



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

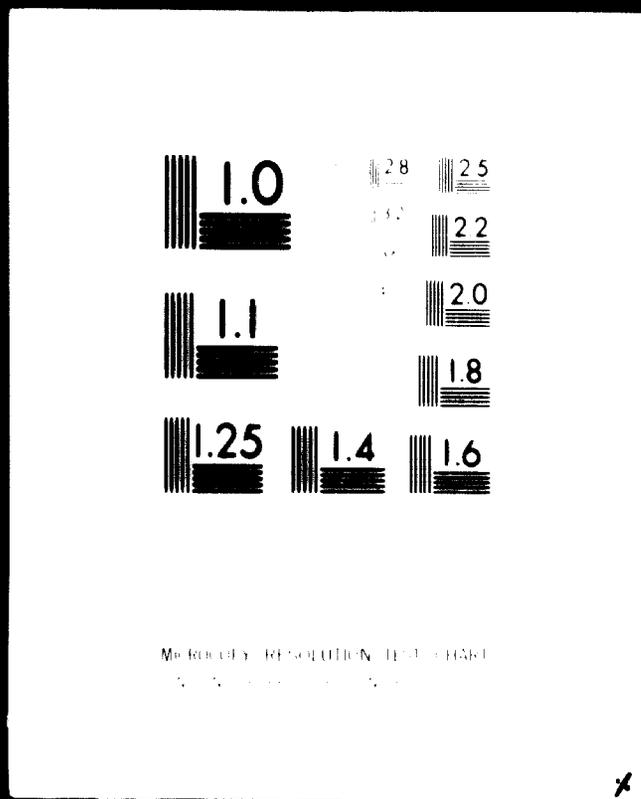
Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

1 OF 1



24x E

Tchad. ALIMENTS POUR ENFANTS .

02130

ETUDE DE FACTIBILITE TECHNIQUE

(DEUXIEME PHASE)

REPUBLIQUE DU TCHAD

(DP/CHD/76/010/11-03/A/31.3.D.)

002781

Rapport final établi pour le Gouvernement de la République du Tchad par M. Antonio SABATER de SABATES (Ingénieur chimiste, Docteur Ingénieur BIA), Expert de l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel, Organisation chargée de l'exécution du projet pour le compte du Programme des Nations Unies pour le Développement.

ALIMENTS POUR ENFANTS

ETUDE DE FACTIBILITE TECHNIQUE

(DEUXIEME PHASE)

REPUBLIQUE DU TCHAD

(DP/CHD/76/010/11-03/A/31.3.D.)

Compte-rendu d'activités établi pour le Gouvernement de la République du Tchad par M. Antonio SABATER de SABATES (Ingénieur chimiste, Docteur Ingénieur BIA), Expert de l'organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel, Organisation chargée de l'exécution du projet pour le compte du Programme des Nations Unies pour le Développement.

TABLE DES MATIERES

RESUME	1
INTRODUCTION	3
DETERMINATION DES PARAMETRES DE FABRICATION EN FONCTION DU TAUX DE DEGRADATION DE LA LYSINE	6
DETERMINATION DU COMPORTEMENT RHEOLOGIQUE	11
COMPOSITION DU PRODUIT ET PROPRIETES NUTRITIONNELLES	19
DEPISTAGE DES CONTAMINANTS ET FACTEURS ANTINUTRITIONNELS	26
ETUDE DU CONDITIONNEMENT ET CONSERVATION DU PRODUIT	30
POSSIBILITES D'UTILISATION DE L'INSTALLATION POUR LA FABRICATION DE BISCUITS	33
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	34
ANNEXE : PROTOCOLE FABRICATION ET FORMULATION	36

RESUME

Suite aux rapports de mission DP/CHD/76.010 et DP/CHD/76/010/11-03/A/31.3.D., l'expert s'est rendu en France du 01.04.78 au 30.07.79 pour compléter les études de laboratoire et les essais de fabrication à l'échelle pilote de cet aliment pour enfants en bas âge, le but étant d'étudier la factibilité technique et nutritionnelle.

Les premiers essais à échelle réduite ainsi que le dosage de la lysine disponible ont permis de déterminer les paramètres de fabrication les plus performants et en même temps, les moins destructifs pour cette acide aminé essentiel aux humains.

L'étude de la texture des bouillies préparées avec ce nouvel aliment a montré l'existence des différences notables par rapport aux mêmes bouillies préparées à base de farine de mil traditionnellement faite au Tchad. Une correction de la formule s'est avérée nécessaire afin de réduire à des niveaux acceptables l'écart de viscosité entre les deux produits.

Néanmoins, on a maintenu la viscosité de la bouillie préparée avec le VITACHAD dans des limites raisonnables afin d'empêcher toute tentation de dilution excessive - ce qui favorise l'économie des mères de famille - au détriment de la nutrition de l'enfant.

Le dépistage d'éventuelles substances toxiques contaminantes et/ou facteurs antinutritionnels, s'est révélé négatif ou nettement en-dessous des standards les plus rigoureux.

L'analyse du taux de protéines, lipides ou glucides ainsi que le dosage des acides aminés et la détermination du coefficient d'efficacité protéique, ont apporté la confirmation du bien fondé des formulations théoriques précédemment établies.

.../..

En effet, le VITATCHAD a un taux de protéines d'environ 2,9 fois supérieur à la farine de mil et ce qui est plus important, la répartition des acides aminés est assez équilibrée. Une confirmation directe de ce fait est apportée par le bon coefficient d'efficacité protéique obtenu chez le rat.

Le procédé de cuisson-extrusion employé pour précuire une partie de l'aliment a l'avantage de prolonger sa conservation, d'améliorer sa saveur et de réduire considérablement la contamination bactériologique inhérente aux matières premières employées. A ce propos, on a choisi les paramètres de fabrication de façon à obliger l'utilisateur à porter l'eau à ébullition durant une courte période.

Le conditionnement choisi (Kraft-polyethylene-aluminium) et l'emploi de faibles doses d'antioxydants se sont révélés assez bons puisque les essais de vieillissement accéléré, équivalents à environ 6 mois à 29 degrés de moyenne, ne montrent qu'une diminution de la vitamine A qui est totalement normale et un indice de peroxydes qui autorise la consommation du produit. Faute d'autres essais sur place, il apparaît que la conservation du produit peut être assurée pendant une période d'au moins 6 mois.

Pour ce qui concerne la saveur, on a retenu l'aromatization au cacao dégraissé naturel étant donnée l'augmentation continuelle des prix des aromatisants artificiels. Le bien fondé de ce choix ne pourra être confirmé que par des essais d'acceptabilité à effectuer sur place, au Tchad.

Finalement, l'expert a étudié la factibilité de fabriquer des biscuits plats sur la même machine employée pour les aliments pour enfants. A défaut d'étudier le procédé d'une façon plus approfondie, l'expérience semble être un succès, car les biscuits obtenus sont très légers et aérés, avec une bonne saveur et avec un taux de protéines légèrement supérieur à celui de la viande.

1. INTRODUCTION

L'étude de factibilité d'une usine d'aliments pour enfants en bas age (Rapport ONUDI DP/CHD/72/009/11-03) effectuée au Tchad entre Juillet et Août 1977, est arrivée aux conclusions suivantes :

- les sources uniques, potentiellement utilisables, de protéines végétales pour la fabrication de cet aliment, sont la farine d'haricots Niebé ou la farine de coton glandless tamisée et délipidée.
- parmi les six formules isoprotéiques obtenues par calcul, l'auteur du rapport a retenu en priorité celle basée sur la farine de coton glandless (N° 4).
- le procédé technique le mieux adapté aux conditions du Tchad et spécialement aux problèmes énergétiques du pays, est l'extrusion-cuisson.

Etant donné qu'il n'existe actuellement aucune installation travaillant sur la farine de coton sous gossypol par le procédé de cuisson-extrusion, le rapport recommande :

- de procéder à une fabrication témoin afin d'optimiser le procédé.
- de déterminer les propriétés nutritionnelles de la formulation choisie.
- d'analyser les éventuels contaminants et substances toxiques.
- de déterminer la texture de l'aliment préparé par rapport à la bouillie de mil préparée traditionnellement au Tchad.

L'auteur recommandait finalement d'aboutir à l'obtention d'environ 40-50 kg d'aliment préparé, aromatisé, vitaminisé et de caractéristiques physicochimiques connues afin d'expérimenter son degré d'acceptation par les mères tchadiennes.

L'objectif de la présente étude a été d'accomplir les recommandations du rapport cité et s'est déroulé dans le Centre d'essais de la Société Creusot-Loire à Firminy (France) et dans le laboratoire des Céréales de l'Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires à Massy (France).

L'étude a compris les phases suivantes :

Phase 1

Localité: Firminy

Préparation de plusieurs échantillons au centre pilote de cuisson-extrusion. Détermination des paramètres de fabrication les plus appropriés du point de vue du rendement.

Phase 2

Localité : Massy.

Etude du taux de dégradation de la lysine en fonction des paramètres de fabrication.

Phase 3

Localité : Massy

Etude du comportement rhéologique des échantillons.

Phase 4

Localité: Firminy

Préparation de divers échantillons en vue d'améliorer les propriétés rhéologiques des produits.

Phase 5

Localité : Massy

Etude du comportement rhéologique de ces nouveaux échantillons.

Phase 6

Localité : Firminy

Etude du procédé en fonction des nouvelles connaissances acquises et aussi en fonction de la possibilité de fabriquer des biscuits plats dans la même installation. Préparation des nouveaux échantillons.

2. DETERMINATION DES PARAMETRES DE FABRICATION EN FONCTION DU TAUX DE DEGRADATION DE LA LYSINE

Le traitement thermique des aliments pour enfants a un effet bénéfique sur leur valeur nutritive et, également sur leur conservation. Par contre, les mêmes traitements ont des effets nuisibles sur la disponibilité biologique de certains acides aminés du fait de la réaction de Maillard entre ces acides aminés et les oses.

On a choisi d'étudier l'évolution du taux de lysine - qui est un des acides aminés essentiels le plus réactif - en fonction de divers paramètres de fabrication.

2.1. PARAMETRES DE FABRICATION ETUDIES

Ce sont :

- Débit d'alimentation D_A (Kg/hr)
- Température Indutherm T_3 (°C)
- Température sortie T_S (°C)
- Débit d'extrusion D_S (Kg/hr)
- Débit addition eau D_E (ml/S)

En fait, la plupart de ces paramètres sont dépendants les uns des autres (D_A est fonction de D_S) ou déterminent la rentabilité de l'installation (D_S maximum).

Nous avons donc étudié le taux de dégradation de la lysine en fonction de la température de l'indutherm (T_3) et aussi en fonction du débit d'addition d'eau (D_E) à T_3 constant.

2.2. ECHANTILLON ETUDIE

L'échantillon étudié correspond à la formule n° 4 (Aliment pour enfants : étude de Factibilité. A. Sabater DP/CHD/72/009/11-03) :

Brisures de tamisage de riz	66	(1)
Farine de coton glandless	23	(1)
Poudre de lait écrémé	10	(2)
Huile d'arachide	4	(2)
Saccharose	5	(2)
Complexe vitaminique	0,1	(2)
Arômes, Antioxydants	0,1	(2)
CO ₃ Ca, Fe (II)	0,5	(2)

(1) Produits extrudés

(2) Produits ajoutés après extrusion.

2.3.. DOSAGE DE LA LYSINE DISPONIBLE

2.3.1. Méthode : Carpenter, K.J. (J. Biochem. J. 77, 604, 1960) modifié par Booth, U.H. (J. Sci. Fd. Agric. 22, 658, 1971).

2.3.2. Principe :

Le 1-Fluor - 2,-4 dinitrobenzène (DNFB) réagit avec les groupes -amino de la lysine libre pour former DNFB- -aminolysine qui est stable à l'hydrolyse acide. Le dinitro phénol-lysine résultant, est déterminée par mesure de la densité optique à 435 nm.

2.3.3. Matériel : Spectrophotomètre VARIAN à lecture digitale avec une largeur de bande de 2 nanomètres.

2.3.4. Dosages effectués :

Au total 9 déterminations ont été effectuées par groupe de trois soit 27 analyses, plus 5 analyses pour standardiser la méthode.

2.4. RESULTATS

L'ensemble des résultats est donné dans les tableaux 1 et 2 ainsi que sur la figure 1.

TABLEAU 1

TAUX DE DEGRADATION DE LA LYSINE DISPONIBLE EN FONCTION DE LA QUANTITE D'EAU AJOUTEE (T=130°C)

Lysine	g/100 g	1,49	1,41	1,35	1,22	1,21
Eau ajoutée	g/100 g	4	5	6	8	10

.../...

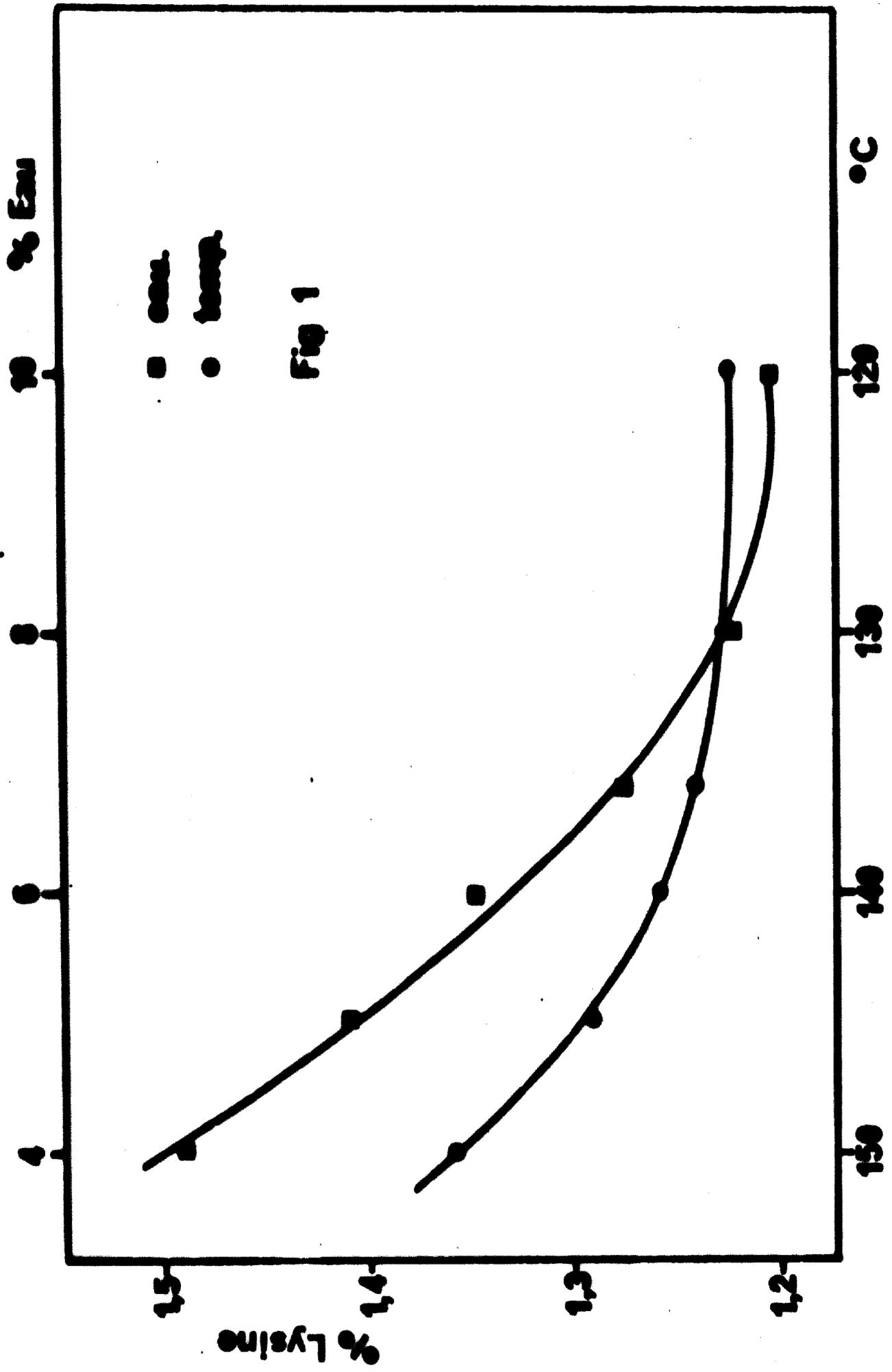


Fig 1

TABLEAU 2

TAUX DE DEGRADATION DE LA LYSINE DISPONIBLE EN
 FONCTION DE LA TEMPERATURE DE L'INDUTHERM
 (8 % D'EAU AJOUTEE)

<u>Lysine</u> g/100 g	1,36	1,29	1,26	1,22	1,23
<u>Température</u> °C	150	145	140	130	120

2.5 CONCLUSIONS

Les travaux de Mercier et al. (Cereal Chem. 49, 354, 1972) sur l'extrusion des polyholosides ont permis d'étudier la dégradation des chaînes linéaires, donc de la digestibilité, à des températures supérieures à 115°C et à des vitesses de cisaillement similaires à celles employées dans cette étude.

D'un point de vue pratique, on peut considérer qu'une bonne digestibilité des polyholosides est acquise, du moment que l'on travaille à des températures supérieures à 120°C.

D'autre part, il n'existe pas de facteur autytrypsique connu dans la farine de coton glandless à l'exception du résidu de gossypol dont la concentration est très faible, comme on le verra par la suite.

L'étude de la cinétique de dégradation de la lysine nous a donc permis de déterminer les paramètres de fabrication les plus appropriés afin de conserver la plus grande quantité de cet acide aminé essentiel, tout en gardant une bonne digestibilité.

Les paramètres retenus ont été les suivants :

Débit d'alimentation	: 41 Kg/hr
Température de indutherm	: 130 °C
Température sortie	: 110 °C
Débit d'extrusion	: 41 Kg/hr
Débit addition d'eau	: 3,5 l/hr
Intensité électrique	: 25 A.

3. DETERMINATION DU COMPORTEMENT RHEOLOGIQUE

3.1. OBJET DE L'ETUDE

Les relations que l'homme entretient avec des aliments sont d'essence culturelle et généralement liées à de très anciens mythes. Il est donc très difficile de changer ces relations et l'objectif idéal de tout nouveau produit visant à se substituer à des aliments utilisés traditionnellement serait de respecter l'ensemble des propriétés organoleptiques de l'aliment tout en améliorant ses propriétés nutritionnelles. Dans le cas des aliments pour enfants, les propriétés organoleptiques à respecter sont celles dont leurs mères ont l'habitude.

Les principales propriétés organoleptiques d'un aliment sont : la saveur, la couleur, la flaveur et la texture. Les trois premières ne peuvent être mesurées objectivement au laboratoire si ce n'est que par un jury de dégustation qui dans notre cas, devrait être formé de jeunes mères tchadiennes. Par contre, il est possible de mesurer objectivement la texture de l'aliment tchadien et de la comparer aux divers échantillons obtenus au cours de cette étude.

On a défini la texture d'un aliment comme l'ensemble des propriétés géométriques, de surface et rhéologiques qui participent aux sensations provoquées par sa consommation.

La prévision du comportement d'un aliment soumis à un traitement mécanique donné comme la mastication, la succion ou la déglutition relèvent de la rhéologie. Il est donc évident que la détermination du comportement rhéologique de l'aliment industriel par rapport à l'aliment traditionnel, peut fournir des indications sur leurs éventuelles différences.

3.2. MESURE DU COMPORTEMENT RHEOLOGIQUE DE L'ALIMENT TCHADIEN

3.2.1. Matériel

- Viscosimètre rhéomat-30 avec programmateur automatique et table traçante X-Y. Température 40°C.

- Farine de mil obtenue selon la méthode traditionnelle de pilage (B.P.I.T. Tchad)
- Sucre, lait en poudre.

3.2.2. Méthode

Un mélange comportant 10 % de poudre de lait, 7 % de sucre et 83 % de farine de mil a été dissout dans de l'eau bouillante pendant 15 minutes à la concentration de 20 %. Le tracé du rhéogramme allant jusqu'à 750 inverses de seconde (S^{-1}) est fait automatiquement après refroidissement à 40°C.

3.2.3. Conditions de mesure

- Vitesse de cisaillement : 0 - 750 S^{-1}
- Temps d'exploration : 1 minute
- Température : 40°C
- Mobile Rhéomat : C - 4

3.2.4. Résultats

Afin de pouvoir comparer les résultats obtenus de cette expérience avec ceux des suivantes, on a représenté la variation de la viscosité en fonction de la vitesse de cisaillement sur la Figure 2 (Courbe 1).

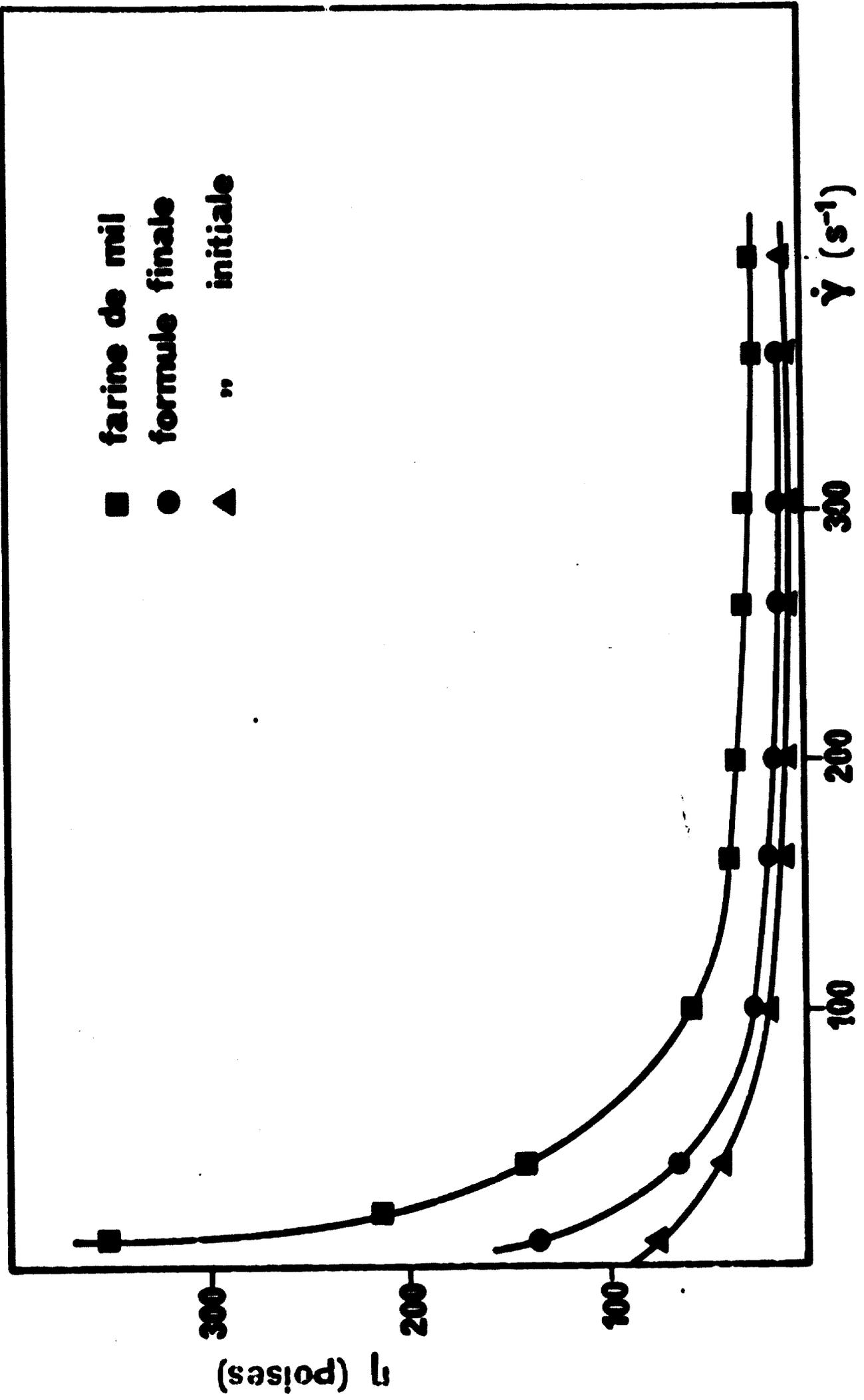
Néanmoins, quelques unes des valeurs numériques sont rassemblées dans le Tableau

TABLEAU 3

ALIMENT POUR ENFANTS, BASE FARINE DE MIL
VISCOSITE APPARENTE EN FONCTION DE LA VITESSE DE CISAILLEMENT

(Poises)	351	57,1	36	27,3	22,9
(S^{-1})	10	100	200	300	400

.../...



D'autre part, il est important de noter que la viscosité à la vitesse de cisaillement d'environ $10 \text{ (s}^{-1}\text{)}$ correspond selon Shama et Sherman (J. of Texture Studies 4, 254 (1973) au stimulus associé à la perception dans la bouche.

3.3. DETERMINATION DU COMPORTEMENT RHEOLOGIQUE DES FORMULES EXTRUDEES

3.3.1. Matériel

On a utilisé le même matériel que dans les essais précédents (3.2.1.).

3.3.2. Méthode

La méthode de préparation est celle employée précédemment (3.2.2.).

L'échantillon étudié correspond à la formule suivante :

Brisures de tamisage de riz extrudées	66
Farine de coton glandless extrudée	23
Poudre de lait écrémé	10
Huile d'arachide	4
Saccharose	5
Complexe vitaminique	0,1
Arômes, Antioxydants	0,1
CO ₂ , Ca, Fe (II)	0,5

Les paramètres d'extrusion étant :

Température de l'indutherm	130°C
Débit d'extrusion	41 Kg/hr
Débit d'addition d'eau	3,5 l/hr

.../..

3.3.3. Résultats

Outre la représentation du rhéogramme complet sur la Figure 2 , on a rassemblé quelques vues des valeurs les plus représentatives dans le Tableau

TABLEAU 4

ALIMENT POUR ENFANTS. BASE FARINE COTON/RIZ, EXTRUDEE
VISCOSITE APPARENTE EN FONCTION DE LA VITESSE DE CISAILLEMENT

(Poises)	81	19	11	8	6
(S ⁻¹)	10	100	200	300	400

Il est intéressant de noter que la formule utilisée donne une viscosité apparente nettement inférieure à l'aliment traditionnellement employé au Tchad. D'autre part, l'absence de seuil d'écoulement fait que l'apparence externe de la bouillie est aussi très différente.

3.4. CORRECTION DU COMPORTEMENT RHEOLOGIQUE

Afin de corriger le comportement rhéologique de la bouillie, on a entrepris une série d'essais systématiques afin de dégager une solution à la fois simple et économique. Etant donné que la formulation envisagée ne pouvait pas varier sous peine de changer les propriétés nutritionnelles, on a, notamment, essayé :

- l'addition de petites quantités d'épaississants alimentaires. Notamment gomme de caroube.
- la diminution des températures d'extrusion.
- l'augmentation du débit d'eau d'extrusion.

Aucune de ces solutions n'a donné le résultat escompté, soit parce qu'économiquement inviabilisables, soit par leur faible influence sur la viscosité.

Finalment, on a trouvé que la meilleure solution passait par la substitution de 10 % de farine de riz extrudée, par de la farine de riz naturelle. Bien que cette solution n'arrive pas à corriger totalement la fluidité excessive du produit extrudé, elle a l'avantage d'être simple, économique et de conserver toutes les propriétés nutritionnelles du produit.

3.5. DETERMINATION DU COMPORTEMENT RHEOLOGIQUE DE LA FORMULATION CORRIGE

3.5.1. Matériel

On a utilisé le même matériel que dans les essais précédents (3.1.2.1.).

3.5.2. Méthode

La méthode de préparation est celle employée précédemment (3.1.2.2.).

L'échantillon étudié correspond à la formule suivante :

Brisures de tamisage de riz extrudées	56
Farine de coton glandless extrudée	23
Farine de brisures de tamisage de riz	10
Poudre de lait écrémé	10
Huile d'arachide	4
Saccharose	5
Complexe vitaminique	0,1
Arômes, Antioxydants	0,1
CO ₃ Ca, Fe (II)	0,5

Les paramètres d'extrusion étant les mêmes.

3.5.3. Résultats

La représentation du rhéogramme sur la Figure 2 ainsi que le rassemblement de quelques valeurs dans le Tableau 5 permettent de constater :

- L'apparition d'un seuil d'écoulement comme pour la bouillie traditionnelle quoi que d'environ 40 % inférieur (1440 dynes/cm²).
- Une augmentation importante de la viscosité apparente d'autant plus importante qu'on approche, aux faibles vitesses de cisaillement, la zone de perception ovale.

TABLEAU 5

ALIMENT POUR ENFANTS, FORMULATION CORRIGEE

VISCOSITE APPARENTE EN FONCTION DE LA VITESSE DE CISAILLEMENT

(Poises)	151	23,5	15	12	10,2
(s ⁻¹)	10	100	200	300	400

3.6. CONCLUSION

L'étude du comportement rhéologique de la bouillie préparée traditionnellement au Tchad, d'après les données et échantillons transmis par la Bureau de Promotion Industrielle, a permis de constater une notable différence avec le produit fabriqué industriellement.

Les principales différences détectées dans le produit d'essai par rapport à la bouillie sont l'absence de seuil d'écoulement et une viscosité beaucoup plus faible. Cela vient du fait que le procédé de cuisson-extrusion hydrolyse fortement les polyholosides ce qui favorise grandement leur digestibilité.

.../...

D'autre part, le taux élevé de protéines dans le produit expérimental - environ 2,2 fois celui de la bouillie - provoque une diminution équivalente de la quantité de polyholosides qui sont les principaux agents épaississants.

Afin de pouvoir conserver la digestibilité et les propriétés nutritionnelles de la formulation étudiée auparavant, on a choisi de remplacer uniquement les 10 % de la farine de riz précuite par la même quantité de farine de riz naturelle.

Cette solution a permis d'obtenir un produit de texture apparemment similaire, quoi que de viscosité sensiblement inférieure à la bouillie traditionnelle, mais similaire aux produits commercialisés en Europe et même en Afrique.

Pour ce qui concerne les propriétés rhéologiques de la bouillie traditionnelle, il apparaît que la concentration de 20 % retenue pour les mesures de viscosité soit excessivement élevée. En effet, la viscosité est tellement élevée, qu'on peut se demander comment elle pourrait être ingérée dans ces conditions. Probablement, il doit y avoir une dilution préalable à l'ingestion, ce qui, malheureusement, diminuerait le total des calories et des protéines ingérées par jour.

Bien que la solution pour augmenter la viscosité du VITATCHAD existe, on a préféré fabriquer un produit prêt à l'emploi qui n'ait pas besoin d'une dilution supplémentaire en raison de sa viscosité plus basse et cela afin de préserver l'ingestion journalière minimale des enfants.

A cet effet, il faut rappeler que les dernières enquêtes nutritionnelles en Afrique ont révélé que les biberons obtenus par dilution de lait en poudre étaient systématiquement sous concentrés, les jeunes mères considérant que la dose était correcte dès que le liquide devenait blanc.

4. COMPOSITION DU PRODUIT ET PROPRIETES NUTRITIONNELLES

4.1. OBJET DE L'ETUDE

L'objet de cette étude est de vérifier expérimentalement les conclusions théoriques dégagées de l'étude de factibilité du projet.

4.2. DOSAGE DES PROTEINES

4.2.1. Méthode : Kjeldahl. AOAC 2049

4.2.2. Principe : L'azote des protéines est converti en sel d'ammonium inorganique qui est transformé en ammoniacque et titré.

4.2.3. Résultats

Matière sèche	:	93,82 %
N total	:	3,92 % sur produit sec
Protéines (N x 6,25)	:	24,5 % sur produit sec
<u>Protéines (N x 6,25)</u>	:	<u>22,9 % (1)</u>

(1) sur produit à son humidité d'équilibre.

4.3. DOSAGE DES LIPIDES

4.3.1. Méthode : AOAC 14.018 et AOAC 7.045

4.3.2. Principe : Extraction par l'éther et gravimétrie.

4.3.3. Résultats

Lipides totaux : 5,45 % (sur produit fini).

4.4. DOSAGE DES GLUCIDES

4.4.1. Méthode : Extraction sélective et dosage des oses selon AOAC 22.093 et détermination des polyholosides dans le résidu par la méthode du phénol-sulfurique (DUBOIS et al. Nature, 168, 167, 1951).

.../...

4.4.2. Principe

Les oses sont extraits à chaud par la pyridine et transformés en dérivés silylés qui peuvent être dosés par chromatographie en phase gazeuse. Les polyholosides sont extraits en milieu aqueux et alcalin et dosés par colorimétrie.

4.4.3. Matériel

- Spectrophotomètre VARIAN, largeur de bande 2 nanomètres.
- Chromatographe en phase gazeuse PERKIN-ELMER.
DéTECTEURS TD.

4.4.4. Résultats

Glucides totaux : 59,8 % (sur produit fini).

4.5. DOSAGE DES ACIDES AMINES

4.5.1. Méthode : Robbins et al. (J. Agr. Food Chem., 3, 536, 1971).

4.5.2. Matériel :

- Analyseur automatique Beckman modèle 121 (1970).

4.5.3. Résultats

L'ensemble des résultats sont donnés dans le tableau 6.

.../...

TABLEAU 6

TENEUR EN ACIDES AMINES DU VITATCHAD EN g/16 g. M

CYSTINE	1,47
A. ASPARTIQUE	8,33
METHIONINE	1,63
THREONINE	2,9
SERINE	4,33
A. GLUTAMIQUE	18,99
PROLINE	5,18
GLYCINE	3,47
ALANINE	3,79
VALINE	4,37
ISOLEUCINE	3,31
LEUCINE	6,98
TYROSINE	2,0
PHENYLALANINE	4,82
LYSINE	5,63 (4,97 DISPONIBLE)
HISTIDINE	2,41
ARGININE	8,89
TRYPTOPHANE	1,11

4.6. COEFFICIENT D'EFFICACITE PROETIQUE (PER)

4.6.1. Méthode : AOAC 43.183

4.6.2. Principe : Le coefficient d'efficacité protéique (PER) est défini comme :

$$\text{PER} = \frac{\text{GAIN DE POIDS}}{\text{POIDS DES PROTEINES INGEREES}}$$

L'expérience a été conduite pendant 28 jours avec deux lots de 10 rats âgés de 24 jours. L'un des deux lots alimenté avec un mélange standard contenant uniquement de la caséine comme protéine, est considéré comme référence.

4.6.3. Résultats

Les résultats sont donnés dans le tableau 7

TABLEAU 7

DETERMINATION DE LA VALEUR BIOLOGIQUE DES PROTEINES

PARAMETRE	LOT TEMOIN (CASEINE)	LOT EXPERIMENTAL (VITATCHAD)
NOMBRE D'INDIVIDUS	10	10
AGE (JOURS)	24	24
DUREE (JOURS)	28	28
POIDS MOYEN INITIAL (8)	63,2	64
GRAIN DE POIDS MOYEN(8)	67,2	74,15
ALIMENTS CONSOMME (8)	291	338
PROTEINES INGEREES (8)	24,9	28,7
COEFF. D'EFFICACITE PROTEIQUE (PER)	2,7	2,6
PER STANDARDISE	2,5	2,4

4.7. ANALYSE MICROBIOLOGIQUE

Cette analyse a pour objet de confirmer l'innocuité du produit à la consommation après mélange et conditionnement.

4.7.1. Méthodes

Les méthodes employées ont été les suivantes :

Aérobies totaux	:	AOAC	46038
Coliformes dont <u>E. Coli</u>	:	AOAC	46039
Staphylocoques (Coagulase +)	:	AOAC	46040
<u>Salmonella</u>	:	AOAC	46013
Levures et moisissures	:	AOAC	44099; AOAC 44093

4.7.2. Résultats

Ceux-ci sont rassemblés dans le tableau 8.

TABLEAU 8

DENOMBREMENT DE GERMES PAR GRAMME

Aérobies totaux	8.10^3
Coliformes	2
<u>E. Coli</u>	négative
Staphylocoques (Coagulase +)	2
<u>Salmonella</u>	négative
Moisissures	6.10^2

4.8. CONCLUSIONS

4.8.1. Composition

La teneur en protéines, glucides et lipides du VITATCHAD ainsi que celle d'autres aliments de sevrage industriels sont comparées dans le TABLEAU 9 avec la bouillie traditionnelle du Tchad, enrichie en lait en poudre (10 %).

TABLEAU 9

	: SUPERAMINE (ALGERIE)	: CSM N° 2 (USA)	: VITATCHAD	: BOUILLIE + 10% POUDRE DE LAIT
PROTIDE	: 19,7	: 19	: 23	: 10,4
GLUCIDES	: 57,5	: 56	: 60	: 69
LIPIDES	: 3,4	: 6,0	: 5,4	: 1,8
PROT/GLUC.	: 0,34	: 0,34	: 0,38	: 0,15
PER standardisé	: 2,20	: 2,5	: 2,4	: 1,5

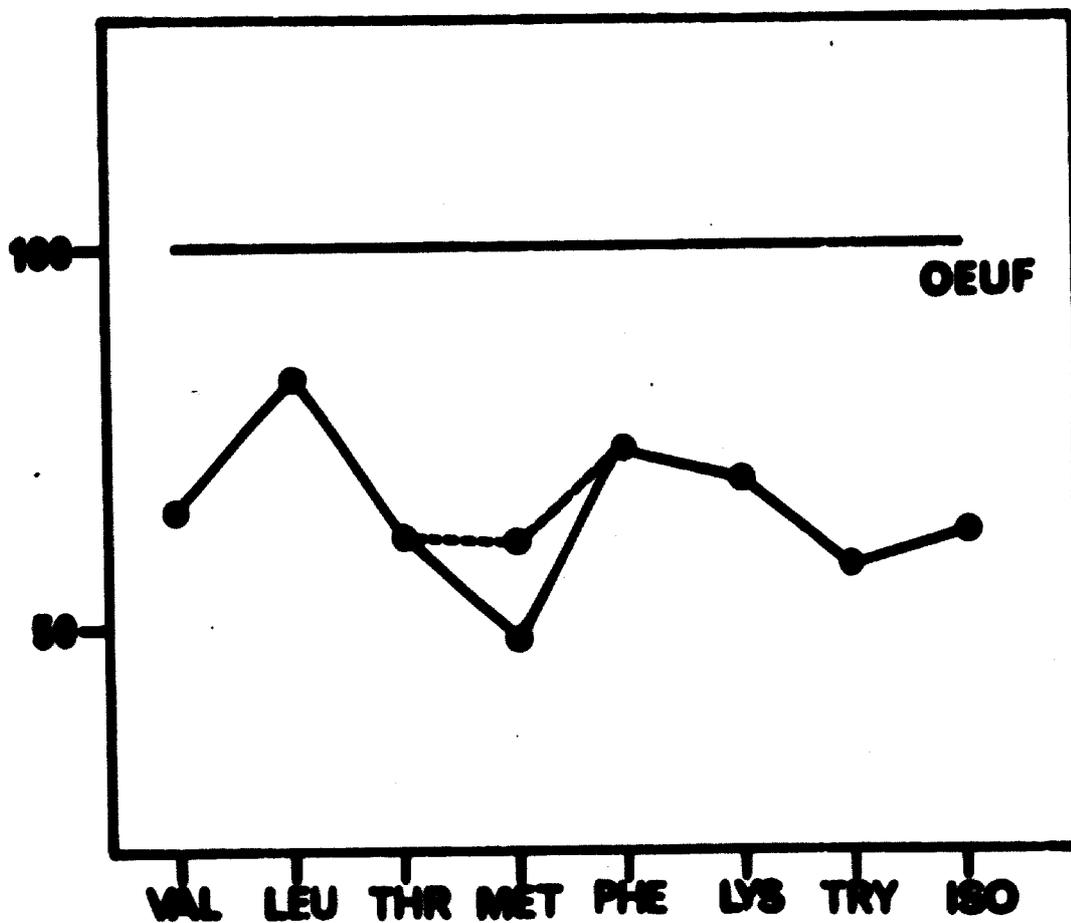
Par rapport aux autres produits similaires, le VITATCHAD semble avoir un très bon coefficient d'efficacité protéique standardisé et une teneur en protides très largement suffisante. Ce dernier point est intéressant à souligner, car 70 g. de produit sont suffisants pour compléter l'apport protéique nécessaire à un enfant de 1-3 ans.

Le même tableau permet, aussi, de comparer les performances des produits fabriqués industriellement par rapport à la bouillie traditionnelle de mil.

4.8.2. Acides aminés

Bien que le coefficient d'efficacité protéique (PER) permet de constater expérimentalement la valeur biologique des mélanges de protéines, le dosage des acides aminés du produit et sa comparaison par rapport à l'oeuf, permet de vérifier l'équilibre de la formulation.

La représentation graphique de ces données sur la Figure 3 permet de constater que la formulation serait d'autant plus équilibrée que le taux de méthionine pourrait être augmenté. On a donc représenté les valeurs correspondant à la formule essayée (ligne en continu) ainsi que celles correspondant à la même formule additionnée de 0,2 % de DL-Méthionine (ligne en pointillé). Cet enrichissement est hautement recommandable.



5. DEPISTAGE DES CONTAMINANTS ET FACTEURS ANTINUTRITIONNELS

5.1. GOSSYPOL LIBRE

Le gossypol est un poliphénol qui se trouve naturellement dans la famille *Gossypium* ordre Malvaceae. Cet aldéhyde a des propriétés toxiques pour les non-ruminants et c'est pour cette raison que la variété de coton employé dans cette étude est caractérisé par une faible quantité de gossypol libre.

D'autre part, le Groupe Consultatif sur les protéines du Comité mixte FAO/OMS/UNICEF recommande comme maximum pour la consommation humaine 0,06 % de gossypol libre dans la farine de coton.

Récemment la Food and Drug Administration (Fed. Regist. USA. July 13, 1972) a établi le seuil à 0,045 % de gossypol libre.

5.1.1. Méthode

Méthode de Pons, tentative de méthode officielle de l'AOAC (Walter A. Pons, Jr. Journal of the AOAC, 60, 251 (1977)).

5.1.2. Principe

Extraction du gossypol libre et détermination spectrophotométrique du produit de réaction du gossypol avec la p-anysidine.

5.1.3. Matériel

- Spectrophotomètre VARIAN. Largeur de bande 2 mm.
- Gossypol standard fourni par MAKOR CHEMICALS LTD. JERUSALEM ISRAEL.
- Farine de coton glandless. Fournisseur : Food Protein Research and Développement Center. Texas A.M. University USA).

5.1.4. Dosages effectués

On a effectué 6 dosages de la teneur en gossypol libre de la farine de coton glandless.

5.1.5. Résultats

Teneur moyenne en gossypol libre de la farine de coton glandless : 0,013 ± 0,001 %.

La teneur en gossypol libre dans la totalité d'aliment préparé serait donc inférieure de 0,008 %, c'est à dire 5,5 fois inférieure au maximum autorisé par la Food and Drug Administration.

5.2. AFLATOXINES B₁ et B₂

Les aflatoxines sont des toxiques très puissants secrétés par une moisissure (*Aspergillus Flavus*) qui se développe occasionnellement dans quelques céréales et aussi dans les farines et tourteaux de coton mal séchées.

Avant d'envisager les tests de dégustation, il est indispensable de procéder au dépistage d'une éventuelle contamination.

5.2.1. Méthode

La méthode employée est la norme officielle d'analyse de l'Association of Official Analytical Chemist". AOAC N° 26.048.

5.2.2. Principe

Les aflatoxines B₁, B₂, G₁ et G₂ sont extraites au chloroforme et séparées par chromatographie sur couche mince.

Le dosage est fait : soit par densitométrie, soit par élution et mesure de la densité optique sur un spectrophotomètre dans la zone de l'ultraviolet.

5.2.3. Matériel

- Solutions standards d'aflatoxines B₁ et B₂ et solutions non standardisées d'aflatoxines B₁, B₂, G₁ et G₂ (Rijks Instituut voor de Volksgezondheid).
- Plaques chromatographie couche mince : More N° 5744
- Spectrophotomètre VARIAN, largeur de bande 2 mm.
- Farine de coton glandless. Texas A.M. University.

5.2.4. Dosages effectués

On a effectué 3 déterminations complètes pour la mise au point et standardisation de la méthode et six déterminations de la teneur en aflatoxines de la farine de coton sans gossypol.

5.2.5. Résultats

Aucune trace d'aflatoxines n'a été décelée.

5.3. RESIDUS DE PESTICIDES

Du fait du traitement industriel de la graine de coton qui est soumise à l'extraction à chaud par solvants, la plupart des résidus de pesticides passent vers la phase lipidique et la farine résultante en est raisonnablement exempte. Probablement, les brisures de tamisage de riz, qui ont subi un décorticage préalable, se trouvent dans le même cas.

Néanmoins et comme mesure de précaution, nous avons entrepris de doser ou d'identifier les pesticides plus abondamment utilisés, c'est à dire les pesticides chlorés et phosphatés.

5.3.1. Méthode

Chapitre 29. AOAC Chapitre 29. Normes 29001 et suivantes.

5.3.2. Principe

Extraction par l'acrylonitrile, purification par chromatographie sur colonne, dosage et identification par chromatographie en phase gazeuse.

5.3.3. Matériel

- Florisil 60/100 PR comme support pour la chromatographie sur colonne.
- Colonne de chromatographie gazeuse : Verre environ 185 cm; chromosorb.W.H.P./Silicone 200 (DOW). 12500 csk.
- Mélange insecticides chlorés comme standard interne.
- Chromatographe : Perquin Elmer. Détecteurs ECD et TD.
- Conditions d'opération : Injecteur 225°C, colonne 200°C, Détecteur 210°C, Débit N 120.ml/min.

5.3.4. Résultats

Les résultats obtenus sont les suivants :

<u>Pesticide</u>	<u>Quantité en p.p.m</u>
Aldrin	-
Dieldrin	traces
D.D.D.	-
Heptachlor	0,005
Methoxychlor	-

5.3.5. Conclusions

Les résultats du dosage des aflatoxines, gossypol libre et résidus de pesticides, prouvent que le produit considéré est apte à la consommation humaine. Pour mémoire, on a rassemblé l'ensemble des résultats et les doses maximales autorisées dans le tableau 10.

TABLEAU 10DOSAGE DES CONTAMINANTS SUR LE PRODUIT FINAL

PRODUIT	DOSAGE (ppm)	MAXIMUM AUTORISE (ppm)
Gossypol libre	79	440 (NRC)
Aflatoxines	-	-
Aldrin	-	-
Deldrin	-	-
D.D.D.	-	-
Heptachlor	0,006	0,01 (FAO)
Methoxychlor	-	-

6. ETUDE DU CONDITIONNEMENT ET CONSERVATION DU PRODUIT6.1. CONDITIONNEMENT

Le produit a été conditionné en sachets thermosoudés en complexe Kraft blanc 40g/Aluminium 0,009/Polyéthylène 20 g, conformément aux caractéristiques citées dans l'étude de factibilité (Rapport ONUDI DP/CHD/72/008/11-03).

La surface de complexe nécessaire a été de 52 x 25, soit 1250 cm² pour 1 Kg de produit.

6.2. CONSERVATION DU PRODUIT

Faute de pouvoir exposer le produit aux conditions climatiques existantes au Tchad, on a essayé d'évaluer la durée de conservation du produit moyennant des essais de vieillissement accéléré. Bien que la dégradation de la vitamine A ne soit pas

.../...

perceptible organoleptiquement, on a retenu le seuil de 10.000 U.I/Kg comme teneur minimale du VITATCHAD pour la consommation. En dessous de cette valeur, bien que le produit peut être organoleptiquement de bonne qualité, on considère qu'il est nutritionnellement périmé.

6.3. DOSAGE DE LA VITAMINE A

6.3.1. Méthode

Méthode de Larr-Price. AOAC N° 43008.

6.3.2. Principe

La vitamine A est extraite du produit et purifiée par chromatographie sur colonne. La vitamine est dosée par mesure de la densité optique à 620 nm., du produit coloré formé par réaction avec le trichlorure d'antimoine.

6.3.3. Matériel

- Spectrophotomètre VARIAN à lecture digitale avec une largeur de bande de 2 nanomètres.
- Colonne de chromatographie. Alumine. Grade 1.
- Solution de vitamine A étalon.

6.3.4. Echantillon étudié

Aliment complet VITATCHAD après conditionnement en sachets de 1 Kg et placés à 45°C pour des périodes de temps variables allant de 0 à 3 Mois.

6.3.5. Résultats

Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant :

Temps (mois)	VITAMINE A/Kg (U.I.)
0	24.600 ± 600
0,5	24.300 ± 300
1	22.900 ± 350
1,5	22.300 ± 400
2	18.500 ± 600
2,5	18.100 ± 600
3	17.300 ± 700

Ce qui correspond à une diminution d'environ 30 % en 3 mois.

6.3.6. Conclusions

Etant donné que le temps alloué pour l'ensemble de cette étude n'est pas suffisant pour pouvoir mesurer réellement la durée de conservation du produit, on a dû procéder par extrapolation.

En effet, les données analytiques peuvent s'assimiler à une courbe de régression linéaire d'équation :

$$y = 2764 x + 25289 \quad r = 0,96$$

x étant le temps en mois et y les quantités de vitamine A en U.I.

Si on choisit cette hypothèse, le temps de conservation du produit serait d'environ 6 mois, c'est à dire la teneur en vitamine A descendrait à 10.000 U.I. après 6 mois de stockage à 45°C.

7. POSSIBILITES D'UTILISATION DE L'INSTALLATION POUR LA FABRICATION DE BISCUITS

7.1. OBJET DE L'ETUDE

Etant donné que le volume de l'investissement pour une usine d'aliments pour enfants est relativement important et sa rentabilité difficile à assurer dans le cadre économique du Tchad, tout nouveau produit qui pourrait s'ajouter à la gamme de fabrication aurait un intérêt en soi.

Actuellement, et à condition d'utiliser une formulation permettant une forte expansion à la sortie de l'extrudeur, il est possible de fabriquer des biscuits connaissant un fort succès dans les pays développés.

L'objet de cette étude exploratoire est d'essayer d'obtenir la possibilité de fabriquer des biscuits de façon automatique, par extrusion et découpage, ayant des propriétés nutritives similaires aux aliments pour enfants étudiés.

7.2. EXPERIENCES EFFECTUEES

7.2.1. Biscuits de farine de coton/riz

Il a été relativement simple d'obtenir des biscuits d'excellente texture et légèreté par extrusion d'un mélange composé de 66 % de farine de riz et 34 % de farine de coton glandless. Les biscuits ainsi fabriqués contiennent environ 19 % de protéines et de ce fait sont aussi riches que la viande, quoi que la distribution d'acides aminés n'est pas équilibrée. Ils manquent manifestement de sucre et aromatisants.

7.2.2. Biscuits de farine de coton/riz/lait/sucre

Ces biscuits qui ont été aromatisés au cacao ont une saveur assez agréable, mais ils sont nettement moins aérés que les précédents.

D'un point de vue nutritionnel, ils sont assez similaires à l'aliment pour enfants VITATCHAD malgré une certaine dégradation des protéines due à la réaction de Maillard.

Au cours des essais de fabrication, sont apparues certaines difficultés, notamment au niveau du découpage automatique. Apparemment ces difficultés viennent du sucre ajouté qui produit un effet termoplastique sur le ruban sortant de l'extrudeur et de ce fait, les couteaux hydrauliques appuient sur une surface encore plastique et non cassante.

Il est fort probable, que l'adjonction d'une partie du sucre en pluie fine sur le ruban à la sortie de l'extrudeuse puisse résoudre ce problème, mais le manque d'échantillons nous a empêché de poursuivre les essais.

7.2.3. Conclusion

Les précédents essais ont permis de montrer qu'il existe une nette possibilité de produire des biscuits plats avec la même installation conçue pour la fabrication d'aliments pour enfants en bas âge. Ces essais n'ont pas permis la mise au point du produit final du fait du manque de farine de coton, mais ils sont intéressants pour trois raisons : d'abord par la possibilité qu'offrent ces produits d'améliorer la rentabilité de l'installation; ensuite parce que le produit fabriqué a des propriétés nutritives nettement supérieures aux biscuits de farine de blé et finalement parce que les matières premières existent sur place.

8. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'ensemble des essais de fabrication et des analyses effectués permettent de dégager les conclusions suivantes :

- 1°) Le produit est techniquement réalisable et le procédé de cuisson-extrusion semble bien adapté pour ce produit. Les réglages sont simples et la mise au point de l'installation ne devrait pas être un problème majeur.

- 2°) L'utilisation de la farine de coton glandless ainsi que les brisures de tamisage de riz produites localement permettent d'obtenir une formule assez équilibrée à condition de les enrichir avec 0,2 % de DL-Méthionine. Pratiquement, les protéines et le support glucidique sont d'origine tchadienne, à l'exception du lait en poudre.
- 3°) La texture finale de la bouillie fabriquée avec CITATCHAD est relativement proche des bouillies de mil utilisées au Tchad.
- 4°) D'après les essais de vieillissement effectués, on peut espérer une bonne conservation durant 6 mois.
- 5°) Cependant, les deux derniers points, ainsi que l'aromatisation au cacao doivent être confirmés par des essais et des tests d'acceptabilité au Tchad.

Par conséquent, l'expert recommande :

- D'effectuer les tests de dégustation nécessaires afin d'évaluer l'acceptabilité du produit par les mères tchadiennes. Ces tests devront obligatoirement être effectués sur place, en milieu urbain et en milieu rural, toutes ethnies statistiquement confondues.
- L'expert recommande, aussi, d'évaluer l'influence de l'aromatisation au cacao moyennant des tests différents sur des échantillons avec ou sans cacao.
- Ce n'est que si ces tests de dégustation se révélaient positifs et que l'approvisionnement en farine de coton glandless soit assuré, que le projet d'usine pourrait être lancé.

ANNEXE 1

PROTOCOLE DE FABRICATION, FORMULATION ET INSTRUCTION POUR LA
PREPARATION DES BOUILLIES

METHODES DE FABRICATION

La séquence des opérations effectuées, a été la suivante :

1. Prémélange de la farine de riz et de la farine de coton glandless (mélange en poudre)
2. Préchauffage de l'extrudeuse. Température de l'indutherm 130°C.
Temps : 30 minutes.
3. Démarrage très lent de l'extrudeuse avec de la farine de riz uniquement. Taux d'eau sur la farine : 20 %.
4. Substitution progressive de la farine de riz par le mélange préparé en 1. Descendre le débit d'eau de la pompe doseuse jusqu'à obtenir 8 % d'eau sur la farine.
5. Mettre en route les couteaux automatiques et transporter sur tapis roulant les "pelottes" vers le broyeur. Stocker la poudre obtenue.
6. Préparer un prémélange avec le lait en poudre, vitamines, saccharose en poudre et cacao.
7. Calculer la quantité d'huile d'arachide nécessaire à ajouter à la formule. La quantité d'huile à ajouter peut être supprimée dans le cas où la farine de coton serait encore suffisamment riche en huile. Dissoudre 0,01 % de BHT dans l'huile.
8. Introduire le prémélange 6 dans un agitateur à poudres en régime turbulent et pulvériser l'huile à 5 Kg/cm. Ajouter la poudre obtenue en 5 et mélanger pendant 30 minutes.
9. Conditionner et stocker.

FORMULATION FINALE RETENUE

Mélange à extruder :

Farine de brisures de tamisage de riz	66
Farine de coton glandless	23

Mélange sans extruder :

Farine de brisures de tamisage de riz	10
Poudre de lait écrémé	10
Huile d'arachide	5
Saccharose	7
Cacao délipidé	3
Antioxydant (BHT)	0,003
Complexe vitaminique ROCHE	0,1
Carbonate de calcium (ou poudre d'huitres)	0,49
Lactate de fer (II)	0,01
DL-Méthionine (optionnel)	0,2

COMPOSITION DU COMPLEXE VITAMINE

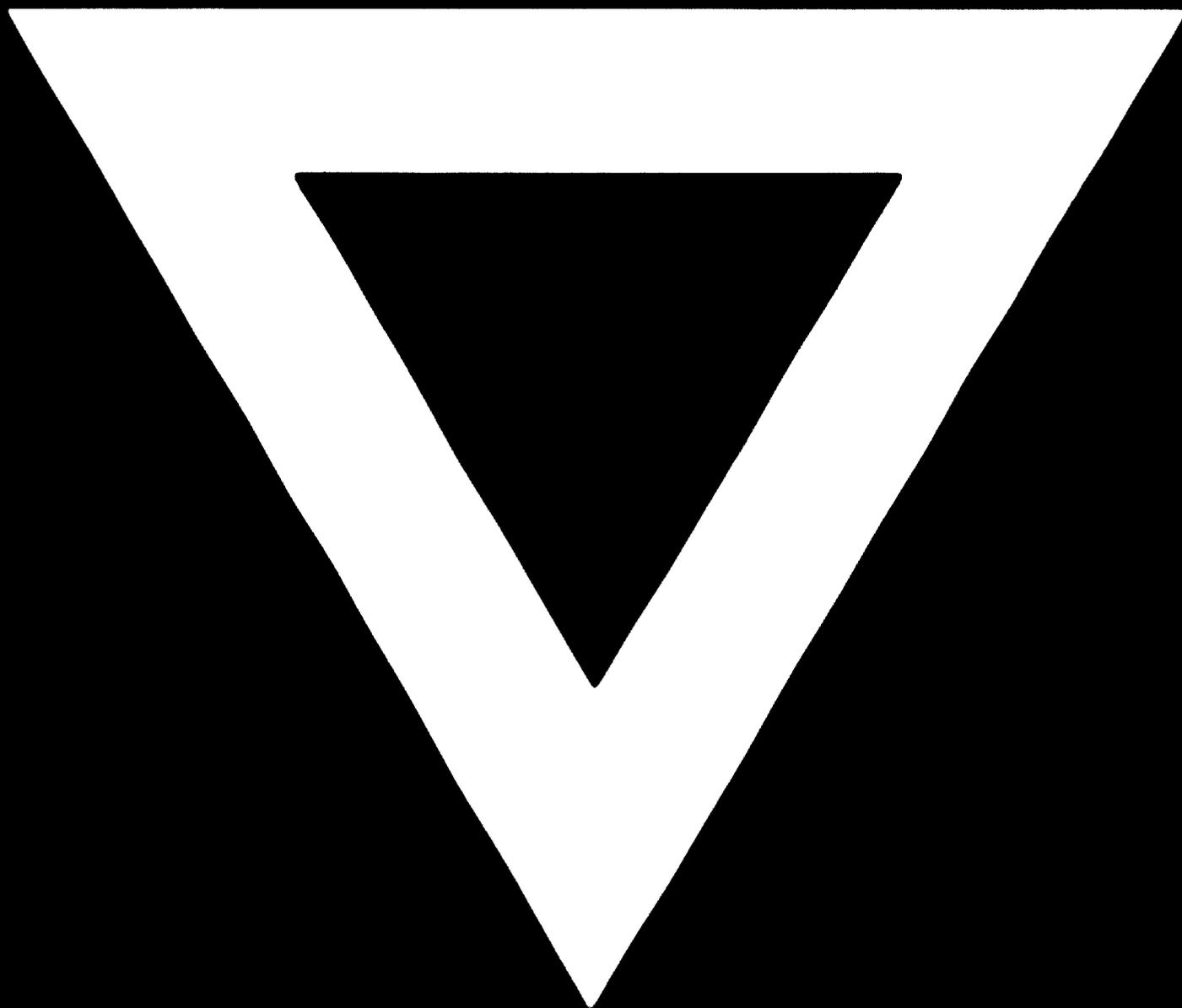
Vitamine A	25 mio U.I./Kg
" D2	4 mio U.I./Kg
" B1	4 g./Kg
" B2	8 g./Kg
" B6	5 g./Kg
" PP	50 g./Kg
" C	500 g./Kg

Excipient : CO₂ Ca

PREPARATION DE LA BOUILLIE

Pour une bouillie à 15 % de solides, peser 15 g et les ajouter en agitant sur 85 ml d'eau froide. Sans cesser d'agiter, porter le tout à ébullition et laisser refroidir à 40°C.

G-899



82.09.23

