaissance

AU PROFESSEUR ALIOU BA

Le dévouement exemplaire que vous manifestez sans cesse à l'égard de vos étudiants et de l'École nous a permis de recevoir malgré les difficultés du début, la formation complète de pharmacien. Nous vous exprimons notre profonde admiration et nos chaleureux remerciements.

A TOUS NOS MAITRES DE L'ÉCOLE NATIONALE DE
MEDECINE ET DE PHARMACIE

Vous nous avez dispensé avec maîtrise un enseignement adapté à nos réalités africaines.
Nous vous exprimons nos hommages respectueux

A MONSIEUR BOUBACAR CISSE PHARMACIEN A DAKAR

Pour l'attention accordée au bon déroulement de nos travaux de mémoire à DAKAR et les multiples services rendus.

Nous lui prions d'accepter lui et sa femme nos sincères remerciements et notre profonde admiration.

A LEA, ENAGNON, LALLA A TOUS LES ETUDIANTS
DE L'ECOLE NATIONALE DE MEDECINE ET DE
PHARMACIE

En témoignage de l'estime réciproque et de
l'amitié qui nous lient

A Melle MAMA NIANG
qui a su se montrer selon les circonstances,
l'amie, la soeur, la mère qu'elle trouve ici
l'expression de notre entière gratitude

A LA DIRECTION DE L'ECOLE NATIONALE DE
MEDECINE

Remerciements sincères

A Mme TOURE MAIMOUNA DIRECTRICE DE LA SECTION
ALIMENTATION BIOCHIMIE DU CNRZ

Vous avez mis à notre disposition les moyens
vous ayant permis d'élaborer nos analyses bro-
matologiques.

Recevez nos remerciements les plus respectueux

A TOUT LE PERSONNEL DU LABORATOIRE DE BIO-
CHIMIE DU CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES
ZOOTECNIQUES (CNRZ)

Particulièrement Melle ADEYE SANGARE MM. MAMY
CISSE, SOUMATLA TRAORE, N'GOLOPE KONE

Vous nous avez aidé efficacement et avec une
bonne volonté dans nos analyses.

Nous vous exprimons notre profonde sympathie
et nos vifs remerciements.

A TOUT LE PERSONNEL DU LABORATOIRE DE CHIMIE
ORGANIQUE, MINERALE ET GENERALE DE LA FACULTE
DE PHARMACIE A DAKAR

Mme BOUSSO, Melle DIALLO, Melle FALL, Mr M'BO

Pour leur remercier de leur accueil et des
innombrables services rendus -

A Melle M'BAYE

Vous avez assuré la dactylographie de notre
mémoire

Nos sincères remerciements

A NOTRE PRESIDENT DE JURY
LE PROFESSEUR JACQUES JOSSELIN
DE LA FACULTE DE PHARMACIE
BORDEAUX 2

Malgré nos multiples occupations, vous avez
bien voulu effectuer le déplacement de
Bordeaux à Bamako pour juger notre mémoire.
Trouvez ici le témoignage de notre profonde
et respectueuse gratitude.

A NOS JUGES

DOCTEUR SORY KEITA PHARMACIEN CHEF HOPITAL DU POINT G.

CHARGE DE COURS DE MICROBIOLOGIE

Nous avons eu l'occasion de l'apprécier comme enseignant. Nous tenons à lui exprimer notre respectueuse admiration, et nos remerciements pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant de siéger à notre jury de mémoire

DOCTEUR DAOUA DIALLO LABORATOIRE DE BIOCHIMIE DU CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES

Pour avoir accepté de siéger à notre Jury de mémoire, nous le prions d'accepter l'expression de notre profond respect

A NOTRE MAITRE DE MEMOIRE ET JUGE
LE PROFESSEUR OUMAR SYLLA DE LA FACULTE MIXTE
DE MEDECINE ET DE PHARMACIE DE DAKAR

Pour la bienveillance qu'il nous a toujours témoi-
gnée pour l'enseignement, clair, concis et efficace
qu'il nous a dispensé et pour l'intérêt avec le-
quel il a suivi et jugé ce travail.

Nous lui exprimons toute notre reconnaiss~~a~~issance.

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
Introduction et objectifs de recherche.....	1
 CHAPITRE I <u>CHAPITRE I</u>	
Généralités sur les glucides.....	6
 CHAPITRE II <u>CHAPITRE II</u>	
Glucides alimentaires étudiés.....	25
 CHAPITRE III <u>CHAPITRE III</u>	
Approches technologiques.....	29
I. - Technique de préparation des farines.....	29
II. - Méthodes d'analyses utilisées.....	32
A - Groupe I : Minéralisation.....	33
a) - Détermination de l'azote protéique..	35
b) - Détermination colorimétrique des phosphates.....	39
c) - Détermination du calcium.....	42
d) - Détermination du potassium.....	44
B - Groupe II : Détermination par voie thermique..	47
1) - Détermination du taux d'humidité.....	47
2) - Détermination des cendres.....	47
3) - Détermination de l'insoluble chlo- rhydrique.....	48
C - Groupe III :	
1) - Détermination de la cellulose brute..	50
2) - Détermination des matières grasses...	51
Remarque : Détermination de l'extractif non azoté.....	53
 CHAPITRE IV <u>CHAPITRE IV</u>	
Données d'applications pratiques.....	54
 CONCLUSION <u>CONCLUSION</u>	
.....	58
 ANNEXE <u>ANNEXE</u>	
.....	59
 BIBLIOGRAPHIE	

INTRODUCTION ET OBJECTIFS DE RECHERCHE

Les céréales et les tubercules constituent la base de l'alimentation de la plupart des pays africains. Les formes de commercialisation et les formes culinaires dérivées sont d'une extrême variété :

- graine décortiquée
- semoules diverses comme le gari et le tapioca
- farines diverses

Outre l'intérêt économique certain que nous essayerons d'évaluer, l'intérêt scientifique n'est connu que sous un aspect brut c'est à dire global. En effet, si dans ces aliments les glucides représentent environ quatre vingt pour cent de la matière sèche les composantes de la valeur biologique sont souvent liées à la teneur à la grosseur et aux constituants du germe.

Ainsi quand PARIS proclame l'importance de la valeur alimentaire de nos glucides et affirme que "les végétaux amyloés fournissent les aliments les moins coûteux au regard de leur valeur énergétique" il laisse également entre voir à celui qui réfléchit et qui cherche quels peuvent être le rôle des différentes formes de préparation ainsi que l'addition des condiments très élaborés inconnus dans les pays Européens et comparables sous bien des aspects à ceux si réputés des pays de l'Asie du Sud-Est.

Nous situant au Mali, où dans ses régions les plus peuplées des glucides alimentaires représentent au moins 50 % de la nourriture consommée deux ou trois par jour à heure fixe.

- petit déjeuner
- déjeuner
- repas du soir

(cf carte de l'Afrique de l'Ouest, extraite de la thèse de Busson et carte du Mali.)

Notre ambition est à la dimension du pays mais l'ampleur de la tâche nous impose dans ce premier travail de procéder par approche. Ainsi notre étude sur les céréales (millet, sorgho, maïs) et sur les tubercules (manioc, igname) apparait comme une priorité face à la place que ces farineux occupent dans le développement.
.../...

Le riz et le blé n'ont pas fait l'objet de notre travail ces aliments ayant été beaucoup étudiés et figurant dans beaucoup de tables de composition des aliments. Nous pensons donc en attendant l'application parfois difficile de normes internationales ou régionales, que certains critères biologiques, morphologiques et chimiques peuvent nous permettre d'apprécier un certain nombre de farineux :

- par leur richesse en principes nutritifs de base : glucides et protéines notamment.

- par leur aptitude à la conservation en fonction de la teneur en eau en lipides et dans certains cas de cystéine ou de substances polyphénoliques.

- par leur taux d'extraction qui doit tenir compte des constituants des germes particulièrement riches en vitamines.

- par la présence d'impuretés de contamination, les améliorants et les conservateurs ne semblant pas occuper une place importante dans l'alimentation traditionnelle.

- par l'étude du conditionnement et le contrôle des informations ou de la publicité, parfois orientés par un profit plus substantiel.

De ces considérations générales situées dans les limites géographiques bien définies se dégage déjà un objectif nutritionnel, composante d'un objectif de développement économique et social plus important : " Disposer des aliments les meilleurs possibles est un objectif national d'une importance majeure. Le commerce extérieur et les ressources qui en dépendent, la santé, le bien être de la population, les valeurs culturelles qui se font jour autour de la table, la valeur socio-économique de ceux qui assurent la production et la distribution dépendent de la qualité alimentaire" .

Cet objectif est l'expression d'une volonté politique qui nous a facilité l'enquête non seulement dans les diverses couches sociales mais surtout dans de nombreuses structures de l'état.

- laboratoires vétérinaires
- services agronomiques (Centre national de Recherches Zootechniques
- services économiques dont certaines sociétés d'état à vocation industrielle

- services de santé publique, centre de PMI, cliniques médicales et

INBH (Institut national de biologie humaine).

La concertation, la coordination et bien souvent le travail en équipe pluridisciplinaire et complémentaire au niveau de toutes ces structures, constamment appuyées par les services de santé publique permettront de donner une signification et un aboutissement heureux à ce jugement de cet expert qui résume ainsi nos préoccupations dès le début de ce travail : " Il est impossible de chiffrer avec exactitude les pertes économiques que subirait un pays s'il n'instituait pas un contrôle approprié de la qualité de ses produits et si la place de ces derniers sur le marché mondial ne pouvait se maintenir sous l'effet d'une concurrence acharnée. La loi de l'offre et de la demande ne sera pas satisfaite par un produit inférieur quand un meilleur produit est disponible à un prix correspondant".

Il est inutile de créer des normes alimentaires si des lois les défendant n'existent pas. Classiquement la conception du contrôle des aliments contribue à l'amélioration de la nutrition. Ce contrôle est nécessaire dans beaucoup de cas, notamment celui d'adjonction d'autres produits aux denrées alimentaires.

Cette notion est à développer

- dans le cadre d'une standardisation en vue d'un objectif plus important que nous avons évoqué

- dans le cadre de la protection du consommateur pour le mettre à l'abri de toute information orientée vers le profit en direction d'une société de consommation que l'occident développé dénonce constamment.

- par une sélection judicieuse, dans le cadre d'une politique nutritionnelle de santé publique visant à la fois l'utilisation rationnelle des ressources alimentaires disponibles et l'éducation sanitaire des couches de populations les plus étendues possibles.

Ces critères mêmes s'ils sont incomplets traduisent des réalités tangibles. Il suffit de songer aux préoccupations sociales et économiques dont les visées économiques à plus ou moins long terme ont été à l'origine de complexes agro-industriels déjà importants

CHAPITRE 1

GENERALITES SUR LES GLUCIDES

Les glucides sont des aliments énergétiques. Ce sont les premiers éléments qui apparaissent lors de la photosynthèse. Les végétaux qui possèdent la chlorophylle captent le gaz carbonique de l'atmosphère synthétisent les glucides puis rejettent l'oxygène.



La chlorophylle absorbe de l'énergie qui permet la décomposition de l'eau et donne l'oxygène dégagé.

Les glucides sont des molécules ternaires comportant du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène. Sa formule brute générale $(\text{CH}_2\text{O})_n$ explique l'ancienne appellation d'hydrate de carbone.

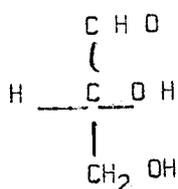
Selon les dérivés immédiats et le mode de liaison l'on trouve plusieurs sortes de glucides dont on peut entrevoir la complexité de la classification en les passant en revue.

Partant des glucides les plus simples nous arriverons ainsi graduellement aux glucides condensés en situant ceux qui présentent des particularités soit par leur structure soit par leur rôle biologique.

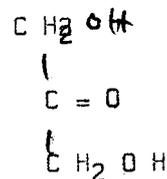
LES GLUCIDES SIMPLES

Ce sont les oses ou monosaccharides, molécules comportant à la fois une ou plusieurs fonctions alcool et une fonction réductrice qui est soit aldéhydrique soit cétonique distinguant ainsi les aldoses et les cétooses.

- TRIOSES Ce sont les oses les plus simples correspondant à la définition:

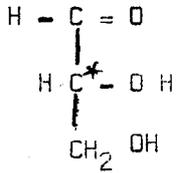


ALDEHYDE GLYCERIQUE

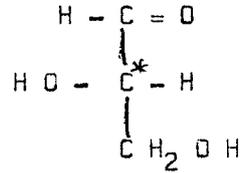


DIHYDROXYACETONE

En partant de la structure de l'aldéhyde glycérique il y a deux possibilités d'isomères dues à l'existence d'un carbone asymétrique.



D glycéraldéhyde



L. glycéfaldéhyde

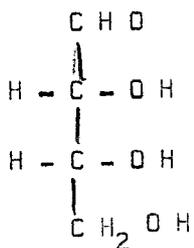
Si OH porté par le carbone asymétrique est situé à droite du plan formé par la chaîne carbonée on a la forme D.

Si le groupement OH se trouve à gauche du plan on a la forme L.

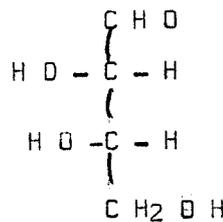
La structure spatiale des autres oses dérive de celle du glycéraldéhyde et on aura la forme D ou L suivant que le OH porté par le carbone voisin de celui portant la fonction alcool primaire est dans une configuration identique de celle du D ou L glycéfaldéhyde. Le nombre d'isomères possibles va augmenter avec le nombre de carbones asymétriques.

TETROSES

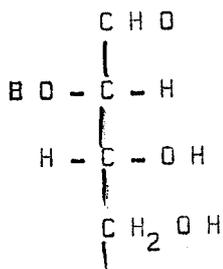
Ils comportent 2 carbones asymétriques et 4 isomères optiques :



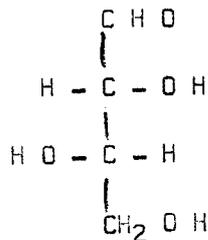
D. érythrose



L. Erythrose



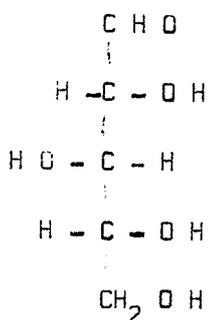
D. Thréose



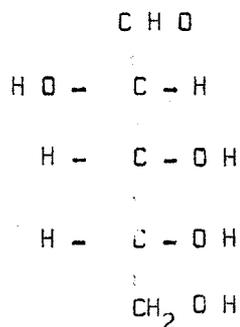
L. Thréose

PENTOSES

Les plus importants sont le xylose, l'arabinose



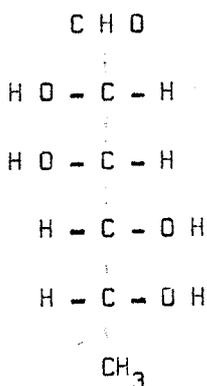
Xylose



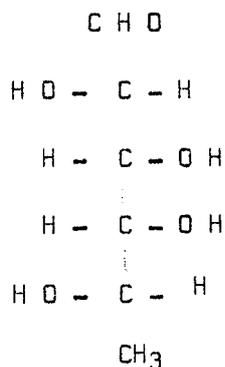
l'arabinose

On rattache aux pentoses les méthylpentoses : rhamnose, fucose. Ce sont

des oses désosylés.



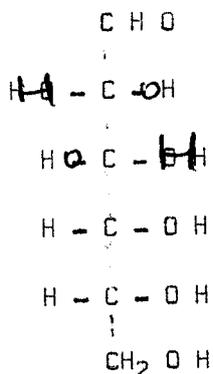
D. rhamnose



Fucose

HEXOSES

Le glucose est un sucre simple qui existe à l'état naturel dans divers organes de végétaux. Il est souvent accompagné de fructose et de saccharose. Dans certains cas il provient de l'intervention du saccharose. On le trouve également sous forme plus ou moins condensée dans le saccharose, dans le maltose, le lactose, dans l'amidon, dans le glycogène, dans la cellulose. Il peut être combiné à des substances non sucrées (glucosides)



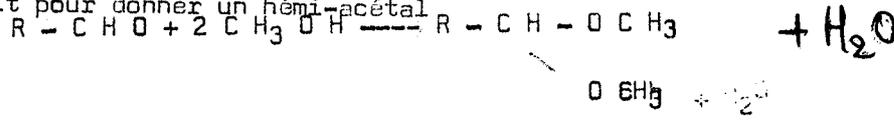
D. glucose

Ces hexoses ont une structure linéaire qui ne permet pas d'expliquer un certain nombre de caractères des glucides.

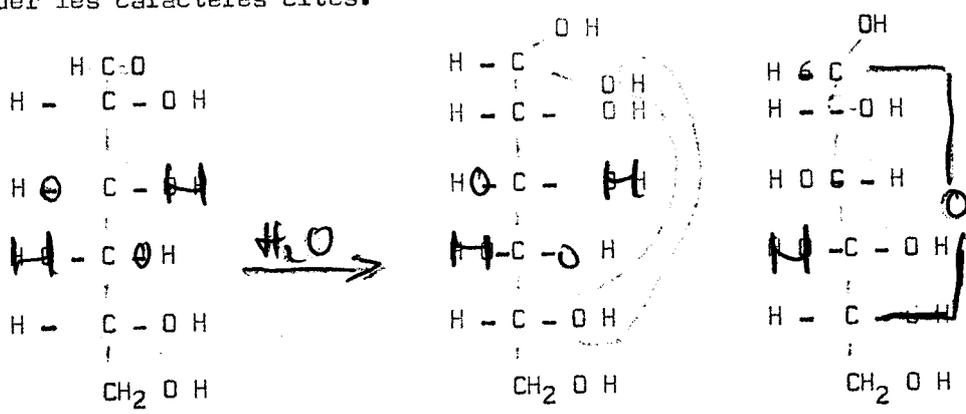
Le glucide et les aldoses contrairement aux aldéhydes ne recolorent pas le réactif de Schiff (fuschine décolorée par SO₂)

Le pouvoir rotatoire d'une solution fraîchement préparée de glucose change lorsqu'on l'observe au polarimètre (mutorotation). Il existe 2 isomères l'alpha D glucose à pouvoir rotatoire à + 112° et le bêta D glucose à + 18° 7.

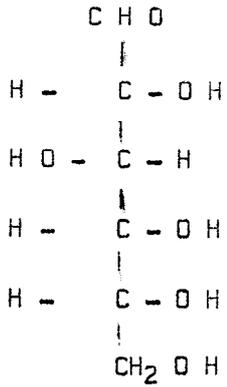
Un aldéhyde + méthanol en milieu acide donne lieu à la formation d'un acétal. Le glucose ne donne plus un acétal. Avec les oses une seule molécule d'alcool réagit pour donner un héli-acétal



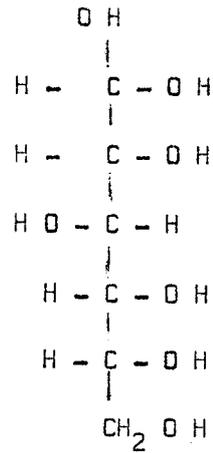
Il existe donc un carbone asymétrique supplémentaire permettant d'expliquer les caractères cités.



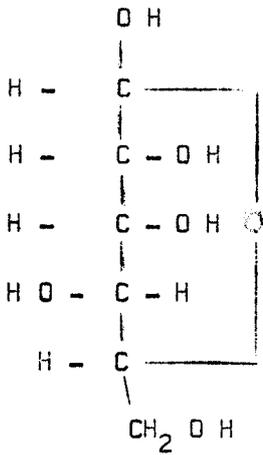
GLUCOSE



Forme aldéhyde



Forme hydrate d'aldéhyde

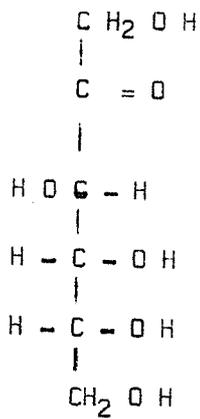


Forme cyclique 1

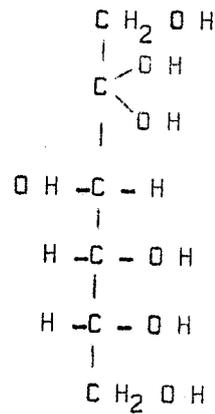


Forme pyranose
(gluco-pyranose alpha)

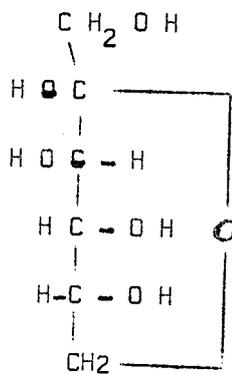
FRUCTOSE



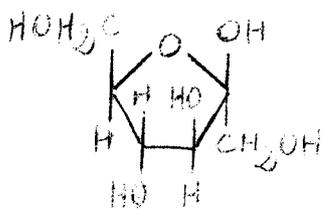
Forme cétone



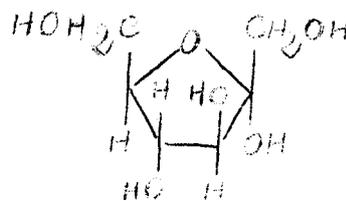
Forme hydrate de cétone



Forme cyclique 1



Forme furanose
(fructo-furanose Betta)



(fructo-furanose alpha)

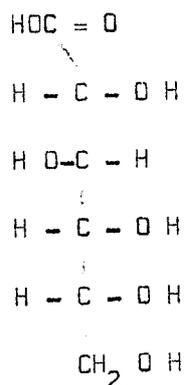
PRINCIPALES REACTIONS DES OSES

Il y a les réactions caractéristiques dues à la fonction alcool et celles dues au groupement carbonyle -CO- ou -CHO

Nous ne retiendrons que quelques réactions importantes intervenant dans le métabolisme glucidiques et dans la caractérisation des oses.

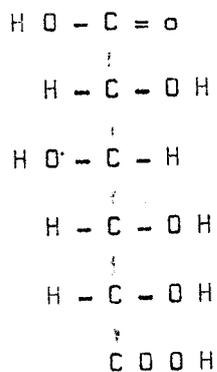
Réactions d'oxydo-reduction

Le glucose par oxydation partielle donne l'acide glycuronique qui participe aux phénomènes de détoxication biologiques par conjugaison



Acide D glycuronique

Le glucose par oxydation plus poussée donne l'acide saccharique

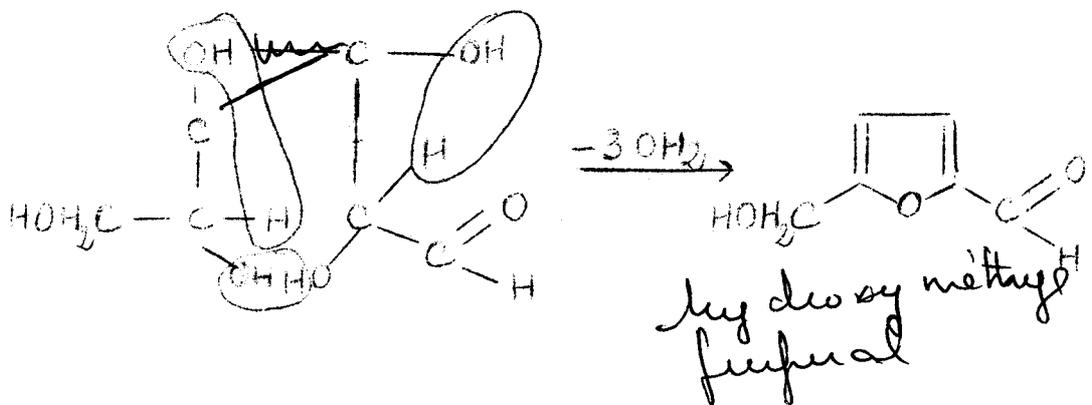


Le glucose réduit certains sels métalliques en milieu alcalin par oxydation au niveau de la fonction carbonylée.

- nitrate d'argent en milieu ammoniacal
 - mercuré-iodure de potassium en milieu alcalin (soudb)
 - sulfate de cuivre complexé par le sel de seignette ou le glycérol en milieu alcalin (réactif de Fehling)
- Ces deux dernières réactions se prêtent à des dosages précis d'application très courante.

REACTIONS colorées à partir du furfural

A chaud l'action des acides concentrés donne avec les oses un dérivé furfural qui condensé avec des phénols ou des amines donnent lieu à des réactions colorées caractéristiques.



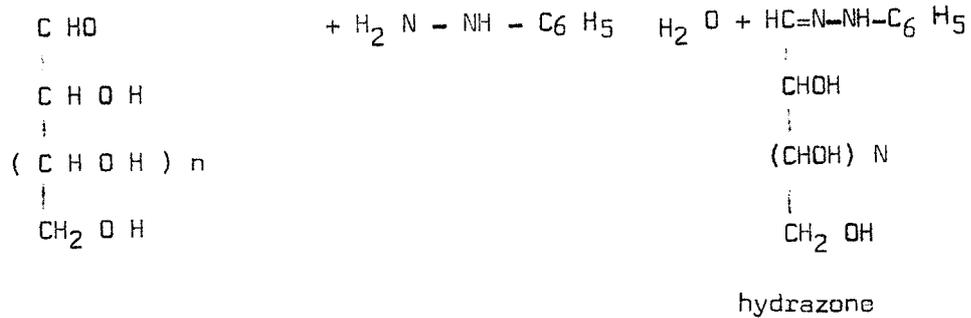
Parmi ces réactions l'on peut citer :

- la réaction de Molisch : l'alpha naphthol + l'acide sulfurique concentré donnent une coloration violette avec beaucoup d'oses et d'osides.

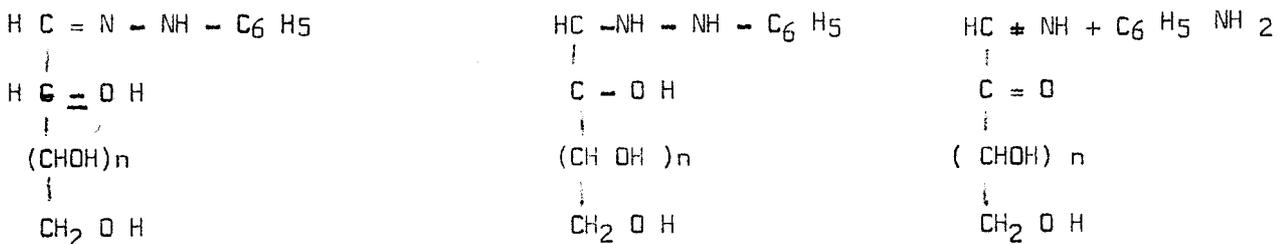
- la réaction de Sélivanoff : résorcinol + l'acide chlorhydrique concentré donnent une coloration rose avec les cétooses.

Action de la phénylhydrazine

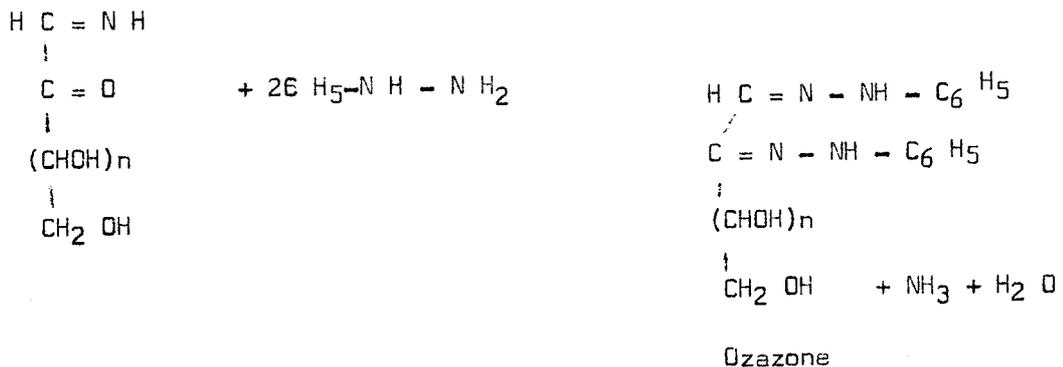
1 - Formation de phénylhydrazone



2 - Formation d'une iminocétone



3 - formation d'osazone

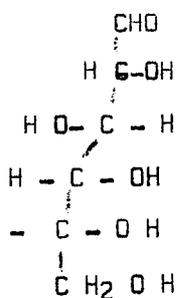


Ce sont les carbones 1 et 2 qui participent à la formation d'osazones

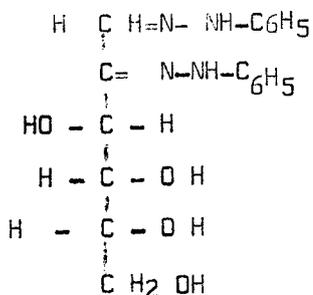
Les osazones sont des formes caractéristiques qui peuvent permettre d'identifier les oses. ON aura la même osazone pour

2 aldoses épimères qui ne diffèrent que par la configuration de OH porté par C₂

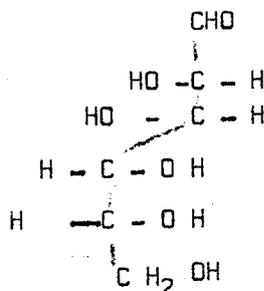
Ex : glucose et mannose



D. glucose



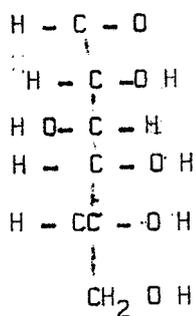
osazone



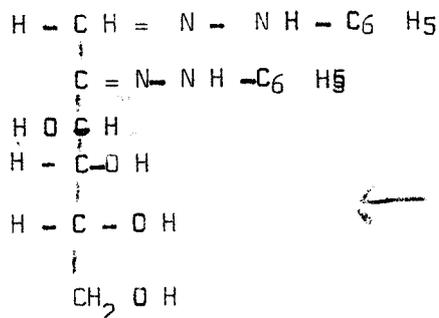
D. Mannose

Un aldose et cétose qui ont la même configuration au niveau des atomes de carbone porteurs des fonctions alcools secondaire.

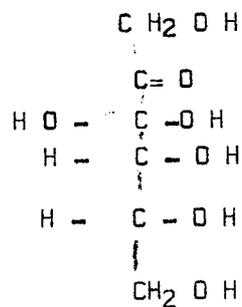
Ex: glucose et fructose



D. glucose



Osazone

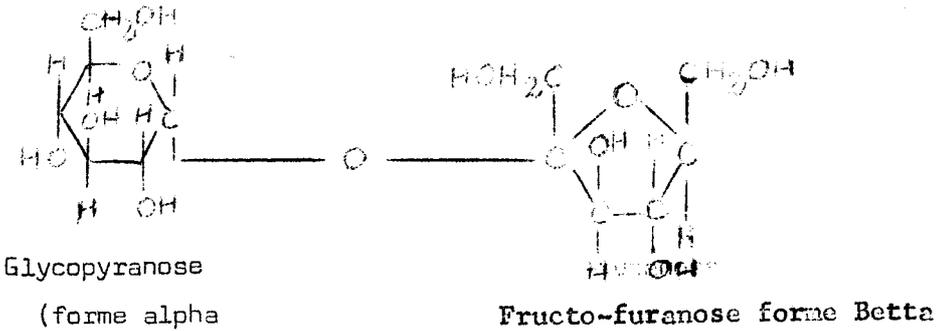
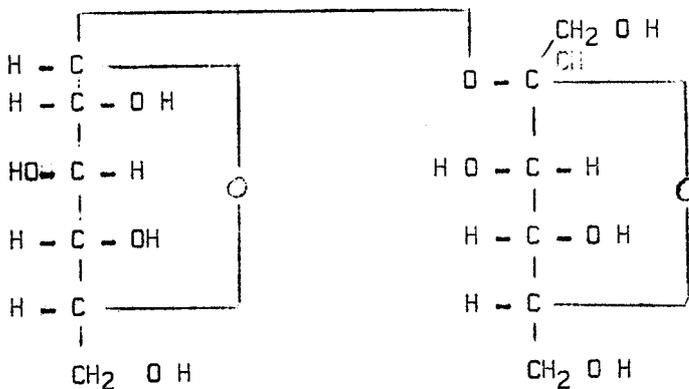


D. fructose

LES GLUCIDES COMPLEXES

SACCHAROSE

C'est un diholoside, non réducteur existant dans de nombreuses plantes particulièrement abondant dans la canne à sucre et la betterave. Il résulte de l'union d'une molécule de D. glucose et d'une molécule de D. fructose toutes les deux engagées par leur groupement réducteur. Ne réduit pas la liqueur de Fehling.



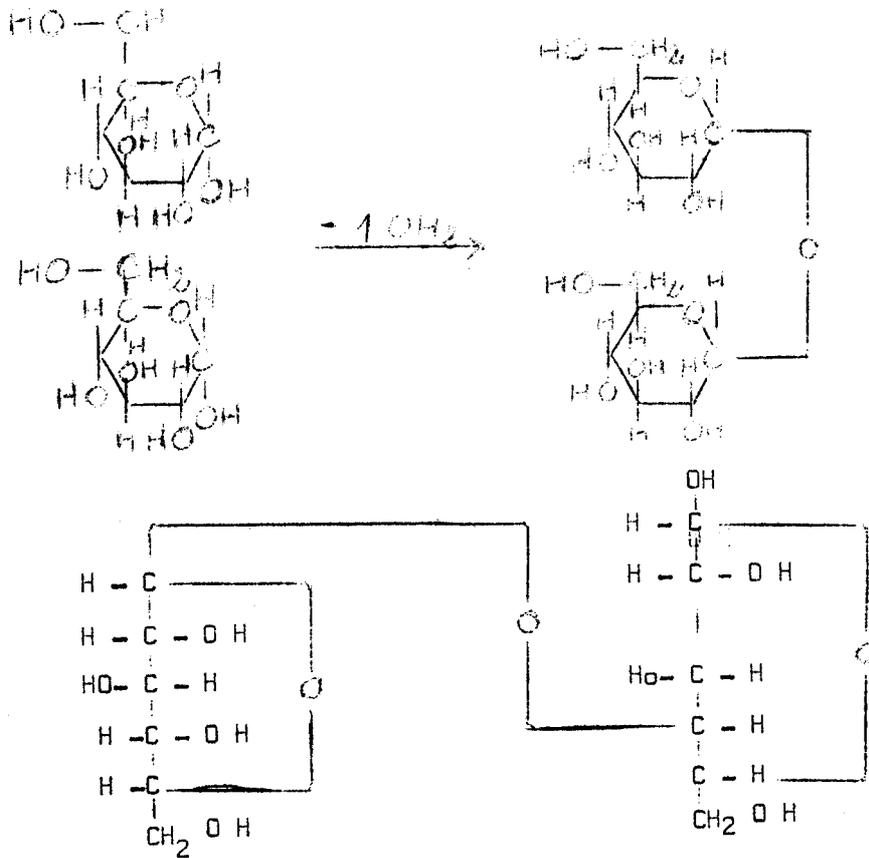
Par hydrolyse acide les hexoses libérés peuvent être caractérisés et dosés par leurs propriétés réductrices

MALTOSE

C'est un diholoside, produit intermédiaire de l'hydrolyse acide ou enzymatique de l'amidon ou du glycogène. Il présente les réactions des oses, réduit la liqueur de Fehling et donne une osazone, ce qui conduit à la conclusion que l'un des groupements réducteurs est resté intact.

AL-

GLUCOSE ALPHA - GLUCOSE ALPHA



AMIDON

C'est la forme habituelle des glucides chez les végétaux de formule brute $(C_6 H_{10} O_5)_n$. Il présente la presque totalité des glucides alimentaires des céréales et des tubercules.

- Par hydrolyse acide ou enzymatique il se dissocie en glucose qui est la principale source énergétique de l'homme et des herbivores.

Ils se présente sous l'aspect de grains caractéristiques. Ces grains sont d'aspects et de dimensions variables suivant l'origine végétale.

Peu soluble dans l'eau ~~chaude~~ froide. Dans l'eau chaude aux environs de $60 - 80^\circ$ on obtient l'empois d'amidon.

L'iode donne une coloration bleue avec l'amidon et son empois qui disparaît à chaud.

L'amidon résulte de l'association de 2 constituants.

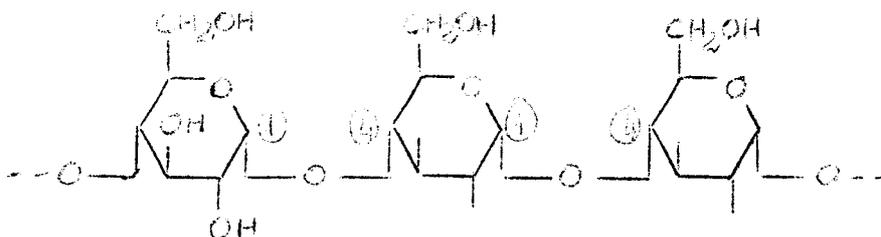
- Amylose ou n amylose
- Amylopectine ou iso-amylose

La proportion de ces 2 constituants varie suivant l'espèce végétale - Certains amidons ne contiennent que de l'amylopectine-

Amylose : c'est un enchaînement linéaire de 250 à 300 unités de l'alpha D glycopyranose associés par liaisons 1 - 4.

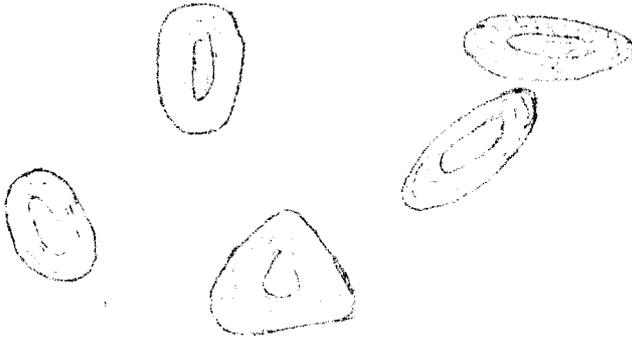
Le poids moléculaire varie de 150 000 à 600 000 -

L'amylose se colore en bleu intense par l'iode, propriété caractéristique de l'amidon

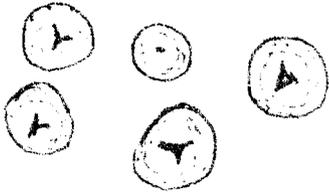


Amidons de Tubercules

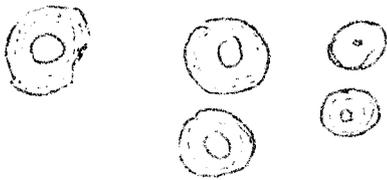
Amidon d'Igname



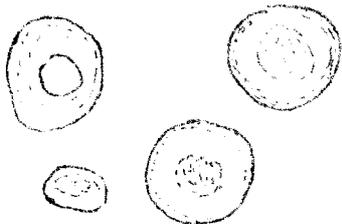
Amidon de manioc



Amidon de Tapioca



Amidon de Gari

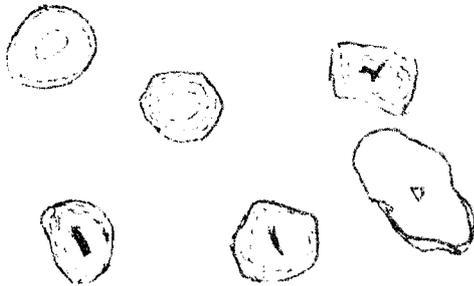


Amidons de Céréales

Amidon de mil

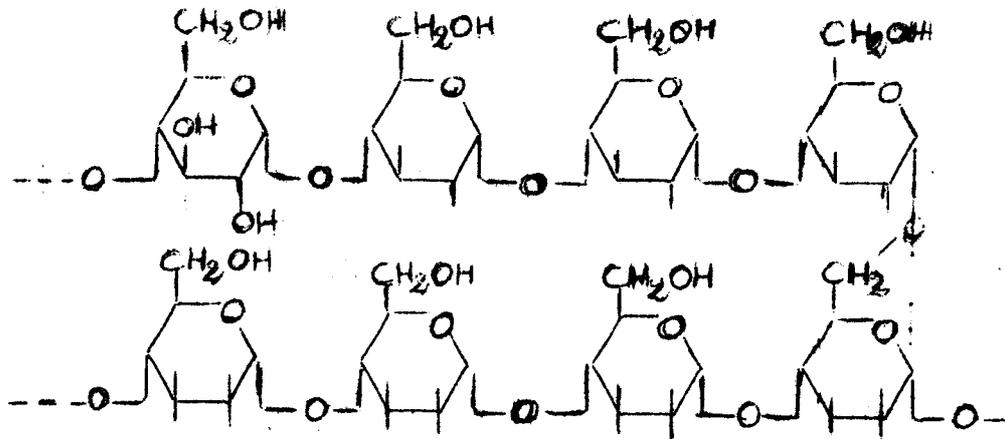


Amidon de Maïs



Amylopectine

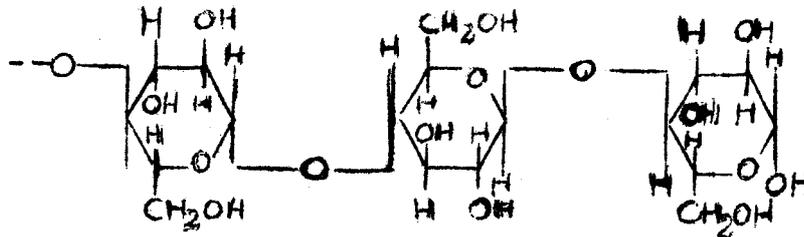
constitué de 1000 à 3000 unités de glucose, a une structure ramifiée. Les rameaux latéraux formés par 8 à 17 restes de glucose viennent s'accoler à tous les 20 - 25 glucose de la chaîne principale par des liaisons alpha 1 - 6. L'amylopectine a sa masse moléculaire qui peut atteindre plus de millions



CELLULOSE :

Polysaccharide formé de longues chaînes de 100 à 200 GLYCOPYRANOSE BETA

"Les matières cellulosiques représentent les substances non digestibles d'origine végétale qui constituent le résidu de la digestion"



La cellulose est une chaîne linéaire constituée uniquement par du glucose sous forme de cellobiose. C'est une substance pratiquement insoluble dans tous les solvants sauf la liqueur de Schweitzer qui est une solution ammoniacale d'hydroxyde cuivrique.

Substance de soutien la cellulose représente l'enveloppe externe des grains de céréales et la paroi cellulaire des végétaux.

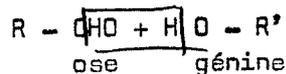
Elle est inattaquable par les enzymes du tube digestif de l'homme et des animaux, sauf les herbivores dont la flore intestinale contient des cellulases. De ce fait elle n'est pas un aliment pour l'homme cependant son rôle c'est pas moins important dans la digestion. Elle constitue le ballast intestinal.

L'hydrolyse ménagée de la cellulose donne de la cellobiose formée par l'union 1 - 4 de 2 molécules de glucopyranose bêta. Par hydrolyse sulfurique dans des conditions déterminées il donne du glucose.

LES HETEROSIDES

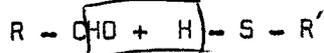
Ces composés résultent de l'association de groupement réducteur d'un ose avec une substance non glucidique appelée aglycose ou génine la liaison peut se faire :

- entre la fonction réductrice de l'ose et un groupement hydroxyle de la génine.



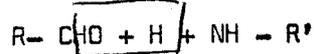
On a les O-hétérosides

- entre la fonction réductrice et un thiol



on a les S - Hétérosides

- entre la fonction réductrice de l'ose et un groupement aminé



On a les N hétérosides.

Il existe les C. hétérosides difficilement hydrolysables (liaison avec carbone).

Les O hétérosides

- hétérosides d'alcool simple. A ce groupe appartiennent les hétérosides cyanogénétiques qui sont des

hétérosides de nitriles alcools. On trouve ces composés chez les graminés (sorgho) et le manioc amer.

- hétérosides de phénols simples ou de leurs dérivés parmi lesquels existent les tannosides (ester).
- hétérosides stéroïdiques à ce groupe appartiennent les hétérosides cardiotoniques; les saponosides (dans dioscorea) à génine stéroïdiques ; les gluco-alcaloïdes des solanocées.
- les anthracénosides : l'aglycone est un polyol à noyau anthracénique (Ex: Semnosides du Séné)
- hétérosides à génines à noyau hétérocycliques : ce sont les hétérosides coumariniques, flavoniques anthocyaniques.

Réactions de caractérisation et dosage

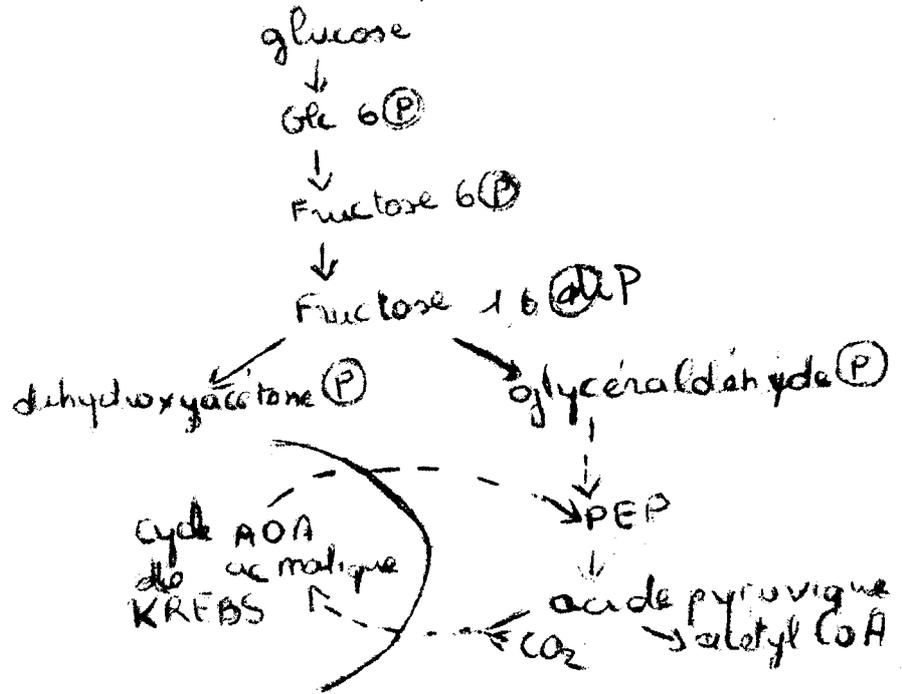
Il n'existe pas de réaction générale de caractérisation à part l'apparition de sucre réducteur après hydrolyse, ni de méthode commune de dosage.

- hétérosides cyanogénétiques ou les recherche sur papier micro-sodé de quignard et on dose HCN formé par hydrolyse

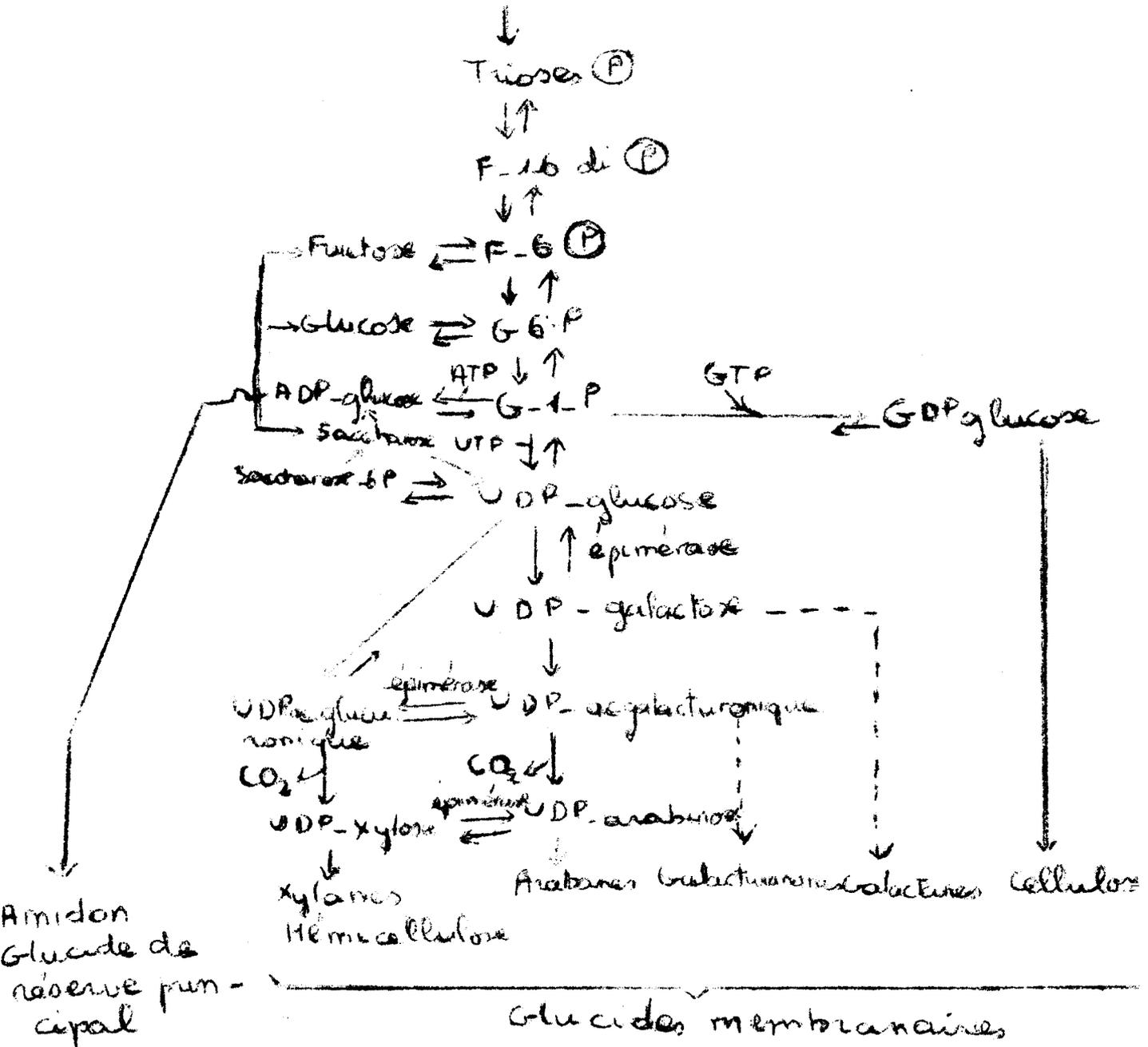
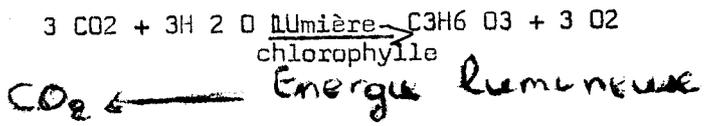
METABOLISME

Le point de départ du métabolisme glucidique chez les plantes est le fructose 1-6 diphosphate. Le fructose 1-6 diphosphate est obtenu soit

- par glycolyse (par remontée)



- à partir de la photosynthèse



Schémas de la biosynthèse des glucides chez les végétaux (extrait dans Abrégé de biochimie végétale Guignard)

CHAPITRE II

GLUCIDES ALIMENTAIRES ETUDIÉS

Parmi les céréales traditionnelles nous nous sommes intéressés au mil, au sorgho et au maïs, et parmi les tubercules au manioc et à l'igname.

Les Céréales

Les céréales sont des plantes herbacées annuelles appartenant à l'embranchement des monocotylédones à l'ordre des glumales et à la famille des graminées.

Les racines sont fasciculées prenant naissance à la base de la tige. La tige appelée chaume est généralement creuse et cylindrique, interrompue régulièrement par des noeuds. Les feuilles sont distiques, engainantes. La gaine commence à partir des noeuds et s'étend jusqu'à la moitié de l'entre noeuds supérieur, elle est fendue vers l'avant. Les feuilles sont parallèlement, ligulées. La fleur porte 2 glumelles + 3 glumellales + 3 étamines + 3 carpelles formant un ovaire uniovulé surmonté de 2 stigmates. L'inflorance est en épillet il y a 2 cas :

1er cas : il n'existe pas de pédicelles (épilletts sessiles) c'est le cas du mil où les grains sont directement insérés sur l'axe du rachis, c'est l'épi.

2ème cas : les épilletts pédicellés sont portés par des pédoncules ramifiés constituant une panicule. Ex: le sorgho.

Le fruit ou graine est un caryopse ou akène, l'enveloppe est intimement soudée au tégument de la graine.

Toutes les céréales ont pratiquement la structure de leur graine semblable, le rapport de volume des différentes parties peuvent différer dans certains cas.

Ce rapport conditionne la sélection des espèces.

La graine est soudée au péricarpe qui est entourée de balles. Elle referme l'amande composée d'un albumen très développé à la base duquel est disposé latéralement l'embryon ou germe entouré d'une membrane : le **scutellon**.

L'amande est constituée de cavités dans lesquelles se trouvent les grains d'amidon. Les interstices sont occupés par le gluten que l'on retrouve également dans les parties externes de l'amande. Une couche de cellules spéciales entoure l'amande, ce sont les cellules à aleurone, larges, granuleuses, contenant des substances de réserves : protéines,

graisses.

Le péricarpe constitue le son, il est composé de sels minéraux et de matières cellulosiques.

SORGHO: Sorghum vulgare.

appartient à la tribu des andropogonées. C'est une plante herbacée annuelle pouvant atteindre 2 à 4 mètres. L'influorescence en panicule lâche est pendante à maturité. Les feuilles sont larges.

La culture est peu exigeante, elle se fait en climat chaud et humide, le sorgho qui est relativement résistant aux périodes de sécheresse pousse généralement sur terrain argilo-siliceux. Il reste sensible aux excès d'humidité.

La plante jeune renferme un hétéroside cyanogénétique : la dhurrine, hydrolysable en glucose, en acide cyanhydrique et en para hydroxybenzaldéhyde.

PETIT MIL : Pennisetum

L'espèce la plus cultivée chez nous est le Pennisetum thyphoïdes.

Il s'adapte aux sols légers même peu arrosé jusqu'à 200 mm de pluviométrie moyenne.

Il constitue ainsi : "la base de l'alimentation des zones les plus déshéritées".

Il y a 2 variétés de Pennisetum thyphoïdes :

- Variété soun^a hâtive (2 à 3 mois)

- Variété sanio, tardive, 4 à 6 mois que nous avons plus spécialement étudiée

PETIT MAÏS : Zea Mays (L)

La plante est monoïque. Les fleurs mâles sont groupées en panicule terminale. Les fleurs femelles sont groupées en épi à l'aisselle des feuilles enveloppées dans des bractées. Les fruits de formes et de couleur assez variables du jaune orangé au blanc ivoire sont revêtus de leurs enveloppes et envasés dans l'épi.

La culture exige plus d'humidité que le sorgho et le petit mil, le sol doit être fertile et profond. Le maïs peut être utilisé comme aliment de soudure, dans ce cas il est récolté avant maturité complète.

LES TUBERCULES

GNOME : ~~Dioscorea~~ *alata*

C'est un dicotylédone de l'ordre des albuminées dans la famille des convolvulacées. c'est une plante herbacée, spontanée souvent dans les régions tempérées humides, vivace par des rhizomes tuberculisés.

L'appareil végétatif est annuel, vert parfois souvent marqué de rouge par endroit. La tige est volubile; les feuilles cordiformes avec des pétioles ailées sont opposées et à acumén long. Les fleurs sont en grappe donnant des fruits qui sont des capsules. Les dioscories renferment de petites quantités d'alcaloïdes toxiques (saponosides cyanogénétiques) qui sont fort heureusement éliminées par lavage prolongé et au cours de la cuisson .

Les racines tubérisées sont utilisées dans l'alimentation, les formes sont variables ; il y a les tubercules solitaires et des tubercules en faisceaux digités

La peau est brune, la chair de couleur variable : blanche, jaune ou violacée

La culture qui se fait par bouture est exigeante, elle demande beaucoup d'eau (1 500 mm dans les premiers mois), un sol riche en potasse.

La récolte s'effectue 9 mois après, les tubercules peuvent être enlevés au fur et à mesure des besoins.

E MANIOC : *Manihot utilissima*

C'est un dicotylédone de la famille des Euphorbiacées. C'est un arbrisseau, la tige est ramifiée à une certaine hauteur par trichotomie.

Les feuilles sont palmatiséquées (utilisées aussi dans l'alimentation humaine)

Les fleurs sont en grappe, avortant souvent.

Les racines sont tubéreuses et fasciculées, elles sont riches en amidon, elle sont ^{de} très bonne conservation dans le sol d'où constituent des aliments de soudure, elles sont de diamètres variables (5 à 20 cm) suivant leur période de récolte.

La culture se fait par bouturage le manioc peut pousser en zone tropicale

sèche par sa faculté d'adaptation extrêmement élevé.

Les tubercules récoltés après 6 à 10 mois sont destinés à la consommation directe ; ceux récoltés 2 à 3 ans après servent à l'extraction de la fécule. Les tubercules de manioc contiennent un hétéroside toxique dont les proportions varient suivant les espèces. Il y a la variété dulcis dont les tubercules sont peu chargés en hétérosides cyanogénétiques.

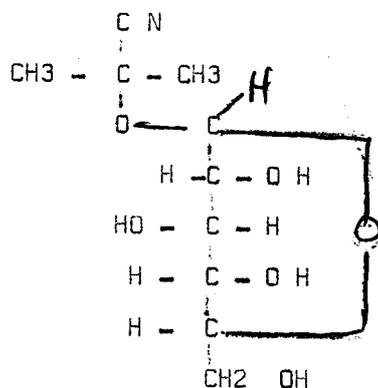
Teneur en HCN dans la pulpe fraîche en %.

- variétés très douces < 0,010
- variétés douces 0,010 à 0,012
- variétés amères 0,012 à 0,014
- variétés très amères > 0,014

La dose létale est de 1 mg de HCN / 1 kg de poids et par jour.

Les conditions défavorables tendent aussi à augmenter le taux de HCN comme le déclare cette citation " La toxicité du manioc dépend non seulement de la variété en cause mais des conditions écologiques et de l'âge de la plante."

Manihotoxine



CHAPITRE III

APPROCHE TECHNOLOGIQUES

I TECHNIQUE DE PREPARATION DES FARINES

L'obtention des farines se fait au Mali d'une manière traditionnelle il ne sera donc pas étonnant que la composition de la farine soit sensiblement variable en fonction du mode de mouture employé.

- Cas des tubercules

- Farine de manioc :

Les tubercules frais sont lavés proprement, débarrassés de leur écorce, découpés en rondelles mises à sécher au soleil puis broyées au mortier. On passe à travers le tamis pour avoir une farine fine.

6 Farine d'igname est préparée de la même façon que celle du manioc.

- Semoule de manioc : Gari

le gari s'obtient en râpant les tubercules frais de manioc lavés débarrassés de leur écorce. Le râpage s'effectue sur des boîtes de sardines en général trouées à l'aide de pointes.

La pulpe obtenue est enveloppée dans des sacs, soumise à une presse rudimentaire (emploi des pierres) et laissée quelques jours. Elle commence à fermenter donnant un goût apprécié. Elle est ensuite mise à sécher au soleil.

- TAPIOCA

Les tubercules frais de manioc lavés et épiluchés sont découpés en rondelles et rapées. La pulpe fraîche malaxée dans l'eau est ensuite passée à travers un tamis. La fécule obtenue est soumise à une cuisson ménagée dans une marmite; on l'agite continuellement pour éviter qu'elle n'adhère à la surface chauffante ou qu'elle ne se prend en masse. On obtient des flocons de tapioca.

- Cas des céréales : Mil; Sorgho, Maïs.

La mouture des grains de céréales occupe en Afrique la majeure partie du temps de la ménagère.

Le procédé employé est le suivant :

- lavage des grains pour éliminer le maximum de sables et d'impuretés.
- décorticage au mortier par trituration des graines suffisamment humidifiées : dans ces conditions les graines ne sont pas écrasées mais seulement privées de la partie externe qui va constituer la majeure partie du son.
- vannage pour éliminer le son
- lavage pour éliminer le restant de son et de sable.
- On laisse à l'air libre quelques temps en vue d'éliminer l'excès d'humidité
- broyage au mortier par contusion énergique
- Tamisage.

Ces deux dernières opérations sont répétées plusieurs fois le résidu constitue le semoule.

CONSERVATION DES FARINES

Les farines sont présentées dans de grandes bassines en aluminium ou dans des Calebasses au marché.

D'après le mode de mouture les farines de céréales obtenues sont très humides, elles sont alors sujettes à des altérations et deviennent un bon milieu de culture pour les micro-organismes si toutes la farine n'est pas consommée ou transformée immédiatement le jour même.

On peut cependant assurer une conservation satisfaisante pendant quelques temps si après la mouture on mettait les farines à sécher au soleil étalées sur une natte.

Les farines de tubercules se conservent beaucoup mieux. Les altérations que peuvent subir les farines sont nombreuses :

- Une longue conservation des farines peut amener une altération sensible des lipides malgré leur faible taux. .../...

Ces lipides peuvent subir une hydrolyse par des lipases et donner des acides gras, d'où l'utilité du dosage de l'acidité -

- une oxydation par voie enzymatique ou par contact de l'oxygène de l'air

- Ces altérations donnent à la farine une odeur forte de rance et un goût acide.

- Une altération due à la présence d'acariens, et de lépidoptères.

N.8 Détermination de l'acidité de la farine

PRINCIPE : épuisement de la farine par l'alcool à 95 et dosage de l'acidité sur un volume de l'extrait alcoolique.

INTERPRETATION :

a) - taux normaux : environ 10 à 60 mg pour 100g

b) - Au-dessus : il y a soit rancissement avec baisse de la capacité d'hydratation soit adjonction d'agents de blanchiment.

II Méthode d'analyses utilisées

L'évaluation des principes nutritifs contenus dans les aliments a été réalisée selon les méthodes de la station agronomique de Weende. Les méthodes retenues pour estimer la valeur nutritive des céréales et tubercules portent sur leur analyse complète.

" Les fractions déterminées par l'analyse de Weende servent toujours de base importante pour l'estimation des aliments et les calculs des rations alimentaires elles ne représentent pas cependant des substances chimiques clairement définies mais regroupent des substances de composition chimique très différente - On les désigne pour cela sous le nom de "principes bruts" "

Les méthodes employées sont celles habituellement appliquées au laboratoire de biochimie du Centre National de Recherches Zootechniques (CNRZ) du Mali. Les activités de ce laboratoire sont multiples : analyses du lait, analyses bromatologiques diverses, recherches sur l'aflatoxine.

L'équipement actuel du laboratoire est satisfaisant en matière d'analyses bromatologiques et permet de traiter un grand nombre d'échantillons par jour.

Pour éviter les erreurs éventuelles des séries de techniques standardisées ont été adoptées pour la productibilité des résultats permettant ainsi de vérifier également la fidélité et la précision des mesures.

Sur chaque échantillon les essais sont effectués en double, l'écart entre les doubles ne doit pas dépasser une certaine limite.

Nos principales déterminations peuvent être rassemblées en trois grands groupes.

- groupe I : les analyses effectuées à partir de liquide de minéralisation de l'échantillon
- groupe II : les déterminations se font soit à partir d'un extrait ou d'un hydrolysate.
- groupe III : déterminations effectuées à partir d'un traitement thermique (étuve, four à moufle) de l'échantillon (farines).

▲ - GROUPE I

MINERALISATION

La méthode utilisée est la minéralisation par voie humide selon Lindner-Harley modifié :

PRINCIPE

Destruction de la matière organique à chaud par le mélange $\text{SO}_4 \text{H}_2 - \text{O}_2 \text{H}_2$

L'azote organique est transformé en sulfate d'ammonium $\text{SO}_4 (\text{NH}_4)_2$

REACTIFS

$\text{H}_2 \text{SO}_4$ concentré (d = 1,84)

$\text{O}_2 \text{H}_2$ par 30 %

APPAREILLAGE

Fioles jaugées de 50 ml

- pipettes de 5 cc
- plaque chauffante
- hotte

MODE OPERATOIRE

- On pèse 0,30 g de l'échantillon finement broyé (pour que l'attaque soit nette) que l'on introduit dans une fiole jaugée de 50 cc
- On ajoute 2,5 ml de $\text{SO}_4 \text{H}_2$ concentré et on laisse reposer une nuit pour éviter la formation d'une trop grande mousse pendant la minéralisation, pour l'essai à blanc on utilise le réactif seulement
- Le lendemain on porte sur plaque chauffante à température modérée (180° c environ) pendant 30 mn
- Après enlever la fiole de la plaque chauffante, laisser refroidir 2 mn et ajouter 1 cc de $\text{O}_2 \text{H}_2$ le long de la paroi du tube de façon à entraîner les particules qui s'y sont accolées.
- Remplacer la fiole sur la plaque chauffante pendant 15 mn ensuite refroidir, et ajouter 1 cc de $\text{O}_2 \text{H}_2$ le long de la paroi.

- Remettre la fiole sur la plaque chauffante
- Répéter l'opération jusqu'à ce que la solution devienne limpide
- La minéralisation est terminée quand la solution reste incolore après 30 mn, chauffée aux environs de 300° c

- On laisse un peu refroidir, pas trop, sinon le calcium risque de précipiter. Au cas où on n'a pas de détermination de Ca^{++} à faire on laisse complètement refroidir et on remplit la fiole avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

A partir de cette solution on détermine l'azote protéique (échappement partiel de NO_3 - 60 %)

Pour déterminer l'azote total on utilise au lieu de 2,5 ml de $\text{SO}_4 \text{H}_2$ pur, 3,3 ml du mélange de réactifs :

- On prend 100 ml de $\text{SO}_4 \text{H}_2$ à $d = 1,84$ ainsi dilué : 100 ml $\text{SO}_4 \text{H}_2$ pur + 18 ml d'eau distillée auquel on ajoute 6 g d'acide salicylique

La réduction des NO_3 et NO_2 est totale ici.

L'acide aromatique forme avec les NO_3 un dérivé nitré qui est réduit en amine en présence de réducteur : ce sont les glucides présents dans la plante (cellulose) qui jouent ce rôle de réducteur

Cette méthode à plusieurs avantages :

- on peut effectuer plusieurs déterminations à partir du minéralisat obtenu (N_2 , Ca^{2+} , K^+ , P, Mg, Na ..)
- peu de réactifs sont nécessaires
- $\text{H}_2 \text{O}_2$ utilisée permet de diminuer considérablement le temps de minéralisation.
- La réduction des nitrates en azote ammoniacale n'est que partielle par cette méthode. Mais comme la teneur en nitrates dans les céréales est pratiquement nulle, elle paraît la mieux adaptée

a) - Détermination de l'azote protéique

PRINCIPE

Minéralisation de la matière organique (farine) selon le principe Lindner-Harley modifié :
Ensuite distillation qui consiste à déplacer l'ammoniac par la soude à chaud que l'on récupère dans une solution d'acide borique en présence d'indicateur. On titre $\text{NH}_4 \text{OH}$ par l'hydrogénéodiodate de potassium $\text{KH} (\text{IO}_3)_2$

REACTIFS

- Na OH N/50 (100 g de soude dans 200 ml d'eau distillée
- Acide borique : 10 g $\text{BO}_3 \text{H}$ /1
- Biodate de potassium 0,01 N (3,899 g de $\text{KH} (\text{IO}_3)_2$ /1
- Indicateur coloré 0,15 g de vert de Bromocrésol + 0,1 g de rouge de méthyle dans 200 ml d'éthanol à 96 %

L'indicateur est rouge en milieu acide et vert en milieu alcalin

APPAREILLAGE

- Appareillage micro-kjeldahl
- Erlenmeyers
- béciers
- pipettes de 5 cc, 2 cc
- microburette
- bec de bunsen alimenté

MODE OPERATOIRE

Pipetter 5 ml de la solution obtenue après minéralisation et l'introduire dans l'ampoule F. Ouvrir le robinet R_1 et vider le contenu dans le matras F_K fermer le robinet. Introduire ensuite 5 ml environ de Na OH N/50 dans F. Que l'on vide dans le matras.

.../...

Ensuite rincer l'ampoule F d'environ 10 ml d'eau distillée qu'on ajoutera au ~~contenu~~ du matras. Pendant toutes ces opérations le robinet R₂ étant resté ouvert est ensuite fermé. Recueillir le distillat dans 10 cc d'acide borique auquel on a ajouté 6 gouttes de l'indicateur mixte distiller 90 secondes environ après la 1^{ère} goutte en plongeant le tube à dégagement dans la solution d'acide borique. Ensuite retirer le tube et laisser distiller quelques secondes encore. Vérifier avec un papier PH qu'il n'y a pas de dégagement de NH₄ OH . On rince l'extrémité du tube avec de l'eau distillée. On titre le distillat avec une solution 0,01 N de biiodate de potassium jusqu'à coloration rouge

CALCUL

$$N_2 \% = \frac{n \times 100 \times a}{p}$$

P = prise d'essai

n = volume de biiodate utilisé

a = quantité d'azote exprimée en g neutralisée par 1 solution titrée

a = 0,0014 pour une solution décimale.

COMMENTAIRE DU SCHEMA

A = contient de l'eau distillée avec quelques grains de pierre ponce, fonctionne comme générateur de vapeur

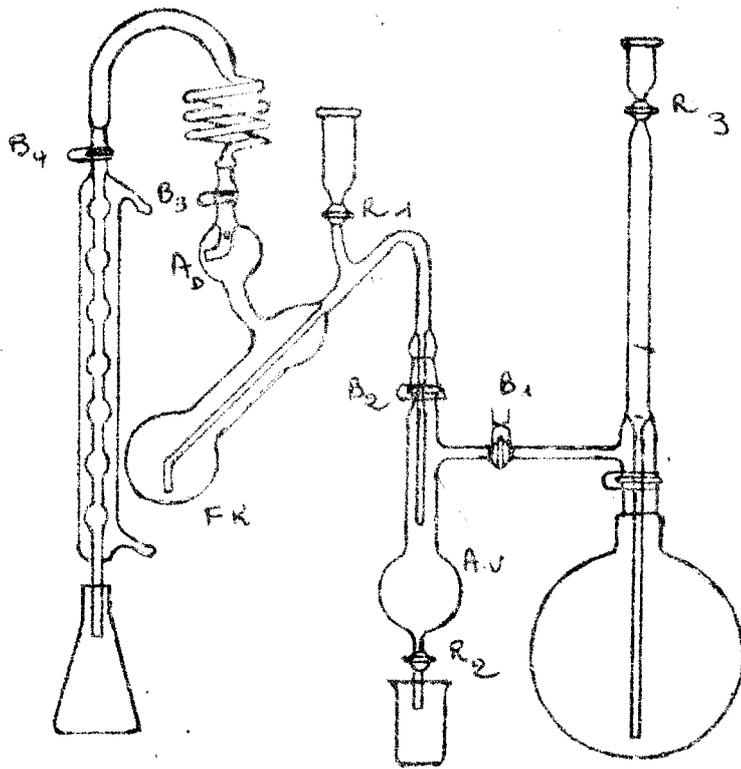
B1, B2, B3, B4 = pinces de jonctions

R1, R2, R3, = robinets

A_{Del} = ampoule de Delattre

F_K = fiole de kjeldahl

F = ampoule qui permet d'introduire la prise aliquote, la soude et l'eau distillée dans F_K



Parnas still
 Pour dosage de l'azote par semi-micro-méthode.

Remarques

a)- Si l'on admet que 100 g de protéine pure de céréale renferment 17 g5 pour cent d'azote :

- 1 g d'azote correspond à $\frac{100}{17,5}$ = 5g 7 de protéine

- Xg d'azote total correspond à X x5,7g de protéine.

b) -certains auteurs adoptent pour 100g de protéine pure de farine de blé 16g d'azote total. L'équivalent de 1 gramme d'azote

$$\frac{100}{16} = 6g 25 \text{ de protéine.}$$

c)- le taux normal varie de 0,25g à 0,50 pour cent, pour les farines de bonne qualité à taux d'extraction inférieur à 78 pour cent.

d) - le coefficient que nous avons adopté pour la conversion de l'azote en protéines est 6,25

b) - Détermination colorimétrique des phosphates

Principe

L'orthophosphate en milieu acide donne avec le molybdate un complexe bleu de phosphomolybdate. On utilise l'antimoine comme catalyseur, il accentue la formation de la coloration bleue.

REACTIFS

- $\text{SO}_4 \text{H}_2$ 0,15 N (4 ml $\text{SO}_4 \text{H}_2$ $d = 1,84$ / l d'eau distillée)

- $\text{SO}_4 \text{H}_2$ 5 N

(70 ml $\text{SO}_4 \text{H}_2$ $d = 1,84$) / 500 ml d'eau distillée

- Molybdate d'ammonium 20 g de $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7 \text{O}_{24}$, 4 OH_2 dans 500 cc d'eau distillée cette solution est à garder dans un récipient en verre sombre et à l'obscurité

- Acide ascorbique 0,1 N 0,788 g d'acide / 50 ml d'eau distillée (utiliser une solution fraîchement préparée)

- tartrate double d'antimoine et de potassium
0,274 g de $\text{KSbO}_4 \text{H}_4 \text{O}_5$ / 100 ml d'eau distillée

- Mélange de réactifs

50 ml $\text{SO}_4 \text{H}_2$ 5 N

+ 15 ml $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7 \text{O}_{24}$

+ 30 ml d'acide ascorbique

+ 5 ml de $\text{KSbO}_4 \text{H}_4 \text{O}_5$

Cette solution doit être préparée extemporanément

- solution de phosphate à stocker

0,816 g de $\text{KH}_2 \text{PO}_4$ / 500 ml $\text{SO}_4 \text{H}_2$ à 0,15 N

- solution standard de phosphate Pipetter 10 ml de la solution à stocker, l'introduire dans une fiole jaugée compléter à 1 l avec $\text{SO}_4 \text{H}_2$ 0,15 N

APPAREILLAGE

- fioles jaugées de 100, 500, 1000ml
- tubes à essai
- pipettes
- bécher (pour mélange de réactifs)
- spectromètre

TECHNIQUE ANALYTIQUE

On prend 1 ml de la solution obtenue après minéralisation que l'on dilue Agiter fortement pour homogénéiser. *↑ dans 9 ml d'eau distillée*

Prendre 1 ml de la solution ainsi diluée (représentant l'échantillon) et l'introduire dans un tube à essai. Réaliser une série standard opérer comme suite :

Introduire dans différents tubes à essai 0, 0,25, 0,50 ; 0,75 ; 1 ml de la solution standard

Porter ensuite le volume de chaque tube à 1 ml avec $\text{SO}_4 \text{H}_2 \text{O}$, 15 N

A ces prises correspondent les concentrations suivantes : 0, 5, 10 ; 15, 20 millimoles de phosphate pour 100 g de matière

Ajouter ensuite dans tous les tubes à essai (échantillon + Série standard)

- 3 ml d'eau distillée
- 1 ml du mélange de réactif agiter fortement après chaque addition.

Laisser reposer 30 mn faire la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 600 nm.

La lecture peut se faire à 720 ou 885 nm, la sensibilité croit dans cet ordre.

EXPRESSION DES RESULTATS

On trace une courbe d'étalonnage à partir de la série standard.

Ex : (cf courbe)

PHOSPHORE

Densité
optique

0,50

0,45

0,40

0,35

0,30

0,25

0,20

0,15

0,10

0,05

5

10

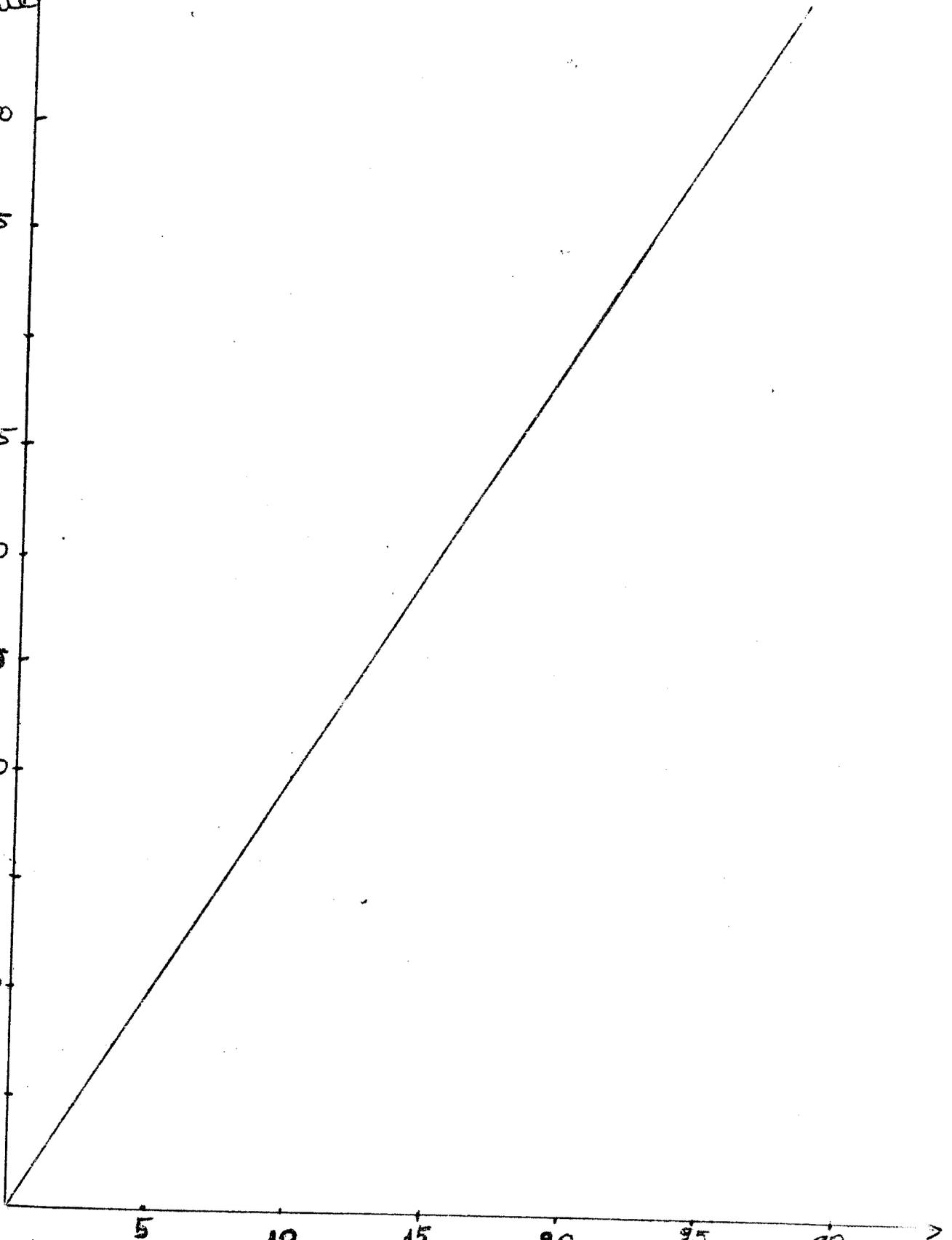
15

20

25

30

concentration en



c) - Détermination du calcium

PRINCIPE

Minéralisation puis dosage par complexométrie. Le calcium est titré par l'EDTA (acide éthylène diamine tétracétique) en présence d'indicateur : le HHSNN (2 hydroxy-1(2 hydroxy-4 sulfo-naphtyl-1 azo)- naphalin-carboonsaire (3) $(21 \text{ H } 14 \text{ N}_2 \text{ O}_7 \text{ S}, 3\text{H}_2\text{O})$
Le HHSNN est préféré au noir eriochrome T parceque masque les interférences de Fe, Cu, Mg.
Pour supprimer d'autres influences ~~Neofos~~ négatives on utilise KCN, triéthanol amine, le nymcel ZLF 20
Ca est titré par l'EDTA à PH - 13. A ce PH Mg(OH)₂ sera précipité. On utilise le Nymcel ZLF 20 pour maintenir Mg(OH)₂ sous forme colloïdale, il permet en même temps la dissolution du phosphate de calcium

REACTIFS

- EDTA 0,0025 M
- 0,93 g EDTA /1 d'eau distillée
- 6 KOH 2 N (56, 1g KOH /500 ml d'eau distillée.
- solutionsmasquantes

Solution A :

0,615 g de Mg SO₄ · 7OH₂ /700ml d'eau distillée
porter à ébullition, ajouter tout en agitant 20 g de Nymcel ZLF 20 compléter à 800 ml avec de l'eau distillée.

Solution B :

25 ml de triéthanol amine + 3,2g de KCN diluer dans 200 ml d'eau distillée.

Indicateur : mélanger 100 g de NaCl + Cl, 5g de HHS NN.

APPAREILLAGE

- Burettes pour KOH et EDTA
- Pipettes de 20 cc
- Pipette de 1 cc
- Erlenmeyer
- Spatule

TECHNIQUE ANALYTIQUE

Introduire dans un erlenmeyer 20 cc de la solution obtenue après minéralisation ajouter tout en remuant 4 ml de la solution masquante ^A et une petite quantité d'indicateur (pointe d'un spatule)

Neutraliser avec KOH 2 N jusqu'à ce que la solution qui était violette au départ devienne bleue (PH -9-10). Ajouter ensuite 1ml de la solution masquante B. Cette neutralisation par KOH avant d'ajouter KCN est faite pour empêcher la formation de ~~HCN~~ ajouter 4 ml de KOH 2N le volume total doit être environ 40 ml sinon compléter à 40 cc avec de l'eau distillée.

Ensuite titrer avec l'EDTA 0,0025 M jusqu'à ce qu'aucune coloration rouge n'apparaisse. On obtient une coloration franchement bleue. (Parfois à cause de l'effet des masquants une décoloration peut apparaître) Traiter de la même manière l'essai à blanc obtenu lors de la minéralisation.

CALCUL

$$\text{még Ca}^{++} / 1 = \frac{(\text{ml EDTA -blanc}) \times \text{molalité EDTA} \times 100}{\text{prise aliquote}}$$

Pour 1 ml on a

$$\frac{(\text{VEDTA} - \text{V B1}) \times 0,0025}{20}$$

Ca⁺⁺ contenu dans les 50 ml :

$$\frac{\text{VEDTA} - \text{VB1} \times 0,0025 \times 50}{20}$$

Ca⁺⁺ contenu dans les 0,3 g d'échantillon

$$\frac{(VEDTA - VB1) \times 0,0025 \times 50}{20 \times 0,3} = Y$$

Pour 1 kg d'échantillon :

$$Ca^{++} = Y \times 100 = \text{mmoles } Ca^{++} / \text{kg}$$

$$Ca \% = \frac{\text{nbre mmoles } Ca^{++} \times 40}{10\ 000}$$

VEDTA = volume d'EDTA utilisé pour l'échantillon

V-B1 = volume EDTA utilisé pour le blanc

0,0025 = molarité EDTA

40 = masse atomique de Ca⁺⁺

4) - Détermination du potassium

PRINCIPE

Détermination par spectrophotométrie de flamme en utilisant le mélange air-propane Les influences négatives sont éliminées par le césium utilisé comme tampon d'électrons

RÉACTIFS

- solution tampon d'électrons 5,5g de Cs Cl p a à dissoudre dans 1l d'eau distillée
- H₂ SO₄ 1,4 N
(40 ml SO₄ H₂ à d = 1,04 dans 1l d'eau distillée)
- solution de potassium à conserver. Dissoudre 0,894 g Kcl dans 1l de SO₄ H₂ à 1,4 N
- solutions standard Introduire dans les fioles jaugées de 100ml 0,2, 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100 ml de la solution de Kcl

APPAREILLAGE

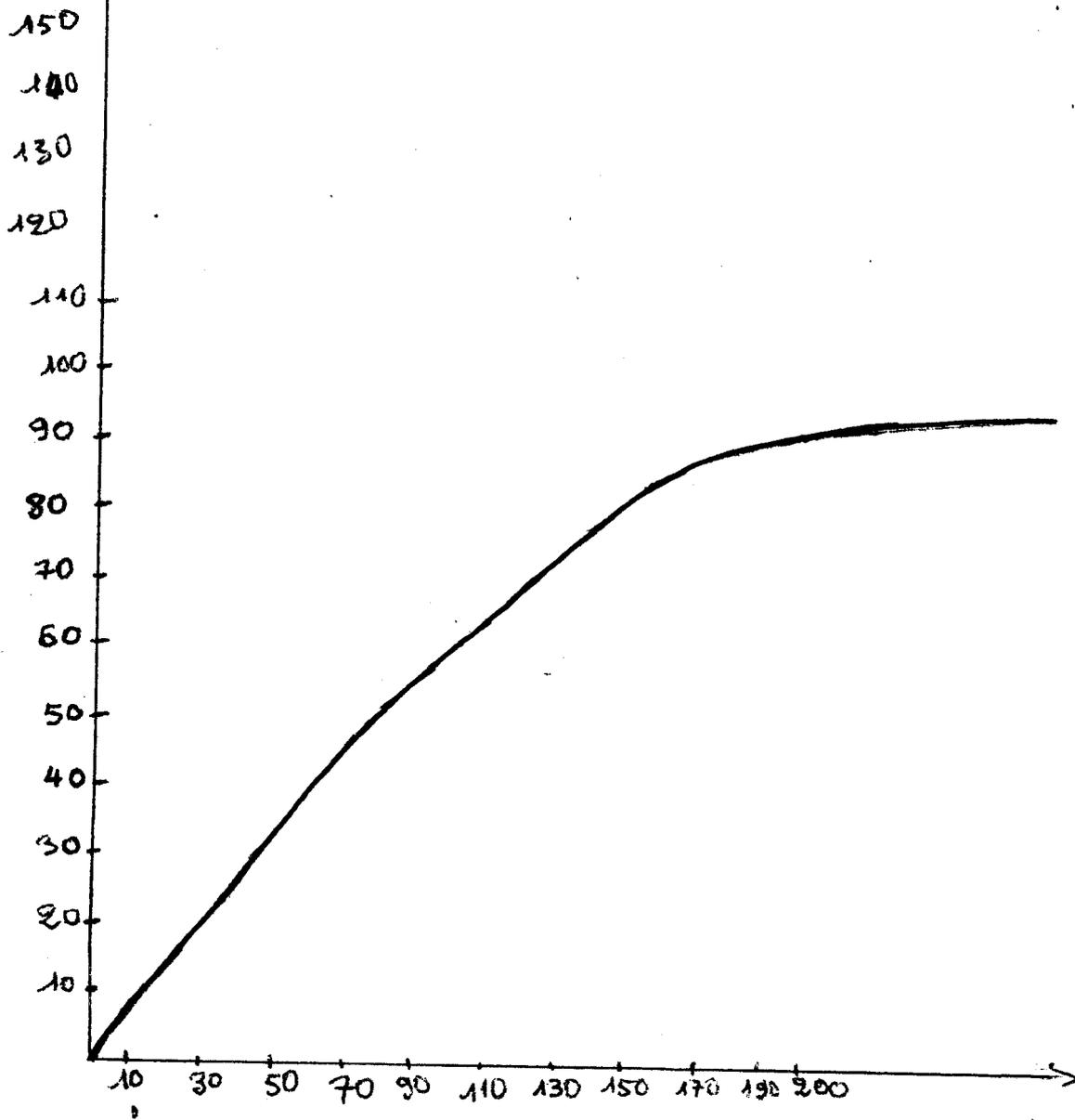
- Pipettes
- Fioles jaugées
- Tubes à essai
- Spectrophotomètre de flamme

MODE OPÉRATION

Effectuer une série standard comme suite :

Prélever 1ml de chaque solution standard et l'introduire dans des tubes à essai. A cette série correspondent les concentrations suivantes : 0, 4, 10, 20, 40, 80, 120, 200 mmoles de potassium pour 100g de matières. On prend 1ml de la solution

densité
optique



- 46 -

10 cc d'eau pour adapter les concentrations de Cs comme tampon. Prendre 1ml de la solution contenant l'échantillon ainsi diluée, l'introduire dans un tube à essai. Mettre dans les tubes à essai contenant la série standard et l'échantillon 9 ml de la solution de dichlorure de césium. Mesurer l'extinction par spectrophotométrie de flamme à l'aide de filtres pour le K.

EXPRESSION DES RESULTATS

On trace une courbe d'étalonnage dans un repère orthonormé à l'aide de la série standard

Les résultats sont obtenues en mmoles /100g

ou x 10 pour avoir en mmoles /kg

$$\text{Ken \%} = \frac{\text{Nbr mmoles /kg} \times \text{Masse atomique K}}{10\ 000}$$

Un exemple de courbe d'étalonnage

B - GROUPE II

DETERMINATION PAR VOIE THERMIQUE

1 - Détermination du taux d'humidité

PRINCIPE

Dessiccation de l'échantillon à l'étuve à 103° C jusqu'à poids constant. Par pesée on détermine la perte de poids correspondant à la teneur en eau.

TECHNIQUE

Tarer une capsule en porcelaine ayant séjourné à l'étuve puis au dessiccateur. Introduire 5g de l'échantillon dans la capsule soit P₁. Porter à l'étuve à 103° C, généralement 6 heures suffisent pour ramener la farine à poids constant. Puis refroidir au dessiccateur pendant 30 mn et peser soit P₂.

CALCUL

Le taux d'humidité pour 100g d'échantillon est :

$$\frac{P_1 - P_2}{5} \times 100$$

2 - Détermination des cendres

PRINCIPE

Il consiste en une incinération simple de l'échantillon jusqu'à obtention d'un résidu blanc incombustible. Après refroidissement au dessiccateur le résidu est pesé et le poids ramené à 100g d'échantillon.

Pour les graines le taux de cendres est en général en rapport avec le taux d'extraction. Plus il y a de débris provenant de l'enveloppe du

grain plus la proportion de cendres sera élevée.

TECHNIQUE

Porter la capsule contenant l'échantillon desséché au four à moufle à 650° pendant 2 heures. Laisser refroidir au dessiccateur puis peser soit P₃.

CALCUL

Le taux de cendres pour 100g de matière est :

$$\frac{P_2 - P_3 \times 100}{5}$$

3 - Détermination de l'insoluble chlorhydrique

C'est la détermination du taux de sable que peut contenir les céréales lors d'un mauvais traitement pour la mouture.

PRINCIPE

Les cendres sont traités par la soude puis par l'acide chlorhydrique pour éliminer toute trace de matière organique.

TECHNIQUE

On introduit les cendres de l'échantillon dans une fiole de 400 cc. On ajoute ensuite 12 ml d'une solution de NaOH à 15 %.

Porter à douce ébullition sur plaque chauffante en ayant soin de couvrir la fiole avec un verre de montre.

Ajouter ensuite 250 ml d'eau distillée puis 60 ml de ClH à 50 %. Agiter fortement couvrir la fiole et laisser décanter pendant une nuit.

Le lendemain filtrer sur papier filtre sans cendre laver le résidu avec de l'eau distillée jusqu'à neutralité. Tarer une capsule^(P1) y introduire le

le filtre contenant le résidu. Porter au four à 700° C pendant 2 heures. Refroidir au dessiccateur puis peser soit P₂.

CALCUL

Le taux de sable pour 100g d'échantillon :

$$\frac{P_2 - P_1}{5} \times 100$$

N_oB₂ : Pour avoir le taux réel de cendres on retranche le taux de sable du taux de cendres brutes.

C - GROUPE III

1 - Détermination de la cellulose brute

Le dosage de la cellulose permet d'apprécier l'état de pureté des farines.

PRINCIPE

Il consiste en un traitement acide puis alcaline de la substance à analyser dans des conditions bien définies. On obtient un résidu insoluble qui est la cellulose. Le résidu desséché à l'étuve est pesé. Ensuite on le calcine au four. On pèse. Le résultat se déduit de ces 2 pesées.

TECHNIQUE

Introduire 1g de l'échantillon dans un Erlenmeyer de 300 cc, ajouter 50 cc de SO_4H_2 à 0,3 N. Fermer avec un verre de montre et porter sur plaque chauffante pendant 30 mn en maintenant à douce ébullition. Ajouter ensuite 25 cc d'une solution de soude à 1,5 N laisser bouillir 30 mn. Filtrer la solution chaude sur creuset de Gooch. Laver le résidu successivement avec 50 ml d'eau distillée chaude, 50 ml d'une solution d'acide sulfurique à 0,1 N, 50 ml d'eau distillée chaude, 50 ml d'éther.

Porter le creuset à l'étuve à 140° pendant 2 heures. Refroidir au dessiccateur puis peser soit P_1 . Porter ensuite au four à moufle à 700° pendant 2 heures. Refroidir au dessiccateur, peser soit P_2 .

CALCUL

La teneur en cellulose brute pour ^{100 g} l'échantillon est : $\frac{P_1 - P_2}{1} \times 100$

2 - Détermination des matières grasses

Les lipides existent en faible quantité dans les céréales et en quantité beaucoup moindre dans les tubercules. Les lipides des céréales sont surtout des triglycérides d'acides gras insaturés.

PRINCIPE

Le principe du dosage est une micro-méthode consistant en un épuisement étheré après libération des lipides de leur combinaison avec les glucides et les protides par une hydrolyse acide à douce ébullition. Après refroidissement et filtration sur double papier filtre mouillé le résidu est lavé à l'eau distillée jusqu'à neutralité.

Le papier filtre contenant le résidu est desséché à basse température. La matière grasse est enfin extraite selon la méthode classique de SOXHLET.

TECHNIQUE

On introduit 2,5g de l'échantillon dans un erlenmeyer de 300 cc. On ajoute 100 cc d'une solution d'acide chlorhydrique à 3 N. Couvrir d'un verre de montre et porter à douce ébullition sur plaque chauffante pendant une heure. Laisser refroidir puis filtrer sur double papier filtre exempt de matière grasse. Laver le résidu avec de l'eau distillée jusqu'à neutralité. Ensuite placer le double papier filtre contenant le résidu sur un verre de montre et porter à l'étuve pendant 1 heure 30 mn à 80° environ. Introduire le filtre séché dans une cartouche à extraction et placer la dans l'appareil de Soxhlet. Ajouter 200 ml d'éther de pétrole par l'extrémité supérieure du réfrigérant et extraire pendant 6 heures.

La solution d'extraction est recueillie dans un ballon déjà taré soit P₁. On élimine l'éther par évaporation, soit P₂.

Par pesée différentielle le résidu donne le taux de matière grasse.

CALCUL

La quantité de matière grasse contenue dans 100g d'aliment est : $\frac{P_2 - P_1}{2,5} \times 100$

REMARQUE

Détermination de l'extractif non azoté (E.N.A.)

Il représente les matières hydrocarbonées digestibles (glucides). Il est exprimé par différence avec les constituants de l'aliment selon les formules suivante :

$$E.N.A. = 100 - (\text{protéines} + \text{lipides} + \text{cendres} + \text{cellulose}).$$

CHAPITRE IV

DONNEES D'APPLICATIONS PRATIQUES

Les échantillons sont prélevés directement sur les marchés de Bamako et transportés au laboratoire de biochimie du C.N.R.Z où sont effectuées les différentes analyses bromatologiques.

Les aliments choisis sont tous d'origine végétale et constituent la base de l'alimentation africaine (tubercules et céréales)

Nos résultats portent sur divers échantillons :

- échantillon de farine de manioc
- échantillon de semoule de manioc
- échantillon de tapioca
- échantillon de farine d'igname
- échantillon de farine de sorgho
- échantillon de farine de maïs jaune
- échantillon de farine maïs blanc
- échantillon de farine de millet

1 - Caractères organoleptiques

Toutes les farines de céréales étudiées : mil, sorgho, maïs ont une saveur et une odeur agréable.

Elles sont humides, granuleuses au toucher.

Nous avons noté que les échantillons de maïs blanc ne présentaient pas de piqûres de son à l'inverse des autres farines d'igname et de

Les farines d'ignames et de manioc d'une couleur jaune pâle pour le manioc, et un jaune tirant sur le gris pour l'igname. Elles sont un peu amères.

2 - Composition chimique

Comme les divers grains de céréales qui ont servi à les préparer, les farines renferment des principes organiques immédiats et des sels, la proportion de ces éléments se trouve modifiée selon le traitement utilisé pour la mouture. Les tableaux suivants reproduisent les différentes déterminations que nous avons réalisées sur nos échantillons.

Les résultats sont exprimés en G - pour 100 g de matière sèche

Composition chimique des farines de céréales

55

ECHANTILLONS	FARINE DE MAÏS JAUNE		FARINE DE MAÏS BLANC		FARINE DE PETIT MAÏS		FARINE DE GROS MAÏS		
	1	2	1	2	1	2	1	2	
Humidité	15,24	18,43	16,66	16,57	17,81	19,98	19,63	21,35	21,61
Protéines brutes	11,36	9,84	9,98	10,14	10,30	10,94	10,53	11,21	10,98
Cellulose	1,05	1,02	0,52	0,47	0,70	0,49	0,73	0,51	0,12
Matières grasses	4,6	5,1	1,56	1,44	3,3	3,4	3,1	3,4	3,6
Cendres	1,19	1,42	0,25	0,30	0,60	0,40	1,00	0,38	0,38
Extractif non azoté	67,61	64,19	71,03	71,08	67,29	64,79	65,01	63,15	63,32
Insoluble chlorhydrique	0,05	0,17	0,01	0,05	0,13	0,09	0,37	0,13	0,08
Phosphore	0,19	0,32	0,03	0,02	0,11	0,07	0,12	0,08	0,08
Potassium	0,48	0,42	0	0	0,49	0,11	0,21	0,02	0,22
Calcium	0,11	-	0,06	0,07	0,06	0,04	0,03	0,05	0,06

Composition chimique des farines et semoules de tubercules

ECHANTILLONS	FARINE DE Manioc 1	FARINE DE Manioc 2	FARINE DE Manioc 3	SEMoule DE Manioc(gari)	TAPIOCA	FARINE D'I- gnane
Humidité	11,85	11,29	11,69	10,52	8,77	12,86
Protéines brutes	3,3	2,9	3,5	1,3	0,4	4
Cellulose	1,4	1,4	1,6	1,2	0,05	1,83
Matières Grasses	0,30	0,42	0,40	0,33	0,11	0,34
Cendres	1,57	1,54	1,55	0,91	0,08	2,2
Extractif non azoté	81,58	82,45	81,26	85,74	90,59	78,77
Insoluble chlorhydrique	0,07	0,10	0,06	0,09	0,05	0,08
Phosphore	0,06	0,06	0,06	0,04	0,02	0,08
Potassium	0,46	0,52	0,50	0,13	0	1,05
Calcium	0,08	0,08	0,07	-	0,07	0,05

La teneur élevée en lipide de certaines graines suggère un volume relativement ^{élevé} de gemmule par rapport au volume total de la graine.

Nous pensons qu'il s'agit là d'un résultat particulièrement important de sélection végétal en recherche agronomique.

Ainsi nous nous proposons d'étudier les fractions lipidiques de ces grains aussi bien que les lipides classiques ^{et} la partie insaponifiable : stérols.

La teneur en protéines relativement élevée des céréales présente un intérêt nutritionnel certain.

Il s'agira de préciser la nature de ces protéines.

Le taux de protéines dans l'igname contrairement à ce qu'on s'attendait est relativement élevé ici.

A titre de simp le indication nous donnons ci-dessous les résultats d'analyses effectuées à l'ORANA (DAKAR) sur plusieurs farines de sorgho

Composition moyenne

Humidité	: 12,10 %
Cendres	: 1 %
Protéines (N2 x 6,25)	: 8,40 %
Lipides	: 2,16 %
Glucides	75 %
Ca ++	12 mg
Vit B1	0,3 mg

Le tableau suivant donne la composition chimique du manioc, a nalyse effectuée par HUU. DUNG

Composition chimique pour 1KG

Humidité	113,35
Matière sèche	886,65
Extractifs non azotés	814,70
Matières azotés (Nx6,25)	27,10
Matières grasses	3,19
Matières minérales	27,48
Matières cellulosiques	14,18
Matières azotées digestibles	24,70
Valeur amidon	1,39

CONCLUSION

"L'étude de l'alimentation végétale et de son amélioration a toujours pour base essentielle les données analytiques des tables alimentaires."

Notre travail constitue surtout une approche des méthodes d'études dans les conditions difficiles propres à nos pays. Il n'a pas la prétention dans ce premier temps d'embrasser toutes les céréales et tous les farineux de notre alimentation.

D'après les observations sur le terrain auprès des ménagères le traitement des céréales et des tubercules s'est fait aussi bien que nous l'avons décrit d'une manière traditionnelle artisanale.

Les déterminations analytiques faites par les échantillons ont été bien sûr guidées par des objectifs de Santé Publique, composante d'une politique globale de développement comme le confirme si bien J. KIGER " Le contrôle analytique est aussi capital pour le consommateur, qui désire un aliment sain et équilibré, que pour le législateur qui veut pour l'ensemble de la population nationale, un aliment loyal et marchand".

A l'heure actuelle ce contrôle des aliments en République du Mali repose sur divers laboratoires :

- section toxicologie-bromatologie de l'institut National de Biologie Humaine (INBH).
- Laboratoire vétérinaire de SOTUBA
- Laboratoire de biochimie du Centre National de Recherches Zootechniques (CNRZ) de SOTUBA

Enfin toujours dans nos préoccupations de Santé Publique, et dans le cadre d'une profession pluridisciplinaire nous pensons que la conclusion de notre travail et de nos objectifs ne pouvait être mieux trouvée qu'avec cet auteur déjà cité KIGER : " Il ne suffit pas dans notre profession d'aider son semblable en lui fournissant toujours des médicaments nouveaux aux effets de plus en plus prestigieux et en procédant à des expertises biologiques ou toxicologiques brillantes; il faut que le pharmacien complète son action par une aide préventive de la maladie et de la misère physiologique par sous-alimentation ou par alimentation défectueuse en aidant constamment à l'amélioration de la diététique par la poursuite de ses recherches en chimie alimentaire, et notamment dans les industries dérivées des céréales, base de l'alimentation du jeune comme de l'adulte, aussi bien que du vieillard".

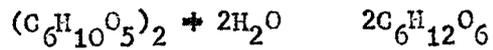
A N N E X E

Détermination du taux d'amidon :

Le principe du dosage :

Hydrolyse en glucose par ébullition prolongée en présence d'acide sulfurique dilué, dans des conditions opératoires déterminées. Le glucose formé est ensuite dosé par la technique de Causse et Bonnans.

Réaction d'Hydrolyse



$$162 \times 2 = 324g$$

$$d'amidon \dots\dots\dots 180 \times 2 = 360g \text{ de glucose}$$

$$\text{Ainsi, pour le calcul, } 1g \text{ de glucose} = \frac{324}{360} = 0g \text{ } 90 \text{ d'amidon}$$

Le taux moyen est de 74g d'amidon pour 100g de farine.

BIBLIOGRAPHIE1 - ADRIEN J., FEBBAND R., JACQUOT

Le sorgho et les mils en alimentation humain et animale

In: Monographie alimentaires

Ed. VIGOT

2 - BUSSON F.F.

Etude chimique et biologique de végétaux alimentaires de l'Afrique noire de l'ouest dans leur rapport avec le milieu géographique et humain.
Thèse, Sce natur. Marseille, 1965

3 - BURE J.

Méthodes d'appréciation des caractères physiques dans les industries des céréales.

In: Mises au point de chimie analytique organiques, pharmaceutique et bromatologique PARIS, MASSON, 1961, 14^{ème} série, 49-140.

4 - CARONH. RAQUET D.

Analyse chimique quantitative à l'aide de liqueurs titrées, PARIS 1934, 201-212.

5 - CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES

Méthodes d'analyses des plantes et autres aliments des animaux.
Sotuba, Laboratoire de Biochimie.

6 - CHEFTEL J.C., CHEFTEL H.

Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments PARIS, Entreprise moderne d'édition, 1976, 1, 105-137.

7 - CRAPLET Camille

Alimentation d'aujourd'hui et de demain
Thèse méd. , PARIS (BIBIAT-BEAUJON) 1971, n° 40

8 - DELEPIERE R. PERTEN H.

Méthodes d'analyses pour laboratoire de céréales DAKAR, 1974, FAD rapp. interne (120) :

9 - FEILLET P.

Relation entre la teneur en protéines et en cendres des blés durs et des semoules .
Bull anciens élèves Ec Menière FRANCE, 1970, (236) : , 88-93.

10 - GAUTIER J.A RENAULT J. PELLERIN F.

Farines
In: Fiches techniques d'analyse bromatologiques PARIS, SEDES, 1961, 37-95

11 - GUILBOT A.

Les méthodes biochimiques de contrôle analytique dans les industries de céréales.
In: Mises au point de Chimie analytique organique pharmaceutique et bromatologique PARIS, MASSON, 1964, 12^{ème} série, 1-40.

12 - HERTEN H. GUIRER R. ABERT P.

Fabrication du pain de type Français avec incorporation de farines de mil et sorgho.

Rome, 1972, FAO rapport technique (8): 77p 18 fotogr. 8 fig.

13 - KIGER J.

Intérêt du contrôle analytique dans les industries alimentaires dérivées des céréales.

In: Mises au point de chimie analytique pure et appliquée et d'analyse bromatologique. PARIS, MASSON, 1953, 1ère série, 75-101.

14 - LECOQ Raoul

Manuel d'analyses alimentaires et d'expertises usuelles PARIS, Ed; Doin, 1965, 1 241-251, 421-424.

15 - LECOQ Raoul

Farine et semoule de blé

In: Manuel d'analyses alimentaires et d'expertises usuelles PARIS, Ed; Doin, 1965, 2 , 241-279.

16 - LEDERER Jean

Les céréales

In : Encyclopédie moderne de l'hygiène alimentaire PARIS, Ed Nauwelaerts, 1971, 2, 185-235.

17 - MACCANCE R.A C.B.E; M.D; PH. D; F.R.C.P; F.R.S; and E.M - WIDDOWSON

The composition of Food

London, 1960, N° 297, 3rd revised ed. Of spécial report n° 235; 22-27

18 - Manuel suisse des denrées alimentaires

Berne, 1969, 1, 5^{ème} éd.

19 - PARIS R.R. MOYSE H.

Précis de Matière Médicale

PARIS, MASSON, 1963, 1, 112-135

20 - PARIS R.R. MOYSE H.

Précis de Matière Médicale

PARIS, MASSON, 1967, 2, 13,16-27, 65668

21 - PEARSON David

Céréales and Starch - products

In: The chemical analysis of food

London, 1970, 6th édition 158-205

22 - PERTEN M.H.

Etude pour l'introduction des farines de mil et sorgho en panification au Sénégal.

Communication au Symposium. I.CC des farines composées Vienne (AUTRICHE) 1971

23 - PERTEN H. ABERT. P.

Détermination de la valeur boulangère des blés cultivés expérimentalement au Sénégal ROME, FAO, 1974.

24 - PERTEN H. POT R. ABERT P.

Etude de la mouture du mil et du sorgho au Sénégal ROME, 1974, FAO, Rapport Tech. (6) :

- 25- PHAM. HUU DUNG
 Contribution à l'étude de la valeur alimentaire et de la toxicité du Manioc
 Thèse, Méd, Lyon, 1962 (1): 57 P.
- 26 - PODONOVSKI M. BOULANGER M. NACHE BOEUF
 Les glucides
 In: Biochimie médicale
 PARIS, MASSON, 1972, (1):
- 27 - Problèmes posés par la définition des aliments
 In: Monographie de l'institut national d'hygiène Section nutrition,
 PARIS 1960, (20):
- 28 - ROUSIER Madeleine
 Contribution à l'étude de l'utilisation biologique de quelques aliments
 Thèse pharm, PARIS, 1944, (91): 27-32.
- 29 - Tables de composition de quelques aliments tropicaux : Sud-Cameroun, Togo
 In: Ann. de la nutrition et de l'alimentation 1957, 11, (5): ; 47-89
- 30 - THIAM Abdoul AZIZ NDOYE A.
 Notes techniques sur le pain de mil
 Sénégal, ITA juin 1976.
- 31 - THIAM A.A
 Contribution à l'étude des phénomènes biochimiques d'altération des farines
 de mil et de sorgho
 Sénégal, ITA, 1976
- 32 - TOURY J. et Coll.
 Valeur alimentaire comparée des mils et du riz influence de l'usinage,
 Dakar, travail du labo de chimie de l'ORAMA
- 33 - TRAORE Soumaïla
 Rapport de stage.
 Bamako, 1978, centre nat. Recherche Zootech.
 Labo. Biochimie
- 34 - TREMOLIERES J. SERVILLEY. JACQUOT R.
 Les glucides
 In: Manuel élémentaire d'alimentation humaine
 Paris, éd soc. Françaises, 1961, 1, 103-131
- 35 - TREMOLIERES J. SERVILLEY. JACQUOT R.
 Céréales et dérivés
 In: les aliments, Manuel élémentaires d'alimentation humaine, Paris,
 éd. soc. Franç. , 2, 247-287
- 36 - TRUHAUT R. , MANGEUT A. ; SEGUIN. L, HENRY G.; YONGER J.
 Fiches de travaux pratiques de chimie de 4ème année
 Paris, SEDES, 1957, 3 7-10.
- 37 - WEIL J.H.
 Biochimie générale
 Paris, Masson, 1975, 140-209.

38 - GUIGNARD J. - L.

Les glucides

in : Abrégé de biochimie végétale

Paris, Masson, 1974 58 - 95