

N° d'ordre :
BURKINA FASO

Unité-Progrès-Justice

**MINISTERE DES
ENSEIGNEMENTS
SECONDAIRE ET SUPERIEUR**

Université Polytechnique de
Bobo-Dioulasso (UPB)



Institut des Sciences de la Nature et
de la Vie (ISNV)

Génie-biologique
Option : Agroalimentaire

**MINISTERE DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET DE L'INNOVATION**

Centre National de la Recherche
Scientifique et Technologique
(CNRST)



Institut de Recherche en Sciences
Appliquées et Technologies
(IRSAT)

Département Technologie Alimentaire
(DTA)

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

Présenté par TAPSOBA Aude Roméo Basné-Wendé

Pour l'obtention de la Licence professionnelle en Agroalimentaire

THEME :

**Formulation, élaboration d'aliments et boissons
locaux en atelier pilote à base de pulpe de baobab
(*Adansonia digitata L.*).**

Soutenu le 29 avril 2011 devant le jury :

Président du jury:

Dr. Juliette TRANCHOT-
DIALLO

Membres :

Dr. Hagrétou SAWADOGO/
LINGANI
M. Lassina OUATTARA

Avant propos

Au Burkina Faso comme dans la plupart des pays en voie de développement, la question de pallier au sous développement ne cesse de hanter les mentalités. Ce développement passe entre autre par l'éducation et la formation humaine ; c'est dans cette perspective que l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB) a ouvert ses portes en Octobre 1997. Elle tire ses origines du Centre Universitaire de Bobo-Dioulasso qui a été créé en 1994 dans le but de décentraliser l'Enseignement Supérieur. L'UPB est un établissement d'Enseignement Supérieur à caractère public. Cette Université compte de nos jours cinq instituts et une école : l'Institut des Sciences de la Nature et de la Vie (ISNV), l'Institut des Sciences Exactes et Appliquées (ISEA), l'Institut Universitaire de Technologie (IUT), l'Institut du Développement Rural (IDR), l'Institut Supérieur des Sciences de la Santé (INSSA) et l'Ecole Supérieure d'Informatique (ESI).

L'Institut des Sciences de la Nature et de la Vie est l'institut au sein duquel nous avons eu la chance d'effectuer nos études. Cet institut a vu le jour en Octobre 2004 et il propose deux filières d'études :

- La filière DEUG Agronomie qui est sanctionnée par un Diplôme d'Etude Universitaire Général au bout de deux années d'études ;
- La filière Génie Biologique qui aboutit à une Licence Professionnelle après trois années d'études. Cette filière est caractérisée par trois options :
 - Analyse Biologique ;
 - Diététique et Nutrition ;
 - Agroalimentaire qui est la seule option effective pour le moment ; elle constitue l'option de notre formation.

Dans le cadre de notre formation, il est prévu un stage pratique de six mois en troisième année. Pendant ce stage, l'étudiant doit consolider les connaissances théoriques par la pratique. Il doit aussi mener un travail personnel sur un thème dans le cadre d'un mémoire de fin de cycle. C'est dans cet objectif que nous avons effectué notre stage au Département Technologie Alimentaire de l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies, institut relevant du Centre National de Recherche Scientifique et Technologique.

Dédicace

- *A mon père.*
- *A ma mère.*
- *A mes frères et sœurs. J'espère être à la hauteur.*

REMERCIEMENT

Ce mémoire ne saurait être réalisé sans l'effort consenti des personnes que nous remercions d'une façon particulière :

- _ Dr WEREME Alhadi, Directeur de l'IRSAT pour avoir bien voulu accepter notre demande de stage.
- _ Les responsables de L'UPB en général et l'administration de l'ISNV en particulier pour nous avoir facilité les démarches pour l'obtention du stage ;
- _ Dr Bréhima DIAWARA, Maître de recherche, Chef du DTA pour avoir voulu nous recevoir au sein de son département et nous avoir permis de travailler dans de bonnes conditions.
- _ Mr Lassina OUATTARA, enseignant de biochimie métabolique et structurale à l'UPB/ISNV, directeur de mémoire, pour sa compréhension, son assistance et son intérêt particulier pour notre travail.
- _ Dr Hagrétou SAWADOGO/ LINGANI, Chargée de recherche et responsable scientifique du laboratoire de microbiologie du DTA pour sa disponibilité et son assistance scientifique pendant les travaux. Elle a prêté une attention sensible à toutes nos préoccupations, à travers ses conseils. Nous voudrions ici lui exprimer notre profonde et respectueuse gratitude.
- _ Dr Jean- Baptiste ILBOUDO, Maître assistant, Directeur de l'ISNV pour tous ses efforts consentis.
- _ Dr Juliette DIALLO/TRANCHOT, Maître assistant, enseignante à l'ISNV.
- _ Dr Léguet GANOU, Chargé de recherche et responsable scientifique du laboratoire de physico-chimie du DTA pour tous ses encouragements maintes fois renouvelés.
- _ Dr Laurencia OUATTARA/ SONGRE, Attachée de recherche au DTA pour ses directives pendant notre recherche bibliographique.
- _ Mr Boniface BOUGOUMA, Ingénieur de recherche au DTA pour les moments d'expériences en sa compagnie.
- _ Mr Charles PARKOUDA, Ingénieur de recherche au DTA pour l'attention prêtée à nos travaux et sa grande aide.
- _ Mr Donatien KABORE, Ingénieur de recherche au DTA pour son attention, son aide et ses conseils.

- _ Mme Clarisse DAWENDE/ COMPAORE, PhD au DTA pour ses directives pendant notre recherche bibliographique.
- _ Mme Fatoumata BA/ HAMA, Ingénieur de recherche, responsable de la section gomme arabique du DTA pour sa précieuse aide.
- _ Mme Jacqueline KONATE/ SOURATIE, responsable technique du laboratoire d'analyses sensorielles du DTA.
- _ Mme Kadiétou ZIDA, responsable scientifique du laboratoire d'analyses sensorielles pour sa patience.
- _ Mr Michel COMBARI, responsable technique du laboratoire de physico-chimie du DTA pour son assistance technique ainsi que les moments d'ambiance que nous avons vécus.
- _ Mme Mamounata CONGO, technicienne du laboratoire de microbiologie du DTA pour son assistance pendant nos analyses.
- _ Dr Younoussa MILLOGO, Directeur adjoint de l'ISNV pour les différentes planifications de notre formation académique.
- _ Mme Djénéba TAPSOBA, Responsable de l'Antenne Ouest du Programme d'Appui aux Filières Agro-Sylvo-Pastorales, pour tout son soutien et son intérêt manifeste.
- _ Mr Aboubacar S. DAO, stagiaire au DTA pour son aide et son dévouement.
- _ Mr Inoussa KY, technicien du laboratoire de physico-chimie pour son assistance lors de nos analyses.
- _ Mr Daouda FOFANA, manager de l'atelier pilote du DTA.
- _ Mlle Sylvie KIENDREBEOGO, secrétaire au DTA.
- _ Tout le personnel du DTA pour les instants de convivialités et de pleines expériences dont il m'a fait bénéficier.
- _ Tous nos camarades stagiaires du DTA pour les instants de cordialités.
- _ Notre famille, en particulier Marius OUEDRAOGO, Simon OUEDRAOGO, Roger OUEDRAOGO, Prospère TAPSOBA, Joseph TAPSOBA, Edmond TAPSOBA, Idrissa KONDA et famille ; mes tantes Joséphine SAVADOGO/TAPSOBA, Angélique KABORE/TAPSOBA, Evelyne BAZIE et Amina KANSONO.
- _ Nos amis, en particulier Médina, Léa, Thamar, Assita, Carine et Carole, Christian, Kader, Patrice et Patrick, Steve, Brice, Théophile, Désiré et Eric pour leur assistance amicale et fraternelle à mon égard.
- _ Nous remercions enfin toutes les personnes qui, de près ou de loin ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce mémoire.

LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES

AMB : Aerobic Mesophilic Bacteria

CFU: Colony Forming Unity

cm: centimètre

DM : Dry Matter

DTA : Département Technologie Alimentaire

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation

FMAT : Flore Mésophile Aérobie Totale

g : gramme

ISO: Organisation internationale de normalisation

ISNV : Institut des Sciences de la Nature et de la Vie

kcal : kilocalorie

kg : kilogramme

KOH : hydroxyde de potassium

mEq : milliéquivalent

mg : milligramme

MS : matière sèche

m/m : masse pour masse

NaCl : Chlorure de sodium

ND : Non Déterminé

NF : Norme Française

PCA : Plate Count Agar

PDCO : patate douce à chair orange

Photo : photographie

PME/PMI : Petites et moyennes entreprises/ petites et moyennes industries

UPB : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso

UFC : Unité Formant Colonie

°Brix : degré Brix

°C : degré Celsius

% : pourcentage

μorg : microorganisme

μm : micromètre

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Diagramme de production du nectar.....	15
Figure 2 : Diagramme de production des pâtes de fruit.....	17
Figure 3 : Diagramme de production des confitures.....	21
Figure 4 : Evolution du °Brix des confitures de pulpe de fruit du baobab pendant la cuisson.....	52

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photo 1 : <i>Adansonia digitata L.</i> (baobab).....	8
Photo 2 : Fruit entier du baobab.....	8
Photo 3 : Fruit cassé du baobab.....	8
Photo 4 : Graines de baobab.....	8
Photo 5 : Nodules de gomme arabique	12
Photo 6 : Gomme arabique atomisée.....	12
Photo 7 : Poudres de pulpe de baobab.....	40
Photo 8 : Nectar non pasteurisé.....	44
Photo 9 : Nectar pasteurisé.....	44
Photo 10 : Confiture type C ₁ et C ₂	55
Photo 11 : Confiture C ₃	55

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Formulation des pâtes de fruit	18
Tableau II : Formulation des confitures	21
Tableau III : Echantillonnage des nectars.....	22
Tableau IV : Composition du fruit de baobab	37
Tableau V : Caractéristiques microbiologiques des pulpes.....	37
Tableau VI : Paramètres physico-chimiques de la matière première (pulpe).....	38
Tableau VII : Caractéristiques physico-chimiques des nectars obtenus	41
Tableau VIII : Paramètres microbiologiques des nectars obtenus	42
Tableau IX : Essais de production de confiseries tendres	45

Tableau X : Caractéristiques microbiologiques des pâtes de fruits obtenus	45
Tableau XI : Paramètres physico-chimiques des pâtes de fruits obtenus	46
Tableau XII : Différence de couleur des pâtes de fruit	48
Tableau XIII : Différence d'odeur des pâtes de fruit	48
Tableau XIV : Différence de goût des pâtes de fruit	49
Tableau XV : Dureté des pâtes de fruit	49
Tableau XVI : Essais de production de confitures.....	50
Tableau XVII : Population microbienne des confitures obtenues	51
Tableau XVIII : Paramètres physico-chimiques confitures obtenues	51
Tableau XIX : Différence de couleur des confitures	53
Tableau XX : Différence d'odeur des confitures	54
Tableau XXI : Différence de goût des confitures	54
Tableau XXII : Consistance des confitures	55

RESUME

Le baobab africain “*Adansonia digitata L.*” est un arbre bien connu de nos régions et qui regorge de nombreuses potentialités. La pulpe est peu exploitée en dépit de ses vertus bien connues. En vue d’une meilleure valorisation de cette pulpe, nous avons menés des études au Département Technologie Alimentaire (DTA/IRSAT/CNRST) et des productions ont été réalisées.

Les produits obtenus (nectar, pâtes de fruits, confitures) ont fait l’objet d’analyses microbiologiques, physico-chimiques et organoleptiques.

La matière première s’est avérée relativement contaminée avec une flore mésophile aérobie totale (FMAT) de l’ordre de 10^4 UFC/ g. La présence de pathogène a aussi été décelée. Sur le plan physico-chimique, la pulpe présente un taux de cendres d’environ 5% MS, un taux de protéine d’environ 2% MS, un taux de glucides totaux d’environ 80% MS et une valeur énergétique théorique d’environ 335 kcal/ 100g.

Le nectar aussi présente des caractéristiques intéressantes sur le plan physico-chimique. Le taux de cendres avoisine 0,8% MS, le taux de glucides totaux 20% MS et la valeur énergétique est de $94,56 \pm 5,47$ kcal/ 100 g. Le nectar de pulpe de baobab peut donc être considéré comme une boisson énergétique. La stabilisation s’est avérée complexe et dépend de la nature des microorganismes contenus dans la matière première. La pasteurisation réduit de façon appréciable la population microbienne, mais parallèlement, elle dégrade les qualités organoleptiques du nectar.

Les pâtes de fruit obtenues présentent une FMAT de l’ordre de 10^3 UFC/ g. Sur le plan physico-chimique, le taux de matière minérale totale varie de 0,81 à 1,38 % en fonction des ingrédients utilisés pour la production. Les analyses sensorielles révèlent que les tendances sont plus dirigées vers un produit de couleur blanchâtre, aromatisé, relativement sucré et pas très dur.

Les confitures obtenues présentent une FMAT de l’ordre de 10^2 - 10^3 UFC/ g et peu de levures et moisissures. Le taux de cendres varie entre 0,40 et 1,18 en fonction des ingrédients utilisés pour la production. La valeur énergétique avoisine 240 kcal/ 100g, la consommation de confiture de pulpe de baobab serait donc bénéfique pour l’organisme. Les préférences du consommateur se dirigent plus vers un produit de couleur agréablement blanchâtre, aromatisé et assez fluide.

Les produits étudiés présentent des caractéristiques très intéressantes et pourraient être mis sur le marché suite à des études microbiologiques et organoleptiques approfondies.

Mots clés : *Adansonia digitata L.*, pulpe, nectar, pâtes de fruit, confiture.

SUMMARY

The african baobab tree “*Adansonia digitata L.*” is well known in our regions and has several potential. The pulp is less exploited despite its well known beneficial properties. In order to increase the value of this pulp, we carried out studies at the “Département Technologie Alimentaire” (DTA/IRSAT/CNRST).

The raw material and the final products (nectar, paste jelly, jam) have been subjected to microbiological, physicochemical and organoleptic analyses.

The raw material showed to be relatively infected with an aerobic mesophilic bacteria (AMB) of a load of 10^4 CFU/g. Pathogenic bacteria have also been detected. The pulp were composed of 5% DM of ash, 2% DM of protein, 80% DM of carbohydrate and a theoric energetic value of 335 kcal/100g.

The nectar also showed some important characteristics at the physicochemical level. The ash rate is closed to 0.8% DM, the total carbohydrate rate 20% DM and the energetic value 94.56 ± 5.47 kcal/100g. The nectar of the pulp of baobab fruit can then be considered as an energetic drink. The stabilization showed to be complex and depend on the nature of the microorganisms contained in the raw material. The pasteurization greatly reduces the number of microorganisms, but on the other hand, it negatively affected the organoleptic quality of the nectar.

The paste jellies has an AMB of a load of 10^3 CFU/g. At the physicochemical level, the total mineral content varied from 0.81 to 1.38% depending on the production ingredients. Sensorial analysis showed that the trends are more oriented towards a whitish product, flavoured, relatively sweet and not too tough.

The resulting jaws showed an AMB of a load of 10^2 - 10^3 CFU/g and less yeasts and filamentous fungi. The ash content is between 0.40 and 1.18% depending on the production ingredients. The energetic value is closed to 240 kcal/100g, the consumption of the pulp of the baobab fruit jaw would then be of a great benefit for the human. The consumer taste is oriented towards a whitish, flavoured and fluidy product.

The studies products have some very important characteristics and could be found on the market after more advanced microbiological and organoleptic studies.

Key words: *Adansonia digitata L.*, pulp, nectar, paste jelly, jaw.

SOMMAIRE

<i>Avant propos</i>	i
<i>Dédicace</i>	ii
REMERCIEMENT	iii
LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES	v
LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES PHOTOGRAPHIES	vi
LISTE DES TABLEAUX	vi
RESUME	viii
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES	3
I.1. LE DEPARTEMENT TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE (DTA)	4
I.1.1. Création	4
I.1.2. Organisation et missions du DTA	4
I.1.3. Le technopôle du DTA	5
I.2. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	7
I.2.1. Généralités sur le baobab : composition et principales utilisations	7
<i>I.2.1.1. Arbre : description</i>	7
<i>I.2.1.2. Les feuilles</i>	8
<i>I.2.1.3. Les graines</i>	9
<i>I.2.1.4. La pulpe de fruit du baobab</i>	9
I.2.2. Généralités sur les boissons aux fruits : cas des nectars	10
I.2.3. Généralités sur les confiseries	11
I.2.4. Généralités sur la gomme arabique	12
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODE	13
II.1. MATERIEL UTILISE	14
II.1.1. Matériel végétal	14
II.1.2. Matériel de production	14
II.1.3. Milieux de culture et quelques réactifs	14
II.2. CONDITIONS OPERATOIRES DE PRODUCTION	15
II.2.1. Production de nectar	15
<i>II.2.1.1. Matière première et ingrédients</i>	15
<i>II.2.1.2. Méthodologie de production</i>	15
II.2.2. Production de pâtes de fruit	16

II.2.2.1. Matière première et ingrédients	16
II.2.2.2 Méthodologie de production.....	16
II.2.3. Production de confitures	20
II.2.3.1. Matière première et ingrédients	20
II.2.3.2. Méthodologie de production.....	20
II.3. ECHANTILLONNAGES.....	22
II.3.1. Echantillonnage des nectars.....	22
II.3.2. Echantillonnage des pâtes de fruit	23
II.3.3. Echantillonnage des confitures	23
II.4. ANALYSE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	23
II.4.1. Détermination de la teneur en eau	23
II.4.2. Détermination de la teneur en cendres.....	24
II.4.3. Détermination du degré Brix	24
II.4.4. Détermination du potentiel d'Hydrogène (pH).....	25
II.4.5. Détermination de l'acidité titrable	25
II.4.6. Détermination de la teneur en protéines	27
II.4.7. Détermination de la teneur en lipides	28
II.4.8. Détermination des sucres totaux : méthode de différence	28
II.4.9. Détermination de la valeur énergétique globale	29
II.5. METHODES D'ANALYSES MICROBIOLOGIQUES	29
II.5.1. Préparation de la suspension mère, des dilutions décimales et ensemencement	29
II.5.2. Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale	30
II.5.3. Dénombrement des pathogènes	30
II.5.4. Dénombrement des levures et moisissures	30
II.5.5. Expression des résultats	31
II.6. METHODES D'ANALYSES SENSORIELLES.....	32
II.6.1. Les échantillons	33
II.6.2. Les lignes directrices de l'étude sensorielle.....	33
II.6.3. Les épreuves sensorielles.....	33
II.6.4. La conduite de l'analyse	34
II.6.4.1. L'épreuve discriminative	34
II.6.4.2. L'épreuve hédonique	34

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION	36
III.1. COMPOSITION ET PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE LA MATIERE PREMIERE	37
III.1.1. Principales caractéristiques microbiologiques.....	37
III.1.2. Paramètres physico-chimiques de la matière première	38
III.1.3. Quelques aspects de la pulpe de fruit du baobab en fonction du stockage.....	39
III.2. ETUDE DE LA TRANSFORMATION DE LA PULPE EN NECTAR.....	40
III.2.1. Procédé d'élaboration.....	40
III.2.2. Caractéristiques physico-chimiques des nectars.....	41
III.2.3. Essais de pasteurisation des nectars	42
<i>III.2.3.1. Efficacité du traitement</i>	42
<i>III.2.3.2. Impact du traitement thermique et du stockage sur quelques paramètres</i>	43
III.3. ETUDE DE LA TRANSFORMATION DE LA PULPE DE FRUIT DU BAOBAB EN CONFISERIES TENDRES- PATES DE FRUIT	44
III.3.1. Essais de production	44
III.3.2. Efficacité du procédé sur les caractéristiques microbiologiques des pâtes de fruit.....	45
III.3.3. Paramètres physico-chimiques des pâtes de fruit obtenues.....	46
III.3.4. Impact du procédé	47
III.3.5. Résultats des analyses sensorielles des pâtes de fruit.....	47
III.4. ETUDE DE LA TRANSFORMATION DE LA PULPE DE FRUIT DU BAOBAB EN CONFITURE	50
III.4.1. Essais de production.....	50
III.4.2. Efficacité du procédé sur les caractéristiques microbiologiques des confitures.....	51
III.4.3. Paramètres physico-chimiques des confitures obtenues.....	51
III.4.4. Impact du procédé	52
III.4.5. Résultats des analyses sensorielles des confitures.....	53
Conclusion.....	56
Perspectives	57
BIBLIOGRAPHIE	58
ANNEXE	A
Annexe 1 : compositions des milieux de culture.....	B
Annexe 2 : fiches des analyses sensorielles	C

INTRODUCTION

Les pays en voies de développement sont confrontés à des problèmes de bases tels que celui de l'alimentation. Le Burkina Faso ne fait pas exception. C'est un pays pour lequel le défi de la lutte contre la pauvreté et la malnutrition s'inscrit comme une priorité. Au Burkina Faso, les importations continuent de croître plus vite que les exportations. D'un montant de 297,7 milliards de francs CFA en 1997, les importations ont atteint 381,7 milliards en 2002. Ces importations portent sur une large gamme de produits parmi lesquels les produits de première nécessité. A titre d'exemple, l'importation de produits destinés à la consommation est essentiellement composée de céréales notamment le riz. Le volume des importations de céréales a plus que doublé entre 1997 et 2002, passant respectivement de 123 117 tonnes à 284 352 tonnes entre les deux années. Le déficit commercial des céréales représente 10 à 15% du déficit total des transactions commerciales. Le solde de la balance est également déficitaire pour les autres produits alimentaires notamment les produits de la minoterie, malts, amidons, féculés, inulines, gluten, les sucres et sucreries, les graisses, huiles animales et végétales, produits de leur dissolution (Ministère du commerce, de la promotion de l'entreprise et de l'artisanat, 2006). Malheureusement, les produits locaux, pourtant riches sont peu exploités. Ces produits locaux s'ils étaient mieux valorisés pourraient répondre aux besoins de la population. C'est ainsi que l'on assiste à un regain d'intérêt pour les produits locaux, né d'une volonté politique et d'efforts intellectuels.

Dans l'optique d'y parvenir, la création de structures pour la valorisation des produits locaux est déjà un pas de fait au Burkina Faso. L'UPB et le DTA en sont des exemples. Le DTA est la structure qui nous a accueillis pour ce stage. Ceci nous a permis de faire une intersection entre la théorie, la pratique et les réalités du monde professionnel.

C'est dans ce contexte que se situe notre étude intitulée : « Formulation, élaboration d'aliments et boissons locaux à base de pulpe de baobab "*Adansonia digitata L.*" en atelier pilote ».

OBJECTIFS DE L'ETUDE

1. Objectif général

L'objectif général de notre étude consiste à formuler et élaborer des aliments et boissons locaux à base de pulpe de baobab.

2. Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques conférés à cette étude furent :

- produire des nectars, des pâtes de fruit et des confitures à base de fruit de baobab ;
- déterminer quelques paramètres physico-chimiques, microbiologiques, et organoleptiques des produits.

PREMIERE PARTIE : GENERALITES

I.1. LE DEPARTEMENT TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE (DTA)

I.1.1. Création

Sis au secteur 14 de Ouagadougou, le DTA a été créé en 1997 sur la base des acquis du Laboratoire de Biochimie et Technologie Alimentaire (LBTA). Le LBTA a été créé en 1991 par le Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST) qui compte quatre (04) instituts dont l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT). Le DTA est l'un des quatre départements de l'IRSAT. Les trois autres départements de l'IRSAT sont :

- Département Substances Naturelles (DSN)
- Département Energie (DE)
- Département Mécanisation (DM).

Un des principaux objectifs de l'IRSAT, à travers son Département Technologie Alimentaire est de planifier, de programmer, de coordonner et de mettre en œuvre des programmes et activités de recherche dans le domaine alimentaire au Burkina Faso.

I.1.2. Organisation et missions du DTA

Le DTA est composé de laboratoires et ateliers qui lui permettent de mener à bien ses activités :

- Deux laboratoires de microbiologie respectivement à Ouagadougou et à Bobo-Dioulasso ;
- Deux laboratoires de physico-chimie respectivement à Ouagadougou et à Bobo-Dioulasso ;
- Un laboratoire d'analyse sensorielle à Ouagadougou ;
- Un atelier à Ouagadougou et un autre à Bobo: atomisation, transformation des produits déshydratés, transformation des produits humides.

La mission principale du DTA est d'apporter de la valeur ajoutée aux produits alimentaires d'origine agricole, animale et forestière en vue de diversifier et d'accroître la consommation et l'exportation. L'atteinte de cette mission passe par :

- la recherche-développement dans le domaine agroalimentaire avec les partenaires nationaux et internationaux. Les activités de recherche portent sur les produits, les procédés, la socio économie, les équipements avec la collaboration du Département Mécanisation et autres équipementiers ;
- l'appui aux entreprises agroalimentaires à travers des travaux d'analyse et de contrôle de qualité des produits alimentaires, des appui-conseils, de la formation et encadrement au profit du secteur privé (PME/PMI, organismes, groupements et associations) et des services publics. Le DTA réalise également le transfert de compétences et de technologies et fait la promotion des produits.

Le but spécifique du DTA est :

- étudier et améliorer les procédés de traitements post-récoltes, de transformation, de conservation, de conditionnement/emballage des produits alimentaires ;
- améliorer et diversifier les denrées alimentaires à base des produits locaux ;
- caractériser et améliorer les valeurs nutritionnelles, les qualités hygiénique et organoleptique des produits alimentaires ;
- adapter et développer les systèmes d'assurance de la qualité dans les entreprises agroalimentaires ;
- contribuer à étudier et adapter des équipements de transformation des produits en tenant compte de l'environnement socio-économique des entreprises agro alimentaires et du marché ;
- mieux connaître les marchés et leur évolution.

I.1.3. Le technopôle du DTA

L'atelier pilote du DTA est un pôle technologique adapté à diverses productions. En effet il est apte à la transformation des céréales, tubercules, fruits et légumes... L'atelier est équipé à fournir des produits semi transformés et des produits finis, parmi lesquels :

- les cossettes de tubercules et racines (manioc, igname, PDCO) : tubercules râpés mécaniquement et passés au séchoir à gaz,
- les farines de tubercules et de céréales : cossettes et céréales moulues puis passées au tamis mécanique,

les biscuits de tubercules et de céréales (sorgho, riz) : leur technologie nécessite l'utilisation de pétrin et de four.

Outre ce matériel, l'atelier est également équipé d'une chaudière, d'un pasteurisateur, d'un refroidisseur, et d'une chambre froide. Ce matériel permet de produire des boissons (jus de bissap, de tamarin, ...) et des laitages (lait pasteurisé, lait fermenté, fromage). L'atomiseur et l'ensacheuse sous vide sont également mis à disposition pour d'éventuelles productions. La gomme arabique a ainsi pu être atomisée au sein du DTA.

I.2. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I.2.1. Généralités sur le baobab : composition et principales utilisations

I.2.1.1. Arbre : description

Le genre *Adansonia* appartient à la famille des Bombacacées et à l'ordre des Malvacées dans le règne végétal. Le genre *Adansonia* comprend huit espèces dont *Adansonia digitata* L. présente sur le continent africain, qui est l'espèce la plus répandue et la mieux décrite (Diop et al., 2005). Généralement *Adansonia digitata* L. est appelé baobab en français, *gouye* en wolof, *boy* ou *boki* ou *boré* en peulh, *sira* ou *guy* ou *sito* en bambara, *twega* ou *toayga* en mooré (Lapointe, 1987 ; Fortin et al., 2000 ; Diop et al., 2005). L'arbre, rencontré dans la plupart des régions semi-arides et subhumides au sud du Sahara, est un arbre haut de 10 à 15 m, à tronc énorme atteignant plusieurs mètres de diamètre ; l'écorce est lisse et grisâtre. Les branches sont très robustes, peu nombreuses et étalées.

Les feuilles sont composées digitées, alternes, ayant un nombre variable de folioles longues de 10 à 15 cm et larges de 4 à 6 cm. Les grandes fleurs blanches, larges de 15 à 20 cm, pendent à l'extrémité d'un long pédoncule. Elles s'épanouissent le soir et sont fécondées par les chauves-souris frugivores (Fortin et al., 2000). Le fruit de *Adansonia digitata* L., appelé pain de singe est de forme et de taille assez variable. Il est le plus souvent ovoïde, mais il peut également présenter une forme sphérique, fusiforme, allongée ou en massue. Il pèse entre 150 et 350 g. L'apex parfois apiculé est pointu ou arrondi. L'épicarpe très lignifié a une épaisseur de 0,8 à 1 cm. Sa surface est duveteuse, de couleur brunâtre, jaunâtre ou verdâtre (Diop et al., 2005). Les fruits contiennent des graines arrondies, de couleur noire ou brune foncée enrobées d'une pulpe crayeuse blanche. La pulpe du fruit présente une couleur généralement blanchâtre mais pouvant varier du jaune au rose.



Photo 1 : Arbre de *Adansonia digitata* L. (baobab)

Source : COMPAORE (03/07/08)



Photo 2 : Fruit entier du baobab

Source : TAPSOBA (04/12/10)



Photo 3 : Pulpe de fruit du baobab

Source : TAPSOBA (22/02/11)



Photo 4 : Graines de baobab

Source : COMPAORE (03/07/08)

1.2.1.2. Les feuilles

Les feuilles de baobab contiennent 15 % de protéines, 70 % de glucides dont 16 % de fibres, 10 % de lipides (Diop et *al.*, 2005). Même si la lysine est l'acide aminé limitant, les feuilles peuvent être considérées comme un complément alimentaire intéressant pour améliorer la ration protéique de certaines populations locales. Les acides gras les plus représentés sont les acides palmitique, oléique et linoléique. Les feuilles constituent une excellente source de calcium, de potassium et de magnésium. Avec plus de 150 mg.kg⁻¹, elles sont riches en fer. Leur teneur en vitamine est remarquable : vitamines C, B1, B2, B3 et pro-A s'y trouvent en quantité relativement élevée (Diop et *al.*, 2005). Les jeunes feuilles sont plus riches en β -carotène (Sidibé et Williams, 2002).

Les feuilles de baobab peuvent être consommées crues ou bouillies comme légumes quand elles sont très jeunes. Elles peuvent également être séchées, puis réduites en poudre

avant la commercialisation (Becker, 1983). La poudre des feuilles séchées est utilisée dans la préparation des sauces et comme liant dans la préparation du couscous de mil (Anon, 2003).

1.2.1.3. Les graines

A raison d'une centaine par fruit, les graines de baobab représentent environ 60 % en poids du fruit débarrassé de sa coque (Diop et *al.*, 2005). Elles constituent une source importante de protéines (18-26 %) et contiennent environ 15 % de lipides. Les protéines des graines renferment tous les acides aminés essentiels mais la lysine y est limitante (Baumer, 1995). Les graines de baobab sont une excellente source de calcium, de phosphore et de magnésium.

Les graines de baobab peuvent être consommées fraîches ou grillées (Baumer, 1995). La torréfaction des graines fermentées conduit à un succédané du café. Le broyage au pilon de la graine permet d'en extraire une huile alimentaire. Pilées, les graines servent d'épaississant dans de nombreuses sauces, soupes ou sont utilisées en association avec d'autres ingrédients (arachides par exemple) pour la préparation de crèmes sucrées (Diop et *al.*, 2005). Dans la cuisine traditionnelle burkinabè les graines de baobab sont utilisées pour la préparation d'un condiment appelé *maari* en langue peulh.

1.2.1.4. La pulpe de fruit du baobab

La pulpe représente entre 14 et 28 % de la masse totale du fruit du baobab (Soloviev et *al.*, 2004). Elle se caractérise par une faible teneur en eau, le plus souvent voisine de 15 %. Comme pour la plupart des fruits, les glucides représentent plus de 70 % de la matière sèche et se composent pour moitié de sucres solubles (Diop et *al.*, 2005). La pulpe présente des caractéristiques intéressantes dont les valeurs sont fonction de la matière première (maturité, conditions de conservation), des conditions pédoclimatiques (Cissé et *al.*, 2009) ; mais également des diverses méthodes d'analyse utilisées (Diop et *al.*, 2005).

L'acidité titrable de la pulpe est élevée (supérieure à 40 mEq.100g⁻¹). Parmi les acides présents, l'acide citrique semble être majoritaire et associé à l'acide malique. La présence d'acide tartrique est controversée (Diop et *al.*, 2005).

La teneur en lipides dans la pulpe est généralement inférieure à 2 g.100g⁻¹. Les acides palmitique et linoléique sont les acides gras les plus représentés (Glew et *al.*, 1997). La teneur en protéines de la pulpe est voisine de 1,5 g.100g⁻¹ et tous les acides aminés essentiels

sont présents. Il est probable que les teneurs les plus élevées relevées pour les lipides soient liées à une mauvaise séparation de la pulpe et des graines (Diop *et al.*, 2005).

La pulpe est riche en composés minéraux avec une prédominance du potassium et une faible présence de sodium. En revanche, les teneurs en calcium, en magnésium et en phosphore sont exceptionnellement élevées. La pulpe contient également du cuivre, du fer, du manganèse et du zinc. La qualité vitaminique du produit est intéressante. Sa teneur en acide ascorbique, le plus souvent comprise entre 150 et 500 mg.100g⁻¹ positionne la pulpe de baobab parmi les fruits riches en vitamine C. Les vitamines B1, B2, B6 et A y sont également présentes en quantités notables (Diop *et al.*, 2005).

La pulpe est la composante du fruit la plus largement valorisée. La séparation des graines et des fibres de la pulpe est réalisée soit par voie sèche (pilage modéré puis tamisage) pour obtenir une poudre, soit par voie humide (trempage, malaxage dans l'eau puis tamisage) pour obtenir un produit de consistance pâteuse ou liquide (Diop *et al.*, 2005). La pulpe est alors utilisée directement comme ingrédient dans diverses préparations pour ses propriétés liante, épaississante et acidifiante (Wickens, 1982 ; Sidibé and Williams, 2002). Elle entre ainsi dans la composition de nombreuses préparations céréalieres telles les bouillies ou couscous, les sauces ou les crèmes d'accompagnement. Elle est parfois utilisée pour faire coaguler le lait, pour activer la fermentation alcoolique de boissons à base de jus de canne à sucre ou de bière de céréales, ou pour épaissir des préparations sucrées cuites à base de fruits locaux comme la mangue, l'orange, etc. (Diop *et al.*, 2005). Enfin, additionnée d'eau ou de lait, la pulpe du baobab peut être utilisée pour obtenir des boissons sucrées riches en vitamines C (François, 1993).

I.2.2. Généralités sur les boissons aux fruits : cas des nectars

Les boissons aux fruits sont un mélange d'eau, de sucre et d'un minimum de 10% de fruits (<http://www.wikipedia.fr> du 28/07/2009). On a notamment les jus de fruits (orange, ananas, cocktail,...) et les nectars. A titre d'exemple nous avons le nectar de mangue, le nectar de papaye, le nectar de pulpe de baobab.

Selon le Codex STAN 161-1989, on entend par nectar le produit pulpeux ou non pulpeux, non fermenté mais fermentescible, destiné à la consommation directe, obtenu en mélangeant le jus de fruit et/ou toute la partie comestible de fruits sains et mûrs après tamisage et/ou broyage, non concentré ou concentré, avec de l'eau, du sucre ou du miel, et conservé exclusivement par des procédés physiques. Dans le cas de fruits à forte teneur en

sucré, on peut ne pas ajouter de sucre. La teneur minimale des nectars de fruits en ingrédient fruit non concentré, ou en équivalent obtenu à partir de l'ingrédient fruit concentré, ne doit pas être inférieure à 50% m/m sauf lorsqu'une teneur plus faible est rendue nécessaire par une forte acidité, une haute teneur en pulpe ou une saveur prononcée. La teneur en ingrédient fruit ne doit en aucun cas être inférieure à 25% m/m. La teneur en matière sèche soluble du produit ne doit pas être supérieure à 20% m/m, déterminée par réfractométrie à 20°C sans correction pour l'acidité et exprimée en °Brix par rapport aux échelles internationales du saccharose.

I.2.3. Généralités sur les confiseries

La base de la confiserie est l'utilisation de matières premières agricoles auxquelles sont ajoutées des sucres, des arômes et des colorants dans le but d'en faire des produits consommables, attrayants à la vue et bons au goût. On classe parmi les confiseries la confiture et ses dérivées (marmelade, gelée) d'une part ; les bonbons et leurs dérivés (dragées, caramel, fruits confits, boules de gommes, chewing-gum, pastilles, bonbons/pâtes à mâcher, pâtes de fruits) d'autre part.

Un bonbon est un mélange de sucres, aromatisé, coloré, parfois fourré qui se suce ou se croque. Un gélifiant est requis pour la fabrication des produits à la gelée et à la gomme ainsi que des bonbons à mâcher. Ils aident à la formation d'une gelée élastique indéformable. C'est ainsi que l'on obtient l'aspect et la consistance caractéristiques des produits de confiserie (<http://www.biscosuisse.ch> du 22/10/2010). La texture des bonbons et de leurs dérivés varie suivant le gélifiant choisi. Les pâtes de fruits sont des friandises solides obtenues à partir de pulpe de fruits riche en pectine (<http://www.wikipedia.fr> du 22/10/2010) ; en y ajoutant du sucre et parfois des gélifiants.

La confiture telle que définie par le Codex est le produit préparé à partir de fruit(s) entier(s) ou en morceaux, de pulpe et/ou de purées concentrées ou non concentrées, d'une ou plusieurs sortes de fruits, mélangés avec des denrées alimentaires conférant une saveur sucrée, avec ou sans adjonction d'eau, jusqu'à l'obtention d'une consistance adéquate.

I.2.4. Généralités sur la gomme arabique

La gomme arabique est un hydrocolloïde naturel obtenu par saignée de *l'Acacia senegal* Willdenow communément appelé gommier blanc. La FAO définit la gomme arabique comme « une exsudation séchée obtenue du tronc et des branches de *l'Acacia senegal* (L) » et la classe parmi les additifs alimentaires avec pour code E414. La chromatographie de la gomme arabique révèle qu'elle se compose de trois (3) phases (<http://www.aroma-zone.com> du 13/11/2010) notamment :

- la phase arabinogalactane représentant 88% de la gomme entière;
- la phase glycoprotéine (2% de la gomme entière) ;
- le complexe arabinogalactane- protéine (10% de la gomme entière).

Le E414 présente diverses applications alimentaires dans les produits déshydratés, les boissons et les produits de confiseries. Aussi, certaines normes sont établies par le Joint Expert Committee for Food Additives (JEFCA) de la FAO (1990) en vue de réglementer l'utilisation de la gomme arabique à des fins alimentaires : il s'agit de l'origine végétale, du pouvoir rotatoire et de la teneur en azote.



Photo 5 : Nodules de gomme arabique
Source : TAPSOBA (02/03/11)



Photo 6 : Gomme arabique atomisée
Source : TAPSOBA (16/02/11)

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODE

II.1. MATERIEL UTILISE

II.1.1. Matériel végétal

Pour les productions, la matière première utilisée a été de la pulpe de fruit du baobab. Une première pulpe en provenance de Pô était stockée au DTA depuis 2008 et une deuxième pulpe en provenance de Pô également a été achetée au marché du secteur 25 de la ville de Ouagadougou. Cette dernière pulpe daterait de la saison 2010 (Mars-Avril 2010).

La pulpe stockée au DTA a été livrée avec les graines et fibres ; elle a par la suite été réduite en poudre au DTA. Par contre, la pulpe achetée au marché a été réduite en poudre avant la livraison au marché.

II.1.2. Matériel de production

Comme matériel de production, nous avons utilisé deux balances dont une balance de précision et une commerciale, des plats, un gobelet gradué, un fouet-batteur, un tamis, un thermomètre, un réfractomètre, des casseroles, des louches, des plateaux, du papier cuisson, des pipettes, des entonnoirs, des contenants en verre, des bocaux, des sachets thermosoudables.

II.1.3. Milieux de culture et quelques réactifs

En microbiologie, les milieux de culture utilisés sont : les milieux Plate Count Agar (Merck KGaA), Mac Conkey (Merck KGaA) et Sabouraud (Liofilchem).

En physico-chimie, les réactifs utilisés sont : de l'hydroxyde de potassium, de l'acide sulfurique, de la soude et de l'hexane.

II.2. CONDITIONS OPERATOIRES DE PRODUCTION

II.2.1. Production de nectar

II.2.1.1. Matière première et ingrédients

- Un (1) kilogramme (kg) de pulpe de fruit du baobab tamisée à 350µm,
- dix (10) litres (l) d'eau,
- deux (2) kg de sucre,
- des arômes : 1,22 millilitre (ml) de vanille et 1 ml de fraise (facultatifs).

II.2.1.2. Méthodologie de production

Peser un (1) kg de la pulpe tamisée à 350µm, y ajouter au fur et à mesure huit (8) litres (l) d'eau tout en malaxant à l'aide d'un fouet batteur. Le tout est passé au tamis de 350µm afin de faire passer les grumeaux formés. A ce nectar non sucré est ajouté du sirop de sucre passé au tamis à raison de deux (2) kg de sucre pour deux (2) l d'eau. Le mélange, après homogénéisation, est conditionné dans des bouteilles lavées et ébouillantées (figure 1). Ces bouteilles sont trempées pendant 30 minutes (mn) dans de l'eau javelée à raison de 325 ml d'eau de javel (8° chl eq.) pour 1 l d'eau. Elles sont ensuite rincées puis ébouillantées pendant 30 mn et maintenues dans l'eau jusqu'à utilisation. La pasteurisation du nectar est réalisée à l'autoclave : 110°C pendant 10 mn ; le produit final est refroidit et étiqueté. On obtient un nectar dans les proportions pulpe/ eau/ sucre de 1/ 10/ 2.

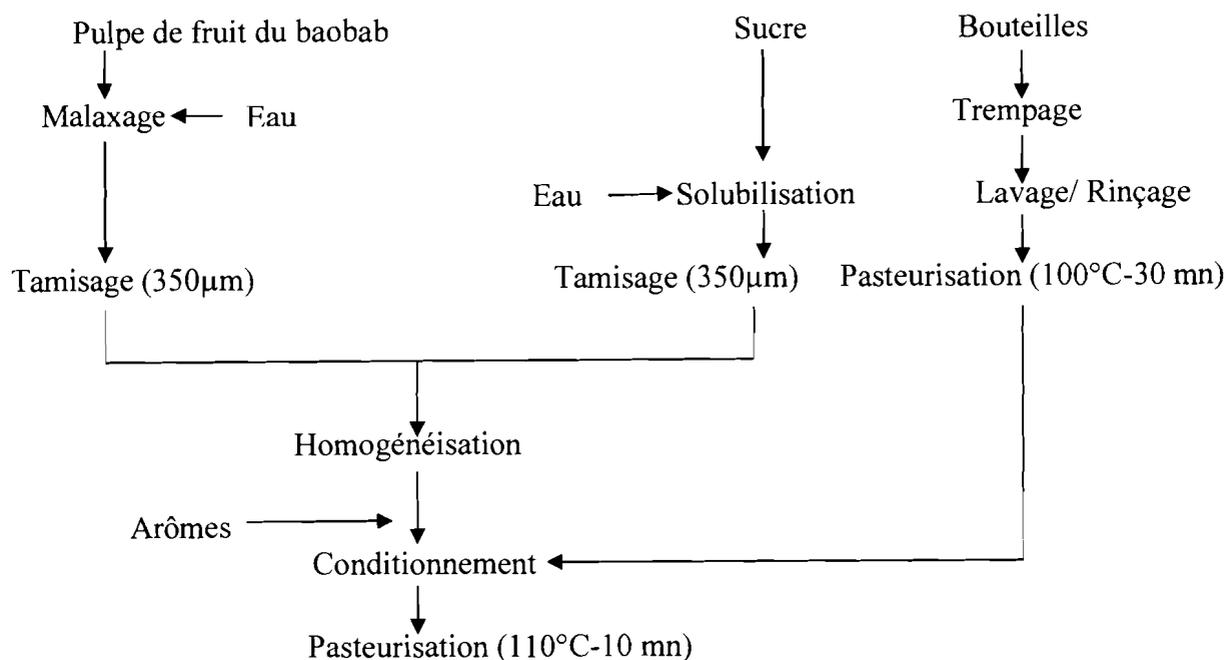


Figure 1 : Diagramme de production de nectar.

II.2.2. Production de pâtes de fruit

II.2.2.1. Matière première et ingrédients

- de la pulpe de fruit du baobab tamisée à 350µm,
- le l'eau,
- du sucre,
- de la gomme arabique
- des arômes (fraise, vanille, ananas)

Les formulations des pâtes de fruit sont consignées dans le tableau I (pages 18 et 19).

II.2.2.2 Méthodologie de production

Peser un (1) kg de pulpe tamisée à 350µm et y ajouter 2,5 l d'eau au fur et à mesure tout en malaxant à l'aide d'un fouet batteur afin d'éviter au maximum la formation de grumeaux. Porter à feu doux (de sorte à obtenir une température d'ébullition d'environ 70°C en un temps d'à peu près 6 mn) pendant 25 mn en ajoutant le sucre au fur et à mesure pour éviter la

caramélisation. A deux (2) mn de la fin, ajouter les proportions d'arôme(s) et de gomme arabique préalablement dissoute dans 0,5 litre d'eau ; puis étaler la pâte obtenue sur un plateau recouvert de papier cuisson. Les plateaux sont ensuite placés à l'étuve pour séchage (tableau I, pages 18 et 19). Après séchage, les pâtes de fruit sont mises en forme (figure 2) de deux façons. La première mise en forme consiste à découper la pâte en longueur, puis chaque bande ainsi obtenue est découpée de sorte à obtenir des pâtes de fruit de forme carré-plate. La seconde mise en forme consiste à rouler dans la main chaque carré de pâte de fruit (obtenus précédemment) afin de leur donner une forme ronde et enfin, les saupoudrer de sucre.

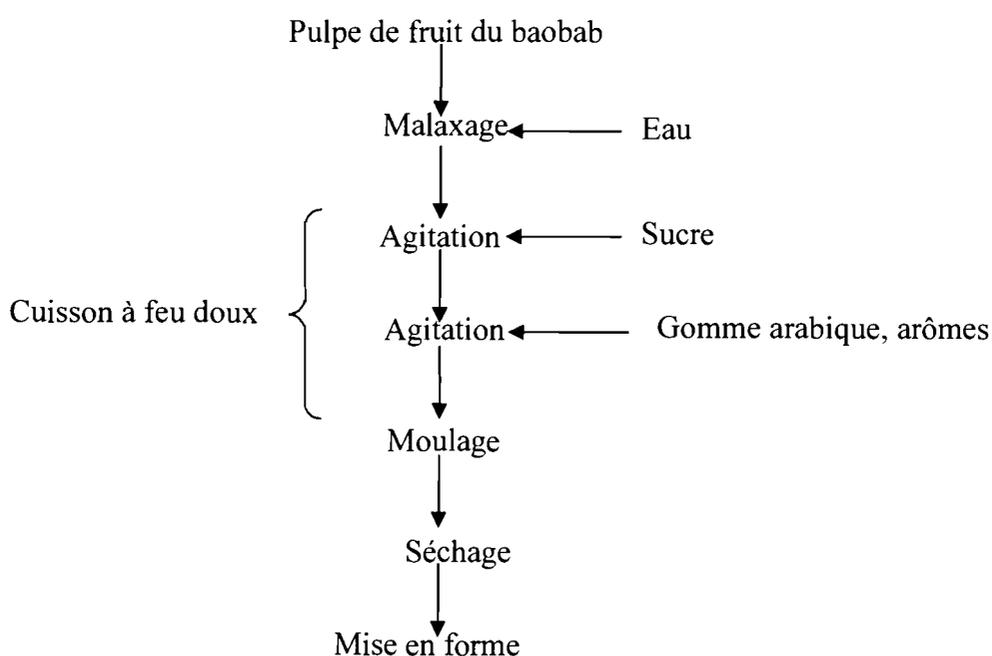


Figure 2 : Diagramme de production des pâtes de fruit.

Tableau I : Formulations des pâtes de fruit

<i>Code</i>	Constituants							
	<i>Pulpe (kg)</i>	<i>Eau (l)</i>	<i>Sucre (kg)</i>	<i>Lait (ml) (concentré non sucré)</i>	<i>Arômes (ml)</i>	<i>Gomme arabique (g)</i>	<i>Cuisson</i>	<i>Séchage</i>
E_{0.1}	0,5	1,5	1	380	-	-	25 mn	75°C-24 h
E_{0.2}	0,5	1,5	1	-	-	-	30 mn	75°C-24 h
E₁	0,5	1	1,5	-	-	-	25 mn	65°C-54 h
E₂	0,25	0,8	0,75	-	-	100	20 mn	75°C-20 h 65°C-24 h 55°C-24 h
E₃	0,25	0,8	0,75	-	-	75	20 mn	75°C-20 h 65°C-24 h 55°C-24 h
E₄	0,25	0,8	0,75	-	Ananas : 1	100	20 mn	85°C-24 h 75°C-18 h

Tableau I : Formulations des pâtes de fruit (suite et fin)

<i>Code</i>	Constituants						<i>Cuisson</i>	<i>Séchage</i>
	<i>Pulpe (kg)</i>	<i>Eau (l)</i>	<i>Sucre (kg)</i>	<i>Lait (ml) (concentré non sucré)</i>	<i>Arômes (ml)</i>	<i>Gomme arabique (g)</i>		
E ₅	0,25	0,75	0,75	-	Vanille : 2	125 (5%)	20 mn	85°C-24 h 75°C-18 h
E ₆	0,25	0,70	0,75	50	-	-	20 mn	85°C-24 h 75°C-18 h
E ₇	0,25	0,50	0,75	100	Fraise : 1 ; vanille : 2	125	20 mn	85°C-24 h 75°C-18 h
E ₈	0,25	0,625	0,75	75	-	100	20 mn	75°C-24 h 65°C-24 h 55°C-24 h
E ₉	0,25	0,6	0,75	100	Fraise : 1,5	125	20 mn	75°C-24 h 65°C-24 h 55°C-24 h
E ₁₀	0,25	0,65	0,75	50 ml	Vanille : 1,5	125 g	20 mn	75°C-24 h 65°C-24 h 55°C-24 h

II.2.3. Production de confitures

II.2.3.1. Matière première et ingrédients

- de la pulpe de fruit du baobab tamisée à 350 µm,
- de l'eau,
- du sucre,
- de la gomme arabique,
- des arômes (fraise, vanille, ananas)

Les formulations des confitures sont consignées dans le tableau II (page 21).

II.2.3.2. Méthodologie de production

Ajouter l'eau à la pulpe tout en malaxant au fur et à mesure pour éviter les grumeaux. Porter à feu doux (de sorte à obtenir une température d'ébullition d'environ 70°C en un temps d'à peu près 6 mn) pendant 25 mn. Pendant ce temps le sucre est ajouté au fil du temps sous agitation pour éviter au maximum la caramélisation. En fin de cuisson (2-3 mn de la fin), les ingrédients (gomme arabique et arômes) sont ajoutés. Lorsque la préparation est prête, procéder au conditionnement à la température de 80°C dans des pots de 320 millilitres (ml) préalablement lavés, ébouillantés (comme précédemment) et maintenus dans l'eau chaude jusqu'à utilisation. Dès que le couvercle est refermé, retourner les pots. Le tout est plongé dans de l'eau chaude à 80°C pendant 15 mn. Les produits sont refroidis dans l'eau de robinet, étiquetés et conservés à température ambiante (figure 3).

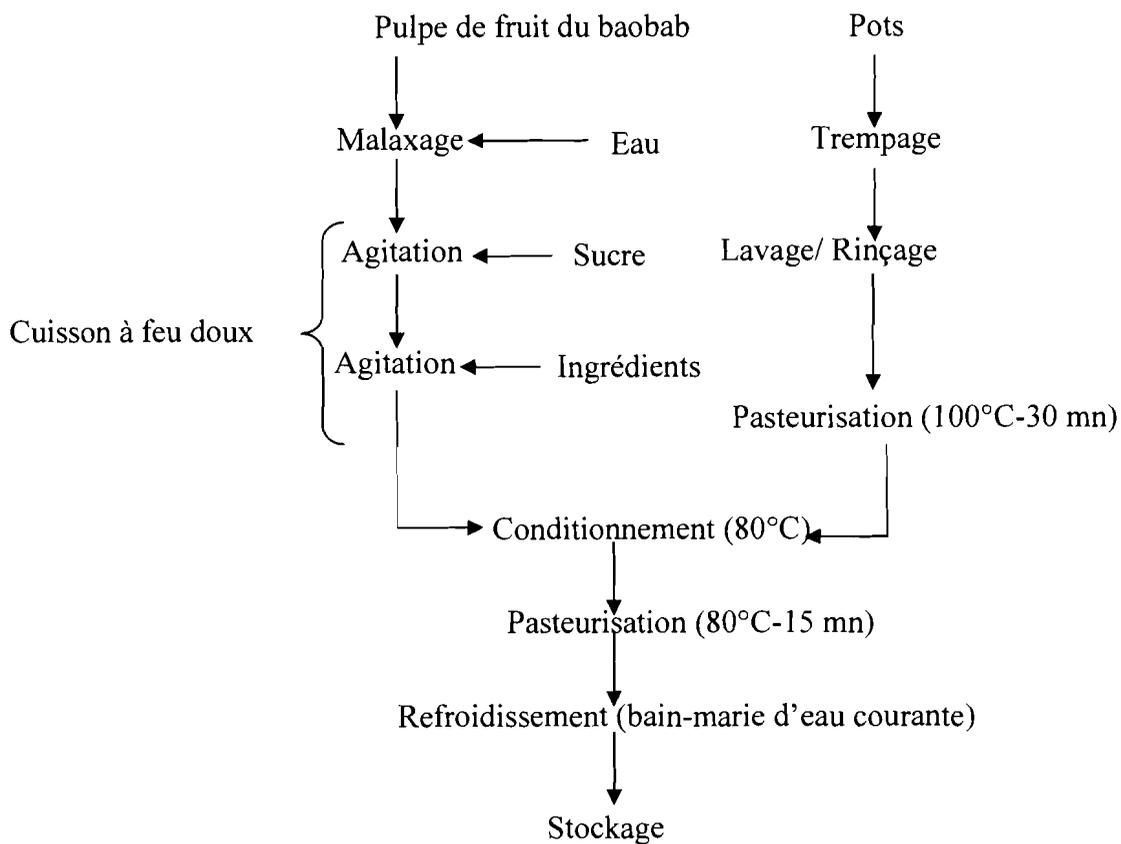


Figure 3 : Diagramme de production des confitures.

Tableau II : Formulations des confitures

<i>Composition</i>	<i>Echantillons</i>			
	C_0	C_1	C_2	C_3
Pulpe (kg)	0,5	0,25	0,25	0,25
Eau (l)	2	1	1	1
Sucre (kg)	2	1	1	1
Gomme arabique (g)	-	-	-	75
Arômes (ml)	-	-	Fraise : 1,2 Vanille : 1	Ananas : 2

II.3. ECHANTILLONNAGES

II.3.1. Echantillonnage des nectars

Tableau III : Echantillonnage des nectars

<i>N° nectar</i>	<i>Matière première</i>	<i>Conditions / stockage</i>	<i>Dates / échantillonnages</i>	<i>Dates / analyses</i>	<i>Analyses effectuées</i>
N°1	Pulpe stock / DTA	Température ambiante (20-25°C)	Trois mois et deux semaines (104 jours)	Trois mois et deux semaines (104 jours)	Microbiologiques
N°2	Pulpe / marché sect. 25	Température ambiante (20-25°C)	Seize (16) heures	Seize (16) heures	Physico-chimiques et microbiologiques
N°3	Pulpe / marché sect. 25	Température ambiante (20-25°C)	Dix (10) jours	Quatorze (14) jours	Microbiologiques
N°4	Pulpe / marché sect. 25	Température ambiante (20-25°C)	Quatorze (14) jours	Quatorze (14) jours	Microbiologiques

Le nectar n°1 est produit avec la pulpe stockée au DTA depuis 2008 et les trois autres nectars avec la pulpe achetée au marché. Nous avons produit et stocké le nectar n°1 à température ambiante pendant trois mois et deux semaines (104 jours) avant les analyses. Le nectar n°2 a été analysé le lendemain de la production (16 heures); les nectars n°3 et n°4 sont issus de la même production que le nectar n°2. Nous les avons tous stockés à la température ambiante mais nous avons échantillonné le n°3 dix jours après la production et analysé au quatorzième jour de la production ; le n°4 a été échantillonné quatorze jours après la production et analysé le même jour.

Les analyses microbiologiques ont porté sur les nectars n°1 à n°4 et les analyses physico-chimiques sur le nectar n°2 uniquement.

II.3.2. Echantillonnage des pâtes de fruit

Les pâtes de fruit ont été produites en grande majorité avec la pulpe achetée au marché à l'exception des essais E_{0,1} et E_{0,2} qui ont été produits avec la pulpe stockée au DTA.

Les échantillons retenus pour analyses résultent d'un choix consensus de quinze personnes.

II.3.3. Echantillonnage des confitures

La confiture C₀ étant le premier essai, elle n'a pas été échantillonnée pour les analyses. Les échantillons C₁, C₂, et C₃ ont été produits avec la pulpe achetée au marché et échantillonnés un mois après production.

Les analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles ont porté sur les trois confitures.

II.4. ANALYSE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

II.4.1. Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau a été déterminée par différence de pesée d'un échantillon avant et après passage à l'étuve selon la norme française NF V 03-707 (2000).

Environ 5 grammes (g) d'échantillon broyé (Pe) sont pesés dans une nacelle (P₀) puis placés à l'étuve à 130 °C pendant une nuit. Les nacelles contenant l'échantillon sont ensuite refroidies au dessiccateur puis pesées (Pf). Le pourcentage en masse d'eau est obtenu selon la formule suivante :

$$\%H = \frac{Pe - (Pf - P_0)}{Pe} \times 100$$

Pe : prise d'essai

P₀ : poids à vide des nacelles

Pf : poids final

%H : taux d'humidité

N.B : Le taux de Matière Sèche Totale (MST) = 100-%H

II.4.2. Détermination de la teneur en cendres

Les cendres ont été déterminées selon la norme française V 03-760 (1981).

Environ 5g d'échantillon broyé (Pe) sont pesés dans un creuset (P₀). Le creuset contenant l'échantillon est placé au four à 550°C pendant une nuit, refroidi au dessiccateur pendant 1 h puis pesé de nouveau (Pf). Le taux de cendres par rapport à la matière sèche est calculé selon la formule suivante:

$$\% C = \frac{Pf - P_0}{Pe} \times 100$$

$$\% C_{MS} = \% C \times \frac{100}{100 - \% H}$$

Pe : prise d'essai

Pf : poids final

P₀ : poids à vide des creusets

%C : taux de cendres

%C_{MS} : taux de cendres par rapport à la matière sèche

II.4.3. Détermination du degré Brix

Le degré Brix est le pourcentage de matière soluble dans l'eau. Il est déterminé à l'aide d'un réfractomètre de marque HUMEAU. On dépose une goutte de l'échantillon refroidi sur le prisme de l'instrument puis on l'oriente à une source lumineuse. L'œil en contact du voyant permet d'observer deux zones séparées. La graduation correspondant à la limite qui sépare les deux zones correspond au degré Brix de l'échantillon.

II.4.4. Détermination du potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH permet de déterminer la concentration des ions H^+ dans l'échantillon. Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre numérique de marque HANNA préalablement calibré avec des solutions tampons pH 4 et pH 7. Prélever 25 ml de l'échantillon et mesurer le pH. Les résultats sont lus directement sur la plaque numérique du pH-mètre.

- *Mesure du pH de la pulpe de baobab*

La mesure se fait en triple à partir de 10 g d'échantillon solubilisé dans 100 ml, 140 ml, 190 ml d'eau distillée. Chaque volume d'eau distillée contient 10 g d'échantillon. Les mélanges sont préalablement homogénéisés au stomacher pendant 2-4 mn (Nout et *al.*, 1989). Prélever 25 ml et mesurer le pH.

II.4.5. Détermination de l'acidité titrable

L'acidité titrable est une valeur qui permet de connaître le nombre d'équivalents acides contenus dans l'échantillon. Sa détermination se fait par titrimétrie avec du KOH (0,1N) en présence de la tymolphthaléine jusqu'à l'apparition d'une coloration bleue.

- *Acidité titrable de la pulpe de fruit du baobab (titrimétrie KOH).*

A partir de la solution préparée pour mesurer le pH (la plus haute dilution donnant le même pH de préférence : 10 g d'échantillon dans 190 ml d'eau distillée), prélever 25 ml de la solution et titrer avec du KOH de normalité connue (0,1 N) en présence d'un indicateur coloré (tymolphthaléine). La mesure se fait en double. Les résultats sont exprimés selon la formule :

$$\text{Acidité (mEq d'acide citrique/ 100 g)} = \frac{N \times V_{KOH} \times V_T}{V_p \times P_e} \times 100$$

N : normalité de la base (0,1 N)

V_{KOH} : volume en millilitre de la solution de KOH (0,1 N) utilisée

V_T : volume total de l'échantillon

V_p : volume en millilitre de la prise d'essai

P_e : prise d'essai

- **Acidité titrable du nectar de pulpe de fruit du baobab (titrimétrie KOH).**

Prélever 25 ml de nectar et titrer avec une solution de KOH à 0,1 N en présence de la thymolphthaléine. Lire la chute de burette quand la coloration bleue sera persistante. Les résultats sont exprimés selon la formule suivante :

$$\text{Acidité (mEq d'acide citrique / 100 ml)} = \frac{V_0 \times N}{V_1} \times 100$$

N : normalité de la base (0,1 N)

V_0 : volume en millilitre de la solution de KOH (0,1 N) utilisée

V_1 : volume en millilitre de la prise d'essai

- **Acidité titrable des confitures à base de pulpe de fruit du baobab (titrimétrie KOH).**

Peser environ 5 g de l'échantillon, y ajouter 25 ml d'eau distillée et bien mélanger. Prélever 10 ml de la solution obtenue et titrer avec du KOH à 0,1 N en présence d'un indicateur coloré. La mesure se fait en double. Les résultats sont exprimés selon la formule suivante :

$$\text{Acidité (mEq d'acide citrique / 100 g)} = \frac{N \times V_{\text{KOH}} \times V_T}{V_p \times P_e} \times 100$$

N : normalité de la base (0,1 N)

V_{KOH} : chute de burette

V_T : volume total de l'échantillon

V_p : volume prélevé

P_e : prise d'essai

II.4.6. Détermination de la teneur en protéines

La teneur en protéines a été déterminée selon la norme française V 03-050 (1970) par la méthode de Kjeldahl.

L'azote organique de l'échantillon est transformé en azote minéral sous forme ammoniacale $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ grâce à l'action oxydante de l'acide sulfurique concentré bouillant en présence d'un catalyseur. Après déplacement par la soude, l'ammoniac est distillé puis titré en présence d'un réactif coloré (acide borique) par acidimétrie. La teneur en protéines totales est calculée en multipliant la quantité d'azote par un facteur de conversion (6,25), soit 16% d'azote dans les protéines.

Protocole : 0,2 g d'échantillon broyé (P_E) est mis dans un tube de minéralisation où on ajoute une pincée de catalyseur puis 5 à 10 ml d' H_2SO_4 concentré. Une minéralisation est effectuée sur un bloc chauffant à température progressive (90, 120 ...400°C) jusqu'à décoloration totale de la solution. Les minéralisats sont ensuite dilués avec 50 ml d'eau distillée environ. On effectue ensuite une distillation. Le distillat (150 ml) est recueilli dans un bécher contenant 5 ml d'indicateur composé de vert de bromocrésol, de rouge de méthyle et d'acide borique puis titré avec 0,1 N de H_2SO_4 jusqu'à virage de l'indicateur du vert au rouge. La teneur en protéines est déterminée selon la formule :

$$\%N(\text{Azote}) = \frac{0,014 \times 0,1 \times (V_E - V_B)}{P_E} \times 100$$

$$\%P(\text{protéines}) = \%N \times 6,25$$

$$\%P_{MS} = \%P \times \frac{100}{100 - \%H}$$

V_E = chute de la burette (échantillon)

V_B = chute de la burette (blanc)

P_E = prise d'essai

0,1 = titre de l'acide sulfurique

0,014 = facteur de conversion en équivalent acide sulfurique

%N : taux d'azote

%P : taux de protéines

$\%P_{MS}$: taux de protéines par rapport à la matière sèche

II.4.7. Détermination de la teneur en lipides

La norme internationale ISO 659 (1998) a été utilisée pour le dosage des matières grasses selon la méthode d'extraction au Soxhlet. L'extraction se fait à chaud (60-70°C) par trempage suivi de rinçage de l'échantillon à l'hexane. La teneur en lipides est déterminée par pesée après évaporation de l'hexane.

Protocole : 5 g d'échantillon broyé (P_E) sont mis dans une cartouche qu'on place ensuite dans un Soxhlet. 200 ml environ d'hexane sont mis dans un ballon préalablement pesé à vide (P_v). Le ballon est ensuite adapté au soxhlet. Un chauffage à la température du réfrigérant est effectué puis l'extraction est réalisée pendant 4 h de temps. Le solvant est ensuite évaporé avec l'évaporateur rotatif puis le produit est séché à l'étuve pendant 1 h. Le ballon contenant les matières grasses est refroidi au dessiccateur puis pesé de nouveau (P_f) et le pourcentage de lipides s'obtient selon la formule :

$$\% \text{ Matière grasse} = \frac{P_f - P_v}{P_E} \times 100$$

$$\% \text{ Matière grasse}_{MS} = \% \text{ Matière grasse} \times \frac{100}{100 - \%H}$$

P_f = poids final (ballon+ matière grasse)

P_v = poids vide du ballon

P_E = prise d'essai

$\% \text{ Matière grasse}_{MS}$: taux de matière grasse par rapport à la matière sèche

II.4.8. Détermination des sucres totaux : méthode de différence

Les aliments sont composés d'eau, de macronutriments qui sont les glucides, les protéines et les lipides, des éléments minéraux qui forment les cendres et de divers métabolites secondaires, généralement en quantité minime. La détermination des glucides peut se faire par différence selon la relation :

$$\% \text{Glucides}_{MS} = 100 - (\%H + \%C_{MS} + \%P_{MS} + \% \text{Matière grasse}_{MS})$$

II.4.9. Détermination de la valeur énergétique globale

Elle a été déterminée par calcul en multipliant les proportions des groupes alimentaires (glucides, protéines et lipides) par les coefficients énergétiques qui sont respectivement : 4 kcal/g, 4 kcal/g et 9 kcal/g.

II.5. METHODES D'ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

II.5.1. Préparation de la suspension mère, des dilutions décimales et ensemencement

La préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales a été effectuée selon la norme internationale ISO 6887-1 (1999). Les échantillons ont été analysés immédiatement après le prélèvement. 10 g d'échantillon sont pesés dans un sachet stomacher stérile dans lequel on ajoute 90 ml d'eau peptonée stérile. L'ensemble est passé au stomacher pendant 2 minutes. A partir de cette suspension mère une série de dilutions décimales successives est réalisée : 1 ml de solution est prélevé à l'aide d'une pipette et introduit dans un tube contenant 9 ml d'eau peptonée stérile à la température ambiante. 1 ml est de nouveau prélevé de cette dernière solution et introduit dans le tube suivant contenant la même quantité d'eau peptonée. La dilution est ainsi faite jusqu'à la plus forte dilution désirée.

La méthode de l'inoculation dans la masse a été utilisée pour l'ensemencement. Pour ce faire, 1 ml de chaque dilution est introduit dans une boîte de Pétri stérile dans laquelle on ajoute le milieu de culture en surfusion à une température comprise entre 44 et 47°C. Ensuite on mélange le contenu de la boîte. Les boîtes sont laissées à solidifier sur une surface fraîche à la température ambiante avant d'être incubées à l'étuve. Toute la manipulation a été effectuée autour d'une flamme et sur une pailleuse préalablement bien nettoyée à l'alcool 65% afin d'éviter toute contamination.

II.5.2. Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale

La numération de la flore mésophile aérobie totale a été effectuée selon la norme internationale ISO 4833 (Mai 2003). L'ensemencement a été fait sur la gélose Plate Count Agar (PCA) et les boîtes ont été incubées à l'étuve à 30°C pendant 72 h ± 3 h. Après la période d'incubation les colonies ont été comptées.

II.5.3. Dénombrement des pathogènes

La numération des microorganismes pathogènes a été effectuée selon la norme internationale ISO 4832 (2006). L'ensemencement a été fait sur le milieu Mac CONKEY-Agar et les boîtes ont été incubées à l'étuve à 37°C pendant 48 h ± 3 h. Après la période d'incubation les colonies ont été comptées.

II.5.4. Dénombrement des levures et moisissures

La numération des levures et moisissures a été effectuée selon la norme française ISO 7954 (1988). L'ensemencement a été fait sur le milieu Sabouraud Dextrose Agar et les boîtes ont été incubées à l'étuve à 25°C pendant 3, 4 ou 5 jours. Après la période d'incubation les colonies ont été comptées.

II.5.5. Expression des résultats

FMAT	Pathogènes	Levures et moisissures
<ul style="list-style-type: none"> Retenir les boîtes contenant entre 04 et 300 colonies au niveau de 2 dilutions successives et appliquer la formule : $N = \frac{\sum C}{1,1 \times V \times d}$ <p>N : nombre de $\mu\text{org/g}$</p> <p>$\sum C$: somme des colonies comptées sur toutes les boîtes retenues</p> <p>V : volume de l'inoculum</p> <p>d : première dilution retenue</p>	<ul style="list-style-type: none"> Retenir les boîtes contenant entre 04 et 150 colonies au niveau de 2 dilutions successives et appliquer la formule : $N = \frac{\sum C}{1,1 \times V \times d}$ <p>N : nombre de $\mu\text{org/g}$</p> <p>$\sum C$: somme des colonies comptées sur toutes les boîtes retenues</p> <p>V : volume de l'inoculum</p> <p>d : première dilution retenue</p>	<ul style="list-style-type: none"> Retenir les boîtes contenant entre 04 et 150 colonies au niveau de 2 dilutions successives et appliquer la formule : $N = \frac{\sum C}{1,1 \times V \times d}$ <p>N : nombre de $\mu\text{org/g}$</p> <p>$\sum C$: somme des colonies comptées sur toutes les boîtes retenues</p> <p>V : volume de l'inoculum</p> <p>d : première dilution retenue</p>

FMAT	Pathogènes	Levures et moisissures
<ul style="list-style-type: none"> Si le nombre de colonies, au niveau de l'échantillon pour essai ou de la suspension mère, est compris entre 01 et 03, exprimer le résultat comme suit : $< 3 \mu\text{org/ml}$ (produits liquides) $< 3 \times d^{-1} \mu\text{org/g}$ (autres produits) d étant la dilution de la suspension mère 	<ul style="list-style-type: none"> Si le nombre de colonies, au niveau de l'échantillon pour essai ou de la suspension mère, est compris entre 01 et 03, exprimer le résultat comme suit : $< 3 \text{ pathogènes/ml}$ (produits liquides) $< 3 \times d^{-1} \text{ pathogènes/g}$ (autres produits) d étant la dilution de la suspension mère 	<ul style="list-style-type: none"> Si le nombre de colonies, au niveau de l'échantillon pour essai ou de la suspension mère, est compris entre 01 et 03, exprimer le résultat comme suit : $< 3 \text{ lev\&mois./ml}$ (produits liquides) $< 3 \times d^{-1} \text{ lev\&mois/g}$ (autres produits) d étant la dilution de la suspension mère
<p>Aucune colonie :</p> <ul style="list-style-type: none"> S'il n'y a aucune colonie au niveau de l'échantillon pour essai (produits liquides), le résultat est $< 1 \mu\text{org/ml}$ S'il n'y a aucune colonie sur les boîtes au niveau de la suspension mère (autres produits), le résultat est : $< 1 \times d^{-1} \mu\text{org/g}$ (d : dilution de la suspension mère) 	<p>Aucune colonie</p> <ul style="list-style-type: none"> S'il n'y a aucune colonie au niveau de l'échantillon pour essai (produits liquides), le résultat est $< 1 \text{ pathogène/ml}$ S'il n'y a aucune colonie sur les boîtes au niveau de la suspension mère (autres produits), le résultat est : $< 1 \times d^{-1} \text{ pathogène/g}$ (d : dilution de la suspension mère) 	<p>Aucune colonie</p> <ul style="list-style-type: none"> S'il n'y a aucune colonie au niveau de l'échantillon pour essai (produits liquides), le résultat est $< 1 \text{ levure et moisissure/ml}$ S'il n'y a aucune colonie sur les boîtes au niveau de la suspension mère (autres produits), le résultat est : $< 1 \times d^{-1} \text{ levure et moisissure/g}$ (d : dilution de la suspension mère)

II.6. METHODES D'ANALYSES SENSORIELLES

L'analyse sensorielle permet d'évaluer l'appréciation des qualités organoleptiques d'un produit. Ces analyses ont été faites au laboratoire d'analyse sensorielle du DTA avec l'assistance scientifique et technique des responsables du dit laboratoire.

II.6.1. Les échantillons

Trois (3) échantillons de pâtes de fruit à base de pulpe de fruit du baobab de formulations différentes et trois (3) échantillons de confiture à base de pulpe de fruit du baobab de formulations différentes sont proposés pour l'analyse sensorielle. Ils ont été codifiés à l'aide du tableau normalisé de codes à trois chiffres comme suit:

Les codes des pâtes de fruit:

les codes des confitures :

Echantillon 1	<i>Formulation E₃</i>	100	Echantillon 1	<i>Formulation C₁</i>	200
Echantillon 2	<i>Formulation E₆</i>	120	Echantillon 2	<i>Formulation C₂</i>	220
Echantillon 3	<i>Formulation E₁₀</i>	130	Echantillon 3	<i>Formulation C₃</i>	230

II.6.2. Les lignes directrices de l'étude sensorielle

1. Identifier s'il y a une différence significative entre les trois (3) pâtes de fruit selon les caractéristiques organoleptiques suivantes: la couleur, l'odeur, le goût et la dureté.
2. Donner sa préférence entre deux (2) formes de pâtes de fruit.
3. Faire un classement global sur les trois (3) formulations de pâtes de fruit.
4. Identifier s'il y a une différence significative entre les trois (3) confitures selon les caractéristiques organoleptiques suivantes : la couleur, l'odeur, le goût et la consistance.
5. Faire un classement global sur les trois (3) formulations de confiture.

II.6.3. Les épreuves sensorielles

Pour cette étude, l'épreuve discriminative a été choisie pour les objectifs 1 et 4.

L'épreuve hédonique a été choisie pour les objectifs 2, 3 et 5.

Les fiches des analyses sont portées en annexe 2.

II.6.4. La conduite de l'analyse

II.6.4.1. L'épreuve discriminative

- **Le panel de dégustateurs**

Le premier jour, ce panel était composé de vingt quatre (24) dégustateurs des deux (2) sexes, dont douze (12) dégustateurs pour l'objectif 1 et les 12 autres dégustateurs pour l'objectif 4. Ces dégustateurs ont reçu une formation de base avant d'être soumis aux différentes analyses.

- **La préparation et la présentation des échantillons**

Les 12 premiers dégustateurs ont reçu chacun les trois (3) formulations de pâtes de fruit avec les codes 100, 120 et 130.

Les 12 autres dégustateurs ont reçu chacun les trois (3) formulations de confiture avec les codes 200, 220 et 230.

Les appréciations ont été converties en notations numériques allant de 0 point à 5 points.

- **Le test choisis et l'analyse statistique des données**

1. Le test de classement a été choisi pour marquer la différence de dureté entre les trois (3) échantillons de pâtes de fruit et pour évaluer la différence dans la consistance des trois (3) échantillons de confiture.
2. Le test de différence a été choisi pour apprécier la taille de différence entre les mêmes échantillons de pâtes de fruit et de confiture deux à deux pour la couleur, l'odeur et le goût.

II.6.4.2. L'épreuve hédonique

- **Le panel de dégustateurs**

Le deuxième jour, ce panel était composé de vingt quatre (24) dégustateurs des deux (2) sexes, dont plus de 53% âgés de 21-26 ans et 25% âgés de 27-32 ans. Ces dégustateurs ont

reçu une formation de base avant d'être soumis aux différentes analyses pour les objectifs 2, 3 et 5.

▪ **La préparation et la présentation des échantillons**

Les vingt quatre (24) dégustateurs ont reçu chacun les trois (3) formulations de pâtes de fruit avec les codes 100, 120, 130 et les deux (2) formes de pâtes de fruit notées AAA (ronde) et BBB (plate).

Ensuite ils ont reçu chacun les trois (3) formulations de confiture avec les codes 200, 220 et 230.

▪ **Le test choisi et l'analyse statistique des données**

1. Le test de classement a été choisi pour classer les trois (3) pâtes de fruit 100, 120, 130.
2. Le test de préférence a été choisi pour la préférence dans la forme des pâtes de fruit AAA et BBB.
3. Le test de classement a été choisi pour classer les trois (03) confitures 200, 220, 230.

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. COMPOSITION ET PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE LA MATIERE PREMIERE

Tableau IV : Composition du fruit du baobab

<i>Expressions</i>	<i>Parties du fruit</i>				
	<i>Fruit entier</i>	<i>Coques</i>	<i>Graines</i>	<i>Fibres</i>	Pulpe
Masse (kg)	$0,55 \pm 0,07$	$0,22 \pm 0,11$	$0,22 \pm 0,03$	$0,01 \pm 2,27 \times 10^{-4}$	$0,1 \pm 0$
Pourcentage (%)	100	40	40	1,8	18,18

Selon des pesées effectuées au DTA à partir de deux (2) fruits de baobab, il a été déterminé que la pulpe représente environ 18,2% (tableau IV) de la masse du fruit entier après extraction par voie sèche et tamisage à 350µm; ceci en accord avec Diop *et al.* (2005) qui stipulent que le fruit du baobab se compose de 14 à 28% de pulpe.

III.1.1. Principales caractéristiques microbiologiques

Tableau V : Caractéristiques microbiologiques des pulpes

<i>Echantillons</i>	<i>Paramètres</i>		
	<i>FMAT (UFC/g)</i>	<i>Levures et moisissures (UFC/g)</i>	<i>Pathogènes (UFC/g)</i>
Stock DTA	$1,1 \times 10^4$	<10	< 10
Stock marché/ sect. 25	$4,4 \times 10^4$	$1,3 \times 10^3$	$1,5 \times 10^2$
Pulpe/ Cissé <i>et al.</i> (2009)	$1,2 - 3,7 \times 10^3$	< 10 (levures) et $4,0 \times 10^2 - 2,0 \times 10^3$ (moisissures)	Absent dans 25 g (Salmonelles) et < 10 (Coliformes)

Sur le plan microbiologique (tableau V), la flore mésophile aérobie totale des matières premières étudiées au DTA s'avoisinent mais sont légèrement au dessus des valeurs de Cissé

et *al.* (2009). Une présence de pathogènes au niveau de la pulpe provenant du marché du secteur 25 de la ville de Ouagadougou a aussi été décelée ; contrairement à la pulpe utilisée par Cissé et *al.* (2009). La pulpe pourrait avoir été contaminée lors de la réduction en poudre ; en effet, la marchande nous a affirmé que sa pulpe proviendrait de Pô et que son fournisseur la lui livre dans cet état.

III.1.2. Paramètres physico-chimiques de la matière première

Tableau VI : Paramètres physico-chimiques de la matière première (pulpe)

Paramètres	Echantillons		
	Stock DTA	Stock marché	Valeur FAO (1970)
Humidité (%)	11,17 ± 0,21	11,45 ± 0,02	7,4
Cendres (%) _{MS}	5,32 ± 0,04	5,67 ± 0	4,2
pH	3,09 ± 0,02	3,13 ± 0,03	-
Acidité (mEq d'acide citrique/100g)	156,37 ± 0,27	158,08 ± 2,15	-
Protéines (%) _{MS}	1,94 ± 0,08	1,87 ± 0	6,6
Matière grasse (%) _{MS}	0,35 ± 0,18	0,38 ± 0,05	0,3
Glucides totaux (%) _{MS}	81,22 ± 0,44	80,63 ± 0,01	81,5
Valeur énergétique (kcal/ 100 g)	335,79 ± 0,18	333,42 ± 0,39	335,1

Les résultats physico-chimiques répertoriés dans le tableau VI montrent que les taux de cendres de la pulpe du DTA et de celle du marché qui sont respectivement de 5,32 % ± 0,04 et 5,67% ± 0 répondent aux valeurs (4,1 à 6,4%) répertoriées par Chadare et *al.* (2009). Ces taux sont légèrement en dessous des données de la FAO.

Toujours de manière comparative, les taux de matière grasse et de glucides totaux des pulpes étudiées au DTA sont proches des valeurs de la FAO. Les taux de protéines des deux

premières pulpes sont en dessous des valeurs de la FAO mais en accord avec Nour et *al.*, 1980 la pulpe contient environ 2% de protéines.

Les valeurs de pH de ces pulpes avoisinent les données de Nour et *al.*, 1980 qui s'élèvent à 3,3.

Les valeurs de l'acidité titrable des deux pulpes qui s'avoisinent à 156 mEq d'acide citrique/ 100g correspondent aux valeurs fournis par Cissé et *al.* (2009) : 68-201 mEq d'acide citrique/ 100g.

Les taux d'humidités respectives des deux pulpes sont au dessus des valeurs de la FAO, basée sur une seule étude mais s'accordent avec les valeurs données par Nour et *al.* (1980) : 11,5-11,9 %.

A partir de ces résultats physico-chimiques, nous avons évalué la valeur énergétique de la pulpe en kcal pour 100g de matière. Nous avons ainsi trouvé $333,42 \pm 0,39$ kcal/ 100g et $335,79 \pm 0,18$ kcal/ 100g. Ces valeurs sont légèrement au dessus des données de Osman (2004) : $320,3 \pm 4,4$ kcal/ 100g.

III.1.3. Quelques aspects de la pulpe de fruit du baobab en fonction du stockage

Sur le plan organoleptique, les couleurs des pulpes sont différentes (photo 7) : la pulpe du DTA est plus foncé que la pulpe du marché. Cela serait lié à une réaction de Maillard selon Chadare (2010). D'après le même auteur, c'est au moment de l'apparition du brunissement que la dégradation de la vitamine C s'installe. Aussi, le même auteur a établi que le brunissement de la pulpe a un lien avec l'humidité et la température de stockage. Plus ces deux paramètres sont élevés, plus le brunissement s'accroît.



Photo 7 : Poudres de pulpe de fruit du baobab

Source : TAPSOBA (16/02/11)

A gauche (a) la pulpe stock DTA et à droite (b) la pulpe du marché. Nous pouvons remarquer la différence de couleur due au brunissement.

III.2. ETUDE DE LA TRANSFORMATION DE LA PULPE EN NECTAR

III.2.1. Procédé d'élaboration

L'élaboration du nectar de fruit du baobab se fait de deux façons différentes :

- Lavage- trempage du fruit décoqué, suivit d'un ajout d'eau et de filtration (Cissé et *al.*, 2009).
- Ajout d'eau à la poudre de pulpe obtenue par voie sèche (cas de la présente étude).

Selon une étude menée au DTA de juillet à septembre 2009 (Kafando M. et Tapsoba A., 2009), la plupart des producteurs de nectars de pulpe de fruit du baobab au Burkina Faso utilisent cette dernière méthode. Les nectars sucrés commercialisés par ces producteurs sont généralement caractérisés par :

- un °Brix compris entre 15,17 et 20,5.
- un pH d'environ 3,3.

III.2.2. Caractéristiques physico-chimiques des nectars

Tableau VII : Caractéristiques physico-chimiques des nectars obtenus

<i>Paramètres</i>	Nectar / pulpe marché Pasteurisé
pH	3,23 ± 0,01
°Brix	23,6 ± 0,21
Acidité (mEq d'acide citrique/100 g)	13,63 ± 0,021
% Matière Sèche Totale (MST)	24,29 ± 1,43
Cendres (%) _{MS}	0,8 ± 0,09
Protéines (%) _{MS}	0,66 ± 0,09
Matière grasse (%) _{MS}	0,12 ± 0
Glucides totaux (%) _{MS}	22,71 ± 1,31
Valeur énergétique (kcal/100g)	94,56 ± 5,47

Les résultats consignés au tableau VII indiquent un taux de matière sèche soluble (°Brix) au dessus à la norme Codex STAN 161-1989 relative aux nectars, qui stipule que cette valeur ne doit pas excéder 20°Brix. En outre, la teneur en ingrédient fruit du nectar de pulpe de baobab produit au DTA est de 7,6% m/m soit 31,29% _{MS} m/m. Cette teneur, supérieure à 25% m/m répond à la réglementation du Codex Alimentarius.

Les teneurs en protéines (MS) et en cendres (MS) du nectar produit au DTA sont relativement supérieurs aux valeurs de Cissé et *al.* (2009) qui sont de l'ordre de 0,14 à 0,15% pour les protéines et 0,15 à 0,30% pour les cendres (en fonction de la proportion de sucre présent dans le nectar).

III.2.3. Essais de pasteurisation des nectars

III.2.3.1. Efficacité du traitement

Tableau VIII : Paramètres microbiologiques des nectars obtenus

<i>Echantillons</i>	<i>Paramètres</i>		
	<i>FMAT (UFC/ml)</i>	<i>Levures et moisissures (UFC/ml)</i>	<i>Pathogènes (UFC/ml)</i>
Nectar n°1	< 10	< 1	< 1
Nectar n°2	$7,2 \times 10^2$	< 10	< 1
Nectar n°3	$7,9 \times 10^4$	$2,5 \times 10^4$	< 1
Nectar n°4	$1,3 \times 10^5$	$4,6 \times 10^4$	< 1

Les résultats des analyses microbiologiques sur les nectars sont consignés dans le tableau VIII.

Les nectars issus de la pulpe achetée au marché (nectars n°2 à 4) sont relativement contaminés mais ne contiennent pas les pathogènes détectés dans la pulpe.

Un développement microbien a été observé (nectar n°3 par rapport au nectar n°2) pendant le stockage (10 jours) à température ambiante après le traitement thermique.

Au vu des résultats du nectar n°2 une observation au microscope des colonies ayant poussé sur milieu PCA a été réalisée. La présence de bacilles isolées et en paires, mais aussi de spores a été notée. Cette présence pourrait avoir comme origine la matière première qui est très chargée.

Les *Bacillus* à l'état végétatif sont détruits à 80°C-15 mn et les spores à 121°C-15 mn. Ainsi, le barème (110°C-10 mn) appliqué pendant le traitement thermique ne serait pas efficace pour la destruction des spores.

Selon Cissé et al. (2009) une pasteurisation suivant les barèmes 80°C-10 mn et 90°C-5 mn serait mieux adapté que 70°C-10 mn pour une stabilisation du nectar. Mais ces données sont liées à la nature des microorganismes présents dans la pulpe utilisée. La pulpe utilisée

pour la production de nectar par Cissé et *al.* (2009) était relativement peu contaminée avec une FMAT de $2,5 \times 10^3$ essentiellement composée de moisissures et de bactéries lactiques. Ce dénombrement microbien s'explique probablement par le fait que la pulpe utilisée n'a pas été extraite par voie sèche et stockée avant production du nectar : l'extraction de la pulpe pour l'obtention du nectar a été faite par voie humide.

L'étude menée au DTA par Kafando M. et Tapsoba A. (2009) montre également qu'une diminution notable de la flore microbienne du nectar peut se faire en pasteurisant le produit à la vapeur. Le traitement ainsi appliqué a diminué la flore totale d'environ 98,83% et son impact sur les levures et moisissures est appréciable.

En résumé, l'efficacité du traitement thermique sur le nectar est surtout fonction de la nature des microorganismes présents dans la pulpe utilisée.

III.2.3.2. Impact du traitement thermique et du stockage sur quelques paramètres

Certes, la pasteurisation a pour avantage d'assainir le produit ou du moins de réduire sa charge microbienne. Mais elle affecte en retour certains aspects du produit. Le nectar pasteurisé, sur un point de vue sensoriel, perd ses qualités organoleptiques. Sa couleur est affectée par les réactions de Maillard et son odeur est altérée (Cissé et *al.*, 2009). Le traitement thermique ternit la couleur du nectar qui devient foncée (photos 8 et 9).

Pendant le stockage à température ambiante du nectar n°1, il est ressorti qu'au bout de 2 mois environ, un arrière goût amer apparaît. Les résultats de l'analyse microbiologique (tableau VIII) révèlent que ce changement de flaveur n'est pas lié à un développement microbien. Par conséquent, nous pensons que cet arrière-goût tire ses sources d'une interaction physico-chimique et probablement de la réaction de Maillard.



Photo 8 : Nectar non pasteurisé

Source : TAPSOBA (16/02/11)



Photo 9 : Nectar pasteurisé

Source : TAPSOBA (16/02/11)

III.3. ETUDE DE LA TRANSFORMATION DE LA PULPE DE FRUIT DU BAOBAB EN CONFISERIES TENDRES- PATES DE FRUIT

III.3.1. Essais de production

Douze essais de production ont été réalisés mais les plus expressifs sont consignés dans le tableau 9. La pâte de fruit $E_{0,1}$ a beaucoup brunie au bout de 24h de séchage à 75°C et reste néanmoins très pâteuse ; ce qui a conduit à une diminution de la quantité d'eau et de la température de séchage. Mais pour la pâte E_1 , le même constat a été fait: produit brun et formation d'une croûte au dessus de la pâte. L'hypothèse a été émise qu'il serait plus judicieux de procéder de façon graduelle pour la température de séchage. De cette façon, le brunissement est amoindri. L'ajout de gomme arabique et/ou de lait confère une couleur blanchâtre à la pâte qui tend à demeurer au-delà du séchage. De plus cet ajout augmente la matière sèche soluble. Des quatre plages de température de séchage (tableau I, pages 18 et 19), la mieux adaptée qui permet d'obtenir une couleur blanchâtre et un produit fini plus ou moins sec serait : 75°C-24h ; 65°C-24h ; 55°C-24h.

Tableau IX : Essais de production de confiseries tendres

<i>Composition</i>	<i>Echantillons</i>				
	<i>E_{0.1}</i>	<i>E₁</i>	<i>E₃</i>	<i>E₆</i>	<i>E₁₀</i>
Pulpe (kg)	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25
Eau (l)	1,5	1	0,8	0,70	0,65
Sucre (kg)	1	1,5	0,75	0,75	0,75
Arôme (ml)	-	-	-	-	Vanille : 1,5
Lait (ml)	380	-	-	50	50
Gomme arabique (g)	-	-	75	-	125
°Brix ₁ (avant ajout/gomme)	ND	70,4	62,5	67	69
°Brix ₂ (après ajout/gomme)	-	-	65	-	72
Cuisson (mn)	25	25	20	20	20
Étuvage	75°C-24h	65°C-54h	75°C-24h ; 65°C-24h ; 55°C-24h	85°C-24h ; 75°C-18h	75°C-24h ; 65°C-24h ; 55°C-24h

III.3.2. Efficacité du procédé sur les caractéristiques microbiologiques des pâtes de fruit

Tableau X : Caractéristiques microbiologiques des pâtes de fruit obtenues

<i>Echantillons</i>	<i>FMAT (UFC/g)</i>	<i>Paramètres</i>	
		<i>Lev. et mois. (UFC/g)</i>	<i>Pathogènes (UFC/g)</i>
E ₃	1,1 × 10 ³	< 10	< 10
E ₆	1,0 × 10 ³	< 10	< 10
E ₁₀	4,2 × 10 ³	< 10	< 10

L'analyse microbiologique (tableau X) révèle que les pathogènes et les levures et moisissures détectées dans la matière première (pulpe du marché) sont absents dans les pâtes de fruits. Mais en dépit de la cuisson et du séchage, la flore mésophile aérobie totale demeure abondante. Ceci pourrait s'expliquer par la mise en forme des pâtes qui se sont faite à la main après séchage, mais aussi probablement par la matière première elle-même. En effet la présence de spores dans les nectars liée à la matière première a été constatée.

III.3.3. Paramètres physico-chimiques des pâtes de fruit obtenues

Tableau XI : Paramètres physico-chimiques des pâtes de fruit obtenues

<i>Paramètres</i>	<i>Echantillons</i>		
	<i>E₃</i>	<i>E₆</i>	<i>E₁₀</i>
Cendres (%) _{MS}	0,81 ± 0,06	1,02 ± 0,08	1,38 ± 0,01
Humidité (%)	13,24 ± 0,24	14,60 ± 0,32	16,68 ± 0,71
% Matière Sèche Totale (MST)	86,76 ± 0,24	85,40 ± 0,32	83,32 ± 0,71

Le taux de matière minérale totale (tableau XI) est fonction de l'ajout de gomme arabique et de lait. En référence au tableau IX (page 45), dans l'échantillon E₁₀, l'ajout de gomme arabique et de lait a plus d'incidence sur les cendres que l'ajout des deux ingrédients pris séparément.

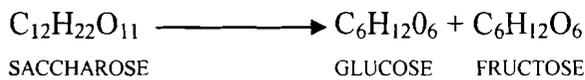
On constate que plus la quantité de gomme arabique est élevée, plus le taux d'humidité est relativement élevé. Ainsi, le taux d'humidité de l'échantillon E₁₀ est relativement plus élevé que celui de l'échantillon E₃; les deux échantillons n'ayant pas les mêmes quantités de gomme arabique (tableau IX, page 45).

III.3.4. Impact du procédé

Le procédé de fabrication indique un ajout séquentiel de sucre pendant la cuisson. Le sucre ajouté de façon séquentielle permet d'éviter au maximum la caramélisation.

La cuisson permet :

- une évaporation de l'eau en excès, donc une augmentation du °Brix du produit ;
- une destruction des microorganismes susceptibles d'altérer le produit ;
- une transformation chimique du sucre appelée inversion par la relation suivante :



Une courte cuisson entraînera :

- une haute teneur en eau résiduelle favorisant le développement des levures et moisissures,
- une insuffisance de l'inversion du sucre qui provoquerait sa cristallisation.

Par contre, une longue cuisson provoquera :

- une dégradation des gélifiants qui perdent leur pouvoir gélifiant avec la chaleur ; le produit fini reste liquide.
- un risque de caramélisation et une perte d'énergie (Télal, 1992).

III.3.5. Résultats des analyses sensorielles des pâtes de fruit

Les analyses sensorielles sur les trois échantillons E₃, E₆ et E₁₀ ont porté sur la couleur, l'odeur, le goût, la dureté et la forme.

▪ *Par rapport à la couleur des pâtes de fruits*

La différence est grande, voire très grande entre les pâtes E₆ et E₁₀. La différence est grande entre les pâtes E₃ et E₁₀. Il y a une très faible différence entre les pâtes E₃ et E₆.

Tableau XII : Différence de couleur des pâtes de fruit

<i>Intensités</i>	<i>Pas de différence</i>	<i>Très faible différence</i>	<i>Faible différence</i>	<i>Différence moyenne</i>	<i>Différence grande</i>	<i>Différence très grande</i>
E_3-E_6	3	7	2	0	0	0
E_3-E_{10}	0	0	0	1	5	6
E_6-E_{10}	0	0	0	0	6	6

Ces chiffres représentent le nombre de personnes du panel ayant opté pour l'intensité de différence correspondant aux combinaisons des pâtes de fruit.

▪ *Par rapport à l'odeur des pâtes de fruits*

La différence est faible entre les pâtes E_6 et E_{10} . La différence est faible, voire très faible entre les pâtes E_3 et E_{10} . Il n'y a pas de différence significative entre les pâtes E_3 et E_6 .

Tableau XIII : Différence d'odeur des pâtes de fruit

<i>Intensités</i>	<i>Pas de différence</i>	<i>Très faible différence</i>	<i>Faible différence</i>	<i>Différence moyenne</i>	<i>Différence grande</i>	<i>Différence très grande</i>
E_3-E_6	5	3	1	2	1	0
E_3-E_{10}	2	4	4	0	2	0
E_6-E_{10}	2	2	6	2	0	0

Ces chiffres représentent le nombre de personnes du panel ayant opté pour l'intensité de différence correspondant aux combinaisons des pâtes de fruit.

▪ *Par rapport au goût des pâtes de fruits*

La différence est moyenne entre les pâtes E_6 et E_{10} . La différence est grande entre les pâtes E_3 et E_{10} . La différence est moyenne entre les pâtes E_3 et E_6 .

Tableau XIV : Différence de goût des pâtes de fruit

<i>Intensités</i>	<i>Pas de différence</i>	<i>Très faible différence</i>	<i>Faible différence</i>	<i>Différence moyenne</i>	<i>Différence grande</i>	<i>Différence très grande</i>
E_3-E_6	0	2	3	5	2	0
E_3-E_{10}	0	1	0	2	8	1
E_6-E_{10}	0	0	1	6	4	1

Ces chiffres représentent le nombre de personnes du panel ayant opté pour l'intensité de différence correspondant aux combinaisons des pâtes de fruit.

▪ ***Par rapport à la dureté des pâtes de fruit***

La pâte la plus dure est le E_6 , ensuite le E_{10} et enfin la pâte la moins dure est le E_3 .

Tableau XV : Dureté des pâtes de fruit

<i>Echantillons</i>	E_6	E_{10}	E_3
Rangs	1	2	3

Pendant le stockage, tous les échantillons prennent de la consistance par rapport à leur consistance juste à la fin de la mise en forme. Le tableau XI semble confirmer ce constat car l'ordre des échantillons E_3 , E_6 et E_{10} va de la plus ancienne production à la plus récente.

L'épreuve hédonique donne le classement général suivant :

1^{er} : E_{10}

2^{em} : E_6

$2^{em} ex$: E_3 .

En outre, la forme plate des pâtes de fruits est plus appréciée que la forme ronde.

III.4. ETUDE DE LA TRANSFORMATION DE LA PULPE DE FRUIT DU BAOBAB EN CONFITURE

III.4.1. Essais de production

En tout quatre types de confitures ont été produits. Les formulations sont consignées dans le tableau XV. Lors du premier essai le produit final était relativement brun ; cela est lié au temps de cuisson. Au bout de vingt et cinq minutes de cuisson, on obtient des produits finis de couleur plus appréciable que le premier essai. En moyenne, le °Brix de ces produits tourne autour de 60. Ces valeurs répondent à la norme du Codex STAN 296-2009. La teneur en ingrédient fruit est d'environ 0,11% m/m soit 0,18% MS. Cette teneur est rendue nécessaire à cause de la forte acidité de la pulpe de baobab.

Tableau XVI : Essais de production de confitures

<i>Composition</i>	<i>Echantillons</i>			
	<i>C₀</i>	<i>C₁</i>	<i>C₂</i>	<i>C₃</i>
Pulpe (kg)	0,5	0,25	0,25	0,25
Eau (l)	2	1	1	1
Sucre (kg)	2	1	1	1
Gomme arabique (g)	-	-	-	75
Arômes (ml)	-	-	Fraise : 1,2 Vanille : 1	Ananas : 2
Cuisson (minutes)	40	25	25	25
°Brix final	64	60,5	59,5	60

III.4.2. Efficacité du procédé sur les caractéristiques microbiologiques des confitures

Tableau XVII : Population microbienne des confitures obtenues

<i>Echantillons</i>	<i>Paramètres</i>		
	<i>FMAT (UFC/g)</i>	<i>Lev. et mois. (UFC/g)</i>	<i>Pathogènes (UFC/g)</i>
C ₁	$6,5 \times 10^2$	< 20	< 10
C ₂	$8,3 \times 10^2$	< 10	< 10
C ₃	$2,0 \times 10^3$	< 20	< 10

L'abondance de la flore mésophile aérobie totale (tableau XVII) est probablement liée à la présence de spores dans la matière première. Pour l'échantillon C₃, la présence plus abondante de FMAT peut être liée à l'utilisation de la gomme arabique atomisée et stockée pendant plusieurs années au DTA.

III.4.3. Paramètres physico-chimiques des confitures obtenues

Tableau XVIII : Paramètres physico-chimiques des confitures obtenues

<i>Paramètres</i>	<i>Echantillons</i>		
	<i>C₁</i>	<i>C₂</i>	<i>C₃</i>
pH	$3,18 \pm 0,01$	$3,12 \pm 0$	$3,12 \pm 0$
Acidité (mEq d'acide citrique/100g)	$17,23 \pm 0,35$	$19,12 \pm 0$	$17,98 \pm 0$
% Matière Sèche Totale (MST)	$60,52 \pm 0,4$	$59,56 \pm 0,62$	$60,07 \pm 0,32$
%Cendres _{MS}	$0,40 \pm 0,14$	$0,45 \pm 0,02$	$1,18 \pm 0,04$
%Protéines _{MS}	$0,35 \pm 0,02$	$0,37 \pm 0,06$	$0,50 \pm 0,18$
%Matière grasse _{MS}	$0,1 \pm 0$	$0,08 \pm 0$	$0,12 \pm 0$
%Glucides totaux _{MS}	$59,67 \pm 0,73$	$58,66 \pm 0,3$	$58,27 \pm 0,09$
Valeur énergétique	$240,98 \pm 3,25$	$236,84 \pm 1,41$	$236,16 \pm 0,37$

Le pH des confitures obtenues est conforme à l'intervalle de pH donné par le Codex STAN 79-1981. Par ailleurs, certains paramètres (tableau XVIII) des confitures de pulpe de baobab sont proches de ceux de Mathlouthi et *al.* (2009) qui ont trouvé des taux de sucres totaux de 57,7 à 61,6% dans les confitures de fraise, abricot, cerise et framboise. Le taux de cendres de la confiture C₃ en moyenne trois fois plus élevé que les deux autres serait vraisemblablement lié à l'ajout de gomme arabique. Les valeurs énergétiques théoriques des produits sont importantes (236,16 à 240,98 kcal/ 100g). Ce qui permet de dire que la confiture de fruit de baobab est un aliment énergétique, et sa consommation serait donc bénéfique pour l'organisme.

III.4.4. Impact du procédé

L'impact du procédé est le même que pour les pâtes de fruit (cf. page 47).

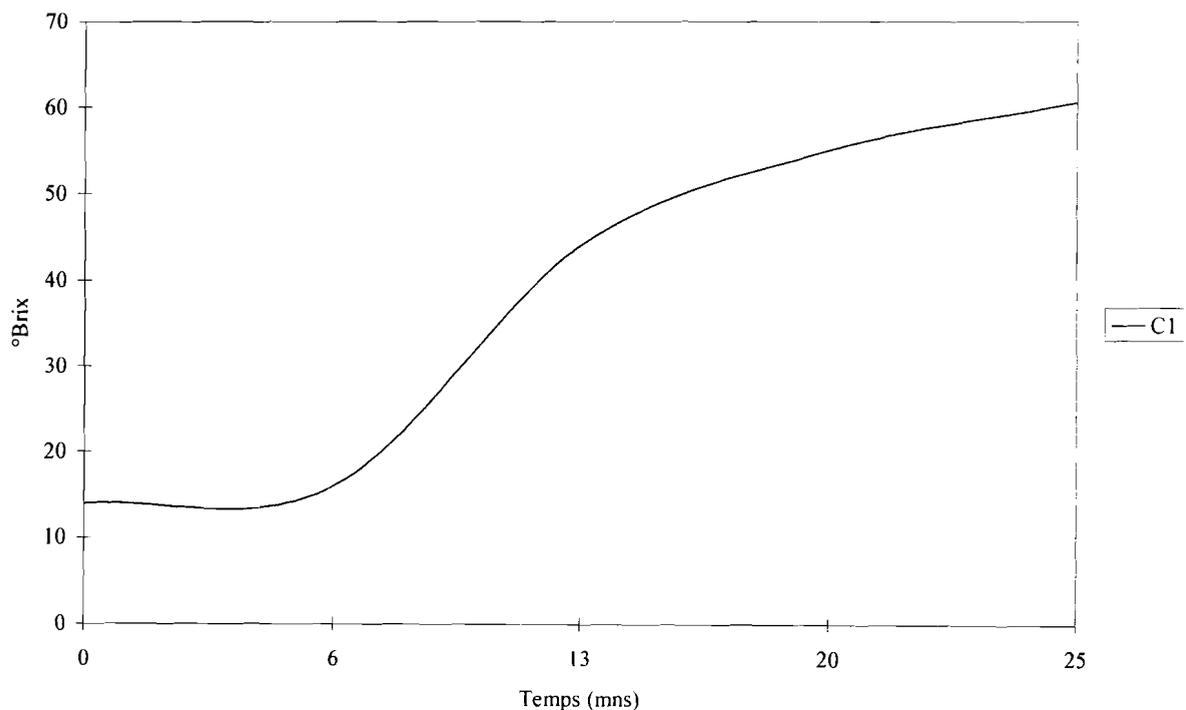


Figure 4 : Evolution du °Brix des confitures de pulpe de fruit du baobab pendant la cuisson.

Entre 0 et 6 mn, on est dans un temps de latence pendant lequel le °Brix est quasi constant car le mélange n'est pas encore en ébullition. Entre 6 et 13 mn, on constate que le °Brix croît de façon exponentielle en raison de l'évaporation de l'eau; mais aussi parce que c'est à partir de cet instant que l'on ajoute le sucre. Vers la fin du temps de cuisson, on remarque une faible croissance du °Brix par rapport à l'intervalle 6-13 mn. Cette phase de variation du °Brix pourrait être due à l'évaporation uniquement.

En somme, l'évolution du °Brix résulte d'une baisse de la teneur en eau. Cependant cette évolution dépend aussi du sucre ajouté au fil du temps.

III.4.5. Résultats des analyses sensorielles des confitures

Les analyses sensorielles sur les trois échantillons C_1 , C_2 et C_3 ont porté sur la couleur, l'odeur, le goût, et la consistance.

- *Par rapport à la couleur des confitures*

La différence est moyenne entre les confitures C_2 et C_3 . La différence est faible sinon très faible entre les confitures C_1 et C_3 . La différence est simplement faible entre les confitures C_1 et C_2 .

Tableau XIX : Différence de couleur des confitures

<i>Intensités</i>	<i>Pas de différence</i>	<i>Très faible différence</i>	<i>Faible différence</i>	<i>Différence moyenne</i>	<i>Différence grande</i>	<i>Différence très grande</i>
C_1-C_2	1	3	6	2	0	0
C_1-C_3	2	4	4	1	1	0
C_2-C_3	0	3	2	4	3	0

Les chiffres représentent le nombre de personnes du panel ayant opté pour l'intensité de différence correspondant aux combinaisons des confitures.

- *Par rapport à l'odeur des confitures*

La différence est faible sinon très faible entre les confitures C_2 et C_3 . La différence est grande, entre les confitures C_1 et C_3 . La différence grande entre les confitures C_1 et C_2 .

Tableau XX : Différence d'odeur des confitures

<i>Intensités</i>	<i>Pas de différence</i>	<i>Très faible différence</i>	<i>Faible différence</i>	<i>Différence moyenne</i>	<i>Différence grande</i>	<i>Différence très grande</i>
C_1-C_2	1	1	3	2	6	0
C_1-C_3	0	2	1	4	5	0
C_2-C_3	1	3	3	2	2	1

Les chiffres représentent le nombre de personnes du panel ayant opté pour l'intensité de différence correspondant aux combinaisons des confitures.

- *Par rapport au goût des confitures:*

La différence est moyenne entre les confitures C_2 et C_3 . La différence est grande entre les confitures C_1 et C_3 . La différence est moyenne entre les confitures C_1 et C_2 .

Tableau XXI : Différence de goût des confitures

<i>Intensités</i>	<i>Pas de différence</i>	<i>Très faible différence</i>	<i>Faible différence</i>	<i>Différence moyenne</i>	<i>Différence grande</i>	<i>Différence très grande</i>
C_1-C_2	0	3	0	7	2	0
C_1-C_3	0	3	2	3	4	0
C_2-C_3	2	1	2	4	3	0

Les chiffres représentent le nombre de personnes du panel ayant opté pour l'intensité de différence correspondant aux combinaisons des confitures.

- **Par rapport à la consistance des confitures:**

La confiture la plus consistante est la C₁, ensuite la C₂ et enfin la confiture la moins consistante est la C₃.

Tableau XXII : Consistance des confitures

Echantillons	C₁	C₂	C₃
Rangs	1	2	3

La confiture C₃ est la moins consistante des trois. En effet nous remarquons qu'elle s'écoule plus finement dans une cuillère, contrairement aux deux autres (Photos 10 et 11).

L'épreuve hédonique donne le classement général suivant :

1^{er}: C₃

2^{èm}: C₂

2^{èm} ex: C₁



Photo 10 : Confiture type C1 et C2

Source : TAPSOBA (17/02/11)



Photo 11 : Confiture C3

Source : TAPSOBA (17/02/11)

Conclusion

Les travaux effectués au DTA nous ont permis de produire des nectars, des pâtes de fruit et des confitures à base de fruit de baobab.

Le nectar produit présente un taux de matière minéral total et une valeur énergétique théoriques intéressants. Cependant, un accent devra être mis sur sa qualité microbiologique en vue d'une stabilisation.

Les pâtes de fruit obtenues présentent un taux de matière minéral total intéressant qui dépend des ingrédients ajoutés à la production.

Les confitures produites présentent pour la plupart aux spécifications définies par la norme Codex STAN 296-2009.

Les pâtes de fruit et les confitures ont été bien appréciées par la majorité du panel de dégustateurs, bien que quelques insuffisances de dureté (pâtes de fruit) et de consistances (confitures) aient été relevées.

L'ajout de gomme arabique a un impact non négligeable sur les produits. Elle augmente le taux de matière minéral et confère une couleur blanchâtre aux produits (pâtes de fruit et confitures).

Les arômes (fraise, vanille, ananas) ont l'avantage d'améliorer les qualités organoleptiques des produits en leur conférant une odeur agréable.

Les hautes températures de séchage des pâtes de fruit ont un impact sur la couleur (brunissement). Ces températures ont également un impact sur la qualité microbiologique du produit (réduction de la charge) par diminution de l'activité d'eau (aw).

Nous avons par ailleurs constaté plusieurs avantages liés à la fabrication de tels produits (confitures et pâtes de fruit) :

- La matière première est disponible et abordable (1000F/kg).
- La production peut se faire avec du matériel de base simple à utiliser et moins onéreuse (foyer à gaz, séchoir, tamis, marmites, réfractomètre, thermomètre, papier pH ou pH-mètre).
- Les ingrédients de base sont le sucre et le gélifiant.
- Le temps de production est court, il y a par conséquent économie d'énergie.

Les difficultés rencontrées résident essentiellement au manque d'emballages en verre pour le conditionnement des confitures surtout. Dans le cas (recommandé) d'un

conditionnement avant pasteurisation du nectar, le problème d'emballage en verre se pose une fois de plus.

Perspectives

Pour les entreprises désireuses de se lancer dans ce domaine de transformation, il existe une possibilité de commander les emballages au Ghana et de les consigner à l'achat.

Il serait aussi possible de confectionner des moules pour les pâtes de fruit, ce qui réduirait le temps consacré à la mise en forme et amoindrirait la contamination du produit fini.

Aussi, dans le but d'un éventuel développement du secteur de la pulpe de fruit du baobab, il faudra songer à une formation de la main d'œuvre chargée de la cueillette et de la réduction en poudre. Cette formation pourrait se focaliser sur les bonnes pratiques d'hygiène (BPH). Il serait ainsi possible d'amoindrir la contamination de la matière première et le coût des analyses microbiologiques.

Il serait aussi intéressant d'étudier le stockage de la pulpe en vue de réduire son impact sur la qualité de la matière première.

S'agissant de premiers essais qui se sont déroulés dans un temps relativement court, plusieurs paramètres tels que la date limite d'utilisation optimale (DLUO) et la date limite de consommation (DLC) des produits n'ont pas pu être étudiés. Il serait également intéressant de corriger les imperfections des produits relevés pendant l'analyse sensorielle notamment la dureté et la consistance des produits par des études mieux approfondies. Nous souhaitons donc que les essais se poursuivent afin de parvenir à des résultats plus concluants. Ainsi nous pensons qu'il serait judicieux de :

- _ étudier la stabilisation du nectar sur six (6) mois au minimum ;
- _ favoriser la transformation des produits locaux en confitures notamment par la création d'une section à cet effet (au sein du pôle technologique du DTA) ;
- _ doter cette section des outils et moyens nécessaires à sa mission : encadrement technique et scientifique spécifiques, local et matériel de production propres à cette section...

BIBLIOGRAPHIE

- ANON (2003).** Le baobab. Fiche technique. *Fond Natl. Rech. Agric. Agroaliment. (FNRAA)*. Dakar, Sénégal.
- BAUMER M. (1995).** Arbres, arbustes et arbrisseaux nourriciers en Afrique Occidentale. *Enda-ed*, Séries Etudes et Recherche, Dakar, Sénégal 260 pages.
- BECKER B. (1983).** The contribution of wild plants to human nutrition in the Ferlo (Northern Senegal), *Agroforest. Syst.* 1, P 257-267.
- CHADARE F.J., LINNEMANN A.R., HOUNHOUGAN J.D., NOUT M.J.R., BOEKEL M.A.J.S. (2008).** Baobab food products: A review on their composition and nutritional value. *Food Science and Nutrition*, 49(3): p.254-274.
- CISSE M., SAKHO M., DORNIER M., DIOP C.M., REYNES M., SOCK O. (2009).** Caractérisation du fruit du baobab et étude de sa transformation en nectar. *Fruit*, 2009, vol. 64(1): p. 19-34.
- CODEX STAN 79-1981.** Norme pour les confitures et gelées, 9 pages.
- CODEX STAN 161-1989.** Norme pour les nectars de fruits, 4 pages.
- CODEX STAN 296-2009.** Normes pour les confitures, gelées et marmelades, 8 pages.
- DIOP A.G., SAKHO M., DORNIER M., CISSE M., REYNES M. (2005).** Le baobab africain (*Adansonia digitata L.*) : principales caractéristiques et utilisations. *Fruits*, vol. 61(1): p. 55-69.
- CHADARE F.J. (2010).** Chapter 7: Colour change and vitamine C degradation of baobab pulp during storage in Baobab (*Adansonia digitata L.*) foods from Benin : composition, processing and quality. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, *The Netherlands*. P 137-147
- FORTIN D., MODOU L., MAYNART G. (2000).** Plantes médicinales du sahel. Dakar : *Enda. Editions*, série Etudes et recherches, n°187-188-189. Edition révisée.
- FRANÇOIS M. (1993).** Transformer les fruits tropicaux : guide technique, *GRET*, Paris, France, 1993.
- GLEW R.H., VANDERJAGT D.J., LOCKET C., GRIVETTI L.E., SMITH C.G., PASTUSZYN A., MILLSON M. (1997).** Amino acid, fatty acid, and mineral composition of 24 indigenous plants of Burkina Faso, *J. Food compos. Anal.* 10 (3): p.205-217.
- KAFANDO M., TAPSOBA A. (2009).** *Diagramme et principales caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du jus de toédo, une boisson locale à base de pulpe de Baobab "Adansonia digitata"*. **RAPPORT DE DEUXIEME ANNEE.**

- LAPOINTE A. (1987).** *Plantes médicinales* .Dakar : Enda, 164 p.
- MATHLOUTHI, MC B. Rogè (2009)** : les confitures 8 pages.
- MINISTERE DU COMMERCE, DE LA PROMOTION DE L'ENTREPRISE ET DE L'ARTISANAT (2006).** Balance commerciale et commerce extérieur, période 1997-2002. 299 pages.
- NORME FRANÇAISE ISO 7954 (1988).** Directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures, techniques par comptage des colonies à 25°C. 4 pages.
- NORME FRANÇAISE V 03-707 (2000).** Céréales et produits céréaliers- Détermination de la teneur en eau (méthode de référence pratique). 8 pages.
- NORME FRANÇAISE V 03-760 (1981).** Céréales, légumineuses et produits dérivés. Détermination des cendres. Méthode par incinération à 550°C. 6p.
- NORME FRANÇAISE V 03-050 (1970).** Produits agricoles alimentaires- Directives générales pour le dosage de l'azote avec minéralisation selon la méthode de Kjeldahl. 6 pages.
- NORME INTERNATIONALE ISO 659 (1998).** Graines oléagineuses- Détermination de la teneur en huile (Méthode de référence). 13p.
- NORME INTERNATIONALE ISO 6887-1 (1999).** Microbiologie des aliments- Préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique. *Partie 1* : règles générales pour la préparation de la suspension mère et des dilutions décimales. 5p.
- NORME INTERNATIONALE ISO 6887-1 (1999).** Microbiologie des aliments- Préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique. *Partie 4* : règles spécifiques pour la préparation des produits autres que les produits laitiers, les produits carnés et les produits de la pêche.
- NORME INTERNATIONALE ISO 4833 (2003).** Microbiologie des aliments. Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes; technique de comptage des colonies à 30°C. 9 pages.
- NORME INTERNATIONALE ISO 7218 (2007).** Microbiologie des aliments- Exigences générales et recommandations. 69 pages.
- NOUR A., MAGBOUL B.I., KHEIRI N.H.,** Chemical composition of baobab fruit (*Adansonia digitata L.*), *Trop. Sci.*, 22 (4) : 383-388.
- NOUT M.J.R., ROMBOUITS F. M., HAVELARR A. (1989).** Effect of accelerated natural lactic fermentation of infant food ingredients on some pathogenic microorganisms. *Int. J. Food Microbiol.* 8: 351-361.

OSMAN A.M. (2004). Chemical and Nutrient Analysis of Baobab (*Adansonia digitata*) Fruit and seed Protein Solubility. *Plants Foods for Human Nutrition* 59: 29 – 33.

SIDIBE M., WILLIAMS J.T. (2002). Baobab- *Adansonia digitata* L., Fruits for the future 4, *International Center for Underutilized Crops* (ICUC), Univ. Southampton, UK.

SOLOVIEV P., NIANG T.D., GAYE A., TOTTE A. (2004). Variabilité des caractères physico-chimiques des fruits de trois espèces ligneuses des cueillettes, récoltés au Sénégal : *Adansonia digitata*, *Balanites aegytiaca* et *Tamarindus indica*, *Fruits* 59,109-119.

SPECIFICATION TECHNIQUE ISO/TS 11 133-1 (2000). Microbiologie des aliments- Guide pour la préparation et la production des milieux de culture.

TABLE DE COMPOSITION DES ALIMENTS A L'USAGE DE L'AFRIQUE, FAO (1970)

TELAL R. K. (1992) Acidification des confitures au jus de citron à l'U.CO.B.A.M/mémoire DESS, industrie agro-alimentaire/Université de Ouagadougou, 59 pages.

WICKENS G.E. (1982). The baobab-Africa's upside-down tree, *Kew Bull.* 37 (2) 173-209.

www.aroma-zone.com du 13/11/2010

www.biscosuisse.ch du 22/10/2010

www.wikipedia.fr du 28/07/2009 et du 22/10/2010

ANNEXE

Annexe 1 : compositions des milieux de culture

Plate Count Agar (g/l)

Peptone de caséine	5
Extraits de levure	2,5
Dextrose	1
Agar	15
pH	7,2 ± 0,2

Diluant (g/l)

Peptone	1
NaCl	8,5
pH	7,0 ± 0,2

Mac CONKEY-Agar (g/l)

Peptone de gélatine	17
Peptone de caséine	1,5
Peptone de viande	1,5
Chlorure de sodium	5
Lactose	10
Mélange de sels biliaires	1,5
Rouge neutre	0,03
Violet cristallisé	0,001
Agar-agar	13,5
pH	7,1 ± 0,2

Sabouraud Dextrose Agar (g/l)

D (+)- Glucose	40
Mycological peptone	10
Agar	15
pH	5,6 ± 0,2

Annexe 2 : fiches des analyses sensorielles

EPREUVE DISCRIMINATIVE

TEST DE CLASSEMENT

Noms et Prénoms:

Date

Produits: Bonbons

Instructions: il vous est demandé d'évaluer dans l'ordre indiqué trois (03) échantillons de bonbons codés 100, 120, 130 et de les classer selon l'intensité de leur dureté:

Moins dure -----

Plus dure -----

EPREUVE DISCRIMINATIVE

TEST DE DIFFERENCE

Noms et Prénoms:

Date

Produits: Bonbons

Instructions 1: *Observez* l'échantillon 100, ensuite l'échantillon 120. Utilisez l'échelle pour indiquer la taille de la différence dans *la couleur* entre l'échantillon 100 et l'échantillon 120.

<u>Echelle</u>	Indiquez la différence de couleur
Pas de différence	-----
Très faible différence	-----
Faible différence	-----
Différence moyenne	-----
Différence grande	-----
Différence très grande	-----

Instructions 2: *Sentir* l'échantillon 100, ensuite l'échantillon 120. Utilisez l'échelle pour indiquer la taille de la différence dans *l'odeur* entre l'échantillon 100 et l'échantillon 120.

<u>Echelle</u>	Indiquez la différence de l'odeur
Pas de différence	-----
Très faible différence	-----
Faible différence	-----
Différence moyenne	-----
Différence grande	-----
Différence très grande	-----

Instructions 3: *Goûtez* l'échantillon 100, ensuite l'échantillon 120. Utilisez l'échelle pour indiquer la taille de la différence dans *le goût* entre l'échantillon 100 et l'échantillon 120.

<u>Echelle</u>	Indiquez la différence de goût
Pas de différence	-----
Très faible différence	-----
Faible différence	-----
Différence moyenne	-----
Différence grande	-----
Différence très grande	-----

EPREUVE DISCRIMINATIVE

TEST DE DIFFERENCE

Noms et Prénoms:

Date

Produits: Bonbons

Instructions 1: *Observez* l'échantillon 100, ensuite l'échantillon 130. Utilisez l'échelle pour indiquer la taille de la différence dans **la couleur** entre l'échantillon 100 et l'échantillon 130.

<u>Echelle</u>	Indiquez la différence de couleur
Pas de différence	-----
Très faible différence	-----
Faible différence	-----
Différence moyenne	-----
Différence grande	-----
Différence très grande	-----

Instructions 2: *Sentir* l'échantillon 100, ensuite l'échantillon 130. Utilisez l'échelle pour indiquer la taille de la différence dans **l'odeur** entre l'échantillon 100 et l'échantillon 130.

<u>Echelle</u>	Indiquez la différence de l'odeur
Pas de différence	-----
Très faible différence	-----
Faible différence	-----
Différence moyenne	-----
Différence grande	-----
Différence très grande	-----

Instructions 3: *Goûtez* l'échantillon 100, ensuite l'échantillon 130. Utilisez l'échelle pour indiquer la taille de la différence dans **le goût** entre l'échantillon 100 et l'échantillon 130.

<u>Echelle</u>	Indiquez la différence de goût
Pas de différence	-----
Très faible différence	-----
Faible différence	-----
Différence moyenne	-----
Différence grande	-----
Différence très grande	-----

EPREUVE DISCRIMINATIVE

TEST DE DIFFERENCE

Noms et Prénoms:

Date

Produits: Bonbons

Instructions 1: *Observez* l'échantillon 120, ensuite l'échantillon 130. Utilisez l'échelle pour indiquer la taille de la différence dans **la couleur** entre l'échantillon 120 et l'échantillon 130.

<u>Echelle</u>	Indiquez la différence de couleur
Pas de différence	-----
Très faible différence	-----
Faible différence	-----
Différence moyenne	-----
Différence grande	-----
Différence très grande	-----

Instructions 2: *Sentir* l'échantillon 120, ensuite l'échantillon 130. Utilisez l'échelle pour indiquer la taille de la différence dans **l'odeur** entre l'échantillon 120 et l'échantillon 130.

<u>Echelle</u>	Indiquez la différence de l'odeur
Pas de différence	-----
Très faible différence	-----
Faible différence	-----
Différence moyenne	-----
Différence grande	-----
Différence très grande	-----

Instructions 3: *Goûtez* l'échantillon 120, ensuite l'échantillon 130. Utilisez l'échelle pour indiquer la taille de la différence dans **le goût** entre l'échantillon 120 et l'échantillon 130.

<u>Echelle</u>	Indiquez la différence de goût
Pas de différence	-----
Très faible différence	-----
Faible différence	-----
Différence moyenne	-----
Différence grande	-----
Différence très grande	-----

EPREUVE DISCRIMINATIVE

TEST DE CLASSEMENT

Noms et Prénoms:

Date

Produits: Confitures

Instructions: il vous est demandé d'évaluer dans l'ordre indiqué trois (03) échantillons de confitures codés 200, 220, 230 et de les classer selon l'intensité de leur consistance:

Moins consistante

Plus consistante

EPREUVE DISCRIMINATIVE

TEST DE DIFFERENCE

Noms et Prénoms:

Date

Produits: Confitures

Instructions 1: *Observez* l'échantillon 200, ensuite l'échantillon 220. Utilisez l'échelle pour indiquer la taille de la différence dans *la couleur*** entre l'échantillon 200 et l'échantillon 220.**

<u>Echelle</u>	Indiquez la différence de couleur
Pas de différence	-----
Très faible différence	-----
Faible différence	-----
Différence moyenne	-----
Différence grande	-----
Différence très grande	-----

Instructions 2: *Sentir* l'échantillon 200, ensuite l'échantillon 220. Utilisez l'échelle pour indiquer la taille de la différence dans *l'odeur*** entre l'échantillon 200 et l'échantillon 220.**

<u>Echelle</u>	Indiquez la différence de l'odeur
Pas de différence	-----
Très faible différence	-----
Faible différence	-----
Différence moyenne	-----
Différence grande	-----
Différence très grande	-----

EPREUVE DISCRIMINATIVE

TEST DE DIFFERENCE

Noms et Prénoms:

Date

Produits: Confitures

Instructions 1: *Observer* l'échantillon 200, ensuite l'échantillon 230. Utilisez l'échelle pour indiquer la taille de la différence dans *la couleur* entre l'échantillon 200 et l'échantillon 230.

<u>Echelle</u>	Indiquez la différence de couleur
Pas de différence	-----
Très faible différence	-----
Faible différence	-----
Différence moyenne	-----
Différence grande	-----
Différence très grande	-----

Instructions 2: *Sentir* l'échantillon 200, ensuite l'échantillon 230. Utilisez l'échelle pour indiquer la taille de la différence dans *l'odeur* entre l'échantillon 200 et l'échantillon 230.

<u>Echelle</u>	Indiquez la différence de l'odeur
Pas de différence	-----
Très faible différence	-----
Faible différence	-----
Différence moyenne	-----
Différence grande	-----
Différence très grande	-----

Instructions 3: *Goûtez* l'échantillon 200, ensuite l'échantillon 230. Utilisez l'échelle pour indiquer la taille de la différence dans *le goût* entre l'échantillon 200 et l'échantillon 230.

<u>Echelle</u>	Indiquez la différence de goût
Pas de différence	-----
Très faible différence	-----
Faible différence	-----
Différence moyenne	-----
Différence grande	-----
Différence très grande	-----

EPREUVE DISCRIMINATIVE

TEST DE DIFFERENCE

Noms et Prénoms:

Date

Produits: Confitures

Instructions 1: *Observer* l'échantillon 220, ensuite l'échantillon 230. Utilisez l'échelle pour indiquer la taille de la différence dans ***la couleur*** entre l'échantillon 220 et l'échantillon 230.

<u>Echelle</u>	Indiquez la différence de couleur
Pas de différence	-----
Très faible différence	-----
Faible différence	-----
Différence moyenne	-----
Différence grande	-----
Différence très grande	-----

Instructions 2: *Sentir* l'échantillon 220, ensuite l'échantillon 230. Utilisez l'échelle pour indiquer la taille de la différence dans ***l'odeur*** entre l'échantillon 220 et l'échantillon 230.

<u>Echelle</u>	Indiquez la différence de l'odeur
Pas de différence	-----
Très faible différence	-----
Faible différence	-----
Différence moyenne	-----
Différence grande	-----
Différence très grande	-----

EPREUVE HEDONIQUE

TEST DE CLASSEMENT

Noms et Prénoms:

Date

Âges: 15ans-20ans

Sexe

21ans-26ans

27ans-32ans

Plus de 32ans

Produits: Bonbons

Instructions:

Observer, sentir et goûter chacun des échantillons de bonbon dans l'ordre indiqué ci-dessous. Donnez 1^{er} à l'échantillon le plus acceptable, 3^{ème} à l'échantillon le moins acceptable et l'autre à l'avenant. Ne pas donner le même rang à deux (2) échantillons.

CODES

100

120

130

CLASSEMENT PAR RANG

EPREUVE HEDONIQUE

TEST DE PREFERENCE

Noms et Prénoms:

Date

Agés: 15ans-20ans

Sexe

21ans-26ans

27ans-32ans

Plus de 32ans

Produits: Bonbons

Instructions:

Observez la forme de chacun des échantillons de bonbon dans tous les sens. Dites quelle est la forme de bonbon que vous préférez.

Bonbon AAA

Bonbon BBB

JE PREFERE LA FORME DU BONBON:

OBSERVATIONS:

EPREUVE HEDONIQUE

TEST DE CLASSEMENT

Noms et Prénoms:

Date

Agés: 15ans-20ans

Sexe

21ans-26ans

27ans-32ans

Plus de 32ans

Produits: Confitures

Instructions:

Observer, sentir et goûter chacun des échantillons de confiture dans l'ordre indiqué ci-dessous. Donnez 1^{er} à l'échantillon le plus acceptable et 3^{ème} à l'échantillon le moins acceptable et l'autre à l'avenant. Ne pas donner le même rang à deux (2) échantillons.

CODES

200

220

230

CLASSEMENT PAR RANG
