



HAL
open science

Développement d'une méthode de conception orientée utilisateur : Cas des équipements agroalimentaires tropicaux

Thierry Godjo

► **To cite this version:**

Thierry Godjo. Développement d'une méthode de conception orientée utilisateur : Cas des équipements agroalimentaires tropicaux. Sciences de l'ingénieur [physics]. Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG, 2007. Français. NNT: . tel-00413121

HAL Id: tel-00413121

<https://theses.hal.science/tel-00413121>

Submitted on 3 Sep 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

A
Cédric, Angèle et ma Mère

Et

*En mémoire de
Grâce, Auxence et mon Père*

REMERCIEMENTS

Je voudrais, par cette page, remercier :

- Jean François Boujut, François Giroux et Claude Marouzé pour m'avoir aidé à renforcer mes compétences en recherche. Je les remercie pour leur encadrement scientifique ;
- Mme Françoise Darses et M. Améziane Aoussat, pour avoir accepté être rapporteurs de ce mémoire de thèse, et M. Patrick Truchot examinateur ;
- L'Ambassade de France au Bénin pour le financement de la formation doctorale ;
- Le laboratoire Science pour la conception, l'optimisation et la production (G-SCOP, ex-GILCO) ;
- Le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD) ;
- L'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin ;
- Les membres des équipes de conception constituées pour conduire les projets de conception : Mrs Anago Guy, Toussaint Kossou, Patrice Adégbola, Cyprien Zinsou, André Soviguidi, Elie Dakin, Bio Gounou Sina et Boniface Yéhouéno ;
- Les transformatrices d'arachide (du village Soli de Covè, Cotonou et Banikoara) de manioc (de Iklilé, Glo-Djigbé, Savalou) et d'huile de palme de Avrankou ;
- Paul Djossou et Charbel Worrou pour leur contribution technique ;
- André Rouzière, Nadine Lopez, Patrice Thauhay, Sylvie Lewicki, Jean-Michel Méot, Philippe Roux, Michel Rivier, Thierry Goli, Jacques Brouat, et tous les autres membres de l'équipe CIRAD-PERSYST (ex-AMIS) ;
- Les amis Kotchikpa, Eric, Hyppolite, Antoine, Azouma , Setcheme, Fernande et autres ;
- Cédric et Angèle pour avoir supporté mon absence à leur côté.
- Ma maman pour son amour ;
- Enfin, tous ceux qui m'ont apporté leur compassion et courage pour trois événements douloureux rencontrés pendant ces trois années de thèse.

Résumé

La satisfaction des besoins des producteurs et transformateurs des produits agricoles nécessite la mise à disposition d'équipements à petite échelle, indispensable à l'essor des pays en développement. La conception des équipements agroalimentaires dans les pays d'Afrique de l'Ouest subit trop souvent une insuffisance de l'implication de l'utilisateur qui n'est consulté qu'au début lors de l'analyse du besoin et à la fin du processus lors des essais en conditions réelles du prototype. Pendant toute la période intermédiaire, les concepteurs travaillent seuls, avec des risques importants de se substituer aux utilisateurs au moment des prises de décision, ce qui se traduit par un décalage entre le besoin réel et le produit conçu.

Nos propositions ont été élaborées au travers trois expériences de conception d'équipements agroalimentaires. La première, « *Machine de production de pâte malléable d'arachide* », a permis de comprendre l'implication de l'utilisateur dans la conception. Les deux autres expériences « *Eplucheuse de manioc* » et « *Equipement de mise en forme des bâtonnets de kluiklui* » ont permis d'analyser les rôles de deux types d'objets intermédiaires de conception, le cahier des charges fonctionnel et la maquette numérique, lors de l'interaction entre concepteurs et utilisateurs.

Pour favoriser l'intégration de l'utilisateur tout au long du processus de conception, nous proposons un nouvel outil, le DCF (Diagramme de Compréhension Fonctionnelle) et un cadre méthodologique, la Méthode COSU (Conception Orientée Scénario Utilisateurs). Le DCF permet une meilleure compréhension du procédé traditionnel et des attentes des utilisateurs. Au cœur de la méthode COSU se trouve quatre scénarios : le scénario problème, le scénario besoin fonctionnel, le scénario principe fonctionnel et le scénario maquette numérique) qui sont des objets qui servent d'interface avec les utilisateurs.

Mots-clés : Afrique de l'Ouest, Conception orientée utilisateurs, Equipements agroalimentaires, Méthode de conception, Objets intermédiaires de conception, Participatory Design, Scénario, Scénario Based Design.

Abstract

In West Africa countries, the design of food-processing equipment requires better user integration throughout each phase of the design process. Usually, there is often a break in user integration, with users only being consulted at the launching of the project during the need analysis phase and then at the end during prototype testing in real conditions. During the interim period, the design team works alone, with the significant risk of taking decisions in place of the users. To promote better user integration, the whole design process, we propose a new tool to provide better understanding of the conventional process and therefore the need, and a methodological framework: COSU Method. COSU method comprises four scenarios which are objects and are used as interface with the users.

Key words: Design intermediary objects, West Africa countries, Equipment design, Participatory design, Scenario-Based Design, User Centered Design.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 :	
CONTEXTE, PROBLEMATIQUE ET DEMARCHE DE RECHERCHE	5
Introduction	5
1. La transformation agroalimentaire à petite échelle dans les pays d’Afrique de l’Ouest....	5
1.1. Contexte de la transformation agroalimentaire : différents niveaux d’échelle de transformation	5
1.2. Contexte de la fabrication des équipements	14
1.3. Contexte de conception dans les PAO	17
1.4. Les approches d’organisations initiées au Bénin	19
1.5. Vers une méthode intégrant simultanément tous les chercheurs impliqués dans la recherche	21
2. Problématique.....	23
3. Méthodologie de recherche	24
3.1. La recherche bibliographique	24
3.2. Le terrain d'expérimentation.....	24
3.3. Démarche basée sur l’observation participante.....	25
Conclusion.....	26
CHAPITRE 2 :	
DES PRINCIPAUX COURANTS DE CONCEPTION CENTREE UTILISATEURS VERS LA CONSTRUCTION D’UNE METHODE ORIENTE UTILISATEUR.....	27
Introduction	27
1. Cadre théorique	27
1.1. Conception	27
1.2. Produit	28
1.3. Utilisateur	28
2. Les méthodes de prise en compte du besoin en conception	29
2.1. Analyse Fonctionnelle.....	29
2.2. Conception à l’écoute du client.....	30
3. Les principaux courants de conception centrée utilisateur.....	30
3.1. Participatory Design (PD)	30
3.2. Scenario Based Design (SBD)	36
3.3. User Centered Design (UCD)	43
3.4. Apport des méthodes par rapport au contexte spécifique de PAO.....	44
4. Méthode CESAM.....	45
5. Elaboration de concepts pour des expérimentations d’intégration de l’utilisateur	47
Conclusion.....	48

CHAPITRE 3 :

UTILISATION DES OBJETS INTERMEDIAIRES POUR COMPRENDRE ET FACILITER L'INTEGRATION DE L'UTILISATEUR DANS LA CONCEPTION.....	49
1. Les expériences de conception.....	50
1.1. Machine de production de pâte malléable d'arachide.....	50
1.2. Eplucheuse de manioc.....	51
1.3. Equipement de mise en forme des bâtonnets de kluiklui.....	53
1.4. Méthode de recherche et de traitement des données.....	56
2. Le concept d' <i>objets intermédiaires</i> comme outil d'analyse de processus de conception.....	57
2.1. Le concept d'objets intermédiaires de conception.....	57
2.2. Les OIC comme méthode d'analyse du processus.....	58
3. Analyse de deux expériences de conception participative.....	73
3.1. Analyse du rôle de l'objet CdCF.....	74
3.2. Analyse du rôle de l'objet maquette numérique.....	75
3.3. Analyse des interactions entre concepteurs et utilisateurs.....	76
4. Proposition d'un nouvel outil : le Diagramme de Compréhension Fonctionnelle (DCF) d'un procédé de transformation traditionnelle.....	78
5. Conclusion : Vers une méthode d'intégration de l'utilisateur orientée Scénario.....	79

CHAPITRE 4 :

PROPOSITION D'UNE METHODE DE CONCEPTION ORIENTEE SCENARIO UTILISATEUR : COSU.....	83
Introduction.....	83
1. Définition et justification du concept <i>Scénario</i> dans Cosu.....	83
1.1. Notre définition du scénario.....	83
1.2. Processus de construction des scénarios.....	84
1.3. Justification du Scénario dans COSU.....	89
2. Méthode de Conception Orientée Scénario Utilisateur (COSU).....	89
2.1. Introduction à la méthode COSU.....	89
2.2. Présentation de la méthode COSU.....	93
3. Les composants de COSU.....	94
3.1. Scénario problème.....	94
3.2. Scénario Besoin Fonctionnel.....	100
3.3. Scénario Principe Fonctionnel.....	103
3.4. Scénario Maquette numérique.....	106
3.5. Evaluation du prototype.....	107
4. Le terrain de validation de la méthode COSU : Expérimentation du scénario problème.....	109
4.1. Le problème autour duquel l'expérimentation a été réalisée : l'égrappage des fruits de palme.....	109
4.2. Déroulement de l'expérimentation.....	111
4.3. Résultats de l'expérimentation.....	112
4.4. Analyse de l'expérimentation.....	114
5. Conclusion.....	116
CONCLUSION GENERALE.....	117
Bilan sur les apports et les résultats.....	117
Perspectives.....	119
Références bibliographiques.....	119
Annexes.....	i

Liste des Figures

Figure 1.1 : Démarche générique de conception d'équipements dans les PAO	18
Figure 2.1 : Les quatre rôles que peuvent jouer les enfants (utilisateurs) dans la conception de nouvelles technologies	36
Figure 2.2 : Positionnement de SBD par rapport au PD	37
Figure 2.3 : Cadre théorique de Scenario Based Design (SBD)	41
Figure 2.4 : Présentation de la méthode CESAM	46
Figure 3.1 : Solution abandonnée par l'EC	52
Figure 3.2 : Solution présentée aux utilisatrices	53
Figure 3.3 : Schéma du principe A	55
Figure 3.4: Construction des OIC lors du projet Machine de production de pâte malléable d'arachide	59
Figure 3.5 : OIC 5, première solution technique du projet « <i>Equipement de production de pâte d'arachide malléable</i> »	61
Figure 3.6 : OIC 6, transparent de présentation de l'AF	62
Figure 3.7 : OIC 7 V.1, Analyse fonctionnelle du besoin	63
Figure 3.8 : OIC 9, Solution alternative	63
Figure 3.9 : OIC 10, schémas explicatifs des OIC 5 et 9	64
Figure 3.10 : OIC 11, Solution mixte	65
Figure 3.11 : Interaction Concepteurs – Utilisateurs	76
Figure 3.12 : Présentation générique du Diagramme de Compréhension Fonctionnelle	78
Figure 4.1 : Cheminement des objets d'un espace à un autre	87
Figure 4.2 : Processus de construction des scénarios	88
Figure 4.3 : Fonctionnement de l'EC	92
Figure 4.4 : Modèle Cosu au niveau des activités et des phases dans le cadre de la méthode CESAM	93
Figure 4.5 : Exemple de scénario problème sur la collecte des régimes de fruits de palme ...	95
Figure 4.6 : Définition fonctionnelle vers la description de l'usage	101
Figure 4.7 : Démarche et activités de l'expérimentation du processus d'élaboration du scénario problème	112
Figure 4.8 : La 9 ^{ème} diapositive du DCF montrant les apports des utilisateurs	113
Figure 4.9 : Interactions entre les acteurs et le DCF lors de la validation du DCF	115

Liste des Tableaux

Tableau 1.1 : Principaux produits agroalimentaires transformés au Bénin et équipements	6
Tableau 1.2 : Quantité moyenne (tonne) traitées par semaine	12
Tableau 3.1 : Composition de l'équipe de conception	50
Tableau 3.2 : Présentation des OIC	60
Tableau 3.3 : Tableau d'analyse des OIC	67
Tableau 3.4 : Statut des OIC	72
Tableau 3.5 : Principaux résultats tirés de l'étude des OIC	74
Tableau 4. 1 : Scénario besoin fonctionnel kluiklui	102

Liste des Photos

Photo 1.1: Torréfaction artisanale de l'arachide pour la production finale d'huile	7
Photo 1.2 : Pressage artisanal de la pâte d'arachide	8
Photo 1.3 :Décortiqueur manuel d'arachide	10
Photo 1.4 : Presse à coco	10
Photo 1.5 : Dépulpeur de fruit de palme	10
Photo 1.6 : Râpe à manioc	10
Photo 1.7 : Ligne de production d'amidon de manioc	12
Photo 1.8 : Un petit fabricant rural au travail dans la région de Bohicon	14
Photo 1.9 : Atelier de tournage CMCP à Djrègbé (Bénin)	16
Photo 1.10 : Salle d'exposition des équipements fabriqués au Centre Songhaï	16
Photo 3.1 : Mise en forme artisanale du kluiklui	54
Photo 3.2 : Maquette fonctionnelle du principe retenu	56
Photo 3.3 : Equipement de production de pâte malléable d'arachide	66
Photo 4.1 : Maquette fonctionnelle principe kluiklui « <i>mettre en forme entre deux cylindres</i> »	105
Photo 4.2 : Test du prototype machine à kluiklui	107
Photo 4.3 : Palmier naturel (Avrankou 2006)	110
Photo 4.4 : Palmier sélectionné	110
Photo 4.5 : Régime de palme (Avrankou 2006)	110

INTRODUCTION

Se nourrir est un besoin fondamental de l'être humain. La satisfaction de cette nécessité vitale tient à la disponibilité, non seulement de produits agricoles suffisants mais aussi d'équipements de transformation performants.

Vu les progrès importants obtenus au niveau agricole (surfaces cultivables fertiles, gammes de produits agricoles variés, etc.), il n'y a pas eu d'efforts équivalents au niveau de la transformation des produits dans les Pays d'Afrique de l'Ouest (PAO). Ceci se traduit par les abondantes pertes post-récolte qui prédisposent ces pays à l'insécurité alimentaire. Par ailleurs, avec la globalisation des économies imposée par le système international, ces pays pour prospérer, sont contraints de produire non seulement pour une consommation interne suffisante mais aussi pour l'exportation. Pour ce faire, la plupart des politiques de ces pays ont opté prioritairement pour le développement agricole prenant en compte toute la chaîne de production – transformation – commercialisation. Dans cette optique, une place de choix doit être faite au domaine de la transformation où les activités sont majoritairement réalisées par des femmes en milieu rural avec des procédés traditionnels encore très souvent manuels. Pour répondre aux besoins des producteurs et des transformatrices, on assiste à un développement du marché des équipements agroalimentaires pour la transformation à petite échelle depuis quelques années. La démarche traditionnelle de conception, conception individuelle menée par le seul concepteur, basée sur de longues adaptations par la méthode essai – erreur bénéficie peu à peu d'améliorations, en particulier grâce à l'application d'une méthode pluridisciplinaire construite à partir des outils existants du Génie Industriel : CESAM (Marouzé, 1999).

Cependant, comme le constate Giroux (2006), « *alors que les équipements de transformation agroalimentaire semblent techniquement simples à concevoir et à fabriquer, il est paradoxal de constater que souvent, les équipements ne répondent que partiellement ou mal à la demande des utilisateurs qui manifestent leur insatisfaction* ». Une étude réalisée au Bénin (Godjo, Marouzé et al., 2003) montre que si la méthode CESAM déjà appliquée dans plusieurs pays en développement par des équipes locales et apporte une amélioration au niveau du pilotage des projets, elle souligne le besoin de développer des outils spécifiques

permettant une meilleure intégration de l'utilisateur dans la conception. Il y a, en effet aujourd'hui une rupture dans le processus d'intégration de l'utilisateur, celui-ci n'étant intégré qu'au début du processus de conception (analyse du besoin) en répondant à des enquêtes et à la fin en réagissant à l'utilisation physique de l'équipement matérialisé par un prototype mis à sa disposition. Pendant toute la période intermédiaire l'équipe de conception (EC) travaille seule, avec des risques importants de se substituer aux utilisateurs finaux au moment des prises de décision. Il est donc impératif d'améliorer l'intégration de l'utilisateur qui constitue la cible prioritaire pour les procédés traditionnels à mécaniser.

Le travail de cette thèse se situe dans le champ de la conception des équipements agroalimentaires dans les PAO avec une application au Bénin. L'objectif vise à développer une méthode et des outils permettant de mieux intégrer l'utilisateur dans la conception.

Le mémoire est composé de quatre chapitres. Le premier chapitre décrit, dans un premier temps, le contexte de la transformation des produits agricoles dont les principales activités sont quasiment menées toujours par les femmes et globalement exécutées avec des équipements simples ; la spécificité de la conception dans les PAO et les contraintes y afférant seront également précisées. Ensuite, la problématique générale permet de faire émerger deux questions de recherche relatives à l'intégration de l'utilisateur dans la conception et aux dispositifs permettant aux concepteurs et aux utilisateurs de dialoguer. A la fin de ce chapitre, est présentée la démarche de recherche suivie, comportant un dispositif expérimental composé de trois expériences de conception. Le second chapitre interroge la littérature quant aux modèles existants de conception centrée utilisateurs. Trois grands courants de conception sont identifiés : le *Participatory Design*, le *Scenario Based Design* et le *User Centered Design*. L'analyse de ces courants par rapport au contexte de recherche permet de retenir une combinaison de concepts à expérimenter à travers deux études de cas. Le troisième chapitre porte sur les travaux de terrain comportant trois expériences de conception : le projet « *Machine de production de pâte d'arachide malléable* », le projet « *Eplucheuse de manioc* » et le projet « *Equipement de mise en forme des bâtonnets de kluiklui* » ; il comporte également l'analyse des processus de conception mis en jeu. Au cœur de ce chapitre est mis en œuvre le concept opérationnel d'*objets intermédiaires de conception* comme outil d'analyse des projets de conception et de compréhension des échanges entre concepteurs et utilisateurs. A la fin de ce troisième chapitre est présentée une première proposition d'un outil qui permet une meilleure compréhension des opérations réalisées traditionnellement par les femmes : le *DCF* (Diagramme de Compréhension Fonctionnelle). Le quatrième chapitre développe notre cadre

méthodologique proposé pour intégrer l'utilisateur dans la conception : la *méthode COSU* (*Conception Orientée Scénario Utilisateur*). Les phases de la méthode COSU et ses principaux composants, les scénarios problème, besoin fonctionnel, principe fonctionnel et maquette numérique, sont présentés. La dernière partie du chapitre rapporte l'utilisation d'un scénario problème qui a été expérimentée sur le cas de l'égrappage des fruits de palme. Enfin une conclusion générale reprend les principaux résultats acquis et propose des pistes de travail pour rendre opérationnels ceux-ci dans le contexte des PAO en général et en particulier au sein de l'INRAB.

CHAPITRE 1

CONTEXTE, PROBLEMATIQUE ET DEMARCHE DE RECHERCHE

Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter le contexte de transformation des produits agroalimentaires dans les pays d'Afrique de l'Ouest (PAO) et les pratiques de conception des équipements utilisés dans la transformation. De la présentation du contexte nous allons montrer les problèmes qui naissent de la mauvaise prise en compte des besoins des utilisateurs et justifier la nécessité de leur implication plus forte dans la conception. A la fin du chapitre, nous allons présenter la démarche globale de la recherche.

1. La transformation agroalimentaire à petite échelle dans les pays d'Afrique de l'Ouest

1.1. *Contexte de la transformation agroalimentaire : différents niveaux d'échelle de transformation ...*

Au Bénin comme dans la plupart des PAO, la transformation des produits agroalimentaires est une activité génératrice de revenus, donc une activité économiquement rentable. Dans les villages, une part importante de la population s'adonne aux activités de transformation des produits agricoles. Sur le plan national, ces activités sont réalisées à différents niveaux d'échelle (Fournier, 2002) : artisanal, semi – industriel et industriel. Ces niveaux d'échelle constituent un continuum d'activités progressives avec des critères de différenciation tels que le procédé de transformation, le niveau de performance de la technologie, le nombre de machines utilisées, le volume de production, la cadence de travail, la quantité de main d'œuvre utilisée et l'optimisation d'utilisation de l'énergie.

Les principaux produits transformés au Bénin et les technologies utilisées sont présentés dans le tableau 1.1. Les informations contenues dans ce tableau proviennent des données de multiples enquêtes menées à l'INRAB (Kruit, Godjo et al., 1998).

Tableau 1.1 Principaux produits agroalimentaires transformés au Bénin et équipements

Filières	Produits	Echelles	Equipements	Produits finis	
Oléagineux	Arachide	Artisanale	Non appliquée	Cacahuète, Pâte, Huile artisanale	
		Semi industrielle	Décortiqueur, Broyeur, Presse à vis, Expeller		
		Industrielle	Chaîne de production	Huile industrielle	
	Fruits de palme	Artisanale	Non appliquée	Huile artisanale	
		Semi industrielle	Dépulpeur, Presse à vis, Clarificateur, Presse Caltech		
		Industrielle	Chaîne de production	Huile raffinée	
	Noix de palme	Artisanale	Non appliquée	Amande Huile artisanale	
		Semi industrielle	Concasseur, Presse expeller		
		Industrielle	Chaîne de production	Huile industrielle	
	Karité	Artisanale	Non appliquée	Beurre	
		Semi industrielle	Concasseur, Broyeur, Baratte		
	Céréales	Maïs	Artisanale	Non appliquée	Grains Farine
			Semi industrielle	Egreneuse, Moulin, Décortiqueur	
			Industrielle	Non appliquée	
Riz paddy		Artisanale	Non appliquée	Riz blanc Riz étuvé	
		Semi industrielle	Batteuse, Vanneuse, Décortiqueur, Etuveuse		
Fonio		Artisanale	Non appliquée	Fonio	
	Semi industrielle	Décortiqueur			
Racines et Tubercules	Manioc	Artisanale	Non appliquée	Gari, Tapioca, Cossette, Farine	
		Semi industrielle	Râpe, Presse (à vis, double vis, hydraulique), Trancheuse, Séchoir		
	Igname				
Fruits et légumes	Ananas, Orange, mangue, etc.	Semi industrielle	Séchoir	Fruits séchés	
		Industrielle	Chaîne de production	Jus industriel	
Coton		Industrielle	Chaîne de production	Huile	

La majorité des produits sont transformés à l'échelle artisanale et semi - industrielle. Le procédé¹ de transformation est un ensemble d'opérations unitaires à la fin desquelles la matière première subit un changement physique, chimique ou microbiologique.

1.1.1.... Artisanale

Cette forme de transformation est très ancienne (des siècles de tradition). L'activité est surtout concentrée dans les villages et réalisée par des femmes qui maîtrisent parfaitement le procédé. Le procédé n'est pas mécanisé et entièrement réalisé à la main. Les matériels utilisés sont des outils rudimentaires (ustensiles de cuisine, table, bassines, plateaux, bidons, tonneaux, foyers, mortier – pilon, etc.). Le procédé est mené en batch² avec de faibles quantités de matières premières traitées par semaine, par exemple en moyenne 70 kg pour la transformation d'huile d'arachide et 30 kg pour la transformation du gari (Tabl. 1.2). Nous présentons ci-dessous quelques photos d'activités de transformation agroalimentaire artisanale.



¹ On entend par procédé, l'ensemble des techniques de transformation et de mise en forme du produit. Pour Trystram et al. (2002), c'est un ensemble des moyens technologiques et de leurs règles de conduite qui permettent de conférer, ou d'inhiber, des propriétés à un produit alimentaire.

² Traitement en lot

Photo 1.1 : Torréfaction artisanale de l'arachide pour la production finale d'huile

La photo 1.1 présente la torréfaction artisanale de l'arachide. Les graines sont chauffées dans un grand plat en terre cuite dans lequel elles sont remuées en permanence par grattage du fond de la vasque. Pour 12 kg de graines, la durée de l'opération est environ de 20 minutes. Le taux d'extraction artisanale de l'huile (en moyenne 28%) est fortement lié à la réussite de cette opération dont le but est de détruire les composants cellulaires de liaison (protéines et amidons hydratés) qui seraient responsables de la rétention d'huile au cours de l'opération d'extraction.



Photo 1.2 : Pressage artisanal de la pâte d'arachide

La photo 1.2 présente une opération de pressage artisanal de la pâte d'arachide. La pâte d'arachide partiellement déshuilée recueillie après le malaxage est pressée sur une table. L'opération dure en moyenne 15 minutes pour 12 kg de graine au départ. Nos essais réalisés au laboratoire, à partir d'un échantillon de quatre variétés d'arachide (TS, moto, RMP12, RMP90), sur la composition des produits issus de l'extraction ont montré que la pâte humide obtenue après l'opération de pressage a une teneur en huile de 18% en moyenne (Godjo, Dakin et al., 2003).

En général, au niveau artisanal les transformatrices associent très souvent d'autres activités ; petite agriculture, commerce, etc. La main d'œuvre n'existe quasiment pas ou lorsqu'elle existe elle n'est souvent pas salariée. L'activité est réalisée seulement pendant les

périodes de pic de production de la matière première à cause de la cherté de cette dernière pendant les autres périodes, rendant l'opération de transformation non rentable.

Les produits fabriqués à l'échelle artisanale sont très bien appréciés par les consommateurs. Malgré l'existence sur le marché local d'autres produits mieux élaborés provenant des procédés industriels, ou semi industriels, l'offre en produits artisanaux ne satisfait pas la demande. Un examen du marché de Dantokpa³ à Cotonou montre que les produits artisanaux approvisionnés (gari, tapioca, kluiklui, etc.) sont souvent écoulés rapidement, dans la journée. Aussi, arrive-il que les vendeuses au détail fassent la cour aux productrices pour être satisfaites. Donc, le marché reste largement favorable à toute augmentation de production. Cependant, le débit du procédé artisanal est très faible et aussi les quantités de produits finaux. Par ailleurs, les transformatrices rencontrent d'énormes difficultés dans l'exécution du travail qui est exclusivement manuel et particulièrement pénible. Dans le but d'améliorer le procédé de transformation artisanale, des équipements ont été introduits par différentes institutions de développement.

Les actions d'appui au développement du secteur agricole initiées par les gouvernements ou les partenaires au développement ont dynamisé le secteur de la transformation. Ainsi, si jusqu'aux années 70, les activités de transformation agroalimentaire étaient fortement dominées par un travail à l'échelle artisanale, depuis 1990 les procédés artisanaux sont de plus en plus remplacés par des techniques de transformation améliorées : le secteur semi industriel se développe dans ce cadre.

1.1.2. Echelle semi industrielle

Dans les unités de transformation semi industrielles les (ou certaines des) opérations unitaires du procédé de transformation sont mécanisées. Le travail manuel des femmes est remplacé par des équipements de petite capacité. Ce sont des équipements particulièrement simples comportant en général une seule fonction de service et entraînés soit manuellement, soit par un moteur thermique ou électrique (dans les villes). L'utilisation de ces équipements permet de réduire la pénibilité du travail artisanal et d'augmenter le débit de l'opération. Par exemple dans le cas de la transformation de l'arachide, les opérations unitaires de décortiquage, vannage, mouture, malaxage, pressage, sont respectivement remplacées par des décortiqueur, vanneuse, moulin, malaxeur et presse. Nous présentons, à la page suivante, quelques photos d'équipements utilisés par les unités semi industrielles.

³ Grand marché de Cotonou (Bénin)



Photo 1.3 : Décortiqueur manuel d'arachide



Photo 1.4 : Presse à coco

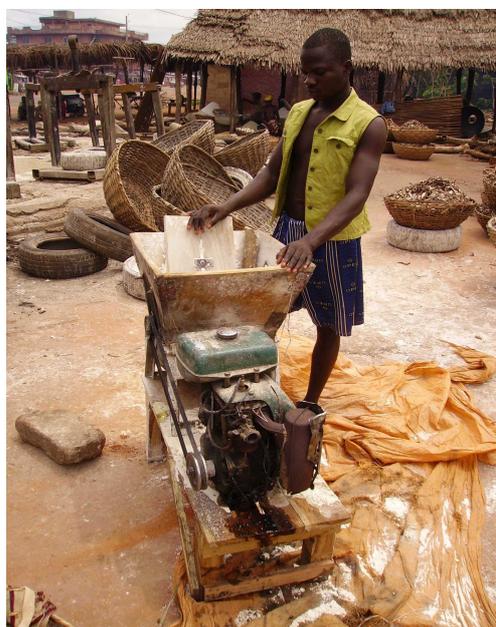


Photo 1.5 : Dépulpeur de fruit de palme



Photo 1.6 : Râpe à manioc

Ces équipements améliorent la productivité et il s'en suit une augmentation de la production. L'activité est le plus souvent réalisée par les femmes mais elle n'est plus individuelle. Deux cas de figure s'observent :

- (1) des femmes se regroupent en coopérative appelées *groupement de femmes villageoises* (GFV) afin d'avoir accès aux appuis techniques et financiers du gouvernement ou des partenaires au développement. Les GFV sont en moyenne composés d'une vingtaine de personnes et dirigés généralement par un bureau de trois personnes.
- (2) L'unité de transformation est une forme entrepreneuriale dirigée par une responsable, elle aussi transformatrice qui embauche d'autres femmes pour mener l'activité.

La main d'œuvre est rémunérée. On observe au niveau des entreprises d'industrie artisanale une forme de spécialisation⁴ dans l'activité. La fréquence du travail est régulière (tous ou certains jours bien définis dans la semaine) pendant toute l'année. Si en période de cherté de la matière première les transformatrices artisanales abandonnent la transformation pour d'autres activités, au niveau des unités semi – industrielles le travail n'est pas interrompu. La matière première est achetée et stockée pendant la saison d'abondance, quand elle peut se conserver facilement.

Comme dans le cas précédent, l'unité de transformation a souvent un caractère informel. Elle ne remplit pas les conditions imposées au segment industriel normatif. Son objectif vise la transformation des produits agricoles pour l'approvisionnement des marchés locaux.

Certains équipements introduits ont contribué à la réduction de la pénibilité du travail, l'augmentation des revenus des transformatrices du fait de l'augmentation de la production. Cependant, on constate que bon nombre ne répondent pas aux attentes des utilisateurs :

- Pannes fréquentes (problèmes de moteur, usure des tambours des râpes à manioc) ;
- Non disponibilité des pièces de rechange ;
- Manque de compétences qualifiées pour la réparation des équipements dans les villages ;
- Fonctionnement de l'équipement ne convenant pas aux attentes de l'utilisateur ;
- Ergonomie de l'équipement ne convenant pas aux attentes de l'utilisateur : difficulté de manipulation des équipements, inexistence de notice d'emploi permettant à l'utilisateur une bonne utilisation ;

⁴ Généralement, elles n'ont que la seule activité à mener contrairement à l'échelle artisanale où les transformatrices pour la plupart font d'autres activités en parallèle.

- Prix des équipements supérieur aux possibilités financières des utilisateurs.

On retrouve également au niveau de certaines entreprises à l'échelle semi – industrielle une technologie constituée soit d'un ensemble d'équipements de moyenne capacité soit une petite ligne de production continue. Le procédé est donc soit un ensemble d'activités discontinues mécanisées, soit une ligne continue. C'est le cas du complexe karité mis au point par la Cobemag⁵ au Bénin. On est dans une logique artisanale, mais on pense à une production industrielle régulière en quantité et en qualité. Le tableau 1.2 ci – dessous montre l'ordre de grandeur des quantités hebdomadaires de produits transformés.

Tableau 1.2 : Quantité moyenne (tonne) traitée par semaine

	Echelle		
	Artisanale	Semi industriel	Industriel
Transformation arachide en huile	0,07	4	3 400
Transformation manioc en gari	0,03	5	4 000

Les moulins à maïs utilisés pour la mouture des céréales, les minis huileries d'huile de palme, d'huile de palmiste, d'huile d'arachide et de soja, les ateliers de production d'amidon (Photo 1.7), etc., sont des exemples de ces unités semi industrielles.



Photo 1.7 : Ligne de production d'amidon de manioc

⁵ Coopérative Béninoise de Matériels agricoles

Contrairement aux unités artisanales, dans les unités semi industrielles la main d'œuvre est salariée. La cadence de travail est permanente et s'étend sur toute l'année. L'examen de ce type d'entreprise a montré que très souvent lorsque les activités de transformation sont remplacées par des équipements lourds, la gestion économique est assurée par les hommes (Rouzière, 1998) et non les femmes qui au départ étaient les seuls acteurs du secteur.

Au regard de ce qui précède, on constate que la mécanisation prenant en compte tout ou une partie du processus de transformation doit avant tout se baser sur des réalités techniques, économiques, sociales et culturelles de l'activité et du contexte.

1.1.3. Echelle Industrielle

L'entreprise répond à des critères d'ordre juridique légal, elle est enregistrée et répertoriée au niveau des instances publiques. L'activité vise les marchés locaux et extérieurs. La production est réalisée à très grande échelle ce qui fait que les produits finis coûtent moins chers que ceux de même nature produits dans les autres procédés. La transformation est réalisée en continu et les équipements sont toujours importés depuis des pays industrialisés: il n'y a pas de spécificité "africaine" de ces équipements ; en conséquence nous ne centrerons pas nos recherches sur ce type d'échelle.

1.1.4. Conclusion

La caractéristique commune aux trois secteurs (artisanale, semi – industriel et industriel) est de générer un produit fini qui sera consommé. Ces différents secteurs vivent en bonne intelligence constituant un continuum d'activités avec des caractéristiques bien définies, répondant à différents segments de marché. Au niveau artisanal, le fait de réaliser les opérations sans l'utilisation de machines rend le travail pénible. L'introduction des équipements au niveau semi industriel améliore l'efficacité technique et économique du procédé. Cependant, on constate une insatisfaction des utilisateurs. En effet, bien qu'ils soient simples, les équipements de transformations décrits aux §1.1.2 et §1.1.3 possèdent des spécificités qui complexifient leur conception :

- Des objets inertes destinés à traiter des produits vivants ;
- Un marché des équipements étroit : le nombre d'équipements potentiels est faible et le pouvoir d'achat des utilisateurs est très bas, ce qui constitue une contrainte drastique pour la conception locale.

1.2. Contexte de la fabrication des équipements

Depuis 1990, le Bénin a connu un essor important du secteur de l'équipement agroalimentaire. *Cette évolution semble liée à la promotion des activités de transformation* (Rouzière, 1998). Les études menées dans le cadre du Projet de Développement des Systèmes Post – Récolte au sein du Programme de Développement du Secteur Agricole de 1997 à 2003 à l'INRAB ont révélé qu'il existe trois classes de fabricants au Bénin : les petits fabricants ruraux, les ateliers urbains et les centres spécialisés.

1.2.1. Les petits fabricants ruraux

Les petits fabricants ruraux sont constitués de forgerons et de mécaniciens autodidactes. Les matériels sont conçus selon la vision personnelle que peut en avoir le constructeur ou bien selon les desiderata explicites de l'utilisateur. La définition de l'équipement fait référence à un matériel du même type vu ailleurs et que l'on veut reproduire de façon plus ou moins conforme. Une particularité marquante de cette catégorie de fabricants est que ces artisans utilisent comme matière première des ferrailles de récupération et des composants d'occasion.

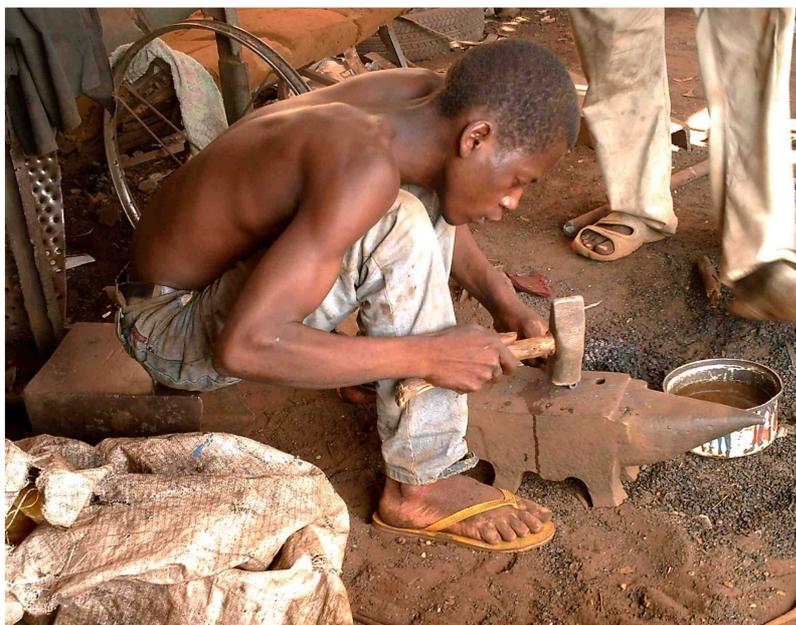


Photo 1.8 : Un petit fabricant rural au travail dans la région de Bohicon

1.2.2. Les ateliers urbains de fabrication

Comme les précédents, ils reproduisent des modèles d'équipements déjà vulgarisés par ailleurs. Par rapport à la catégorie précédente, la différence se situe à deux niveaux. D'abord de la façon dont le mécanicien va copier le modèle : ici, l'on ne part pas d'un souvenir ou d'une vague description de l'équipement mais du matériel de référence lui-même, qui est physiquement disponible. Cet équipement moderne démonté, étudié dans ses moindres détails, parfois en situation de service, est critiqué. Il est ensuite reproduit plus ou moins fidèlement. La seconde différence se traduit par le fait que les ferrailles de récupération n'intéressent plus cette catégorie qui utilise le plus souvent de la matière d'œuvre et des composants neufs.

1.2.3. Les centres spécialisés de fabrication des équipements agroalimentaires

Ce sont des institutions de formation, de recherche ou de développement dont une des activités concerne la fabrication des équipements agricoles et agroalimentaires de petite capacité. Ils disposent d'une infrastructure bien équipée. Les équipements sont fabriqués en série à partir de plans réalisés suite à une étude. Au Bénin, comme centres spécialisés de fabrication d'équipements agroalimentaires, on peut citer :

- COBEMAG (Coopérative Béninoise de fabrication de Matériels Agricoles) situé au Nord à Parakou ;
- CFTS (Centre de Formations Techniques Steinmetz) situé au Sud à Ouidah ;
- Centre Songhaï, situé au Sud à Porto-Novo ;
- CMCT (Construction Mécano Soudées Caoutchouc et Plastiques) situé au Sud à Djrègbé ;
- APROMAH (Association pour la Promotion des matériels Agricoles et Hydrauliques) situé au Centre à Bohicon ;
- CAMEMEC situé au Sud à Cotonou.



Photo 1.9 : Atelier de tournage CMCP à Djrègbé (Bénin)



Photo 1.10 : Salle d'exposition des équipements fabriqués au Centre Songhaï (Porto Novo)

Les matériaux de fabrication ne sont pas des ferrailles de récupération. Certains de ces centres sont en relation avec des ONG internationales qui vulgarisent les plans des équipements ayant fait leurs preuves ailleurs. C'est le cas des presses *Bielembeg* et *Dekanme* vulgarisées par ATI – International par les centres Steinmetz et Songhaï.

1.2.4. Conclusion

Qu'il s'agisse d'équipements venus des centres spécialisés ou des petits ateliers urbains ou ruraux, on constate qu'il se pose parfois des problèmes d'insatisfaction des utilisateurs :

- la cherté des équipements des centres spécialisés et des innovations ne constituant pas la réponse aux besoins des utilisateurs ; c'est le cas des défibreurs et ensacheurs de gari, venus du Nigeria ;
- la contre performance technique et ergonomique suivi de dysfonctionnements des équipements fabriqués par les petits fabricants ruraux et urbains.

Au regard de ces éléments de contexte de transformation et de fabrication, il s'avère donc nécessaire de se poser la question :

Comment aider à résoudre les problèmes d'insatisfaction de l'utilisateur ?

1.3. Contexte de conception dans les PAO

1.3.1. Démarche de conception

Dans les PAO caractérisés en particulier par des contraintes drastiques de coût de possession et de fonctionnement, la conception des équipements agroalimentaires, par les petits fabricants ruraux et urbains constituant la grande majorité des fabricants, est une activité menée suivant une démarche empirique pour laquelle il n'existe que peu de référentiel (Marouzé, 1999). Les connaissances mises en jeu sont implicites, et seul le concepteur comprend ce qu'il fait pendant le déroulement du processus (Godjo, Marouzé et al., 2003). Il s'agit donc d'une conception individuelle dans laquelle le plus souvent le concepteur est une personne ayant eu une formation en génie mécanique. Celui-ci conduit le processus selon ses connaissances, notamment sa propre perception du besoin, et ses desiderata faisant ponctuellement appel à d'autres compétences en fonction du déroulement du projet. Au niveau des centres spécialisés, bien que l'activité soit structurée (Fig. 1.1), le travail reste celui d'un seul métier (mécanique) le concepteur étant plus habitué à traiter de la matière inerte que des produits biologiques évoluant dans le temps.

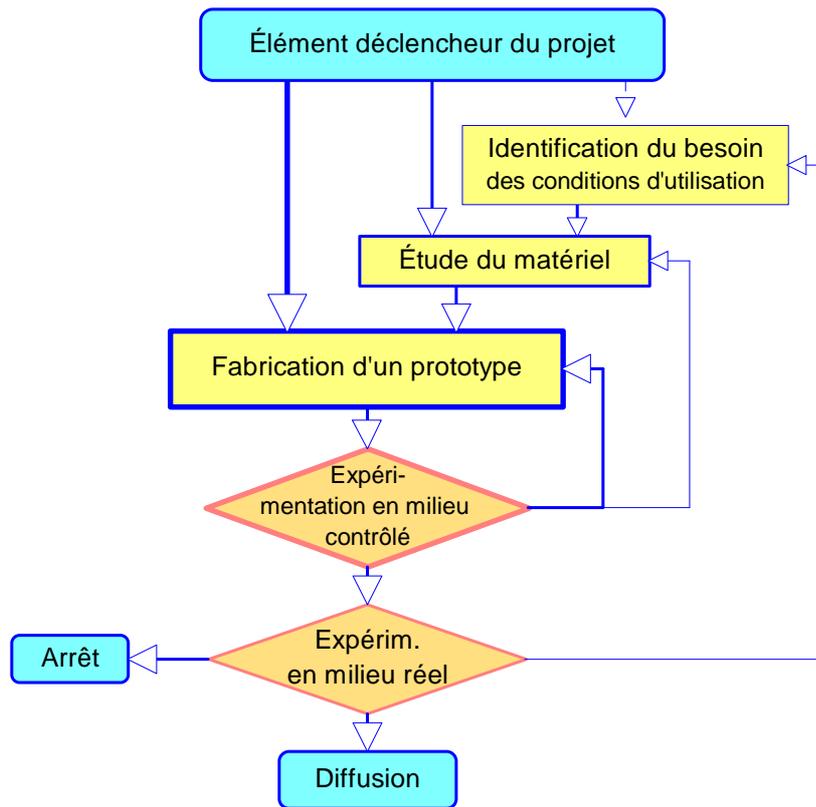


Figure 1.1 : Démarche générique de conception d'équipements dans les PAO (Marouzé, 1999)

A partir d'un élément déclencheur du projet, le concepteur soit :

- passe directement à la fabrication d'un prototype à partir de ses connaissances (copie d'un équipement similaire vu autrefois) et/ou de sa compréhension du problème sans chercher à véritablement l'analyser (démarche la plus fréquente) ;
- recherche des principes, analyse des solutions techniques pouvant répondre aux besoins et opère un choix avant de passer à la fabrication ;
- analyse le besoin avant d'engager l'étude et la réalisation (cas très peu fréquent).

Le processus se poursuit par des expérimentations en milieu contrôlé (niveau concepteur) et en milieu réel (auprès de l'utilisateur) avant la diffusion ou l'abandon du projet avec de nombreux bouclages. Il s'ensuit de longues adaptations par la méthode essai – erreur pour trouver l'équipement qui répond aux fonctions techniques, sociales et économiques attendues mais insuffisamment analysées. C'est ce qui explique qu'il existe toujours une demande insatisfaite d'équipements efficaces et bon marché.

1.3.2. Limites de la démarche

Les limites de la démarche décrite précédemment sont nombreuses :

- Longue adaptation par méthode essai erreur ;
- Durée du processus trop longue et non maîtrisée ;
- Aller – retour des équipements pour modification ;
- Déroulement séquentiel des phases ;
- Pas d'intégration des autres métiers : l'activité est menée par une seule compétence (mécanicienne) ;
- Pas d'intégration des utilisateurs.

Au niveau des structures de recherches agricoles, des approches ont été initiées pour améliorer les démarches de recherche. C'est le cas de l'Approche Participative Niveau Village (APNV) et le cycle de gestion de la recherche agricole qui ont été aussi utilisées par les équipes de recherche et développement d'équipements agroalimentaires à l'INRAB.

1.4. Les approches d'organisations initiées au Bénin

1.4.1. L'Approche Participative Niveau Village (APNV)

Koudokpon (1992) a présenté dans son ouvrage intitulé "*Pour une recherche participative*" un bref historique du développement de la recherche agronomique au Bénin et les raisons qui ont conduit à initier des stratégies permettant l'implication progressive des paysans dans le processus de recherche par une approche participative et interdisciplinaire.

L'approche participative niveau village (APNV) (Anon, 2002) repose sur un modèle pluridisciplinaire structuré de détermination des contraintes des producteurs. L'APNV a été introduite par l'INRAB en 1985 par le projet RAMR⁶ dans tout le système national de la recherche agricole au Bénin. Dans l'APNV l'équipe participative composée de chercheurs, développeurs, vulgarisateurs, producteurs, etc. détermine et hiérarchise les contraintes des producteurs collectivement avec ces derniers et part des contraintes hiérarchisées pour définir la feuille de route des actions à mener en terme de recherche, développement et vulgarisation.

L'APNV est une approche participative dans laquelle les actions participatives entre les différents acteurs (chercheurs, développeurs, vulgarisateurs et utilisateurs) sont menées collectivement lors de l'identification des attentes. Après la phase d'identification des besoins, chaque acteur développe seul ses activités pendant la campagne agricole. L'équipe se

⁶ Recherche Appliquée en Milieu Réel

regroupe à la fin de la campagne agricole pour une restitution des activités des acteurs et l'identification de nouvelles attentes.

1.4.2. Le cycle de gestion de la recherche agricole

Des approches initiées, Hodonou (2004) a montré que « *les résultats obtenus n'étaient pas adaptés aux besoins des utilisateurs* ». Pour corriger cela, *un outil destiné à faire participer les producteurs à la définition des besoins de recherche et à la mise en œuvre des activités a été développé : le cycle de gestion de la recherche agricole (CGRA).*

Les activités du CGRA sont menées de la manière suivante : lors d'un forum de concertation qui a lieu tous les ans, le comité régional de recherche – développement (CRRD) et qui regroupe tous les acteurs du système national de recherche agricole (chercheurs, vulgarisateurs, utilisateurs, ONG, partenaires au développement), les chercheurs présentent leurs expérimentations et les résultats obtenus. Il est demandé aux utilisateurs de poser des questions, de dire si les résultats répondent à leurs attentes et d'approfondir la formulation de leurs besoins.. Les besoins sont présentés sous forme de thèmes de recherche que les chercheurs développeront. Au cours de cette phase de recherche, des chercheurs de diverses disciplines travaillent en équipe pluridisciplinaire, mais ce travail de groupe se fait malheureusement de façon séquentielle. Par exemple, dans le cas des recherches sur les technologies appropriées, le mécanicien conçoit la technologie. Le spécialiste en génie alimentaire réalise par la suite des essais pour vérifier la qualité du produit alimentaire sortant. La technologie est testée par la suite en milieu réel par les utilisateurs pendant une période de temps allant de 6 à 24 mois. Après cette période, l'économiste réalise une étude de rentabilité. Le sociologue vient après pour étudier l'adoption de la technologie. Les lacunes par rapport à cette approche sont :

- la durée de la recherche est longue ;
- le coût de la recherche est élevé ;
- l'utilisateur est impliqué au début et à la fin du processus mais pas entre les deux.

Une approche intégrant simultanément les différents acteurs et impliquant les utilisateurs pendant la recherche et le développement de solutions techniques ne serait –elle pas meilleure ?

1.5. Vers une méthode intégrant simultanément tous les chercheurs impliqués dans la recherche

Le contexte de transformation des produits agroalimentaires dans les PAO nécessite une disponibilité de petits équipements techniquement performants, économiquement bon marché et socio – culturellement adaptés. Malheureusement peu d'équipements disponibles satisfont les utilisateurs. Les démarches utilisées pour la conception de ces équipements étaient dominées par une approche qui n'intégrait quasiment ni les différents métiers nécessaires à la conception ni les utilisateurs pendant le processus de conception et caractérisée par un déroulement séquentiel des phases. Dans ce contexte, des travaux antérieurs ont démontré la nécessité d'organiser l'activité de conception en l'inscrivant dans une visée transformatrice des démarches antérieures (Geslin, 2002) et en définissant des outils d'assistance (Kouakou et Marouzé, 1996; Marouzé, Kouakou et al., 1997) ; ces travaux ont également démontré l'intérêt d'une conception plurielle par une petite équipe pluridisciplinaire où la compétence mécanicienne n'est qu'une des composantes. Un cadre méthodologique (CESAM) a été défini, conjuguant une approche pluridisciplinaire, une organisation de type ingénierie concourante et une conception collaborative (Marouzé, 1999).

Si la démarche CESAM, déjà appliquée dans des pays en développement par quelques équipes locales, apporte incontestablement une amélioration au niveau du pilotage des projets, elle souligne le besoin de développer des outils spécifiques permettant la participation des utilisateurs à la conception et permettant aussi aux membres de l'Equipe de Conception (EC) de communiquer, de partager leurs savoirs et leur savoir-faire, et de disposer de représentations intermédiaires de l'équipement en cours de conception permettant à chaque acteur de l'équipe d'avoir prise sur celui-ci (Giroux, Gueye et al., 1999; Godjo, 2000). En effet l'EC rassemble des métiers – ayant des référentiels et des langages de représentation distincts.

Partant de la notion d'objets intermédiaires de conception (OIC) développée par (Jeantet, 1998) pour comprendre le processus de conception et les interactions entre les membres de l'EC à partir des "traces" produites, une première étude menée au Bénin et appliquée au cas de la production d'une pâte d'arachide déshuilée utilisée pour la fabrication d'un produit traditionnel, le kluiklui, a permis d'analyser une dizaine d'OIC qui ont émergé pendant la conception (Godjo, Marouzé et al., 2003). Cette analyse a souligné que si certains OIC étaient tout à fait adaptés à leur rôle de traduction, de médiation et/ou de représentation, d'autres ne pouvaient pas être partagés et jouaient un rôle mineur dans le processus de décision collectif de l'EC. L'étude a, par ailleurs, souligné le besoin d'outils qui permettent la

prise en compte de la "voix" des utilisateurs, non seulement en phase amont comme cela commence de plus en plus à se pratiquer, mais tout au long de la conception. Il y a en effet, aujourd'hui une rupture de cette intégration de l'utilisateur, celui-ci n'étant intégré qu'au début (analyse du besoin) et à la fin du processus de conception (lors des essais sur le terrain du prototype). Pendant toute la période intermédiaire l'EC travaille seule, avec des risques importants de se substituer aux utilisateurs finaux au moment des prises de décision.

Au regard de ce qui précède, *« l'intégration de l'utilisateur dans le processus de conception » ne devient-elle pas indispensable ?*

Nous répondons par l'affirmative. En effet, il s'avère important d'intégrer l'utilisateur dans la conception pour les raisons ci-après :

- Les produits agricoles qui sont transformés sont des produits avec des spécificités très particulières qui ne permettent pas toujours de se référer à l'état de l'art existant. Par exemple, sur le kluiklui, il n'est pas possible de retrouver dans la bibliographie une caractérisation des principes ou des données sur la viscosité, la texture, etc. ;
- Les aspects ergonomiques, et plus précisément la réduction de la pénibilité du travail est une demande qui ressort presque toujours lorsqu'on enquête les transformatrices agroalimentaires. Or, il est difficile de quantifier la notion de pénibilité donc d'appréhender judicieusement le degré de pénibilité lorsqu'on n'est pas praticien de l'activité, d'où la nécessité du recours aux utilisateurs ;
- Les différents projets menés ont montré qu'il est difficile de déterminer avant la fabrication, le prix auquel l'utilisateur est prêt à consentir pour l'achat du futur équipement. Ceci est d'autant plus difficile avec les transformatrices des PAO qui n'aiment pas que le concepteur connaisse sa trésorerie de peur que ce dernier ne lui propose des équipements chers surtout qu'elles n'ont aucune idée de la performance de l'équipement avant sa disponibilité physique. Or l'implication de l'utilisateur dans les étapes de conception lui permettrait d'avoir une idée de l'équipement et donc de ses performances éventuelles. Une difficulté importante est également liée au fait que peu de paramètres au niveau technique ou financier, sont quantifiés ;
- Les lacunes de l'outil Analyse Fonctionnelle (retenu comme outil d'analyse du besoin dans CESAM) liées à la difficulté de la faire une fois pour toutes au début

du projet alors que dans la conception il y a un certain nombres de choses qui sont difficiles à évaluer et pour lesquelles on n'a pas de réponses pertinentes au début du projet; toutes les études montrent qu'il y a en fait co-construction du couple problème solution.

2. Problématique

Les éléments de contexte présentés dans la première partie de ce chapitre ont montré la nécessité d'impliquer l'utilisateur dans la conception. Mais *comment intégrer l'utilisateur dans la conception ?* De nombreux travaux ont été effectués sur la prise en compte de l'utilisateur dans la conception. Dans le domaine de la conception de produits mécaniques (Tollenaere, 1998), l'*Analyse Fonctionnelle* (Delafolie, 1991; Yannou, 1998) est un outil classique utilisé pour analyser le besoin des utilisateurs. Cet outil permet de définir, à partir des besoins des utilisateurs, les spécifications fonctionnelles du produit à concevoir, l'utilisateur n'ayant a priori pas d'exigence sur la solution technique qui sera mise en oeuvre. Shiba (1995) a proposé une démarche de *conception à l'écoute du client consistant à traduire les « voix de clients » dans un tableau sous forme d'éléments clefs liés aux attentes*. Malheureusement, ces outils montrent leurs limites car l'utilisateur est impliqué dans le processus que pendant la phase d'analyse du besoin.

L'ingénierie concourante (Bossard, Chanchevri et al., 1997) permet d'associer à la conception des acteurs qui en sont généralement exclus dans le modèle traditionnel. Leclair (1997) a montré que l'intégration de ces acteurs, dont fait partie l'utilisateur, ne réussit que s'il y a partage de connaissances lors de la coopération. L'ergonomie cognitive s'intéresse aux processus mentaux, tels que la perception, la mémoire et le raisonnement, dans leurs effets sur les interactions entre les personnes et d'autres éléments d'un système (Anon, 2005b). En abordant la question de la prise en compte de l'utilisateur, Darses et al. (2001) ont souligné la nécessité de développement de cadre pour assister la conception participative. A cet effet, les activités (i) *d'évaluation mutuelle des solutions et des buts proposés*, (ii) *de partage d'information sur le but courant, sur les pratiques de conception ou sur les connaissances du domaine*, (iii) *d'enrichissement des solutions visent à construire un référentiel opératif commun*. Enfin, le courant de conception participative né vers les années 70 dans les pays scandinaves et représenté par Ehn et Kyng (1987) est aujourd'hui en plein développement (Marti, 2006). Au cœur de ce courant, se trouvent les techniques de Scenario Based Design

(Carroll, 1995) développés par les ergonomes pour favoriser le dialogue entre les concepteurs et les utilisateurs.

En se positionnant par rapport aux champs disciplinaires énoncés ci – dessus, nous dégageons la problématique de recherche suivante :

- *Comment et à quels moments de la conception est il – pertinent d’intégrer l’utilisateur dans le processus ?*
- *Quels dispositifs formaliser pour permettre aux concepteurs et aux utilisateurs de dialoguer et d’avancer ensemble vers la solution finale, sans pour autant faire du sur mesure comme un tailleur qui confectionne un vêtement pour un client ?*

3. Méthodologie de recherche

La méthodologie suivie pour rechercher et obtenir les réponses à notre problématique, est composée de trois actions : la recherche bibliographique, le travail de terrain réalisé à travers trois études de cas, l’analyse des résultats du terrain et la formalisation d’une méthode orientée utilisateurs, et enfin, la validation d’une partie de cette méthode.

3.1. La recherche bibliographique

Cette recherche nous a permis d’identifier des méthodes et outils venant de plusieurs champs disciplinaires abordant la question de la prise en compte de l’utilisateur : la conception de produits mécaniques, l’ingénierie concourante, la conception participative, l’ergonomie cognitive et la sociologie de l’innovation. Au terme de cette première phase bibliographique, nous avons retenu une combinaison (que nous détaillerons plus loin) de :

- méthodes : *CESAM* (Marouzé, 1999) et *Scenario Based Design* (Carroll, 1995)
- concept : objet intermédiaire de conception (Vinck et Jeantet, 1995; Jeantet, 1998; Boujut et Blanco, 2003)
- outils : maquette numérique (Krause et Rothenburg, 2003) et maquette fonctionnelle.

3.2. Le terrain d'expérimentation

3.2.1. D'une méthode normative à une méthode analytique

Du point de vue démarche, nous sommes passés d’une démarche normative à une démarche analytique (Vinck, 1999b). En effet, les problématiques de terrain auxquelles nous

étions confrontés consistaient à donner des réponses concrètes et opérationnelles : concevoir des équipements (techniquement et économiquement performants) pour transformer des produits agricoles tropicaux. Nous étions amenés à dire comment il fallait s’y prendre, à convaincre le décideur (le bailleur de fonds, l’INRAB) en définissant la norme de ce qu’il faut faire (la méthodologie à utiliser, les résultats attendus, les méthodes et critères d’échantillonnage, le dispositif, les méthodes de traitement d’analyse des données et de restitution des résultats) à travers des protocoles de recherche rigoureux. En Annexe 1 nous avons mis un extrait de quelques pages des protocoles. Les protocoles complets peuvent être trouvés aux références Anago, et al. (2004) et Godjo (2004). Nous avons donc donné des réponses de type normatif au début mais aussi pendant le déroulement des projets de conception par l’élaboration de solutions de conception. Mais autour de ces réponses, des observations et résultats obtenus sur le développement des projets de conception nous avons eu une démarche analytique consistant à confronter les questions de recherche initiales aux résultats de terrain. C’est ainsi que la problématique et les hypothèses de la thèse ont été plusieurs fois reformulées.

3.2.2. Le dispositif de recherche : trois expériences de conception

Le dispositif mis en place pour collecter les données nécessaires dont nous avons besoin et valider les concepts proposés en vue de répondre à nos questions de recherche est constitué de trois expériences de conception d’équipements agroalimentaires (projets de conception de : (1) *Machine de production de pâte d’arachide malléable*, (2) *Eplucheuse de manioc* et (3) *Equipement de mise en forme des bâtonnets de kluiklui*) avec la participation des utilisateurs. Ces expériences de conception sont conduites à l’INRAB par une équipe pluridisciplinaire composée d’acteurs de disciplines variées et complémentaires.

3.3. Démarche basée sur l’observation participante

La méthode utilisée pour collecter les informations nécessaires qui nous permettront d’analyser les expériences de conception repose sur démarche ethnographique (Button, 2004; Vinck, 2004). Cette démarche est basée sur l’étude des pratiques effectives des acteurs. Pendant les expériences de conception, nous avons observé les activités des concepteurs et des utilisateurs, les interactions entre ces acteurs, les objets utilisés et/ou créés. Notre travail ne s’était pas limité à l’observation et la collecte de ce qui se passait, mais cette observation était aussi participante : « *l’observation participante* » Pour Hales (1991) ce rôle

d'observateur - participant est un avantage en ingénierie de conception parce que « ... *les aspects subtils du processus sont observés* ». Pour les deux processus de conception, nous étions en même temps observateur et acteur, membre de l'équipe de conception.

Conclusion

Nous avons vu dans cette première partie de la thèse que les équipements disponibles pour la transformation des produits agroalimentaires ne répondent pas suffisamment aux besoins des utilisateurs. Malgré les approches initiées pour améliorer l'organisation de la conception, l'implication de l'utilisateur dans la conception est limitée au début (pendant la phase d'analyse du besoin) et à la fin du processus (pour donner son avis sur le fonctionnement de l'équipement physique mis à sa disposition). Dans le contexte de conception dans les PAO nous avons construit une problématique en mobilisant des concepts venant des sciences de l'ingénieur et des sciences sociales. En effet, le Génie Industriel (domaine dans lequel s'inscrit notre travail de thèse) est *"une discipline qui s'intéresse aux problématiques industrielles de la maîtrise globale de l'innovation, du changement technologique et organisationnel (...). C'est un décloisonnement qui mêle mécaniciens et chercheurs des sciences sociales. On doit confronter ses analyses au regard d'autres disciplines afin de passer les barrières entre les disciplines"* (Vinck, 1999a) .

Dans le chapitre qui va suivre, nous allons présenter les résultats de la revue de la littérature réalisée.

CHAPITRE 2 :

DES PRINCIPAUX COURANTS DE CONCEPTION CENTREE UTILISATEURS VERS LA CONSTRUCTION D'UNE METHODE ORIENTE UTILISATEUR

Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter la synthèse de la bibliographie sur les principaux courants impliquant les utilisateurs dans la conception de leurs produits. Avant de décrire ces principaux courants de conception et de justifier leur intérêt dans notre recherche, nous allons présenter dans un premier temps un cadre théorique qui aidera à clarifier les terminologies employées. Les méthodes classiques de prise en compte du besoin dans la conception sont décrites dans un second temps. Le troisième point porte sur les courants de la conception participative. L'étude bibliographique fait ressortir qu'il existe globalement trois grands courants de méthode impliquant les utilisateurs dans la conception : *Participatory Design*, *Scenario based design* et *User Centered Design*.

1. Cadre théorique

1.1. Conception

Plusieurs auteurs ont tenté de définir ce qu'est la *conception*. Selon Aoussat (1990), « *la conception est une activité pluridisciplinaire transversale à toutes les disciplines qui interviennent dans l'élaboration d'un produit* ». Pahl et Beitz (1996) définissent la conception comme une activité qui concerne tous les domaines de la vie humaine, dans laquelle l'ingénieur concepteur mobilise ses connaissances scientifiques et son expérience afin d'apporter des solutions au problème préalablement défini pour la réalisation de l'artefact. De Terssac (1996) en parlant de la conception, la définit comme (1) une activité collective qui se construit dans un rapport de « prescription réciproque », fondement de la coopération, (2) une

suite de décisions des concepteurs visant à structurer l'action des utilisateurs, et (3) une activité qui se poursuit dans la réalisation des actions. Pour Jeantet et al. (1996b) l'activité de conception consiste à produire une multitude d'objets ou de documents de diverses formes (textes, dessins, calculs, maquettes, etc.) et à les évaluer, les critiquer et les modifier pour en produire de nouveaux.

En effet, la conception a connu d'importantes évolutions ces dernières décennies. Son organisation est passée d'une structure séquentielle à une structure intégrée avec un chevauchement des activités dans le temps et une confrontation des expertises des différents acteurs dans l'espace : l'ingénierie concourante (*Concurrent Engineering*) (Bossard, Chanchevri et al., 1997). Midler (1997) indique que l'ingénierie concourante *cherche à permettre l'expression de tous les points de vue au plus tôt, d'anticiper*. Ce mode d'organisation a amené les acteurs à coopérer simultanément. Cette coopération peut se faire soit de façon conjointe : conception intégrée (Tichkiewitch, 1998), ou soit dans des lieux différents : conception distribuée (Brissaud et Garro, 1996). Par ailleurs, le caractère collectif des activités de conception a nécessité le développement de méthodes et outils pour améliorer les pratiques collaboratives : la conception collaborative (*Collaborative Design ou Collaborative Engineering*) (Willaert, de Graaf et al., 1998; Détienne, Boujut et al., 2004).

1.2. Produit

Le produit est défini par le dictionnaire Larousse comme le résultat d'une activité. Il peut inclure les services, les matériels, les produits issus de processus à caractère continu, les logiciels, ou une combinaison de ceux-ci. Pour Chevallier (1989), le produit est *un point de convergence, d'un côté, il est le résultat d'un processus, de l'autre il représente un attrait pour un sujet*. Hubka et Eder (1996), présentent le produit comme le résultat final de l'activité de conception. Il doit être capable de répondre aux attentes des utilisateurs. Dans notre contexte, le produit est désigné par *équipement*. Il s'agit de petites machines destinées à produire manuellement ou plus souvent à l'aide d'un moteur des produits agroalimentaires.

1.3. Utilisateur

Puisque notre recherche vise à développer une méthode de conception permettant l'intégration de l'utilisateur, il convient de le définir. Le petit Larousse définit l'utilisateur comme une personne qui fait usage d'un bien ou un service. Pour Chevallier (1989) l'utilisateur est celui qui, se servant d'un produit, satisfait son besoin fondamental ; c'est lui

qu'il faut considérer plus particulièrement au moment de la conception. Pour Delafolie (1991), il s'agit d'une personne ou d'une entité qui exploite au moins une des fonctions du produit au cours de son cycle de vie. Anon (2006) souligne que l'utilisateur est la plupart du temps un groupe cible de personnes et qu'il faut savoir déterminer la juste typologie des utilisateurs réels ou potentiels et qu'il importe de cerner au mieux les besoins de cet utilisateur, personne ou entité, de caractériser sa demande selon différents critères d'appréciation du service attendu, ce qui conduit à l'élaboration du cahier des charges fonctionnel (CdCF). Conte (2004) définit l'utilisateur comme *toute personne qui se trouve conduite à rentrer en relation (physique ou sensorielle) avec le produit*.

Dans tous les cas, l'utilisateur est une personne physique qui utilise un équipement pour sa fonction principale utile. Par rapport à notre contexte, l'utilisateur est désigné par les praticiens de l'activité de transformation agroalimentaire. Il s'agit des femmes transformatrices (cf. Chap. 1) et des utilisateurs d'équipements agroalimentaires qui assurent des prestations de service. Ce sont en fait les personnes qui utilisent directement l'équipement.

2. Les méthodes de prise en compte du besoin en conception

2.1. Analyse Fonctionnelle

L'Analyse fonctionnelle est une démarche qui consiste à rechercher, ordonner, caractériser, hiérarchiser et/ou valoriser les fonctions (selon la norme NF X 50-150, « *actions d'un produit ou de l'un de ses constituants exprimées exclusivement en terme de finalité* »). Elle consiste à considérer le système comme une boîte noire, que l'on définira exclusivement par son action (ses effets), et en rien par son contenu (Anon, 2005a). Pour Delafolie (1991), l'analyse fonctionnelle consiste à exprimer le besoin sous forme de fonctions de service qui expriment les relations entre le produit et son environnement. Le Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF) présente cette modélisation du besoin sous forme d'un ensemble de fonctions validées, caractérisées et hiérarchisées. Le CdCF est un document qui évolue et s'enrichit progressivement au cours de la création du produit, depuis la "saisie du besoin" jusqu'au lancement du "développement". Toute modification du CdCF est discutée avec les

acteurs du projet et reçoit l'aval du demandeur. Le CdCF représente le document d'engagement d'un projet dont il constitue le "contrat" tout au long de la durée du projet.

2.2. Conception à l'écoute du client

La Conception à l'Écoute des Marchés (CEM) est une des méthodes utilisées pour analyser le besoin des utilisateurs. Pour Shiba (1995), il s'agit d'une démarche qui permet d'explorer les besoins cachés et latents des clients. Les voix des utilisateurs sont recueillies par des interviews. Ces derniers sont dépouillés à l'aide du « diagramme des affinités » et la « méthode de choix multiples ». Après le dépouillement, les voix des utilisateurs sont traduites dans un tableau sous forme d'éléments clés puis d'attentes.

3. Les principaux courants de conception centrée utilisateur

Pour construire une méthodologie de conduite des projets de conception, nous présenterons un état de l'art sur les démarches de conception orientées utilisateur. L'étude bibliographique fait ressortir qu'il existe globalement trois grands courants de méthode de prise en compte des utilisateurs dans la conception à savoir : le *Participatory Design*, le *Scenario based design* et le *User Centered Design*.

3.1. Participatory Design (PD)

3.1.1. Prémisses

L'implication des utilisateurs dans la conception des dispositifs qui leurs sont destinés a été initiée dans les années 70 dans les pays scandinaves avec les recherches menées par Pelle Ehn, Morten Kyng, Kriten Nygaard, et d'autres éminents chercheurs (Kraft et Bansler, 1992). Caelen (2005) révèle que *pendant cette période, le gouvernement avait voté deux lois qui donnaient le droit aux employés de participer aux décisions concernant leur milieu de travail. Au début, le droit à la participation était une question de répartition de pouvoir entre l'employeur et le syndicat. L'implication des utilisateurs était donc essentiellement vécue comme une question de démocratie, l'instrument le plus important étant la législation* ». Caelen (2004), souligne que le PD (conception participative) a pour ancêtre l'ingénierie concurrente (IC) développée dès les années 60 aux Etats-Unis et vécue par la suite différemment selon les pays et les cultures mais avec des fondements communs : (a) accroître

le rôle de la conception dans le processus de développement et réciproquement, (b) améliorer la prise de décision conjointe (c) former des équipes multifonctionnelles, (d) inclure les utilisateurs dans le processus de conception, (e) considérer le gain de temps comme un avantage vis-à-vis de la concurrence. Caelen révèle que les principaux succès de l'IC ont porté sur le cycle de développement/fabrication de produits plus que sur la phase de conception ; c'est pourquoi l'aspect *conception participative* a été développé pour renforcer l'IC sur cette partie plus faible.

Dans leur article « The collective resource approach: The scandinavian experience », Kraft et Bansler (1992) ont montré que les recherches menées par Pelle Ehn, Morten Kyng, Krieten Nygaard, et autres ont abouti à des approches de changement organisationnel autorisant la participation « démocratique » des travailleurs dans le processus de conception. Parmi ces approches, la plus célèbre a été « *Collective Resource Approach (CRA)* » (Ehn et Kyng, 1987), donnant aux « syndicats » (*Trade Union*) (opérateurs du dispositif) la possibilité d'exprimer leur propre opinion dans le processus de prise de décision. Avec l'approche *CRA*, les « syndicats » sont autorisés à critiquer et faire des propositions parfois contraires aux initiatives prises par les concepteurs et même les employeurs (Kraft et Bansler, 1992).

Des expérimentations à travers plusieurs projets ont montré que l'approche *CRA* bien que pertinente n'est pas suffisante. Ces projets ont conduit à des extensions de la théorie *CRA* qui ont contribué à (1) favoriser la co-opération entre les concepteurs et les utilisateurs (Greenbaum et Kyng, 1991a), (2) rendre le processus participatif plus attrayant et plus significatif pour les concepteurs, (3) extraire et intégrer dans la conception les *connaissances tacites* des utilisateurs par l'utilisation par exemple de maquettes numériques et prototypes pour simuler la situation de travail (Gronbaek, 1991). Le projet Utopia (Bodker, Ehn et al., 1985) est le plus fréquemment cité comme premiers exemples de PD. Ce projet a consisté à développer et expérimenter une « approche orientée travail » [*work-oriented approach* (Ehn, 1988)] pour concevoir des systèmes informatiques (permettant le traitement intégré de textes et d'images, avec comme objectif la production d'un journal) pour des opérateurs qualifiés. Kuhn et Winograd (1996) rapportent que Pelle Ehn, ayant participé au projet Utopia, a décrit sa vision de la conception qui concerne les activités sociales et créatives et qui décloisonne les frontières disciplinaires :

« *Design is seem as concerned social and creative activity founded in our traditions, but aiming at transcending them by anticipation and construction of alternative futures. (...) The existing disciplinary boundaries*

between natural sciences, social sciences and humanities are dysfunctional for the subject matter of designing (...) artefacts (Ehn, 1988)."

C'est encore Kuhn et Winograd (1996) qui résument que l'application de *Utopia* a fait émerger cinq théories constituant des concepts de base de PD : l'investigation contextuelle (*contextual inquiry*) (Holtzblatt et Jones, 1993), l'action située (*situated action*) (Suchman, 1987), la conception orientée travail (*work-oriented design*) (Ehn, 1988; Greenbaum et Kyng, 1991b), la conception pour l'apprentissage (*design for learnability*) (Brown et Duguid, 1992) et la conception située (*situed design*) (Greenbaum et Kyng, 1991b). Selon Holtzblatt et Beyer (1997), l'investigation conceptuelle est une méthode d'enquête structurée permettant à une équipe de conception de recueillir les données détaillées dont elle a besoin pour comprendre les besoins des utilisateurs. Elle est basée sur trois principes fondamentaux : (1) le déroulement de l'observation et de l'interview au lieu de travail des utilisateurs ceci pour faciliter la prise en compte du contexte d'usage du produit, (2) l'implication de l'utilisateur comme un associé dans la conception et (3) la prise en compte de l'utilisabilité du processus (Holtzblatt et Jones, 1993). Dans son livre "*Plans and Situated Actions: The Problem of Human Machine Communication*" Suchman (1987) explique que l'*action située* est une approche qui étudie comment les acteurs agissent dans une situation.

Aujourd'hui PD est devenu un standard de pratique surtout dans l'industrie informatique. Depuis 1990, une conférence de PD (Participatory Design Conference) organisée par Computer Professionals for Social Responsibility (CPSR) se tient tous les deux ans, et enrichit l'approche par des pratiques, des méthodes et des outils.

3.1.2. Définitions de Participatory Design

Notre recherche bibliographique sur le PD fait ressortir quatre formes de définitions. Pour certains auteurs, le PD est un ensemble de principes et de pratiques qui concourent à l'implication de l'utilisateur dans la conception. Pour d'autres le PD est une approche de conception coopérative. Un troisième groupe d'auteurs définissent le PD comme l'intégration du domaine de connaissance de l'utilisateur dans la conception. Enfin, une tendance philosophique considère PD comme l'intégration de l'usage dans la conception. Mais toutes ces formes de définition ont un dénominateur commun qui est la participation de l'utilisateur dans la conception.

3.1.2.1. *Participatory Design, une collection de principes et de pratiques*

A la conférence de PD à Trento en 2006, Jacucci, Kensing et al. (2006) ont défini le PD comme une collection de principes et de pratiques qui visent la conception de technologies et d'institutions répondant aux besoins humains. Parmi ces principes, le plus important est l'implication directe des utilisateurs dans la co-conception des dispositifs qui leur sont destinés.

En s'appuyant sur un ensemble de définitions, Beveridge, Claro et al. (2005) définissent le PD comme est un ensemble de pratiques de conception qui intègrent les utilisateurs comme membres de l'équipe de conception pendant tout le processus de conception. Le but de la conception est de répondre aux besoins réels des utilisateurs suivant une démarche collaborative avec un processus interactif. PD est caractérisée par l'implication des utilisateurs dès la phase amont de la conception et non après des productions : concepts, visions, prototypes, etc.

Clement et Besselaar (1993) énumèrent les cinq composants de PD :

“ fives ingredients for participation : (1) workers must have access to relevant information, (2) workers must have the opportunity to take independent position on issues, (3) workers must be included in the process of decision making, (4) appropriate participatory methods must be available, and (5) sufficient organizational to technological flexibility.”

3.1.2.2. *Participatory Design, une conception coopérative*

Dans l'article "The Development of Cooperation: Five Years of Participatory Design in the Virtual School" Carroll, Chin et al. (2000) expliquent que le PD est une conception coopérative dans laquelle les utilisateurs ou des représentants d'utilisateurs sont inclus dans l'équipe de conception en définissant les objectifs de conception et en participant à la création des prototypes. Par ailleurs, ils ont montré que le PD est fondamentalement un processus d'apprentissage mutuel et ainsi de développement personnel pour les participants.

3.1.2.3. *Participatory Design, intégration du domaine de connaissance des utilisateurs*

Pour Carroll (2004a), le PD couvre toutes les méthodes qui intègrent les utilisateurs dans la conception et leur permet d'apporter leur connaissance à la prise de décision :

“Participatory design covers all design methods in which users (and perhaps other non-designer stakeholders) are independent actors in the decision making. Participatory design is an obvious way to bring more knowledge into the design process. It allows users to bring their domain knowledge to the design decision making that ultimately will impact their practices and communities. By bringing the users themselves into the process, PD facilitates the sharing of tacit knowledge.”

Marti (2006) révèle que le PD est le moyen d’intégrer le domaine de connaissance des utilisateurs dans le processus de conception multidisciplinaire. Or, la conception multidisciplinaire est une activité de confrontations culturelle et non culturelle dont l’harmonie constitue une tâche délicate. La médiation entre les différentes cultures requiert d’une part la communication et le partage d’idées et d’informations d’un contexte culturel à un autre, et d’autre part le développement de méthodologies ad hoc pour aider les différents acteurs à se comprendre afin de travailler ensemble.

Pour Krippendorff (2006), le PD établit une notion de communication humaine qui repose sur deux concepts fondamentaux : (meaning and dialogue) la signification et le dialogue. Ces deux concepts concourent à la compréhension des connaissances des utilisateurs.

Selon Haines et Wilson (1998), la conception participative est “l’implication de personnes dans la planification et le contrôle d’un volume significatif de leurs activités de travail, ces personnes disposant d’un savoir et d’un pouvoir suffisant pour exercer une influence aussi bien sur les processus que sur les résultats, afin d’atteindre des buts souhaitables”

3.1.2.4. Participatory Design, conception de l’usage

Pour Blomberg et Henderson (1990) cité par Beveridge, Claro et al. (2005), le concept de PD sous entend deux choses : (1) concevoir le travail des utilisateurs et (2) concevoir avec les utilisateurs. Trois principes de base guident l’approche :

- la conception est focalisée sur le travail des utilisateurs et non sur la technologie qui n’en constitue qu’une composante
- l’approche est collaborative entre concepteurs et utilisateurs
- des objets (maquettes numériques, scénarios d’usage et prototypes) sont utilisés comme moyen.

3.1.3. La participation dans PD

Darses et al. (2001) ont identifié, dans une étude faite dans le domaine de la plasturgie sur les conditions de participation des opérateurs à la conception de leurs dispositifs de travail, trois points comme vecteurs de réussite de la conception participative : (1) *améliorer le pilotage des réunions de conception participative, de façon à véritablement associer les opérateurs au processus de conception* ; (2) *fournir aux opérateurs des supports de conception appropriés* ; (3) *faire varier les types de réunion des groupes techniques, de sorte que les représentations des opérateurs à partir desquelles les concepteurs techniques conçoivent soient plus variées et plus riches*.

Dans le but de comprendre comment intégrer, les connaissances des utilisateurs finaux, du “monde réel” au “monde de la conception”, Marti (2006) analyse la classification faite par Druin (2002) sur la participation des enfants dans la conception de leurs jeux multimédia. Dans cette classification, Druin définit quatre (4) principaux rôles que peuvent jouer les enfants (utilisateurs) dans le processus de conception de la technologie : *utilisateur*, *testeur*, *informateur* et *co-concepteur* (concepteur associé). Dans le rôle d'*utilisateur*, les enfants contribuent au processus de recherche et développement par l'utilisation de la technologie. Cette utilisation par les utilisateurs permet aux concepteurs de recueillir des données. Les concepteurs (chercheurs) exploitent ce rôle pour comprendre l'impact de la technologie sur les enfants utilisateurs. Dans le rôle de *testeur*, les enfants testent des prototypes de la technologie qui font encore objet de recherche dans la conception. Les résultats d'essais sont exploités pour améliorer les itérations sur la future technologie. Dans le rôle d'*informateur*, les enfants contribuent à diverses étapes du processus de conception en répondant à des questions. Et finalement, avec le rôle du concepteur associé, les enfants sont considérés comme les partenaires égaux dans la conception de la technologie pendant toute l'expérience.

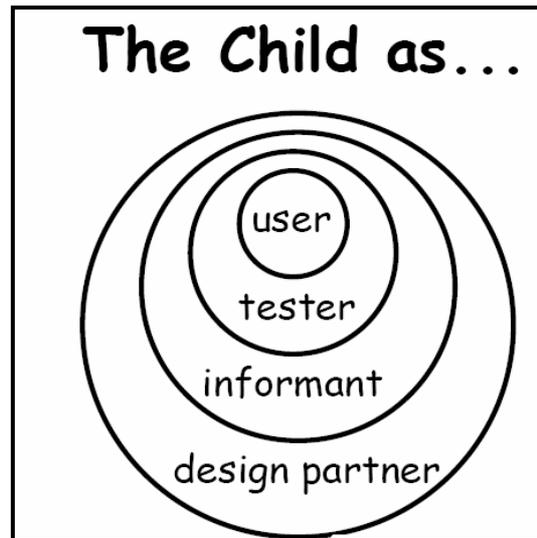


Figure 2.1 : Les quatre rôles que peuvent jouer les enfants (utilisateurs) dans la conception de nouvelles technologies (Druin, 2002)

Pour Druin, ces rôles ne sont pas nécessairement différents de celui des adultes. Bien que différents l'un par rapport à l'autre, certains rôles en incluent d'autres (voir Fig. 2.1). Par exemple, dans le rôle de l'informateur, les enfants peuvent être amenés à tester certains prototypes (donc testeurs), et contribuent au processus de recherche et développement (utilisateurs). Au regard de cette typologie, Marti (2006) estime qu'il faut une définition plus adéquate des rôles des utilisateurs (et des méthodologies de leur implication), pour mieux intégrer le domaine de connaissance des utilisateurs dans la conception. A cet effet, elle propose le rôle d'*utilisateur médiateur* qui est une catégorie hybride mettant en relation l'équipe de conception et l'utilisateur.

Par rapport à la question de participation, Darses (2004b) indique que *la conception participative s'exerce de façon similaire dans trois sphères : (1) la participation des acteurs de la production et de la fabrication aux transformations de leur propre système de travail, (2) la contribution d'utilisateurs finaux au cycle de développement de produits et plus largement, (3) la contribution d'acteurs non concepteurs de métiers aux décisions de conception dans le cadre de conception.*

3.2. Scenario Based Design (SBD)

Si le PD constitue un courant global d'implication de l'utilisateur et des autres acteurs non concepteurs dans la conception, on abordera dans ce paragraphe une forme particulière de

courant d'implication dans la conception de l'utilisateur basée sur l'objectivation de l'usage du futur produit : Scenario Based Design (SBD).

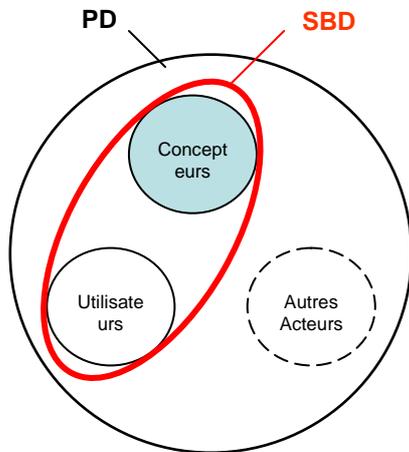


Figure 2.2 : Positionnement de SBD par rapport au PD

La figure 2.2 présente le positionnement de SBD par rapport à PD. A travers les revues de la littérature, nous avons constaté que le SBD met l'accent sur les concepteurs et les utilisateurs. Or le PD inclut d'autres acteurs comme des personnes chargées de la diffusion, des décideurs, etc.

3.2.1. Scenario Based Design, prise en compte du contexte d'usage dans la conception

Dans son article "Five raisons for Scenario Based design", en introduisant le concept de *Scenario Based Design*, Carroll (2000a) part d'une critique sur l'approche classique de conception de produits centrée sur la définition de fonctions et la transformation de ces dernières en phases successives jusqu'au prototype. Or, les produits de conception (les logiciels informatiques, etc.) jouent un autre rôle que celui de répondre aux fonctions pour lesquelles ils sont conçus. En effet, *ces produits restructurent l'activité humaine, créent aussi bien de nouvelles possibilités que de difficultés. D'autre part, le contexte dans lequel ils sont utilisés constitue une contrainte au développement et à l'application du travail.* Au regard de cela, Carroll estime que *le concepteur doit, pendant l'action de conception, prendre en compte les transformations et/ou les contraintes qui pourraient apparaître dans le contexte d'usage du futur produit.* Une approche directe pour y parvenir, c'est d'envisager et documenter de façon explicite, tôt et continuellement dans le processus de conception, des

activités typiques et significatives des utilisateurs. De telles descriptions sont appelées *scénarios*. Pour l'auteur, *Scenario Based Design* est une approche singulière dans laquelle *la description de comment les gens accomplissent leur tâche constitue les représentations primaires du travail de conception*. La non prise en compte du contexte d'usage a aussi retenu l'attention de Bardram et al. (2002b) qui la considèrent comme une performance de la conception : « *il faut que les concepteurs créent des représentation de contexte d'usage. (...), le scénario est un moyen d'y parvenir* ».

3.2.2. Scénario : Un élément central de Scenario Based Design

Le scénario est au cœur de SBD. C'est une description narrative de l'usage (Carroll, 2000c). C'est une histoire imaginée ou réelle à propos des utilisateurs et de leurs activités sur leur dispositif de travail (Rosson et Carroll, 2001), mais aussi un objet de conception (Carroll, 1994).

3.2.2.1. Scénario, une histoire imaginée ou réelle

Pour Carroll (2000a), un scénario (1) est *une histoire* qui vise à montrer ce que font les opérateurs avec leurs dispositifs, *quelles procédures sont adoptées ou non, réussies ou non* *quelles interprétations donnent ces opérateurs de ce qui leur arrive pendant le travail*. Pour Lemay (2004) « *les scénarios sont des séries d'événements fictifs impliquant des personnages spécifiques, des produits et des environnements permettant d'explorer des idées de produits/environnements dans le contexte d'un futur réaliste* ». Kuutti (1995) souligne que globalement le scénario (1) décrit un processus ou un enchaînement d'actions, (2) se rapporte à une situation ou à un épisode et enfin (3) représente le système du point de vue des utilisateurs. En définissant le concept de scénario, Rosson et al. (2002a) indiquent que les scénarios sont des événements de situation d'usage au cours duquel un ou des acteurs avec des motivations personnelles, des connaissances et des capacités manipulent des outils et objets variés.

3.2.2.2. Scénario, un objet

Les scénarios sont réalisés dans le but de concevoir un produit. Ils se présentent sous forme de texte, vidéo, images, maquettes, prototype, etc. Ce sont des représentations de conception (Carroll, 1994). Le produit se développe à partir des scénarios qui constituent des artefacts évolutifs (Carroll, 1995; Ylirisku, 2004).

Carroll et Rosson (1990) ont montré que les scénarios sont des objets de conception orientés travail (*work-oriented design object*) ; ils décrivent le système en terme de travail que doivent accomplir les utilisateurs tout en assurant leur besoin. Cette nature des scénarios à décrire le travail des utilisateurs a été aussi mise en exergue par Chin et al. (1997), Muller et al. (1995) et Karat (1991; 1995).

3.2.2.3. Challenge

Enfin, les scénarios évoquent la réflexion dans le contexte de conception (Carroll, 2000a). Pendant le processus de conception, les concepteurs organisent des réunions de conception, réalisent un (ou des) prototype(s) pour évaluer la (ou les) solution(s) technologique(s) retenue(s), etc. Pour Carroll, ces activités permettent aux concepteurs d'avoir une réflexion sur le travail qu'ils font mais ils n'évoquent pas la réflexion dans le contexte de conception. Dans le scénario, la narration évoque une image des acteurs au travail, poursuivant un but à l'aide d'un dispositif. L'histoire donne prise au lecteur sur la situation du travail, les motivations, les intentions les réactions et la satisfaction des utilisateurs.

3.2.2.4. Exemple d'application de scénario

Hertzum (2003) informe que les scénarios ont émergé à la fin des années 40 comme méthodologie en stratégie de gestion et depuis lors, leur application est répandue dans d'autres domaines. Jarke, Bui et Carroll (1998) ont montré, à travers une étude, que jusqu'en 1998 l'application des scénarios couvrait trois domaines d'application : la stratégie de gestion (strategic management), l'Interaction Homme Machine (IHM) et le génie informatique (software engineering).

Hertzum (2003) a rapporté un cas d'expérimentation de scénario dans le domaine de conception de logiciel informatique. Dans cette étude, le rôle joué par les scénarios a été analysé et comparé à trois autres artefacts développés pendant la même période : les spécifications fonctionnelles, le model business et le prototype d'interface utilisateur [user interface prototype (UI)]. L'analyse a révélé que le statuts des scénarios était particulier : ils sont (1) basés sur la tâche à réaliser « *task-based* » et (2) descriptifs. Pour Hertzum, ce rôle est au cœur de la propriété du concept de scénario définie par Carroll (1997) :

The defining property of a scenario is that it projects a concrete narrative description of activity that the user engages in when performing a specific task, a description sufficiently detailed so that design implications can be inferred and reasoned about (Carroll, 1997, p. 385).

Carroll (1995) et Jarke (1998) ont révélé que les chercheurs en Interaction Homme Machine (IHM) utilisaient depuis la fin des années 80 les scénarios pour l'analyse des besoins des systèmes informatiques. A la fin des années 90, les scénarios sont devenus très populaires à travers l'approche de cas d'utilisation (*Use Case approach*) qui a été une des méthodes principales de conception de logiciels informatiques orientée objets (*object-oriented software engineering*) (Jacobson, 1995).

Dans le but de fournir aux opérateurs des supports de conception appropriés, deux modèles de scénarios, scénarios fonctionnels et structurels, ont été créés et testés (Darses, Cahour et al., 2001; Poveda, 2001; Darses, 2004a). Les *scénarios fonctionnels* sont des mises en situation de problèmes construits sur la base des fonctions élémentaires attendues de chaque sous-système. Les opérateurs sont sollicités, après la mise en situation et de l'incident, à imaginer le système technique qui résoudrait le problème. Les scénarios fonctionnels donnaient aux opérateurs une bonne compréhension du système technique, mais les opérateurs ont le sentiment d'être mis à l'épreuve du fait des connaissances techniques nécessaires pour résoudre le problème. Les *scénarios structurels* sont réalisés à partir de la décomposition du système structurel en sous-systèmes et des discussions étaient lancées sur les conséquences possibles de la suppression de ces sous-systèmes, qui débouchaient sur les moyens d'action envisageables dans ces cas. Ces expérimentations de scénarios ont permis une reconstruction du problème, une compréhension du système technique, une construction de stratégies collectives, une appropriation forte du système futur et une construction de connaissances exploitables dans l'usage.

3.2.3. Méthode Scenario Based Design

Le cadre théorique de SBD a été défini par Carroll (2000c) et par la suite mis en œuvre avec Rosson (Rosson et Carroll, 2001). La méthode (Fig. 2.3) a pour but de formaliser une compréhension du travail des opérateurs et l'exploiter comme une base pour l'activité de conception. Dans la méthode SBD, les scénarios sont utilisés comme une représentation centrale dans tout le cycle de développement du produit. Ils sont créés à chaque étape du processus, réutilisés et améliorés dans d'autres étapes. Il s'en suit à la fin du processus une liste de scénarios appropriés. A chaque scénario est associé une liste d'attentes et à chaque attente une liste de compromis (Rosson et Carroll, 2002b).

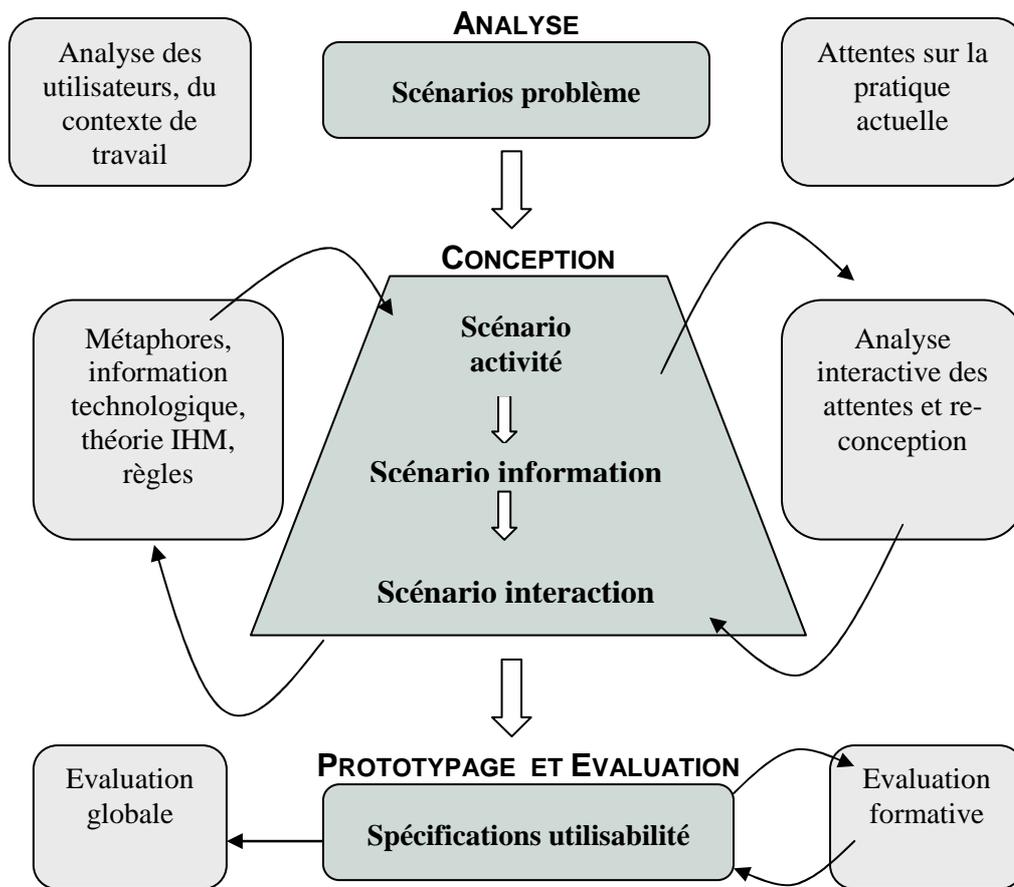


Figure 2.3 : Cadre théorique de Scenario Based Design (SBD)
(Rosson et Carroll, 2002a)

La méthode SBD comporte trois phases : la phase d'analyse, la phase de conception et enfin la phase de prototypage et évaluation.

3.2.3.1. La phase d'analyse

Pendant la phase d'analyse, le travail des opérateurs est observé, analysé, décrit et transformé en scénarios problème par un analyste. Ensuite, les scénarios problème sont transformés et perfectionnés de façon itérative dans les phases de conception et d'évaluation.

Les scénarios problème ont pour objectif d'identifier le domaine du problème (Rosson et Carroll, 2001). Ils décrivent les opérateurs dans l'utilisation de leur dispositif de travail. C'est la description d'une situation réelle, d'une pratique actuelle, qui par la suite est transformée dans le processus de conception. L'objectivation de la conception est inspirée par des métaphores, des options de technologies mais au même moment ces derniers sont contraints

par les connaissances des concepteurs. Chaque scénario est complété par les attentes. L'analyse des attentes aide les concepteurs à avoir une réflexion sur les idées de conception. Un *scénario problème* est une narration de pratique réelle mettant en jeu des acteurs, des contraintes et des artefacts. Pour Rosson et al (2002), ce rôle narratif de la pratique actuelle ne fait pas du scénario problème un élément neutre de la conception : « *l'analyse des activités des utilisateurs inspire à l'EC des éléments de réponses sur l'amélioration de la pratique actuelle. Cette vision oriente le travail de conception* » (Carroll, Karat et al., 1994). *Le scénario problème associé aux attentes constitue le produit central de l'analyse des besoins dans SBD. Il ne s'agit pas de la spécification fonctionnelle mais de critère de besoin. Ces éléments seront utilisés pour définir les fonctions.*

3.2.3.2. *La phase de conception*

L'étape initiale de la phase de conception consiste à améliorer les scénarios problème. Chaque scénario problème sert de cas de test d'évaluation analytique et chaque attente est une hypothèse pour un ou plusieurs cas de test. Tandis que les scénarios problèmes décrivent une situation réelle (autour duquel se pose un problème), les scénarios conception décrivent la vision de leur créateur. Dans SBD, ils sont au nombre de trois : scénario activité, scénario information et scénario interaction. Ils sont évalués à travers des études d'utilisabilité empirique. Pour Rosson et Carroll (2001), la narration du domaine du problème n'est pas la même dans celui de l'activité, de l'information ou de l'interaction. Pendant la conception SBD, les concepteurs créent des représentations qui sont à la fois concrètes et répondent aux besoins des utilisateurs. Pour ce faire, ils prennent en compte l'*activité* des utilisateurs, comment et quelles *informations* doit contenir la technologie, et les *interactions* entre les utilisateurs et la technologie.

Scénario activité : Les scénarios activités sont des descriptions détaillées sur les utilisateurs et leur tâche. La génération du scénario activité est un processus de créativité (Carroll et Rosson, 1992). Les concepteurs partent du scénario problème complété avec les attentes pour construire le scénario activité. Des métaphores sont souvent utilisées par les concepteurs pour aider à la mise en scène de scénario. Pour Erickson (1990), elles aident à étendre le champ de réflexion des concepteurs « *think outside the box* ». Elles peuvent être considérées comme des idées de conception.

Scénario information : Les scénarios information sont des scénarios qui aident à transformer les scénarios activité en scénarios permettant la conception de la technologie

(Rosson et Carroll, 2001). Il s'agit d'un scénario qui décrit toutes les informations que doit fournir la future technologie.

Scénario interaction :

La troisième étape de la phase de conception implique la conception des scénarios d'interaction. Les scénarios interaction décrivent l'interaction réelle de l'utilisateur avec l'interface. Chaque scénario d'interaction est une vision spécifique de l'usage : les utilisateurs, les tâches réalisées par ces derniers, les actions menées, les informations nécessaires pour la tâche et les réponses fournies par le système sont décrits.

3.2.3.3. *La phase d'évaluation*

Les scénarios sont évalués au fur et à mesure qu'ils sont créés. L'évaluation est focalisée sur des essais de performance. Plusieurs formes d'évaluation sont appliquées : l'évaluation formative (*formative evaluation*), menée dans le but d'une re-conception et destinée à améliorer le prototype et l'évaluation globale (*summative evaluation*) qui sert de vérification fonctionnelle du système global.

3.3. User Centered Design (UCD)

La croissance du marché et la concurrence entre les entreprises obligent les industries de technologies informatiques à perfectionner leurs produits. La qualité, les coûts et le délai de mise sur le marché ne suffisent plus comme facteur pour garantir l'acceptabilité de la conception. Les utilisateurs réclament la facilité de l'usage des produits qu'ils achètent. Vredenburg et al. (2002) rapportent que Boeing Corp. et d'autres compagnies exigent de leurs fournisseurs une démonstration du produit avant qu'elles ne les commandent. De même, les compagnies européennes cherchent des produits ISO 9241-11 répondant aux normes d'utilisabilité. C'est dans le but de répondre à l'évolution du marché de technologies que l'approche UCD a été développée. Largement utilisé chez IBM, UCD répond aux exigences sur l'acceptabilité du produit.

3.3.1. Définition de UCD

Vredenburg et al. (2002) définissent le UCD comme une approche qui permet de concevoir le produit pour que son usage soit facile pour l'utilisateur. Le UCD comporte deux composants fondamentaux : une équipe de conception (EC) pluridisciplinaire composée de

spécialistes venant de disciplines variées et un ensemble de principes spécialisés de prise en compte des points de vue de l'utilisateur et leur transformation dans la conception.

Les six principes de UCD sont :

- La définition des objectifs (étude du marché, identification des groupes cibles, etc.)
- La compréhension des clients (leurs activités, problèmes, environnement)
- La formalisation des expériences des clients (conception de tout ce que les clients voient, entendent ou touchent)
- L'évaluation de la conception (test objet et collecte de la rétroaction des clients)
- L'évaluation de la compétitivité
- La gestion des clients (intégration du retour d'expériences des clients).

Pour Katz-Haas, le UCD est à la fois une philosophie et un processus :

UCD is a philosophy and a process. It is a philosophy that places the person (as opposed to the 'thing') at the center; it is a process that focuses on cognitive factors (such as perception, memory, learning, problem-solving, etc.) as they come into play during peoples' interactions with things (Katz-Haas, 1998).

3.4. Apport des méthodes par rapport au contexte spécifique de PAO

Dans le UCD, approche développée pour la conception de logiciels, l'utilisateur interagit avec le concepteur à partir d'une interface ergonomique. Le concepteur cherche à intégrer l'usage dans la conception, à rendre facile l'utilisation du produit. La démarche est une observation et une analyse de l'utilisation (relation entre l'utilisateur et le produit). Il est facile et rapide de réaliser un prototype informatique alors qu'en conception d'équipements, le prototype est le résultat d'une première conception. Faire réagir l'utilisateur sur celui-ci, permet d'avoir une réponse sur l'usage mais cette réponse est trop tardive par rapport à l'avancement de la conception, les solutions techniques sont alors figées.

Le PD met en avant que les utilisateurs et les autres acteurs de la conception non concepteurs doivent participer à toutes les phases du projet et aux prises de décision. Dans notre compréhension du PD et nos pratiques de conception, les décisions de l'équipe de conception sont prises soit lors des rencontres entre les concepteurs et les utilisateurs sur leur lieu de travail et souvent dans l'exercice de leur travail, soit lors des réunions de concepteurs dans leur centre de recherche. Les rencontres avec les utilisateurs se font sur plusieurs sites.

Les deux types de réunions alternent. Les utilisateurs ont une grande liberté de remise en cause des décisions de l'EC puisque celles-ci leur sont présentées pour évaluation. La pratique du PD conduira donc à systématiser les rencontres avec les utilisateurs, à donner la priorité aux décisions prises par les utilisateurs tout en gardant une capacité de propositions, d'étude et de décision au sein de l'équipe de conception en particulier, pour aborder les aspects plus techniques comme la recherche de principes de fonctionnement des équipements, la définition du produit, etc.

Les scénarios réalisés dans « *Scenario based design* » sont intéressants dans notre contexte comme outil à mobiliser pour faire interagir les concepteurs et les utilisateurs. Différents scénarios peuvent être mobilisés pendant la conception, réalisés avec des maquettes numériques, représentations du travail des concepteurs où sont placés des mannequins représentant les opérateurs de ces machines.

4. Méthode CESAM

La méthode CESAM (Conception d'Équipement pour l'Agriculture et l'agroalimentaire dans les pays du Sud, Méthode) a été élaborée pour aider des équipes des pays du Sud à concevoir des équipements. Elle repose sur une conception pluridisciplinaire participative organisée, de type ingénierie simultanée (Fig. 2.3). La conception est conduite par une équipe pluridisciplinaire de petite taille (3 à 5 personnes) regroupant des compétences diversifiées de telle manière que la conception ne soit pas qu'une affaire de mécaniciens et prenne en compte l'ensemble de points de vue sur le futur équipement. Le mode de fonctionnement de l'EC est de partager des informations, de discuter et de prendre des décisions lors de réunions périodiques avec des actions de conception menées individuellement ou à plusieurs telles que les enquêtes auprès des clients, la recherche de documents, etc. qui s'intercalent entre ces réunions. Contrairement aux démarches traditionnelles, elle comporte une phase importante d'études avant la réalisation du prototype. Le processus de conception est organisé en phases où sont consignés des objectifs (Marouzé et Giroux, 2004).

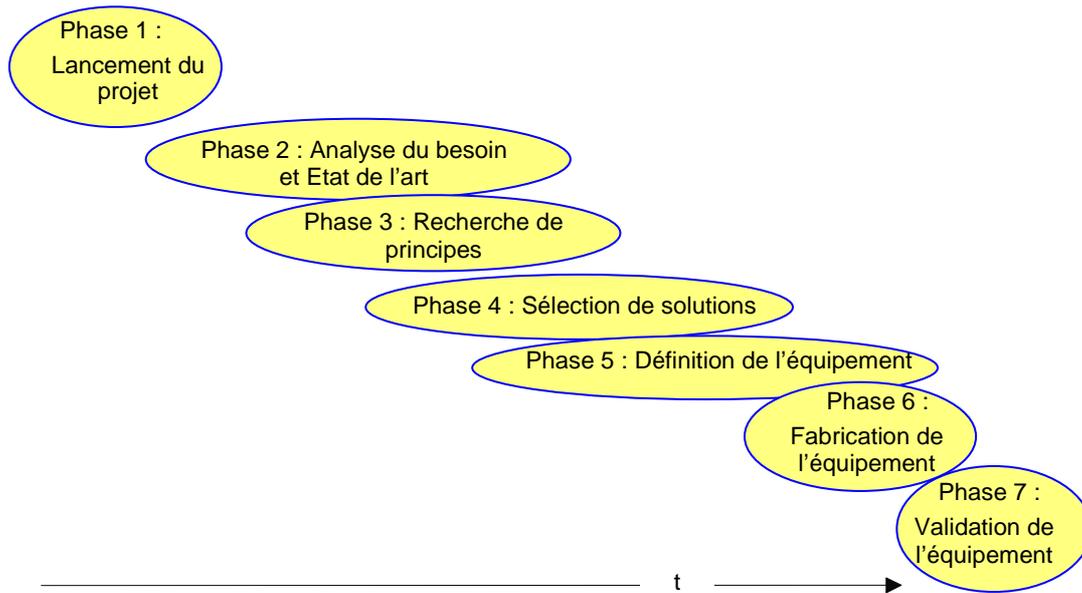


Figure 2.4 : Présentation de la méthode CESAM (Marouzé, 1999)

Après la phase du lancement du projet caractérisée par la constitution de l'EC et la définition des objectifs globaux, les premiers éléments du besoin permettent d'identifier des principes possibles et les plus pertinents sont analysés. La méthode CESAM insiste sur l'identification du besoin et sa traduction fonctionnelle avec une préoccupation économique pendant cette phase du projet. Ensuite, des alternatives de principes de fonctionnement (recherchés en phase 3) et de solutions technologiques (définies en phase 4) doivent y répondre. La phase conceptuelle est conclue par la définition de l'équipement en phase 5. Les activités de fabrication sont déroulées lors de la phase 6 à la fin de laquelle le prototype physique est élaboré. La dernière phase est consacrée à la validation de l'équipement.

Plusieurs outils méthodologiques permettent d'instrumenter les différentes phases de la méthode, depuis l'expression du besoin jusqu'à la réalisation du produit. CESAM-Besoin est un outil d'aide à l'identification du besoin. Il se présente sous la forme d'une check-list d'éléments à prendre en compte pour la collecte des informations sur l'équipement, les produits alimentaires initiaux et finaux, les procédés de transformation existants et des technologies disponibles. CESAM-Fonc aide à la recherche et la rédaction des fonctions de service et à leur caractérisation en proposant des fonctions génériques que les concepteurs doivent décliner en fonction de leur projet. Cette méthode est aujourd'hui utilisée dans plusieurs pays par des équipes locales. L'une des insuffisances de la méthode est qu'elle recommande de prendre en compte les souhaits des utilisateurs mais ne dit pas comment faire

et ne propose pas d'outils pertinents permettant de prendre en compte leurs points de vues pendant toutes les phases de conception. Comme dans les méthodes classiques de conception, les utilisateurs sont impliqués seulement pendant la phase d'analyse du besoin et pendant tout le reste du processus les concepteurs risquent de se substituer aux utilisateurs.

5. Elaboration de concepts pour des expérimentations d'intégration de l'utilisateur

La conception se doit de répondre aux besoins des utilisateurs. C'est pour cela qu'il est indispensable que les futurs utilisateurs soient impliqués dans la conception. Dans ce chapitre, nous avons rapporté la revue de littérature sur les méthodes classiques de prise en compte des besoins des utilisateurs (§1) et les principaux courants de conception centrée utilisateurs (§ 3). L'analyse fonctionnelle nous semble être un outil analytique intéressant car le CdCF élaboré par les concepteurs, évalué par les utilisateurs et traduit en version définitive pourrait constituer un point d'entrée de dialogue avec les utilisateurs. Cependant, le dialogue avec les utilisateurs autour du CdCF pourrait créer des écarts dus au niveau abstrait des fonctions par rapport à une représentation concrète telle qu'elle peut être fournie par un prototype. Par ailleurs, le CdCF est créé et utilisé lors de la phase d'analyse du besoin et non pendant tout le processus de conception. Pour limiter les écarts durant les phases aval, il est indispensable de communiquer avec les utilisateurs à une périodicité déterminée, tout au long de la conception. La méthode SBD basée sur les scénarios créés au début de la conception et réutilisés lors des phases suivantes semble être pour notre contexte une méthode centrale de communication avec les utilisateurs. A travers les scénarios, le contexte d'utilisation et l'usage du futur produit sont envisagés par/avec les utilisateurs et traduits sous forme d'objets concrets devant être utilisés par les concepteurs. Le caractère évolutif des scénarios (créés avec les utilisateurs, exploités par les concepteurs, évalués par les utilisateurs) crée un dialogue et un lien de coopération entre les concepteurs et les utilisateurs. Nous formulons l'hypothèse que :

l'intégration des utilisateurs passe par la coopération avec ces derniers.

Nous avons rapporté au point 3 (§ 3.1.2.2) que le PD est une conception coopérative. En effet, le PD est beaucoup plus une approche qu'une méthode. Nous en retenons de façon particulière cette dimension coopérative.

Enfin, les techniques de maquettage utilisées actuellement en conception pour tester les états du produit en phase conceptuelle en situations réelles et ensuite s'appuyer sur ces premiers résultats pour étayer la discussion ou simuler d'autres variantes nous paraissent intéressantes. Dans notre travail, nous en retenons deux types : la maquette numérique et la maquette fonctionnelle. La maquette numérique (Krause et Rothenburg, 2003) est une technique de conception qui permet de réduire les coûts et le temps de conception. Elle permet également de tester et d'assurer la faisabilité technique du produit, et éviter de passer par une phase de prototype. La maquette fonctionnelle est utilisée dans la méthode CESAM dans le but de rendre moins abstraite la démarche. Il s'agit d'une réalisation "sous forme légère" pour tester un principe de fonctionnement. Dans notre contexte de conception d'équipements agroalimentaires, cette technique permet de réaliser des tests sur le produit agroalimentaire et de juger de la capacité du principe à agir réellement sur le produit, ce qui ne peut se faire avec la maquette numérique.

Enfin, nous ajoutons à notre construit théorique qui servira à développer le travail de terrain, la méthode CESAM pour conduire les expériences de conception.

Conclusion

L'état de l'art sur les approches de conception orientées utilisateur a montré qu'il existe globalement trois principaux courants : *Participatory Design*, *Scenario Based Design* et *User Centred Design*. Cette étude bibliographique a permis de retenir une série d'éléments de (1) méthode CESAM appuyée par la dimension coopérative de *Participatory Design*, (2) concept de scénario de *Scenario Based Design*, et (3) outils d'analyse fonctionnelle, de maquette numérique et maquette fonctionnelle. Ce construit théorique servira de cadre pour développer des expériences participatives que nous présentons dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 3 :

UTILISATION DES OBJETS INTERMEDIAIRES POUR COMPRENDRE ET FACILITER L'INTEGRATION DE L'UTILISATEUR DANS LA CONCEPTION

Introduction

Au cours de notre recherche, nous avons développé trois expériences de conception d'équipements agroalimentaires. La première, « *Machine de production de pâte malléable d'arachide* », a été menée pour comprendre comment se faisait l'implication de l'utilisateur dans la conception. Cette expérience a révélé le manque d'outils permettant la prise en compte de la "voix" de l'utilisateur, non seulement en phase amont, mais pendant toute la conception. Dans le but d'y remédier, des objets intermédiaires de conception (OIC) spécifiques ont été utilisés pour essayer de faciliter l'implication de l'utilisateur dans deux autres expériences : « *Eplucheuse de manioc* » et « *Equipement de mise en forme des bâtonnets de kluiklui* ».

La première partie de ce chapitre présente les 3 études de cas. Le concept opérationnel d'*objets intermédiaires de conception* retenu comme outil d'analyse des processus de conception est présenté dans la deuxième partie. La troisième partie se focalise sur les principaux résultats de l'analyse de ces expériences de conception. Pour permettre aux concepteurs d'avoir une représentation plus précise du besoin et surtout d'avoir une meilleure compréhension de l'opération réalisée traditionnellement par les femmes, nous proposons dans la dernière partie, un outil dénommé « *Diagramme de Compréhension Fonctionnelle (DCF)* » qui doit être utilisable pour toute mécanisation d'opération manuelle, cette dernière représentant la principale demande de conception dans notre contexte de travail.

1. Les expériences de conception

1.1. *Machine de production de pâte malléable d'arachide*

Le matériel empirique est constitué des données recueillies dans le cadre de la conception d'une machine pour produire une pâte malléable d'arachide partiellement déshuilée permettant la préparation du kluiklui. Le processus de conception observé va du lancement du projet, jusqu'à la phase de choix d'un principe de fonctionnement et d'une solution technique. Nous allons retracer les grandes lignes de l'histoire de ce projet afin de bien faire ressortir le contexte de l'étude et les enjeux techniques et sociaux de ce projet, notamment l'enjeu de développer une méthode d'intégration de l'utilisateur.

1.1.1. Problème posé et constitution de l'équipe

Au Bénin, dans le domaine de la transformation des produits agricoles, de nombreuses tentatives ont été réalisées pour améliorer les techniques de transformation par l'introduction d'équipements pouvant remplacer le travail réalisé manuellement par des femmes. Force est de constater que parmi ces innovations technologiques, bon nombre ne répondent pas aux attentes des utilisateurs et ne sont jamais vulgarisées. Ce fut le cas de la transformation de l'arachide « *Arachis hypogaea L.* » en kluiklui, beignets préparés à partir d'une pâte d'arachide d'abord humidifiée et partiellement déshuilée puis mise en forme et frits. Lors des études menées avant le projet, une presse à cage avait été conçue. Bien qu'opérationnelle (taux d'extraction 35% contre 28% pour le procédé traditionnel), elle produisait un tourteau dur au lieu d'une pâte malléable partiellement déshuilée, indispensable pour la préparation du kluiklui. Nous avons monté le projet de conception conduite par une équipe pluridisciplinaire (Tab 3.1) pour résoudre cette contrainte.

Tableau 3.1 : Composition de l'équipe de conception

Compétences	Expériences		Structure
	en Conception	en Pluridisciplinarité	
Génie Industriel	Moyenne	Forte	Centre de recherche
Génie des Procédés	Forte	Faible	Centre de recherche
Socio économie	Néant	Forte	Centre de recherche
Fabrication	Forte	Néant	Equipementier

L'équipe de conception (EC) regroupe quatre personnes ayant des compétences en méthodologie de conception, en socio économie, en technologie agroalimentaire et en

fabrication mécanique. Deux membres de l'équipe ont une expérience en conception d'équipement mais avec une approche individuelle et deux en matière de pluridisciplinarité. La conception coopérative était une nouvelle démarche pour tous. L'EC a été constituée et animée par un ingénieur de recherche (le doctorant) démarrant une formation de 3^{ème} cycle en génie industriel qui lui a permis de participer à une formation sur la méthode CESAM. La fréquence des réunions était de trois par mois. Ces réunions ont contribué à la fois à construire une vision partagée du problème, acceptée par tous les acteurs et à élaborer des solutions techniques. Le processus de conception s'étale sur une période de deux mois, entre le lancement du projet et l'élaboration des solutions techniques. Nous allons présenter plus loin le déroulement et l'analyse du projet. (Adégbola, Midingoyi et al., 2001)

1.2. Eplucheuse de manioc

1.2.1. Problème posé et constitution de l'équipe

Le manioc « *Manihot esculenta* » est un arbuste vivace de la famille des Euphorbiacées (plantes dicotylédones), originaire d'Amérique du Sud (Asiedu, 1996; Anon, 2006). Il est largement cultivé et récolté comme plante annuelle dans les régions tropicales et subtropicales. Au Bénin, de 1998 à 2004, sa production a été multipliée par deux (3182 milliers de tonnes en 2003) et se hisse à la première place des spéculations agricoles béninoises (Anon, 1998a). Elle représente environ 45% du volume de l'ensemble des spéculations agricoles et contribue à 9,5% au PIB agricole. De nombreux produits alimentaires sont obtenus de la transformation du manioc : gari, tapioca, amidon, lafou, cossettes, alcool, farine, etc. La transformation de ces produits nécessite une phase d'épluchage qui est une opération unitaire importante. Il consiste à éliminer les écorces et les extrémités des racines. Aucune transformation ne peut se faire sans cette opération car elle permet de réduire le niveau de glucosides cyanogénétiques contenus dans le manioc et surtout d'éliminer une partie ligneuse impropre à la consommation et souillée par son contact avec le sol (Adégbola, Monhouanou et al., 2001). Les dispositifs d'épluchage mécanique utilisés pour la production d'amidon (Odigboh, 1976) ne sont pas suffisants pour la production du gari et des autres produits agroalimentaires dérivés à cause des glucosides cyanogénétiques qui se trouvent dans la pulpe et qu'ils n'arrivent donc pas à éliminer (c'est pour cela qu'on utilise le rouissage en complément, et/ou le râpage qui permet par réaction avec l'oxygène de l'air d'avoir d'autres composés non toxiques). Dans le procédé traditionnel, l'épluchage du manioc est réalisé par les femmes à la main avec des couteaux. Les transformatrices se blessent

souvent et l'opération est pénible car les quantités à traiter sont de l'ordre de 100 kg par femme et par heure. Les rares expériences d'épluchage mécanique du manioc à l'échelle semi-industrielle se sont soldées par des échecs, notamment à cause de la taille et de la forme éminemment variable des racines (Anon, 1998b). Dans le but d'améliorer le procédé artisanal, nous avons constitué une équipe de conception, respectant les recommandations de la méthode CESAM, composée d'un ingénieur en génie mécanique, d'un ingénieur agroalimentaire, d'un économiste, d'un sociologue et de l'animateur doctorant en génie industriel. Les membres de l'EC se réunissent périodiquement pour partager des informations et prendre des décisions. La fréquence des réunions est de une (1) par mois. Le projet a duré 5 mois (septembre 2004 à janvier 2005). Entre les réunions, les concepteurs travaillent individuellement et/ou en petit groupe et les informations collectées à l'issue de ces activités documentent les réunions de l'EC et la prise de décision.

1.2.2. Déroulement du projet

Avant le lancement du projet, des travaux préalables avaient été réalisés par l'institution de l'ingénieur en génie mécanique, l'Ecole Polytechnique d'Abomey Calavi (EPAC). Globalement, ces travaux se résument à une analyse des équipements existants, une identification des attentes et l'émergence d'une première solution (Fig. 3.1). Ces travaux ont été présentés et discutés lors de la première réunion. L'EC a décidé une réorientation du travail avec une actualisation des attentes des utilisateurs et le rejet de la solution antérieure.

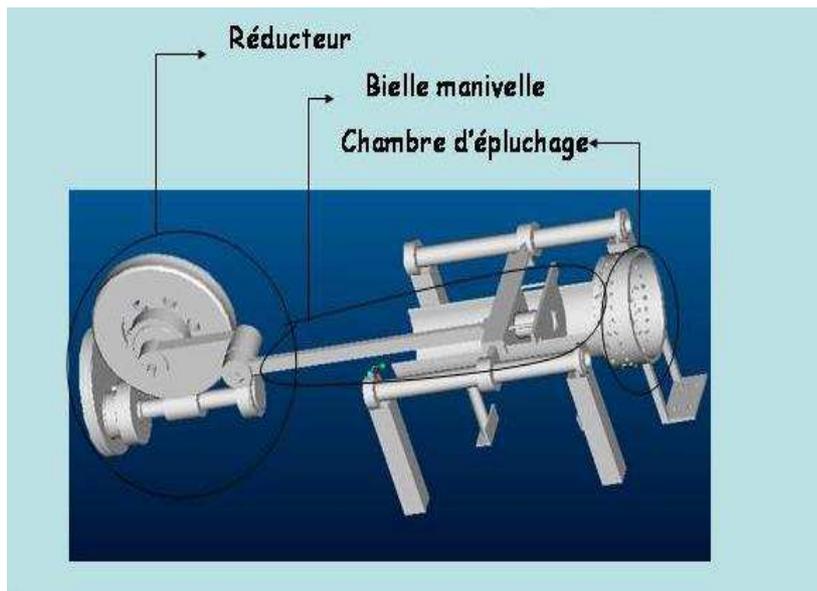


Figure 3.1 : Solution abandonnée par l'EC

La solution présentée à la figure 3.1 a été rejetée à cause du mode d'épluchage discontinu et la non prise en compte de la variabilité de la taille des racines. Des enquêtes auprès des utilisateurs sont ensuite réalisées sur trois sites⁷. Les attentes des utilisateurs sont traduites dans un CdCF (présenté en annexe 3.1) rédigé par l'animateur et présenté aux concepteurs lors de la deuxième réunion où il a été accepté. Ensuite, ce CdCF est présenté aux utilisateurs pour une évaluation. A partir de là, l'ingénieur mécanicien propose une solution qui est modélisée sous la forme d'une maquette numérique (Fig. 3.2) par l'animateur. Celle-ci est discutée et améliorée lors de la quatrième réunion. La maquette numérique est ensuite évaluée par les utilisateurs qui trouvent qu'elle ne répond pas suffisamment à leurs attentes. Les recommandations des utilisateurs sont discutées lors de la cinquième réunion et la décision du lancement de la fabrication est prise par les membres de l'EC. Une étude a permis d'élaborer le dossier de fabrication du prototype.

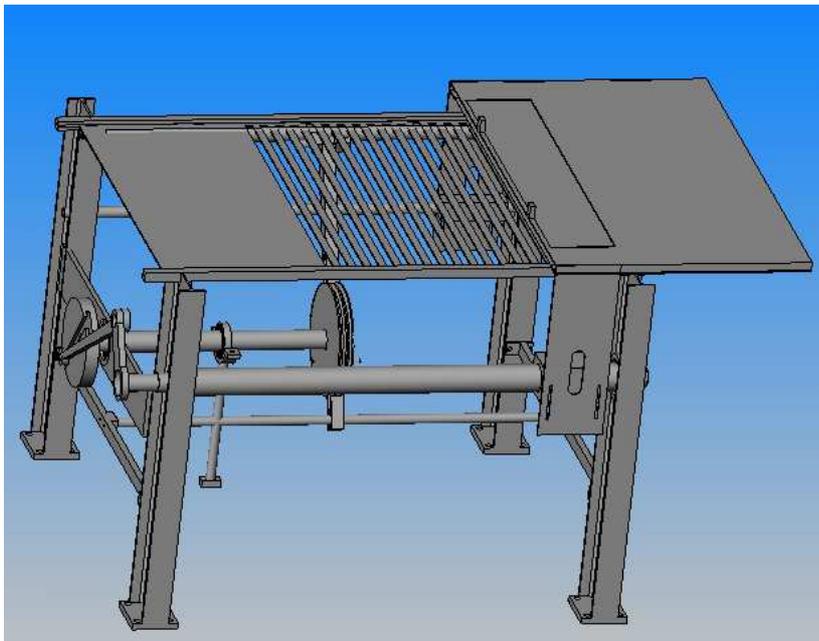


Figure 3.2 : Solution présentée aux utilisatrices

1.3. Equipement de mise en forme des bâtonnets de *kluiklui*

1.3.1. Problème posé et constitution de l'équipe

Dans le procédé traditionnel, le tourteau issu de l'extraction est humidifiée et partiellement déshuilée puis mise en forme de bâtonnets et frits : le *kluiklui*. Le *kluiklui* est un

⁷ Savalou, Ikpilè et Glo-djigbé

aliment traditionnel, très populaire au Bénin, est une source de revenu pour les transformatrices qui le produisent (Dimanche, 1995). La mise en forme du kluiklui est réalisée en roulant la pâte sur une table en bois avec les mains (Photo 3.1). Le projet « *Equipement de mise en forme des bâtonnets de kluiklui* » dit « projet kluiklui » a été monté pour mécaniser cette opération qui ne l'avait jamais été auparavant. Nous avons constitué une EC pour lever cette contrainte. Pour avoir une représentation des compétences variées et complémentaires, l'EC regroupe cinq personnes : un ingénieur en génie mécanique, un ingénieur agroalimentaire, un économiste, un sociologue et l'animateur doctorant en génie industriel. Le fonctionnement de l'EC est le même que celui du projet Eplucheuse à manioc : réunions périodiques pour partager des informations et prendre des décisions. La fréquence des réunions est de une par mois. Entre les réunions, les concepteurs travaillent individuellement et/ou en petit groupe et les informations collectées à l'issue de ces activités documentent les réunions de l'EC et la prise de décision ; c'est le système de fonctionnement DIO « Décision – Information – Opération » (Marouzé, 1999).



Photo 3.1 : Mise en forme artisanale du kluiklui

1.3.2. Déroulement du projet

La première réunion de l'équipe de conception permet aux concepteurs d'avoir une vision partagée du problème. Après, une enquête auprès des utilisateurs permet à l'animateur de rédiger le CdCF (présenté plus loin dans le chapitre à la figure 4.1) qui est présenté et discuté par les concepteurs lors de la deuxième réunion. La présentation de ce CdCF aux utilisateurs constitue la phase d'évaluation qui est le troisième objet d'étude. Les observations et informations collectées sur le procédé traditionnel suggèrent aux concepteurs neuf principes (annexe 3.2) discutés et analysés lors de la troisième réunion. Des principes identifiés, deux sont retenus et testés :

- Le premier principe (principe A) « *Extruder à travers un trou circulaire avec un moulage réalisé par deux cylindres avec empreinte dans le sens de la circonférence* » est basé sur la technique de moulage. On fait passer la pâte d'arachide entre deux cylindres qui tournent en sens opposé. Sur ces cylindres sont réalisées dans le sens de la circonférence des empreintes ayant la forme du kluiklui et dans lesquelles sont moulés le kluiklui. Une plaque en dessous des cylindres accompagne la chute des bâtonnets.

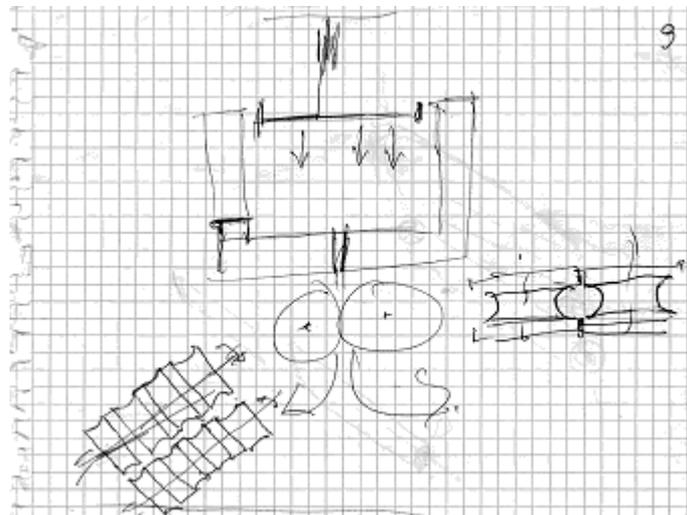


Figure 3.3 : Schéma du principe A

- Le second principe (principe B) « *Extruder avec vis sans fin + coupe de bâtonnets à la sortie de la filière (couteau tournant)* » est composé d'une extrusion de la pâte qui passe par des trous et coupée par un couteau tournant.

Une maquette fonctionnelle de chaque principe est réalisée et évaluée. Seul le principe « *Mouler entre 2 cylindres avec empreinte dans le sens de la circonférence + dispositif pour accompagner la chute des bâtonnets* » est retenu à partir des tests des maquettes fonctionnelles correspondantes. La photo 3.2 présente la maquette fonctionnelle du principe retenu.

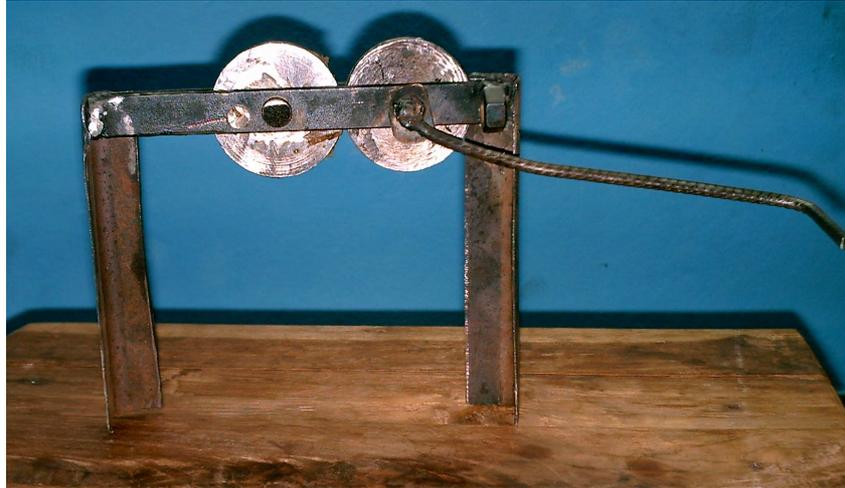


Photo 3.2 : Maquette fonctionnelle du principe retenu

Trois variantes correspondant à autant de mises en œuvre du mouvement du piston sont définies et traduites en maquettes numériques. Leur évaluation par les utilisateurs constitue le dernier objet d'étude de l'EC. Par la suite, les travaux de fabrication seront discutés en équipe restreinte et un prototype sera développé puis évalué avec les transformatrices.

1.4. Méthode de recherche et de traitement des données

Deux approches complémentaires caractérisent la méthode d'analyse. La première regroupant les entretiens (rencontres) avec les utilisatrices, des enregistrements audio et vidéo, des observations et des prises de notes concourent à la collecte des données sur l'objet à concevoir. La seconde part du processus de conception à travers les réunions de l'EC pendant lesquelles sont produits des objets, l'évaluation de ces objets par les utilisateurs, pour analyser ces derniers en utilisant le *concept d'objet intermédiaire de conception* (OIC) proposés par Jeantet (1998). Plusieurs OIC ont été produits dans les projets, mais nous choisissons de focaliser notre analyse sur deux types d'OIC parce qu'ils semblent les plus pertinents comme porteurs des points de vue des utilisateurs : le CdCF et la maquette numérique. Avant

d'aborder l'analyse des expériences de conception, nous proposons de présenter le concept d'OIC.

2. Le concept d'objets intermédiaires comme outil d'analyse de processus de conception

2.1. Le concept d'objets intermédiaires de conception

Les recherches menées conjointement par les mécaniciens du laboratoire 3S⁸ et les sociologues du laboratoire CRISTO⁹ sur le développement des connaissances en conception de produits mécaniques ont abouti à une méthodologie d'analyse des processus de conception de produits à partir des objets construits dans l'action de conception (Jeantet, 1998; Jeantet et Boujut, 1998; Blanco et Boujut, 2003). Avant, Vinck et Jeantet (1995) avaient nommé ces objets, les *Objets Intermédiaires de Conception* (OIC). Ce sont des documents, dessins, maquettes virtuelles ou physiques etc. L'analyse de ces OIC dans diverses études de conception par exemple (Mer, 1994) a montré que lorsqu'ils ont une importance centrale dans l'action de conception, ils jouent un rôle de traduction, de médiation et /ou de représentation.

D'après Jeantet, Tiger et al. (1996a), l'opération de traduction consiste en un passage d'un état du produit à un autre avec « ... *un enrichissement dans la définition du produit par l'apport des points de vue et des contraintes dont sont porteurs de nouveaux acteurs* ». Pour ces auteurs, l'objet est médiateur « *lorsqu'il transforme l'intention qui précède à sa conception* ». Il met en relation des acteurs avec des logiques hétérogènes et, de leur confrontation, sort des compromis, et des apprentissages croisés. Mais « *lorsqu'il est censé représenter, fidèlement, comme un porte-parole, le jeu et les interactions entre acteurs et objets en amont de cet objet* », il est simple commissionnaire (par exemple un plan est censé être exécuté le plus fidèlement possible par le fabricant). La représentation, c'est ce qui matérialise l'état de la définition du (ou d'une partie du) produit à un instant donné du projet. La représentation n'est pas le produit, mais on ne peut pas le séparer totalement du produit parce qu'il y a un lien de type cognitif entre eux. Ils précisent également que « *la représentation renvoie à des propositions, des caractéristiques dérivées du futur produit. Elle renvoie aussi au déroulement déjà accompli du processus* ».

⁸ Laboratoire Sols, Solides, Structures, Grenoble

⁹ Centre de Recherche Innovations SocioTechniques et Organisations, Grenoble

Jusqu'à présent, les études réalisées autour des OIC ont surtout porté sur des cas provenant des pays du Nord. Nous avons pour la première fois mobilisé ce concept dans le cas d'un processus de conception dans un pays du Sud en 2003 (Godjo, Marouzé et al., 2003). En 2006, nous l'avons de nouveau exploité pour faciliter l'intégration de l'utilisateur dans la conception (Godjo, Marouzé et al., 2006). Enfin, Medah (2006) l'a mobilisé dans son mémoire de master pour analyser un projet d'extraction de beurre de karité au Burkina Faso.

2.2. Les OIC comme méthode d'analyse du processus

Dans notre travail de thèse, nous avons analysé, à partir des objets intermédiaires créés et utilisés pendant les activités, les expériences de conception développées sur le terrain. Les OIC qui ont jalonné l'activité de conception de l'*Equipement de production de pâte d'arachide malléable* ont été analysés dans le but de comprendre comment s'est déroulé le processus et plus particulièrement comment les utilisateurs sont impliqués dans la conception. L'étude a fait ressortir que les OIC assurent un rôle de traduction, de médiation et de représentation du futur produit (à différents stades du processus) à travers leurs multiples dimensions : transmettre des connaissances, intéresser ou motiver des acteurs, présenter les connaissances produites, etc. Des OIC ont un rôle essentiel dans des étapes clefs de la conception par exemple, le passage entre l'analyse du besoin et la perception de ce dernier par les concepteurs ou encore, la compréhension des pratiques des femmes transformant manuellement l'arachide et l'élaboration des principes de solutions répondant au besoin. Ces OIC favorisent une conception coopérative.

Déroulement du projet Equipement de production de pâte d'arachide malléable : construction des OIC

Le déroulement du projet est schématisé par la fig. 3.4 avec une représentation des acteurs, des OIC et des outils. Les relations ou liaisons entre ces entités sont présentées par des flèches.

Tabl. 3.2 et fig. 3.4) a été envoyé à des personnes susceptibles d'être intéressées par le projet (responsable du programme de recherche et aux futurs membres de l'EC).

Tableau 3.2 : Présentation des OIC

Code	Objet intermédiaire	Quand?	Supports	Créateur	Observations, autres acteurs
OIC 1	Document « présentation du projet »	Préparation projet	Fichier Word papier	Animateur du Projet	-
OIC 2	Guide d'entretien	Réunion 1	Fichier Word papier	EC puis mise en forme par animateur du Projet	
OIC 3	Enregistrements sonores	Administration enquête	Bande magnétique	Animateur du Projet	Transformatrices
OIC 4	Rapport	Dépouillement	Fichier Word papier	Animateur du Projet	
OIC 5	Schéma de solution	Après administration enquête	Transparents	Fabricant	
OIC 6	Transparent de présentation de l'AF	Réunion 3	Transparent	Animateur du Projet	
OIC 7 V. 1	CdCF (première version)	Réunion 3	Transparents (7)	EC	Mis au propre par l'animateur
OIC 7 V. 2	Liste Fonctions hiérarchisées	Validation fonctions	Papier	Transformatrices + EC	
OIC 8	Fiches des Principes	4 ^{ème} réunion	Transparent	EC	-
OIC 9	Schéma de solution	5 ^{ème} réunion	Transparents	Animateur	
OIC 10	Schéma de solution	5 ^{ème} réunion	Transparents	Fabricant	OIC mineur explication
OIC 11	Schéma de solution	Après 5 ^{ème} réunion	Transparents	Fabricant	

Dès son retour au Bénin, l'animateur rencontre les membres de l'équipe de conception. Suite à l'accord du responsable hiérarchique pour la prise en charge des frais de fonctionnement de l'équipe, l'EC se réunit pour une initiation à la méthode CESAM puis une discussion sur les orientations du projet à partir de l'OIC 1 qui en est modifié (OIC 1, version 2). Se référant à la méthode, l'EC prépare les enquêtes pour identifier précisément le besoin et définit une liste de points devant être abordés lors des entretiens avec les transformatrices. Ces éléments permettent à l'animateur de formaliser le guide d'entretien (OIC 2) (en annexe 3.4). Trois enquêtes dans différentes zones géographiques ont été réalisées sur la base de l'observation du processus de transformation de l'arachide suivi d'entretiens de groupes et individuels semi directifs à l'aide de l'OIC 2. Les échanges avec les transformatrices ont été

enregistrés (OIC3). Les données des enquêtes ont été dépouillées par l'animateur qui les a formalisées sous forme d'un rapport (OIC 4). L'observation des femmes au travail suggère au fabricant une solution technique (OIC 5) présentée à la figure 3.5.

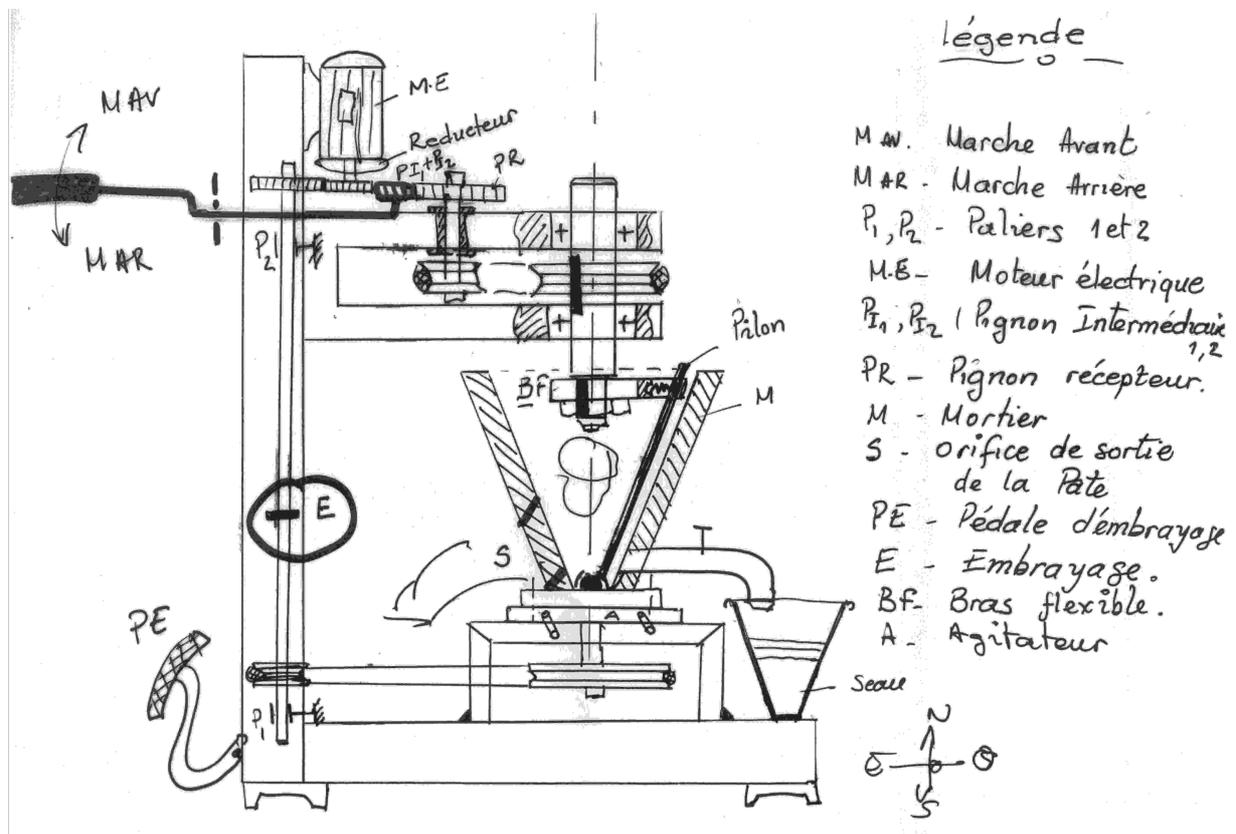


Figure 3.5 : OIC 5, première solution technique du projet « *Equipement de production de pâte d'arachide malléable* »

La deuxième réunion, après les enquêtes, permet à l'EC de partager les connaissances sur le besoin ce qui renforce la création d'une connaissance commune, une meilleure perception du problème et conduit à une redéfinition des objectifs. Pour préparer la formation en analyse fonctionnelle (AF), l'animateur rédige un transparent (OIC 6, présenté à la figure 3.6) qui est utilisé pour une formation de l'EC.

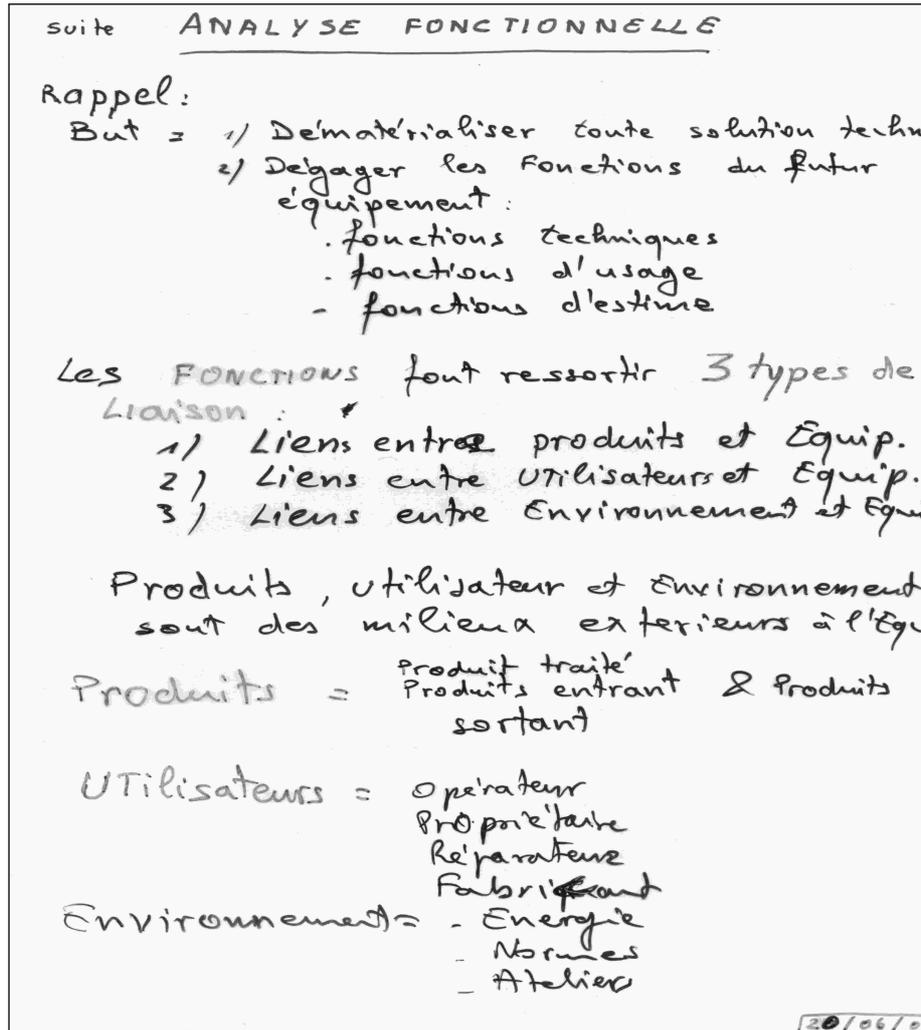


Figure 3.6 : OIC 6, transparent de présentation de l'AF

La réunion se poursuit par l'AF du besoin (recherche et validation du besoin, rédaction des fonctions et des critères d'appréciation) (OIC 7, V. 1) (Fig. 3.7). Ces fonctions sont ensuite validées lors d'un deuxième passage chez les transformatrices qui corrigent les fonctions et les hiérarchisent (OIC 7, V 2)

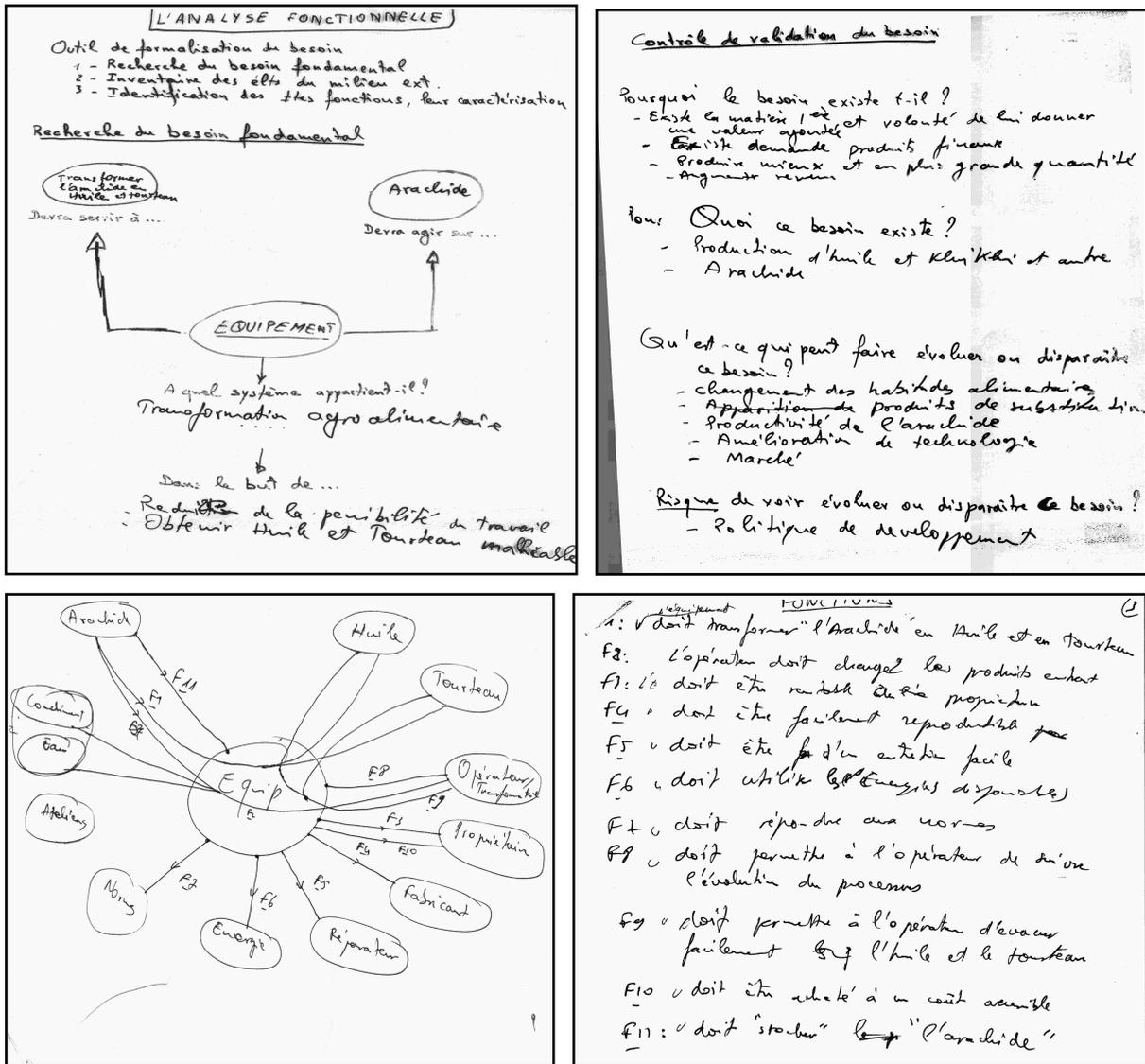


Figure 3.7 : OIC 7 V.1, Analyse fonctionnelle du besoin

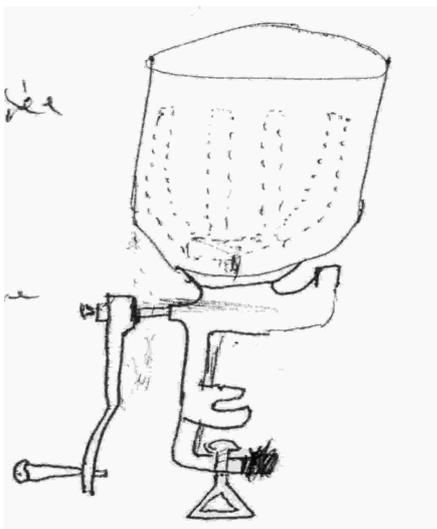


Figure 3.8 : OIC 9, Solution alternative

Lors de la quatrième réunion, consacrée à la recherche des principes, l'EC identifie des fonctions techniques et principes permettant d'assurer la fonction principale (transformation de la pâte d'arachide), qui sont listées dans l'OIC 8 (en annexe 3.5).

Lors de la réunion suivante, le fabricant présente sa solution (OIC 5) qui est discutée. Une autre alternative (OIC 9, Fig. 3.7) est proposée et aussitôt discutée. Des schémas explicatifs contribuent à un échange (OIC 10, Fig. 3.9). Finalement, le principe de fonctionnement de l'OIC 5 est retenu mais pas la solution technique qui y est associée car l'EC privilégie une solution mixte (double entraînement manuel ou motorisé). Un plan à main levée (Fig. 3.10) est réalisé puis mis au propre après la réunion (OIC 11).

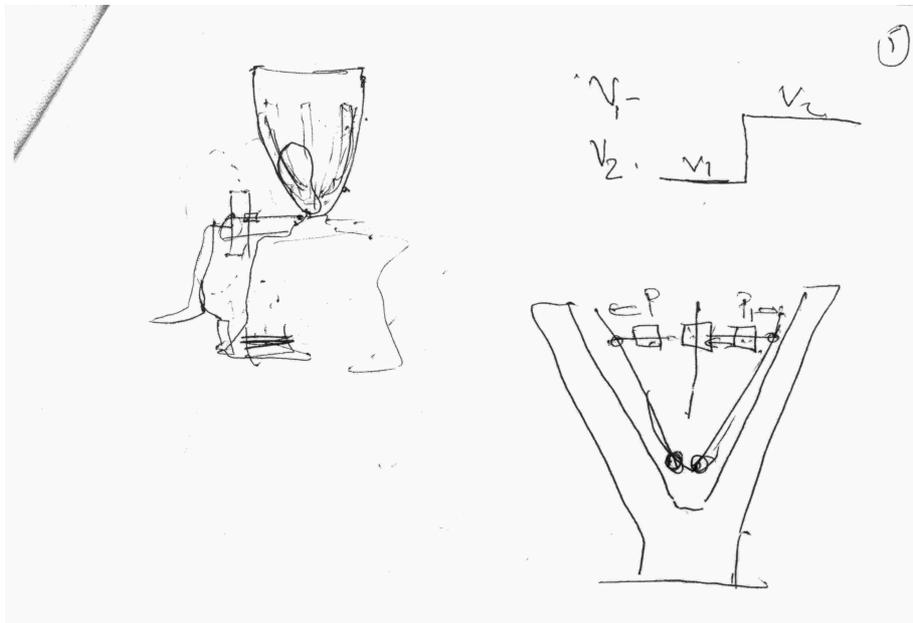


Figure 3.9 : OIC 10, schémas explicatifs des OIC 5 et 9

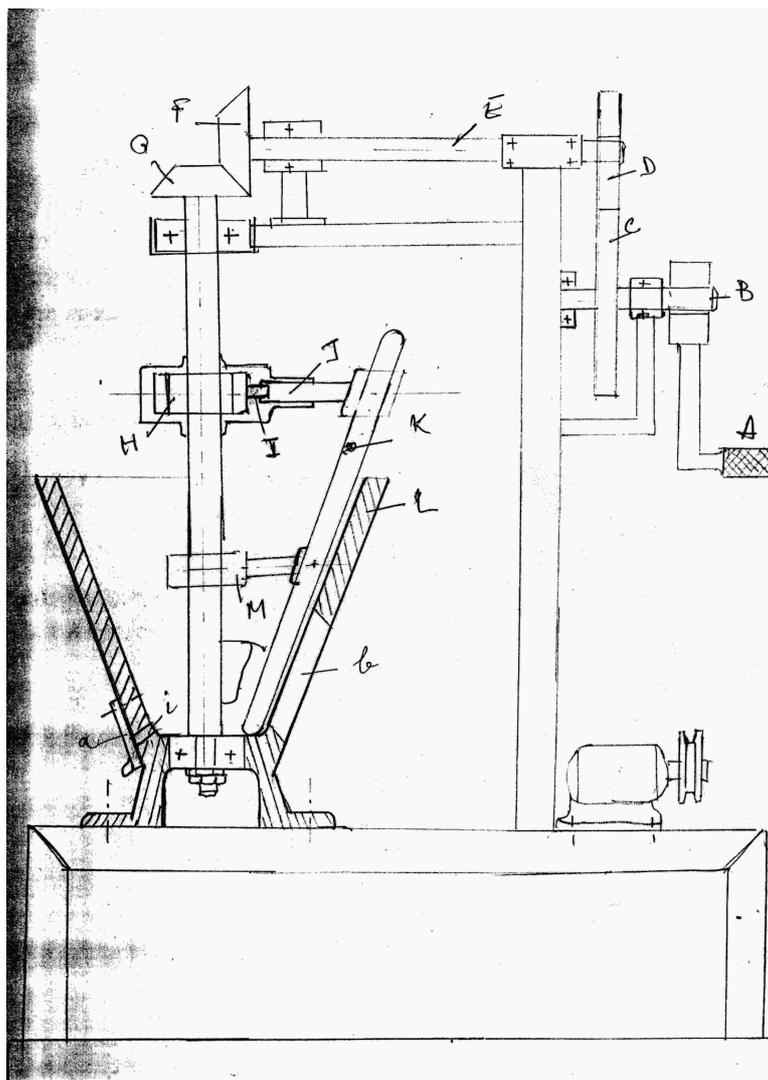


Figure 3.10 : OIC 11, Solution mixte

Ceci termine la séquence de production des OIC par l'EC, le projet se poursuivra ensuite avec des tests et des adaptations de prototypes qui sont conclus par un équipement (Photo 3.3) actuellement en vulgarisation au Bénin mais aussi dans la sous région ; Togo et Burkina Faso dans le cadre d'un projet CORAF¹⁰.

¹⁰ Centre Ouest africain et centre africain pour la Recherche et le développement Agricole



Photo 3.3 : Equipement de production de pâte malléable d'arachide

2.2.1. Analyse des OIC

Le tableau 3.3 permet d'appréhender le rôle joué par les OIC dans l'activité de conception. Dans ce tableau, on trouve listés les OIC avec leur forme « ouvert ou fermé » selon la classification de Vinck et Jeantet (1995) et leur rôle selon le registre de conceptualisation (Jeantet, 1998).

OIC 1 : Le centre de recherche a déjà tenté d'apporter par la mécanisation des réponses à la pénibilité du travail des femmes pour la transformation de la pâte d'arachide en kluiklui. Mais ces tentatives sont restées infructueuses. Le futur animateur, porteur d'une nouvelle démarche de conception coopérative doit la formaliser pour intéresser sa hiérarchie et ses collègues. Il traduit donc dans l'OIC 1 à la fois sa perception du problème à résoudre et la nouvelle approche.

Tableau 3.3 : Tableau d'analyse des OIC

OIC	Type	Registres de conceptualisation		
		Traduction	Médiation	Représentation
OIC 1	Ouvert car modifiable	Souhait de l'animateur de réaliser une conception coopérative Idée initiale au lancement du projet	Intéressement des autres acteurs Echange entre les concepteurs	Présentation du problème
OIC 2	Ouvert puis fermé	Traduction de CESAM-Besoin et de la perception du problème par EC	Médiateur dans son élaboration	Commissionnaire dans son utilisation
OI C 3	Fermé	Dépouillement : traduction partielle des voix des transformatrices ¹¹	Non applicable	Transcription de la voix des transformatrices
OIC 4	Fermé		Non applicable	Attentes des transformatrices
OIC 5	Fermé	De la pratique des femmes en solution technique	Non applicable à ce stade	Idée du fabricant : première solution technique
OI C 6	Fermé	Outil d'initiation des concepteurs à l'AF		
OIC 7 V1	Ouvert	Traduction de CESAM-Fonc et des attentes des transformatrices en fonctions de service	Discussion de l'EC pour son élaboration (terminologie, formulation ..) Redéfinition des fonctions par les transformatrices	Formulation du besoin ressenti par l'EC
OIC 7 V2	Ouvert car modifiable	Traduction de l'OIC 7 dans le référentiel des transformatrices		Formalisation du besoin réel
OIC 8	Ouvert	Traduction des réponses possibles de la fonction principale	Non applicable	FT pouvant répondre à la fonction principale du CdCF
DIO 9	Fermé	Traduction d'une idée en principe	Médiateur entre concepteurs	Représentation d'un principe technologique
OIC 10	Ouvert	Traduction des OIC 5 et OIC 6	Rôle de médiateur lors de la discussion	Support technique d'explication
OIC 11	Fermé	Traduction du principe OIC 5 en solution technique	Non applicable	De la solution technique retenue par l'EC

Dès son retour au Bénin et aidé par l'OIC 1, l'animateur renforce l'intéressement de ses partenaires en allant les voir individuellement, démarche réussie qui donne rapidement lieu au lancement du projet avec la première réunion de l'EC. C'est le premier rôle de traduction joué par l'OIC 1 dans son passage de l'idée initiale (de l'animateur) à une étape de d' enrôlement des futurs membres de l'EC. Lors de cette première réunion les autres membres de l'EC vont intégrer dans l'OIC leur point de vue, en particulier, sur l'historique et les essais

¹¹ Pour les auteurs, la position est à cheval entre l'OIC 3 et l'OIC 4, passage de l'un à l'autre

précédents de mécanisation qu'ils ne considèrent pas comme des « échecs ». L'OIC 1 est discuté, négocié et amélioré, il en résulte une seconde version. Il est ouvert car modifiable. Il est médiateur car il met en relation les connaissances de différents métiers qui ont coopéré. L'adhésion des membres de l'équipe n'est possible que par l'intégration de leur point de vue sur la perception du problème. C'est aussi le premier moment de conception coopérative. Nul doute que la formation sur la méthode CESAM assurée par l'animateur contribue à la reconnaissance de ses nouvelles compétences donc à la réussite de l'enrôlement et de l'intéressement des autres membres de l'EC. Lors de la première réunion, la version 2 de l'OIC1 est acceptée par toute l'EC. Premier résultat de l'activité de l'équipe, cette version formule le problème et représente le premier maillon de la trajectoire technologique du futur équipement. Dans la méthode CESAM, le document de présentation du projet doit normalement conclure la phase 1 de lancement du projet c'est à dire qu'il est élaboré à la fin de la phase. Ici, il est élaboré au début de la phase et utilisé comme médiateur pour intéresser les autres membres de l'EC.

L'OIC 2 (guide d'entretien) émerge des discussions de l'EC lors de la première réunion. C'est une traduction à la fois de CESAM-Besoin¹² et de la perception du problème par les membres de l'EC. Chaque membre de l'EC y transcrit ses préoccupations. Lors de son élaboration, il est ouvert et médiateur. Ensuite, il est formalisé par l'animateur puis utilisé lors des entretiens semi directifs pour appréhender la diversité du besoin et favoriser son expression par les transformatrices. Dans l'action de conception analyse du besoin, l'OIC 2 joue son rôle pour la collecte des voix des utilisateurs. Il est donc commissionnaire des intentions de l'EC.

OIC 3 : Créé lors des entretiens et manipulé par un seul acteur, l'OIC 3 (enregistrements audio des entretiens) est un objet fermé. C'est une copie de la voix des transformatrices dont l'unique intérêt est de rendre leur transcription plus fidèle.

OIC 4 : Transcription des voix des transformatrices à partir des enregistrements, l'OIC 4 constitue le document formalisant le besoin et relevant les insatisfactions des transformatrices. L'OIC 4 est fermé, parce que rédigé par l'animateur, il est ensuite figé. En transcrivant les voix des utilisateurs, l'OIC les traduit ne gardant que les éléments principaux ceux qui intéressent les concepteurs. L'OIC 4 est présenté lors de la réunion qui suit les enquêtes. Pendant celle ci, s'ouvre un grand débat sur ce qui a été observé pendant les enquêtes avec un échange soutenu entre les membres de l'EC. Il s'ensuit une meilleure

¹² CESAM – Besoin est un outil de la méthode CESAM qui permet de lancer les enquêtes au début de l'analyse du besoin. Il est basé sur la méthode des check – lists (Delafolie, 1991).

perception du problème qui va conduire les concepteurs à redéfinir les objectifs du projet. Tous les membres de l'EC ont participé à au moins une enquête ce qui est une démarche originale et peu courante. Il en ressort que la contribution de l'OIC 4 comme vecteur du besoin est probablement bien moindre que si l'enquête avait été réalisée par un seul membre : chacun développe sa perception du besoin en fonction de ce qu'il a vu, discuté avec les transformatrices et non par rapport à l'OIC 4. Cependant, il est coûteux de faire participer tous les membres de l'EC aux enquêtes de terrain. Il faut donc trouver des outils permettant aux concepteurs de formaliser le contexte de terrain.

OIC 5 : Fruit de la réflexion du fabricant, l'OIC 5 est l'interprétation en solution « mécanicienne » du mode de travail des femmes dans la zone Nord du pays et ceci uniquement pour la phase de pressage de la pâte et d'extraction de l'huile. La similitude entre les deux mouvements (traditionnel et mécanisé) est forte. Pour ces opérations manuelles, la première mécanisation est souvent à l'image du geste manuel. Dans CESAM, on préconisera d'explorer plus systématiquement les anthropomorphismes dans la recherche de principes comme une des voies possibles mais pas la seule.

L'OIC 6 : Le document de présentation de l'Analyse Fonctionnelle (AF) est rédigé par l'animateur comme support de formation. C'est un exemple d'objet commissionnaire car il a pour but d'illustrer le propos du chef de projet lors de sa présentation de la méthode où les autres membres de l'EC sont en position passive d'apprenant. Par ailleurs, il a un rôle prescriptif car ces acteurs vont se conformer à l'outil AF. Cet objet va servir à l'équipe de support à ce que (Darses, 1997) appelle un processus de « ... *synchronisation cognitive* ... : *pour concevoir, les membres de l'EC doivent acquérir un minimum de connaissances sur le domaine des autres métiers avec lesquels ils travaillent. C'est une activité d'apprentissage qui favorise la création de concepts partagés, de connaissances communes dans le but de construire une intercompréhension entre les membres de l'équipe* ». C'est une phase préalable pour l'activité de conception collective.

L'OIC 7, V1 (CdCF, version 1) est à la fois une traduction en fonctions de service des attentes des transformatrices et de CESAM-Fonc. Il est ouvert parce qu'il est créé autour de la table pendant une réunion de projet. Il est médiateur entre les concepteurs car servant de support à la définition des terminologies et la formulation des fonctions. Son objectif est de représenter le besoin, traduction des attentes des utilisatrices en spécifications fonctionnelles. La médiation existe aussi lors du passage de l'OIC 7, V1 à V2 (fonctions hiérarchisées) avec une redéfinition de la fonction principale conformément au référentiel des transformatrices. Cet OIC 7 V2 est important, bien que relativement peu différent dans sa forme de la version 1.

C'est en effet une hiérarchisation des fonctions par les utilisatrices, ce qui est peu courant dans ce type de projet. En général, on se contente d'une hiérarchisation par l'équipe de conception seule.

OIC 8 : L'EC détermine les fonctions techniques (FT) « Malaxage + pressage » pour répondre à la fonction principale et identifie des opérations unitaires utilisées en agroalimentaire pouvant réaliser ces fonctions techniques. Cela ressemble à un exercice imposé de la méthode CESAM ! On note ici un décalage entre le processus de recueil et d'implication des utilisatrices et la détermination des fonctions techniques. Comme si, en passant du monde de l'usage au monde de la technique, on perdait le lien avec les utilisateurs et on se retrouvait avec les seuls aspects techniques, dans une démarche classique. Dans CESAM, des référentiels pour traduire l'usage en fonctions techniques font encore défaut. Cependant, on peut dire que ces FT sont directement inspirées de l'observation du travail des femmes et de leur analyse par l'EC et des connaissances des acteurs techniques de la conception.

OIC 9 : Un 2^{ème} principe de solution est proposé. Il traduit une idée de l'animateur en un principe technique. Elaboré avant la réunion, il n'a pas été modifié mais rejeté parce que ne répondant pas aux fonctions techniques identifiées dans l'OIC 8. Il joue un rôle de médiation entre les concepteurs et l'OIC 8.

L'OIC 10, schéma explicatif des schémas de solutions, est un support de discussion entre les concepteurs. Il s'en dégage une amélioration de l'OIC 5 qui est traduit en solution technique (OIC 11), représentation technique de la solution retenue par l'EC.

2.2.2. Statuts des OIC

Lors des phases initiales du projet, il est intéressant d'observer sur la trajectoire de l'équipement l'alternance entre deux perceptions du problème, d'une part une certaine idée des technologues de la transformation agroalimentaire accoutumés à une valorisation de l'arachide par l'extraction d'huile et, d'autre part, le besoin réel des transformatrices. Lors des études menées avant le projet, c'est la vision des technologues qui l'emporte, des équipements d'extraction d'huile sont achetés et testés : presse à cage, presse à karité. Ils sont opérationnels pour l'extraction d'huile (taux d'extraction élevé) mais produisent un tourteau sec et dur et non une pâte déshuilée et malléable permettant la mise en forme des beignets.

Au cours de la phase préparatoire du projet, on retrouve dans l'OIC 1 l'expression « *obtention d'un tourteau partiellement déshuilé pour la préparation des beignets* » très proche du besoin des transformatrices. Les voix des transformatrices, traduites dans l'OIC 4 reflètent leur besoin ; elles «... *expriment leur insatisfaction de l'équipement presse, ... attente importante d'amélioration des conditions ergonomiques* ».

Par contre, la formulation retenue dans l'OIC 7, V1 par l'EC pour l'expression de la fonction principale « *l'équipement doit transformer l'arachide en huile et en tourteau* » reflète l'idée d'extraction d'huile et oublie la demande réelle des transformatrices pour qui la finalité première du futur équipement est la production d'une pâte malléable pour la production de kluiklui avec l'huile comme co-produit. Ceci n'échappe pas aux transformatrices lorsque l'EC lui présente les fonctions de service de l'OIC 7, V1. Celles-ci corrigent : « *ce n'est pas la production d'huile qui nous intéresse mais celle du kluiklui* ». La correction est reprise dans l'OIC 7, V2 qui devient le cahier des charges définitif avec une formulation « *obtenir un tourteau malléable* ».

Le canevas de la méthode CESAM pour l'analyse du besoin a été suivi : identification des éléments clefs du problème, identification des attentes des clients, analyse fonctionnelle et enfin, validation du CdCF par les futurs utilisateurs. La vigilance des transformatrices a permis de recadrer le projet. Cet exemple renforce l'intérêt de la validation des fonctions par les utilisateurs finaux ce qui non seulement évite des dérives au projet, mais leur donne une prise sur le processus de conception. L'observation du travail manuel des femmes a probablement orienté la première formulation de la fonction principale par l'EC. En effet, on obtient d'abord de l'huile et il reste une pâte, les deux coproduits étant ensuite utilisés pour la friture des beignets.

Les OIC de type « documents » tels que les OIC 1, 2, 7 V1 sont ouverts car ils sont modifiables par l'équipe c'est à dire qu'ils permettent d'intégrer les différents points de vue et ainsi créent une vision partagée de la conception. Cette caractéristique est pertinente pour la phase d'élaboration de ces objets. Elle est aussi vérifiée pour les schémas de principe ou de solution (OIC 5 et 10) c'est la critique de l'objet, puis la discussion qui permet le passage de l'un à l'autre. Tant qu'il y a possibilité d'évolution de l'objet et que cette modification est réalisée ensemble, les objets contribuent fortement à la coopération entre les acteurs. Par contre, par rapport aux OIC élaborés individuellement (3, 4, 6) on peut se demander s'ils contribuent à l'avancement du projet voire à la coopération ? En d'autres termes, sont-ils utiles ? En effet, en prenant le cas de l'OIC 6 (transparent AF), cet objet a servi indirectement à la conception dans la mesure où il permet l'apprentissage de l'AF pour définir le CdCF. Il a

servi à la transmission de la connaissance, à la construction de compréhension commune sur le concept d'AF qui va être développé et discuté pendant le dialogue. Il ne fait pas avancer directement l'élaboration du futur produit, par contre, il est support de création de connaissance et par conséquent il favorise l'apprentissage et la synchronisation cognitive, éléments indispensables au développement de la coopération. On peut donc répondre que les objets élaborés individuellement ont un intérêt dans le cadre de la coopération.

Les objets peuvent être successivement ouverts puis fermés ou inversement, par exemple l'OIC 2 est ouvert et médiateur lors de son élaboration puis il est fermé lors de son utilisation durant les enquêtes. L'OIC 5 (ou 9) est fermé quand il est dessiné puis ouvert quand il est discuté, remis en cause par l'EC. Ce n'est donc pas l'objet lui-même ou son statut qui sont importants mais le regard que porte sur lui les acteurs ; Il en est de même pour le passage de l'OIC 7, V1 à V2.

En terme de statut d'objet, force est de constater qu'à travers notre étude, il y a des objets fermés qui favorisent l'apprentissage (OIC 6), des objets ouverts qui médiatisent la coopération synchrone (OIC 1, OIC 2, OIC 7, et OIC 8). Le tableau 3.4 ci-dessus traduit le statut des OIC dans le processus de conception. Ce statut peut évoluer et passer d'ouvert à fermé.

Tableau 3.4 : Statut des OIC

Apprentissage/formation	Coopération synchronisée	Prise de décision
OIC Fermés	OIC ouverts	Ouverts >>> fermés

Dans toute méthode de conception, ne faut-il pas qu'il y ait en permanence, au moins un OIC modifiable pour assurer une conception coopérative lors des réunions de projet ? Il faut un ensemble de connaissances communes (des référentiels partagés), des méthodes, des espaces de travail commun (salle, table, feuilles, etc.) et des objets partagés qui sont présents dans ces espaces partagés. Pour assurer cette coopération, il faut une construction de connaissances et les objets (ouverts ou fermés) sont les supports privilégiés de la création de ces connaissances. Dans notre situation, l'animateur de l'EC maîtrisait la méthode mais pas les autres membres de l'EC, il y avait donc asymétrie de connaissance comme dans beaucoup de situations similaires. La convergence vers une vision commune dans l'activité de conception a été établie non pas seulement avec des objets ouverts mais aussi fermés. On peut

donc avancer qu'il est préférable de créer des OIC de type ouvert pour assurer la coopération et des OIC de type fermé pour l'apprentissage et la synchronisation cognitive au sein de l'EC. Cette affirmation demande cependant à être validée sur d'autres cas, ce qui dépasse le cadre de cette thèse.

2.2.3. Conclusion

L'expérimentation de la méthode d'analyse de processus de conception d'équipements dans les PAO par les OIC a permis de mieux comprendre le processus de conception et la place des utilisateurs finaux dans ce processus. Le processus d'apprentissage entre les différentes compétences, le développement des concepts partagés basés sur les diverses discussions et le développement d'une perception partagée sont des résultats de l'analyse. Il a été possible de distinguer les moments de conception coopérative grâce au rôle de médiation joué par les OIC et les moments de conception individuelle qui ont produit des objets *fermés* indispensables pour la création de la connaissance. Par ailleurs, cette analyse a montré qu'il est possible de dialoguer avec les transformatrices à travers des OIC ; ce fut le cas du CdCF. Cependant, on a constaté une difficulté des concepteurs à traduire l'usage en fonctions techniques.

En somme, l'analyse des OIC produits dans le projet de conception « *Machine de production de pâte malléable d'arachide* » souligne la nécessité de développer des outils permettant une formalisation du contexte du travail des utilisateurs et de l'usage.

3. Analyse de deux expériences de conception participative

Pour les deux projets, les principaux résultats, en terme de modification par les transformatrices des fonctions et critères, tirés de l'étude des OIC, Cahier des charges Fonctionnel et maquette numérique, sont présentés dans le tableau 3.5

Tableau 3.5 : Principaux résultats tirés de l'étude des OIC

OIC	Projet 1 : Eplucheuse	Projet 2 : Kluiklui
CdCF	<ul style="list-style-type: none"> - Il est ajouté la possibilité d'entraîner la machine manuellement en plus de l'entraînement motorisé. - Le niveau du critère taux d'épluchage est changé (100% au lieu de 73%). - La capacité passe de 1 à 20 tonnes/jour. 	<ul style="list-style-type: none"> - La fonction « <i>permettre de modifier la taille des kluiklui en fonction du prix de l'arachide</i> » est ajoutée. - Il est ajouté la possibilité d'entraîner la machine manuellement. - La transformation de toute la pâte en kluiklui est exigée par les femmes (100% au lieu de 95%).
Maquette numérique	<p>Une seule maquette présentée</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les fonctions « <i>couper les bouts de racines</i> » et « <i>dégager les maniocs épluchés</i> » n'avaient pas été identifiées préalablement. - Les femmes exigent que les trois peaux du manioc soient enlevées. - Les femmes souhaitent manipuler elles-mêmes le moteur. - Les femmes souhaitent que l'équipement ne tombe pas souvent en panne. - La fonction « <i>éliminer les racines non conformes</i> » est ajoutée. <p>Ces éléments remettent en cause le principe proposé par l'EC.</p>	<p>Trois variantes de dispositifs de déplacement du piston de la maquette numérique « mise en forme des kluiklui » sont présentées.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les formatrices choisissent la variante « <i>cric</i> », par rapport aux deux autres solutions proposées en raison de son ergonomie et de l'objectif de prix de cette version

3.1. Analyse du rôle de l'objet CdCF

Dans les deux projets, la phase d'enrichissement du CdCF par les utilisateurs s'est traduite par l'ajout de fonctions de service (une pour le projet Eplucheuse, deux pour le projet Kluiklui) et des modifications de niveaux des critères d'appréciation (Tabl. 3.5). Cette phase est donc bénéfique pour le déroulement du projet car elle permet de compléter le CdCF et d'assurer son appropriation par les utilisateurs. Cependant, on constatera que lors de l'évaluation de la maquette numérique du projet Eplucheuse que l'analyse du besoin n'était pas complète car cinq fonctions supplémentaires n'avaient pas été identifiées et un critère a

été renforcé (qualité de l'épluchage). Si la démarche d'identification du besoin est conforme pour le projet 2, elle ne l'est pas pour le projet 1. L'enrichissement par les utilisateurs du CdCF est donc nécessaire mais elle n'est pas suffisante pour interdire un décalage entre les attentes des utilisateurs et le besoin formalisé. Pourquoi celui-ci n'a-t-il pas été mis en évidence plus tôt lors de l'identification des attentes des utilisateurs et leur traduction fonctionnelle?

Le CdCF constitue un OIC utile mais le contenu des fonctions ne traduit pas les mêmes représentations pour les concepteurs ou les utilisateurs. Par exemple, pour les utilisateurs, la fonction « *couper les bouts* » est incluse dans la fonction « *éplucher les racines* » ; elle ne l'était pas pour les concepteurs.

Par ailleurs, le CdCF résulte d'un travail antérieur (identification des attentes, traduction fonctionnelle). Les sources d'écart entre les attentes et le besoin formalisé sont multiples ce qui explique la difficulté d'une formalisation précise du besoin, d'autant plus que celui-ci peut évoluer au cours du temps. La fonction « *éliminer les racines non conformes* » n'apparaît que lors de la présentation de la maquette numérique, qu'elle contribue d'ailleurs en grande partie à remettre en cause. Cette fonction est en effet, plus difficile à identifier ; en coupant les bouts des racines, les femmes jugent leur qualité. Elles séparent les racines pourries car celles-ci dégradent le goût du gari produit. C'est implicite pour elles. C'est tellement transparent pour les concepteurs que la fonction n'est ni perçue ni exprimée.

L'identification du besoin est d'autant plus difficile que même si un des concepteurs est un spécialiste agroalimentaire, il ne connaît pas forcément le produit alimentaire considéré. Il n'en voit pas tous les aspects lors d'une visite qui dure 2 heures, 3 maximum. La prise de photographies ou mieux un enregistrement vidéo avec une présentation différée lors des réunions de l'EC permettrait à tous ces membres de visionner les principales séquences et de décomposer certaines scènes afin que tous aient une parfaite compréhension du procédé manuel à mécaniser donc d'avoir une meilleure prise sur le projet. Cette (ou ces) séance(s) de visionnage devrait engendrer des questions supplémentaires aux transformateurs pour expliquer leurs gestes.

3.2. Analyse du rôle de l'objet maquette numérique

Pour le projet Eplucheuse, la phase d'évaluation de la maquette numérique a été riche d'enseignements : cinq fonctions de service apparaissent et un niveau est modifié par les utilisateurs. Cette évaluation permet donc d'extraire les besoins implicites non relevés lors des

phases précédentes d'identification du besoin. En effet, la visualisation de la maquette numérique permet aux utilisateurs de se projeter dans la réalité, dans leur futur travail de transformation mécanisée du manioc pour lever les manques au niveau de la solution proposée. La maquette numérique joue aussi un rôle d'évaluation du travail des concepteurs. Pour le projet kluiklui, les variantes proposées sont acceptées par les utilisateurs. Le choix de la variante « déplacement du piston par un cric » a été difficile mais elle a été retenue car elle apportait la meilleure adéquation « pénibilité probable – prix d'achat ».

Pour les deux projets, l'évaluation des maquettes numériques par les utilisateurs permet une présentation concrète du produit en cours de développement. Un tel objet synthétise la conception et permet aux utilisateurs d'avoir prise sur les fonctions d'usage du produit en cours de conception. La maquette numérique contribue aussi à la prise en compte de la dimension « objectif de coût » de l'équipement. Par contre, la qualité du produit alimentaire produit par le futur équipement ne peut pas être prise en compte. Il peut l'être par un autre OIC, la maquette fonctionnelle.

3.3. *Analyse des interactions entre concepteurs et utilisateurs*

L'interaction entre les concepteurs et les utilisateurs est au centre de la conception participative. Nous avons schématisé l'évolution de la convergence « problème – solution » dans le graphe de la Fig. 3.11.

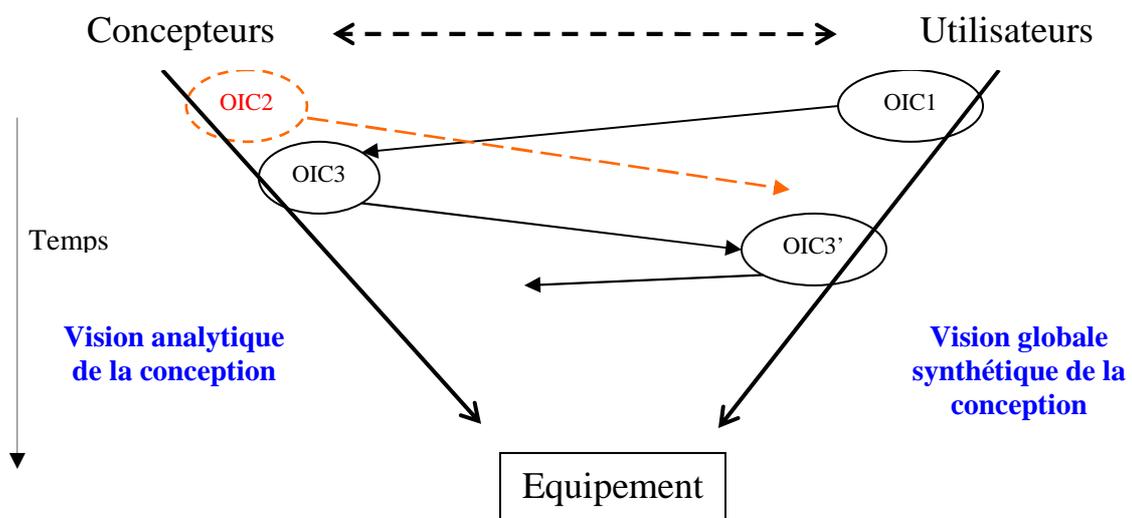


Figure 3.11 : Interaction Concepteurs – Utilisateurs

Après la première réunion constitutive du projet, l'EC se rend chez les utilisateurs pour identifier leurs attentes (DIO1). Ces données sont analysées et traduites par les concepteurs pour élaborer le premier CdCF (OIC3). Lors de la deuxième réunion avec les utilisateurs, l'EC présente cet OIC pour évaluation et elle présente aussi les premières esquisses de solution (OIC2). Il résulte de cette rencontre le CdCF définitif même si sa mise en forme est réalisée après la rencontre. Cet échange se poursuit de la même manière avec les maquettes numériques. Elles sont élaborées par un des concepteurs après un travail de l'équipe. Puis, elles sont proposées aux utilisateurs. Ceux-ci discutent les propositions et choisissent celle qui leur semble la plus ergonomique la plus facile à utiliser. La conception participative se réalise dans les interactions concepteurs – utilisateurs ; chaque partie assimile les informations venant de l'autre partie, les enrichit, les traduit pour prendre une décision. C'est un phénomène itératif. Les objets intermédiaires servent de support à la médiation vers l'équipement final. Ils permettent aux utilisateurs d'avoir prise sur les décisions de conception. Ils permettent aux deux parties de converger vers l'équipement final.

On peut considérer que les concepteurs ont besoin d'une vision analytique de la conception alors que celle des utilisateurs est plutôt synthétique. La maquette numérique est un exemple caractéristique. Le dessinateur travaille en mode filaire, surfacique ou volumique sur CAO lors des définitions de pièces, leur assemblage ou positionnement. Les pièces sont construites unes à unes pour réaliser un sous ensemble puis un ensemble. A l'opposé la présentation aux utilisateurs est réalisée en mode cosmétique pour un rendu plus réaliste. Les utilisateurs discutent des relations entre l'équipement et les milieux extérieurs, le produit entrant (à quel endroit le place t-on ?), le produit sortant (d'où sort-il ?). La maquette numérique est efficace pour la présentation aux utilisateurs de la taille, du volume et des fonctions d'utilisation, mais surtout pour l'évaluation de la maniabilité et de l'ergonomie du futur équipement. Elle est donc particulièrement utile pour la prise en compte des fonctions de conduite de l'équipement. La vision synthétique leur convient très bien, le détail des pièces ne les intéresse pas.

Le CdCF avec ses colonnes de fonction de service, de critères d'appréciation et de niveau et sa vingtaine de lignes peut être vu de manière très analytique par son rédacteur et les concepteurs. Il en n'est probablement pas ainsi pour les utilisateurs qui ne doivent garder en mémoire que les fonctions les plus utiles et s'intéressent moins aux autres. Ceci explique les fonctions oubliées lors de l'évaluation et témoigne d'une limite de la démarche. Il n'y a pas eu de hiérarchisation des fonctions. La vision des utilisateurs est plutôt celle de l'analyse

fonctionnelle externe alors que la vision des concepteurs serait celle de l'analyse fonctionnelle interne.

4. Proposition d'un nouvel outil : le Diagramme de Compréhension Fonctionnelle (DCF) d'un procédé de transformation traditionnelle

Les deux études de cas menées pour favoriser l'intégration des utilisateurs, projets éplucheuse et machine à kluiklui présentées dans ce chapitre, font apparaître d'une part l'insuffisance de l'outil classique utilisé, l'Analyse Fonctionnelle (Chevallier, 1989), quant à l'identification du besoin des transformatrices agroalimentaires dans les Pays d'Afrique de l'Ouest (PAO) et d'autre part, la nécessité d'un support permettant aux concepteurs de disposer à tout moment de la conception des informations recueillies lors de l'identification du besoin sans être obligé de retourner sur le terrain (lorsque la réutilisation de ces informations s'avère indispensable). C'est dans le but de combler ces insuffisances que nous avons construit le DCF (Godjo, Marouzé et al., 2006) qui permet une meilleure compréhension des opérations réalisées traditionnellement par les femmes. Il doit être utilisable pour toute mécanisation. L'objectif est de réaliser un état de lieux de la transformation traditionnelle le plus complet possible.

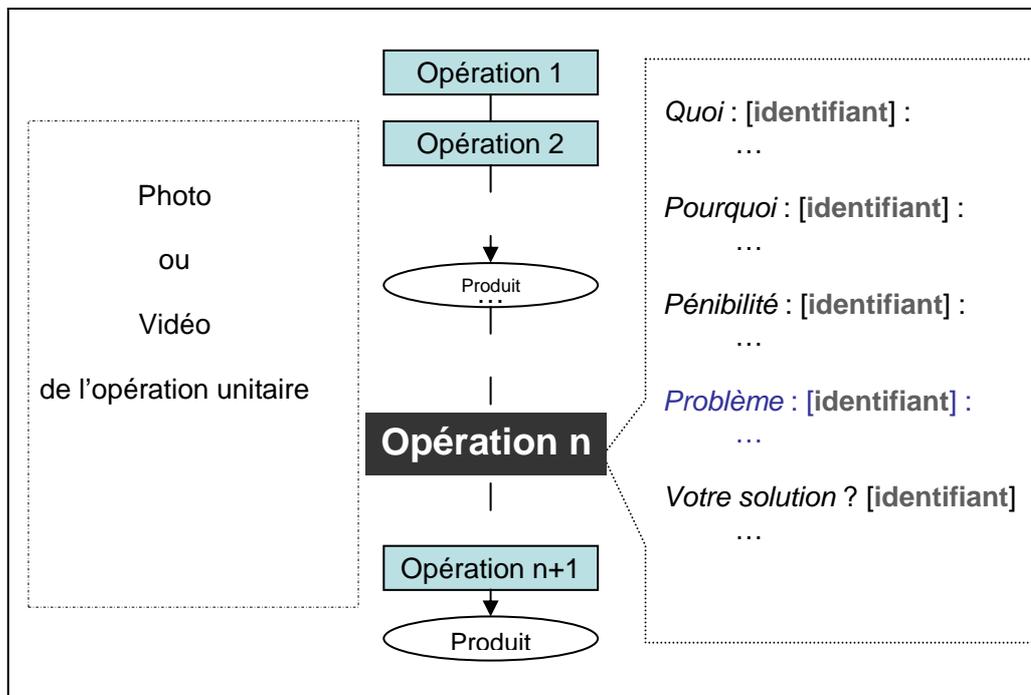


Figure 3.12 : Présentation générique du Diagramme de Compréhension Fonctionnelle

Le DCF (Fig. 3. 12) se présente sous forme de diapositives Power Point. Chaque diapositive est composée de trois colonnes. La colonne centrale est une description des opérations réalisées manuellement par les utilisateurs. Comme dans un flow sheet de procédé, les fonctions techniques (encadrées) sont différenciées des produits (ovales). La partie de droite est un pointeur de texte composé d'une catégorie de discours précédés par des questions standard : *Quoi ? Pourquoi ? Pénibilité ? Problème ? Votre solution ?*, et un identifiant entre crochet de chaque acteur. Le *Quoi* répond à la description de chaque fonction technique. Le *Pourquoi* explique pourquoi le geste est réalisé. La *Pénibilité* décrit la difficulté ressentie par l'utilisateur lors de l'exécution de l'action. Le *Problème* présente le(s) problème(s) que pose l'exécution de l'opération et enfin une question sur des idées de solutions de l'utilisateur. La partie de gauche est un pointeur numérique photo ou vidéo de la fonction technique. La partie centrale reste la même alors que les parties de droite et de gauche changent selon l'opération décrite.

5. Conclusion : Vers une méthode d'intégration de l'utilisateur orientée Scénario

Les processus de conception étudiés ont montré que les utilisatrices peuvent participer à la conception lors de l'évaluation des objets intermédiaires (CdCF, Schémas de principes, maquette fonctionnelle et maquette numérique). Ces interactions entre concepteurs et utilisateurs ont été bénéfiques car elles ont permis d'enrichir les objets et donc de contribuer à l'évolution de la solution. Faut – il pour autant chercher à intégrer les utilisateurs à tous les niveaux du processus de conception ? Notre réponse est négative. En effet, dans notre démarche d'intégration de l'utilisateur, nous avons deux classes d'acteurs ; les concepteurs (C) et utilisateurs (Ut), qui possèdent chacun leur domaine de compétence : des connaissances de conception pour les concepteurs et des savoir faire sur le procédé traditionnel à mécaniser pour les utilisateurs. L'un ne peut pas substituer l'autre. Les deux convergent vers un même but final mais chacun reste dans son métier. Par exemple, l'utilisateur ne peut pas faire des calculs de résistance des matériaux, sauf s'il est du domaine agroalimentaire ne peut pas apprécier la qualité alimentaire du produit transformé. Ils ont donc des expertises différentes mais il y a une zone commune qui se définit et qui leur permet de travailler ensemble. Quels

sont ces points de rencontre entre concepteurs et utilisateurs ? Essayons de les élucider, à travers les projets de conception réalisés.

Dans le projet *kluiklui*, les attentes ont été identifiées lors de la première interaction (**I₁**) entre concepteurs et utilisatrices. Ces attentes ont été traduites en fonctions par les concepteurs lors de l'analyse fonctionnelle. Le CdCF issu de l'AF a évolué suite à une évaluation par les utilisatrices lors de leur deuxième interaction (**I₂**). Les principes pouvant permettre au futur équipement d'assumer les fonctions retenues dans le CdCF ont été proposés par les concepteurs lors de la phase de recherche de principes. Pour tester ces principes, les concepteurs ont réalisé et testé des maquettes fonctionnelles et une maquette numérique. Lors de la troisième interaction (**I₃**), la maquette numérique a été évaluée ainsi que les deux autres OIC (maquette fonctionnelle et schémas de principe). Pendant ce processus de conception, il y a eu intégration des utilisateurs par leur présence physique pendant les interactions **I₁**, **I₂**, **I₃**. Par contre, entre ces activités pendant lesquelles les utilisatrices n'ont pas été physiquement présentes dans la conception, les concepteurs ont mobilisé dans le travail de conception, des représentations des utilisatrices par l'intermédiaire d'objets de représentation (CdCF entre **I₁** et **I₂**, Schémas de principes et maquettes entre **I₂** et **I₃**). En fait, dans notre démarche de conception orientée utilisateurs, on a besoin d'intégrer l'utilisateur par des représentations de l'usage (*et de son savoir faire*). Ces représentations peuvent être portées directement par l'utilisateur en tant qu'acteur ou par des objets intermédiaires porteur du point de vue de l'utilisateur. Des études de cas, nous déduisons que « *le point de vue porté directement par les utilisateurs sur la conception est le plus pertinent* ».

En faisant un rapprochement des résultats de terrain et de la bibliographie présentée au chapitre. 2, nous pouvons dire que parmi les méthodes mobilisées dans notre construction théorique, *Scenario Based design* paraît d'une grande importance par rapport au concept de scénario. Dans les processus de conception, la notion de *scénario* est utilisée pour décrire le problème de conception, « *scenario based design provides initial user requirements for system design, as well as the system development lifecycle* (Carroll and Rosson, 1991) » et est aussi une « *représentation concrète de l'utilisation réelle ou possible du système* » (Carroll, 1998). Que nous suggèrent les expériences par rapport à la notion de scénario ? On peut dire que dans nos expériences d'intégration de l'utilisateur, il y a eu une suite d'élaboration d'objets de conception que nous appellerons scénarios. Les objets sont d'abord le support d'une

interaction entre les formatrices et les concepteurs au moment de la confrontation sur le terrain puis ils deviennent *porte parole* des utilisateurs en étant utilisés par les concepteurs.

La bibliographie présente deux représentations du scénario dans la conception : (1) le scénario est un plan, un film qui aide les concepteurs à focaliser le problème de conception (Bardram, Bossen et al., 2002a), (2) le scénario construit l'objet (Buur et Soendergaard, 2000). L'exercice de scénario permet de récupérer les informations sur l'usage des principes réels afin d'orienter les concepteurs. Nous pouvons en déduire que *le scénario est un outil qui sert à formaliser l'usage*.

Ces éléments d'analyse nous inspirent une méthode basée sur les scénarios, permettant la prise en compte des points de vue des utilisateurs dans la conception, qui sera la substance du chapitre suivant.

CHAPITRE 4 :

PROPOSITION D'UNE METHODE DE CONCEPTION ORIENTEE SCENARIO UTILISATEUR : COSU

Introduction

Le travail de recherche que nous menons a pour but de faire participer l'utilisateur à la conception, non pas seulement au début lors d'une enquête du besoin et à la fin du processus en lui demandant de réagir à l'utilisation d'un prototype, mais à des moments opportuns déterminant de l'évolution de l'objet en cours de conception. A travers les études de cas, nous avons construit une méthode d'intégration de l'utilisateur que nous nommons *Méthode de Conception Orientée Scénario Utilisateur (COSU)*.

Au cœur de la méthode COSU se trouvent les scénarios à partir desquels émergent les apports des utilisateurs dans la conception. Pour cette raison, nous allons au début de ce chapitre donner notre propre définition du concept de scénario et la justification de son utilisation dans le travail.

1. Définition et justification du concept *Scénario* dans Cosu

1.1. *Notre définition du scénario*

Comme dans *Scenario Based Design*, le scénario est l'élément central de la méthode COSU. Carroll (2000c) le définit comme une description narrative d'une activité. C'est un objet qui décrit des activités humaines (Carroll, 1995; Carroll, 2000b). Dans notre compréhension, le scénario est une représentation (1) de l'activité réelle menée dans une situation réelle d'usage ou (2) d'une activité imaginaire projetée par les utilisateurs qui servira à donner des idées de conception. Cette représentation est construite à partir d'une confrontation, entre utilisateurs et concepteurs, au cours de laquelle des questions sont posées

par les concepteurs pour avoir des détails, approfondir certaines explications, mieux comprendre certaines séquences de l'activité, mais aussi des questions sont posées par les utilisateurs pour avoir des compléments d'information afin de bien évaluer les artefacts créés et présentés par les concepteurs. L'objectif du scénario est de créer entre l'utilisateur et le concepteur des interactions à travers lesquelles naît une compréhension partagée et donc des émergences ; objectifs de conception, problème, etc. On retrouve aussi une dimension importante : un apprentissage par les concepteurs des connaissances des utilisateurs (techniques de transformation traditionnelle, appréciation de la qualité du produit, etc.). Finalement, au cours des interactions, d'une part les objets créés par les concepteurs sont discutés, évalués et, d'autre part, l'usage est mieux perçu. Cinq OIC sont retenus dans Cosu pour instrumenter les scénarios : le DCF (cf. Chap. 3 § 4), le CdCF, la maquette fonctionnelle, la maquette numérique et le prototype. Ces objets sont élaborés par les concepteurs qui mobilisent des représentations des utilisateurs dans leur élaboration : vidéo du travail des utilisateurs, informations recueillies lors des entretiens, opinions des utilisateurs, évaluation des OIC lors des scénarios antérieurs, etc.

Dans COSU, on appelle scénario, les objets avec leur trajectoire d'élaboration tels que définis dans la méthode et qui servent d'interface avec les utilisateurs. C'est à travers ces objets, et en s'appuyant sur eux, que les concepteurs communiquent avec les utilisateurs.

1.2. Processus de construction des scénarios

Dans COSU, les scénarios sont développés par les concepteurs avec la participation des utilisateurs à travers :

- deux espaces physiques : *espace concepteurs* et *espace utilisateur*,
- des mondes de représentation, et,
- des *objets qui sont des ponts entre les mondes et qui naviguent dans les espaces.*

1.2.1. Les espaces concepteur et utilisateur

Il s'agit des espaces physiques où se déroulent les activités de travail des acteurs (concepteurs et utilisateurs). On distingue deux classes d'espace : l'*espace concepteurs* et l'*espace utilisateurs*. L'*espace concepteurs* regroupe les lieux de réunion de l'EC, les stations de tests des maquettes et prototypes et les lieux de travail respectifs des membres de l'EC. En

effet, dans Cosu le travail des concepteurs est réalisé au sein d'une EC qui se réunit périodiquement en un lieu donné pour discuter, échanger des informations et prendre des décisions. Par ailleurs, à certaines étapes de la conception, les concepteurs réalisent des activités de conception individuellement sur leur lieu de travail habituel ; par exemple lors de la phase de fabrication de maquette ou de prototype, le fabricant réalise le prototype dans son atelier de fabrication. L'*espace utilisateurs* désigne le lieu physique qui abrite les utilisateurs pendant le travail de transformation agroalimentaire.

Nous distinguons ces deux espaces car la nature des activités qui y sont menées sont fondamentalement différentes, de même, le statut de l'objet en cours de conception change radicalement d'un espace à l'autre : dans l'espace concepteurs il a un statut d'objet de la conception (utilisation des objets pour la conception) alors que dans l'espace utilisateurs il est outil de travail pour réaliser une tâche de transformation.

1.2.2. Les mondes

Les mondes dans Cosu sont à la fois (1) les mondes de conception au sens de Mer (1998), c'est-à-dire tout ce qui renvoie à la culture, aux connaissances métiers, à l'expérience, à une construction mentale et (2) les mondes d'objet « *object worlds* » de Bucciarelli (1996), donc attachés à la personne.

Pour Mer (1998), un ***monde de la conception*** est un ensemble hétérogène regroupant des entités (qui peuvent être des outils, des objets, des personnes) qui développent la même logique d'action, relèvent de la même échelle de grandeur et partagent des connaissances collectives. Mer s'appuie sur trois notions sociologiques pour caractériser le concept de monde de conception : la logique d'action, l'échelle de grandeur et les connaissances collectives. La logique d'action, auparavant définie par Vinck (1995) associe l'enjeu, l'objectif de l'action et l'action elle-même et forme une continuité entre toutes les actions d'un acteur, et l'on peut y trouver une constante : un « fil conducteur », une logique. L'échelle de grandeur est le support du jugement qu'émettent les acteurs sur leurs actions, leurs connaissances et sur les produits en cours de conception. Enfin, les connaissances collectives partagées par les membres d'un monde sont les conventions, les règles, le langage, etc. qui sont partagés par les différentes entités du monde. Elles permettent ainsi aux membres de faire des économies cognitives et organisationnelles sans continuellement réinvestir dans un processus d'apprentissage de connaissances ou de construction de coordination sociale.

La notion de *mondes d'objet* « **object worlds** » (Bucciarelli, 1996) renvoie aux *mondes de l'effort individuel où un ingénieur, travaillant pour la plupart seul, applique son expertise pour réaliser des tâches particulières appropriées à sa discipline*. Pour Bucciarelli, lors d'un processus de conception, *les différents participants avec différentes compétences, qualifications, responsabilités et intérêts, habitent différents mondes*. Dans le même sens, *travaillant sur un même objet, ils le voient différemment* (Bucciarelli, 1999). Un monde d'objet est un *monde d'une variété de modes de représentation de choses particulières et spécialisées* (Bucciarelli, 2002). *Les mondes d'objet ont leurs propres instruments, matériel, outils, catalogues de fournisseurs, codes et règles non écrites. Ils sont des modèles standard de la manière dont les choses fonctionnent*.

Dans Cosu, les concepteurs et les utilisateurs se font des représentations différentes du produit en cours conception. Au niveau des utilisateurs, ces représentations sont liées à l'usage. Lors des rencontres entre les concepteurs et les utilisateurs, les utilisateurs se projettent par rapport à leur travail donc à l'usage du produit alors que les concepteurs ont des représentations liées au fonctionnement du système ou à la fabrication. Mais cela ne veut pas dire que les concepteurs n'ont pas des représentations de l'usage et inversement les utilisateurs n'ont pas des représentations de la solution technique. L'enjeu de notre méthode Cosu, c'est de faciliter d'un côté, la création de représentations de l'usage par les concepteurs afin qu'ils puissent bien concevoir le système, et aussi dans l'autre sens aider les utilisateurs à avoir certaines représentations de la solution technique pour pouvoir interagir avec les concepteurs, sans que les utilisateurs ne deviennent concepteurs et les concepteurs ne deviennent utilisateurs.

1.2.3. Les objets

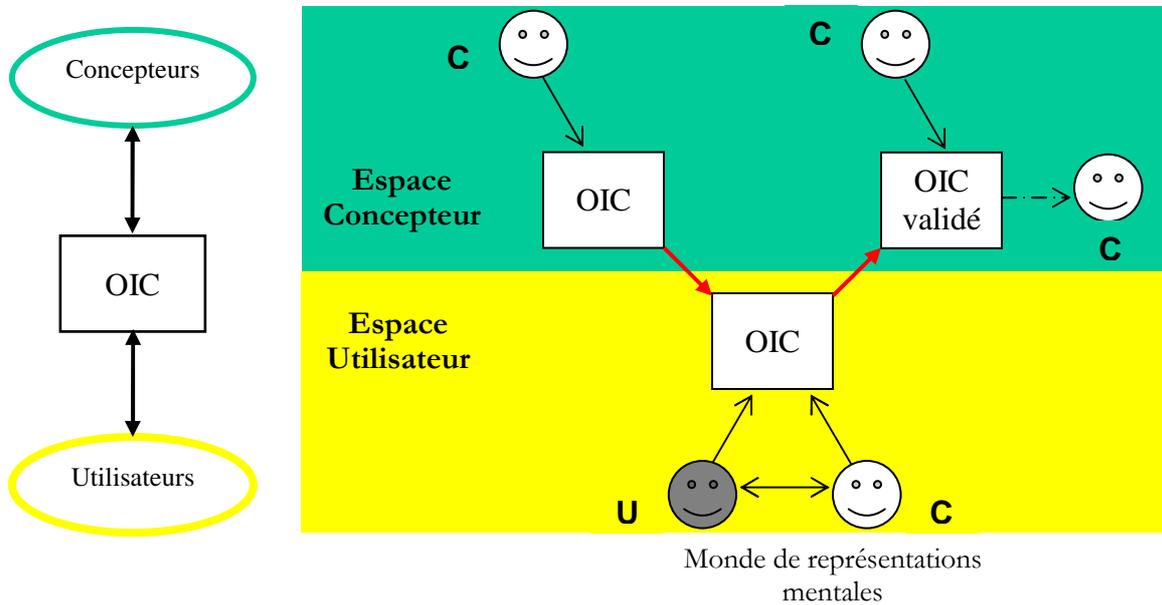


Figure 4.1 : Cheminement des objets d'un espace à un autre

La Fig. 4.1 présente le cheminement des objets d'un espace à un autre. Au départ, l'OIC est créé par les concepteurs dans l'espace concepteurs. Il est porté par les concepteurs dans l'espace utilisateurs pour être confronté aux utilisateurs. Les concepteurs traduisent l'OIC aux utilisateurs. Ces derniers se projettent dans leur pratique, leur habitude pour proposer des modifications. Il se crée une interaction entre concepteurs et utilisateurs. Les deux types d'acteurs se font des représentations mentales ; l'utilisateur par rapport à l'usage et le concepteur par rapport à ses connaissances métiers. Il s'agit de deux mondes qui supportent les représentations mentales des acteurs. L'OIC fait le pont entre les mondes et navigue dans les espaces physiques. L'OIC enrichi par les utilisateurs est ramené dans l'espace concepteurs. Il redevient alors un objet validé qui est utilisé par les concepteurs comme trace des attentes des utilisateurs ; il a donc un rôle prescripteur. Il est dès lors porte parole et vecteur d'un espace physique à un autre et traducteur d'un espace mental à un autre. C'est une représentation qui sert de mémoire des interactions.

1.2.4. Les trois temps du processus de construction de scénario

Dans COSU, les scénarios sont élaborés suivant un processus composé de trois temps : le recueil des informations (T1), l'élaboration du scénario (T2) et la confrontation du scénario aux utilisateurs en vue de l'intégration de leur point de vue dans la conception (T3) (Fig. 4.2). Le scénario résulte de ce processus.

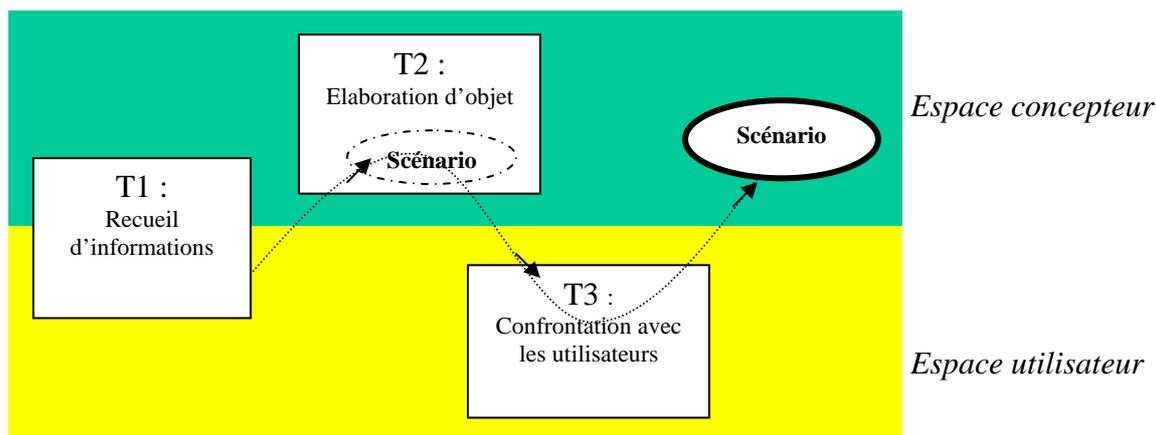


Figure 4.2 : Processus de construction des scénarios

Temps T1, Recueil des informations : Les informations nécessaires à la réalisation des scénarios sont collectées soit auprès des utilisateurs sur leurs lieux de travail ou soit auprès des concepteurs. Il s'agit des informations collectées lors des entretiens avec les utilisateurs pendant la phase de définition du besoin, des évaluations des OIC par les utilisateurs lors des rencontres (sauf la première dédiée à une prise de contact), des réunions des concepteurs ou des rencontres avec des compétences extérieures à l'EC. Les informations sont d'ordre technique (agroalimentaires, mécanique), économique et socio-culturelle. Le temps T1 doit déboucher sur des informations précises facilement exploitables par les concepteurs pour la création d'un OIC.

Temps T2, Elaboration du scénario : Les concepteurs réalisent un scénario à partir des informations recueillies sur le terrain et en fonction de l'étape de conception où ils se situent.

Temps T3, Evaluation du scénario : Les scénarios réalisés par les concepteurs sont présentés aux utilisateurs pour une confrontation entre la proposition des concepteurs (objets créés au temps T2) et les souhaits des utilisateurs. Le scénario de départ est alors enrichi en fonction des retours des utilisateurs.

1.3. Justification du Scénario dans COSU

L'un des problèmes auxquels sont confrontés les concepteurs dans les pays d'Afrique de l'ouest est la définition précise et claire par l'utilisateur de son problème et de ses attentes. Il énumère des besoins diffus parmi lesquels certains sont relatifs à d'autres types de produits agroalimentaires ou parfois à des domaines autres que l'agroalimentaire (amélioration des pistes rurales pour favoriser le transport des produits finis, mesures d'accompagnement financières pour réduire les coûts de transformation, etc.). Par rapport à la méthode habituellement utilisée par les concepteurs pour collecter les informations nécessaires à la définition du problème (enquête avec guide d'entretien ou questionnaire parfois suivi de l'observation du processus), le scénario situe le problème dans le contexte de l'usage : description de ce qui se passe pendant le déroulement du processus, ce que font les utilisateurs et les interprétations qu'ils donnent à ce qui se passe. C'est une description des opérations de transformation dans leur contexte, ou une mise en scène de l'objet conçu à travers une maquette (numérique ou physique).

Au niveau des concepteurs, la méthode classique de conception caractérisée par la réalisation rapide d'un équipement suivie de son adaptation par la méthode essai – erreur, encore très souvent rencontrée dans les pays d'Afrique de l'ouest, complexifie le processus car le besoin n'est pas suffisamment identifié avant la proposition de solutions que Cross (2001) appelle *première solution*. Rosson et Carroll (2002a) ont montré comment les scénarios réduisent les risques de *première solution* lors du développement des produits.

2. Méthode de Conception Orientée Scénario Utilisateur (COSU)

2.1. Introduction à la méthode COSU

2.1.1. Une construction à travers deux expériences de conception

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté les projets de conception « *Eplucheuse de manioc* » et « *Équipement de mise en forme des bâtonnets de kluiklui* » développés pour expérimenter l'intégration de l'utilisateur. Pour les deux projets, le rôle de deux types d'OIC, le cahier des charges fonctionnel (CdCF) et la maquette numérique, est étudié (Godjo, Marouzé et al., 2006). L'analyse a montré que si l'évaluation des OIC par les utilisateurs est bénéfique (ajout de fonctions de service, modification des niveaux de critères d'appréciation)

donc nécessaire, elle n'est pas suffisante pour interdire un décalage entre les attentes des utilisateurs et le besoin formalisé. Par exemple, dans le projet éplucheuse, un aspect du besoin réel des utilisateurs a échappé aux concepteurs lors de l'identification du besoin. En effet, cette dernière est d'autant plus difficile que même si un des concepteurs est un spécialiste agroalimentaire, il ne connaît pas forcément le produit alimentaire considéré. Pour corriger cela, nous avons proposé dans le paragraphe précédent un modèle qui enrichit la méthode utilisée sur le terrain par des « scénarios » objectivant ce que veut l'utilisateur du futur produit. Ceux-ci sont réalisés dans l'« espace utilisateurs » ou dans l'« espace concepteurs » et servent de lien ou de « ponts » cognitifs entre les mondes des différents participants.

Le modèle COSU combine (1) la démarche CESAM au niveau du travail au sein de l'espace concepteur et (2) les principes du Scénario – Based Design (SBD) au niveau de la relation entre les utilisateurs et les concepteurs.

2.1.2. Au niveau du travail au sein de l'EC

Notre terrain de DEA (Godjo, 2000) et les deux projets de conception développés au cours de la présente recherche ont montré un intérêt quant à l'organisation du travail basé sur la collaboration au sein d'une équipe de conception (EC) composée de quatre métiers : mécanique, génie des procédés alimentaires, économie et sociologie. Par ailleurs, comme nous l'avons montré au chap. 1, lorsqu'on observe le fonctionnement des équipes de recherche agricoles dans les PAO, on constate, par exemple au Bénin, que depuis plusieurs années, ces équipes mènent les activités de recherche en équipes pluridisciplinaires composées des quatre compétences mécanique, génie des procédés alimentaires, économie et sociologie. Ceci montre que le travail pluridisciplinaire commence à se développer dans les PAO. Malheureusement, on constate que les activités de recherche et de développement sont encore trop menées de façon séquentielle par les différents acteurs. Par exemple, dans le cas des recherches sur les technologies appropriées, le mécanicien conçoit la technologie, le spécialiste en procédé génie alimentaire réalise par la suite des essais pour vérifier la qualité du produit alimentaire sortant. La technologie est testée enfin en milieu réel par les utilisateurs pendant une période de temps allant de 6 à 24 mois. Après cette période, l'économiste réalise une étude de rentabilité. Le sociologue vient après pour étudier l'adoption de la technologie. Les lacunes par rapport à cette approche sont nombreuses : durée de la recherche trop longue et coût de l'équipement trop élevé, inadéquation de l'équipement par rapport au besoin.

Nous apportons une réponse, dans Cosu, par une approche basée sur un travail simultané des acteurs impliqués dans le projet : l'*ingénierie concourante* (Bossard, Chanchevri^{er} et al., 1997). L'*ingénierie concourante* consiste à concevoir de façon systématique, intégrée et simultanée les produits et les processus qui leur sont rattachés (...). Cette méthode a pour finalité d'obliger les « développeurs » à considérer tous les éléments du cycle de vie du produit, de la conception à la mise à sa disposition des usagers, y compris la qualité, les coûts, la programmation et la satisfaction des besoins et requêtes des usagers (Navarre, 1992), et cité par Bossard et al. (1997). L'*ingénierie concourante* se déploie dans l'espace en organisant la confrontation des expertises des différents concepteurs et dans le temps, en organisant le chevauchement plutôt que la succession de leurs interventions.

Dans Cosu, le travail de conception est celui d'une EC pluridisciplinaire composée de compétences variées et complémentaires selon la nature du projet de conception (type de produit, objectif de la conception, etc....) et non pas uniquement que des quatre compétences classiques (mécanique, génie des procédés alimentaires, économie et sociologie). Les compétences telle que « l'électrotechnique » et autres qui sont traditionnellement exclues peuvent être associées à la conception, ce qui impliquerait une ouverture aux autres disciplines. L'EC est dirigée par un responsable : le chef de projet, membre de l'EC. Il émerge lors du montage du projet ou il peut aussi être soit, choisi par le porteur du problème ou le donneur d'ordre soit, désigné au sein de l'EC par ses pairs. Nous ne nous étendons pas dans cette thèse sur cette question des rôles, mais elle mérite d'être abordée à la lumière du contexte particulier des pays du sud.

Fonctionnement de l'EC

L'EC fonctionne suivant la boucle « Décision – Information à produire – Actions de conception – Informations nouvelles » de la méthode Cesam (Marouzé, 1999) présentée sur le schéma de la figure 4.3. Elle se regroupe périodiquement en réunion d'EC. Le lieu, la date et la fréquence des rencontres sont retenus collectivement par les membres. L'équipe décide de produire des informations pour pouvoir prendre des décisions. Elle en définit les modalités. Des actions de conception sont réalisées individuellement par les membres. Les informations nouvelles, restituées à l'équipe lors de la réunion suivante, lui permettent d'actualiser l'avancement du projet. Le travail de l'EC consiste à faire converger les objectifs du projet, échanger les informations, partager les connaissances et prendre des décisions.

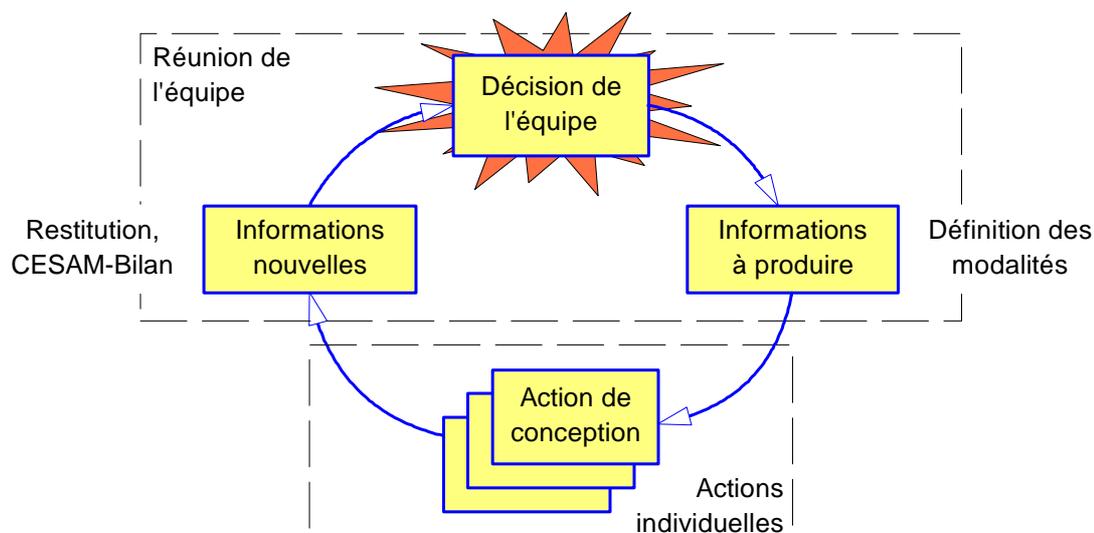


Figure 4.3 : Fonctionnement de l'EC (Marouzé, 1999)

2.1.3. Au niveau de la participation des utilisateurs dans la conception

Comme nous l'avons montré au chap. 1, pendant longtemps les concepteurs des PAO ont conçu des équipements agroalimentaires sans l'implication des utilisateurs dans la conception. Dans Cosu, nous recommandons une approche de conception participative visant à comprendre puis prendre en compte le besoin des utilisateurs par une coopération entre utilisateurs et concepteurs au moment de l'analyse du problème, de la définition des spécifications fonctionnelles et des prototypes virtuels et physiques. Plusieurs auteurs ont montré l'intérêt de la conception participative. Pour Carroll (2004b), *la conception participative est une approche incontestable qui permet d'intégrer plus de connaissances dans la conception notamment celle des utilisateurs*. Pendant le processus de conception participative, les concepteurs développent des scénarios à travers lesquels les utilisateurs objectivent leurs attentes. L'identification et la sélection des utilisateurs participants doivent se faire sur la base des critères d'expérience dans le travail, de régularité de l'activité et d'approbation de leur part.

2.2. Présentation de la méthode COSU

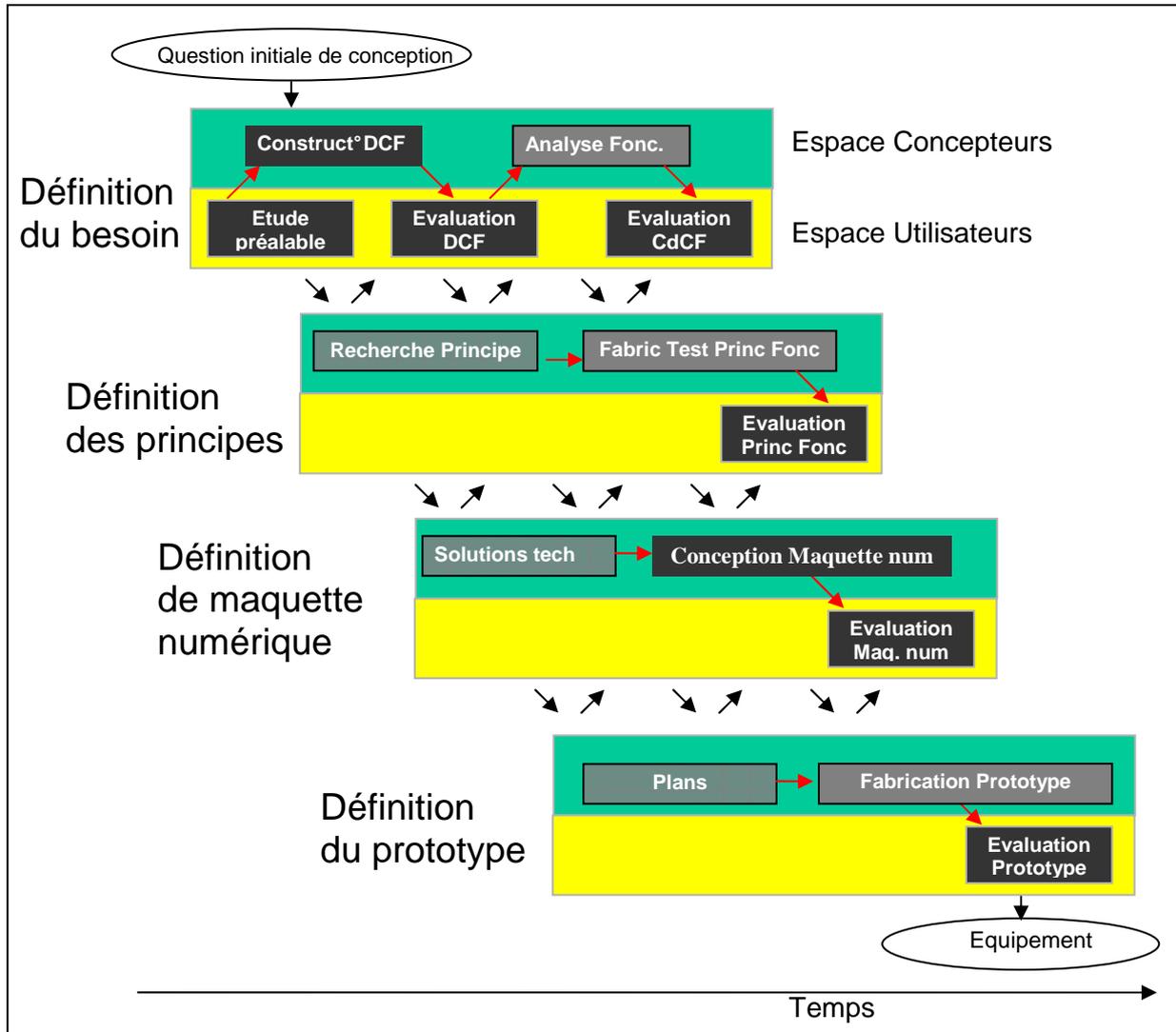


Figure 4.4 : Modèle Cosu au niveau des activités et des phases dans le cadre de la méthode CESAM

La figure 4.4 ci-dessus présente la méthode COSU au niveau des activités et des phases. La conception se déroule de façon alternative entre les deux espaces *concepteurs* et *utilisateurs* en quatre phases : définition du besoin, définition des principes, définition de maquette numérique et définition validation de prototype. Chaque phase est composée d'un ensemble d'activités. Parmi ces activités, certaines existaient dans la méthode CESAM (en gris sur la figure 4.4) : l'Analyse fonctionnelle, la recherche des principes, la fabrication et test des principes fonctionnels, la recherche des solutions techniques, la définition des plans et la fabrication de prototype. Les autres (en noir dans la Fig. 4.4) sont des activités que nous

proposons. Les quatre phases se succèdent créant un enchaînement logique des tâches. Dans cet enchaînement, l'échange entre les phases est instrumenté par les scénarios validés.

Les activités de la méthode COSU démarrent avec la phase de définition du besoin. Cette phase est composée de cinq activités : l'étude préalable à la construction du scénario problème, la construction du DCF, l'évaluation du DCF, l'analyse fonctionnelle et l'évaluation du CdCF. Comme indiqué sur la Figure 4.4, la construction du DCF et l'analyse fonctionnelle sont menées dans l'espace concepteurs tandis que l'étude préalable à la construction du scénario problème, l'évaluation du DCF et l'évaluation du CdCF sont réalisées dans l'espace utilisateur. Pendant cette phase, les concepteurs ne se limitent pas au problème posé par le décideur du projet pour créer des solutions mais partent plutôt d'une analyse du problème en s'appuyant sur l'observation du travail réel des utilisateurs menée pendant l'activité « *Etude préalable à la construction du scénario problème* ». La meilleure compréhension du problème va aider les concepteurs dans la définition et le choix des solutions, comme Darses (1997) nous le décrit, « *parvenir à définir le problème, c'est avoir trouvé la solution* ».

Pendant la phase de définition des principes, trois activités sont déployées : la recherche des principes technologiques qui se fait en interne par la créativité de l'EC, la fabrication et test des principes fonctionnels et enfin leur évaluation par les utilisateurs. La phase de définition de maquette regroupe trois activités : l'élaboration de solutions techniques, la conception de maquette numérique et l'évaluation de la maquette numérique par les utilisateurs. La phase de définition de prototype regroupe l'élaboration des plans, la fabrication du prototype et l'évaluation du prototype. Nous allons expliquer en détail le développement des activités.

3. Les composants de COSU

3.1. Scénario problème

3.1.1. Définition

Pour Rosson et Carroll (2001), le scénario problème permet de décrire les activités dans le domaine du problème et il est destiné à être utilisé par les concepteurs :

“ tells a story of current practice. These stories are carefully developed to reveal aspects of the stakeholders and their activities that have implications for design. Other members of the project team should be able to read the problem scenarios and appreciate the work-related issues that the field study has uncovered. It

is called "problem scenarios" not because they emphasize problematic aspects of current practices, but rather because they describe activities in the problem domain. In scenario based design new activities are always grounded in current activities."

Dans Cosu, le *scénario problème* est une description narrative, mais formatée de l'activité réelle menée dans une situation réelle d'usage. Cette description prend la forme du DCF (cf. chap. 3 § 4) qui est une combinaison de texte, photo/vidéo et graphique. La Fig. 4.5 présente un exemple de scénario problème que nous avons réalisé au Bénin sur la collecte des régimes de fruits de palme en vue de la transformation en huile dans le cadre de la validation de la méthode COSU. La partie centrale présente les différentes opérations exécutées dans le procédé qui part des actions préliminaires jusqu'à l'obtention des fruits de palme. L'opération décrite dans cet exemple est « la coupe » des régimes ».

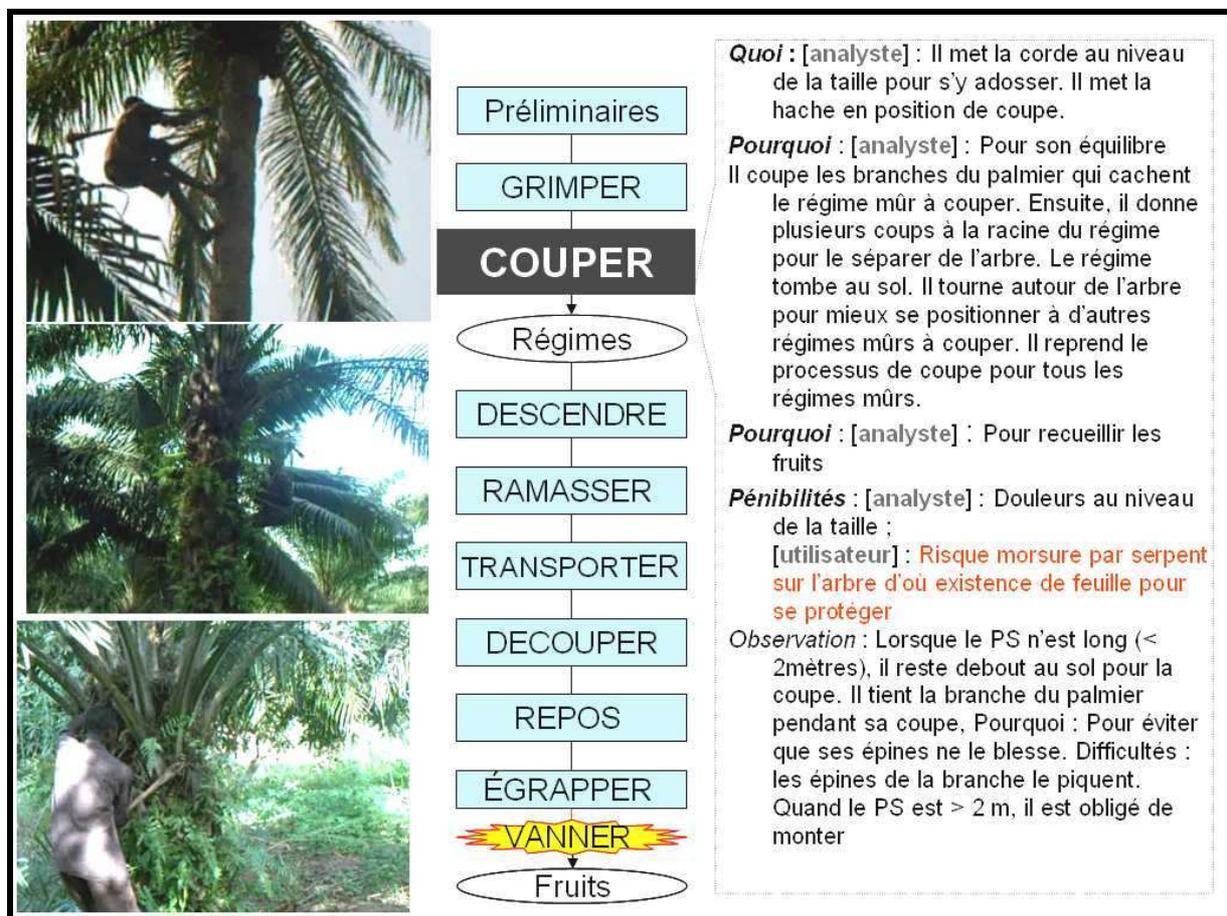


Figure 4.5 : Exemple de scénario problème sur la collecte des régimes de fruits de palme

La partie de gauche présente trois cas de vidéo de coupe de régime de trois types de palmier : naturel (vidéos du haut et du milieu) et sélectionné (vidéo du bas). La partie de droite est un pointeur de texte composé d'une catégorie de discours précédés par des questions standard : *Quoi* (la description de l'opération de coupe), *Pourquoi* (l'opération), *Pénibilité* (les difficultés rencontrés par l'opérateur) et enfin une catégorie d'observation. Un cas complet de scénario problème est présenté en annexe 4.

Dans le processus de conception, le scénario problème est une mise en scène des *activités habituelles*¹³ menées par les utilisateurs dans une situation réelle d'usage. Cette mise en scène vise à (1) comprendre le processus traditionnel en amenant les utilisateurs à décrire dans l'action (et non simplement narrer) le processus et les actions, à expliquer le pourquoi de chaque action, les difficultés rencontrées dans l'exécution de chaque action et (2) définir le problème. Elle est réalisée sur un *processus* dans un *environnement*, par des *acteurs* avec des *objets*. Dans le cas des équipements de transformation agroalimentaire, le procédé traditionnel à mécaniser représente le processus initial. L'environnement constitue le lieu de travail des transformatrices dans les conditions habituelles de transformation. Le DCF constitue l'outil principal utilisé.

3.1.2. Développement du Scénario problème : construction du DCF

Comme nous l'avons défini au § 1.2, le développement d'un scénario est l'aboutissement d'un processus. Pour le scénario problème, ce *processus* part d'une *étude préalable* qui constitue le temps T1 (recueil des informations) pour aboutir au temps T3 (confrontation de la première version du DCF avec les utilisateurs). Le temps T2 est la construction du DCF.

3.1.2.1. Etude préalable à la construction du scénario problème

Il s'agit d'une étude de description des activités de transformation dans leur contexte. Cette étude est réalisée par un membre de l'EC qui joue un rôle d'analyste dans les premiers moments du projet et qui reprend son rôle de concepteur après. C'est un rôle d'analyste du travail des utilisateurs. Ce rôle d'analyse peut être joué par le sociologue pour ses compétences en technique d'enquête de terrain ou par le spécialiste agroalimentaire pour ses compétences en procédé de transformation. L'analyste joue un rôle d'interface entre les utilisateurs et les concepteurs.

¹³ Dans le cas de la transformation agroalimentaire, il s'agit des activités manuelles du procédé traditionnel à mécaniser

Rôle de l'analyste, rôle d'interface

Dans le paragraphe 2.1.2, nous avons décrit les différents acteurs constituant l'EC dans la méthode COSU. Elle peut être composée des quatre compétences classiques retenues par CESAM (génie mécanique, agroalimentaire, économie et sociologie), ou élargie à d'autres compétences selon le projet. Les membres de l'EC sont des concepteurs qui co-conçoivent. Ils exécutent des tâches de développement du produit en cours de conception, mais lorsque le prototype est fabriqué (phase aval de la conception), tous interviennent pour juger la performance du prototype. Ainsi, le mécanicien atteste la performance mécanique du prototype. La personne compétente en agroalimentaire confirme le bon fonctionnement du prototype quant à la qualité du produit alimentaire. L'économiste, lors des évaluations avec les utilisateurs doit évaluer la rentabilité financière du prototype par rapport à la performance économique antérieurement définie dans le cahier des charges. L'introduction de l'équipement physique et son fonctionnement dans le lieu de travail des transformatrices est une situation concrète à partir de laquelle le sociologue recueille des éléments (informations, observations, comportements) permettant une esquisse d'analyse exploratoire sur l'adoption ou l'acceptation de l'équipement. De ce point de vue, on peut dire que les membres de l'EC sont des acteurs qui ont un rôle obligatoire de décision sur le prototype. Dans COSU, la construction du scénario – problème nécessite un travail d'analyse du travail des transformatrices. Ce travail passe par l'observation, la compréhension des pratiques des transformatrices et des techniques de collecte (enregistrement vidéo) et de traitement (d'images et de vidéo). Nous avons nommé *analyste*, l'acteur qui réalise ce travail. Il est analyste parce qu'il analyse le processus de travail des transformatrices, à la fois avec un regard sur la pratique elle-même (les mouvements, les opérations, etc.) et aussi avec un regard plus technique (formalisation du procédé, découpage en opérations, etc.). Son travail est réalisé pendant la phase de construction du scénario – problème. Il n'intervient plus après la formalisation du scénario – problème. Ce n'est donc pas un rôle de décision, comme les rôles des membres de l'EC, pendant la phase de matérialisation physique du prototype, donc la phase avale de la conception. L'analyste construit la description contextualisée des opérations réalisées par les transformatrices, qui sera utilisée par les concepteurs. Il met en relation deux catégories d'acteurs que sont les concepteurs et les utilisateurs : c'est un *acteur interface* entre les acteurs impliqués. Pour Chazal (2002), cité par Koike (2005) « *l'interface est ce qui se glisse entre deux éléments pour les relier, les mettre en rapport, les faire interagir et les modifier profondément en les intégrant dans un tout auxquels ils se soumettent* ». Boujut

(2001) aborde la question des interfaces en les situant comme lieu de coopération : « *la coopération est un mouvement, les interfaces en sont le lieu* ». Les nouveaux savoirs et les nouvelles connaissances naissent des situations d'interface. L'acteur d'interface a une *compétence tournée vers l'explicitation de choix de conception, (...), de savoirs et de confrontation des points de vues*. Dans COSU, l'analyste fait le lien entre les utilisateurs et les concepteurs. Dans cette liaison, il coopère avec les utilisateurs, apprend des choses (techniques de transformation, savoirs faire et connaissances) des utilisateurs. Il les formalise et les transmet aux concepteurs.

Le travail de l'analyste

Son travail est basé sur une recherche empirique du terrain pour comprendre et faire ressortir les caractéristiques des activités contenues dans le procédé traditionnel et celles des utilisateurs. L'étude préalable dirigée par l'analyste est réalisée suivant les deux étapes ci – après :

- **Etape 1** : Première visite de terrain auprès des utilisateurs : Intéressement des utilisateurs

Cette première visite consiste à prendre contact avec les utilisateurs. Lors de cette visite, l'analyste présente et explique aux utilisateurs le travail de conception participative à réaliser avec eux et cherche à recevoir leur approbation. Ceci est important pour plusieurs raisons : (1) Nos expériences avec les transformatrices ont montré que, pour l'utilisateur, la conception est le travail des concepteurs uniquement. L'utilisateur estime très souvent que son rôle se limite à une description de ses attentes (lesquelles attentes ne sont malheureusement pas souvent explicites). Or (2) la conception participative c'est d'abord une philosophie qui place l'homme au centre de la conception et non l'objet (comme cela se fait d'habitude dans les conceptions classiques). Autrement dit, la recherche des solutions de conception part aussi d'une intégration du point de vue de l'utilisateur, de son savoir et de ses attentes. Pour cette raison, la construction d'une alliance au début de la conception s'avère indispensable. Ceci est d'autant plus important dans notre contexte de recherche car (3) les transformatrices des pays d'Afrique de l'Ouest s'intéressent de moins en moins aux activités des chercheurs parce qu'ils sont nombreux à faire des enquêtes lourdes auprès des transformatrices sans retourner les voir pour leur restituer les résultats. Pour cela, les transformatrices ne veulent plus en entendre parler. Pour éviter cet écueil nous préconisons donc que pendant le travail de terrain, l'analyste fasse comprendre aux utilisateurs qu'il s'agit d'un travail coopératif entre

utilisateurs et concepteurs. Il explique aux utilisateurs leurs rôles et contributions : aider les concepteurs à bien poser le problème et maîtriser le besoin, évaluer les différents OIC construits par les concepteurs et intégrer à chaque rencontre avec les concepteurs leur point de vue sur la conception donc partager avec ceux – ci leurs expériences et savoir faire technique. Les utilisateurs reçoivent une explication globale sur le projet de conception. L'analyste présente, traduit et explique le document de présentation du projet. Il est souhaitable qu'il réalise un poster de la méthode COSU au niveau des activités (Fig. 4.4) et le présenter et expliquer aux utilisateurs. Il visite les lieux de travail des utilisateurs et recueille des informations sur le procédé et les activités.

- **Etape 2** : Génération de vidéo et autres informations en vue de la réalisation du scénario – problème.

L'analyste retourne sur le terrain avec des matériels comme par exemple une caméra vidéo et un guide d'entretien. A cette étape du travail, il joue deux rôles : filmer le travail des utilisateurs en situation réelle de travail et comprendre le travail pour le formaliser en un modèle descriptif et structuré (DCF) pour être utilisé par les concepteurs.

Filmer le travail des utilisateurs :

Il demande aux transformatrices d'exécuter le processus de transformation telle qu'elles ont l'habitude de faire. Celles – ci exécutent l'activité normalement. Le processus de transformation traditionnelle est filmé. L'enregistrement vidéo est délicat : on doit pouvoir prendre des vues d'ensemble mais aussi des vues détaillée du processus (par exemple pendant un procédé d'épluchage du manioc, au niveau de l'opération « *enlever la peau du manioc* » on doit faire un zoom avec la caméra sur l'espace balayé par le couteau).

Comprendre le travail pour le formaliser et bien le filmer :

Pour comprendre le travail, l'analyste suit le déroulement du processus pendant qu'il filme. Il pose des questions d'éclaircissement sur les détails, les gestes, les instruments utilisés, la signification et le pourquoi de ce qui se passe. Il doit avoir de la part des transformatrices des explications même des choses qu'il croît savoir au préalable.

3.1.2.2. Construction du DCF

Cette étape du travail consiste à analyser les données collectées sur le terrain, la vidéo et les réponses aux questions, et les traduire dans le DCF.

Comme nous l'avons dans l'exemple précédent sur la collecte des régimes de fruits de palme en vue de la transformation en huile (Fig. 4.5), dans un premier temps l'analyste fait une lecture de la vidéo en se concentrant sur l'opération à mécaniser. Cette lecture lui inspire une décomposition du procédé en fonctions techniques (partie centrale du DCF) qui représentent des actions et des gestes pertinents, menés par les transformatrices. La plupart des opérations requièrent un changement d'état physique, biochimique du produit agroalimentaire en cours de transformation. Pour chacune des fonctions techniques, il crée une séquence vidéo et/ou une photo (partie gauche). Chaque opération est textuellement décrite sous forme de texte (partie droite). C'est une description de ce qui est observé sur la vidéo, des transcriptions (de la langue locale en français) des explications données par les utilisateurs et des réponses aux questions administrées lors du terrain. Après ce traitement des données, l'analyste réalise le DCF.

3.1.2.3. Evaluation du DCF par les utilisateurs

L'analyste accompagné de certains membres de l'EC dont le chef de projet retournent voir les utilisateurs pour leur visualiser le DCF. Les utilisateurs ont la possibilité de modifier tout élément du DCF qui ne correspond pas à leurs attentes. A la fin de la séance, les utilisateurs et les concepteurs se mettent d'accord sur le contenu du DCF qui va sortir du contexte de transformation agroalimentaire pour devenir un OIC indépendant, un porte parole des utilisateurs dans le travail de conception.

3.2. Scénario Besoin Fonctionnel

3.2.1. Définition

Dans les deux projets de conception que nous avons menés dans le cadre du travail de thèse, nous avons utilisé l'Analyse Fonctionnelle (AF) comme outil d'analyse du besoin. Comme nous l'avons décrit au point § 2.1.1, l'AF réalisée par les concepteurs, pour les projets « *Eplucheuse de manioc* » et « *Equipement de mise en forme des bâtonnets de kluiklui* », ne traduit pas totalement les attentes des transformatrices identifiées lors des enquêtes. Les ajouts de fonctions par les transformatrices lors de l'évaluation du CdCF (chap. 3 et § 2.1.1) en témoigne. Cette confrontation du CdCF aux utilisateurs est importante non seulement pour corriger les fonctions définies par les concepteurs mais aussi pour mieux traduire les attentes non fonctionnelles définies par Brooks (1995) cité par (Rosson et Carroll, 2002a) :

« *A challenge for any software development project is identifying the complete and correct set of requirements. Many system requirements are functional, addressed by the actual services and information provided by the final system. Other requirements are non-functional, for example the measured quality of the software implementation or user interactions, or pragmatic features of the system development process like schedule, cost, or delivery platform.* »

En nous inspirant des techniques de Scenario Based design, nous proposons un scénario nommé « **Scénario Besoin Fonctionnel** » qui part d'une description fonctionnelle pour décrire comment les utilisateurs vont utiliser le futur équipement pour accomplir leurs tâches.

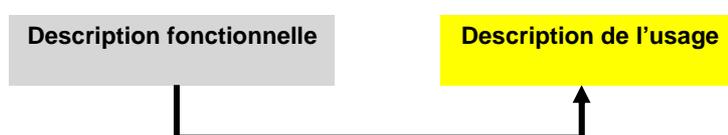


Figure 4.6 : Définition fonctionnelle vers la description de l'usage

Le *Scénario Besoin Fonctionnel* est un objet, Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF) (Anon., 1991; Delafolie, 1991) sorti de l'interaction entre concepteurs et utilisateurs lors de l'évaluation de la première version du CdCF. Le *Scénario Besoin Fonctionnel* est une description fonctionnelle qui se présente sous forme de tableau respectant les règles de l'AF et prenant en compte les contributions des utilisateurs. Le tableau 4.1 présente un exemple de scénario besoin fonctionnel réalisé lors du projet kluiklui. Les apports des utilisateurs sont en italiques gras.

Tableau 4. 1 : Scénario besoin fonctionnel kluiklui

Fonctions de service	Critères	Niveau
<i>L'équipement doit</i>	Débit	6 -kg /h 40 kg/h
F1 : mettre la pâte partiellement déshuilée en forme de bâtonnets	Rendement	95 % 100%
<i>Si manuel et facile à manipuler, la patronne va faire elle-même le travail</i>	Qualité du produit final	(a) traditionnelle (b) Pas de corps étrangers
	Longueur	[18-25] cm
	Diamètre	[8-13] mm
F2 : permettre à l'opérateur de charger la pâte partiellement déshuilée	Hauteur de chargement	0,55 m du sol
	Capacité de stockage	3 kg 12,5 kg
F3 : doit mélanger les condiments à la pâte partiellement déshuilée	Homogénéité	Pas de grumeaux
F4 : être d'un entretien courant facile pour l'opérateur	Utilisation d'outils standard	Clefs 13, 17, 19,
	Niveau de compétences requis	Niveau ouvrier
	Durée du nettoyage	<i>Il faut que la machine vienne (15 mn)</i>
F5 : être réparable par le réparateur à un coût accessible pour l'utilisateur	Composants disponibles	
	Outils disponibles	
F6 : être rentable pour l'entreprise	Prix d'achat de l'équipement	<i>(a) je le dirai en fonction de la performance de l'équipement (b) Crédit</i>
	Capacité d'auto financement	???
	Volume de production par jour	<i>(a) 3 sacs = 120 x 3 = 360 mesures = 288 kg (a) 3 sacs = 120 x 3 = 360 mesures = 288 kg PQ deux fois ?</i>
	Coût de fonctionnement	<i>500 F CFA Bénéfice par jour sur les 3 sacs pour l'entrepreneur = 1800 FCFA. On fait combien de bassines par jour ? alors 500 FCFA</i>
F7 : reproductible par les fabricants locaux	Opérations de fabrication maîtrisées par le fabricant	
F8 : utiliser les énergies disponibles	Niveau de puissance disponible	<i>(a) Moteur, mais à démarrage facile, non pas comme moteur moulin (b) Manuel ou Moteur</i>
<i>F9 : permettre à l'opérateur d'ajuster le diamètre des kluiklui en fonction du coût de l'arachide</i>		
<i>Si possible pour quatre tailles de kluiklui : 175 F (Covè), 150F (ailleurs), 125F (Cotonou), 100F (Sagnon)</i>		
<i>F10 : permettre à l'opérateur de prélever la pâte pour goûter la pâte pimentée (contrôler le piment)</i>		

3.2.2. Développement du Scénario Besoin Fonctionnel

Le scénario problème (§ 3.2.1) constitue une base de données que les concepteurs exploitent pour la construction du scénario besoin fonctionnel. Le temps T1 du processus de construction du scénario besoin fonctionnel est donc le scénario problème.

3.2.2.1. Analyse Fonctionnelle (AF)

L'Analyse Fonctionnelle (AF) (Chevallier, 1989) est une méthode qui a pour objet l'identification, l'expression et la caractérisation des fonctions qui modélisent les actions. Elle consiste à exprimer le besoin sous forme de fonctions de service qui expriment les relations entre le produit et son environnement. Le Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF) présente cette modélisation du besoin sous forme d'un ensemble de fonctions validées, caractérisées et hiérarchisées. Nos expérimentations du CdCF montrent qu'il s'agit d'un outil qui décrit ce que le futur équipement doit être capable de faire en terme de fonctions. C'est un exercice qui oblige à réfléchir et comprendre les attentes pour les traduire en fonctions que doit assumer le futur équipement. Dans COSU, l'AF est réalisée par les concepteurs en réunion d'EC car à priori c'est une représentation typique du monde des concepteurs.

3.2.2.2. Evaluation du CdCF par les utilisateurs

Des concepteurs de l'EC retournent voir les utilisateurs avec ce premier CdCF rédigé en équipe. Chaque fonction de service est traduite et expliquée en langue locale ainsi que les critères d'appréciation et leurs niveaux. Les utilisateurs peuvent compléter ou reformuler les fonctions, ajouter des critères, changer les niveaux. Ceci est décliné pour chaque fonction. Les concepteurs doivent chercher à avoir des explications sur les modifications demandées par les utilisateurs. C'est dans cette interaction que se précisent les points de vue des utilisateurs qui sont formalisés dans une version finale du CdCF : le scénario besoin fonctionnel.

3.3. Scénario Principe Fonctionnel

3.3.1. Définition

Le projet de conception « *Équipement de mise en forme des bâtonnets de kluiklui* » développé pendant les travaux de terrain de la thèse a montré, à partir de la phase de validation de la maquette fonctionnelle, un intéressement des transformatrices au travail de conception et une certaine satisfaction des concepteurs par rapport au travail de conception jusque là réalisé. En effet, la conception participative est une activité complexe dans laquelle

les acteurs ont besoin des représentations afin de permettre aux utilisateurs d'interagir avec les concepteurs et aux concepteurs de mieux prendre en compte les points de vue des utilisateurs. Plus ces représentations sont concrètes mieux les utilisateurs auront de facilité à se projeter dans l'usage pour partager leur connaissance d'une part, et d'autre part, mieux ils vont coopérer avec les concepteurs car cela leur donne une crédibilité au travail des concepteurs.

Enfin, le *maquettage physique* est une phase bénéfique en conception car elle permet de valider la faisabilité technique du principe par une réalisation rapide. C'est une phase cruciale et souvent négligée lors de la conception d'un système (Cauneau, 2002). Elle permet de rendre moins abstraite le niveau du travail de conception. Dans Cosu, nous proposons la réalisation d'une *maquette fonctionnelle* pour un ou plusieurs principes. La *maquette fonctionnelle est une matérialisation sous forme « légère » ne nécessitant que quelques journées de travail en atelier, pouvant être testée rapidement et n'ayant aucune ambition de durabilité. Il ne s'agit en aucun cas d'un prototype qui exige une étude technique et une réalisation beaucoup plus longue* (Marouzé, 1999). Selon le principe étudié, elle peut être sans support matériel (par exemple expérimenter sur une table) et avec des matériaux simples (par exemple le bois pourra remplacer le métal).

Le *scénario principe fonctionnel* est une maquette fonctionnelle, un objet physique concret, matérialisant le ou les principe(s) technologiques retenus par l'EC, et sur lequel les utilisateurs et les concepteurs ont coopéré pour accepter ou modifier le fonctionnement futur du système, la qualité du produit agroalimentaire traité et l'usage.

3.3.2. Développement du Scénario Principe Fonctionnel

Le processus de développement du scénario principe fonctionnel part d'un temps T1 de production d'informations composé de recherche bibliographique, d'entretiens avec des personnes ressource, du scénario problème, du scénario besoin fonctionnel, etc. Les concepteurs exploitent ces informations produites pour rechercher et définir des principes technologiques et élaborer une maquette fonctionnelle pour chacun des principes retenus (temps T2) celles-ci sont évaluées par les utilisateurs (temps T3).

3.3.2.1. Recherche de principes

La recherche de principes se fait en interne par les concepteurs lors d'une séance de créativité (Delafolie, 1991) à partir de leur propre expérience. Les principes identifiés seront analysés, discutés et sélectionnés. Les concepteurs pourront exploiter des outils spécifiques d'analyse de principes tels que la base de données de principes agroalimentaires élaborés par

le CIRAD pour aider les concepteurs d'équipements agroalimentaires (Giroux, Totobesola-Barbier et al., 2006).

3.3.2.2. Fabrication et test de principes fonctionnels

Les principes retenus sont matérialisés en un objet physique : la maquette fonctionnelle qui est fabriquée et testée par des concepteurs. Il s'agit d'un test de fonctionnement de l'objet avec le produit alimentaire pour voir si le principe retenu est bon. Dans le cas du projet « *machine à kluiklui* » (Chap. 3), la maquette fonctionnelle du principe « *mettre en forme entre deux cylindres* » (Photo 4.1) a juste permis de voir si le kluiklui sorti des deux cylindres avait identique au kluiklui fabriqué traditionnellement.



Photo 4.1 : Maquette fonctionnelle principe kluiklui « *mettre en forme entre deux cylindres* »

3.3.2.3. Evaluation des maquettes fonctionnelles avec les utilisateurs

Les concepteurs retournent vers les utilisateurs avec la maquette fonctionnelle ayant donné des résultats satisfaisants lors des tests au niveau concepteurs. Chaque maquette fonctionnelle est testée et le produit agroalimentaire traité est évalué. Cette double évaluation, sensorielle (du produit agroalimentaire) et fonctionnelle (fonctionnement de la maquette fonctionnelle) par les utilisateurs est discutée et d'éventuelles modifications sont proposées. Les utilisateurs peuvent manipuler la maquette. Pendant le test, les utilisateurs doivent donner leur impression sur le fonctionnement de la maquette et sur la qualité du produit alimentaire. Les utilisateurs ne vont pas se limiter à un simple test de la maquette. Mais ils vont devoir, à partir de l'observation du fonctionnement de la maquette et de la qualité du produit

alimentaire, se projeter dans l'usage pour compléter les éventuels manques. La maquette fonctionnelle enrichie par les utilisateurs : *Scénario principe fonctionnel*, devient le porte parole des utilisateurs qui sera exploité durant les phases suivantes.

3.4. Scénario Maquette numérique

3.4.1. Définition

Une *maquette numérique*, est une représentation géométrique d'un produit, généralement 3D, réalisée sur ordinateur en vue de l'analyser, le contrôler et le simuler (Anon, 2006). Pour Morenton (2003), *ce terme désigne l'ensemble des données informatiques qui permet de manipuler un objet aussi bien ou mieux qu'on ne pourrait le faire avec une maquette réelle ou un prototype. On peut tester sa résistance à diverses contraintes, vérifier qu'un sous-ensemble est montable ou démontable, s'assurer que la mobilité des composants les uns par rapport aux autres ne génère pas de collision,...*

Une hypothèse de départ de notre recherche, est que « *la maquette numérique est un objet qui permet aux utilisateurs d'interagir avec les conceptions* ». Celle-ci a été confirmée dans les projets de conception menés. Par exemple dans le projet « *Eplucheuse de manioc* », on a constaté que lors de l'évaluation de la maquette numérique, la fonction « *éliminer les racines non conformes* » a été rappelée aux concepteurs. C'est aussi lors de cette évaluation que les formatrices ont relevé que la solution proposée ne permettait de dégager les maniocs épluchés. En effet, la maquette numérique synthétise la conception et permet aux utilisateurs d'avoir prise sur le produit en cours de conception (Godjo, Marouzé et al., 2006).

Le scénario maquette numérique est une représentation virtuelle de la solution technique, complétée si possible par des éléments du contexte (autres équipements à proximité, mannequin, etc.), enrichie par les utilisateurs lors d'une interaction avec les concepteurs.

3.4.2. Développement du scénario maquette numérique

Le développement du scénario maquette numérique part des informations contenues dans les scénarios besoin fonctionnel et scénarios principes fonctionnels (temps T1) pour définir une (ou des variantes de) solution(s) technique(s) modélisée(s) : conception maquette numérique (temps T2). La maquette numérique est par la suite évaluée par les utilisateurs (temps T3).

3.4.2.1. Elaboration de solutions techniques

Une relecture du scénario besoin fonctionnel permet de relever les niveaux d'appréciation des critères indispensables pour la réalisation des formes géométriques tels la « hauteur de chargement », la « hauteur de vidange », l'« encombrement de l'équipement », le « débit », etc. Ces formes géométriques matérialisent les principes retenus dans le scénario principes fonctionnels et viennent compléter le principe de transformation testé dans le scénario principe fonctionnel.

3.4.2.2. Conception de la maquette numérique

Les pièces des différentes entités sont modélisées et assemblées en CAO. Différentes liaisons sont réalisées (pivot, prismatique, cylindrique, vis, engrenage, etc.), les commandes sont appliquées suivant les mouvements retenus. La maquette numérique doit inclure autant que faire se peut des éléments de l'environnement tels que des mannequins, des encombrements, etc. de manière à situer le mieux possible l'équipement dans son futur contexte d'usage.

3.4.2.3. Evaluation de la maquette numérique avec les utilisateurs

La maquette numérique est visualisée sur l'écran d'un ordinateur. Les utilisateurs observent et réagissent pour corriger les éventuels défauts ou font des propositions de modification. La maquette numérique, incluant une mise en situation par ajout de mannequins ou d'éléments du contexte (afin de situer l'équipement dans son environnement d'usage), et enrichie par les propositions des utilisateurs est le scénario maquette numérique.

3.5. Evaluation du prototype

La conception d'un produit mécanique est un processus jalonné par un ensemble d'OIC créés, exploités et transformés pour aboutir à l'objet final. Dans la méthode COSU, après le scénario maquette numérique, les concepteurs réalisent un prototype qui doit être testé et accepté par les utilisateurs avant d'être vulgarisé. Lors des tests menés avec les utilisateurs, ces derniers peuvent demander des modifications par rapport au fonctionnement ou à l'usage de l'équipement. Le prototype amélioré qui prend en compte les avis des utilisateurs est l'OIC final de la conception.

Dans la méthode COSU, pendant la phase de définition du prototype trois activités sont réalisées : la définition des plans, la fabrication et test du prototype et l'évaluation du prototype par les utilisateurs.

3.5.1. Définition des plans

Il s'agit de la réalisation d'un dossier de fabrication comportant le plan d'ensemble et les plans de définition du prototype. Dans la nomenclature, le matériau doit être précisé après vérification de sa disponibilité sur le marché local.

3.5.2. Fabrication et test du prototype

C'est la phase de matérialisation de l'équipement. L'équipement fabriqué suivant les plans est testé en atelier avant son installation chez des utilisateurs. Ces tests visent à vérifier le fonctionnement mécanique de l'équipement mais aussi la qualité du produit alimentaire traité.



Photo 4.2 : Test du prototype machine à kluiklui

3.5.3. Evaluation du prototype avec les utilisateurs

Le prototype testé en station est installé chez des utilisateurs pour qu'ils l'utilisent. Une phase de démonstration puis de formation des utilisateurs sera réalisée. Ensuite, les utilisateurs vont utiliser l'équipement. Ils doivent donner leur appréciation, et si possible faire des propositions en cas d'insatisfaction, sur :

- le fonctionnement de l'équipement : rendement, débit, capacité horaire, etc.

- l'ergonomie : Posture de travail (travail assis ou debout, hauteur de travail, siège de travail), Autonomie de l'opérateur (Liberté pour travailler), Efforts au travail (Très importants, importants, moyens, légers ou faibles), Monotonie (Temps de cycle, nombre d'opérations identiques), Sécurité du travail (Existe t-il des risques ? des degrés de protection ?), Manipulation (Simple, pénible), etc.
- le produit agroalimentaire transformé : qualité physique (état de surface, forme, etc.) qualité agroalimentaire organoleptique et sensorielle (couleur, texture, goût, arôme), etc.

4. Le terrain de validation de la méthode COSU : Expérimentation du scénario – problème

Comme nous l'avons montré au § 2.1.1, la méthode COSU est construite à partir d'une démarche inductive. Le CdCF, la maquette fonctionnelle, la maquette sont des objets créés et exploités pendant les études de cas. Nous avons pu expérimenter un scénario de la méthode COSU : le scénario problème. L'expérimentation a été réalisée au Bénin, dans un village d'Avrankou¹⁴, autour d'un problème d'amélioration du procédé de coupe et de traitement des régimes du palmier à huile pour la transformation agroalimentaire. Avant de développer le processus d'expérimentation, nous allons d'abord décrire le problème à résoudre.

4.1. *Le problème autour duquel l'expérimentation a été réalisée : l'égrappage des fruits de palme*

Contexte et Problématique

Le palmier à huile (*Elaeis guineensis*) originaire du Golfe de Guinée (Diop, 1997) est une plante pérenne cultivée et transformée pour ses fruits et ses graines riches en huile à usage alimentaire (huile de palme, huile palmiste, vin de palme, etc.) et industriel. Il existe au Bénin deux catégories de palmier : le palmier naturel (Photo 4.3) et le palmier sélectionné (Photo 4.4).

¹⁴ Situé à 20 km de Porto – Novo (la capitale)



4.3 : Palmier naturel (Avrankou 2006)



Photo 4.4 : Palmier sélectionné

Le palmier naturel comporte essentiellement la variété « *Dura* » « *Idolatraca* » et « *Pissifera* ». L'arbre a une hauteur d'environ 20 mètres avec des fruits à coque épaisse et à pulpe mince. Le palmier sélectionné est constitué de la variété « *Tenera* » qui est un produit du croisement entre « *Dura* » et « *Pissifera* » (Monhouanou, 1997). Le noyau du fruit est mince et la pulpe assez épaisse. Les deux types de palmier comportent des feuilles au sommet. Ces feuilles sont utilisées en artisanat pour la fabrication de plusieurs produits (balai, éventail, etc..). Entre les feuilles se trouvent des régimes. Le régime de palme (photo 4.5) est une inflorescence particulière formée d'un épis entouré d'une grande bractée appelée grappe sur laquelle sont disposés les fruits entre des épines.



Photo 4.5 : Régime de palme (Avrankou 2006)

Si les techniques de transformation traditionnelles sont améliorées et remplacées par des technologies appropriées (dépulpeurs de fruits de palme, presse à huile de palme, concasseur de noix de palme, etc.) la technique de coupe et celles de traitement des régimes (spadices) en vue de la transformation des fruits constitue un procédé traditionnel jamais amélioré depuis des siècles. Les régimes sont coupés avec une hache au sommet de l'arbre par l'opérateur retenu à l'arbre par une corde. Cette technique est pénible et très dangereuse. Il arrive très souvent que l'opérateur chute et meurt. La séparation des fruits des régimes est elle aussi difficile à cause des épines qui piquent. Depuis quelques années, les transformatrices et exploitants agricoles demandent lors des assises des CRRD¹⁵ l'amélioration du procédé d'égrappage (séparation des fruits de la grappe) a toujours été recommandée par les transformateurs.

4.2. Déroulement de l'expérimentation

L'expérimentation s'est déroulée suivant la démarche décrite au § 3.1.2.

Les temps T1, T2, et T3 représentent respectivement l'étude préalable, la construction du DCF et l'évaluation du DCF. Pendant tout le processus de validation le rôle d'analyste est joué par le doctorant. Il est aidé lors de la phase de collecte des données par un technologue agroalimentaire. Au total il y a eu trois déplacements auprès des utilisateurs : le premier pour présenter le travail de conception aux utilisateurs et obtenir leur approbation au travail participatif, le deuxième pour générer la vidéo et le troisième pour proposer le DCF aux utilisateurs (confrontation). Entre le deuxième et le dernier, le DCF a été élaboré. La démarche suivie et les activités menées sont formalisées dans la figure 4.7 ci – dessous.

¹⁵ Comité Régional de Recherche et Développement, forum regroupant chercheurs, développeurs, exploitants agricoles et transformateurs où les résultats de recherche sont présentés et de nouvelles contraintes sont proposées à la recherche.

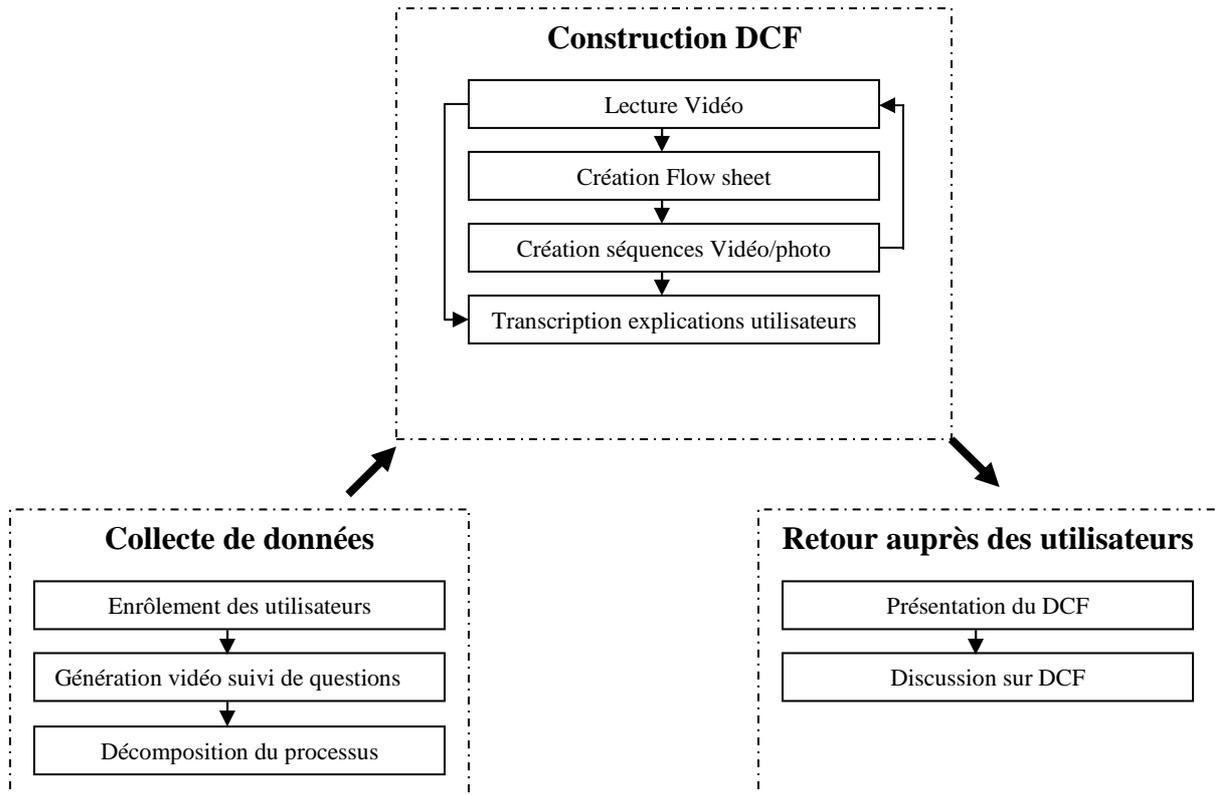


Figure 4.7 : Démarche et activités de l'expérimentation du processus d'élaboration du scénario problème

4.3. Résultats de l'expérimentation

La vidéo du procédé et le DCF final constituent les principaux résultats de l'expérimentation.

Le scénario problème

Nous avons présenté en annexe 4.1, le jeu complet du DCF réalisé par l'analyste et corrigé par les utilisateurs (les corrections des utilisateurs sont en rouge), il comporte 12 diapositives. La 9^{ème} diapositive corrigée est présentée dans la figure 4.7.

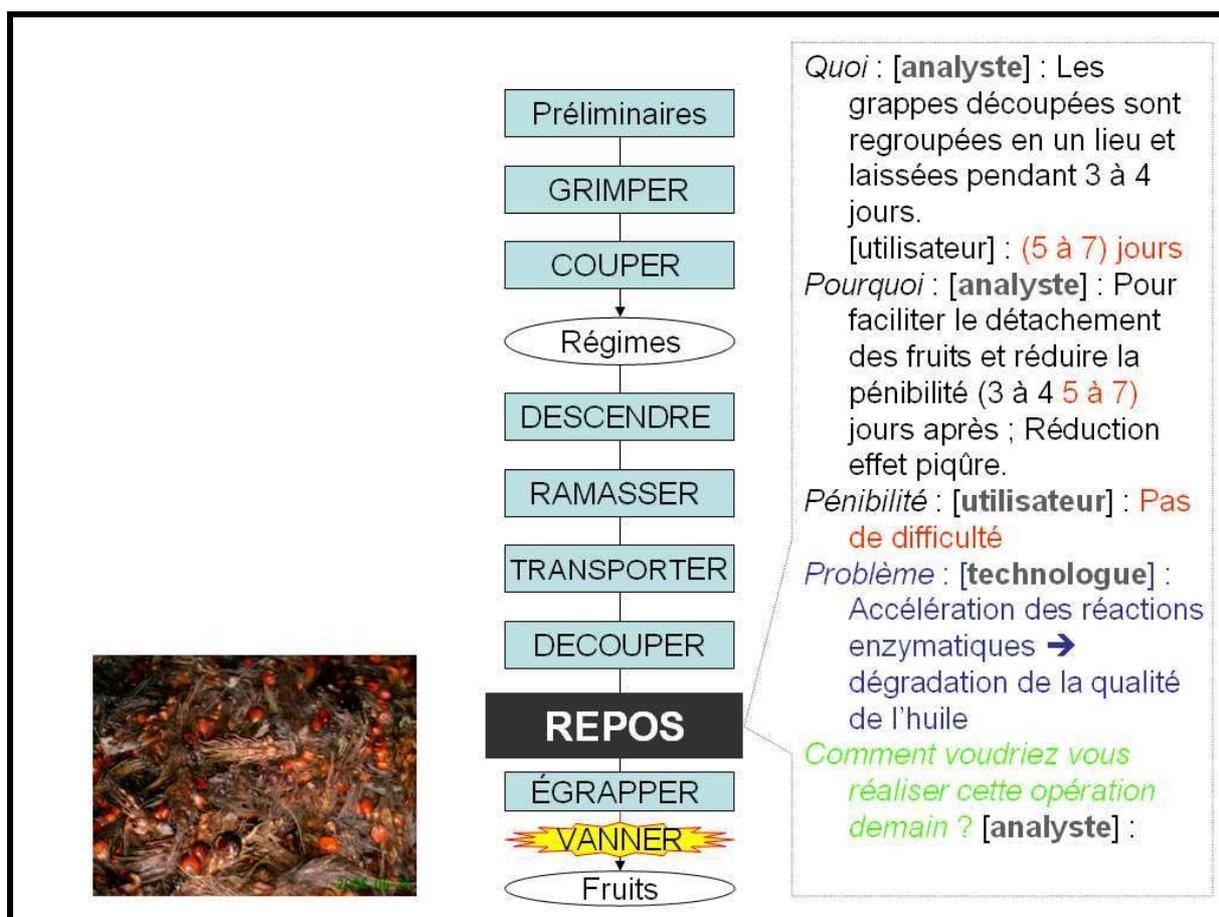


Figure 4.8 : La 9^{ème} diapositive du DCF montrant les apports des utilisateurs

La diapositive modifiée avec les apports des utilisateurs (Fig. 4.8) est une représentation de la description contextualisée de l'opération unitaire « *repos* », formalisé par l'analyste, discutée et enrichie par les utilisateurs. Les données collectées lors de l'étude préalable ont permis de construire la première version du DCF ; sur la figure 4.7, la photo, le flow sheet et le texte en noir. Lors de l'évaluation, l'analyste présente la diapositive, décrit l'opération « *repos* » (*Quoi ?*), dit le pourquoi cette opération (*Pourquoi ?*), et interroge sur la *Pénibilité* rencontrée de l'opération. Après cette description, les utilisateurs régissent et corrigent la diapositive concernant l'opération *repos* : 5 à 7 jours (écrit en rouge) au lieu de 3 à 4 jours. Ensuite, ils précisent qu'il n'y a pas de difficulté pour cette opération (écrit en rouge aussi). Pendant les échanges, le technologue explique ensuite que l'accélération des réactions enzymatiques entraîne une dégradation de la qualité de l'huile (produit fini) lorsque la durée de *repos* est grande. Les modifications apportées par les formatrices sont notées sur le champ.

4.4. Analyse de l'expérimentation

4.4.1. Le scénario problème permet une meilleure compréhension du problème

Nous avons montré dans le chap. 1 § 1.1 que la transformation des produits agroalimentaires est un continuum d'activités, dans lequel les transformatrices modifient par étapes successives la matière première pour obtenir un produit fini, qu'un simple observateur ne peut pas facilement comprendre. Ceci explique les enquêtes lourdes avec plusieurs aller – retours souvent réalisés par les chercheurs avant de comprendre le procédé de transformation.

Dans le DCF, nous caractérisons le procédé traditionnel. Les différentes activités sont formalisées en opérations unitaires. Lors de l'évaluation du DCF dont résulte le scénario problème, nous avons fait une présentation de ce qui a été observé. Mais il s'agit d'une présentation avec une vision de recherche d'explication du problème. Par exemple au niveau de l'opération « égrappage » le film seul ne suffisait pas pour montrer la pénibilité de détachement des fruits. Pour les transformatrices, ce détachement est difficile et périlleux (piqûre des épines, fatigue, douleurs aux épaules) lorsque le régime est coupé de l'arbre le même jour, mais facile lorsque le régime est laissé 5 à 7 jours en fermentation. Il faudrait reprendre la vidéo pour montrer la difficulté de détachement des fruits pour des rafles coupées depuis un nombre de jours différents et le problème à ce niveau. Cette description de la difficulté de l'opération doit être complétée lors de l'évaluation du DCF. Cette manière de décomposer le problème en des points particuliers permet de mieux comprendre et bien définir le problème.

4.4.2. Le DCF, objet porte parole des utilisateurs

La figure 4.9 décrit les interactions entre les différents acteurs et le DCF.

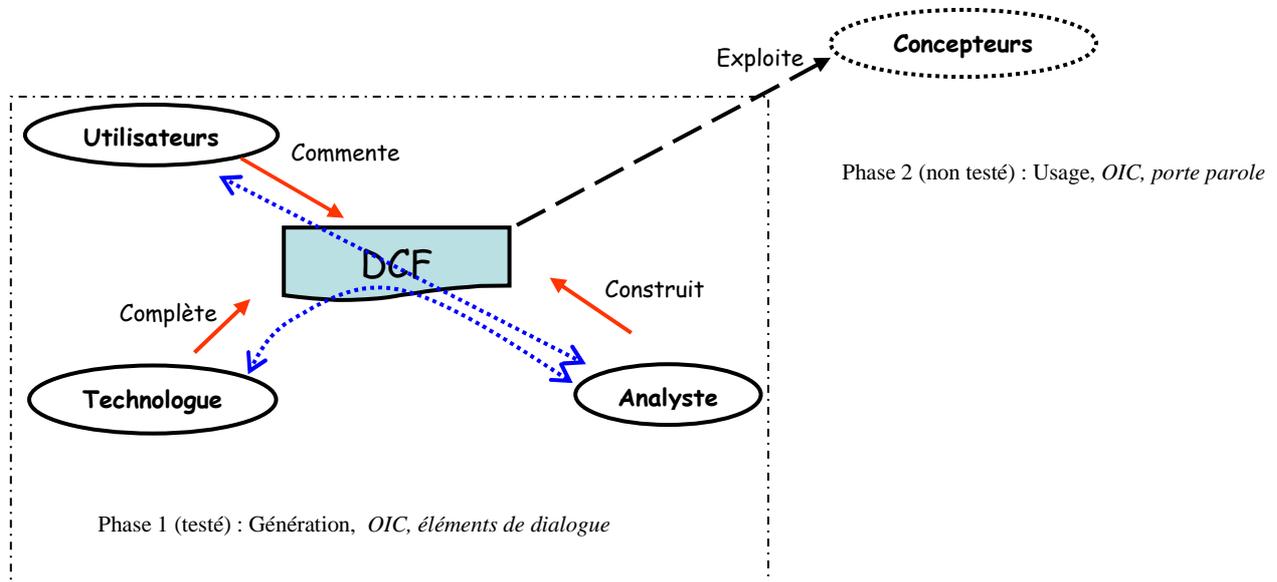


Figure 4.9 : Interactions entre les acteurs et le DCF lors de la validation du DCF

La première version du DCF construit par l'analyste est présentée aux utilisateurs. Les acteurs présents à cette séance (en ovale plein sur la Fig. 4.6) sont les utilisateurs, l'analyste et le technologue. Pendant la validation, l'utilisateur commente le DCF. Le technologue apporte des rajouts par rapports aux éléments présentés par l'analyste. Plus tard, c'est un outil efficace qui va être utilisé par les concepteurs à tout moment pendant la conception. Ils pourront s'y appuyer pour argumenter et prendre des décisions dans les discussions d'EC. Il permet à ce niveau une réduction des coûts de conception car le concepteur n'est plus obligé de retourner sur le terrain. Il l'exploite et l'analyse. On peut donc dire que le DCF généré par certains et utilisé par d'autres est un objet intermédiaire. Il est intermédiaire entre l'utilisateur et l'analyste et entre l'analyste et le technologue (flèche bleue sur la Fig. 4.6). Ensuite il va être implicitement intermédiaire entre les concepteurs et l'utilisateur. Il se dégage alors deux différentes phases de rôle d'intermédiaire joué par l'objet : la première c'est la phase de sa génération et la deuxième c'est la phase son usage. Dans la phase 1 (génération) il est élément de dialogue entre les acteurs. Il permet à l'utilisateur de communiquer aux concepteurs ses connaissances en matière de travail et ses problèmes. L'analyse intègre ses informations dans la version finale du DCF qui sera exploité par les concepteurs. Dans la phase 2 (usage), les

utilisateurs ne seront plus présents lors du travail des concepteurs, mais il ne restera que le DCF qui comporte leurs points de vue. Il devient porte-parole.

Est-ce que le DCF seul peut suffire à l'EC comme porte-parole efficace des utilisateurs ? Dans la phase 1 où l'analyste du processus est tout simplement un formalisateur, le DCF suffit comme porte-parole. Dans la phase 2, l'analyste du processus devient un acteur d'interface entre les utilisateurs et l'EC.

5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons proposé un cadre méthodologique permettant l'intégration de l'utilisateur dans la conception : la méthode COSU. La conception est menée au sein d'une petite équipe pluridisciplinaire composée de compétences variées et complémentaires. La méthode COSU est centrée sur quatre scénarios spécifiques : le scénario problème, le scénario besoin fonctionnel, le scénario maquette fonctionnelle et le scénario maquette numérique. Ces scénarios sont des objets construits par les concepteurs et confrontés aux utilisateurs. La compréhension du scénario permet aux utilisateurs d'interagir à partir de leurs connaissances sur l'usage du produit et de faire des propositions. Ces propositions sont discutées, et les échanges entre les concepteurs et les utilisateurs permettent une compréhension mutuelle et la prise d'une décision commune. De cette manière, nous affirmons que l'intégration des points de vue des utilisateurs passe par une compréhension mutuelle. Au cours du développement des scénarios, les concepteurs et les utilisateurs se font des représentations différentes du produit (les utilisateurs ont des représentations liés à l'usage et les concepteurs des représentations liées au fonctionnement du système). Il s'agit de deux mondes de représentations mentales. Les objets font le pont entre les mondes et naviguent dans les espaces physiques. Les scénarios résultent de cette construction à la fois mentale et physique.

Après la formalisation de la méthode, nous avons expérimenté le scénario problème. Cette expérimentation a montré que le scénario problème permet (1) une meilleure compréhension du problème (ce qui évite la répétition des enquêtes pendant l'analyse du besoin) et (2) constitue un élément de dialogue lors de sa génération et un porte parole des utilisateurs au cours de son cycle d'exploitation.

CONCLUSION GENERALE

Pour conclure ce travail, nous souhaitons faire un bilan sur les apports et les résultats obtenus. Ensuite, nous aborderons les perspectives ouvertes par ce travail de recherche.

Bilan sur les apports et les résultats

Dans les PAO, la conception d'équipements nécessaires au traitement des produits agroalimentaires est restée, jusqu'à encore récemment, l'affaire des seuls mécaniciens, plus habitués à traiter de la matière inerte que des produits biologiques. *Or la conception est une activité complexe faisant intervenir beaucoup d'acteurs et de métiers différents dont les interactions sont permanentes et dont les points de vue sur le processus sont différents* (Jeantet, Muller et al., 1994). Dans ce contexte, une méthode a été proposée par Marouzé (1999) pour aider les concepteurs des pays du Sud à organiser la conception en activité plurielle menée par une petite équipe pluridisciplinaire : la Méthode CESAM. Nous avons vu dans ce document que si la méthode CESAM apporte une amélioration par rapport à l'organisation de la conception, qui autrefois était caractérisée par une méthode essai erreur, elle manquait d'outils permettant de prendre en compte efficacement les points de vue des futurs utilisateurs d'équipements de transformation agroalimentaire en cours de conception.

Notre recherche bibliographique a permis de présenter les principales approches utilisées en conception pour prendre en compte les attentes des utilisateurs. La première regroupe des méthodes utilisées en conception de produits mécaniques : l'*Analyse Fonctionnelle* issue de l'*Analyse de la Valeur* et de la *Conception à l'Ecoute du Client*. La deuxième approche regroupe des méthodes utilisées en conception informatique : le *Participatory Design*, le *Scenario Based Design* et le *User Centered Design*. La différence fondamentale entre ces deux catégories d'approches est que la première est focalisée sur le produit, l'utilisateur n'est qu'un simple pourvoyeur d'informations sur les attentes lors de la phase d'analyse du besoin, tandis que la seconde est focalisée sur l'utilisateur lui-même de telle manière que ses connaissances soient intégrées dans la conception. Nous avons en particulier, montré l'intérêt du *Participatory Design* et du *Scenario Based Design* par rapport à notre contexte de recherche. *Participatory Design* est un courant global d'implication des

utilisateurs à la conception des produits qui leur sont destinés. Il recommande la coopération entre les concepteurs et les utilisateurs et intègre dans la conception les connaissances des utilisateurs. La pratique de *Participatory Design* nous conduit, dans notre cas, à retenir l'idée de travail en équipe, de coopération et à systématiser les rencontres entre les concepteurs et les utilisateurs. Mais le *Participatory Design* ne dispose pas à priori d'outils. Le *Scenario Based Design* comble ce vide en fournissant aux concepteurs un cadre méthodologique centré sur des scénarios qui sont des représentations de « *ce que veulent les utilisateurs* ». Nous nous sommes appuyés sur cette forme d'outil pour répondre à la question principale posée au début de la thèse à savoir « *comment intégrer l'utilisateur dans le processus de conception ?* ». Fort de l'intérêt qu'il procure et à la lumière de nos expériences de conception, nous avons caractérisé le concept « *scénario* » dans notre contexte : *tous les objet avec leur trajectoire d'élaboration tels que définis dans la méthode qui sert d'interface avec les utilisateurs.*

Trois projets de conception d'équipements agroalimentaires menés au Bénin ont constitué le dispositif expérimental mis en place pour collecter les données et valider les concepts en vue de répondre à la question de l'intégration de l'utilisateur dans la conception. Le premier projet, « *Machine de production de pâte malléable d'arachide* », a contribué à faire l'état des lieux sur les rôles des OIC. Les deux autres « *Eplucheuse de manioc* » et « *Équipement de mise en forme des bâtonnets de kluiklui* » ont servi à transformer la façon d'utiliser les outils construits de la littérature pour expérimenter l'intégration de l'utilisateur.

Quels enseignements avons-nous tiré de ces deux expériences participatives ?

Le premier élément de constat est le suivant : l'implication des utilisateurs dans la conception est faite à des étapes précises du processus : lors de l'évaluation par les utilisateurs des OIC. Ces OIC créés par les concepteurs et validés par les utilisateurs sont ensuite utilisés par les concepteurs. En analysant l'enchaînement des OIC, on s'aperçoit que l'on a une focalisation du processus ; d'un côté, le concepteur a une vision analytique de l'équipement, partant d'un besoin général jusqu'à un équipement concret. D'un autre côté, l'utilisateur a besoin d'une vue synthétique de l'usage du produit. Le processus évolue jusqu'à l'obtention de la solution finale. Nous avons formalisé ces éléments, sous forme de guide comme support pour les concepteurs dans l'action participative.

Le second élément de constat est lié à l'insuffisance de l'outil classique utilisé, l'Analyse Fonctionnelle (Chevallier, 1989), quant à l'identification du besoin des transformatrices agroalimentaires. L'analyse des projets a révélé que l'Analyse Fonctionnelle

ne permet pas au concepteur, même s'il est un spécialiste en agroalimentaire, d'avoir une compréhension complète des opérations réalisées traditionnellement par les femmes et surtout de leurs attentes. Dans le but de combler ces insuffisances nous avons proposé un outil : le DCF (Diagramme de Compréhension Fonctionnel).

Dans le dernier chapitre, nous avons proposé une méthode d'intégration de l'utilisateur dans la conception : Méthode COSU. La méthode COSU est un cadre pour les concepteurs afin de coopérer avec les utilisateurs pendant le processus de conception. Au cœur de la méthode COSU se trouvent quatre scénarios : scénario problème, scénario besoin fonctionnel, scénario principe fonctionnel et scénario maquette numérique. Ce sont des objets dynamiques qui servent d'interface avec les utilisateurs. C'est à travers ces scénarios, et en s'appuyant sur eux, que les concepteurs communiquent avec les utilisateurs. Ils sont développés par les concepteurs avec la participation des utilisateurs à travers (1) deux espaces physiques : *l'espace concepteurs* et *l'espace utilisateurs*, (2) des mondes de représentation, et (3) des *objets qui sont des ponts entre les mondes et qui naviguent dans les espaces*.

Au terme de nos travaux de recherche sur l'intégration des utilisateurs et à l'éclairage de nos résultats, nous affirmons qu'il est possible d'intégrer l'utilisateur pendant tout le processus de conception et non pas seulement au début et à la fin de la conception. Il ne s'agit pas tout simplement d'une présence physique mais d'une implication des connaissances de l'utilisateur sur l'usage du produit. L'utilisateur est impliqué à des moments de la conception qui constituent des points de passage obligé : l'évaluation des scénarios.

Perspectives

Au cours de notre travail, nous avons expérimenté le scénario problème et les concepts correspondant aux trois autres scénarios. Nous souhaitons mener une validation complète de tous les éléments de la méthode COSU. Il s'agira de mettre en œuvre la méthode tout au long de plusieurs projets. Il sera intéressant de voir si l'utilisation des scénarios dans le processus améliore notablement pour les transformateurs l'acceptabilité du produit final.

Nous souhaitons développer la méthode COSU dans tous les organismes de recherche agricole ou agroalimentaire des pays Ouest Africains tel que l'INRA du Bénin pour améliorer l'implication des groupes cibles (producteurs agricoles, transformateurs, etc.) dans le cycle de

gestion de la recherche et pour dynamiser la recherche au plus près des réalités quotidiennes des populations.

L'utilisation de COSU dépasse largement le cadre de la conception dans les pays du Sud ; elle pourrait être mise en œuvre dans les pays du Nord pour des projets de conception de produits industriels fabriqués en petites séries, pour lesquels les utilisateurs sont identifiés, dans les entreprises ne disposant pas de service marketing. Cette mise en œuvre devrait assurer une meilleure participation des utilisateurs.

Par ailleurs, la méthode COSU repose sur un travail au sein d'une équipe de concepteurs et avec des utilisateurs. Améliorer la participation des utilisateurs aux projets de conception est une condition nécessaire à une meilleure efficacité du travail des chercheurs mais ce n'est pas suffisant. Une meilleure coopération entre les concepteurs ayant des compétences complémentaires et des langages différents est indispensable. Cette collaboration doit s'appuyer sur des objets de conception qui eux-mêmes peuvent avoir des trajectoires d'élaboration similaires aux scénarios de COSU, trajectoires qui constitueront autant de ponts entre les mondes de la conception.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adégbola, P., Monhouanou, J., Savi, A. et Singbo, A. (2001). Etude technique et socio-économique de la semi-mécanisation du procédé artisanal de fabrication du gari au Bénin. INRAB / PAPA.
- Anago, G., Godjo, T., Adégbola, P. et Kossou, T. (2004). Conception et test en milieu réel d'une éplucheuse de manioc. Protocole de recherche PE28 / PDRT. Fonds compétitifs exercices 2004. INRAB/CRA-Agonganmey/PTAA.
- Anon (1998). "Etude des potentiels techniques et économiques de la transformation primaire des tubercules vivriers dans la région de l'Afrique de l'Ouest Etude exploratoire au Bénin. Rapport CFD mars 1998.
http://sleekfreak.ath.cx:81/3wdev/VLIBRARY/MOVE_REP/X0287F/X0287F00.HTM#CONTENTS (consulté le 11/10/2006)."
- Anon (2002). Approches participatives, Décentralisation et participation : priorité aux producteurs. Spore, CTA, n° 99 juin 2002.
- Anon (2005a). http://www.preci.org/dn_analyse_fonctionnelle_besoin/ (consulté le 12/10/06).
- Anon (2005b). Méthodes et instruments pour une analyse ergonomique et psychosociale. Direction générale Humanisation du travail, <http://meta.fgov.be/pdf/pd/frdd56.pdf> (consulté le 12/10/06).
- Anon (2006). Wikipédia L'encyclopédie libre.
http://fr.wikipedia.org/wiki/Maquette_num%C3%A9rique.
- Anon. (1991). Analyse de la Valeur, Norme NF X 50-150 à 153. Paris, La Défense, AFNOR.
- Aoussat, A. (1990). La pertinence en innovation : nécessité d'une approche plurielle. Thèse de doctorat, ENSAM Paris: 210 p.
- Asiedu, J. (1991). La transformation des produits agricoles en zone tropicale : approche technologique. Version française. Pp. 11-38. Editions Karthala et CTA.
- Bardram, J., Bossen, C., Lykke-Olesen, A., Nielsen, R. et Madsen, K. H. (2002b). Virtual video prototyping of pervasive healthcare systems. Proceedings of the conference on Designing interactive systems, pages 167--177. ACM Press, 2002.
- Beveridge, A., Claro, M., Lange, J. et Vanides, J. (2005). "About Participatory design, <http://ldt.stanford.edu/%7Ejvanides/ED229B/PD/index.htm>, (consulté le 05/01/2005)."
- Blanco, E. et Boujut, J.-F. (2003). "Intermediary Objects as a mean to foster Co-operation." Engineering Design Computer Supported Cooperative Work vol 12(n° 2): p 205 - 219.

- Blomberg, J. L. et Henderson, A. (1990). "Reflections on Participatory Design: Lessons from the Trillium Experience," Proc. of CHI'90, April 1990, Seattle, Washington, 353-359."
- Bodker, S., Ehn, P., Romberger, S. et Sjogren, D. (1985). The UTOPIA Project: An alternative in text and images (Graffiti 7). Swedish Center for Working Life, The Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden and The University of Aarhus, Denmark.
- Bossard, P., Chanchevrier, C. et Leclair, P. (1997). Ingénierie Concourante, De la technique au social. Paris, Afitep.
- Boujut, J.-F. (2001). Des outils aux interfaces. Pour le développement de processus de conception coopératifs, Habilitation à Diriger des Recherches, Institut National Polytechnique de Grenoble, 15 juin 2001.
- Boujut, J. F. et Blanco, E. (2003). "Intermediary Objects as a mean to foster co-operation in engineering design. Computer Supported Cooperative Work, 12, 2003, pp. 205-219."
- Brissaud, D. et Garro, O. (1996). "An approach to concurrent engineering using distributed design methodology." Concurrent Engineering: Research and Applications.
- Brooks, J., F.P. (1995). "The Mythical Man-Month: Essays on Software Engineering, 20th Anniversary Edition. Reading, MA: Addison-Wesley, 1995, 322 pages."
- Brown, J. et Duguid, P. (1992). Enacting Design for the Workplace. In Paul Adler and Terry Winograd (eds.), Design for Human-Computer Interaction, 1993. Oxford: Oxford University Press.
- Bucciarelli, L. (1996). Designing Engineers, MIT Press, Cambridge, MA.
- Bucciarelli, L. (1999). Design delta design: Seeing/seeing as. Proceedings of the 4th International Design Thinking Research Symposium, pp. (III)167-173.
- Bucciarelli, L. (2002). "Between thought and object in engineering design." Design Studies Volume 23(Issue 3): Pages 219-231
- Button, G. (2004). Ethnométhodological studies of work, and software systems Design. Séminaire Ethnométhodologie de l'école doctorale OISP. séance du 21 avril., Grenoble, UPMR/INPG.
- Buur, J. et Soendergaard, A. (2000). "Video Card Game: An augmented environment for User Centred Design discussions."
- Caelen, J. (2004). "La conception participative d'objets interactifs : principes et méthodes, instrumentalisation."
- Caelen, J., Jambon, F. et Audrey, V. (2005). "Conception participative : des Moments à leur instrumentation." Revue d'Interaction Homme-Machine Vol 6, N°2, 2005.
- Carroll, J. (1994). Making Use a Design Representation. Communications of the ACM, December 1994, Volume 37, Number 12, pp. 29-35.

- Carroll, J., Ed. (1995). *Scenario-Based Design: Envisioning Work and Technology in System Development* (Hardcover), John Wiley & Sons; 1 edition (May 15, 1995).
- Carroll, J. (1997). Scenario-based design. In M. HELANDER, T. K. LANDAUER & P. PRABHU, Eds. *Handbook of Human-Computer Interaction*. Second, Completely Revised Edition, pp. 383-406. Amsterdam: Elsevier.
- Carroll, J. (1998). "Requirements Development in Scenario-Based Design. *Handbook of Human-Computer Interaction*, second edition, M. Helander and T.K. Landauer, eds., pp. 383-406, Amsterdam: Holland, North 1997."
- Carroll, J. (2000a). "Five Reasons for Scenario-Based Design." *Interacting with Computers* Volume 13(1): September 2000, Pages 43-60.
- Carroll, J. (2000b). "Introduction to this Special Issue on "Scenario-Based System Development" " *Interacting with Computers* Volume 13(1): Pages 41-42.
- Carroll, J. (2000c). *Making Use: Scenario-Based Design of Human-Computer Interactions*, Making use: Scenario-based design of human-computer interactions, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Carroll, J. (2004a). Participatory Design of Community Information Systems: The Designer as Bard. *Frontiers*. In *Cooperative systems design : Scenario-Based Design of Collaborative Systems*. M. Zacklad, IOS Press, 2004: pp. 1-6.
- Carroll, J. (2004b). Participatory Design of Community Information Systems: The Designer as Bard. *Frontiers*. In *Cooperative systems design : Scenario-Based Design of Collaborative Systems*. M. Zacklad, IOS Press, 2004: pp. 1-6. 2004.
- Carroll, J., Chin, G., Rosson, M. B. et Neale, D. (2000). *The Development of Cooperation: Five Years of Participatory Design in the Virtual School*. Proceedings of the conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques.
- Carroll, J., Karat, J., Alpert, S. A., van Deusen, M. et Rosson, M. B. (1994). Demonstrating Raison d'Être: Multimedia design history and rationale. In C. Plaisant (Ed.), *CHI'94 Conference Companion* (pp. 29-30). New York: ACM.
- Carroll, J. et Rosson, M. B. (1990). "Human-computer interaction scenarios as a design representation". Proceedings of the 23rd Annual Hawaii International Conference on Systems Sciences (Kailua-Kona, HI, January 2-5), IEEE Computer society Press, Los Alamitos, California, pages 555-561.
- Carroll, J. et Rosson, M. B. (1992). "Getting around the task-artifact cycle: How to make claims and design by scenario," *ACM Transactions on Information Systems*, 10, pp. 181-212.
- Cauneau, P. (2002). "Le Maquettage, outil pour la gestion du changement. <http://igl.isnetne.ch/isnet43/phaseA/theoriemaquettage/Maquettage.htm>, (consulté le 18/12/2004)."

- Chazal, G. (2002). Interfaces : Enquêtes sur les mondes intermédiaires. Seyssel : Champ Vallon.
- Chevallier, J. (1989). Produits et Analyse de la Valeur. Toulouse, CEPADUES-EDITIONS Collection Automatisation et Production.
- Chin, G., Rosson, M. B. et Carroll, J. (1997). Participatory Analysis: Shared development of requirements from scenarios. In Proceedings of Human Factors in Computing Systems, CHI'97 Conference (pp. 162-169). New York: ACM.
<http://faculty.ist.psu.edu/rosson/Papers/CHI97.pdf>.
- Clement, A. et Besselaar, P. V. d. (1993). "A Retrospective look at PD projects." Communication of the ACM Vol 36(6), : p 29-37.
- Conte, M. (2004). Pour une éthique durable de conception des produits pour tous. Paris : CTNERHI.
- Cross, N. (2001). ""Design Cognition: Results from protocol and other empirical studies of design activity" in C. Eastman, M. McCracken and W. Newstatter (eds.) Design Knowing and Learning: Cognition in Design Education, Elsevier, Oxford, 2001, pp. 79-103. ISBN 0 08 043868 7."
- Darses, F. (1997). L'ingénierie concourante : un modèle en meilleure adéquation avec le processus cognitif de conception. In P. Bossard, C. Chanchevriér & P. Leclair (Eds) Ingénierie concourante : de la technique au social, (pp. 39-55), Paris : Economica.
- Darses, F. (2004a). La conception participative : vers une théorie de la conception centrée sur l'établissement d'une intelligibilité mutuelle. In J. Caelen et P. Mallein Le consommateur au coeur de l'innovation : la conception participative (pp.25-41), Editions du CNRS.
- Darses, F. (2004b). Processus psychologiques de résolution collective des problèmes de conception : contribution de la psychologie ergonomique. Thèse d'Habilitation à Diriger des Recherches, Université Paris V – René Descartes.
- Darses, F., Cahour, B., Poveda, O., André-Thorin, F., Delabie, J. B. et Pêcheux, V. (2001). Quelles conditions pour la participation des opérateurs a la conception de leurs dispositifs de fabrication ? . Actes de la Conférence Internationale SELF-ACE 2001, Montréal, Canada, 3-5 octobre.
- Darses, F., Détienne, F. et Visser, W. (2001). Assister la conception : perspectives pour la psychologie cognitive ergonomique. EPIQUE 2001, Journées d'étude en Psychologie ergonomique, Nantes, France, 29-30 Octobre 2001.
- Darses, F. et Wolff, M. (2006). "How do designers represent to themselves the users' needs?" Applied Ergonomics Volume 37(Issue 6): Pages 757-764.
- de Terssac, G. (1996). Le travail de conception : de quoi parle-t-on ?, In Coopération et Conception, Eds. G.De Terssac, E.Friedberg, Octares Editions, N°ISBN N°2-906769-33-9, 1996, pp.1-22
- Delafolie, G. (1991). Analyse de la valeur. Paris.

- Détienne, F., Boujut, J. F. et Homann, B. (2004). Characterization of Collaborative Design and Interaction Management Activities in a Distant Engineering Design Situation, In Cooperative systems design : Scenario-Based Design of Collaborative Systems. M. Zacklad, IOS Press, 2004: pp. 83-96.
- Diop, A. (1997). Manuel de référence pour techniciens spécialisés. Technologie post-récolte et commercialisation des produits vivriers. Ministère du Développement Rural du Bénin / PADSA, Octobre 1997.
- Druin, A. (2002). "The role of children in the design of new technology." Behaviour and information technology 2002, vol. 21, no1, pp. 1-25 (3 p.1/4).
- Ehn, P. (1988). Work-Oriented Design of Computer Artifacts. Arbetslivscentrum, Stockholm.
- Ehn, P. et Kyng, M. (1987). The collective resource approach to systems design. In G. Bjerknes, P. Ehn, and M. Kyng (Eds.), Computers and democracy: A Scandinavian challenge. Brookfield VT USA: Gower.
- Erickson, T. (1990). Working with interface metaphors. In B. Laurel (Ed.), The Art of Human-Computer Interface Design (pp. 65-73). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Fournier, S. (2002). Dynamiques de réseaux, processus d'innovation et construction de territoires dans la production agroalimentaire artisanale : étude de cas autour de la transformation du gari de manioc et de l'huile de palme au Bénin. Sciences sociales et humanités. Saint-Quentin-En-Yveline, Université de Versailles.
- Geslin, P. (2002). Les formes sociales d'appropriations des objets techniques, ou le paradigme anthropotechnologique. *ethnographiques.org*, Numéro 1 - avril 2002. <http://www.ethnographiques.org/>, (consulté le 01/03/07).
- Giroux, F. (2006). Méthodologie de conception d'équipements adaptés, Démarches et outils. Séminaire national Matières premières. Equipements et qualité en Agro-industrie, 5-7 Avril 2006, Université de Ngaoundéré, Cameroun.
- Giroux, F., Gueye, M. et Marouzé, C. (1999). Conception intégrée au service de l'innovation produit dans les pays en développement. 3^{ème} Congrès international de Génie Industriel, Montréal - Canada, les 26-28 mai 1999.
- Giroux, F., Totobesola-Barbier, M., Marouzé, C. et Coulibaly, Y. (2006). A knowledge-based tool for agro-food processing equipment principle search. 13th World Cpngrss of Food Science & Technology Food, 17-21 September 2006, Nantes, France.
- Godjo, T. (2000). Processus de conception : Mise en oeuvre de la méthode CESAM dans le cas de la transformation de l'arachide en kluiklui, DEA de Génie Industriel ENSGI/INPG - Laboratoire 3S, Grenoble / Cirad-Amis, Montpellier, septembre 2000.
- Godjo, T. (2004). Conception et test d'un équipement pour la mise en forme du kluiklui et étude socio-économique. Protocole de recherche PE23 / PADSA. Fonds compétitifs exercices 2005. INRAB/CRA-Agonganmey/PTAA.
- Godjo, T., Dakin, E. et Singbo, A. (2003). Essais en milieu réel du malaxeur extraction d'huile d'arachide. Rapport de recherche Protocole Fonds Compétitive Exercice 2002

- PADSA. Porto-Novo, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin / Programme de Technologies Agricole et Alimentaire.
- Godjo, T., Marouzé, C., Boujut, J. F. et Giroux, F. (2003). Analysis of the use of intermediary objects involved in the design of food processing equipment in developing countries. The case of a peanut processing plant in Benin. 2003 International CIRP Design Seminar, May 12-14, Grenoble.
- Godjo, T., Marouzé, C., Boujut, J. F. et Giroux, F. (2006). Participatory Design in Developing countries: How to improve user integration in design process for small scale food processing? 6th International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering (IDMME), Grenoble France.
- Greenbaum, J. et Kyng, M. (1991a). Design at Work: Cooperative Design of Computer Systems, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ, pp. 1-24. .
- Greenbaum, J. et Kyng, M. (1991b). Introduction: Situated Design. In Greenbaum, J. and Kyng M. (Eds.), Design at Work: Cooperative Design of Computer Systems, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, pp. 1-24.
- Gronbaek, K. (1991). Prototyping and active user involvement in system development: Towards a cooperative prototyping approach. Ph.D. dissertation, Computer Science Department, Aarhus University, Denmark.
- Haines, H. et Wilson, J. R. (1998). Development of a framework for participatory ergonomics - Contract Research Report 174/1998, HSE, Sudbury.
- Hales, C. (1991). "Analysis of the engineering design process in an industrial context. Gants Hill Publications second édition, Cambridge."
- Hertzum, M. (2003). "Making Use of Scenarios: A Field Study of Conceptual Design." International Journal of Human-Computer Studies vol. 58, no. 2 (2003): pp. 215-239.
- Hodonou, H. (2004). L'expérience béninoise de dialogue entre la recherche et ses utilisateurs, des résultats maigres malgré les efforts consentis. Un producteur et une chercheuse témoignent. Grain de Sel, bulletin trimestriel de l'Inter-Réseaux Développement rural, n° 29-décembre 2004: p 19, <http://ancien.inter-reseaux.org/publications/graindesel/graindesel.htm>, (consulté le 04/10/2006).
- Holtzblatt, K. et Beyer, H. (1997). Contextual Design: Using Customer Work Models to Drive Systems Design. CHI 97.
- Holtzblatt, K. et Jones, S. (1993). Contextual Inquiry: A Participatory Technique for System Design. In A. Namioka and D. Schuler (eds.): Participatory Design: Principles and Practice. Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Publishers.
- Hubka, V. et Eder, W. E. (1996). Design Science: Introduction to the Needs, Scope and Organization of Engineering Design Knowledge.

- Jacobson, I. (1995). The use-case construct in object-oriented software engineering. In J. M. CARROLL, Ed. Scenario-Based Design: Envisioning Work and Technology in System Development, pp. 309-336. New York: Wiley.
- Jacucci, G., Kensing, F., Wagner, I. et Blomberg, J. (2006). Expanding Boundaries in design. Proceedings of the ninth PDC 2006. Volume 2.
- Jarke, M. (1998). "Interdisciplinary Uses of Scenarios." Requirements Engineering 3(3-4): [Special issue].
- Jarke, M., Bui, X. T. et Carroll, J. (1998). "Scenario management: An interdisciplinary approach." Requirements Engineering 3, 3&4, 155-173.
- Jeanet, A. (1998). "Les objets intermédiaires dans la conception. Eléments pour une sociologie des processus de conception." Sociologie du travail n° 3/98: p. 291-316.
- Jeanet, A. et Boujut, J.-F. (1998). Approche socio-technique. In Conception de produits mécaniques, méthodes, modèles et outils. Paris, Hermès: p. 115-138.
- Jeanet, A., Muller, A. et Tichkiewitch, S. (1994). Aspects sociologique et mécanique de la conception intégrée. Bilan et perspectives interdisciplinaires des recherches en Génie Industriel,, Grenoble.
- Jeanet, A., Tiger, H., Vinck, D. et Tichkiewitch, S. (1996a). La coordination par les objets dans les équipes intégrées de conception de produit. Coopération et Conception. Octares. Collection Travail.
- Jeanet, A., Tiger, H., Vinck, D. et Tichkiewitch, S. (1996b). La coordination par les objets dans les équipes intégrées de conception de produit. In G. de Terssac & E. Friedberg (Eds.), Coopération et Conception (pp. 87-100). Toulouse : Octarès.
- Karat, J. (1995). "Scenario use in the design of a speech recognition system," Scenario-based design: Envisioning work and technology in system development, JM Carroll, ed., John Wiley & Sons, New York, pp. 109-133.
- Karat, J. et Bennett, J. B. (1991). "Using scenarios in design meetings – A case study example," Taking design seriously: Practical techniques for human-computer interaction design, J Karat, ed., Academic Press, Boston, pp. 63-94.
- Katz-Haas, R. (1998). " "A summary of this article, Ten Guidelines for User-Centered Web Design." Usability Interface Vol 5(n°.1, July 1998): http://www.stcsig.org/usability/topics/articles/ucd%20_web_devel.html."
- Koike, T. (2005). Les interfaces pour l'intégration de la logistique dans les projets de conception, Une contribution basée sur le cas du projet d'un tracteur à chenilles. OISP / ENSGI. GILCO. Grenoble, novembre 2005, INPG.
- Kouakou, K. V. et Marouzé, C. (1996). Etude de cas de conception d'équipements en Côte d'Ivoire : les décortiqueurs à café, les gazogènes, Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996/11. - 157 p. : ill., tabl., graph. - CIRAD-SAR n°153/96.

- Koudokpon, V. (1992). Pour une recherche participative : Stratégie et développement d'une approche de recherche avec les paysans au Bénin, Amsterdam : KIT , 1992 . - 96 p.
- Kraft, P. et Bansler, J. P. (1992). The collective resource approach: The scandinavian experience. Participatory design Conference PDC'92.
- Krause, F.-L. et Rothenburg, U. (2003). New application areas of Digital Mock-Up within product development. International Design Seminar, May 12-14, Grenoble.
- Krippendorff, K. (2006). Meaning, Participation, and Dialogue. Participatory design Conference PDC'06, Trento, Italy, August 1-5, 2006.
- Kruit, F., Godjo, T. et Ouedanou, E. (1998). Diagnostic sur les équipements de transformation agroalimentaire au Bénin. Cotonou (Bénin). Niaouli, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), Septembre 1998.
- Kuhn, S. et Winograd, T. (1996). Participatory Design. Bringing Design to Software. T. Winograd.
- Kuutti, K. (1995). Work processes: scenarios as a preliminary vocabulary., in Scenario-based Design. Envisioning Work and Technology in System Design, J. Carroll, Editor. 1995, Wiley: New York. p. 19-36.
- Leclair, P. (1997). Le problème de l'inter-compréhension des savoirs dans l'ingénierie concurrente. In P. Bossard, C. Changevriér & P. Leclair (Eds) Ingénierie concurrente : de la technique au social, (pp. 39-55), Paris : Economica.
- Lemay, L. (2004). Lemay, L., La méthode des scénarios en design industriel. Cours de Psychométrie appliquée au design.
http://www.din.umontreal.ca/documents/din3212/DIN3212_H04_cours2.pdf (consulté le 04/10/2006).
- Marouzé (1999). Proposition d'une méthode pour piloter la trajectoire technologique des équipements dans les pays du Sud. Application au secteur agricole et agroalimentaire. ENSAM Paris. Paris.
- Marouzé, C. et Giroux, F. (2004). Design method in the context of developing countries : Application to small-scale food processing units. CIRP Design Seminar 2004. Design in the Global Village, May 16 - 18, 2004, Cairo Egypt.
- Marouzé, C., Kouakou, V. et Giroux, F. (1997). Analyse de la conception des décortiqueurs à café en Côte d'Ivoire. Congrès franco-québécois de Génie Industriel, Albi, les 3-5 septembre 97.
- Marti, P. (2006). The Evolution of the Concept of Participation in design. Participatory design Conference PDC'06, Trento, Italy, August 1-5, 2006.
- Medah, I. (2006). Pratiques de conception et problématiques d'intégration de l'utilisateur. Mémoire de master 2. Management Stratégique et Génie des Organisations/Spécialité Recherche en organisation. Grenoble, Université Pierre Mendès France.

- Mer, S. (1994). Processus de conception de produit : expérimentation du concept " d'objet intermédiaire" dans la conception, mémoire de DEA en génie industriel, Grenoble, ENSGI.
- Mer, S. (1998). "Les mondes et les outils de la conception : pour une approche socio-technique de la conception de produit. Thèse de doctorat, INP Grenoble, 25 novembre 1998."
- Midler, C. (1997). « Evolution des modèles d'organisation et régulations économiques de la conception », Annales des mines.
- Monhouanou, J. (1997). Techniques de traitement des oléagineux. Porto - Novo, PTAA/INRAB.
- Muller, M. J., Tudor, L. G., Wildman, D. M., White, E. A., Root, R. A., Dayton, T., Carr, R., Diekmann, B. et Dykstra-Erickson, E. (1995). "Bifocal tools for scenarios and representations in participatory activities with users," Scenario-based design: Envisioning work and technology in system development, JM Carroll, ed., John Wiley & Sons, New York, pp. 135-163.
- Navarre, C. (1992). "Management des projets : outils et levier d'une politique Qualité Totale", actes du 3ème symposium Renault-Volvo "Qualité totale : vers l'entreprise au plus juste".
- Odigboh, E. U. (1976). " Mechanization of Nigeria cassava production and processing, research needs and interests. Journal of Agric. Engng, 3: 361."
- Pahl, G. et Beitz, W. (1996). Engineering Design : A systematic approach, London : Springer, 1996.
- Poveda, O. (2001). Pilotage technique des projets d'ingénierie simultanée, modélisation des processus, analyse et instrumentation. Thèse de doctorat. INP Grenoble, Laboratoire 3S.
- Rosson, M. B. et Carroll, J. (2001). Usability Engineering: Scenario-Based Development of Human-Computer Interaction. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Rosson, M. B. et Carroll, J. (2002a). Scenario-Based Design. Chapter 53 in J. Jacko & A. Sears (Eds.), The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications. Lawrence Erlbaum Associates, 2002, pp. 1032-1050.
- Rosson, M. B. et Carroll, J. (2002b). Scenario-based usability engineering. Symposium on Designing Interactive Systems. Proceedings of the conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques, London, England.
- Rouzière, A. (1998). Rapport de mission PADSA (Bénin).(13-19 juin 1998). Montpellier, CIRAD.
- Shiba, S. (1995). La Conception à l'Ecoute du Marché. Organiser l'écoute des clients pour en faire un avantage concurrentiel. Paris, INSEP Editions.

- Suchman, L. (1987). *Plans and Situated Actions: The Problem of Human Machine Communication*. Cambridge: Cambridge University Press. Vygotsky, Lev Semenovich.
- Tichkiewitch, S. (1998). *Les enjeux des nouvelles techniques de conception. Conception de produits mécaniques* (sous dir. M. Tollenaere). Paris : Hermès, 1998.
- Tollenaere, M. (1998). *Conception de produits mécaniques : méthodes, modèles et outils*, Hermès.
- Vinck, D. (1995). ""Gestion stratégique et rôle des comités de programme", in *La gestion stratégique de la recherche et de la technologie*, M. Callon, P. Laredo, P. Mustar, CPE-Economica."
- Vinck, D. (1999a). "Séminaire de DEA Génie Industriel " Le rapport au terrain ", ENSGI / INPG : 24 novembre 99 Grenoble."
- Vinck, D. (1999b). "Séminaire de DEA Génie Industriel " Méthodologie de recherche ", ENSGI / INPG : 27 octobre 1999, Grenoble."
- Vinck, D. (2004). *Etnométhodologie, Cognition distribuée et Action située : Concepts et méthodologie pour l'étude des procédures effectivement utilisées par les acteurs*. Séminaire Etnométhodologie de l'école doctorale OISP. séance du 24 mars., Grenoble, UPMR/INPG.
- Vinck, D. et Jeantet, A. (1995). "Mediating and commissioning objects in the sociotechnical process of product design: a conceptual approach, management and new technology: Design, Networks and strategy, COST Social science series, D. MacLean, P. Saviotti and D. Vinck eds, Bruxelles."
- Vredenburg, K., Isensee, S. et Righi, C. (2002). *User-Centered Design: An Integrated Approach*. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ (2002). 247 pp. .
- Willaert, S., de Graaf, R. et Minderhoud, S. (1998). *Collaborative engineering: A case study of Concurrent Engineering in a wider context*; *J. of Engineering Technology Management*, 15, 1998, pp. 87-109.
- Yannou, B. (1998). *Analyse Fonctionnelle et analyse de la valeur. Conception de produits mécaniques : méthodes, modèles et outils*. Hermès, sous la direction de Michel Tollenaere.
- Ylirisku, S. (2004). "Getting to the Point with Participatory Video Scenarios. In *Cooperative systems design : Scenario-Based Design of Collaborative Systems*. M. Zacklad., IOS Press, 2004: pp. 7-22."

ANNEXES

Liste des annexes

Chapitre 1

Annexe 1.1 : Protocole de recherche du projet Eplucheuse à manioc	iii
Annexe 1.2 : Protocole de recherche du projet Machine à kluiklui	xi

Chapitre 3

Annexe 3.1 : Cahier des Charges Fonctionnel du projet « <i>Eplucheuse de manioc</i> »	xxi
Annexe 3.2 : Schémas de principes émergés lors du projet machine à kluiklui	xxiii
Annexe 3.3 : Document de présentation du projet « <i>Equipement de production de pâte d'arachide malléable</i> »	xxvii
Annexe 3.4 : Guide d'entretien utilisé lors des enquêtes du projet « <i>Machine de production de pâte malléable d'arachide</i> »	xxix
Annexe 3.5 : Liste des principes créés lors du projet « <i>Equipement de production de pâte d'arachide malléable</i> »	xxxii

Chapitre 4

Annexe 4.1 : Les diapositives de l'expérimentation du scénario problème	xxxiii
-------------------------------------------------------------------------------	--------

Annexe 1.1 :

Protocole de recherche du projet Eplucheuse à manioc

Institut National des Recherches Agricoles du Bénin Programme Technologie Agricole et Alimentaire (PTAA) Centre de Recherche Agricole CRA-Agonkamey (CRAAG)	<i>Code : PE</i> <i>Numéro : 28</i>
Canevas de protocole de recherche Année 2003 Exercice CSRD Post-récolte - Fonds compétitifs	

Titre	Réalisation et test en milieu réel d'une éplucheuse de manioc	
Mois + année début de recherche	01-2004	
Fin phase terrain	07-aa	
Date de remise du rapport final	08-aa	
Poursuite	Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/>	
Si –oui dans quel cadre	Contrainte retenue par le CSRD 2003	

Chercheur responsable

<i>Nom</i>	<i>Prénom</i>	<i>Titre</i>	<i>Spécialisation</i>	<i>Structure</i>	<i>Unité/ Programme</i>	<i>Jours effectifs de travail</i>
ANAGO	Guy Fortuné	M. Dr	Mécanique	UAC	CPU	70,0

Chercheurs associés / co-auteurs

GODJO	Thierry	M. DEA	Génie Industriel	INRAB	PTAA	30,0
ADEGBOLA	Patrice	M. MSc	Socio - Economiste	INRAB	PAPA	27
DARBOUX	Praxède	Mme DEA	Agroalimentaire	INRAB	PTAA	27
KOSSOU	Toussaint	M. Dr	Mécanique	UAC	CPU	27

Techniciens

GBODOGBE	Djimon	M. TDR	fabrication mécanique	INRAB	PTAA	105,0
NOUNAGNON	Hector	M. TDR	fabrication mécanique	UAC	CPU	90

Problématique, objectif et justification de la recherche

Problématique / contraintes abordées

Le manioc « *manihot esculenta* Crantz » est une plante cultivée dans les 12 départements du Bénin, les départements du Centre et Sud représentant 75% de la production nationale de la campagne 1996 – 1997 avec une production nationale de 1 989 022 tonnes (Padsa/Danida 1997). Entre les campagnes 1996 – 1997 et 2001 – 2002 la progression est de 55%, du fait de l'augmentation des superficies cultivées (Fao, 2002).

Le manioc constitue au Bénin, la deuxième denrée de première nécessité après le maïs. Il est consommé par la majorité de la population. Son prix faible en fait un aliment de base dont la consommation s'accroît avec la paupérisation rurale et urbaine. Sa consommation annuelle par habitant est en moyenne de 102 kg par an (Padsa/Danida, 1997). Le tubercule de manioc représente une réserve d'autoconsommation pour le paysan (conservation dans le sol plusieurs mois). La consommation du manioc transformé se fait sous plusieurs formes : gari, tapioca, cosettes, lafou, etc... ; 600 000 T de manioc seraient transformées en gari, par an (Fao, 2002b). Le manioc est aussi une matière première importante pour les industries non alimentaires : textile, pharmaceutique, bois, papier, etc..... La base en teneur en amylose et la haute teneur en amylopectine de l'amidon de manioc lui confèrent une viscosité qui lui donne d'excellentes propriétés adhésives et lui permet d'être utilisé dans les industries de papier et du textile (Assiedu, 1996). Cet amidon intervient aussi dans la production de dextrans qui servent à la fabrication des colles. L'alcool éthylique (éthanol) est également un produit dérivé du manioc. Le manioc est utilisé comme alimentation du bétail dans d'autres pays. Mais au Bénin, cette forme d'utilisation n'est pas développée, probablement pour des raisons culturelles, le manioc étant avant tout destiné à l'alimentation humaine.

Ces facteurs font du manioc un produit de grande importance qui contribue fortement à l'auto – suffisance alimentaire, mais peut et doit aider à l'accroissement de l'économie par l'exportation de ses produits transformés. Comme l'ont souligné Adégbola et al. (2001), aujourd'hui, il n'existe pas de discours politique sur l'agriculture qui ne fasse allusion à la culture du manioc. Ceci se justifie par les multitudes de projets et programmes (PDRT, PDFM, PADS A1, PADS A2 en cours de formulation,) initiés par le gouvernement et les bailleurs étrangers afin de faire de cette culture, une filière pouvant faire émerger le Bénin dans la globalisation de l'économie mondiale.

Malgré tous ces atouts, force est de constater que la transformation du manioc est assujettie à un problème d'épluchage. En effet, l'épluchage est une étape unitaire importante dans la transformation du manioc consistant à éliminer les écorces et les extrémités des racines ; cette élimination permet de réduire le niveau de glucosides des cyanogénétiques contenus dans le manioc (Adégbola et al. 2001). Dans les grandes usines de transformation du manioc des pays du Nord, le problème a été résolu par les installations sophistiquées d'épluchage utilisant les procédés d'épluchage à eau décrite par Ewards (1974), d'épluchage continue (Odigboh, 1976a), d'épluchage discontinue à abrasion (Odigboh, 1976b ; Asiedu, 1991). Mais dans les pays en voie de développement où la transformation se fait majoritairement de façon artisanale et quelques fois semi – industrielle, l'épluchage des tubercules de manioc pose un problème considérable. Il est réalisé par les femmes à la main avec des couteaux.

Les rares expériences d'éplucheuses mécaniques s'avèrent peu efficaces, notamment du fait de la taille éminemment variable des tubercules. Pour lever cette contrainte, le CPU a conçu une éplucheuse qui diffère de toutes les tentatives antérieures. Suite à cela, il s'avère indispensable de réaliser l'équipement aux vraies grandeurs et le tester avec une implication des formatrices de manioc.

Bilan de recherche et des activités précédentes

De nombreuses études (Godjo et Kruit, 1998 ; Diop, 1997) ont montré que l'épluchage constitue la principale contrainte et la plus grande partie du temps dans la transformation artisanale du manioc. Par ailleurs les formatrices sont exposées à des blessures par mégarde dans la manipulation du couteau. Pour lever ces contraintes Godjo et Kruit (op. cité) dans une étude diagnostique ont proposé des axes de recherche au niveau de l'opération d'épluchage du manioc.

D'autre part, l'efficacité de cette étape unitaire dans la chaîne de transformation a une forte influence technique et économique sur le rendement des produits finaux transformés (Godjo, 2003). En effet, sur 100 kg de manioc, l'épluchage dans le procédé artisanal (à couteau) donne en moyenne 73 kg de tubercules épluchés. Or la proportion en écorces ne constituant en moyenne que 10 à 15 %, l'épluchage du manioc avec le couteau engendre des pertes de l'ordre de 12 à 17 %. Ces pertes constituent un manque à gagner de 2 964 960 000 à 4 200 360 000 F CFA chaque année (Godjo, 2003).

La FAO (2002) a réalisé plusieurs études sur l'analyse de la méthode traditionnelle d'épluchage.

Asiedu (1969) a montré que dans le processus de transformation du manioc, l'épluchage des tubercules pose un problème considérable. Traditionnellement, il s'effectue à la main, des entailles sont pratiquées en longueur et en largeur sur les tubercules à une profondeur égale à l'épaisseur de la peau. La structure des tubercules irréguliers par leur forme et leur taille empêchent l'épluchage mécanique. Les grandes installations industrielles utilisent toutefois l'éplucheuse à eau décrite par Edwards (1974). L'épluchage s'effectue en deux temps : élimination des impuretés et de la boue sur les tubercules et ensuite épluchage. L'épluchage se fait par rotation des tubercules. Les tubercules soumis à une aspersion continue sont épluchés par la friction et l'action des clous durant la rotation de l'arbre. L'éplucheuse continue comprend un « porte - lames » cylindrique et un tambour à surface rugueuse monté en parallèle à une distance de 20 cm sur un châssis inclinés à 15° par rapport au sol. L'appareil est d'une capacité de 185kg / h, il accepte des tubercules de manioc de différentes tailles, le résultat est satisfaisant à environ 75 %. Mais l'inconvénient majeur est que la machine n'accepte que des tubercules d'un même calibre. Il faut donc trier avant l'opération. L'éplucheuse discontinue à abrasion comporte un tambour monté de façon excentrique sur un arbre à un châssis. Le tambour tourne à 40 tours / min grâce à l'action d'une courroie trapézoïdale, entraînée par un moteur électrique. Les tubercules sont placés dans le tambour en même temps que du sable d'arrière et de l'eau. Le tambour est alors mis en rotation jusqu'à élimination complète des cortices des tubercules. La capacité de charge maximum est estimée à 50kg de tubercules de manioc par cycle d'épluchage. Le rendement d'une éplucheuse dotée d'un tambour de 210 litres est d'environ 180kg / h et en dehors du temps de chargement et de déchargement. Le principal inconvénient est que la machine nécessite une énorme quantité d'eau.

L'équipement à concevoir a fait l'objet d'une étude et conception de Gbéhadé et Kakessa (2001). En effet il s'agit d'une éplucheuse dont la particularité réside dans la présence de ressorts sur les axes porte – lames permettant aux lames de suivre la forme souvent irrégulière et ambiguë des tubercules de manioc. La disposition et le nombre de lames permettent de prendre en compte tout le pourtour de ces tubercules. Cet équipement fonctionne par un moteur qui mis en marche, transmet le mouvement de rotation à la manivelle par l'intermédiaire du réducteur. La bielle reliée à la manivelle entraîne lors de sa course allée le coulisseau guidé en translation qui pousse le tubercule préalablement introduit dans la goulotte, dans la chambre d'épluchage. Le contact du contre – coulisseau avec la cage lors de sa course allée comprime les ressorts montés sur leurs guides provoquant ainsi la pénétration du poussoir destiné à dégager le tubercule de l'emprise des lames dans la chambre

d'épluchage. Le tubercule progressivement épluché lors de son mouvement de translation à travers les lames est recueilli à sa sortie dans un récipient. Le retour du coulisseau à sa position initiale met fin au cycle et la présence d'un nouveau tubercule dans la goulotte marque le début d'un nouveau cycle. La durée d'un cycle est de 6,36 secondes, la longueur des tubercules épluchés peut atteindre 440 mm.

Objectif de recherche

L'objectif de cette recherche est de fabriquer une éplucheuse de manioc motorisée conçue au CPU et de le tester en station puis en milieu réel.

Spécifiquement, il s'agira de :

- Réaliser, à partir des dessins techniques, une simulation de l'équipement (fonctionnement animé) avec l'outil CAO (Conception Assistée à l'Ordinateur) et Valider cette simulation auprès des transformatrices du manioc
- Fabriquer l'équipement virtuel validé par les transformatrices
- Tester en station et en milieu réel l'équipement
- Evaluer la rentabilité économique de l'équipement

Résultats attendus

- La maquette numérique est réalisée
- L'équipement est fabriquée en tenant compte des observations des transformatrices
- L'éplucheuse est testée en station et en milieu réel
- La rentabilité économique de l'éplucheuse est évaluée et connue

Implication pour le développement

La mise au point d'une éplucheuse performante répondant aux besoins des transformatrices réduira non seulement la pénibilité du travail d'épluchage mais aussi réduira techniquement et économiquement les pertes occasionnées par le faible rendement du matériel traditionnel (couteau) utilisé. C'est donc un facteur permettant à augmenter le revenu des utilisateurs.

Hypothèses de recherche

H1 : L'équipement est validé par les transformatrices

H2 : L'éplucheuse est économiquement plus rentable que l'épluchage traditionnel

Méthodologie – dispositif de recherche

Caractéristiques de base de la recherche envisagée

Description succincte	<p>La méthode de recherche à utiliser est la méthode CESAM : Conception d'Équipements dans les pays du Sud pour l'Agriculture et l'agroalimentaire Méthode. Elle consiste à concevoir les équipements suivant une approche participative intégrant les utilisateurs dans la prise de décision du type, de la forme, des caractéristiques et du fonctionnement de l'équipement en cours de conception avant la fabrication de ce dernier. Ici, l'équipement en cours de conception sera virtuellement projeté à l'ordinateur à l'aide de l'outil CAO, à partir des dessins techniques. Une visualisation de sa représentation volumique et de son fonctionnement aux transformatrices de manioc permettra à ces dernières de réagir et de demander des modifications avant qu'il ne soit fabriqué. Ceci a pour avantage, la réduction des coûts de conception liés aux modifications et adaptations.</p>
Choix raisonné des participants	<p>Groupements de transformation de manioc</p> <ul style="list-style-type: none"> o A Ikpilè (Plateau) o A Glodjigbé (Atlantique) o A Savalou (collines) <p>Le choix de Ikpilè et Savalou se justifie par le fait que ce sont des zones de forte production de gari et aussi des zones réputées pour la qualité de gari. Quant à Glodjigbé, son choix se justifie par le fait que non seulement c'est aussi une zone de forte production de gari mais aussi sa proximité à l'UAC.</p>
Dispositif expérimental	<p>Le dispositif comporte trois parties :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Réalisation de la simulation du fonctionnement de l'équipement <p>L'éplucheuse à réaliser et à tester a fait l'objet de plusieurs études techniques dont le mémoire de fin de cycle d'ingénieur de Gbéhadé et Kakessa (2001) et Quenum et al. (2003) sont les plus remarquables. De ces études sont issues : le dessin d'ensemble, les dessins de détails, le dossier de fabrication, ... de l'équipement ; la maquette de fonctionnalité et les résultats d'analyse et de performances de cette maquette.</p> <p style="text-align: right;">Il s'agit, à partir de tous ces</p>

	<p>documents cités, de projeter tous les dessins à l'ordinateur avec le logiciel Pro/E. On réalisera des protusions des plans 2D pour obtenir des représentations volumiques de tous les composants. Ces derniers seront assemblés. Déjà à ce niveau, on réalisera les tests cinématiques pour les assemblages. L'assemblage des assemblages séquentiels va présenter une représentation exacte virtuelle de l'équipement. On réalisera une simulation qui présentera l'équipement fonctionné exactement comme cela se doit.</p> <p>2) Validation de la simulation par les transformatrices</p> <p>Avec un ordinateur portable (sa batterie permettra de fonctionner en zone non électrifiée), on visualisera aux transformatrices, l'animation (simulation fonctionnement de l'équipement). Les transformatrices devront réagir sur ce qu'elles auraient vu et dire les éventuelles modifications qu'elles souhaiteraient qu'on y apporte. Du retour de chez les transformatrices, on y intégrera les éventuelles modifications.</p> <p>3) Fabrication de l'équipement et tests en station</p> <p>Après les modifications suite aux amendements des transformatrices, l'équipement sera fabriqué et testé au Centre Universitaire Mécanique Général du CPU.</p> <p>4) Tests en milieu réel</p> <p>Les tests en milieu réel seront réalisés à Ikpilè, Glodjigbé et à Savalou (le choix de ces lieux a été justifié à la rubrique "choix raisonné des participants". On retournera auprès des transformatrices pour les former à l'utilisation de l'éplucheuse qui leur sera laissée pour qu'elles utilisent pendant un mois.</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Lieux de recherche

- Abomey-calavi : UAC
- Porto-Novo : INRAB/PTAA
- Ikpilè
- Savalou

Données et/ou informations techniques, économiques, socio-économiques à collecter – Analyses – Evaluation

Paramètres	Rendement, Capacité horaire, Rentabilité économique
Types d'informations / données/observations (primaires – second., quantitatifs – qualit.)	<p>Données à collecter :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réactions et appréciations des transformatrices de manioc après la visualisation du fonctionnement simulé de l'équipement - Quantité de tubercules entrant et quantité de tubercules épluchés - Temps de l'opération, Nombre de répétitions en milieu réel - Appréciation des utilisateurs sur les produits épluchés. <p>Données socio-économiques à collecter :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Coûts engagés : coûts financiers et temps de travaux pour la méthode traditionnelle et pour l'équipement. - Revenu obtenu : rendement en gari, prix de vente Fréquence de travail par semaine et quantité de manioc traitée par séance. - Perceptions des groupements sur l'utilisation de cet équipement en comparaison avec le coût investit, l'effort physique et l'effet (positif et négatifs) de cet équipement sur les autres opérations

Annexe 1.2 :

Protocole de recherche du projet Machine à kluiklui

Institut National des Recherches Agricoles du Bénin Programme Technologie Agricole et Alimentaire (PTAA) Centre de Recherche Agricole CRA-Agonkamey (CRAAG)	<i>Code :</i> PE23 <i>Numéro :</i>
Canevas de protocole de recherche Année 2003 Exercice CSRD Post-récolte - Fonds compétitifs	

Titre	Conception et test d'un équipement pour la mise en forme du kluiklui	
Mois + année début de recherche	05-2005	
Fin phase terrain	01-2006	
Date de remise du rapport final	03-2006	
Poursuite	Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/>	

Chercheur responsable

<i>Nom</i>	<i>Prénom</i>	<i>Titre</i>	<i>Spécialisation</i>	<i>Structure</i>	<i>Unité/ Programme</i>	<i>Jours effectifs de travail</i>
GODJO	Thierry	M. DEA	Génie Industriel	INRAB	PTAA	41,0

Chercheurs associés / co-auteurs

ADEGBOLA	Patrice	M. MSc	Agro économie	INRAB	PAPA	25,0
BOKPE	Angèle	M. Ir	Sociologie	Autres		25,0

Techniciens

WOROU	Charbel	M. --	Fabrication Mécanique	INRAB	PTAA	41,0
DJOSSOU	Paul	M. TDR	Agroalimentaire	INRAB	PTAA	41,0

Problématique, objectif et justification de la recherche***Problématique / contraintes abordées***

L'arachide «*Arachis hypogaea* L. » de la famille des légumineuses est une plante annuelle dont la culture s'étend sur 152472 d'hectares au Bénin. En 2002, la production arachidières était de 130115 tonnes (Hounsa et al. 2003). On la cultive surtout pour son huile consommable et ses graines riches en protéines. Par ailleurs, le système racinaire porte des

nodosités fixatrices d'azote atmosphérique, caractéristiques des légumineuses, qui permettent à la plante d'enrichir le sol en azote lorsque les conditions sont satisfaisantes : les apports sont alors importants et ont un effet positif sur la céréale qui suit l'arachide dans la rotation (Schillin 2003).

L'arachide est consommée soit en graine, soit sous forme d'huile, soit sous forme de kluiklui (revalorisation du tourteau) soit sous des formes plus ou moins élaborées issues du marché de l'arachide de bouche (pâte pour l'assaisonnement de la sauce et farine pour celui du « tchantchanga »). Les sous-produits donnent lieu à des utilisations diverses : fourrage pour les pailles ; combustible, pour les coques vides et alimentation animale pour les pellicules et les tourteaux.

Sur le plan oléo – protéinique, parmi les principales huiles, l'arachide est la plus riche en teneurs cumulées huile + protéines (75%) et occupe la deuxième place en produit riche en protéine (Données 1999 et 2000, Sources FAO, USDA, CIRAD). Sur le plan nutritionnel, la teneur de l'huile d'arachide en acides gras essentiels est très proche de l'optimum défini par les nutritionnistes, notamment en ce qui concerne les acides gras mono-insaturés (58% contre 50% recommandé par la Fao). Prédominants dans l'huile d'arachide comme dans l'huile d'olive, leur rôle dans la prévention de l'athérosclérose a été démontré.

Conscient de ces atouts, le PTAA mène depuis 1995 des recherches pour améliorer la technologie de transformation artisanale de l'arachide. Ces recherches ont abouti à l'amélioration des décortiqueuses d'arachide fabriquées localement ou importées (Anon. 2000), d'un moulin à mouture humide d'arachide développé par SG 2000 (Klotoé et Dakin 2001) et à l'innovation d'un malaxeur – extracteur d'huile d'arachide (Godjo et Singbo 2003). Avec ces acquis, la mise en forme du kluiklui devient l'opération contraignante et l'étape unitaire dont l'exécution prend plus de temps (Ribier et Rouzière 1995; Dimanche et Hounhouigan 1996; Rouzière 1998; Godjo et al. 1998). Cette étape n'a jamais connu d'amélioration depuis la pratique ancestrale. Elle est réalisée en moulant le tourteau sur une table en bois (non pas toujours réservée pour cela) avec les mains. Cette pratique est non seulement consommatrice de main d'œuvre mais aussi du point de vue hygiénique ne garantit pas une qualité alimentaire saine du kluiklui (poussière dans l'environnement, sueur fréquente de la formatrice, etc...). Ce problème a été posé successivement aux CSRD post-récolte 2001 et 2002 (Anon. 2001; Anon. 2002). Pour y remédier, un protocole a été soumis à la CAP d'octobre 2002, Protocole n° FCPE 04 (Godjo 2002). Le protocole a été accepté mais n'a pu bénéficier de financement. Malgré cela, les travaux d'étude ont été réalisés et un modèle d'équipement tenant en compte les souhaits exprimés par les formatrices lors des

enquêtes antérieures (Godjo, Kruit et al. 1998; Godjo and Singbo 2002) a été conçu. Les dessins techniques réalisés à l'ordinateur sont disponibles. Enfin, un travail de simulation est en cours pour simuler le fonctionnement de l'équipement avant sa fabrication.

Au CSRD post-récolte 2003, le problème de pénibilité de l'opération de mise en forme du kluiklui a été de nouveau posé par les transformatrices et recommandé comme nouvelle contrainte à lever (Anon. 2003). Cette observation sera davantage accentuée lorsque les équipements de mouture et d'extraction introduits seront vulgarisés. En effet, leur utilisation se traduirait par une augmentation de la quantité d'arachide à traiter et par conséquent une grande quantité de pâte à gérer.

Comme l'agriculture durable sera entre autre déterminée par la disponibilité d'équipements appropriés capables de transformer efficacement et efficacement les produits agricoles de manière à assurer leur conservation et leur qualité, il convient de réfléchir à la mise en place d'un équipement pour remplacer le travail pénible de mise en forme de kluiklui réalisé par les transformatrices.

Pour y parvenir, nous allons valider par les productrices de kluiklui le « travail de bureau d'étude » réalisé par le PTAA (Godjo 2003), fabriquer l'équipement, le tester en station et recueillir l'avis de utilisateurs en milieu contrôlé.

Bilan de recherche et des activités précédentes

Une étude a été réalisée sur la filière arachide par Dimanche et al. (1996). Cette étude a dégagé les principales zones agro écologiques pour la production et les zones de transformation de l'arachide au Bénin. Les principales formes de revalorisation des produits issus et les différents procédés de la transformation de l'arachide ont été aussi dégagés. Cette étude a montré que le procédé artisanal est celui le plus pratiqué par rapport à celui industriel. Ribier et Rouzière (1995) ont montré que le kluiklui et l'huile sont les deux principaux produits issus de la transformation artisanale de l'arachide non seulement au Bénin, mais aussi dans la plupart des pays du golfe du Bénin.

Dans le cadre de son mémoire de fin de formation d'ingénieur, Hounsa (2003) a réalisé une synthèse bibliographique sur la production, la transformation et la consommation de l'arachide sur les cinq dernières années. Cette étude a permis d'actualiser l'évolution de la campagne agricole pour la production de l'arachide (100121 tonnes pour 1998 – 1999 ; 102000 tonnes pour 1999 – 2000 ; 121210 tonnes pour 2000 – 2001 ; 129255 tonnes pour 2001 – 2002 et 130115 tonnes pour 2002 – 2003), la proportion destinée à la transformation.

Cette étude a permis également d'identifier les potentialités agricoles du Bénin par l'estimation des coûts des ressources domestiques.

En 1998, Godjo et Kruit ont réalisé une étude diagnostic sur les équipements de transformation des produits agricoles. Cette étude a montré que les transformatrices de l'arachide en huile et kluiklui ont d'énormes difficultés dans le processus de transformation. Les contraintes rencontrées par les transformatrices à cette étape unitaire de transformation ont été inventoriées et caractérisées. Ainsi, il ressort de ce diagnostic que par rapport à l'arachide, le malaxage – pressage est l'opération la plus pénible et la mise en forme du kluiklui l'opération la plus contraignante et celle qui prend plus de temps d'exécution.

Les travaux de terrain réalisés par Godjo (2000) a approfondi les contraintes des femmes dans la transformation de l'arachide en mettant l'accent sur la proportion des contraintes au niveau de chaque étape unitaire. L'auteur a expérimenté une méthode (méthode CESAM) pour lever les contraintes des transformatrices pour la mécanisation des étapes jamais non mécanisées. L'instrumentalisation de cette méthode lui a permis de dégager plusieurs alternatives de solutions par rapport à l'extraction de l'huile en tenant compte des attentes des utilisateurs. Parmi les alternatives, on peut citer le malaxeur extracteur à galets.

Des enquêtes (Godjo, 2000 ; 2001a) réalisées auprès des transformatrices du Sud, du Centre et du Nord du Bénin ont permis d'analyser le besoin de ces dernières dans la transformation de l'arachide en kluiklui. Ces besoins ont été analysés par des outils spécifiques : Analyse fonctionnelle (Chevallier 1989; Delafolie 1991) et Cesam – Fonc (Marouzé 1999). A partir des besoins des utilisateurs, les fonctions que doit assumer le futur équipement ont été définies dans un Cahier de Charges fonctionnel (CdCF). Des retours vers les enquêtés ont permis de corriger, modifier et de valider ce CdCF. Ces résultats ont été capitalisés dans des articles présentés en 2001 (Godjo 2001a) et en 2003 (Godjo, et al. 2003)

En 1997, un artisan local de Parakou a réalisé une extrudeuse pour la mise en forme du kluiklui. Le PTAA a testé cet équipement en 1998. L'équipement est composé d'un bâti qui est un support métallique, d'une chambre d'alimentation en tourteau, d'un système vis - écrou, d'une plaque pressante à bout de vis, d'un passoire percé de cinq rangées de trous, d'un couvercle empêchant la fuite par le haut du tourteau, d'une chambre de récupération séparée en cinq tiroirs, et d'une manivelle entraînant la vis.

Fonctionnement : Une fois la chambre alimentée en tourteau on la recouvre à l'aide d'un couvercle. La rotation manuelle de la manivelle transmet à la plaque pressante un mouvement de translation par l'intermédiaire de la vis dont l'écrou est fixé sur la

chambre sert de support. Le tourteau pressé fuit par le passoire et sort dans la chambre sous forme de bâtonnets. Puis l'on procède à l'évacuation manuelle.

Difficultés d'exploitation de l'équipement :

- Colmatage des bâtonnets de kluiklui dans la chambre
- Bout non effilés des bâtonnets

A partir de tous ces travaux antérieurs, Godjo (2003) a lancé la trajectoire technologique d'un équipement pour mécaniser le travail manuel de mise en forme du kluiklui. Il s'agit d'un travail de bureau d'étude. La première partie présente le schéma cinématique de l'équipement et les raisons de choix des mécanismes par rapport aux fonctions définies antérieurement pour répondre aux besoins énoncés par les utilisateurs. Les mécanismes sont majoritairement tirés des équipements existants en mécanique qui ont les mêmes principes technologiques que ceux qui doivent répondre aux fonctions définies : ce sont des principes d'extrudeuses utilisées dans les industries de viande, de pâte de blé (macaroni), de nuggets américains etc. Après avoir défini le principe de fonctionnement et le validé par rapport aux critères dégagés par le Cahier des Charges Fonctionnel de l'analyse du besoin (Godjo 2001a), un dimensionnement prenant en compte le calcul des éléments et entités mécaniques et le calcul de la résistance des matériaux ont été réalisés. Après l'étude des assembles et de la fabrication, les plans détaillés, le dessins d'ensemble et la représentation en 3D des différents composants et assemblages de l'équipement et la perspective de l'équipement ont été réalisés avec des outils modernes de conception à l'ordinateur : Auto – Cad et Pro/E. Un travail de simulation est en cours pour simuler le fonctionnement de l'équipement avant sa fabrication. Ceci aura pour avantage, la réduction du coûts de fabrication dû aux modifications après validation auprès des utilisateurs.

Objectif de recherche

L'objectif de notre recherche vise à fabriquer et tester le mouleur kluiklui conçu par le PTAA.

Objectifs spécifiques :

- 1) Finaliser, à partir des dessins techniques, la maquette numérique de l'équipement et Valider cette maquette auprès des productrices de kluiklui
- 2) Fabriquer l'équipement
- 3) Tester en station et en milieu réel sous contrôle chercheur l'équipement
- 4) Apprécier l'avis des utilisateurs

- 5) Evaluer la qualité du produit fini
- 6) Evaluer la rentabilité de l'équipement

Résultats attendus

- La maquette numérique est validée par les productrices de kluiklui
- Le prototype fabriqué et testé est apprécié par les transformatrices
- La qualité du produit fini est connue
- La rentabilité de l'équipement est connue

Implication pour le développement

La mécanisation de la fabrication du kluiklui réduira la durée de l'opération et par conséquent la pénibilité du travail. Les transformatrices pourront disposer de ce gain de temps pour exécuter d'autres activités ce qui leur permet d'accroître leur revenu.

Hypothèses de recherche

- H1 : L'équipement réalisé et testé est apprécié par les productrices de kluiklui
- H2 : Les qualités organoleptiques du produit fini sont satisfaisantes
- H3 : L'équipement réalisé et testé est techniquement et économiquement plus rentable que le procédé traditionnel

Méthodologie – dispositif de recherche

Caractéristiques de base de la recherche envisagée

Description succincte	<p><i>Donnez ici en 1-2 paragraphes une description succincte de la méthodologie de recherche</i></p> <p>La méthode de recherche à utiliser est la méthode CESAM : Conception d'Equipements dans les pays du Sud pour l'Agriculture et l'agroalimentaire Méthode. Elle consiste à concevoir les équipements suivant une approche participative intégrant les utilisateurs dans la prise de décision du type, de la forme, des caractéristiques et du fonctionnement de l'équipement en cours de conception avant la fabrication de ce dernier. Ici, l'équipement en cours de conception sera virtuellement projeté à l'ordinateur à l'aide de l'outil</p>
-----------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>CAO, à partir des dessins techniques. Une visualisation de sa représentation volumique et de son fonctionnement aux transformatrices d'arachides permettra à ces dernières de réagir et de demander des modifications avant qu'il ne soit fabriqué. Ceci a pour avantage, la réduction des coûts de conception liés aux modifications et adaptations.</p>
Nombre de participants	<p>Hommes : 7 Femmes : 52 Couples (H+F) : 2 Groupements, 2 Individuelles et 2 unités à caractère entreprise de production d'arachide</p>
Choix raisonné des participants	<p><i>Indiquez ici méthodes et critères d'échantillonnage des agriculteurs/trices en tenant compte des spécificités par rapport au genre</i></p> <p>Deux types de participants sont retenus dans ce travail :</p> <p>1) Les productrices de kluiklui :</p> <p>Les travaux antérieurs d'analyse du besoin des transformatrices de kluiklui (Godjo 2001a; Godjo et Singbo 2002) ont été réalisés entre autre à Covè. Pour montrer aux transformatrices que nous ne les avons pas abandonnées par rapport à leurs attentes, nous nous proposons de retenir ces mêmes transformatrices. D'autre part, les travaux antérieurs ont montré qu'il existe au Bénin trois classes d'unités de transformation d'arachide en huile et kluiklui (Godjo et Singbo 2002) : les entreprises de production de kluiklui traitant en moyenne 576 kg de graines d'arachide par semaine, les groupements de femmes transformatrices traitant en moyenne 160 kg et les femmes individuelles traitant en moyenne 64 kg. Pour chaque classe, on retiendra deux unités, donc au total six.</p> <p>2) Le fabricant :</p> <p>Depuis 6 mois, le PTAA est en collaboration avec le Département de Génie Mécanique et Energétique du CPU par la formation d'étudiants de ce département qui mènent leur stage de fin de cycle au PTAA. Par ailleurs, le CPU dispose d'un atelier de fabrication mécanique bien équipé, le CUMEG (Centre Universitaire de Mécanique Général). Cet atelier est retenu pour la fabrication de l'équipement.</p>
Dispositif expérimental	<p>Le dispositif comporte cinq phases :</p> <p>1) Réalisation de la maquette numérique de l'équipement</p>

	<p>A partir des plans déjà réalisés à l'ordinateur, on y donnera avec le logiciel Pro/E de la hauteur. Les protusions de tous les plans 2D permettront d'avoir des représentations volumiques de tous les composants. Ces derniers seront assemblés. Déjà à ce niveau, on réalisera les tests cinématiques pour les assemblages. L'assemblage des assemblages séquentiels va présenter une représentation exacte virtuelle de l'équipement. On réalisera une simulation qui présentera l'équipement fonctionné exactement comme cela se doit.</p> <p>2) Validation de la simulation par les transformatrices</p> <p>Avec un ordinateur portable (sa batterie permettra de fonctionner en zone non électrifiée), on visualisera aux transformatrices, l'animation (simulation du fonctionnement de l'équipement). Les transformatrices devront réagir sur ce qu'elles auraient vu et dire les éventuelles modifications qu'elles souhaiteraient qu'on y apporte. Du retour de chez les transformatrices, on intégrera les éventuelles modifications.</p> <p>3) Fabrication de l'équipement et tests en station</p> <p>Après les modifications suite aux amendements des transformatrices, l'équipement sera fabriqué et testé au Centre Universitaire Mécanique Général du CPU. On se propose de traiter 500 kg de pâte d'arachide. Une fiche de test sera utilisée pour la collecte des données.</p> <p>4) Tests en milieu contrôlé</p> <p>Après les tests en station, on retournera avec l'équipement auprès des transformatrices qui ont participé à la visualisation du fonctionnement simulé pour recevoir leur avis sur l'équipement.</p> <p>5) Tests au laboratoire</p> <p>On réalisera des tests au laboratoire pour évaluer les qualités physico-chimique et microbiologique du kluiklui issu de l'équipement.</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Lieux de recherche

- Porto-Novo
- Abomey-calavi

Données et/ou informations techniques, économiques, socio-économiques à collecter – Analyses – Evaluation

Paramètres	<p>Capacité horaire, durée opération, rendement équipement, richesse en huile des graines, teneur en huile résiduel dans le tourteau, teneur en huile et en impuretés des kluiklui.</p> <p>Paramètres tests organoleptiques : texture, goût, couleur, croustillance.</p>
Types d'informations / données/observations (primaires – second., quantitatifs – qualit.)	<p>Appréciation des utilisateurs, goût, croustillance des kluiklui.</p> <p>Quantité de tourteau entrant et quantité huile et kluiklui sortants. Temps de travail.</p> <p>Données socio-économiques à collecter</p> <p>Coûts engagés : coûts financiers et temps de travaux pour la méthode traditionnelle et pour l'équipement.</p> <p>Revenu obtenu : rendement en huile et kluiklui, prix de vente</p> <p>Fréquence de travail par semaine et quantité d'arachide traitée par séance.</p> <p>Perceptions des groupements sur l'utilisation de cet équipement en comparaison avec le coût investit, l'effort physique et l'effet (positif et négatifs) de cet équipement sur les autres opérations.</p>

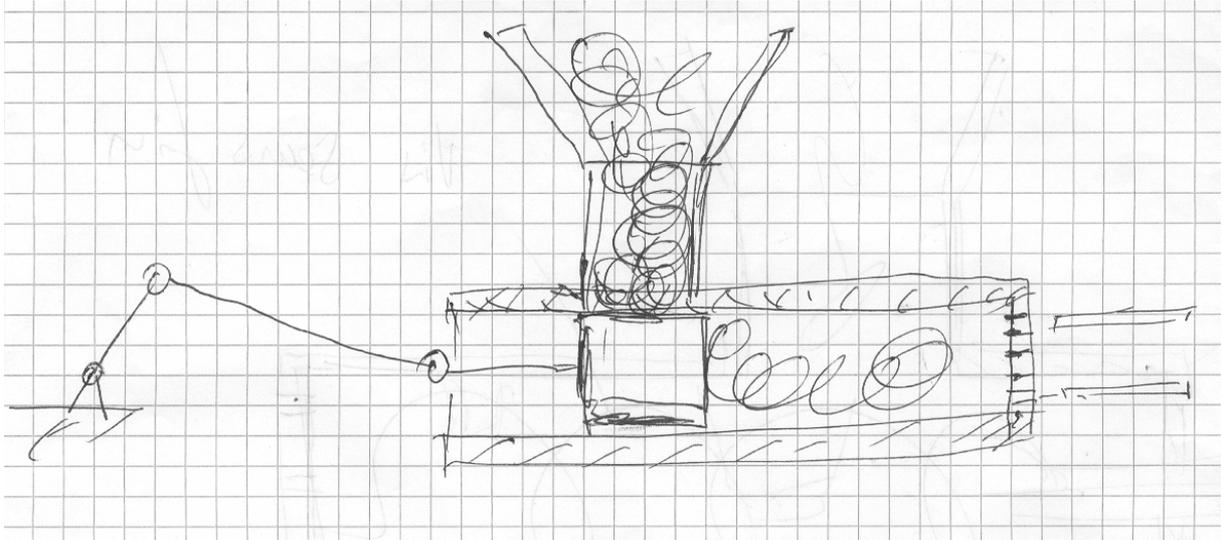
Annexe 3.1 :**Cahier des Charges Fonctionnel du projet « Eplucheuse de manioc »****CdCF**

Fonctions	Critères	Niveau
Doit éplucher le manioc	Rendement	> 73 %
	Débit	(34-100) kg/H.h
	Taux d'épluchage	100%
Être rentable pour l'utilisateur	Prix d'achat	???
	Coût fonctionnement	???
	Quantité traitée	20 tonnes /jour
Calibrer les tub.	Diamètre tub.	(60-100)cm
Charger les tubercules	Hauteur de char.	Variable
	Nbre tub./cycle	20
Récupérer les tub. Épl.	Hauteur sortie	50 cm
Utiliser énergie dispo.	Type d'énergie	combustible
Simple manipulation	Manipulation	Simple

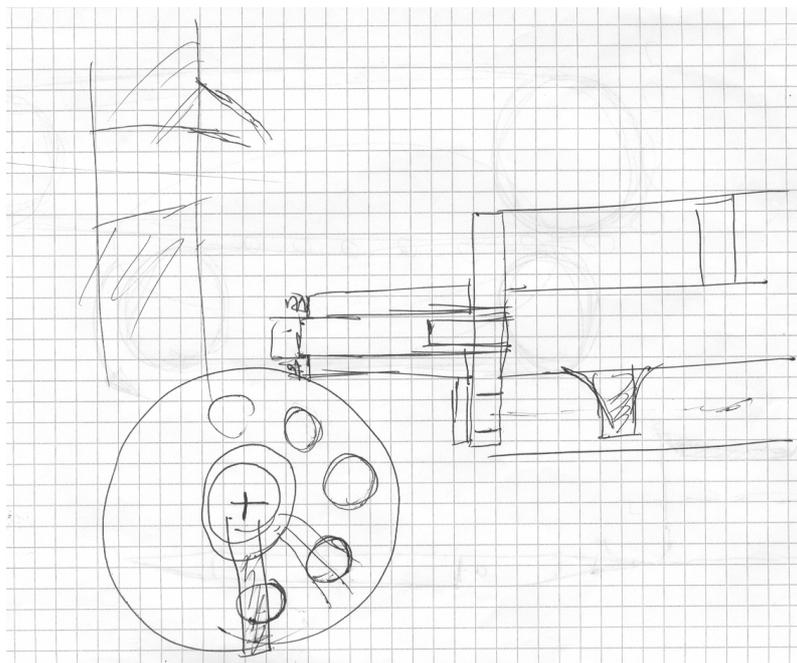
Annexe 3.2 :

Schémas de principes émergés lors du projet « Machine à kluiklui »

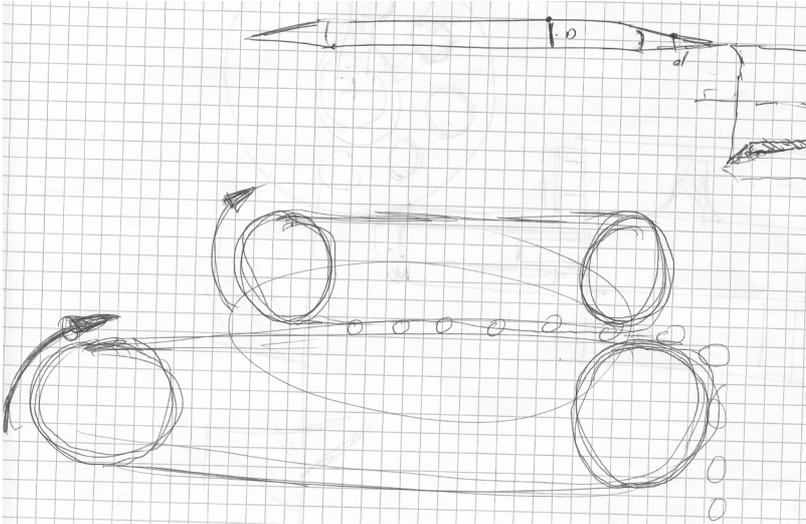
Principe 1 (P1) : *Extruder avec cylindre et piston mis en mouvement par bielle et manivelle*



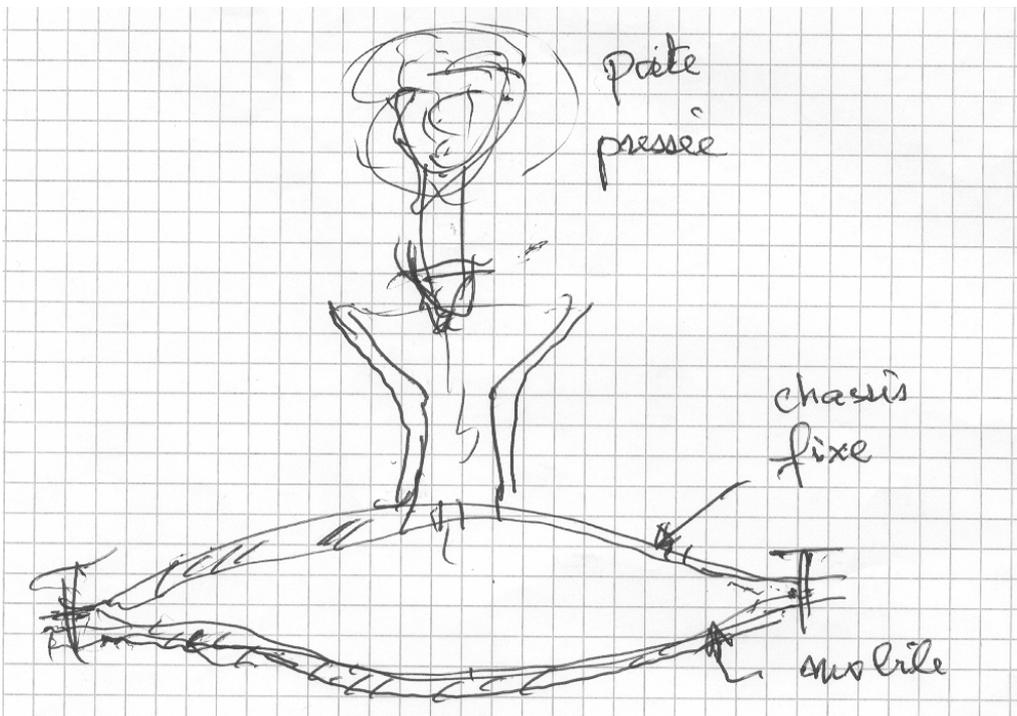
Principe 3 (P3) : *Extruder avec vis sans fin + coupe de bâtonnets à la sortie de la filière (couteau tournant)*



Principe 4 (P4) : Rouler entre deux bandes transporteuses, comme le font les femmes

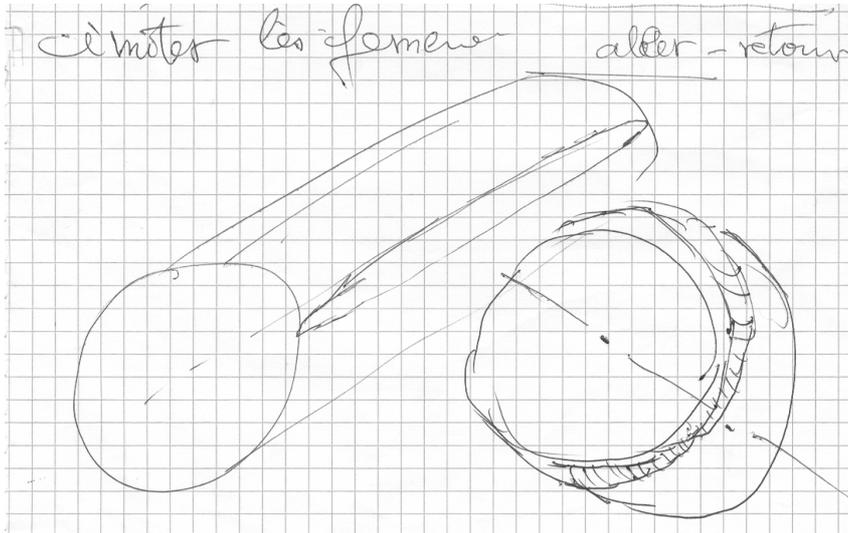


Principe 6 (P6) : Mouler sous pression pour avoir la forme des bouts effilés

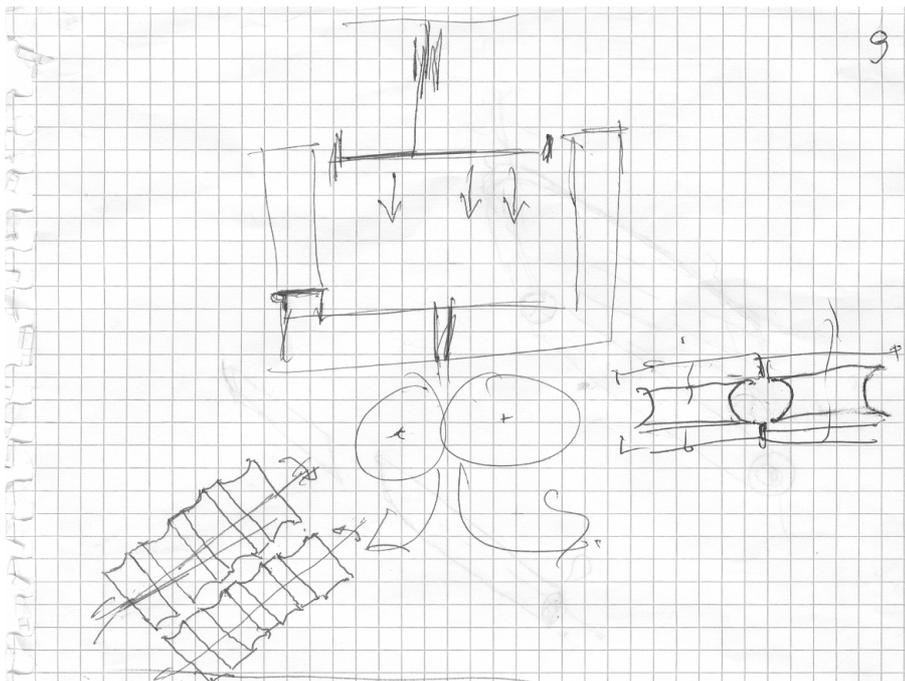


Principe 8 (P9) : Extruder la pâte + mouler entre 2 cylindres pour obtenir la forme (1/2 forme en creux sur chaque cylindre)

Empreinte parallèle à l'axe pour que le bâton sorte horizontalement



Extruder entre 2 cylindres avec la pâte au dessus des 2 cylindres (P9)



Annexe 3.3 :

Document de présentation du projet « Machine de production de pâte malléable d'arachide »

Présentation du projet
TRANSFORMATION DE L'ARACHIDE EN HUILE ET KLUIKLUI

Au Bénin, la transformation des produits agricoles locaux depuis les deux dernières décennies fait l'objet d'une importance singulière. Par exemple dans le domaine des oléagineux, le marché béninois importe actuellement autour de 15 000 tonnes d'huile, le pays produisant peu d'huile industrielle. Une demande additionnelle de 15 000 tonnes est prévisible pour les prochaines années [Anon., 1996 #3]. Il existe donc un marché potentiel important.

L'INRAB¹ a réalisé une étude [Kruit, Godjo, et Ouédanou 1998 #4] sur la transformation agro-alimentaire à l'échelle artisanale. Les résultats de cette étude ont souligné d'une part, des contraintes de pénibilité du travail avec des opérations unitaires non mécanisées, et d'autre part, la non adéquation entre les nombreux équipements disponibles sur le marché et les attentes des utilisateurs. Ces résultats ont dégagé des pistes de développement et de recherche qui se focalisent essentiellement sur :

- Des tests comparatifs et essais d'adaptation d'équipements existant de traitement d'arachide, de fruits de palme, de noix de palmiste, de manioc, du riz et de maïs. Ces activités sont en cours d'exécution
- La conception de nouveaux équipements pour les opérations qui nécessitent une grande pénibilité de travail pour répondre au souhait de mécanisation exprimé par les utilisateurs.

La conception de nouveaux équipements est d'entrée de jeu portée sur la double opération traditionnellement indissociable « malaxage - pressage », opérations conjointes qui jusqu'à ce jour n'ont connu aucune amélioration technologique.

En effet, au Bénin la transformation à l'échelle artisanale de l'arachide est toujours accompagnée de la préparation de beignets. Sur le plan économique-culturel, il est inconcevable de ne pas utiliser le tourteau issu de l'extraction de l'huile pour la fabrication de nuggets appelés klui-klui. Ces derniers sont largement consommés par la population.

Pour tenter d'améliorer la technologie traditionnelle, des presses ont été introduites :

- Presses manuelles à vis verticale
- Presses hydrauliques
- Expellers

Force est de constater que ces technologies ont échoué. Leur échec réside dans la forte pression sur le produit (60 à 120 bar pour les presses manuelles à vis et les presses hydrauliques et plus de 150 bar pour les expellers) conduisant à l'obtention d'un tourteau déshuilé dont l'utilisation pour la préparation de klui-klui nécessite un travail supplémentaire et particulièrement pénible (mouture, réhydratation et malaxage). Par ailleurs, le procédé par pression exige un pré traitement de la pâte (chauffage).

Face à ces constatations, il est important de réfléchir à la conception d'un matériel capable de répondre à la fonction d'usage « obtenir un tourteau partiellement déshuilé pour la préparation de beignets ». Il ne s'agira pas d'une conception classique individuelle portée par une seule compétence mécanique souhaitant mettre au point rapidement un prototype mais d'un décloisonnement qui permettra d'associer les compétences en mécanique, génie produit-procédé et en science sociale et économique car la conception est un processus multi acteurs éminemment cognitif.

Partant de la méthode CESAM² nous allons élaborer un processus de conception ayant au cœur l'analyse du besoin et intégrant l'utilisateur.

¹ Institut National des Recherches Agricoles du Bénin

² Conception d'Équipement dans les pays du Sud pour l'Agriculture et l'agroalimentaire Méthode développée par le CIRAD

Annexe 3.4 :

Guide d'entretien utilisé lors des enquêtes du projet « Machine de production de pâte malléable d'arachide »

GUIDE D'ENTRETIEN

- Les étapes les plus pénibles
- Pénibilité de chaque opération
- Contraintes de chaque opération
- Approvisionnement: nature, fournisseurs, quantité livrée, emballage, stockage, propreté.
- Produit fini: caractérisation, quantité, emballage, rendement d'usage, prix, valeur rajoutée.
- Les co-produits: valorisation ou élimination (nature, description, quantité, marché, acheteur, valeur, prix de vente ou frais d'évacuation,...)
- Consommateurs finaux: circuit de commercialisation, appréciation de la qualité, critères.
 - Insatisfaction dans l'utilisation de l'équipement
 - Ergonomie
- Recueil des idées pour une éventuelle mécanisation des étapes jusque là non mécanisées.
 - Changements intervenus
 - Comparaisons de la situation actuelle et de celle précédente.
- Acteurs impliqués dans le processus de transformation.
- Rôle de chaque acteur
- Nature des relations existant entre eux.
- Organisation du travail.
- Exécution des tâches (comment? habileté)
- Atmosphère au cours de la transformation.
- ``Degré`` d'intérêt porté au travail
- Nature de cet intérêt.

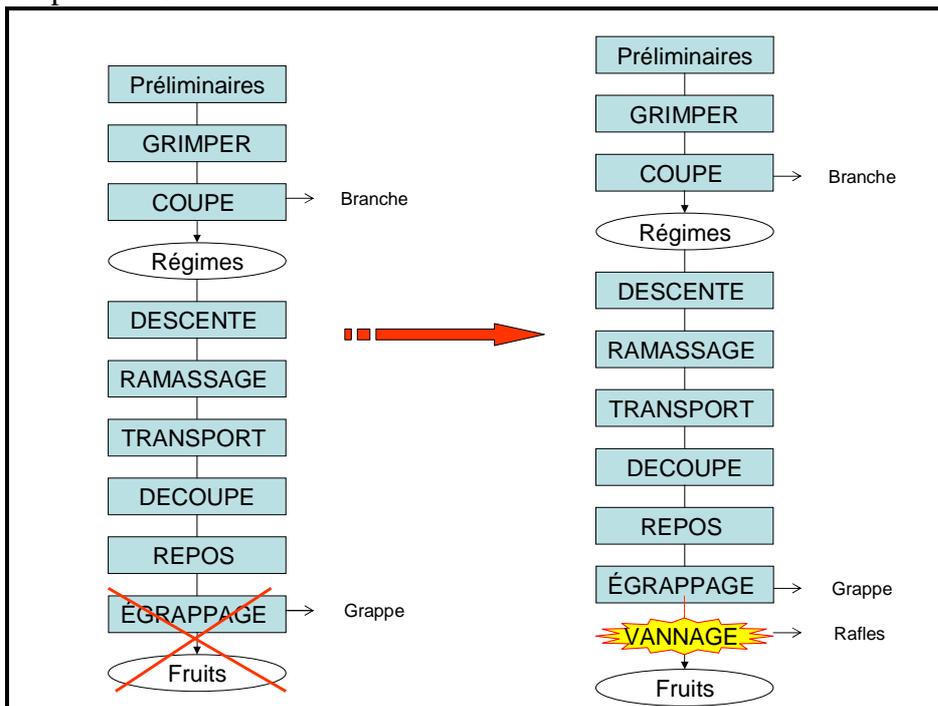
Annexe 4.1 :

Les diapositives de l'expérimentation du Scénario problème

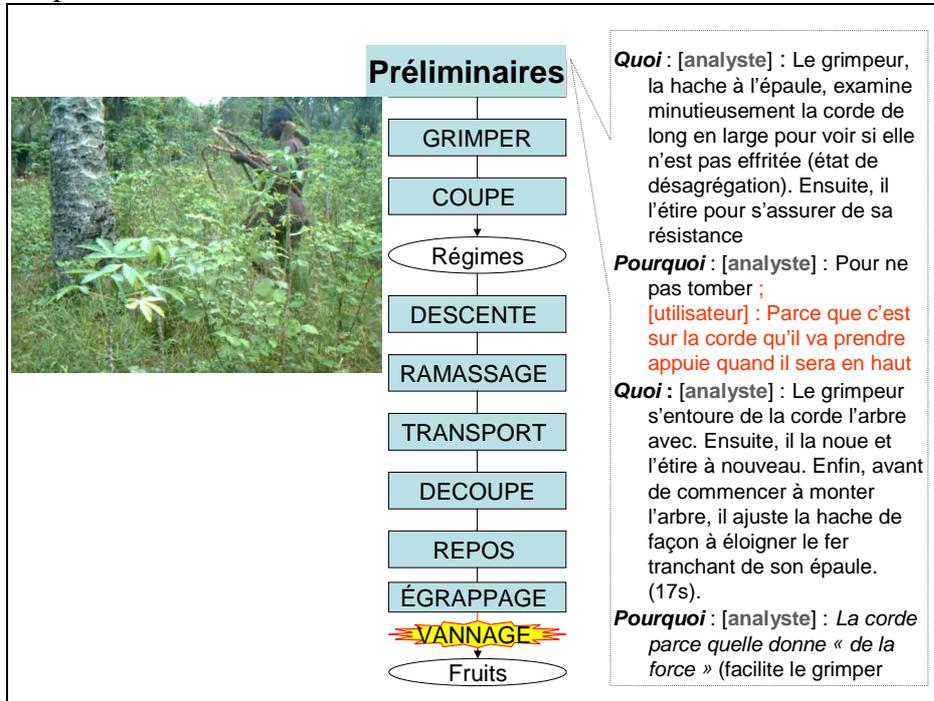
Diapositive 1



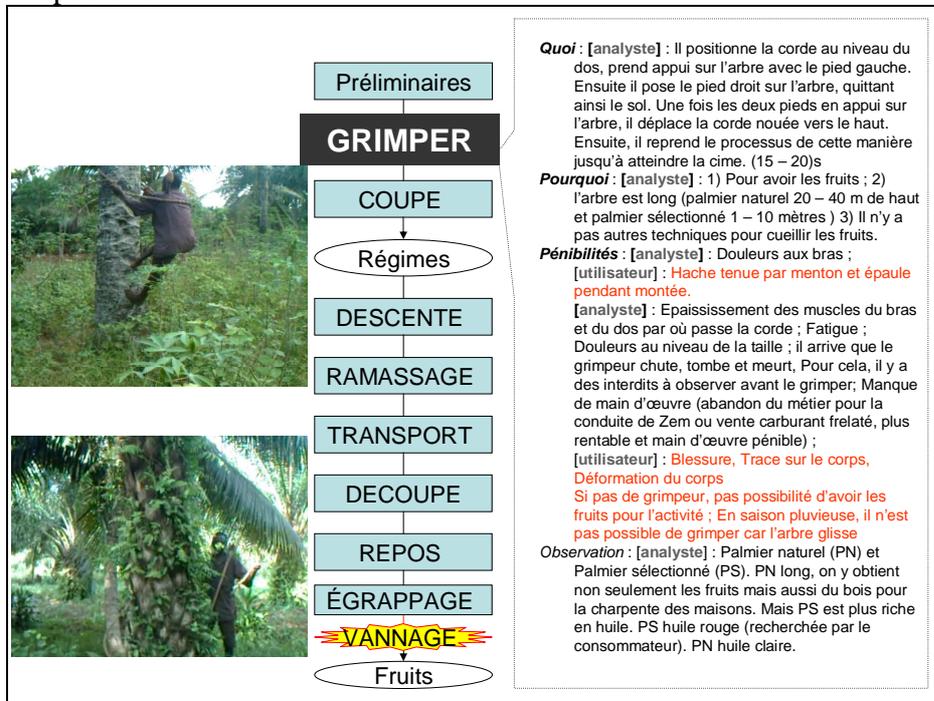
Diapositive 2



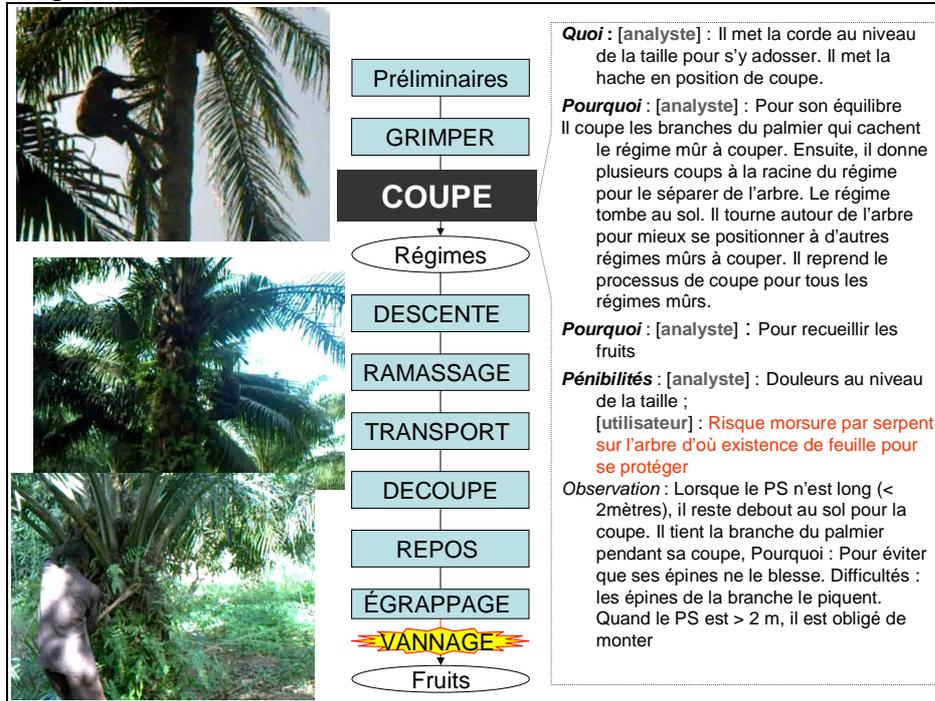
Diapositive 3



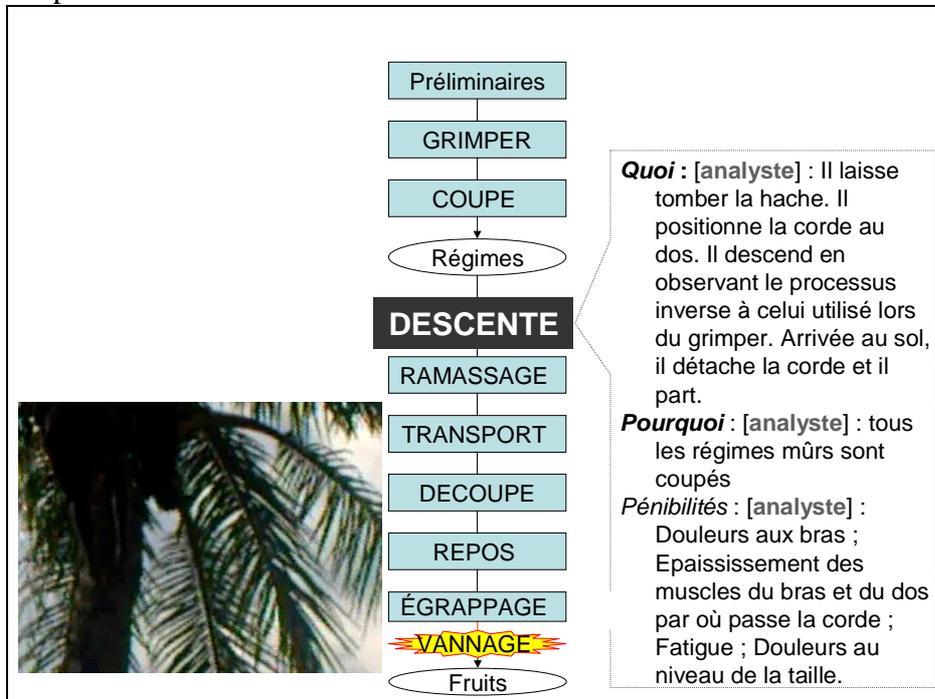
Diapositive 4



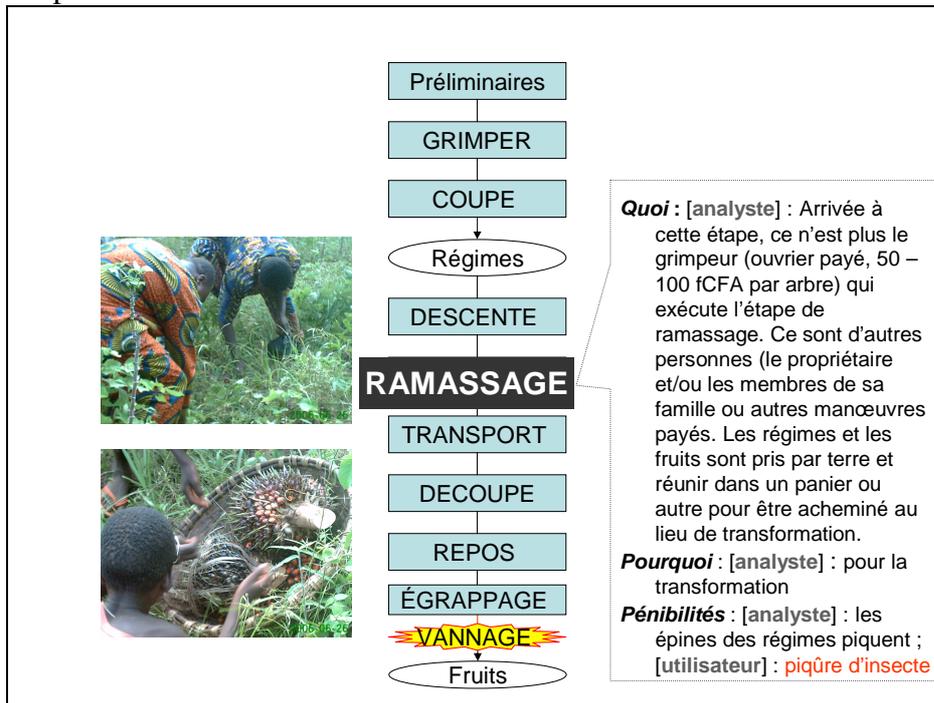
Diapositive 5



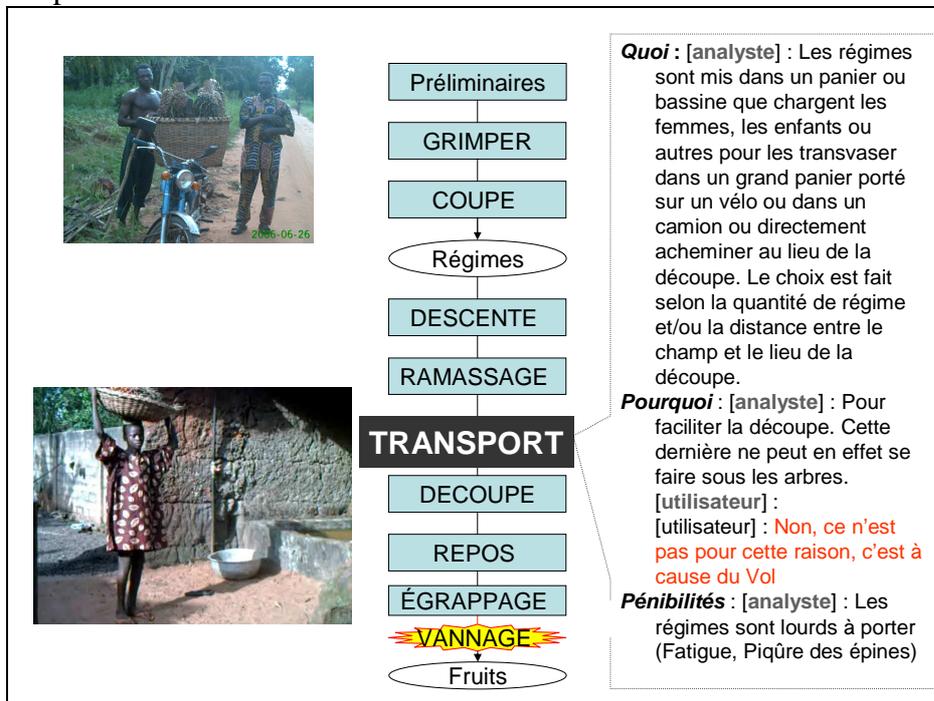
Diapositive 6



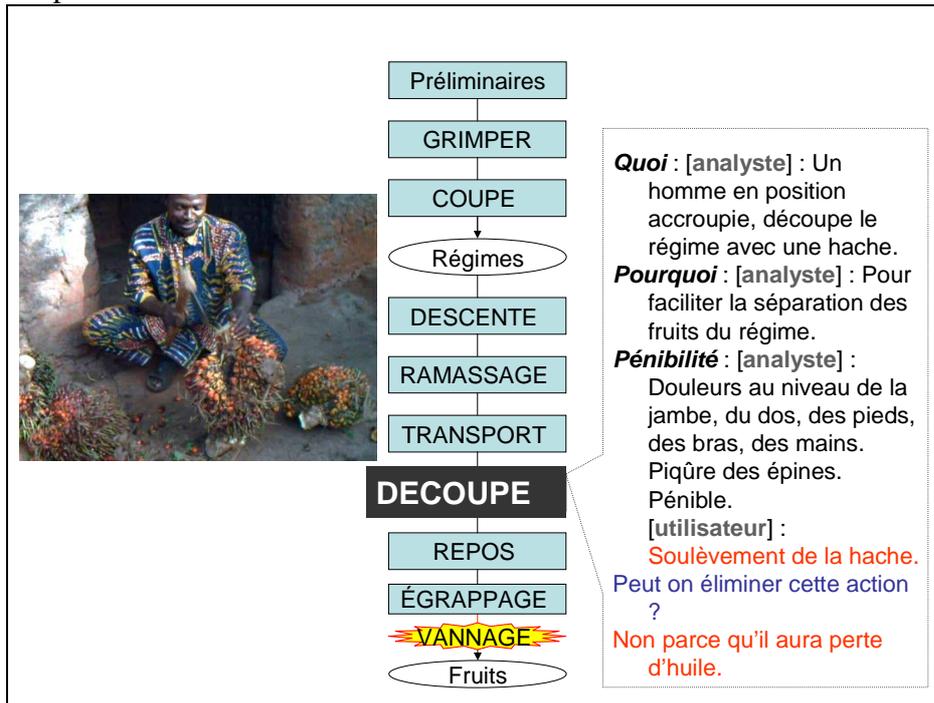
Diapositive 7



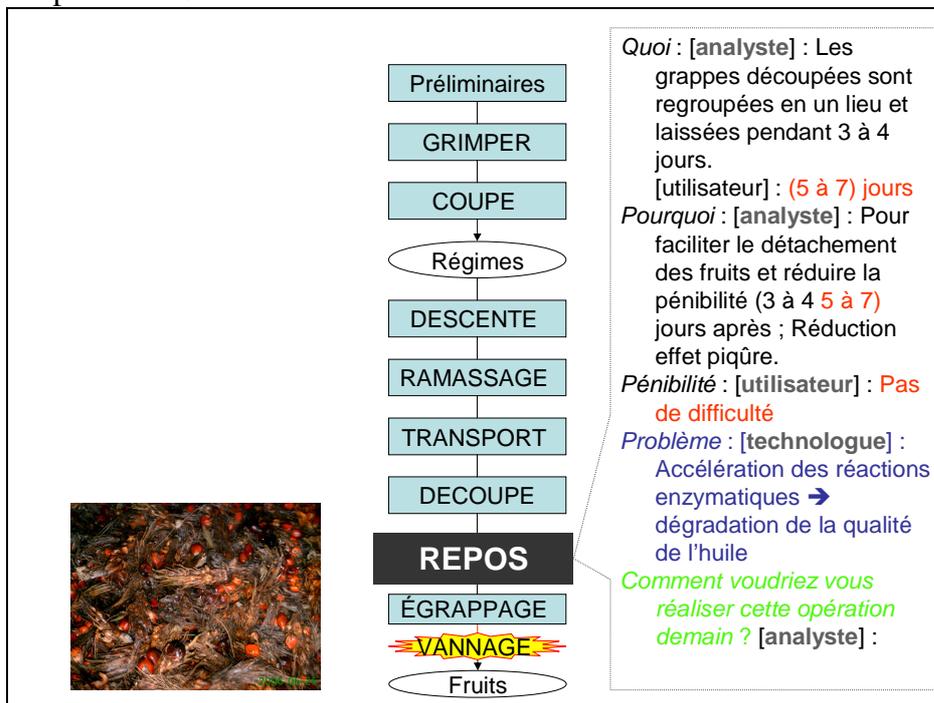
Diapositive 8



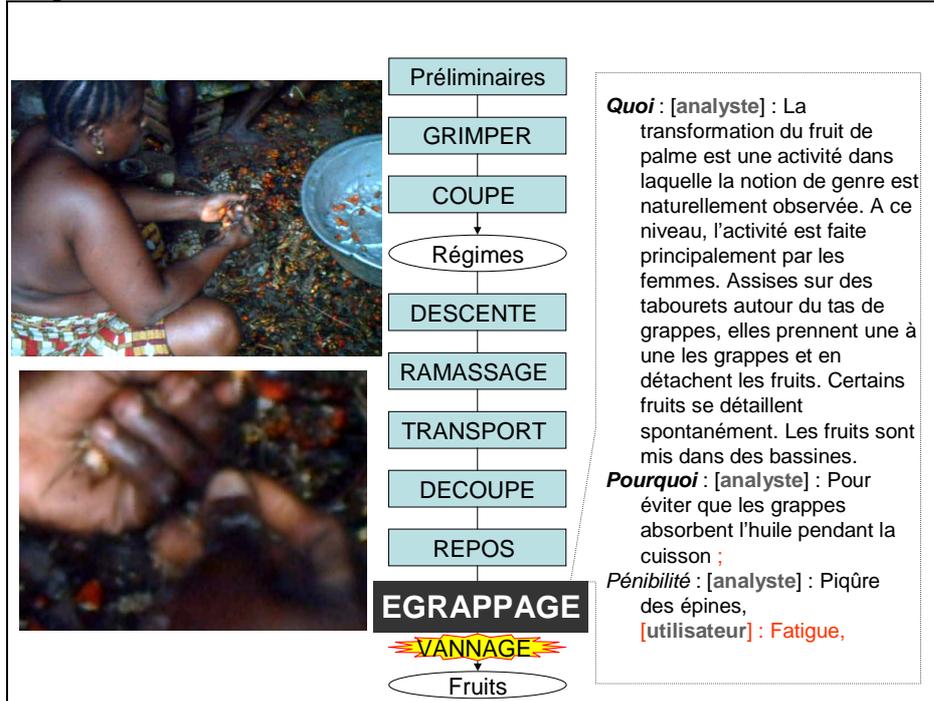
Diapositive 9



Diapositive 10



Diapositive 11



Diapositive 12

