



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering

**AIDE À LA PRODUCTION DE SOLUTION D'ÉQUIPEMENTS DE
TRANSFORMATION AGRO ALIMENTAIRE**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR DE L'EQUIPEMENT RURAL**

Présenté et soutenu publiquement par

Tidiane NIKIEMA

Travaux dirigés par : **Yézouma COULIBALY**, professeur 2iE
Mireille Totobesola BARBIER, chercheuse CIRAD

UTER GEI

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Yézouma COULIBALY**, Professeur, chef d'unité GEI, 2iE
Membres et correcteurs : **Francis SEMPORE**, enseignant, 2iE
Mireille Totobesola BARBIER, chercheuse, CIRAD
Ignace MEDAH, chercheur, IRSAT-DTA

Promotion 2007/2008

*A mon père N. Moussa et ma mère O. Sally,
A tous mes sœurs et frères
A tous ceux qui luttent pour un monde meilleur.*

Remerciements

Ce mémoire est le fruit du travail de recherche mené en collaboration avec une équipe de chercheurs. Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mes encadreurs, les nombreux conseils et le soutien constant tout le long de mon mémoire. Je remercie les membres du jury qui, ont porté une attention particulière à ce travail. Aussi, j'aimerais remercier les différentes personnes qui 'adresse mes remerciements les plus sincères à :

Je remercie tout d'abord Monsieur Yézouma COULIBALY Professeur et chef d'unité GEI, pour la confiance qu'il m'a témoigné en m'accueillant dans son équipe de recherche et acceptant de diriger ce mémoire.

Je tiens à remercier tout particulièrement Mireille TOTOBESOLA BARBIER, chercheur à CIRAD, pour son soutien permanent et pour m'avoir guidé dans mon travail mais aussi de conseil et de formation.

Je remercie Monsieur Sina THIAM, ingénieur à la cellule SIG, pour sa disponibilité

Je remercie Monsieur Ignace MEDAH, chercheur au DTA de l'IRSAT, pour sa participation dans ce travail malgré son emploi de temps très chargé.

Je remercie Monsieur Stéphane OUEDROGO, assistant de recherche au 2iE, pour sa bonne collaboration dans ce travail.

Je remercie tous les chefs de société qui ont participé à ce travail

Je n'oublie pas mes collègues du 2iE pour leur soutien, leurs conseils et pour leur bonne humeur permanente.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

APSETA : Aide à la Production de Solutions d'Equipements de Transformation Agroalimentaire

TRIZ : Teorija Reshenija Izobretateliskih Zadatch (théorie de résolution des problèmes inventifs)

RIF: Résultat Idéal Final

ONG : Organisation Non Gouvernemental

FUP: Fonction Utile Principale

ST: Système Technique

DCT: Dimension Temps Coût

FSP : Fond Solidarité Prioritaire

2iE : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

UEMOA : Union Économique et Monétaire de l'Afrique de l'Ouest

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture)

SRC : Société de Recherche et de Conception

REMICO : Réalisation d'Etude et de Maintenance en Génie Civil

SOAF : Société Ouest Africaine de Fonderie

CIRAD : Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.

DTA : Département Technologie Agroalimentaire

IRSAT : Institut de Recherches en Sciences Appliquées et Technologies.

UMR : Unité Mixte de Recherche

HPSEFT: Help to the Production of Solutions of Equipments of Food-processing Transformation.

Sommaire

I.	INTRODUCTION	1
II.	HYPOTHESES ET OBJECTIFS DU TRAVAIL.....	4
II.1.	La méthode TRIZ	4
II.2	La démarche générale de résolution d'un problème avec la méthode TRIZ.....	10
II.3	L'outil APSETA.....	11
II.4	Objectifs du travail.....	16
III.	MATERIELS ET METHODES	17
III.1.	Identification et prise de contact avec quelques utilisateurs potentiels	17
III.2.	Saisie des produits dans l'APSETA.....	17
III.3.	Validation proprement dite.....	18
IV.	RESULTATS	20
IV.1	Huile de graines de Coton.....	20
IV.2	Le beurre de karité.....	25
IV.2	Le beurre de karité.....	25
IV.3	La mangue séchée	29
V.	DISCUSSION ET ANALYSES	35
V.1	Présentation des sociétés qui ont participé à la Validation.....	35
V.2	Synthèse des entretiens de validation	37
VI.	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	41
VII.	BIBLIOGRAPHIE	43
VIII.	ANNEXES	45
	ANNEXE I : LES DIAGRAMMES DE TRANSFORMATION DES PRODUITS	46
	ANNEXE II : LES PROPRIETES DES DIFFERENTS PRODUITS	52
	ANNEXE III : LISTE DES ENTREPRISES DE CONCEPTION	57
	ANNEXE IV : LE GUIDE D'ENTRETIEN POUR LA VALIDATION DE L'OUTIL APSETA	59
	ANNEXE V : LES HEURISTIQUES.....	65
	ANNEXE VI : Manuel d'utilisation de la base de connaissances agroalimentaires	69

LISTE DES IMAGES

IMAGE 1 : A GAUCHE, GRAINES AVEC LEURS FIBRES COURTES. A DROITE, GRAINES « NUES » [1] ; L'AMANDE DEBARRASSEE DE LA COQUE [2] ; UNE AMANDE EST PARSEMEE DE GLANDES CONTENANT UN ALCALOÏDE TOXIQUE (LE GOSSYPOL) SELON LES VARIETES [3].	21
IMAGE 2 : LE KARITE, L'AMANDE DE KARITE	25
IMAGE 3 : LES MANGUES SECHEES, LES MANGUES MURES.....	30

LISTE DES SCHEMAS

SCHEMA 1 : LA DEMARCHE DE LA METHODE DE TRIZ (SOURCE : D. CAVALLUCCI ET AL, 2005, PAGE 5)	10
SCHEMA 2 : LA DEMARCHE PROPOSEE PAR APSETA (SOURCE : BARBIER, 2008).....	13
SCHEMA 3: SCHEMA DE L'AIDE A LA PRODUCTION DE SOLUTIONS D'EQUIPEMENTS EN TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE (APSETA) (SOURCE : BARBIER, 2008).....	16
SCHEMA 4 : DIAGRAMME DE FABRICATION DU BEURRE DE KARITE	47
SCHEMA 5 : DIAGRAMME DE PRODUCTION D'HUILE DE GRAIN DE COTON.....	48
SCHEMA 6 : DIAGRAMME DE PRODUCTION DE MANGUES SECHEES	49
SCHEMA 7 : DIAGRAMME DE FABRICATION DE GRANULES	50
SCHEMA 8 : DIAGRAMME DE PRODUCTION D'EMHV	51
SCHEMA 9: ORGANISATION INTERNE DE LA CONCEPTION DE LA BASE DE CONNAISSANCES AGROALIMENTAIRES AVEC SES COMPOSANTS ET LES LIENS	73

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : LES OPERATIONS DE RAFFINAGE DE L'HUILE DE GRAINE DE COTON	24
TABLEAU 2 : L'EXTRACTION ET L'AFFINAGE DU BEURRE DE KARITE.....	29
TABLEAU 3 : LA FABRICATION DE MANGUES SECHEES	34
TABLEAU 4 : LES PROPRIETES DE LA GRAINE ET DE L'HUILE DE COTON	53
TABLEAU 5 : LES PROPRIETES DE L'AMANDE ET DU BEURRE DE KARITE	54
TABLEAU 6 : LES PROPRIETES DE LA MANGUE MURE ET SECHEE	55
TABLEAU 7 : LES PROPRIETES DES BIOCARBURANTS (ORIGINE HUILE VEGETALE).....	56
TABLEAU 8 : LA LISTE DES ENTREPRISES DE CONCEPTION	58

I. INTRODUCTION

De tous temps, les céréales cultivées dans les pays d'Afrique de l'Ouest (mil, maïs, sorgho, fonio, riz) ont été à la base de l'alimentation, sous forme de bouillies, pâtes, etc. Ces aliments sont toujours recherchés et, dans les villes, un nouveau marché se développe ; celui de produits traditionnels transformés (farine infantile, pain, biscuit, etc.) élaborés par des petites entreprises pour leur assurer une plus longue durée de conservation et une plus large distribution. Il y a aussi l'introduction dans les régions rurales d'équipements de transformation qui aident la population à produire de l'huile sans avoir besoin d'aller en ville pour se procurer de l'huile. La production locale d'huile de consommation, fabriquée à partir de graines de coton, l'amande de karité, et d'autres cultures oléagineuses, permet d'améliorer les niveaux de nutrition des personnes et du bétail en leur fournissant les graisses alimentaires nécessaires à leur santé.

Dans ce contexte, il faut noter que ces équipements de transformation sont pour la plus part importés d'Asie, d'Europe, etc. Inadapté dans le contexte africain et avec un coût élevé, seuls certains producteurs et certaines associations ont la chance d'acquérir ces équipements de transformation alors qu'il existe des concepteurs africains capables de les mettre en place. Le niveau de connaissances relativement bas de nos concepteurs, les coûts dus aux multiples essais, le manque d'expériences, sont les causes principales du sous développement de ce secteur d'activité, les concepteurs préfèrent se lancer dans la fabrication des pièces de rechange. Ces concepteurs, détournés de leurs vocations primaires, sont prêts à rebrousser chemin si les moyens nécessaires, qui peuvent les aider à outre passer leurs difficultés, sont mis à leur disposition.

Une étude approfondie, menée par Ndiaye, Marouzé et al, en 2002, a révélé l'existence d'une faiblesse en phase de créativité à cause des méthodes utilisées (brainstorming, etc.), il a donc été entrepris des travaux préliminaires pour développer une méthode d'aide à la créativité à base de connaissances (Barbier, 2002). La méthode développée par Barbier et al, est basée sur la théorie de résolution de problèmes inventifs (TRIZ) développée par G. Altshuller et son équipe en 1964, dont *le principe de base repose sur le fait de ne pas passer directement d'un problème à une solution, mais de pouvoir classer le problème initial au sein d'une typologie*

de familles de problèmes afin d'élargir le champs de recherche, chacune d'entre elles correspondant à son tour à un ou plusieurs types de solutions ; couplée à une capitalisation de connaissances en génie des procédés agroalimentaires pour servir de référentiel (Barbier, Marouzé et al, 2002). C'est dans ces recherches que Barbier et al, ont mis en place un outil qui peut aider les concepteurs africains à outre passer ces difficultés, cet outil nommé Aide à la Production de Solutions d'Equipements de Transformation Agroalimentaire (APSETA). L'APSETA est une démarche méthodologique de recherche de solution(s) enrichie d'une base de données saisie sur Access qui contiendra des données sur les propriétés des produits, des informations sur les principes et effets scientifiques des équipements de transformation et des liens Internet vers des sites qui pourront aider les utilisateurs à approfondir leurs recherches. La démarche permet de stimuler la conception dans leur recherche de solutions en leur proposant une panoplie des solutions. L'APSETA est aussi un outil d'orientation qui vise à réduire voire à éviter de faire de multiples essais et erreurs afin d'économiser du temps et de l'argent.

Pour s'assurer qu'APSETA intéressera les concepteurs, Barbier a entrepris une démarche de validation. Cette démarche se fera en trois phases :

- Une première phase qui consiste à renseigner l'outil sur des exemples concrets de produits (huile de coton, beurre karité, les mangues séchées et les produits roulés) qui pourront intéresser les concepteurs burkinabè qui y participeront, et à rendre fonctionnel pour qu'une démonstration puisse être faite lors des entretiens de validation ;
- Ensuite une deuxième phase qui consiste à faire un recensement des sociétés, entreprises, ONG, associations, coopératives, etc. et trier parmi elles, celles dont l'APSETA pourra être utile parce que l'utilisation de l'outil nécessite un minimum de connaissance notamment en informatique ;
- Enfin, une troisième phase qui consiste à s'entretenir avec les utilisateurs potentiels sélectionnés pour cette validation. Dans cette dernière phase, nous aurons à expliquer la démarche de l'outil et ensuite faire une application

concrète sur un cas réel, voir si l'utilisateur veut l'appliquer sur un projet de conception, récolter son avis, les remarques et critiques envers l'outil APSETA. C'est la partie la plus importante de ce travail.

Le travail que nous vous soumettons portera sur la partie validation, il a été fait avec l'aide de deux chercheurs, Mireille Totobesola Barbier (chercheuse, CIRAD) qui a intervenu sur toutes les étapes de la validation et Ignace Medah (chercheur, IRSAT-DTA) sur les deux dernières étapes (choix des entreprises et entretiens).

II. HYPOTHESES ET OBJECTIFS DU TRAVAIL

Il existe plusieurs méthodes de créativité, les essais et les erreurs, le brainstorming (le plus répandu actuellement) , les plans complet,..., mais pour la réalisation APSETA c'est la méthode TRIZ qui a été retenue sûrement à cause de ces multiples avantages, parmi lesquels la réduction de la phase de recherche et développement, la résolution des problèmes technologiques, la prévision de l'évolution des systèmes techniques, le développement de la créativité des individus. Et en plus elle répond aux besoins d'aide à la recherche de solutions adaptées aux contraintes des pays du Sud

II.1. La méthode TRIZ

L'acronyme russe TRIZ pour de « Teorija Reshenija Izobretateliskih Zadatch » signifie théorie de résolution des problèmes inventifs. C'est une théorie élaborée par Genrich Altshuller(1926-1998), un ingénieur et scientifique russe à partir de 1946, pour répondre aux nouvelles exigences des systèmes techniques. En effet, nous sommes à l'ère industrielle de l'innovation, une bonne capacité d'innovation étant un atout face à une concurrence de plus en plus difficile, dans laquelle les entreprises et les sociétés ont besoin de pratiques de conception qui leur permette de mener de manière rigoureuse et efficace la recherche et développement. TRIZ a fait ses preuves dans ce sens.

Pour parvenir à l'élaboration de la méthode TRIZ, le savant russe Genrich Altshuller a analysé plus de 400 000 brevets internationaux de toutes disciplines et il en a retenu 10% qu'il a considérés comme réellement innovants. Sur ces innovations, il a fait les constats suivants :

- Pour prétendre qu'un problème d'invention trouve une solution, il faut remplir une première condition celle de la **résolution d'une contradiction sans compromis** ;

- Le second constat fut de remarquer que ce qui caractérise ces démarches cognitives, se repose sur l'ensemble des savoirs déjà synthétisés par l'homme dans d'autres domaines de spécialités ;

- Existence des principes répétitifs permettant d'accéder aux solutions innovantes quel que soit le domaine industriel ou scientifique ;

- Les tendances d'évolutions techniques se répètent à travers les industries et les sciences ;
- Les innovations utilisent généralement des effets scientifiques en dehors du champ où ils ont été développés.

Partant de ces constats, Altshuller décide, dès 1946, de créer une véritable théorie de l'invention, destinée à aider toute personne à résoudre n'importe quel problème d'invention. Il part en particulier du constat que, dans la grande majorité des cas, un problème est généré par deux paramètres du système qui s'opposent (par exemple, lorsque le fait d'améliorer une fonction en dégrade une autre). La méthode TRIZ vise alors à lever cette contradiction (ce problème) en identifiant ces deux paramètres et à résoudre le problème sans faire de compromis, en se rapprochant de la solution idéale (faire référence ici de la section du mémoire qui traite de la 'solution idéale' ou définir ici brièvement ce qu'est la 'solution idéale' parce que le lecteur se posera cette question). Le recensement et l'analyse des contradictions à travers les brevets ont fait émerger :

- **4 types de contradictions** : sociale, organisationnelle, technique et physique,
- **40 principes d'innovation** et une matrice des contradictions associés à **39 paramètres**, et
- **76 solutions standard aux problèmes technologiques**.

Par ailleurs, l'analyse des brevets a fait ressortir l'existence **de lois d'évolution des systèmes techniques au nombre de 8**.

Les **notions essentielles** qu'il faut connaître pour parvenir à utiliser la méthode TRIZ sont au nombre de cinq (5), elles constituent « **le fil rouge de la réflexion** » de l'inventeur. Ce sont : **les contradictions, le résultat idéal final, les ressources, les lois d'évolution des systèmes et l'inertie psychologique**.

a) Les contradictions

Comme préalablement annoncé, il existe quatre types de contradictions. Les 4 types de contradictions de la méthode TRIZ sont extraites d'un document intitulé « **La TRIZ : Introduction Théorique et Eléments Fondamentaux** » (Cavallucci et al, 2005) :

- **La contradiction sociale** : La description du problème contient des exigences en lien avec l'homme et la société. On y trouve un conflit entre **l'homme et la technologie** (les modes de production). Le problème comporte la description d'un résultat désiré alors qu'aucun élément n'élucide quoique ce soit dans sa définition.
- **La contradiction organisationnelle** : La description du problème contient des exigences d'organisation, de stratégie, de gestion ou de management. On y trouve un conflit entre **l'homme et le système technique**. Le problème laisse apparaître quelques éléments permettant sa compréhension mais aucun permettant d'induire des paramètres qui le caractérisent. Elle n'indique pas la direction de recherche de la solution.
- **La contradiction technique** : On trouve dans la description du problème un conflit entre **les paramètres du système technique étudié**. Ces paramètres sont en opposition et l'amélioration des uns, semble porter préjudice aux autres. Elle peut concerner soit le système dans son intégralité soit une partie. Les contradictions techniques sont résolues en utilisant deux outils TRIZ : "la Matrice de Résolution" et "les 40 Principes Inventifs"
- **La contradiction physique** : La description se fait au niveau le plus petit de la matière (jusqu'au niveau des phénomènes physiques concrets). Une partie du système technique doit posséder la propriété A pour accomplir une action et doit également posséder la propriété inverse, notamment anti-A, pour exécuter une autre action. On trouve dans ce type de problèmes un conflit clair, basé sur l'opposition directe entre des états (valeurs) diamétralement opposés). Les contradictions physiques sont résolues en utilisant des autres outils TRIZ comme "les 11 méthodes de Séparation" ou les "76 Solutions Standards".

En somme la contradiction révèle l'existence d'une opportunité d'évolution. Dans l'expectative où cette contradiction n'est pas clairement établie, l'existence d'un problème est donc remise en cause sans pour autant remettre en question la nécessité de comprendre la situation initiale.

-La contradiction sociale : La description du problème contient des exigences en lien avec l'homme et la société. On y trouve un conflit entre **l'homme et la technologie** (les modes de

production). Le problème comporte la description d'un résultat désiré alors qu'aucun élément n'élucide quoique ce soit dans sa définition.

En somme la contradiction révèle l'existence d'une opportunité d'évolution. Dans l'expectative où cette contradiction n'est pas clairement établie, l'existence d'un problème est donc remise en cause sans pour autant remettre en question la nécessité de comprendre la situation initiale.

b) Le résultat idéal final

Le résultat idéal final (RIF) exprime le résultat idéal vers lequel doit tendre le concepteur, où toutes les fonctions utiles sont assurées et tous les inconvénients éliminés. Il consiste à décrire ce que l'on souhaiterait obtenir dans le cas idéal. Les objectifs de la formulation d'un RIF sont de stimuler les idées novatrices, de diriger les réflexions vers des solutions rejetant tout compromis, d'établir rapidement les limites du cas d'étude et d'orienter les réflexions vers différents outils TRIZ (**BOLDRINI, 2005**)

c) Les ressources

Les ressources sont les moyens disponibles qui peuvent être utilisés pour améliorer un système. Il convient d'utiliser au maximum, les ressources déjà existantes dans l'environnement du système, particulièrement celles qui sont gratuites et facilement accessibles. Il existe plusieurs types de ressources, nous pouvons citer : les ressources de l'environnement (les grandeurs physiques, l'espace, le temps), de production d'origine mécanique (machine) ou chimique (photosynthèse), gratuites (pluie, lumière solaire), de matériaux (métaux), des fonctions ou les autres systèmes qui lui sont nécessaires, de substances (propriétés des substances, des déchets), L'utilisation des ressources peut aussi apporter de nouvelles idées et résoudre les contradictions.

d) Les lois d'évolution des systèmes

Dans les constats qu'Altshuller a faits, il ressort que les systèmes techniques évoluent selon des lois. La connaissance de la logique de développement des systèmes techniques facilite la résolution des problèmes d'invention, permet d'anticiper leur apparition. Les lois

servent de guide dans la réflexion puisque l'évolution passe non seulement par la résolution d'une contradiction, mais aussi par une résolution conduisant l'objet technique dans le sens d'une cohérence avec ces lois.

Une formulation de ces lois caractérisant ces évolutions a été faite. Elle est essentiellement littérale. Cependant elle a un niveau de définition permettant une exploitation dans des démarches de conception.

Il existe huit (8) lois caractérisant les tendances d'évolution des systèmes techniques divisées en trois (3) catégories :

➤ **Les lois statiques**

- **Loi d'intégralité** : Les constituants essentiels d'un système technique (moteur, transmission, travail, contrôle) sont présents, assument correctement le rôle qui leur est dévolu dans sa structure.

- **Loi d'efficience** : L'énergie traverse, sans déperdition, les constituants du système technique.

- **Loi d'harmonie** : La concordance (ou la dissonance forcée) de forme, de rythme, de couleurs, de régime,... entre deux constituants (ou entre ces derniers et l'énergie ou l'objet) se doit d'être optimisée dans l'objectif de maximiser la Fonction Principale Utile (FPU).

➤ **Les lois cinématiques**

- **Loi d'idéalité** : La notion « d'idéal » s'évalue par le rapport entre les performances du système technique et les dépenses énergétiques qu'il use pour assumer sa FPU. La notion d' « idéal absolu » s'obtient lors que l'objet assume sa FPU sans aucune dépense.

- **Loi d'irrégularité interne** : L'état de maturité (d'avancement technologique) des constituants laisse apparaître des inégalités, générant ainsi l'arrivée de nouvelles contradictions, obstacles à lever pour la poursuite de l'évolution du système technique (ST).

- **Loi de transition au super système** : Le cycle de vie du ST s'achève et l'évolution logique n'a d'autres issues que sa disparition au profit d'un de ses super systèmes qui, à son tour, poursuivra l'évolution de sa FPU.

➤ **Les lois dynamiques**

-Loi de transition vers le micro niveau : L'évolution de l'efficacité de la FPU passe par une évolution de l'organe de travail d'un état vers un autre plus concassé en suivant cette logique : solide, granulés, liquide, champ, plasma.

-Loi de dynamisation et de contrôlabilité : L'évolution de la structure du ST passe par l'introduction, en son sein, d'un dynamisme lui apportant plus de flexibilité et autorisant un meilleur contrôle des effets de la FPU. La logique de dynamisation peut se concevoir comme suit : Monobloc, 1 pivot, Plusieurs pivots, Flexible (souple), Liquide, Gaz, Champ.

e) L'inertie psychologique

L'inertie psychologique (les idées préconçues, les habitudes, le jargon du métier, l'expertise dans un domaine professionnel, ...) constitue un obstacle à la créativité des individus. Ils conduisent en effet à une autolimitation, le plus souvent inconsciente, dans la recherche des solutions.

Quelques principes permettent d'éviter l'inertie psychologique qu'ils occasionnent :

- ✗ Ne pas croire que la solution réside dans son domaine de compétence,
- ✗ Favoriser les approches pluridisciplinaires,
- ✗ Utiliser un vocabulaire neutre qui ne forge pas de représentations trop ciblées de ce qui est déjà connu et que l'on cherche à dépasser.

Il existe aussi des outils de **déblocage psychologique** que la méthode de TRIZ propose :

- Opérateurs Dimension Coût Temps (DCT)
- Hommes miniatures
- Méthode des neuf (9) écrans.

II.2 La démarche générale de résolution d'un problème avec la méthode TRIZ

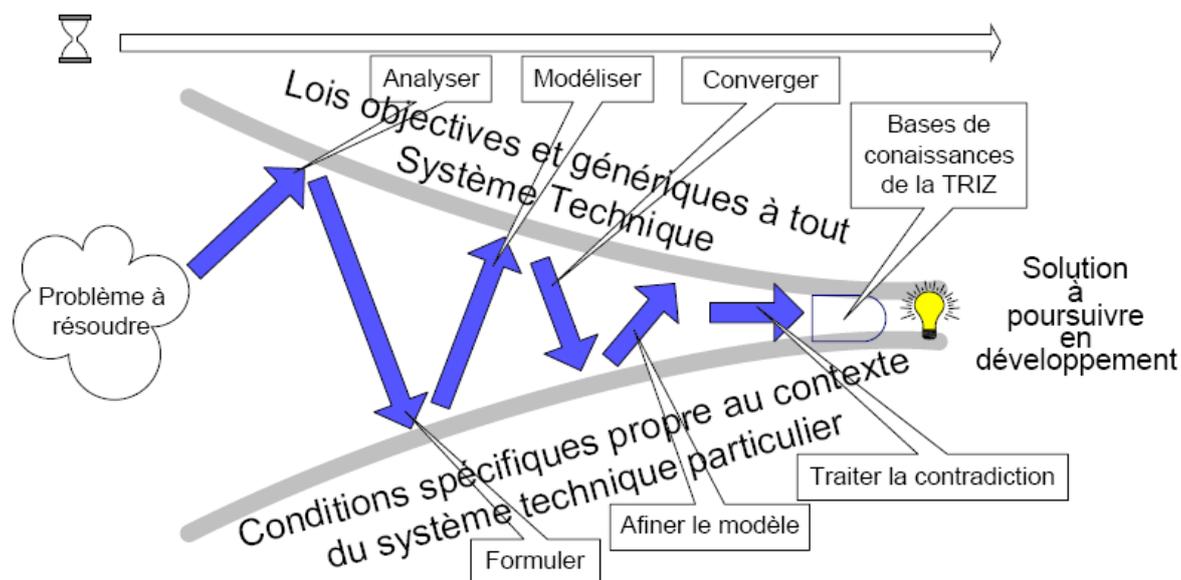


Schéma 1 : La démarche de la méthode de TRIZ (source : D. Cavallucci et al, 2005, page 5)

Il faut noter que TRIZ ne propose aucun outil d'évaluation des voies de solutions. Les essais de faisabilité qui doivent suivre, sortent de son champ d'application. L'ambition de TRIZ n'est pas de parvenir à de solutions toutes faites. Par contre, le fait de s'obliger à passer en revue l'ensemble des contradictions et l'ensemble des modèles de solutions est un gage de créativité car cela augmente le nombre et la qualité des voies de solutions possibles.

La démarche proposée par la méthode TRIZ, se passe en quatre (4) étapes, la première étape est la **documentation** sur la situation du problème en cours et sa compréhension, la **formulation** du problème en faisant ressortir la ou les contradiction(s), la **recherche** de concepts innovants et la **mise en œuvre**.

a) Documentation sur la situation du problème en cours

Un questionnaire permet d'apporter tous les compléments d'information nécessaires à la reformulation du problème (étape suivante). Dans cette première étape, est déjà possible de réfléchir :

- à la solution idéale en répertoriant les ressources disponibles,
- aux moyens d'éviter ou de contourner le problème ;
- 10 % des problèmes peuvent être ainsi résolus à ce stade.

b) Formulation du problème

Elle permet d'exprimer le problème sous forme de relations de cause à effet entre fonctions utiles et néfastes. Le problème est découpé en sous problèmes s'il est complexe. Des directions de recherche d'idées sont alors préconisées (une par sous problème).

Ces directions font voir le problème sous un angle nouveau et par leur exhaustivité évitent d'oublier des pistes importantes d'innovation.

c) Recherche des concepts innovants

Cette étape utilise les outils les plus puissants de TRIZ :

- L'analyse des contradictions (39 paramètres, 40 principes),
- La recherche de l'idéalité et l'utilisation des ressources disponibles,
- L'analyse Substance Champ,
- L'application des lois d'évolution technologique.

d) Mise en oeuvre

Une fois les concepts listés et classés selon leur pertinence, il s'agit d'en choisir un ou la combinaison de plusieurs d'entre eux, puis de répertorier les étapes de la mise en oeuvre afin de déterminer la faisabilité du concept choisi. Une matrice dite de pertinence rappelle de quel domaine relève l'évaluation de la solution (recherche, matériaux, production, assemblage...), puis permet de noter chaque solution en fonction de critères tels que l'efficacité, les coûts de production ou le temps de mise en application. Un extrait de "TECHNOLOGIES INTERNATIONALES n°89 novembre 2002".

II.3 L'outil APSETA

a) Présentation de l'outil APSETA

L'Aide à la Production de Solutions d'Equipement de Transformation Agroalimentaire (APSETA) est une démarche méthodologique combinée à une base de données saisie sur

Access qui contient des informations relatives à la transformation des produits agroalimentaires. APSETA est conçu pour venir en aide aux équipementiers dans leur conception car l'outil propose une méthode qui permet de stimuler la recherche d'idées de solutions techniques pouvant être innovantes. La démarche proposée est la même que TRIZ et basée sur les concepts utilisés dans cette même méthode.

Les concepts de base utilisés pour la réalisation de l'APSETA (référence Barbier, 2008) sont :

- **Application de la notion d'abstraction du problème spécifique en main en modèle de problème** pour ne pas se confiner aux spécificités du cas traité ;
- **Application de la notion de fonction** pour élargir le champ de recherche de principes et d'effets scientifiques permettant de réaliser cette fonction ;
- **Utilisation de bases de connaissances** pour stimuler la créativité et rechercher les données pertinentes au problème en main pour ne pas se limiter aux connaissances propres, souvent limitées, de l'équipe de conception.

Le schéma suivant résume la démarche proposée par l'APSETA. Il fait état des étapes majeures de la démarche pour la recherche d'idées de solutions techniques en conception d'équipements agroalimentaires.

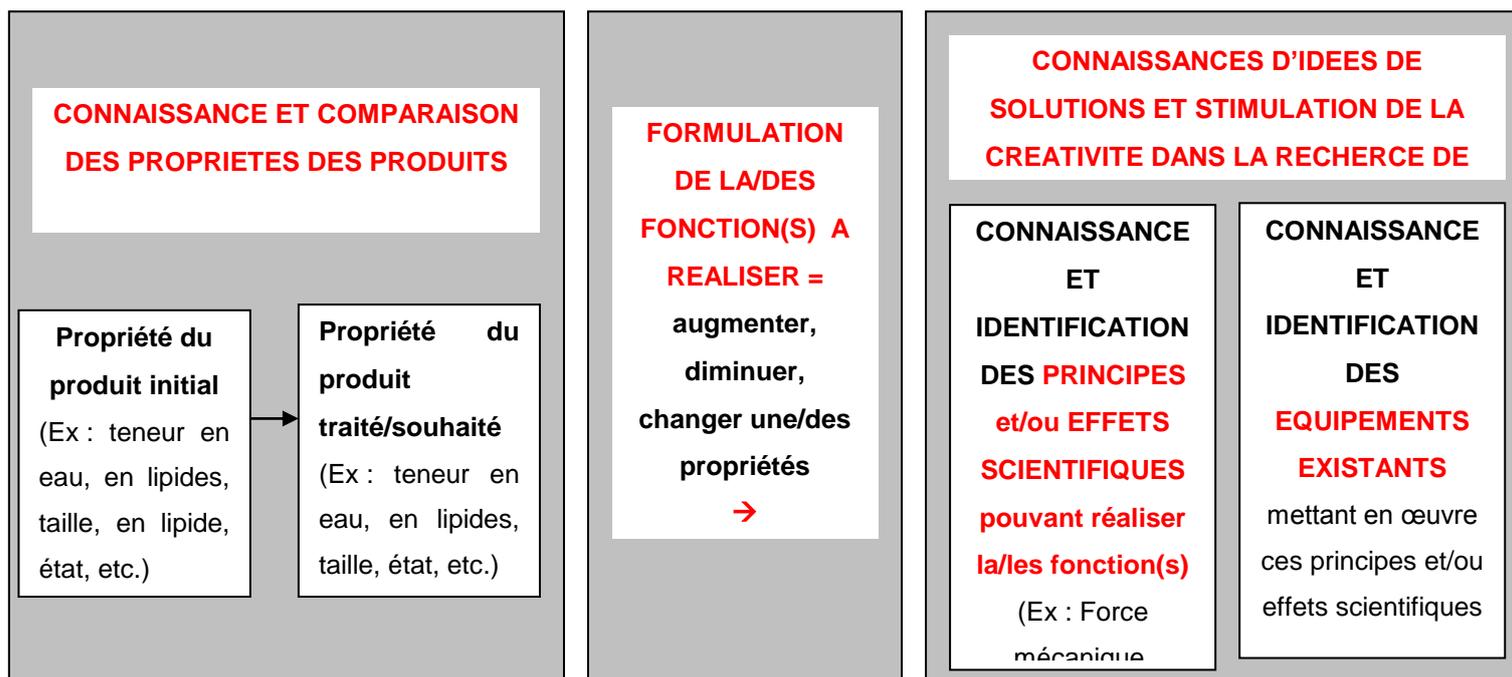


Schéma 2 : La démarche proposée par APSETA (source : Barbier, 2008)

b) L'utilisation et l'importance de l'outil APSETA

Comme **Totobesola Barbier** l'indique dans ses travaux, l'APSETA est une aide à la créativité et à la recherche de solutions d'équipements. *La relation homme-outil à différents niveaux de l'outil conditionne l'obtention de résultats valables.* Ces résultats dépendent en effet du bon sens de l'utilisateur, de son implication non seulement dans la prise en compte des spécificités de son contexte, mais aussi dans sa disponibilité à être stimulé et à rechercher les données nécessaires là où l'outil l'oriente de les chercher.

Ces travaux de recherche ont permis de mettre en place une structure fonctionnelle selon le schéma général de la méthodologie de recherche de solution proposée. Comme toutes les bases de connaissances, l'APSETA a besoin d'être complétée, et peut être améliorée.

Un manuel d'utilisation a été conçu pour guider les utilisateurs. Nous pouvons le retrouver à l'annexe VI.

Mais avant de pouvoir utiliser l'outil APSETA il est indispensable de connaître la signification de certains notions essentielles telle que :

- **Le Produit initial** : c'est le produit à traiter, lorsque nous avons une opération de n'importe quel niveau ou position dans une transformation à faire, le produit utilisé est considéré comme produit initial.
- **Le Produit final** : c'est le produit traité, après une opération de transformation, le produit obtenu est considéré comme produit final.
- **La Fonction Utile Principe** : après avoir choisi une propriété à améliorer ou à dégrader, l'utilisateur doit formuler l'action qu'il désire faire. Pour la formulation il doit utiliser l'un des trois mots clé, **augmenter, réduire et changer** qui traduit la fonction à réaliser, ensuite il l'associe à la propriété qui l'intéresse. **Exemple** : un produit qui a une couleur qui ne nous intéresse pas. Nous savons que la coloration d'un produit est due à des pigments, c'est en éliminant ces pigments que nous allons décolorer notre produit, la fonction Utile principale associée à cette opération est « **réduire les pigments** » (les pigments pouvant être de différentes natures biochimiques, structures et tailles moléculaires, ils peuvent être spécifiés si l'utilisateur dispose de ces connaissances).
- **Principes et effets scientifiques** : ces termes désignent les phénomènes connus scientifiquement et pour réaliser la fonction utile principale. **Exemple** : absorption, agglomération, dilution, différence de taille, champ électrique, effet joule, ...

Schéma 3: Schéma de l'Aide à la Production de Solutions d'équipements en Technologie Alimentaire (APSETA) (source : Barbier, 2008)

II.4 Objectifs du travail

a) Objectif général

L'APSETA est un outil qui apportera une aide aux équipementiers dans leurs recherches sur la production d'équipements agro-alimentaire. En effet, l'outil peut être utilisé dans la phase de conception, lorsqu'un problème survient. L'APSETA oriente vers des solutions qui vont stimuler les équipementiers à trouver des solutions adaptées à leur problème et contexte. C'est un outil de déblocage

b) Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques ont été regroupés en trois (3) :

- **Renseigner la base de données** : saisir des informations pour démontrer que l'outil est exploitable, qu'il est fonctionnel. Pour ce faire, nous avons retenu quatre (4) produits à saisir, parmi lesquels l'huile de coton (brute et raffinée), le beurre de karité (brute et raffinée), la mangue séchée et les produits roulés à base de céréales. Il faut noter que pour chaque produit nous devons rechercher les propriétés, les effets scientifiques et les équipements pour chaque opération sur chaque produit.
- **Utilisation de l'outil pour résoudre un ou plusieurs cas réel(s)** : aller à la rencontre des utilisateurs potentiels pour recueillir leurs points de vue et leurs suggestions en vue d'améliorer notre outil. Au cours de l'entretien nous devons faire une démonstration de l'outil sur un cas réel ou si possible l'appliquer sur un de ces travaux pour en tirer une conclusion.
- **Apporter une correction aux insuffisances de l'outil (APSETA)** : Pour faciliter l'utilisation de l'outil et son amélioration, une réflexion continue est menée et cette réflexion conduit à des modifications. Après chaque entretien, les suggestions et remarques pertinentes sont directement apportées à la base ou recommandées pour des travaux ultérieurs.

III. MATERIELS ET METHODES

Pour parvenir à la validation de l'APSETA , nous avons adopté la méthodologie qui vise en une première étape, identifier et prendre contact avec des utilisateurs potentiels, une seconde étape qui porte sur la saisie des informations sur les produits qui intéressent ou qui peuvent intéresser les utilisateurs potentiels et des produits locaux dans l'APSETA , ensuite passer l'essai de l'outil avec les utilisateurs potentiels pour obtenir des observations sur les insuffisances, les lourdeurs, ainsi que des suggestions pour l'amélioration du fond et la forme de l'outil, en fin apporter les corrections nécessaires à son amélioration.

III.1. Identification et prise de contact avec quelques utilisateurs potentiels

Les utilisateurs potentiels considérés dans le cadre de ces travaux sont des concepteurs d'équipements, des chercheurs et des professionnels du secteur privé, d'organismes étatiques de recherche, de coopératives, d'ONG, d'associations impliqués dans la recherche de solutions et de conception d'équipements et qui ont un minimum de connaissance notamment en informatique.

Ces utilisateurs potentiels sont informés sur ce qu'est l'APSETA et son objectif. Ils sont également informés d'une application sur un cas réel de recherche de solutions d'équipements de transformation qui leur intéresse.

Nous devons obtenir des promesses d'implication dans la validation de l'APSETA, en montrant les faiblesses et l'utilité de cet outil en vue de son amélioration.

Les utilisateurs sont informés également du respect de la confidentialité s'ils le souhaitent.

III.2. Saisie des produits dans l'APSETA

Le choix des produits locaux à saisir à été faite de manière à satisfaire en premier les utilisateurs potentiels qui sont intéressés par l'outil ensuite, par ordre d'importance les produits les plus transformés ou dont la matière première est en abondance et qui sont de ce fait d'intérêt pour un grand nombre d'utilisateurs potentiels compte tenu de la demande en équipements dans leurs domaines.

La saisie consiste à trouver des informations sur les propriétés du produit initial (le produit à transformer) et du produit final (le produit transformé). Il faut noter que la saisie

concerne aussi les produits intermédiaires qui sont à chaque étape du processus de la transformation.

Ensuite formuler la fonction utile principale de chaque étape, rechercher les effets scientifiques liés à cette fonction utile principale et saisir le maximum d'équipements qui réalisent ces effets.

Les produits choisis sont :

- **L'huile de graines de coton**, susceptible d'intéresser des concepteurs d'équipements basés à Ouagadougou et Bobo-Dioulasso, car ils ne maîtrisent pas parfaitement les options techniques existantes pour obtenir de l'huile raffinée de coton à partir de graine de coton, destinée à l'alimentation humaine et de l'huile de coton pouvant être utilisée pour les moteurs (biocarburant).
- **Le beurre de karité** peut aussi intéresser des concepteurs d'équipement de Ouagadougou et de Bobo-Dioulasso, car la production du karité est élevée mais la production du beurre de karité reste limitée par manque d'outils mécanisés, ces concepteurs pourront trouver des techniques d'extraction de beurre de karité.
- **La mangue séchée et les produits séchés à base de céréales** (recherche en cours dans le cadre du projet FSP du 2iE financé par l'Ambassade de France au Burkina Faso). La mangue séchée car sur le plan d'exportation agro-alimentaire du Burkina elle occupe une place de choix ; les produits roulés sont des produits qui sont consommés localement en grande quantité dont la fabrication se fait à petite échelle.

La recherche de données s'est faite auprès de différentes structures agro-alimentaires, sur Internet ainsi que par la documentation.

III.3. Validation proprement dite

Les étapes de la validation sont les suivantes :

- La rédaction du guide d'entretien, ce guide d'entretien aura trois parties, une première qui portera sur l'identification et la caractérisation des activités de conception de l'utilisateur potentiel participant à la validation, une deuxième qui cherchera à cerner de l'approche et

de la démarche des utilisateurs potentiels préalablement identifiés quant aux problèmes de conception, et une troisième partie qui sera réservée à l'utilisation de l'APSETA pour essayer de résoudre le ou les problèmes qui se posent dans la démarche des utilisateurs potentiels.

- S'entretenir avec les utilisateurs potentiels préalablement contactés. Cela dans le but de recueillir des observations afin d'améliorer l'outil. L'entretien sera guidé par la fiche précédemment élaborer;
- Faire la synthèse des observations et suggestions en essayant de ne retenir que les aspects qui ont attiré que la partie exploitation ou autre mais non la structure même de l'outil.
- Montrer à ces derniers la démarche de l'APSETA et faire une démonstration ;
- En fin essayer d'apporter les corrections nécessaires à l'amélioration de l'APSETA.

En ce qui concerne les matériels utilisés nous avons un ordinateur comme support car l'outil APSETA utilise Access comme support. L'outil est l'élément clé de notre travail par conséquent il est indispensable de se procurer un ordinateur si nous voulons travailler. Il y a aussi le guide l'entretien qui nous sert à diriger les entretiens et à cerner les échanges.

IV. RESULTATS

IV.1 Huile de graines de Coton

a) Généralités

Le coton (*Gossypium*) est un arbuste de la famille des Malvacées, cultivé essentiellement pour ses fibres et accessoirement pour ses graines, le coton est une des principales cultures annuelles d'exportation pour les pays de l'Union Économique et Monétaire de l'Afrique de l'Ouest (UEMOA).

Le coton, en tant que matière première oléo-protéagineuse, est relativement méconnu. Cette méconnaissance est liée au fait que le coton n'est pas cultivé à cette fin. Et pourtant, bien que la trituration des graines et le raffinage de l'huile brute produite soient des opérations délicates, l'huile de graines de coton est la cinquième après l'huile de soja, de palme, de colza et de tournesol sur le plan mondial de la consommation d'huile alimentaire, tandis que la richesse protidique de ses tourteaux les situent au 2^e rang mondial derrière le soja.

L'huile de graines de coton peut être utilisée telle quelle dans certains types de moteurs, également après hydrogénation comme composant dans l'industrie savonnaire et en fin comme biocarburant (diester) après estérification.

La transformation des graines de coton a donné naissance à une activité industrielle et commerciale dont l'importance est loin d'être négligeable dans l'économie des pays producteurs.

La graine de coton comprend deux parties, la coque sur laquelle sont implantés les lints (fibres) et linters (fibres courtes), et l'amande (coque + amande) d'où sont extraits l'huile et le tourteau. La valeur nutritive des sous-produits de la graine de coton dépend des proportions de coques et de lints.



Image 1 : A gauche, graines avec leurs fibres courtes. A droite, graines « nues » [1] ; L'amande débarrassée de la coque [2] ; une amande est parsemée de glandes contenant un alcaloïde toxique (le gossypol) selon les variétés [3].

Une tonne de graines donne environ 200 kg d'huile, 500 kg de tourteau et 300 kg de coques. Le tourteau d'extraction à la **presse hydraulique** contient entre 4% et 8% d'huile résiduaire et à la **presse à vis** entre 3% et 5%, alors que le tourteau obtenu par extraction aux **solvants** en contient moins de 3%. Les propriétés de la graine et des différentes huiles (brute et raffinée) sont inscrites dans le tableau 4 que nous retrouvons à l'annexe II

b) le raffinage de huile de graines de coton

Pour obtenir l'huile de graines de coton, une panoplie de procédés est utilisée, cela est dû à nos origines qui sont diverses, la limite de nos connaissances scientifiques et les moyens qui sont mis à la disposition. Le procédé de raffinage se passe de manière générale en trois étapes : la première phase qui consiste la préparation des graines de coton pour l'extraction de l'huile brute de coton, ensuite la phase d'extraction proprement dite et en fin le raffinage de l'huile brute de coton selon qu'on veut aboutir à une huile comestible ou un biocarburant. Le diagramme de ce procédé se retrouve en annexe I, nous y retrouvons le détail de chaque phase.

L'objet de notre travail se portera sur la trois phase, le raffinage de l'huile de graines de coton, il faut noter que les étapes du raffinage est valable pour tous les produits oléagineux. L'étude a été réalisée sur cette partie uniquement par manque de temps et parce que les utilisateurs potentiels seraient intéressés par cette partie.

Le raffinage de l'huile brute de graines de coton à pour objectif d'éliminer certains constituants indésirable présents dans l'huile brute de coton comme le gossypol et de donner au produit raffiné obtenu une bonne saveur, ainsi que la conservation et l'amélioration de la qualité

sanitaire et nutritionnelle dans l'huile de graines de coton. Le raffinage comprend cinq (5) opérations principales :

Démucilagination

Cette opération encore appelée dégomme permet d'éliminer les mucilages, les phospholipides ainsi que les composés protidiques présents dans l'huile de brute coton. Le but principal est d'éliminer ces composées, les réduire à un taux acceptable, « **Eliminer** » ici prend le sens de « **réduire** », par conséquent nous associons à cette opération la fonction « réduire les mucilages » qui est la **fonction utile principale**. Cette fonction est associée à plusieurs effets ou principes parmi lesquels **la diminution des risques d'oxydation, la force centrifuge, les réactions chimiques, enzymatiques, ...**, et chaque principe est lié à une ou plusieurs équipements tels que **la centrifugeuse, le brassage de l'huile à 80°C avec de l'eau acidulée, la démulcination enzymatique, l'utilisation d'une phospholipase thermostable, ...** .

Neutralisation

La neutralisation est une opération qui vise à éliminer les acides gras libres, les phosphatides résiduels et le gossypol présents dans l'huile brute de coton. Le problème principal qui se pose à ce niveau est l'élimination de ces éléments mais il faut noter ici que l'élimination désigne, comme dans la démulcination, le fait de réduire la teneur de ces substances à un taux acceptable, par conséquent réduire est la fonction utile principale mais étant donnée que la proportion en acides gras libres étant nettement supérieur à celles des autres éléments, la fonction utile principale associée à cette opération est la **réduction des acides gras libres**. En effet c'est la seule fonction utile principale qui a des effets et principes qui reflète cette opération de neutralisation comme le **changement d'état, la différence de densité, la réaction chimique** par exemple la **désacidification** qui est réalisée en faisant réagir le corps gras sur un corps alcalin (lessive de soude) qui transforme les acides gras libres en savon.

Equation : $R-COOH$ (acides gras libres) + $NaOH$ (soude) \rightarrow $RCOONa$ (savon) + H_2O (eau)

Exemple d'équipements qui répondent à ces effets sont : décanteur, brassage de l'huile à 90°C avec une solution de soude, le filtre presse,

Décoloration

L'élimination des pigments colorés qui sont responsables de la coloration de l'huile brute de coton. La fonction utile principale de cette opération est « **réduire les pigments** » qui est associée aux effets ou principes suivantes : **adsorption** (fixation), **différence d'état (liquide et substances en suspension) (filtration)**, À ces effets les équipements suivants peuvent être cités : la **terre décolorante** (une décoloration obtenue par brassage de l'huile de graines de coton avec de la terre décolorante (clarsil) qui a la propriété d'adsorber les pigments colorés), le **filtre**, les **silices spéciales**, le **charbon actif**, ...

Décirage

Le décirage permet de réduire la teneur en cire qui est la cause de l'aspect trouble de l'huile lorsqu'elle est refroidie. La fonction utile principale est **la réduction des cires**, les effets associés à cette fonction sont la **dénaturation de molécules de cires**, **la séparation**, Comme équipements nous avons le **filtre presse**, **la réaction chimique**,

Désodorisation

C'est l'étape ultime de raffinage qui vise à améliorer la qualité organoleptique de l'huile de graines de coton et sa stabilité dans le temps en éliminant certains produits odorants et d'oxydation. « **Réduire les substances volatiles** » représente la fonction utile principale. Les effets et principes qui recherchés dans cette opération sont basés sur la volatilité de ces produits par conséquent le **changement d'état (liquide- gaz)** est une possibilité de solution ou l'extraction par un solvant. Comme équipements, il y a **l'injection vapeur dans l'huile sous vide**, **distillation sous vide à température élevée (180 à 200°C)**.

Les différentes étapes du procédé sont récapitulées dans le tableau ci-dessous

OPERATIONS DE RAFFINAGE

Opérations [réf1]	FUP	Principes/Effets	Equipements
Démucilagination ou dégompage (Mucilages,- Phospholipide,- composés protidiques)	Réduire les mucilages	séparer	filtre presse, décanteur, autres (voir base)
		diminution des risques d'oxydation	Brassage de l'huile à 80°C avec de l'eau acidulée, hydrolyse et séparation
		force centrifuge	centrifugeuse, Brassage de l'huile à 80°C avec de l'eau acidulée
		réactions chimiques	utilisation d'une phospholipase thermostable, hydrolyse et séparation
		réaction enzymatique	Démucilagination enzymatique, Démucilagination d'huiles triglycérides
Neutralisation (Acides gras libres, Phosphatides résiduels)	-Réduire les acides gras libres	Changement d'état solidification (L à S)	Brassage de l'huile à 90°C avec une solution de soude puis lavage et séchage, décanteur, filtre presse
		-Différence de densité	Oxydation des acides gras, décanteur, autres
		-réaction enzymatique	décanteur, filtre presse
		Réaction chimique oxydation	Oxydation des acides gras
Décoloration (Pigments (caroténoïdes et chlorophyllien), Hydrocarbures, polycycliques)	-Réduire les pigments	-absorption	terre décolorante, autres (voir base)
		séparer	décanteur, filtre presse, autres (voir base)
		filtrer	batteuse, filtre presse, silices spéciales
		séparation par fixation	charbon actif, autres (voir base)
décirage (cires)	réduire les cires	séparer	filtre presse, autres (voir base)
		dénaturer les molécules de cires	chimique, autres (voir base)
Désodorisation (Substances volatiles responsables de l'odeur et du goût (Peroxydes, Pesticides organochlorés (Stérols et tocophérols)))	Réduire les substances volatiles	- changement d'état évaporation	Injection vapeur dans l'huile sous vide
		amélioration des qualités organoleptique	Distillation sous vide à température élevée (180 à 200°C)
		séparer	L'extraction par un solvant

Tableau 1 : Les opérations de raffinage de l'huile de graine de coton

IV.2 Le beurre de karité

a) Généralité

Le karité (*Vitellaria Paradoxa* anciennement appelé *Butyrospermum paradoxum*) est un arbre de la famille des sapotacées qui pousse à l'état sauvage en Afrique de l'Ouest. Il peut vivre 300 ans et produit des fruits vers l'âge de 30 ans. Le karité se retrouve uniquement dans 16 pays de l'Afrique de l'Ouest. Le fruit du karité également appelé « karité » est de couleur vert sombre, de forme ovoïde dont la taille est environ de 6 cm de long. Le fruit contient une ou deux amandes dures, d'une teinte blanchâtre entourée d'une coque mince et de pulpe (55%) comestible.



Image 2 : le karité, l'amande de karité

L'amande de karité contient 50% de corps gras qui peut être extrait par 3 procédés :

- ✓ la **méthode traditionnelle** ;
- ✓ l'**extraction par solvant** qui est la plus rentable mais le beurre de karité obtenu est de qualité inférieure ;
- ✓ l'**extraction par pression à froid**, c'est cette méthode qui permet d'avoir la meilleure qualité puisque les principes actifs du beurre de karité sont préservés mais elle ne permet pas d'extraire la totalité du beurre présent dans la noix. Il faut presser 4 kg d'amande pour obtenir 1 kg de beurre de karité.

Dans le reste du monde, le beurre de karité est presque exclusivement réservé à l'industrie agro-alimentaire, seul à 5% sont réservés à la cosmétologie et à l'industrie pharmaceutique. En effet la plus grande partie du beurre de karité importée est utilisée en chocolaterie et en confiserie. Il se révèle un bon substitut au beurre de cacao car leurs structures physique et

chimique sont très proches.

Les 5% destiné à la cosmétologie et à l'industrie pharmaceutique sont dus à certaines propriétés rares et recherchées par les chercheurs comme la protection de la peau contre les intempéries et le soleil.

Au Burkina Faso, la fabrication et le commerce du beurre de karité est réservé aux femmes. Le beurre acheté directement des coopératives, les femmes obtiennent 3 fois plus pour leur beurre. Lors des ventes de beurre de karité, l'argent est distribué aux membres de la coopérative ou sert à acheter des biens essentiels à tous.

b) L'extraction du beurre de Karité

Il existe multiples façons pour extraire le beurre de karité selon les régions, ces différentes manières d'extraire sont regroupées en trois méthodes :

- ✓ **La méthode traditionnelle** : Les amandes sont écrasées, grillées, malaxées puis chauffées dans une marmite d'eau bouillante. On obtient du beurre de karité artisanal. La chaleur altère quelque peu ses qualités ;
- ✓ **l'extraction par pression à froid** : Les amandes sont simplement broyées dans une presse, à une température inférieure à 80°C. Cette méthode mécanique ne permet pas d'extraire la totalité du beurre présent dans la noix. Mais c'est la méthode qui permet d'avoir la meilleure qualité puisque les principes actifs du beurre de karité sont préservés ;
- ✓ **l'extraction par solvant** : Les amandes sont broyées puis on utilise un solvant, l'hexane. Le beurre encore contenu dans les amandes se dissout dans l'hexane. Ensuite, on laisse l'hexane s'évaporer et on récupère le beurre de karité. Cette méthode est la plus rentable mais le beurre de karité obtenu est de qualité inférieure.

Notre travail sera consacré à la première méthode celle traditionnelle, le diagramme que nous proposons vient d'une étude menée par le FAO, elle s'est basée les différentes méthodes traditionnelles utilisées pour en proposer une méthode améliorée (voir diagramme Extraction du beurre de karité, annexe I). Le raffinage que nous proposons est la même que celui de l'huile de graines de coton.

La procédure d'extraction traditionnelle du beurre de karité se passe en six (6) étapes si nous ne tenons pas compte du raffinage:

Concassage

Le concassage a pour but de diviser la matière qui prendra l'aspect d'un gravier pour pouvoir subir une cuisson à cœur. Les amandes suffisamment sèches se brisent en fragments huileux, alors que les amandes imparfaitement sèches fourniront des produits farineux ne libérant pas facilement leur huile

La fonction utile principale est la réduction de taille, les effets et principes sont : la pression mécanique, l'énergie mécanique, la mécanique,... à ces différentes effets nous pouvons associer les équipements suivants : la presse à vis, broyeur, mortier,

Grillage

La grillage est conduite à feu vif sous agitation énergique jusqu'à déshydratation du produit (les températures ne dépassent pas 100°C). Il permet de libérer la matière grasse du contenu cellulaire des amandes (les amandes suffisamment sèches se brisent en fragments huileux). Comme fonction utile principale, nous avons la réduction de la teneur d'eau, les principes et effets sont : la déshydratation, le changement d'état, Les équipements suivants sont proposés : déshydratateur, séchoir solaire, séchoir à gaz,

Broyage

Ce second broyage réduit les amandes en pâte graveleuse, cela permet lors de la cuisson une faciliter d'hydratation qui provoque l'éclatement des cellules grasses. Comme la première étape la fonction utile principale est la réduction de la taille par conséquent nous retrouvons les mêmes effets et principes ainsi que les équipements mais étant donné que la taille des éléments sera plus petite nous pouvons ajouter comme équipement le broyeur à meules de corindon.

Cuisson

Comme préciser plus haut, la cuisson à l'eau a pour effet d'hydrater les cellules grasses pour provoquer leur éclatement facilitant la libération de la matière grasse. Nous reconnaissons ici la fonction principale utile qui est l'augmentation de la teneur en eau et ses effets tel que l'hydratation. Les équipements nécessaires à cette opération sont : le foyer, la cuve ou la

marmite,...

Affinage

C'est le lissage de la pâte graveleuse. Elle est très importante car c'est la dernière étape avant la séparation du beurre de karité et des autres éléments. Même fonction utile principale que le concassage et le broyage, ainsi que les effets et principes, l'affinage a des équipements en peu plus différentes que ces derniers par exemple le broyeur affineur, la barrette, la pierre de type polissoir creuse.

Extraction du beurre

Cette opération est réalisée en trois temps successifs bien qu'imbriqués, qui font qu'une observation superficielle ne permet pas d'identifier la physico-chimie du comportement des produits :

- La première manipulation consiste à incorporer de l'eau tiède à la pâte préparée la veille. L'opération, qui s'apparente à un pétrissage, a pour effet d'hydrater les constituants hydrophiles de la masse pour provoquer la synérèse qui décrochera la matière ;
- La deuxième opération, qui s'apparente à un barattage, vise à rassembler puis à laver les agglomérats de beurre pour éliminer les substances émulsifiantes qui confèreraient à la pâte sa cohésion. Au cours de cette opération, de l'eau chaude puis froide est ajoutée par apports successifs pour abaisser la température très progressivement au-dessous du point de fusion des graisses. Son volume total correspond sensiblement au volume de la pâte traitée. Le beurre se rassemble en grumeaux qui durcissent et que le barattage agglomère en une masse blanchâtre ;
- La troisième manipulation, très étroitement liée à la précédente, vise à lisser la graisse pour évacuer le maximum de l'eau emprisonnée dans la masse grasse.

Nous pouvons attribuer à chaque étape respectivement les fonctions utiles principales : l'augmentation de la teneur en eau, la réduction des substances émulsifiantes et la réduction de la teneur en eau. Pour le raffinage, la procédure est quasiment la même que celui de l'huile de graines de coton à l'exception de l'absence de deux (2) étapes notamment la démulcination et le décirage nous pouvons y consulter par de plus ample détail mais tout ceci est résumé dans le

tableau ci-dessous.

Tableau 2 : L'extraction et l'affinage du beurre de karité

IV.3 La mangue séchée

EXTRACTION ET AFFINAGE DU BEURRE DE KARITE

OPERATIONS	FUP		PRINCIPES/EFFETS	EQUIPEMENTS
CONCASSAGE	REDUIRE LA TAILLE	séparer les différents éléments (la coque et le noyau); enlever la coque pour pouvoir subir une cuisson à cœur	pression mécanique	PRESSE A VIS, BROYEUR, AUTRES (voir base)
			énergie mécanique	BROYEUR, MORTIER
GRILLAGE	REDUIRE LA TENEUR EN EAU	déshydrater pour augmenter la teneur en beurre(Les amandes suffisamment sèches se brisent en fragments huileux)	déshydratation	DESHYDRATATEUR
	AUGMENTER LA TEMPERATURE	pour faciliter l'opération de réduction de la teneur en eau	changement d'état	SECHOIR SOLAIRE, A GAZ
BROYAGE	REDUIRE LA TAILLE	Augmenter la surface d'échange pour faciliter le transfert de matières (eau lors de la cuisson, beurre lors de l'extraction) et de chaleur	transfert de chaleur, conduction	MARMITE, FOYER, GRILLOIR
CUISSON	AUGMENTER LA TEMPERATURE AUGMENTER LA TENEUR EN EAU	provoquer l'éclatement des parois des cellules grasses et en augmentant la fluidité du beurre	énergie mécanique	BROYEUR à MEULES DE CORINDON
AFFINAGE	REDUIRE LA TAILLE	le réduire en pâte lisse	transfert de chaleur, conduction, hydratation	MARMITE, FOYER
EXTRACION DU BEURRE	AUGMENTER LA TENEUR EN EAU REDUIRE LES SUBSTANCES EMULSIFIANTES REDUIRE LA TENEUR EN EAU	hydrater les constituants hydrophiles de la masse pour provoquer la synérèse qui décrochera la matière grasse, éliminer les substances émulsifiantes qui confèreraient à la pâte sa cohésion	pression, pression mécanique	BROYEUR-BARETTE,PIERRE POLISSOIR CREUSE
NEUTRALISATION	REDUIRE LES ACIDES GRAS LIBRES	éliminer les acides gras libérés présents dans le beurre brut à des teneurs plus ou moins importantes	Extraction par centrifugation	BATTEUR-MALAXEUR, CENTRIFUGEUSE, BARATTE
DECOLORATION	REDUIRE LES PIGMENTS	L'élimination des pigments colorés qui sont responsables de la coloration du beurre brut	réagir le corps gras sur un corps alcalin (lessive de soude) qui transforme les acides gras libres en savon : $R-COOH + NaOH \rightarrow RCOONa + H_2O$	CHIMIE, AUTRES (voir base)
DESODORISATION	REDUIRE LES SUBSTANCES VOLATILES	améliorer la qualité organoleptique du beurre et sa stabilité dans le temps en éliminant certains produits odorants et d'oxydation	brassage du beurre avec de la terre décolorante (clarsil)	TERRE DECOLORANTE AUTRES (voir base)
			sous vide à haute température (180°C) pendant 3 à 6 heures en fonction de la qualité du produit de départ.	BRASSEUR SOUS VIDE A HAUTE TEMPERATURE

a) Généralité

Le manguier porte le nom scientifique de *Mangifera indica*. Il fait partie de la famille des anacardiés. Le manguier commence à porter des fruits vers l'âge de 6 ans. C'est un arbre fruitier de climat tropical.

Les mangues varient en dimension, en forme et en poids et peuvent être de couleur verte, jaune, orange, rouge, ou de plusieurs couleurs à la fois. La mangue comprend trois parties principales : la peau, la pulpe et le noyau. La peau est la partie externe qui recouvre le fruit et elle est assez mince. La pulpe est la partie comestible du fruit



Image 3 : les mangues séchées, les mangues mures

La mangue est le fruit le plus cultivé au Burkina Faso avec une production nationale d'environ 150 000 tonnes/an, la mangue burkinabé se trouve fortement concurrencée à l'export par celle du Mali et de Côte d'Ivoire. Ainsi, afin de traiter le surplus de production, de réduire les pertes en fruits tout comme de se positionner sur de nouveaux marchés, les premières unités de séchage ont été installées dans le pays dès 1980. Le marché de la mangue séchée est en pleine extension et le potentiel est conséquent. La commercialisation de la mangue séchée est passée de 200 tonnes en 2002 pour 1,3 million de dollars de revenus, de 300 tonnes en 2003 pour 1,7 million de dollars, et à 150 tonnes en 2004 pour un million de dollars.

b) La production des mangues séchées

Avant le séchage des mangues suivent un prétraitement qui comprend plusieurs étapes. Il y a un prétraitements mais qui n'ont qu'une seule différence celle de la dernière étapes avant le séchage, cette étape se fait de plusieurs manière par exemple certains producteurs font le

blanchiment ou sulfatage sec ou humide, d'autres le trempage et certains ne font rien tout ceci dépend de la technologie qu'ils vont utiliser pour sécher les mangues.

Le procédé que nous présentons est l'extrait d'un document (page 14-15) (REGGAD, RIVIER et al, 2004).

Nous retrouvons le diagramme de la production des mangues séchées à l'annexe I

Triage

Il a pour but d'éliminer les mangues trop mûres ou /et pourries ; le triage des mangues se fait manuellement. Comme équipements il faut une table simple ou roulante et des bacs pour y mettre les mangues trop mûres ou /et pourries.

Lavage

Il permet d'éliminer grossièrement des pierres et les déchets terreux du fruit. La qualité et la quantité d'eau sont très importantes. Le lavage peut se faire dans un bassin ou dans un bac muni de panier. L'idéal est de réaliser le lavage en trois étapes :

Premier lavage des mangues à l'eau simple pour enlever la saleté organique ;

Rinçage des mangues dans de l'eau javellisée pour inactiver les microorganismes ;

Rinçage des mangues à l'eau potable pour enlever le reste de l'eau de javel.

Épluchage

Il peut se faire à la main ou après un traitement à la chaleur humide ou sèche pour faciliter l'enlèvement de la partie non comestible du fruit. Mais le mieux est d'utiliser des éplucheuses mécaniques.

Parage

Il permet d'éliminer les trognons, les parties endommagées ou insuffisamment mûrs, les queues, etc. Il se fait uniquement à la main à l'aide de couteaux bien affûtés en acier inoxydable ou de couteaux améliorés sur des tables de parage.

Découpe

La découpe définit la forme finale des morceaux de mangues sèches. Cependant, elle est aussi déterminante pour la phase de séchage. En effet, elle détermine la surface d'échange entre l'air et le produit mais aussi, le temps nécessaire pour extraire l'eau du centre des morceaux. Naturellement, plus la surface sera grande et moins les morceaux seront épais, plus le séchage sera rapide. La découpe peut être manuelle. Dans ce cas on utilise des couteaux en acier inoxydable ou des plaques à lames multiples ou elle peut être automatisée par un équipement spécial

Blanchiment

Le blanchiment sert d'une part, à inhiber les actions enzymatiques susceptibles de provoquer une altération du produit ; d'autre part, il facilite l'opération de séchage ; Il a été remarqué que les morceaux de mangue blanchis sont séchés plus rapidement que les non blanchis, que se soit dans une enceinte de séchoir ou en séchage à l'air libre. Les inconvénients : la rupture cellulaire après un blanchiment rend le produit fini difficile à manipuler et l'inactivation des enzymes oxydants durant le blanchiment n'empêche pas le brunissement non enzymatique.

Sulfatage

Le sulfatage des tranches de mangue avant dessiccation a pour but de préserver leur couleur naturelle (inhibe le brunissement), leur flaveur (favorise une meilleure rétention des composés aromatiques) et d'empêcher des pertes nutritionnelles. Si le sulfatage présente de nombreux effets intéressants sur le produit, il développe aussi des effets indésirables. En effet, selon les variétés il peut y avoir perte de sucre, d'acides et de vitamine C ; en revanche, le sulfatage est préféré au blanchiment et ceci à cause des inconvénients de ce dernier.

Trempage

Le trempage consiste à mettre les tranches de mangue dans une solution pendant 18 à 24h composée de : eau ; sucre ; jus de citron et du méta bisulfite de potassium ($K_2S_2O_5$)

L'addition de sucre augmente le taux d'extrait sec soluble de la pulpe de mangue, en diminuant la quantité d'eau disponible dans le produit et permet d'atteindre plus rapidement l'humidité de conservation du produit. L'addition de sucre aide aussi dans l'amélioration de la couleur et la texture du produit, mais la vitesse de séchage est moins rapide quand du sucre est

ajouté.

En acidifiant par l'**acide citrique** (le jus de citron), le brunissement est ralenti ; mais il faut que ce soit modérément pour ne pas dégrader la vitamine C et le fructose, certes sources de brunissement mais substances nutritionnelles importantes.

En ajoutant le **méta bisulfite de potassium** ($K_2S_2O_5$), le sulfate présent dans la solution joue un petit peu le même rôle que le sulfatage, il permet d'inhiber le brunissement et la rétention des composées aromatiques.

Séchage

Le séchage est l'un des plus anciens procédés de préservation des aliments, dont l'objet principal est de convertir des denrées périssables en produits stabilisés par abaissement de l'activité de l'eau du produit. Dans les aliments déshydratés, du fait d'une faible activité de l'eau, les microorganismes ne peuvent pas proliférer, et la plupart des réactions chimiques et enzymatiques de détérioration sont ralenties. Le séchage, par définition, est une opération ayant pour but d'éliminer de l'eau d'un corps humide (solide ou liquide) par évaporation de son eau ; le produit final obtenu étant toujours un solide.

Les raisons de sécher sont aussi nombreuses que les produits à sécher, mais elles peuvent être regroupées en trois catégories principales :

- Permettre ou faciliter la conservation des produits et amortir le caractère saisonnier de certaines activités agricoles ou industrielles.
- Diminuer la masse et le volume des aliments, pour réduire leur encombrement et faciliter leur transport.
- Donner une présentation, une structure ou une fonctionnalité particulière au produit.

Mais en revanche, le séchage modifie le produit dans sa texture, sa forme, son goût et ces qualités nutritionnelles, ce qui est souvent considéré comme un inconvénient. Il est aussi coûteux, notamment en énergie ; il est estimé que le secteur agroalimentaire consacre 60 % de sa consommation d'énergie au séchage.

Deux mécanismes peuvent être mis en œuvre pour extraire par évaporation l'eau d'un produit : l'ébullition ou l'entraînement. L'idée la plus simple consiste à porter le produit à la

température d'ébullition de l'eau qui ainsi se vaporise. Mais sécher à des températures basses, en utilisant l'air comme gaz d'entraînement, est souvent préférable pour éliminer une grande quantité d'eau tout en préservant la qualité nutritionnelle du produit.

FABRICATION DE MANGUES SECHEES

OPERATION	FUP	EFFETS/PRINCIPES	OBSERVATIONS	EQUIPEMENTS
LAVAGE	AUTRES	Désinfecter	se fait dans les bacs d'eau courante	PASSOIRES EN PLASTIQUE, BACS
TRIAGE	AUTRES	Mécanique	se fait manuellement sur un tapis roulant ou sur une table spéciale	TAPIS ROULANT, TABLE, AUTRES
EPLUCHAGE	AUTRES	Réaction chimique	un traitement à la chaleur humide ou sèche peut faciliter l'enlèvement de la peau du fruit	CHIMIE
		Mécanique, Force mécanique		EXTRACTEUR MANUEL DE PULPE
DECOUPAGE	REDUIRE LA TAILLE	Mécanique, force mécanique	pénétration uniforme de la chaleur dans les processus thermiques, amélioration du rapport surface/volume ce qui accroît l'efficacité du processus	COUTEAUX EN ACIER INOXYDABLE, ASSIETTE EN ALU
TREMPAGE	REDUIRE LES ACTIVITES ENZYMATIQUES	Réaction chimique	mettre les tranches de mangue dans une solution (sucre, jus de citron, K ₂ S ₂ O ₅) pour 18-24h	BASSINES+ SOLUTION
SECHAGE	REDUIRE LA TENEUR EN EAU	Déshydratation, Absorption	---	DESHYDRATATEUR, SECHOIR BANCO, BANCO, TUNNEL, CARTIER, FOYERS AMELIORES, AUTRES (voir base)

Tableau 3 : la fabrication de mangues séchées

V. DISCUSSION ET ANALYSES

V.1 Présentation des sociétés qui ont participé à la Validation

a) SRC

La Société de Recherche et de Conception (SRC) est une société vieille de 10ans dirigé par Mr Ousmane KABORE qui lui a 20 ans d'expérience en conception. Nous avons pu constater sur place environ une dizaine d'employés dont 7 techniciens avec des niveaux d'étude qui varient d'un centre de formation à un niveau bac+2. Les domaines d'activités de la SRC sont : la recherche, la construction et métallurgique, l'usinage et la fusion des métaux, la maintenance industrielle et la fabrication des équipements. En somme les différents travaux de SRC sont basés sur la mécanique.

Au compte de la société environ une vingtaine d'équipements ont été produits parmi lesquels une unité de traitement de minerai d'or (concasseur, broyeur), une presse à huile, une raffinerie d'huile, un séchoir de céréales fermentées, un broyeur à marteau de céréales, ... Les équipements produits par la société sont pour la plupart des améliorations et des adaptations d'équipements qui existent déjà mais dans notre contexte rencontrent des difficultés. Pour produire un équipement, la société a recours une étude de besoin sur le marché, parfois c'est une demande d'utilisateurs dans un domaine bien précis qui veulent un nouveau équipement ou une amélioration d'un équipement.

La SRC n'utilise pas une démarche de conception bien précise, la conception se fait à base des observations, des essais, des discussions avec des personnes qui maîtrisent le domaine ou avec ses propres techniciens, mais le noyau central est composé de trois personnes (lui-même, un dessinateur et une trois personne en fonction du domaine d'étude). Il est de même pour la résolution des problèmes rencontrer lors de la conception, ce qui fait que la durée du problème varie d'un jour à plusieurs jours.

b) REMICO

La société de Réalisation d'Etude et de Maintenance en Génie Civil a vu jour en 1997

officiellement mais elle existait depuis que Mr W. Yves Zongo le Directeur, était encore étudiant et qui possède quinze (15) ans d'expériences. Au début il voulait créer un centre de formation, mais la réalité du terrain a décidé autrement. Nous avons pu constater sur place environ sept (7) employés tous des techniciens de différents centres de formation.

Depuis la création de la société, quatre (4) machines ont été conçu, mais les pièces conçues ou améliorées sont nombreuses. Les toutes premières activités de la société étaient la réparation puis ils ont passé à la fabrication des pièces. La presse à vis à huile est la première conception proprement dite qui n'est rien d'autre qu'une adaptation car les presses présentes sur les marchés avaient des durées de vie assez courtes et ne répondaient pas aux besoins des utilisateurs. Les pièces et les machines conçues sont faites sur demande mais parfois il arrive que la société saisisse une opportunité sur un secteur rentable.

La démarche adoptée pour la conception est l'ingénierie inverse qui consiste un reproduire un équipement qui existe puis apporter un plus à cet équipement. Face à un problème, il essaie de trouver plusieurs voies de solution et c'est la discussion avec les employés ou parfois avec d'autres ingénieurs ou des chercheurs qui lui apporte les éléments clés pour choisir une des voies, procéder à des essais enfin pour y arriver, ce qui fait que le temps de résolution varie énormément. Actuellement la société travaille sur un équipement qui extrait le beurre de karité mais il est resté vague comme SRC sur les réponses de nos questions mais il nous a laissé croire qu'il voulait mécaniser la procédure d'extraction traditionnelle utilisée dans nos villages car elle avait un rendement en huile plus élevé et qu'il est en phase de conception théorique.

c) SOAF

La Société Ouest Africaine de Fonderie (**SOAF**) est dirigé par Mr Mamadi CAMARA, **ingénieur mécanicien**, qui est aussi le Président des huiliers du Burkina, possède une très bonne connaissance sur les propriétés des produits oléagineux et des notions avancées en base de données Access. La société SOAF compte environ soixante dix (70) employés parmi eux des techniciens supérieurs, des dessinateurs. Elle intervient dans plusieurs domaines, la métallurgie, l'or, le raffinage des huiles, la production du biocarburant, etc, il faut noter que son parc automobile roule avec du biocarburant.

Depuis sa création, SOAF compte cinq (5) conceptions, deux (2) chaudières et trois (3) presses, mais nombreuses pièces de rechanges ont été conçues. Pour produire un équipement, SOAF procède comme les autres, à une étude de besoin sur le marché, et parfois une demande d'utilisateurs dans un domaine bien précis qui nécessite un nouveau équipement ou une amélioration d'un équipement. Dans la société SOAF la sécurité et le rendement prime sur tout, un équipement doit résister au maximum et fournir un rendement journalier acceptable, cela pour éviter les pannes de fonctionnement.

SOAF n'a pas une démarche bien précise pour la conception d'un équipement, elle ne possède pas aussi une équipe de conception précise, comme les autres sociétés SOAF, fait appel a des experts extérieurs si un problème persiste après de nombreux essais et recherche de solutions avec ses employés. Il arrive qu'il voyage pour s'acquérir de nouvelles technologies ou tout simplement à la recherche de solutions.

V.2 Synthèse des entretiens de validation

La synthèse suivante est présentée pour faire ressortir les informations obtenues sur les 3 parties principales des entretiens de validation:

- A. Caractérisation de l'entité interviewée et de ses activités de conception
- B. Son approche actuelle de la conception ou de la résolution de problème en conception d'équipement
- C. Validation proprement de l'APSETA : impressions, observations et suggestions de l'entité interviewée

a) Entretien SRC

L'entretien de validation avec le directeur de la société SRC s'est passé sous la forme de question-réponses et non de manière systématique comme nous l'avons prévu avec le guide de l'entretien, néanmoins nous sommes parvenu à toucher les trois principales parties.

Nous n'avons pas pu faire un test réel sur ces travaux car Mr Ousmane KABORE (SRC) est resté vague dans ces réponses. Mais cet entretien a permis de noter que le concepteur pense que :

- c'est un outil qui peut aider dans la recherche d'informations de ce qui existe déjà, mais pour cela, il faut qu'il soit d'abord alimenté et ensuite disponible pour une consultation par exemple qu'il soit accessible sur Internet ;
- c'est un outil d'orientation. En effet, il permet de faire un choix technologique en proposant les différentes méthodes pour résoudre un problème spécifique dans le domaine de l'agro-alimentaire.

La seule difficulté que pose l'APSETA est le fait qu'il faut connaître bien les différentes propriétés du produit et leurs 'effets' dans chaque opération, ce qui n'est pas le cas en général.

b) Entretien de REMICO

L'APSETA lui a été présenté comme cela a été fait avec SRC. Tout comme SRC, l'entretien de validation s'est passé de la même manière.

Concernant le problème posé, différents procédés d'extraction traditionnels et semi industriels connus en Afrique et capitalisés dans des ouvrages et sites notamment de la FAO lui ont été présentés avec les avantages et inconvénients qui s'expliquent aussi par les intérêts et les inconvénients des opérations et des principes scientifiques utilisés au niveau de chacune des opérations qui constituent ces procédés affectant plus ou moins la qualité et le rendement d'extraction.

Les parties de l'APSETA correspondant aux fonctions réalisées aux opérations d'extraction lui ont été présentées brièvement pour illustrer le potentiel de cet outil.

Pour le dirigeant de REMICO :

- L'APSETA est un outil dont l'utilisation nécessite un certain niveau de formation et de connaissance très élevée,
- Il faut une application de l'outil sur le terrain pour qu'il puisse répondre aux besoins des chercheurs car il présente un caractère beaucoup plus théorique que pratique,
- Il doit présenter l'importance de chaque propriété et son utilité,
- Il faut aussi le rendre disponible sur Internet,
- Il peut effectivement contribuer dans la recherche de solutions d'équipement du fait des informations qu'il comporte.

c) Entretien de SOAF

L'APSETA lui a été présenté comme cela a été fait avec SRC. Après une breve

explication, avoir expliqué brièvement la démarche de l'outil, Mr CAMARA a adhéré immédiatement l'hypothèse qu'il faut connaître les propriétés des produits avant de choisir la fonction à réaliser et connaître les principes des équipements qui seront les plus adaptés.

Après quelques instants de manipulation de l'outil, il faut noter qu'il a été le seul à manipuler l'outil, une première question nous est posée sur le procédé qui permettait de se débarrasser du gossypol et des éléments de réponses lui ont été apporté.

Ensuite c'était par rapport aux données saisies, il s'est intéressé aux sources car il avait des valeurs qu'il comparait. Il suggéra qu'on utilise des normes surtout celles de UEMOA en ce qui concerne Afrique de l'ouest. Mais nous l'avons rappelé que ces valeurs étaient à titre indicatif pour illustrer la fonctionnalité de la démarche méthodologique proposée et que les valeurs mentionner, pouvant toujours être contestées, ou jugées inadaptées, ou comporter des erreurs. Mais la meilleure solution serait effectivement de renvoyer l'utilisateur vers les sites des bases de données reconnus comme celles de la FAO, l'AFNOR, l'UEMOA qui les font et ont les moyens de le faire, car l'objet de ce travail est d'orienter une recherche.

Une incompréhension sur la formulation des fonctions s'est posée. Lorsque nous disons « **augmenter la teneur en lipides** » pour signifier que nous voulons nous débarrasser des autres composants (coque, fibre, tourteaux ;...) Mr CAMARA réagit sur le fait que nous ne pouvons pas augmenter la teneur car elle est fixe. Mais une explication sur la manière de formuler nos fonctions rend tout plus clair. Pour cela nous devons nous assurer de la bonne compréhension de la formulation car une mauvaise formulation conduira l'utilisateur sur une mauvaise voie.

A la fin de l'entretien, Mr CAMARA a souligné que cet outil peut être une idée d'entreprise. L'outil pourrait très bien marcher car lui et d'autres seraient prêts à payer pour consulter, sur un site Internet, l'outil pour trouver une solution, à condition qu'il soit complété, ce qui va nécessiter beaucoup d'effort et de ressources à cause du vaste domaine abordé. Cela leur permettra d'éviter de devoir payer des déplacements à l'extérieur pour trouver l'expertise nécessaire et perdre du temps.

d) Conclusion

En somme, les avis des professionnels sont favorables en ce qui concerne l'outil, l'APSETA est un outil d'orientation et un guide dans la conception des équipements agroalimentaires. Mais, selon eux, il présente des insuffisances dans sa propre démarche

car il faut avoir recours à des formations pour connaître certaines notions chimiques, physiques et biochimiques afin de pouvoir exploiter les propriétés des produits ce qui n'est pas fournie directement par l'outil. En effet, une des hypothèses de travail au moment de la conception de cet outil, était que les équipementiers tendent à travailler en « équipes multidisciplinaires » qui comprennent au moins une personne pouvant expliquer aux autres membres la signification et l'importance de ces notions dans leur activité. Il s'avère qu'il est encore rare de trouver une telle équipe de conception au Burkina Faso. Des appuis ponctuels peuvent s'observer quand cela est possible et demandé par le dirigeant mais ce n'est pas systématique. De plus, la base devrait être accessible à tout moment et si possible libre.

VI. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Le travail présenté par ce rapport a consisté à valider de l'outil APSETA. Cette validation s'est effectuée en trois phases une première qui a consisté à rendre fonctionnel l'outil, ensuite rechercher des utilisateurs potentiels et enfin s'entretenir avec ces derniers pour recueillir leur avis sur l'outil.

Au terme de notre travail, nous pouvons affirmer que l'outil APSETA peut venir en aide aux utilisateurs et participer ainsi au développement. En effet après quelques entretiens avec des techniciens et ingénieurs, tous dirigeants de grandes entreprises de conceptions du Burkina, il est ressorti un avis favorable à l'endroit d'APSETA. Nous nous sommes rendu compte que la plupart de ces concepteurs ne s'intéressaient pas ou ne connaissaient pas l'importance des propriétés des produits liées à leur transformation alors qu'un dicton affirme qu'il faut chercher à connaître ton ennemi avant de le combattre. La difficulté de trouver une information ou l'orientation vers une solution est aussi un handicap dans la recherche des concepteurs alors que APSETA peut contribuer à remédier à cela s'il est finalisé et si on en fait bon usage.

En effet, si l'objectif général de validation a été atteint avec un avis favorable des utilisateurs potentiels, certains objectifs spécifiques restent à réaliser. Il s'agit notamment de l'application de l'outil à un cas concret de conception en cours de réalisation sur lequel l'utilisateur potentiel est entrain de travailler. Si cela avait été possible il se pourrait que nous arrivions à de bons résultats et même à concevoir un équipement qui répond à nos attentes.

L'obtention d'un rendez-vous avec certains de ces chefs d'entreprises fut une tâche difficile. Il a fallu l'intervention d'Ignace Medah, chercheur à l'IRSAT qui a eu à travailler avec eux pour faciliter l'obtention de ces entretiens. Certains exemples intéressants n'ont pas pu être développés du fait de manque de données sur leurs propriétés. C'est le cas des produits roulés.

Comme perspectives, nous recommandons, que la demande unanime des concepteurs soit prise en compte celle de mettre l'outil en ligne pour qu'il puisse être consulté. Cependant, mettre APSETA en ligne nécessite encore beaucoup d'effort. Il s'agit en premier lieu du renseignement de la base. Pour cela, il faut du temps et des ressources car la recherche de données correctes n'est pas une tâche facile. Cette saisie pourrait se faire par étapes (par type de produit) et l'outil peut être mis à jour régulièrement avec la mise en ligne de nouvelles versions selon son

évolution. . Il serait dommage que cet 'outil, après ce travail et l'avis favorable des utilisateurs potentiels quant à son utilité, reste dans cet état pour être mis dans les oubliettes comme c'est le cas de certains travaux de thèses. Il serait intéressant que les chercheurs acceptent de poursuivre l'étude de l'outil et de le rendre plus maniable et exploitable. L'APSETA a un avenir radieux si nous y mettons le prix.

VII. BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES ET ARTICLES :

1. D. Cavallucci, R. De Guio et T. Eltzer « **La TRIZ : Introduction Théorique et Éléments Fondamentaux** » un cours pour INSA, (année : 2005-2006, page 7-8) :

2. F. Giroux, N. Gontard, V. Gornard, J.-P. Hebert, A. Prades « **PRINCIPALES VOIES DE VALORISATION DES PRODUITS AGRICOLES TROPICAUX** » ENSIA SIARC Montpellier-France.

3. **TECHNOLOGIES INTERNATIONALES** n°89 novembre 2002

4. H. Reggad (ensia siarc), M. Rivier (cirad amis), J. M. Meot (cirad amis) et Y. Coulibaly (2iE ex-Groupe EIER-ETSHER) (cirad-amis doc n° 36/04) « **Appui à la structuration de la filière mangues séchées au Burkina Faso Activités de Recherche Développement** » rapport final d'étude bibliographique

5. Robert Nout, Joseph D. Hounhouigan et Tiny Van Boekel ; 2003 « **LES ALIMENTS Transformation, Conservation et Qualité** »

6. BUREAU REGIONAL DE LA FAO pour l'Amérique latine et les Caraïbes « **LA TRANSFORMATION DE FRUITS ET DE LEGUMES PAR DES METHODES ARTISANALES** » manuel technique, Santiago, Chili 1998

7. Jean Graille Coordonnateur « **LIPIDES ET CORPS GRAS ALIMENTAIRES** », collection sciences et techniques agroalimentaires, édition TEC et DOC, 2003

8. J.-H. Weil « **BIOCHIMIE GENERALE** », 4^e édition, masson 1983

9. François Rousselot, Cecilia Zanni « **La Conception Innovante : Synthèse de systèmes ou résolution de problèmes ?** »

10. Denis Choulier « **TRIZ : une approche de résolution des problèmes d'innovation dans la conception de produits** » Université de Technologie de Belfort Montbéliard, M3M CID 90 010 Belfort Cedex, France

11. Ghislain Grévy - Centre de Transfert de Technologies, Vincent Chapurlat - Centre de recherche LGI2P ; Parc Scientifique G.Besse Site EERIE de l'École des Mines d'Alès 30035 Nîmes Cedex 1 « **TRIZ** »

12. Giuseppe AMORIGGI « **TECHNIQUES DE TRANSFORMATION ET CONSERVATION ARTISANALES DE FRUITS ET LEGUMES** » FAO –ROME, 1988

13. Daniel BALLERINI, Nathalie ALAZARD-TOUX « **LES BIOCARBURANTS, ETAT DES LIEUX, PERSPECTIVES ET ENJEUX DU DEVELOPPEMENT** » IFP

Publications. Editions Techniq, Paris, janvier 2006

14. Maurice NAUDET « CORPS GRAS » chimie organique

15. A. KARLESKIND, J.-P. WOLFF <OILS AND FATS MANUAL>, volume 1, 1996

THESES:

16. Mireille TOTOBESOLA-BARBIER « Développement d'un outil d'aide à la créativité basé sur la connaissance pour la recherche de principes en conception d'équipements agroalimentaires » université Montpellier II sciences et techniques du languedoc, 2008 (en cours)

17. Guillermo CORTES ROBLES « **Management de l'innovation technologique et des connaissances : synergie entre la théorie TRIZ et le Raisonnement à Partir de Cas.**

Application en génie des procédés et systèmes industriels » l'institut national polytechnique de Toulouse, 2006

18. Fabrice THIEBAUD « **FORMALISME ET DEVELOPPEMENT DE LA PHSE DE RESOLUTION DE PROBLEME EN CONCEPTION INDUSTRIEL** » université louis pasteur Strasbourg I, 2003

19. Jean-Claude BOLDRINI « **L'accompagnement des projets d'innovation ;** Le suivi de l'introduction de la méthode TRIZ dans des entreprises de petite taille » Université de Nantes Faculté de Sciences Économiques et de Gestion, 2005, pages 121-122.

20. Audrey CHAZAL « **PRODUITS ROULES DANS L'ALIMENTATION A OUAGADOUGOU** » Université Montpellier II, 2003

SITES INTERNET

<http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/afri/fr/Data/541.htm> consulté le 5 mai à 20H40

<http://www.saveursdumonde.net/belle/naturel/karite.htm> consulté le 5 mai à 21H30

http://www.perledeprovence.com/savoir_-beurre_de_karite-c-2_4_20.html consulté le 19 mai à 12H33

<http://www.unctad.org/infocomm/francais/karite/descript.htm> consulté le 19 mai 12H33

http://www.idrc.ca/fr/ev-11997-201-1-DO_TOPIC.html consulté le 23 mai à 22H30

<http://www.karitedelapointe.com/hpages/2-le-beurre-de-karite.html> consulté le 23 mai à 23H00

<http://www.cirad.fr/fr/actualite/communiqu.php?id=423> consulté le 26 mai à 20H 00

http://fr.ekopedia.org/Karit%C3%A9#Fabrication_du_beurre_de_karit.C3.A9 consulté le 27 mai à 23H00

<http://www.sheabutter.com/FrShea/Donneestech.htm> consulté le 19 mai 22H 00

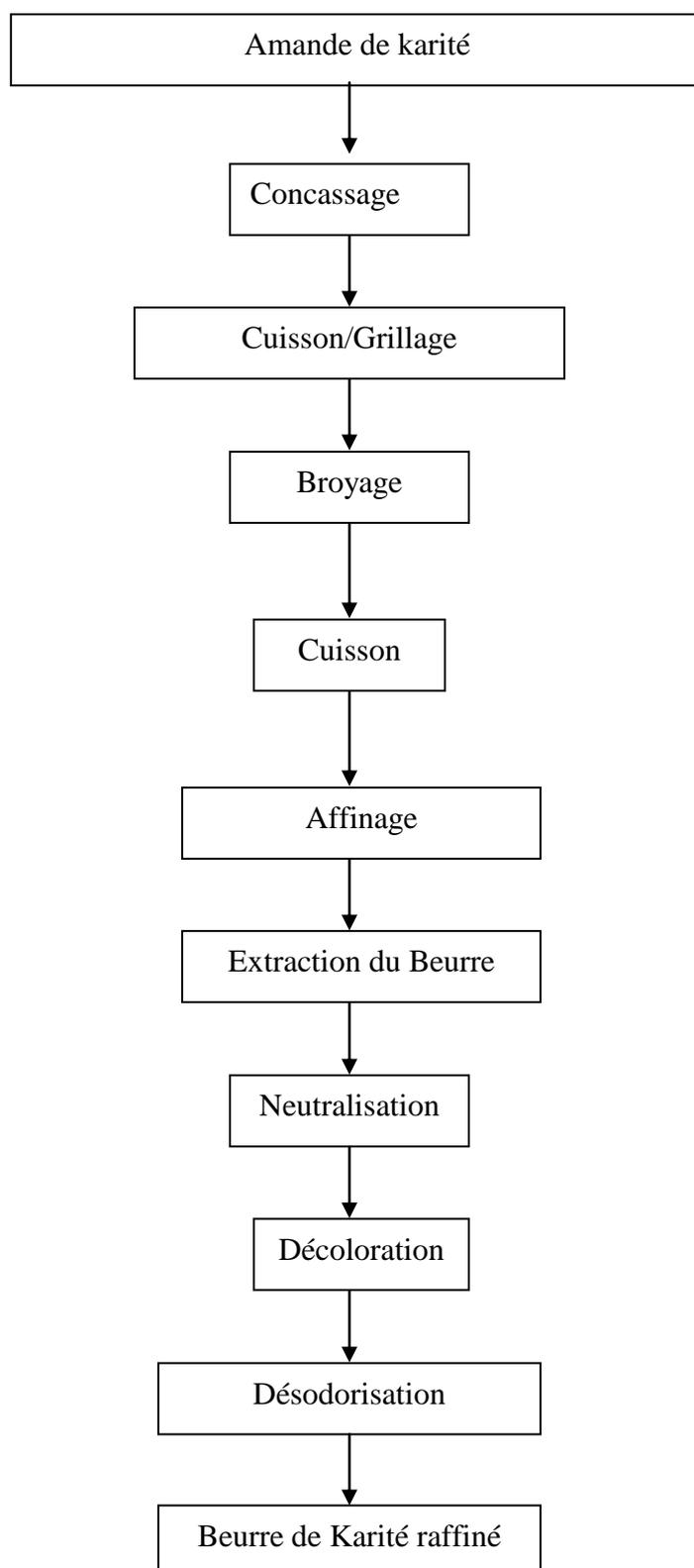
<http://tous-les-fruits.com/index-fruits.html> consulté le 5 mai à 22H30

VIII. ANNEXES

ANNEXE I : LES DIAGRAMMES DE TRANSFORMATION DES PRODUITS	46
ANNEXE II : LES PROPRIETES DES DIFFERENTS PRODUITS	52
ANNEXE III : LISTE DES ENTREPRISES DE CONCEPTION.....	57
ANNEXE IV : LE GUIDE D'ENTRETIEN POUR LA VALIDATION DE L'OUTIL APSETA.....	59
ANNEXE V : LES HEURISTIQUES	65
ANNEXE VI : MANUEL D'UTILISATION DE LA BASE DE CONNAISSANCES AGROALIMENTAIRES	69

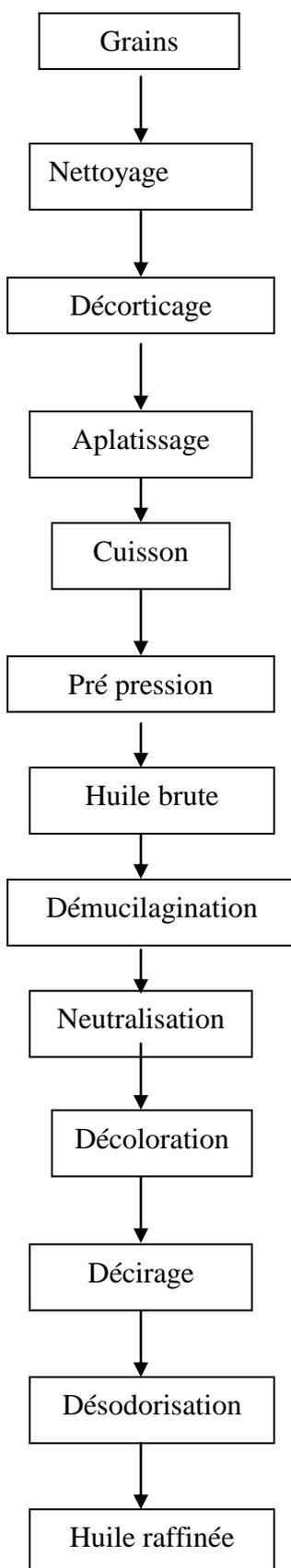
**ANNEXE I : LES DIAGRAMMES DE TRANSFORMATION
DES PRODUITS**

Schéma 4 : DIAGRAMME DE FABRICATION DU BEURRE DE KARITE



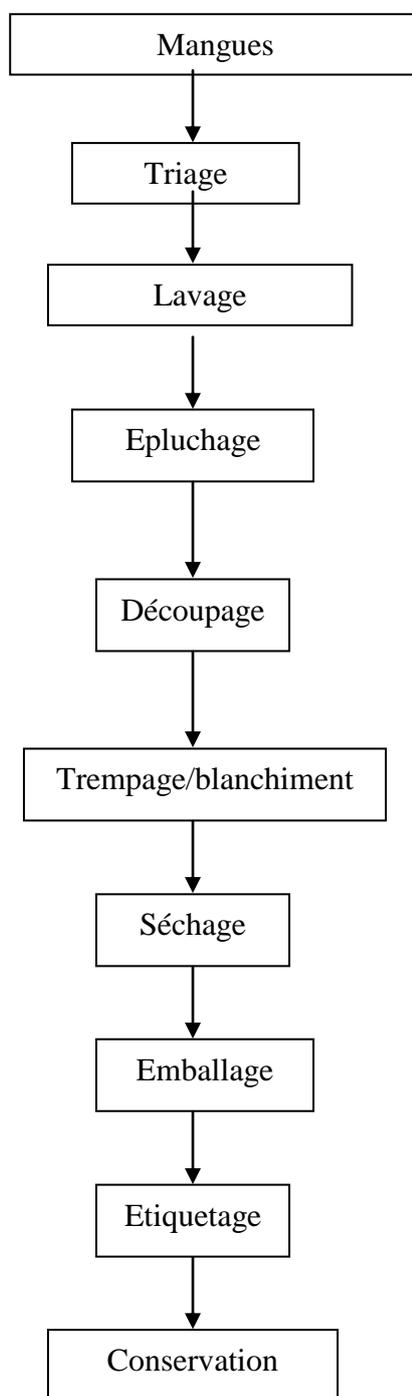
Source : <http://www.sheabutter.com/FrShea/specBKB21.htm>

Schéma 5 : DIAGRAMME DE PRODUCTION D'HUILE DE GRAIN DE COTON



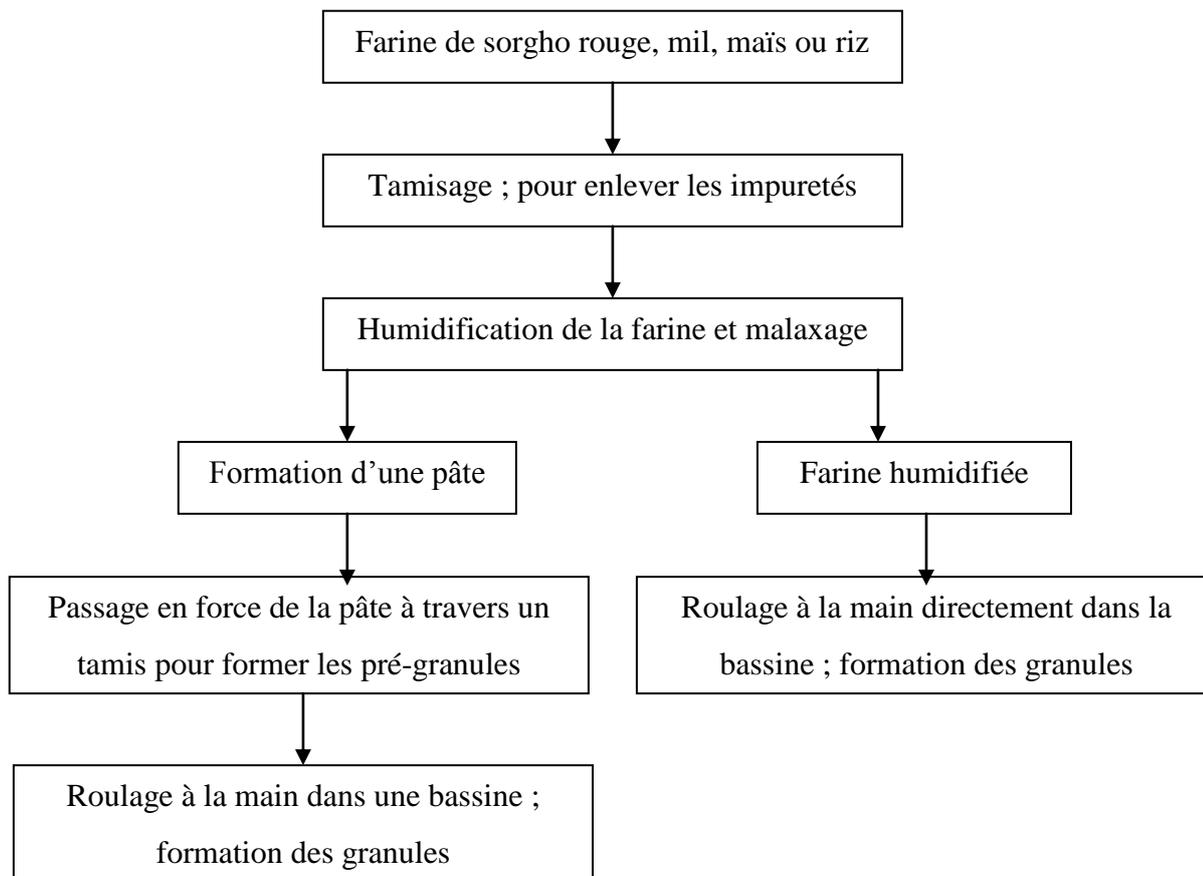
Source : <http://exchange.unido.org/agro/main2.asp?menu=menupopup2&id=499&zid=495&lan=fr>

Schéma 6 : DIAGRAMME DE PRODUCTION DE MANGUES SECHEES



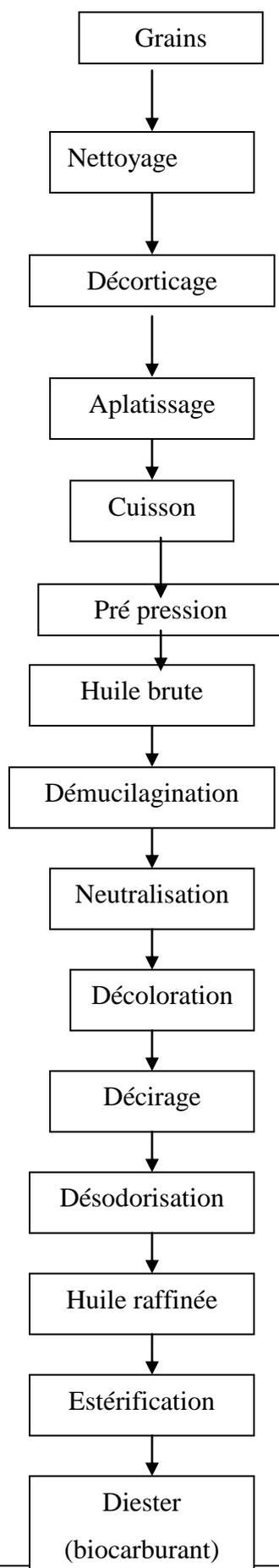
Source : AMORIGGI, FAO, 1988

Schéma 7 : DIAGRAMME DE FABRICATION DE GRANULES



Source : CHAZAL, 2003

Schéma 8 : DIAGRAMME DE PRODUCTION D'EMHV



ANNEXE II : LES PROPRIETES DES DIFFERENTS PRODUITS

Tableau 4 : les propriétés de la graine et de l'huile de coton

LES PROPRIETES DE LA GRAINE, HUILES, DE COTON

Propriétés	graine de coton	huile brut de coton	huile raffinée de coton
Coque	25-46%		
Amande	43-59%		
Linters	9-13%		
Huile	16-28%		
Protéine	21-31%		
gossypol libre	0,2-1,1%	0,2-1,1%	
gossypol totaux	0,2-1,4%	0,2-1,4%	
Couleur		rouge sombre	jaune or
densité à 20°C			0,917-0,925
viscosité à 20°C			65-69
indice de refraction à 20°C		1,458-1,466	1,47-1,475
T° de fusion			10-15,5°C
Indice d'iode		99- 119	103-115
Indice saponification		189-198	189-198
acide gars libre		0,5-5%	0,05%
Phospholipides		0,7-0,9%	0%
Indice d'acide		197-207	198,3
T° d'ébullition			234
Masse volumique		918-926kg/m ³ à 20°C	891 à 20°C
Insaponifiables		0,8-1,5%	0,6-1,5%
acide cyclopropanique		0,7-1%	0,01%
acide gras saturé			31,50%
acide gras polyinsaturé			18,70%
acide gras mono insaturé			48,80%

Sources : NAUDET, corps gras ; A. KARLESKIND, WOLFF, 1996

Tableau 5 : les propriétés de l'amande et du beurre de karité

LES PROPRIETES SUR LE BEURRE DE KARITE

PROPRIETES	AMANDE	BEURRE BRUT	BEURRE RAFFINE
EAU ET MATIERE VOLATILLE	6,90%	<0,05%	<0,05%
COULEUR	BLANCHATRE	JAUNE	IVOIRE 3/4
DENSITE	0,92 à 40°C	0,9 A 40°C	0,9 A 40°C
POINT DE FUSION	22°C	29 A 34 °C	29 A 34 °C
IMPURETES INSOLUBLE DANS L'HEXANE		<0,2%	<0,01%
ACIDITE OLEIQUE	55% de 5%	6 A 10%	<1%
INSAPONIFIABLES	8 à 10%	ENV 7%	ENV 7%
INDICE DE PEROXYDE		<10 meq	< 3meq
INDICE D'IODE		64 A 72	64 A 72
INDICE DE SAPONIFICATION		160-200	160-200
ACIDE PALMITIQUE	7% de 5%	1,80%	1,80%
ACIDE STEORIQUE	45% de 5%	41,90%	41,90%
ACIDE LENOLEIQUE	8% de 5%	7,20%	7,20%
ACIDE OLEIQUE	55% de 5%	47,70%	47,70%
ACIDE LINOLENIQUE		0,10%	0,10%
ACIDE ARACHIDIQUE		1,10%	1,10%
PROTEINES	0,7 à 1,3g pour 100g		
ESTHERS de cire	7%		
TRIGLYCERIDES	50%		
TENEUR EN VITAMINES	A, D,E,K		
ACIDES GRAS LIBRES	5%		

Source : <http://www.sheabutter.com/FrShea/Donneestech.htm>

Tableau 6 : les propriétés de la mangue mure et séchée

LES PROPRIETES SUR LA MANGUE

PROPRIETES	mangue mure (puple)	mangue séchée
Ph	4	
COULEUR	jaune	jaune
acide gras monoinsaturé	0,101g	
acide gras polyinsaturé	0,051g	
acide gras saturé	0,066g	
teneur en eau	82,90%	15%
teneur en vitamines	A, B1 B2 B3 B5 B6 C	A, B1 B2 B3 B5 B6 C
Calorie	65Kcal	65Kcal
sucre libre	14,3g pour 100g	
Eléments minéraux	Na,K,Mn,Mg,Ca,Fe,P	Na,K,Mn,Mg,Ca,Fe,P
teneur en lipides	0,20%	
teneur en fibres	1,6 à 2,6g pour 100g	
teneur en protéines	0,60%	
teneur en glucides totaux	15,80%	

Source : <http://tous-les-fruits.com/index-fruits.html>

Tableau 7 : les propriétés des biocarburants (origine huile végétale)

LES SPECIFICATIONS DES EMHV DE FRANCE ET D'EUROPE

(Esters méthyliques des huiles végétales)

Norme	Conditions	Unité	France Journal Officiel	Europe PrEN 14214	
				min	max
Date			14/09/1997		
Densité	15°C	g/cm ³	0,87-0,9	0,86	0,9
Viscosité	40°C	mm ² /s	3,5-5	3,5	5
Distillation	IBP	°C	-		
Distillation	95%	°C	<360		
Point d'éclair		°C	>100	>120	
CFPP		°C	-		
Point de fluidité	Eté	°C	<10		
soufre total		% masse	-		0,001
CCR	100%	% masse	-		
CCR	10%	% masse	<0,3		
Cendres sulfatées		% masse	-		0,02
Cendres (oxyd.)		% masse	-		
Teneur en eau		mg/kg	<200		500
Impuretés totales		mg/kg	-		
Indice de cétane		-	>49	51	
Indice de neutralité		mg KOH/g	<0,5		
Teneur en méthanol		% masse	<0,1		0,2
Teneur en ester		% masse	>96,5	96,5	
Monoglycérides		% masse	<0,8		0,8
Diglycérides		% masse	<0,2		0,2
Tri glycérides		% masse	<0,2		0,2
Glycérol libre		% masse	<0,02		0,02
Glycérol total		% masse	<0,25		0,25
Indice d'iode		gl ₂ /100g	<115		120
Phosphore		mg/kg	<10		10
Métaux alcalins Na+K		mg/kg	<5		5
Résidu carbone		% masse			0,3
Contamination totale		mg/kg			24
Stabilité à l'oxydation (110°C)		Heure		6	
Indice d'acide		mg KOH/g			0,5
Acide linoléique méthylester		% masse			12
Méthylester polyinsaturés (≥ 4 doubles liaisons)					1
Métaux alcalins du groupe II Ca+Mg		mg/kg			5

Source : D. BALLERINI et al, janvier 2006

ANNEXE III : LISTE DES ENTREPRISES DE CONCEPTION

Tableau 8 : la liste des entreprises de conception

LISTE DES ENTREPRISES DE CONCEPTION

Ordre	Localité	Entreprise/ Structure	Nom & Prénom	Contact	OBSERVATIONS
1	Ouagadougou	SRC	Ousmane KABORE	50 34 36 60 70 12 70 21	il travaille sur le raffinage de l'huile, les presse à karité et de coton, il recherche des équipements pour faire un bon raffinage, il possède un équipement pour le raffinage, il produit de l'huile brut et alimentaire, mène une étude sur la rentabilité (produit vendu/équipement), il travaille sur le biocarburant, presse à vis continue, la floculation, filtre à plaque
2	Ouagadougou	REMICO	Yves ZONGO	50 34 63 83 70 20 62 21	Equipementier très renommé; l'un des premier à concevoir les presses; 15 ans de vie; domaine du biocarburant, extraction de l'or; travaille avec citec, cmdt (Mali),...
3	Ouagadougou	IRSAT	Rigobert YAMEOGO	50 35 74 48	ex-directeur de l'IRSAT, crée un réacteur nucléaire en 1980; travaille sur les substances naturelle; l'un des premier à fabriquer la presse à karité; travaille sur une méthode de conception; le biocarburant; la baratte améliorée Presses à huile (coton et autres). Biochimiste, titulaire d'un doctorat. Démarche plutôt solitaire de l'approche conception; En réseau avec l'ADMGA et la SOAF à Bobo-Dioulasso
4	Ouagadougou	2iE	Yezouma Coulibaly (Chef d'UR Energie) Stéphane OUEDRAOGO (Assistant de recherche)		Conception de séchoirs solaires; Conception d'une centrifugeuse pour la séparation du beurre de karité; Conception d'équipements utilisant les biocarburants et les sources d'énergie renouvelables en général; application sur des nouveaux équipements de séchage de mangues et de produits roulés à base de céréales et de tubercules (Atiéké)
5	Bobo-Dioulasso	SOAF	Sory CAMARA	20 97 19 78 20 98 26 93	ingénieur de conception; presse à huile; le raffinage; biocarburant (Park auto fonctionnant avec le biocarburant), domaine de l'or (broyage, lavage...);
6	Bobo-Dioulasso	ETABF	Sanago SORY	20 97 29 16 70 21 50 28	
7	Gourcy	ADMGA	Michel OUEDRAOGO	40 54 70 42 76 68 77 25	équipementier; presse hydraulique pour le karité; presse à brique; décortiqueuses de céréales à paroi sèche, savonnerie; pompe, panneau de signalisation

**ANNEXE IV : LE GUIDE D'ENTRETIEN POUR LA
VALIDATION DE L'OUTIL APSETA**

IV. GUIDE D'ENTRETIEN POUR LA VALIDATION DE L'OUTIL

Aide à la Production de Solutions d'Equipements de Transformation Agroalimentaire (APSETA)

Remercier le participant et son entreprise à la validation pour sa collaboration, l'informer que si ses réponses à certaines questions sont confidentielles, la confidentialité sera respectée ; sinon, les résultats publiables le seront en citant sa société/entreprise comme source d'information.

L'informer que l'hypothèse de travail est que les utilisateurs qui demandent un équipement n'exigent pas que celui-ci soit en un type de matériau ou un autre, ce qu'ils veulent c'est un équipement qui réalise la/les opérations nécessaire(s) pour obtenir un produit B à partir d'un produit A, de la manière la plus rentable, la plus simple d'utilisation et souvent de maintenance (coûts d'acquisition, de fonctionnement, de maintenance, et niveau de qualification nécessaire acceptables dans leur contexte)

A) CARACTERISATION DE L'ENTREPRISE ET DE SON EQUIPE DE CONCEPTION

Cadre à remplir préalablement par l'enquêteur pour abrégier l'entretien et réduire le sentiment de parler d'informations parfois considérées comme confidentielles de la part de l'enquêté(e)

<p>NOM DE L'ENTREPRISE :</p> <p>Date de création :</p> <p>Chiffre d'Affaires :</p> <p>Nombre total d'employés :</p> <p>Nombre de cadres :</p> <p><u>Nom du participant à cet entretien :</u></p> <p>Tél., e-mail :</p>

1. Composition de l'équipe impliquée dans la conception si vous n'êtes pas seul(e)?

Titres	Formations (mention spéciale pour agroalimentaire, biologie, chimie et biochimie)
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

2. Intensité de l'activité de conception - Nombre et types d'équipements conçus dans l'entreprise :

- en 2007 : Lesquels :

- Depuis l'existence de l'entreprise : Lesquels :

3. Qu'est ce qui vous conduit (vous ou votre entreprise) / quel est le fil conducteur pour concevoir un nouvel équipement ?

- **Demande d'utilisateurs :**

Tjs___ Souvent_____ Parfois___ jamais_____

- **Offres spontanées de nouveaux équipements face à un constat de besoin :**

Tjs___ Souvent_____ Parfois___ jamais_____

- **Offres spontanées de nouveaux équipements suite à un constat de nouvelles solutions qui pourraient...**

- ... « marcher » :
- ...intéresser les utilisateurs dans un domaine précis :
- ...se vendre sur le marché :

C) VALIDATION PROPREMENT DITE DE L'APSETA

11. Nous proposons l'outil méthodologique APSETA suivante pour aider à la production de Solutions d'équipements de transformation Agroalimentaire :

Présenter de manière très succincte le schéma de la démarche en trois blocs (modification de propriétés-fonction(s) à réaliser - principes et effets permettant de réaliser cette/ces fonction avec illustrations d'équipements existants (à préparer pour les entretiens) , ne pas parler de TRIZ (Cela peut embrouiller la personne interviewée puisque le temps manquera pour expliquer clairement cette théorie et ses outils)

Demander si c'est clair, s'il y a des observations, commentaires, questions, essayer d'y répondre. Les noter :

12. Nous allons vous présenter le support informatique de cet outil. Il est organisé selon le schéma qui vient de vous être présenté.

Avec un exemple de conception d'un (ou plusieurs) équipement(s) de votre choix pour obtenir d'un produit donné un autre produit comment utiliseriez-vous cet outil compte tenu de la démarche qui vous a été présentée et en vous aidant du manuel d'utilisation concis élaboré pour vous guider ci-joint (expliquer brièvement le contenu du manuel pour qu'il/elle s'y repère facilement)?

Observer comment l'utilisateur potentiel de l'APSETA procède seul. Prendre des notes :

Demander s'il y a des observations, commentaires, questions, essayer d'y répondre. Les noter :

13. Présenter entièrement l'/les exemple(s) tel que conçu(s) dans le cadre de ce travail pour montrer les possibilités de solutions : *préparer sur une planche simple les diagrammes de fabrication avec les étapes correspondant à des fonctions à réaliser, une coupe transversale avec les composants de la graine de coton, les photos et tableaux présentant les propriétés de la graine, de l'huile brute, et de l'huile raffinée pour la consommation humaine. Faire de même pour les autres exemples traités (séchage de produits roulés, de mangue. L'intérêt pour ces deux exemples est de montrer l'importance des différences de propriétés de ces 2 produits du point de vue technologique (produits sous forme de particules de petite taille, riche en amidon, séché jusqu'à une teneur en eau très faible, produit riche en eau et en sucres simples plus sensibles au brunissement à la fermentation donc à la température et la vitesse de séchage)*

Pour chaque exemple, aller étape par étape dans l'outil afin que l'utilisateur potentiel puisse suivre, poser des questions, faire des commentaires.

Noter les observations, commentaires, questions, essayer d'y répondre :

14. Pensez-vous que cet outil peut améliorer votre capacité de trouver des solutions aux problèmes de conception ? Comment ?

15. Quelles améliorations pourraient y être apportées ?

16. Devant plusieurs possibilités de solutions (ou d'équipements qui pourraient être utilisés pour obtenir le produit souhaité à partir du produit à traiter), comment évaluez-vous et choisissez-vous l'équipement à concevoir et à proposer sur le marché ? Quels sont vos critères de décision dans l'ordre décroissant (le plus important vers le moins important) ?

- 1.
- 2.
- 3.

REMERCIER LE PARTICIPANT ET L'INFORMER QU'IL SERA INFORMÉ DE L'EVOLUTION DE L'OUTIL

ANNEXE V : LES HEURISTIQUES

Les 40 principes de TRIZ

1. Segmentation
2. Extraction
3. Qualité locale
4. Asymétrie
5. Groupement
6. Universalité
7. Poupées russes
8. Contrepoids
9. Contre action préalable
10. Action préalable
11. Protection préalable
12. Equipotentialité
13. Inversion
14. Sphéricité
15. Mobilité
16. Action partielle ou excessive
17. Changement de dimension
18. Vibrations mécaniques
19. Action périodique
20. Continuité d'une action utile
21. Action flash
22. Transformation d un problème en opportunité
23. Asservissement
24. 'Intermédiaire'
25. Self-service
26. Copie
27. Objet éphémère et bon marché
- 28 Remplacement du système mécanique
29. Pneumatique et hydraulique
30. Membranes flexibles et parois minces
31. Matériau poreux
32. Changement de couleur
33. Homogénéité
34. Eliminer et récupérer
35. Modification de paramètre
36. Changement de phase
37. Dilatation thermique
38. Oxydants puissants
39. Environnement inerte
40. Matériaux composites

Les 39 paramètres de la méthode TRIZ

Les 39 paramètres sont des caractéristiques de l'objet. A l'aide de la matrice TRIZ, on cherche à améliorer une caractéristique, tout en en préservant d'autres. Ces 39 paramètres sont les suivants:

- 01-masse de l'objet mobile
- 02-masse de l'objet statique
- 03-longueur de l'objet mobile
- 04-longueur de l'objet statique
- 05-surface de l'objet mobile
- 06-surface de l'objet statique
- 07-volume de l'objet mobile
- 08-volume de l'objet statique
- 09-vitesse
- 10-force
- 11-tension, pression
- 12-forme
- 13-stabilité
- 14-résistance
- 15-durabilité de l'objet mobile
- 16-durabilité de l'objet statique
- 17-température
- 18-brillance
- 19-énergie de déplacement par rapport à l'objet mobile
- 20-énergie de déplacement par rapport à l'objet statique
- 21-puissance
- 22-perte d'énergie
- 23-perte de substance
- 24-perte d'information
- 25-perte de temps
- 26-quantité de substance
- 27-fiabilité
- 28-précision de mesurage
- 29-précision de fabrication
- 30-facteur néfaste à l'objet
- 31-facteurs néfastes induits
- 32-facilité de réalisation
- 33-facilité d'utilisation
- 34-réparabilité
- 35-adaptabilité
- 36-complexité du produit
- 37-complexité du pilotage
- 38-degré d'automatisation
- 39-productivité

Les 11 méthodes de séparation de TRIZ

1. Séparation des modalités contradictoires dans l'espace
2. Séparation dans le temps
3. Combinaison de plusieurs systèmes: "super système"
4. Combinaison d'un système et son opposé: "Anti-système"
5. Séparation entre un système et ses sous-systèmes
 - Le système a la propriété A
 - Les sous systèmes ont la propriété non-A
6. Transition vers le micro-niveau, changement d'échelle par utilisation de substances à un état physique plus "dissocié": poudre, liquide, gaz
7. Changement de phase d'une partie du système, changement dans l'espace
8. Changement de phase "dynamique", changement dans le temps
9. Utilisation des phénomènes associés aux changements de phase
10. Remplacement d'une substance monophasée par une substance bi ou polyphasée
11. Création ou élimination de substances par combinaison ou décomposition physico-chimique

ANNEXE VI : Manuel d'utilisation de la base de connaissances agroalimentaires

Manuel d'utilisation de la base de connaissances agroalimentaires

Extrait

de la

Thèse en cours

de Mireille TOTOBESOLA-BARBIER

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE MONTPELLIER II

Discipline : Génie des Procédés

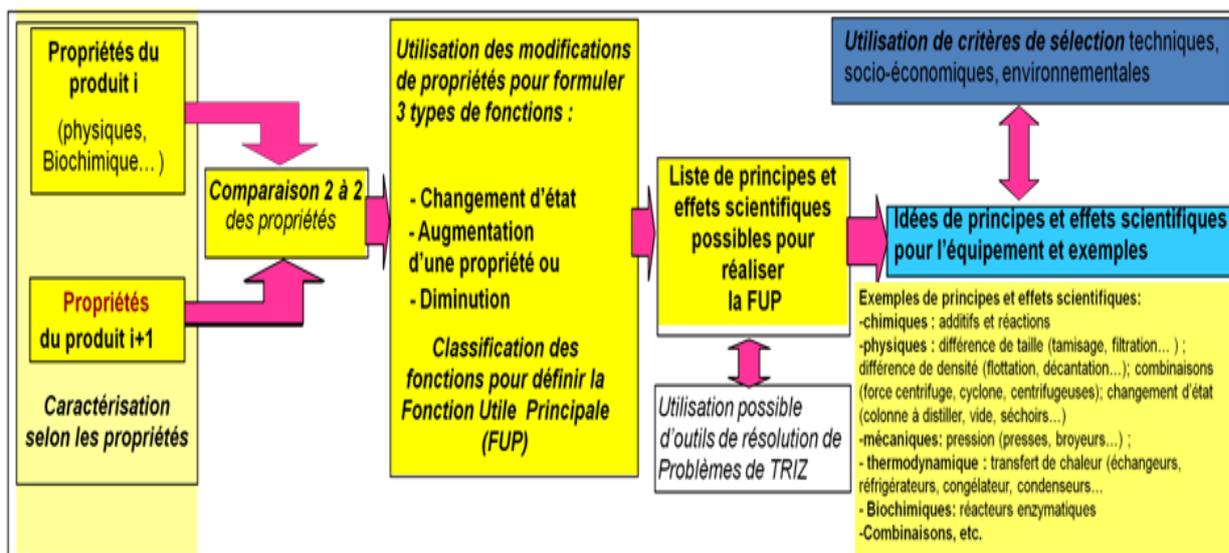
Ecole Doctorale : Sciences des Procédés - Sciences des Aliments.

UMR QUALISUD - CIRAD

INTRODUCTION

L'objectif général de l'outil base de connaissances agroalimentaires sur support informatique Access, dont le manuel d'utilisation est présenté ci-après, est de proposer de nouveaux outils d'aide à la créativité pour la conception d'équipements spécifiques au domaine agroalimentaire selon une méthode faisant l'objet de la thèse intitulée « **Développement d'outils d'aide à la créativité basés sur la connaissance et application à la recherche de principes d'équipements en conception de procédés agroalimentaires permettant de valoriser des produits tropicaux** » menée actuellement par l'auteur.

Les objectifs particuliers sont, tel que résumé dans le schéma de base suivant présentant le cheminement du raisonnement proposé par ladite méthode afin d'atteindre de l'objectif principal fixé:



En partant du concept de problème type associé à une solution type dans la méthode TRIZ, de :

- développer un sous-ensemble spécifique de l'agroalimentaire;
- **Le problème type** étant mis sous la forme du passage d'une configuration type d'aliment à une autre configuration type, et
- **La solution type** étant définie par un ou plusieurs principes et les effets scientifiques (voir les définitions de ces termes dans le lexique à la fin de ce manuel) mis en œuvre ;
- **Rendre accessible les outils d'aide à la créativité, basés sur la connaissance**, à des équipes de conception des pays du Sud ;

- **permettre ainsi d'avoir une automatisation et une optimisation des potentiels résolutoires lors de la recherche de principes au cours des phases de conception d'un équipement agroalimentaire.**

L'image suivant montre le Modèle Conceptuel de cette base de connaissances agroalimentaires d'aide à la créativité pour la recherche de principes et effets scientifiques en conception et sélection d'équipements et de procédés agroalimentaires. *Tout en proposant une démarche méthodologique cet outil propose les sites Internet gratuits que les utilisateurs potentiels peuvent consulter pour y puiser les données manquantes compte tenu des difficultés de l'accès aux autres référentiels (ouvrages et autres) dans le contexte des pays du Sud et de la disponibilité de la connexion Internet dans la plupart des grandes villes.*

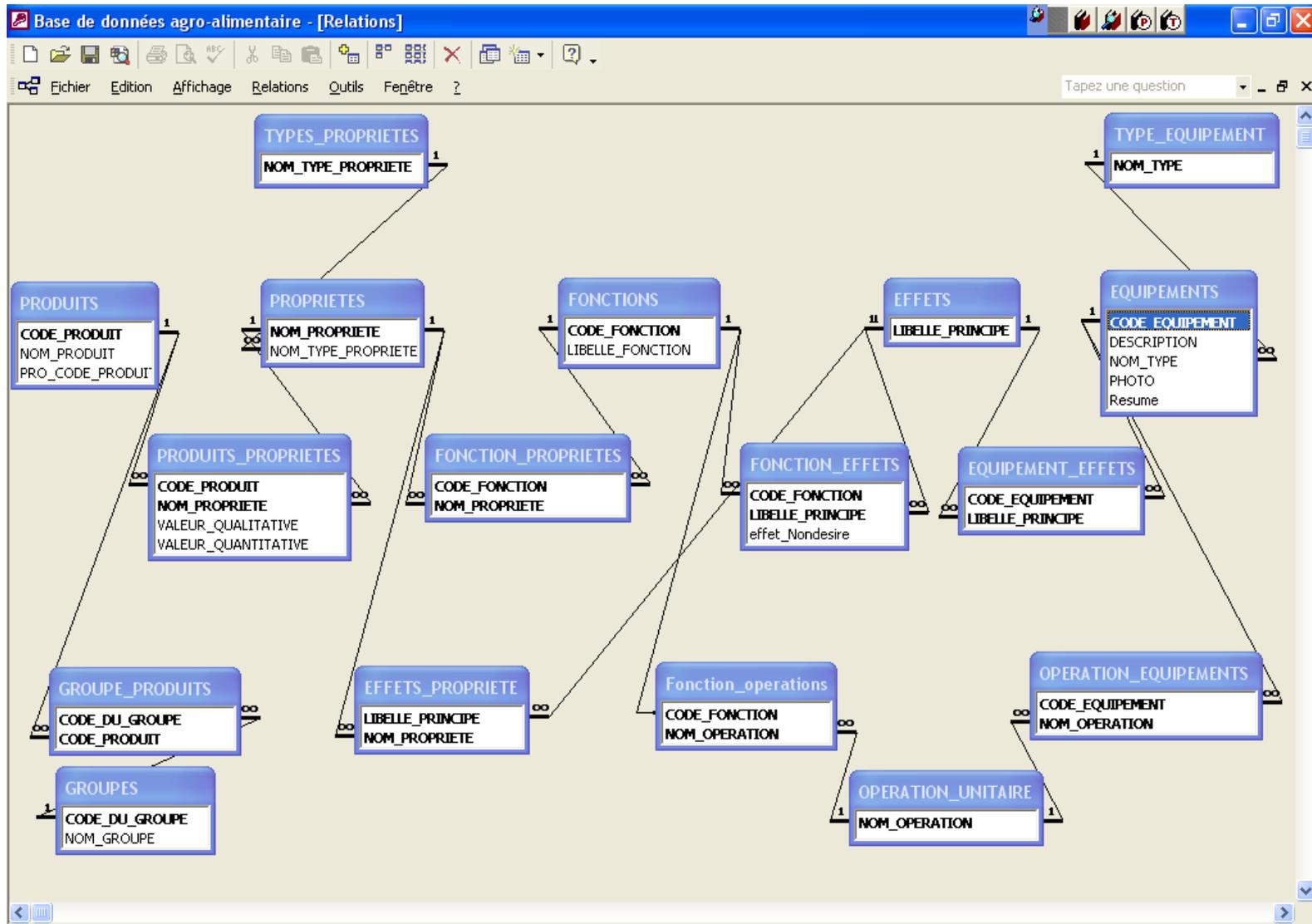
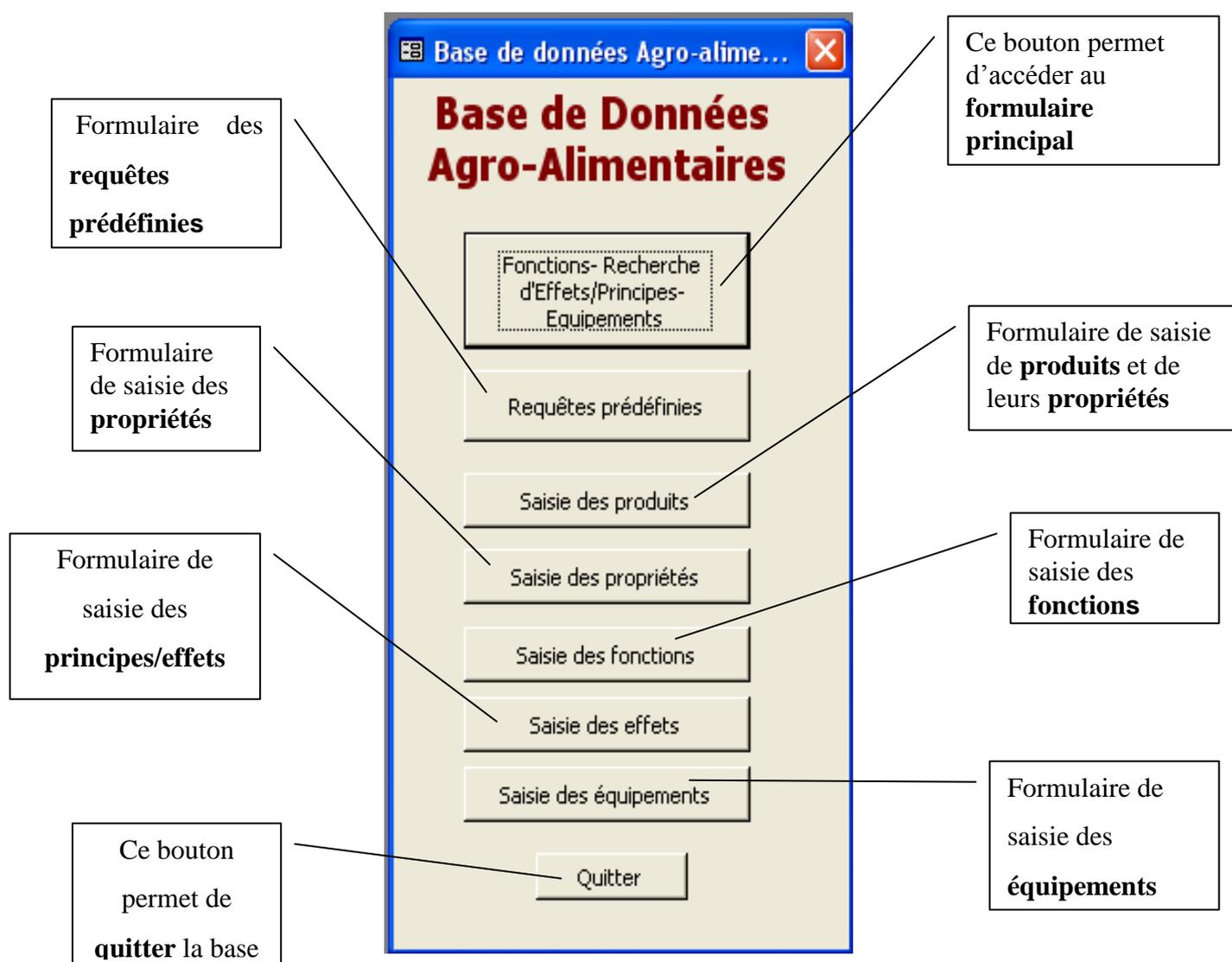


Schéma 9: Organisation interne de la conception de la base de connaissances agroalimentaires avec ses composants et les liens

1. Fenêtre de présentation de la base de connaissance à son ouverture



Les différents composants de la base, visibles par l'utilisateur afin de lui faciliter la recherche de connaissances existantes (en utilisant les outils proposés par les deux premiers boutons), ainsi que la saisie de nouvelles données pour compléter la base (en utilisant les 5 boutons suivants) qui seront développés dans les parties suivantes.

Produit initial **Amande karité**

Propriétés du produit avant traitement (attention aux unités)

Propriété	Valeur qual	Valeur quant
couleur	marron	
densité		
forme ellipsoïdale	oui	
S/S	oui	
solide en morceaux particuliers divisé:	oui	
teneur en cendres		1,7
teneur en eau		6,9
teneur en fibres		5,2
teneur en glucides totaux		35,6
teneur en lipides		49
teneur en protéines		6,8
S solide		

Ici la liste des **propriétés** du produit initial choisi.

Produit traité **Beurre de karité**

Propriétés du produit après traitement (attention aux unités)

Propriété	Valeur qual	Valeur quant
charge négative		
couleur	ivoire 3/4 C	
densité	0,9 à 40°C	0,9
Lo liquide hydrophobe ou apolaire (typ	oui	
pH		6,9
semi-solide	oui	
T° de fusion	29°C à 34°	
T° de solidification		
teneur autre substance		
teneur en amidon		
teneur en cendres		
teneur en eau	0,005%	0,0005

Là, la liste des **propriétés** du produit traité.

Double cliquer sur ce bouton pour ouvrir une fenêtre dans laquelle de **nouvelles propriétés** peuvent être ajoutées ou un **nouveau produit (initial ou traité)**

Propriété	Valeur qual	Valeur quant
couleur	marron	
densité		
forme ellipsoïdale	oui	
S/S	oui	
solide en morceaux particuliers divisés:	oui	
teneur en cendres		1,7
teneur en eau		6,9
teneur en fibres		5,2
teneur en glucides totaux		35,6
teneur en lipides		49
teneur en protéines		6,8
S solide		

Propriété	Valeur qual	Valeur quant
charge négative		
couleur	ivoire 3/4 C	
densité	0,9 à 40°C	0,9
Lo liquide hydrophobe ou apolaire (typ	oui	
pH		6,9
semi-solide	oui	
T° de fusion	29°C à 34°	
T° de solidification		
teneur autre substance		
teneur en amidon		
teneur en cendres		
teneur en eau	0,005%	0,0005

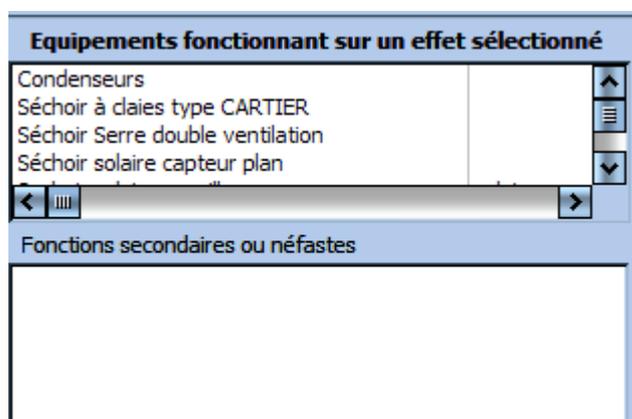
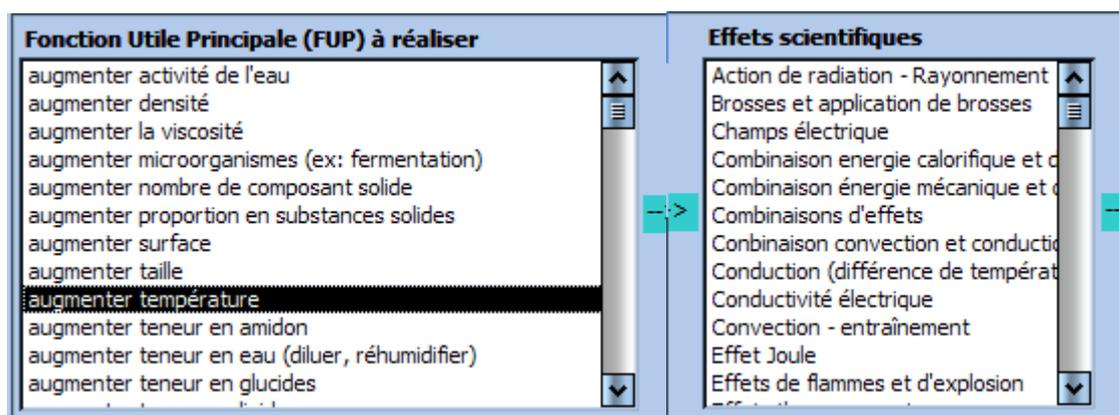
Double cliquer sur ce bouton pour ouvrir une fenêtre permettant de saisir une **nouvelle propriété**.

La partie intitulée '**Fonction Utile Principale**' (liste déroulante de toutes les fonctions saisie dans la base permet à l'utilisateur de sélectionner la/les fonctions et de voir apparaître dans la **fenêtre suivante les effets scientifiques** qui pourraient les réaliser et en sélectionnant un de ces effets, il pourra visualiser dans la **dernière fenêtre les équipements** dont la conception et le fonctionnement sont basées sur ces effets (quand ces différentes informations ont été saisies dans la base

Fonction Utile Principale (FUP) à réaliser	Effets scientifiques	Equipements fonctionnant sur un effet sélectionné
<ul style="list-style-type: none"> augmenter activité de l'eau augmenter densité augmenter la viscosité augmenter microorganismes (ex: fermentation) augmenter nombre de composant solide augmenter proportion en substances solides augmenter surface augmenter taille augmenter température augmenter teneur en amidon augmenter teneur en eau (diluer, réhumidifier) augmenter teneur en glucides 	<ul style="list-style-type: none"> Action de radiation - Rayonnement Brosses et application de brosses Champs électrique Combinaison énergie calorifique et d Combinaison énergie mécanique et d Combinaisons d'effets Combinaison convection et conduction Conduction (différence de température) Conductivité électrique Convection - entraînement Effet Joule Effets de flammes et d'explosion 	<ul style="list-style-type: none"> Chromatographie -Résine échangeuse d'ions

Après avoir comparé les différentes propriétés, on choisit la fonction utile principale à réaliser qui nous donne les différents effets scientifiques ainsi que les équipements liés à cette fonction.

Exemple : Augmenter la température



Ce bouton permet de fermer la fenêtre active

3. Formulaire des requêtes prédéfinies

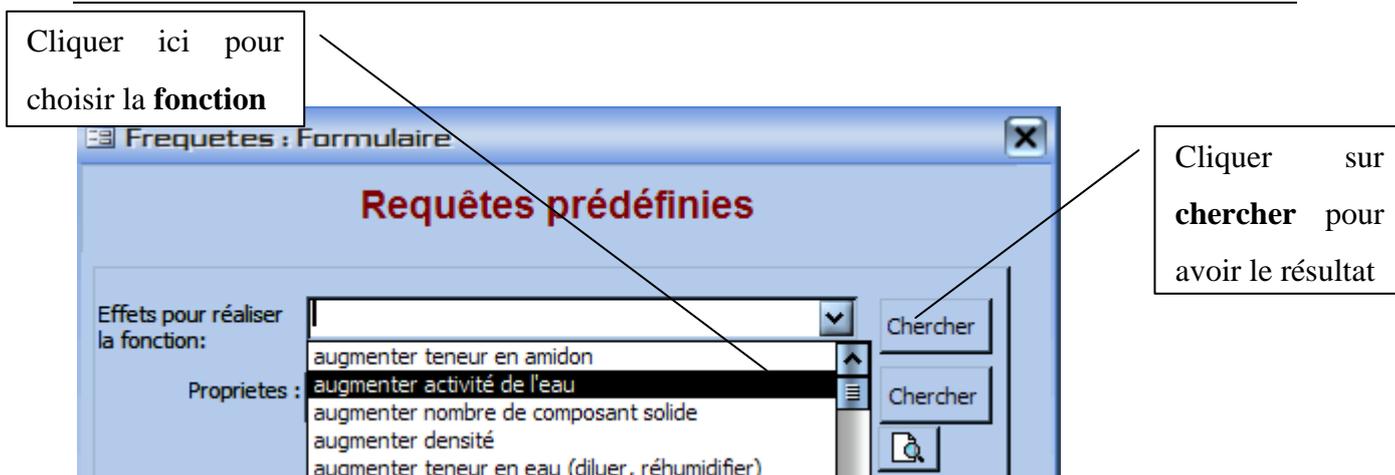
Les requêtes prédéfinies permettent de faire des recherches dans la **base de données** sur les **effets** pour réaliser une **fonction**, des **fonctions** que d'un **effet** peut réaliser, des **équipements** fonctionnant avec un **effet**.

The screenshot shows a software window titled "Frequetes : Formulaire" with a close button in the top right corner. The main heading is "Requêtes prédéfinies" in red. The form is organized into three distinct sections, each containing search criteria and a "Chercher" button. The first section is for finding effects based on a function, with a dropdown for "Effets pour réaliser la fonction:" and a "Propriétés :" dropdown. The second section is for finding functions that an effect can perform, with a dropdown for "Fonctions que l'effet peut réaliser" and a "Propriétés :" dropdown. The third section is for finding equipment, with a dropdown for "Equipements fonctionnant avec l'effet :", a dropdown for "Equipements réalisant la fonction :", and a "Chercher" button. There are also magnifying glass icons and a plus sign icon at the bottom right of the form.

Les recherches suivantes sont possibles dans la base :

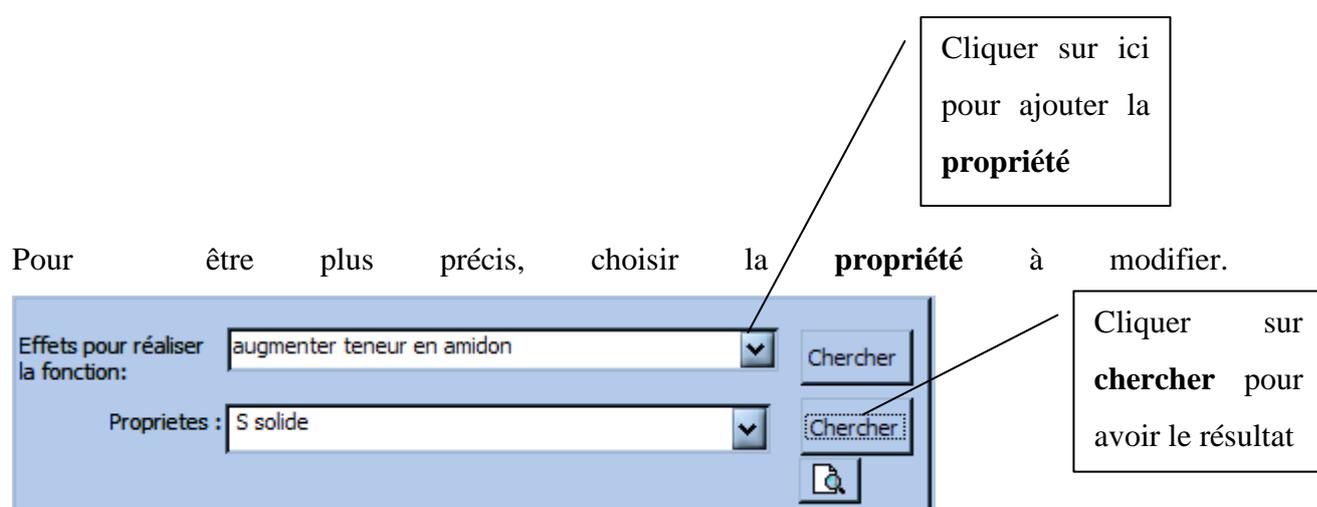
-Chercher des effets pour réaliser une fonction.

Choisir la **fonction** à réaliser. Cliquer sur **rechercher** pour obtenir les **effets désirés** et **non désirés** provoquer par cette **fonction**.



Le résultat se présente sur une autre fenêtre ou la première colonne est réservée pour la fonction, la deuxième pour les effets non désirés et la troisième les effets.

Fonction	Effet non désiré	Effet
augmenter teneur en amidon	autres	Réaction(s) enzymatique(s)
augmenter teneur en amidon	autres	Abrasion - Energie cinétique
augmenter teneur en amidon	augmenter la viscosité	Force centrifuge
augmenter teneur en amidon	autres	Convection - entraînement
augmenter teneur en amidon	augmenter densité	Changement d'état évaporation (L à G ou \
augmenter teneur en amidon	autres	Différence de taille
augmenter teneur en amidon	autres	Différence d'états liquide solide



Le résultat de la deuxième requête :

lst_effet_par propriete et fonction : Requête Sélection		
Effet	Fonction	Propriété
▶ Abrasion - Energie cinétique	augmenter teneur en amidon	S solide

- **Chercher** des **fonctions** que d'un **effet** peut réaliser.
Choisir l'**effet**, cliquer sur **chercher**.

Le résultat se présente sur une autre fenêtre ou la première colonne est réservée pour l'**effet**, la deuxième pour les **fonctions** et la troisième les **fonctions non désirées**.

Pour affiner les recherches, ajouter la **propriété** qui est associée à l'**effet**.

-**Chercher** des **équipements** fonctionnant avec un **effet**.

Choisir l'**effet** en **cliquant sur la flèche** de la fenêtre déroulante.

Cliquer sur **chercher** pour obtenir les **équipements** qui sont associés.

Le résultat se présente sur une autre fenêtre ou la première colonne est réservée pour les **équipements**, la deuxième pour l'**effet**.

Pour affiner la recherche, ajouter une **fonction** qui est liée à cet **effet**.

Exemple de requête :

Faire ressortir la liste des effets scientifiques qui peuvent réaliser une fonction donnée pour un/les produits ayant une propriété précise (ex : solide)

- **Sélectionner la fonction à réaliser (en cliquant dessus) de la liste déroulante 'effets de la fonction...'** ;

- **Exécuter en cliquant sur le bouton chercher** ;

- **Sélectionner la propriété du produit en cliquant dessus ; et**
- **cliquer sur le bouton 'chercher'**

La fenêtre liste les résultats de cette requête. La fonction sélectionnée et les effets (scientifiques) qui permettent de la réaliser et les fonctions (effets non désirés) que l'application de ces effets pourrait réaliser dans certains cas précis afin d'en alerter l'utilisateur ou l'équipe de conception.

Si de tels effets apparaissent on est en face d'une contradiction telle que défini dans le sens de la méthode TRIZ (voir sites Internet sur TRIZ) car on a un/des effet(s) qui permet(tent) de réaliser la fonction qu'on cherche à réaliser mais **ce(s) même(s) effets peuvent réaliser en même temps d'autres fonctions donc ont des effets (conséquences) non désirés. Si ces derniers doivent être évités ou remédiés, l'utilisateur doit retourner dans la base pour trouver des solutions à ce problème de contradiction**

- a. **soit en le contournant ce problème avec une/des solution(s), en l'occurrence un/des effets/principes, qui ne pose(nt) pas de problème(s) ou ayant des effets (conséquences) non désirés moins importantes** (en plus de la considération des autres critères de sélection technico-économiques, sanitaires, organoleptiques, environnementaux, sociaux...)
- b. **soit en cherchant l'/les effet(s) scientifique(s) qui permettent de réaliser la /les fonctions inverses à celle(s) de la /des fonctions non désirées pour y remédier**

A la requête de savoir quelles sont les principes/effets scientifiques pouvant être exploités pour réaliser la fonction '**réduire taille**' d'un produit ayant la propriété '**S solide**', la base dans sa version actuelle (du 23 février 07) propose une liste d'environ 50 solutions (en l'occurrence des effets/principes) dont l'extrait ci-dessous. L'utilisateur et/ou l'équipe de conception pourront baser leur conception d'équipement sur cette liste en tenant compte évidemment des contraintes intrinsèques à leur contexte et autres (technico-économiques, sociales, normes de qualité, environnementales, et sanitaires...).

Effet
Abrasion - Energie cinétique
Activité enzymatique
Brosses (application of brushes)
Cavitation
Changement de structure d'agrégat à pouc
Champs électrique
Changement d'état évaporation (L à G ou \
Combinaison énergie mécanique et cinétic
Combinaisons (combinations)
Combinaison convection et conduction
Conduction (différence de températures)
Convection - entraînement
Différence de concentrations
Explosion
Différence de concentrations osmose, pre: différence de pressions

Extrait des résultats de recherche d'effets scientifiques utilisés ou potentiellement utilisable pour la réalisation de la fonction dans l'exemple donné en utilisant la version de la base à la date de la rédaction de ce manuel.

4. Formulaire de saisie de produits et de leurs propriétés

NB : Il faut d'abord cliquer sur nouveau produit

The screenshot shows a software window titled "Produits" with a sub-header "Saisie des produits et de leurs propriétés". The interface includes several sections:

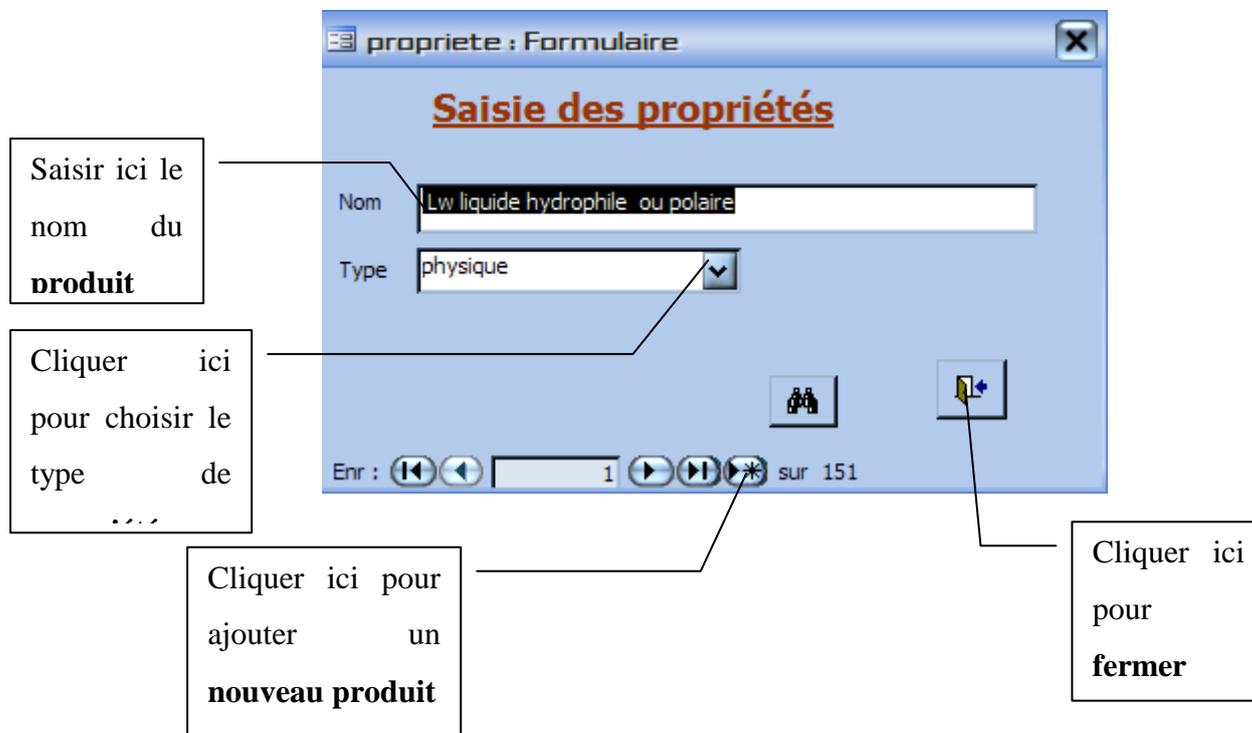
- Code:** A text field containing "ToSoj".
- Nom:** A text field containing "Tourteau de soja".
- Derivé de:** A dropdown menu.
- Groupe:** A list box with a "Groupe" header and a scroll bar.
- Photo:** A large empty rectangular area.
- Propriétés:** A table with columns "Propriété", "Valeur qualitative", and "Valeur quantitative".
- Site internet:** A list box with a "Sites" header and several URL entries.

Callout boxes provide instructions for each field:

- Saisir ici un code lié au produit** (points to Code)
- Saisir ici le nom du produit** (points to Nom)
- Cliquer ici pour ajouter au produit un groupe** (points to Groupe)
- Double cliquer ici pour ajouter une photo du produit** (points to Photo)
- Cliquer pour choisir une propriété** (points to the first column of the Propriétés table)
- Saisir ici la valeur qualitative liée à cette propriété** (points to the "Valeur qualitative" column)
- Saisir ici la valeur quantitative liée à cette propriété** (points to the "Valeur quantitative" column)
- Saisir ici les sites liés au produit** (points to the Site internet list)
- Cliquer ici pour fermer** (points to a close button icon)
- Cliquer ici pour ajouter un nouveau produit** (points to a button icon at the bottom left)

5. Formulaire de saisie des propriétés

Ce formulaire sert à saisir une propriété de produit si elle n' pas encore été saisie :
NB : *Il faut d'abord cliquer sur nouveau produit*



6. Formulaire de saisie des fonctions

Il sert à saisir tout ce qui est relatif à la réalisation d'une fonction. Par exemple si dans la littérature les données sur le tableau suivante (Nout, Hounhouigan et al. 2003) sont trouvées **sur la fonction 'réduire la taille'**, ces connaissances seront incorporées dans la base de manière à ce que l'utilisateur ou l'équipe de conception puisse y faire appel selon la méthode présentée.

NB : Il faut d'abord cliquer sur nouvelle fonction

The screenshot shows the 'Saisie des fonctions' window with the following components and callouts:

- Code:** Aam (Callout: Saisir ici le code lié à la fonction)
- Libellé:** augmenter teneur en amidon (Callout: Saisir ici le libellé de la fonction)
- Propriétés:** A tree view with options like 'Lw/Lw miscibles', 'Lo/S', 'Lw liquide hydrophile ou polaire', 'S/Lw (solides dispersés)', 'S solide', and a '*' button. (Callout: Cliquer ici pour ajouter les propriétés liées à la fonction)
- Effets:** A table with columns 'Effets' and 'Fonctions non désirées'. (Callout: Cliquer ici pour choisir les effets liés à la fonction)
- Opérations:** A tree view with options like 'Centrifugation', 'Concentration', 'Décantation', 'Filtration simple', 'Séchage déshydratation', and a '*' button. (Callout: Cliquer ici pour choisir les opérations liées à la fonction)
- Site internet:** A list of URLs. (Callout: Cliquer ici pour choisir les effets liés à la fonction)
- Buttons:** Navigation arrows and a '+' button at the bottom right. (Callout: Cliquer ici pour fermer)
- Bottom Center:** A '+' button. (Callout: Cliquer ici pour ajouter une nouvelle fonction)

Type de machine	Figure	Type d'action	Type de produits
coupeuse	3.6.1		matière fraîche
hachoir	3.6.2	couper	humidité élevée
râpeuse	3.6.3		(manioc, betteraves, légumes, fruits)
moulin frappant	3.6.4	frapper	produits plus ou moins secs
moulin à marteaux	3.6.5		(grain de blé, graine d'arachide)
désintégrateur	3.6.6	frapper déchirer tirer	produits fibreux (canne à sucre)
moulin "attrition"	3.6.7	broyer	souvent des pâtes
meules	3.6.8	moudre très	(masse de chocolat)
kollergang	3.6.9	finement	
rouleaux (cylindres)	3.6.10	broyer presser	graines d'huile graines de cacao
homogénéisateur	3.6.11	pression hydraulique	lait émulsions

Les fonctions sont saisies dans ce formulaire si elles n'ont pas encore été saisies (ce qui peut se savoir en déroulant la 1^{ère} liste déroulante).

Dans le même fichier peuvent être saisis

- **les propriétés de produits** qui peuvent être modifiés par cette fonction;
- les effets scientifiques (donc principes) qui pourraient être appliqués pour réaliser la fonction en question mais en même temps ;
- **les autres fonctions non désirées que ces effets scientifiques pourraient réaliser** sur le produit peuvent également y être saisies pour alerte ;
- **Les autres opérations unitaires ayant ces mêmes fonctions** peuvent également être saisies dans ce formulaire pour information

Une fenêtre donnant les liens de sites Internet pouvant aider à améliorer les connaissances relatives aux procédés agroalimentaires et les connaissances générales sur les principes et effets scientifiques ainsi que les fonctions qu'ils permettent de réaliser.

7. Formulaire de saisie des principes/effets scientifiques

NB : Il faut d'abord cliquer sur nouvelle fonction

The screenshot shows a software interface titled 'Saisie des Effets' with several sections and callout boxes:

- Top Section:** 'Liste des effets saisis' (dropdown), 'Effet' (text field containing 'Abrasion - Energie cinétique'), and 'Propriétés' (button).
- Propriétés Table:**

▶ S solide
semi-solide
S dans S adhérence faible ou inexista
S dans S et adhérence
Lw/S gel (liquide polaire dispersé)
*
- Equipements Table:**

▶ brasseur à huile
Décortiqueur abrasif à disques type PRL
Décortiqueur abrasif à meules
Décortiqueur à mil et sorgho (DMS)
Barratte continue
Décortiqueur à disques abrasif
Cone à blanchir - Décortiqueur Blanchisseu
*
- Site internet Table:**

▶ http://www.trz.it/eng/ebf/vrg02.h
http://www.langual.org/langual.t
http://www.fao.org/docrep
http://www.codexalimentarius.ne
http://www.fao.org/inpho
http://ga.le-site.info/
http://www.afnor.fr
http://www.iso.ch
http://www.uemna.int
- Fonctions Table:**

Fonctions	Fonction/Effet non désiré
▶ augmenter teneur en lipides	autres
augmenter teneur en amidon	autres
réduire taille (découper, concasser, moudre, pulvériser, ...)	augmenter transfert de matière
augmenter teneur en glucides	autres
augmenter teneur en protéines	augmenter teneur en amidon
augmenter transfert de chaleur	autres
- Buttons:** 'Ajouter' (plus icon), 'Supprimer' (X icon), 'Fermer' (door icon).

Callout boxes provide instructions for each field:

- Saisir ici le libellé de l'effet** (points to the 'Effet' field)
- Cliquer pour ajouter les équipements** (points to the 'Equipements' table)
- Cliquer ici pour ajouter un site lié à l'effet** (points to the 'Site internet' table)
- Cliquer ici pour ajouter les propriétés liées à l'effet** (points to the 'Propriétés' table)
- Cliquer ici pour ajouter une fonction liée à l'effet** (points to the 'Fonctions' table)
- Cliquer ici pour ajouter un nouvel effet** (points to the 'Ajouter' button)
- Cliquer ici pour ajouter une fonction non désirée liée à** (points to the 'Fonction/Effet non désiré' column)
- Cliquer ici pour fermer** (points to the 'Fermer' button)

8. Formulaire de saisie des équipements

The screenshot shows a web form titled "Saisie des équipements". It includes a search bar for "Liste des équipements saisis", a "Code" field with "brhle", a "Description" field with "brasseur à huile", and a "Photo" field. Below these are sections for "Site internet" (a list of URLs), "Resumé", "Effets" (a list of effects like "Abrasion - Energie cinétique"), and a "Type d'équipement" dropdown menu set to "electrique". Navigation controls for "Enr" are visible at the bottom.

Callout boxes provide the following instructions:

- Saisir ici un **code** lié à l'équipement
- Saisir ici le **libellé** de l'équipement
- Double cliquer ici, pour ajouter une **photo** de l'équipement
- Cliquer ici pour ajouter un **site** lié à l'équipement
- Double cliquer pour ajouter un **commentaire** sur l'équipement
- Cliquer ici pour ajouter un **effet** lié à l'équipement
- Cliquer ici pour ajouter un **nouvel équipement**
- Cliquer ici pour préciser le **type d'équipement**
- Cliquer ici pour **fermer**

9. Lexique

Termes	Définitions et/ou termes équivalents dans le dictionnaire et/ou dans le sens de ce travail	Terme en anglais
apolaires	dit des substances liquides immiscibles (non miscible) à l'eau (ex: huile, vants organiques comme ceux utilisés dans l'extraction d'huiles)	
Attrition	<p>le monde: le mouvement: les forces et leurs actions</p> <p>frottement (noms)</p> <p>Frottement ; friction ; glissement. - Frottage, frottis [rare]. - Trituration [TECHN.].</p> <p>TECHN. : frottage (frottage des croûtes de fromage) ou brossage. - MÉD. : friction, frotte [anc.] ; massage, onction.</p> <p>TECHN. : grattage. - Abrasion ; abrasement, attrition [didact.].</p> <p>MÉCAN. : frottement de glissement, frottement de pivotement, frottement de roulement. - Essai de frottement [MÉTALL.]. - Frottement interne ou intérieur [PHYS.]. - Coefficient de frottement. - Angle de frottement.</p> <p>Grippage ; enrayage ; vx : enraiment ou enrayement. - Freinage, ralentissement. - Perte frictionnelle [MÉCAN. DES FLUIDES].</p> <p>Frotte [pop.], gratte [fam.], grattelle [vx].</p> <p>Fam. : frottée , brossée.</p> <p>Frottoir, grattoir. - Abrasif (un abrasif).</p> <p>TECHN. : frotteur, frottoir ; frotteuse ; brosse à frotter. - Frotton [TECHN.]. - Frictionneur (un frictionneur) ou cylindre frictionneur [PAPET.].</p> <p>Tribomètre [PHYS.].</p> <p>PHYS. : triboélectricité ; triboluminescence.</p> <p>Tribologie [MÉCAN.] ; tribométrie [PHYS.].</p> <p>Frotteurisme [SEXOL.].</p> <p>TECHN. : frotteur (un frotteur), brosser (un brosser), gratter (un gratter).</p> <p>Frotteur (un frotteur) [pop.]</p> <p>(c) Larousse.</p>	
Augmenter	accroître, élever, séparer	increase

Cavitation	nom féminin Formation de cavités remplies de vapeur ou de gaz au sein d'un liquide en mouvement lorsque la pression en un point du liquide devient inférieure à la tension de vapeur de celui-ci. (c) Larousse.	
Changement de phase	transition de phase (entre solide, liquide et gaz)	
Changer	modifier, transformer	change, transform
Cisaillement	Force de cisaillement	shear
Effet Joule	2. Effet Joule : dégagement de chaleur dans un conducteur homogène parcouru par un courant électrique. (c) Larousse.	
Effets	nom masculin (latin effectus, influence) Résultat d'une action ; ce qui est produit par qqch. Il n'y a pas d'effet sans cause. Les effets d'un remède. Phénomène particulier en physique, en biologie, etc. Effet Joule. (c) Larousse.	
Electrophorèse	Chim. Déplacement, sous l'effet d'un champ électrique, de granules, de particules chargées, en solution ou en émulsion. (Cette technique a de nombreuses applications en chimie, biologie, médecine et dans l'industrie.) (c) Larousse.	
Fonction	nom féminin (latin functio) Rôle, utilité d'un élément dans un ensemble. Remplir une fonction. (c) Larousse.	
Fracture	rupture, fractionnement, réduction de taille	fracture, size reduction

Irradiation	<p>nom féminin</p> <p>1. Fait de se propager par rayonnement à partir d'un centre d'émission. L'irradiation de la lumière solaire.</p> <p>2. Méd. Irradiation douloureuse : propagation d'une douleur à partir de son point d'apparition.</p> <p>3. Phys. Action d'un rayonnement ionisant sur une matière vivante ou inanimée ; fait d'être irradié.</p> <p>(c) Larousse.</p>	
Lipides	<p>matières grasses, huileuses, huiles, huileuses, non miscible à l'eau ou autres solvants polaires</p>	
Liquéfaction	<p>solubilisation</p>	
Miscible	<p>se dit de liquide pouvant être mélangé à un autre liquide sans formation d'émulsion. Qui peut former avec un autre corps un mélange homogène.</p> <p>(c) Larousse.</p>	
Particulaire	<p>se dit de matières composées de particules (divisées) tels que les grains de céréales et les graines d'oléagineux, les produits broyés ou moulus de manières relativement grossière (ex : gruau ou farines grossières, agglomérats, et autres)</p>	
Percussion	<p>Force de percussion</p>	impact force
Polaire	<p>se dit des substances liquides miscibles à l'eau (ex: vinaigre, alcools)</p>	
Principe	<p>Nom masculin (latin principium)</p> <p>I. 1. Origine, source, cause première. Remonter jusqu'au principe de toutes choses.</p> <p>2. Proposition admise comme base d'un raisonnement. Je pars du principe que...</p> <p>3. Loi générale régissant un ensemble de phénomènes et vérifiée par l'exactitude de ses conséquences. Principe d'Archimède.</p> <p>(c) Larousse.</p>	
Pulvérulent	<p>poudre, matière poudreuse, finement divisée</p>	
Radiation	<p>nom féminin</p> <p>(latin radiatio, de radiare, irradier)</p> <p>1. Phys. Émission de particules ou d'un rayonnement monochromatique ; ces particules ou ce rayonnement lui-même.</p> <p>- Pression de radiation : pression de rayonnement.</p> <p>(c) Larousse.</p>	

Rayonnement	nom masculin 1. [gén] radiance; [des arts] influence 2. PHYS radiation	
	(c) Larousse.	
Réduire	diminuer, décroître, détruire, séparer,	Decrease
Teneur	concentration, proportion	Concentration
Trituration	action de triturer verbe transitif (latin triturare) 1. Réduire qqch en parties très menues, broyer. Les dents triturent les aliments. 2. Manier en tordant dans tous les sens. Triturer son mouchoir. 3. Soumettre à des opérations complexes qui déforment, altèrent, dénaturent. Triturer un texte. se triturer verbe pronominal Fam. Se triturer la cervelle, les méninges : faire de gros efforts intellectuels.	
	(c) Larousse.	
Ultrason	ultrason nom masculin Phys. Vibration de même nature que le son, mais de fréquence trop élevée (de 20 kHz à plusieurs centaines de mégahertz) pour qu'une oreille humaine puisse la percevoir. (Les ultrasons ont de nombreuses applications : sonar, écholocation, échographie médicale, métallurgie.)	

Résumé

Ce mémoire porte sur la validation de l'outil d'aide à la production de solutions d'équipements de transformation agroalimentaire (APSETA). C'est une démarche méthodologique enrichie d'une base de connaissances relatives à la transformation des produits agroalimentaires (propriétés des produits, fonctions des opérations de transformation, principes et effets scientifiques pouvant être à la base de conception des équipements de transformation) saisie sur Access, conçue par l'équipe de conception de l'UMR « QUALISUD » du CIRAD (France). Cet outil est basé sur la méthode TRIZ créée par G. Altshuller et al, 1964. Son objectif est de venir en aide aux équipementiers en stimulant leur créativité et en les orientant dans phase de recherche d'idées de solutions techniques d'optimisation ou d'innovation. Ce travail de validation comprend trois étapes : (a) Démonstration de la fonctionnalité de l'outil par la caractérisation et la saisie des propriétés produits d'intérêt au Burkina Faso (huile de coton, beurre de karité, mangues séchées,...), des fonctions des opérations de transformation qui doivent être réalisées pour les obtenir, et des solutions d'équipements potentiels pouvant être basées sur différents principes ou effets scientifiques; (b) l'identification des utilisateurs potentiels prêts à participer à la validation de cet outil : les sociétés SRC, REMICO et SOAF, toutes du domaine de la conception d'équipements et ayant un minimum de connaissances notamment en informatique; et (c) entretiens suivis de démonstration, d'appréciations, critiques et suggestions d'amélioration de l'outil par ces concepteurs. Malgré la méfiance des concepteurs sur l'application de cet outil sur les cas réels de conception en cours au sein de leurs sociétés respectives, un réel intérêt pour l'outil s'est fait ressentir, et ceci, de manière plus enthousiaste et appuyée de discussions sur des sujets pointues de la part du concepteur qui semble avoir le plus de connaissances sur les propriétés des produits alimentaires et les divers équipements potentiellement utilisables dans son domaine, et qui de ce fait, adhère tout à fait à la nécessité d'avoir ces connaissances en conception d'équipements agroalimentaires. De plus, ils souhaitent tous que l'outil soit disponible mais pour cela, il faudra encore beaucoup d'efforts et de ressources compte tenu de l'amplitude du domaine.

Mots Clés:

- 1 – APSETA**
- 2 - Agroalimentaire**
- 3 - Conception**
- 4 - Méthode**
- 5 - TRIZ**

SUMMARY:

This report concerns the validation of the tool of Help to the Production of Solutions of Equipments of Food-processing Transformation (HPSEFT). It is a methodological step enriched by a knowledge base relative to the transformation of the food-processing products (properties of products, functions of the operations of transformation, principles and scientific effects which can be on the base of conception of the equipments of transformation) seized on Access, conceived by the team of conception of the UMR " QUALISUD " of CIRAD (France). This tool is based on the method TRIZ created by G. Altshuller and al, 1964. Its objective is to help the parts manufacturers by stimulating their creativity and by directing them in phase of research for ideas of technical solutions of optimization or innovation. This work of validation includes three stages: (a) Demonstration of the feature of the tool by the characterization and the seizure of the properties products of interest in the Burkina Faso (cotton oil, shea butter, dried mangoes), functions of the operations of transformation which must be realized to obtain them, and from solutions of potential equipments which can be based on various principles or scientific effects; (b) The identification of the potential users ready to participate in the validation of this tool: SRC, REMICO companies and SOAF, all of the domain of the conception of equipments and having a minimum of knowledge notably in computing; (c) Conversations followed by demonstration, by appreciations, critics and suggestions of improvement of the tool by these designers.

In spite of the distrust of the designers on the application of this tool on the real cases of current conception within their respective societies; a real interest for the tool was felt, and this, of a way more enthusiastic and rested by discussions on subjects sharp on behalf of the designer who seems to have most knowledge on the properties of foodstuffs and diverse potentially useful equipments in its domain, and who therefore, adheres completely to the necessity of having these knowledge in conception of food-processing equipments.

Furthermore, they wish all that the tool is available but for it, it will be necessary some more of efforts and resources considering the amplitude of the domain.

Key words:

- 1 - HPSEFT**
- 2 – Food-processing**
- 3 - Design**
- 4 - Method**
- 5 - TRIZ**