

**UNIVERSITE QUISQUEYA**

**(UNIQ)**

**Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Environnement**

**(FSAE)**

**ANALYSE DES PRINCIPAUX FACTEURS LIMITANT L'UTILISATION DE LA  
BAGASSE DANS LES ATELIERS DE RAPADOU DE THOMONDE**

**Mémoire de sortie**

**Présenté par: Lidwine HYPOLITE**

**Pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur-Agronome**

**Sous la direction de Jean André VICTOR, Professeur à l'UNIQ**

**Option: Protection et Aménagement de l'Environnement**

**Mai 2005**



**UNIVERSITE QUISQUEYA**

**(UNIQ)**

**Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Environnement  
(FSAE)**

**ANALYSE DES PRINCIPAUX FACTEURS LIMITANT L'UTILISATION DE LA  
BAGASSE DANS LES ATELIERS DE RAPADOU DE THOMONDE**

**Mémoire de sortie**

**Présenté par: Lidwine HYPPOLITE**

**Pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur-Agronome**

**Sous la direction de Jean André VICTOR, Professeur à l'UNIQ**

**Option : Protection et Aménagement de l'Environnement**

**Mai 2005**

## **DEDICACES**

**A la Sainte Vierge Marie et à mes chers parents**

## REMERCIEMENTS

La présente activité de recherche m'a offert l'opportunité de manipuler les outils statistiques capables de mener efficacement et à terme une étude scientifique. Elle m'a permis de comprendre le fonctionnement des ateliers de rapadou de Thomonde et aussi la place occupée par ces derniers dans la vie d'une trentaine de milliers d'habitants. Elle ne pourrait pas non plus voir le jour sans le support de plusieurs personnalités et institutions. Je m'en voudrais alors de ne pas présenter mes remerciements les plus sincères à:

- L'Ing-Agr. Jean André VICTOR, directeur de mémoire pour m'avoir prodigué conseils et remarques judicieux.
- La Fondation Haïtienne de l'Environnement pour son assistance technique et financière.
- Le Fonds de Développement Industriel pour son soutien financier et pour l'accès à son centre de documentation.
- Le Bureau des Mines et de l'Énergie pour m'avoir donné accès à sa bibliothèque et à son laboratoire d'analyse lors de la conduite de l'expérimentation au laboratoire.
- Le Programme des Nations Unies pour le Développement, United States Agency for International Development et l'Institut Français pour m'avoir donné accès à leur centre de documentation.
- L'Ing-Agr. Edgar JEANNITON, doyen de la FSAE de l'UNIQ, pour son dévouement et sa collaboration.
- Monsieur Jean SPRUMONT, animateur fondateur des Ateliers Écoles de Camp-Perrin pour avoir mis à ma disposition ses documents, et avoir aidé dans la conception d'équipements et matériels indispensables à une combustion efficace de la bagasse et dans la correction du document de mémoire.
- Les Pères Elifèt BIEN AIME et Louinès; monsieur et madame Renois pour m'avoir hébergée durant mon séjour sur le terrain.

- Tous les professeurs de l'UNIQ et de la Faculté de Droit et des Sciences Économiques de Port-au-Prince pour m'avoir transmis leur savoir-faire et contribué à ma formation.
- Tous mes condisciples spécialement Desrosier Jonel pour son amitié
- Mes parents pour leur soutien affectif et à mon frère aîné, Ing-Agr et Économiste Judex HYPPOLITE pour m'avoir servi de modèle et soutenu pendant tout mon cycle d'études.
- Tous ceux ou celles qui d'une manière ou d'une autre ont contribué à la réussite de mon mémoire.

## TABLE DES MATIERES

<b>DEDICACES.....</b>	<b>i</b>
<b>REMERCIEMENTS.....</b>	<b>ii</b>
<b>TABLE DES MATIERES .....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTE DES SIGLES &amp; ACRONYMES.....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>x</b>
<b>RESUME.....</b>	<b>xi</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I - REVUE DE LITTERATURE.....</b>	<b>3</b>
1.1- La problématique de la canne à sucre en Haïti.....	3
1.1.1- Historique de la canne à sucre.....	3
1.1.2 – Évolution de la production de canne.. ..	3
1.1.3 -Aires de production.....	4
1.1.4 - Les produits manufacturés tirés de la canne.....	5
1.2 - La problématique du rapadou .....	6
1.2.1- Le rapadou dans le monde.....	6
1.2.2 - Le rapadou en Haïti et à Thomonde.....	9
1.3 - La problématique de l'utilisation de la bagasse.....	13

1.3.1.- Principales caractéristiques de la bagasse.....	14
1.3.2.- Les diverses utilisations de la bagasse.....	17
1.3.3.- Gestion de la bagasse en Haïti .....	18
<b>CHAPITRE II : MATERIELS &amp; METHODES .....</b>	<b>20</b>
2.1 - Localisation de l'étude.....	20
2.2 - Hypothèses de travail.....	20
2.3 - Enquêtes de terrain.....	22
2.4.- Test d'humidité de la bagasse.....	23
2.5.- Traitement des données.....	25
<b>CHAPITRE III: RESULTATS &amp; DISCUSSIONS.....</b>	<b>26</b>
3.1–Présentation et Caractérisation des ateliers de rapadou de Thomonde.....	26
3.1.1– Caractéristiques communes des ateliers de rapadou de Thomonde .....	26
3.1.2- Caractéristiques différentes des ateliers de rapadou de Thomonde.....	28
3.2– Résultats des tests d'humidité de la bagasse.....	33
3.2.1– Taux d'humidité de la bagasse déterminés sur le terrain.....	33
3.2.2 – Taux d'humidité de la bagasse par séchage au four .....	36
3.3 - Conditions d'accès au crédit.....	40
3.3.1- Accessibilité au crédit.....	40
3.3.2- Conditions d'octroi du crédit.....	41

<b>CONCLUSIONS &amp; RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>44</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>47</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>53</b>

## LISTE DES SIGLES & ACRONYMES

AGRICORP : Bureau d'Étude Haïtien pour l'Agriculture

AECP : Ateliers Écoles de Camp Perrin

ANDAH : Association Nationale des Agro-Professionnels Haïtiens

APRAT : Association des Producteurs de Rapadou de Thomonde

BME : Bureau des Mines et de l'Énergie

BNDAI : Banque Nationale de Développement Agricole et Industriel

CNEARC : Centre National d'Études Agronomiques des Régions Chaudes

CNSA : Coordination Nationale de la Sécurité Alimentaire

CIMPA : Accord de Recherche et de Vulgarisation en vue d'apporter des  
Améliorations à l'Industrie du Sucre Artisanal (Panela)

CODEART : Coopération pour le Développement de l'Artisanat

COSODEV : Coopérative de Solidarité pour le Développement

EDH : Électricité d'Haïti

ENSIAA : École Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires

ESMAP : Energy Sector Management Assistance Programme

FAMV : Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire

FAO : Food Agricultural Organization

FDI : Fonds de Développement Industriel

FHE	: Fondation Haïtienne de l'Environnement
FSAE	: Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Environnement
GADRU	: Groupe d'Appui au Développement Rural
IDAI	: Institut de Développement Agricole et Industriel
IHSI	: Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique
IRAMD	: Institut de Recherches et d'Application des Méthodes de Développement
ISAA	: Institut Supérieur de l'Agro-Alimentaire
MARNDR	: Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural
ONUDI	: Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel
PNUD	: Programme des Nations Unies pour le Développement
SOE	: Service Œcuménique d'Entraide
SOFHIDES	: Société Financière Haïtienne de Développement S.A
SMN	: Service Météorologique National
UNIQ	: Université Quisqueya
USAID	: United States Agency for International Development

**LISTE DES FIGURES**

- Figure No 1.- Diagramme de flux de fabrication du rapadou.....12
- Figure No 2.- Carte géographique du département du Centre présentant Thomonde....21
- Figure No 3.- Prise de vue d'un atelier de rapadou de Thomonde, Décembre 2003 .....27
- Figure No 4.- Courbes de comparaison des taux moyens d'humidité de la bagasse  
collectée dans des ateliers de rapadou à trois niveaux différents.....35
- Figure No 5.- Courbes de comparaison des taux d'humidité de la bagasse séchée au  
laboratoire par rapport à celle qui est séchée au soleil.....39

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau No 1.- Présentation succincte des ateliers de rapadou de Thomonde en fonction de leur niveau technologique.....	29
Tableau No 2.- Catégorisation des ateliers de rapadou de Thomonde d'après leur niveau technologique.....	30
Tableau No 3.- Évolution des taux moyens d'humidité des échantillons de bagasse en fonction du niveau de collecte de tas de bagasse choisi au hasard .....	33
Tableau No 4.- Évolution des taux d'humidité des échantillons de bagasse collectés à Thomonde et analysés au laboratoire de BME.....	36
Tableau No 5.- Synthèse des résultats de taux moyens d'humidité de bagasse séchée au soleil par rapport à celle qui est séchée au four.....	37
Tableau No 6.- Répartition du crédit dans les ateliers de rapadou enquêtés.....	40
Tableau No 7.- Taux d'intérêt souhaité et période de grâce suggérée.....	41

## RESUME

Le Bureau des Mines et de l'Énergie estime à plus de 380 000 TM/an la quantité de bagasse non utilisée en Haïti. Cette sous-utilisation de la bagasse dans les entreprises de transformation de la canne à sucre semble être liée à divers facteurs d'ordre technique, économique et social. La présente étude se propose d'analyser les principaux facteurs limitant l'utilisation de la bagasse dans les ateliers de rapadou de Thomonde.

Les hypothèses retenues en la circonstance sont au nombre de trois et s'expriment comme suit :

- ▶ La sous-utilisation de la bagasse est due à l'usage de foyers et/ou de chaudières inadaptés à sa combustion.
- ▶ La sous-utilisation de la bagasse peut être aussi expliquée par le fait que le taux d'humidité de la bagasse est supérieur à la valeur requise pour une combustion efficace.
- ▶ Les exploitants ne peuvent pas moderniser leur atelier pour une consommation accrue de la bagasse parce qu'ils n'ont pas accès au crédit.

Afin de vérifier les hypothèses susmentionnées, une enquête approfondie a été effectuée sur le terrain selon les techniques statistiques les plus appropriées tandis que des échantillons de bagasse prête à être utilisée ont été prélevés afin de pouvoir calculer le taux d'humidité au soleil et au laboratoire.

Les résultats obtenus ont révélé ce qui suit :

- ▶ La première hypothèse a été confirmée parce que 77% des ateliers de rapadou utilisent des foyers et/ou de chaudières non adaptés à la combustion de la bagasse.
- ▶ On a trouvé que le taux moyen d'humidité de la bagasse prête à être utilisée était de 23%, donc inférieur à la valeur de 30% requise pour une combustion efficace. Ce qui laisse à comprendre que le taux d'humidité de la bagasse ne représente un facteur limitant à son utilisation comme combustible. Néanmoins, la bagasse peut se réhumidifier quand elle est exposée à l'air libre, comme c'est le cas à Thomonde. La seconde hypothèse a été partiellement confirmée.

► La majorité des ateliers de rapadou (75%) n'ont pas accès au crédit institutionnalisé parce que les sources de crédit sont rarissimes alors que les taux de crédit pratiqués au moins 15% l'an sont nettement prohibitifs et supérieurs à 15% l'an, taux le plus élevé souhaité par les bénéficiaires. La troisième hypothèse a donc été vérifiée.

Autrement dit, l'augmentation de la consommation de bagasse dans les ateliers de rapadou de Thomonde passe par la modernisation de ces derniers et l'accès au crédit pour supporter l'investissement de départ. La modernisation suppose l'introduction d'équipements mieux adaptés à la combustion de la bagasse tandis que cette dernière, une fois séchée, doit être protégée des intempéries pour éviter la réhumidification subséquente.

## INTRODUCTION GENERALE

Les ressources ligneuses représentent la source qui fournit la plus grande part de l'énergie consommée par les Haïtiens. Ces derniers abattent annuellement 12 millions d'arbres équivalant à une consommation de 3 à 4 millions de tonnes de bois de feu (BME, 2001). La structure de la consommation énergétique d'Haïti est caractéristique de celle des pays pauvres. Le bois représente, en effet, 76% du total de l'énergie consommée, le pétrole 18%, l'hydro énergie 5.5% et la bagasse 0.5%. La bagasse qui est le principal sous-produit généré par les usines de transformation de la canne, constitue, malgré ce faible pourcentage, une source d'énergie importante notamment pour les entreprises du secteur sucrier qui utilisent le bois comme combustible. Et pourtant, la quantité de bagasse non utilisée à travers le pays est estimée à 383 000 tonnes par an (BME, 1998).

A Thomonde, par exemple, certains ateliers de rapadou utilisent le sous-produit de la canne à travers un mélange de combustible "bois-bagasse" dans lequel la bagasse représente un pourcentage quasi-négligeable. Ils fournissent, à ce titre, un cas d'espèce assez intéressant pour l'analyse des contraintes liées à la valorisation de l'énergie au sein des entreprises artisanales en Haïti.

De fait, la bagasse et le bois de feu constituent les principaux combustibles ordinairement utilisés dans le processus de production. Cependant, l'utilisation du bois de feu était et est toujours plus importante que celle de la bagasse. Par contre, on enregistre progressivement une rareté de bois de feu, dans la commune de Thomonde en particulier et dans le pays en général. Certains prétendent devant la gravité des faits que le prélèvement en ressources ligneuses est près de 4 fois supérieur à la productivité annuelle des formations forestières et agro forestières estimées à 1,6 millions de m<sup>3</sup> (FAO, 1995). Et pourtant, la bagasse de canne en tant que potentiel substitut du bois, reste sous-exploitée. Si la bagasse et le bois de feu sont deux biens substitués parfaits et si le coût d'acquisition de la première est très faible par rapport à celui du second, on s'attendait à ce que les ateliers de rapadou utilisent la bagasse d'abord et le bois de feu ensuite.

Mais, il n'en est rien. Les ateliers de rapadou ne font pas une utilisation systématique de la bagasse.

En clair, toute amélioration de technologie qui rendrait plus efficace la combustion de la bagasse, entraînerait toutes choses égales, une augmentation de la consommation de celle-ci, et par conséquent, une diminution de celle du bois de feu. Dans le contexte d'une recherche d'alternatives au bois de feu, la politique énergétique devrait encourager une plus large utilisation de la bagasse au niveau de ces ateliers en vue de permettre des économies en consommation de produits ligneux et de produits pétroliers importés. Mais, il semble exister des contraintes techniques et traditionnelles qui conduiraient les producteurs de rapadou à limiter la consommation de la bagasse. De cette problématique découlent les objectifs de cette activité de recherche.

### *Objectif général*

Ce travail prétend contribuer à la réduction de la pression exercée sur les ressources ligneuses par une meilleure utilisation de la bagasse de la canne à sucre dans les ateliers de rapadou.

### *Objectifs spécifiques*

De manière spécifique, il se propose de :

- Décrire les conditions de fonctionnement et de production des ateliers de rapadou de Thomonde.
- Identifier les facteurs techniques qui empêchent la réalisation des conditions optimales de combustion de la bagasse au niveau de ces ateliers.

Toutefois, les problèmes relatifs au transport de la matière première et de son stockage, aux conditions de fabrication du rapadou ou encore à celles de l'amélioration de la qualité et de la présentation du produit ne sont pas pris en compte dans le cadre de la présente étude.

## **CHAPITRE I - REVUE DE LITTERATURE**

La revue de littérature porte sur la problématique de la canne à sucre, celle du rapadou et celle de la bagasse.

### **1.1. - La problématique de la canne à sucre en Haïti**

Dans la problématique de la canne à sucre en Haïti, il sera considéré tour à tour les caractéristiques de la plante, son historique, l'évolution de la production, sa distribution géographique et les produits tirés du processus de transformation de la matière première.

#### **1.1.1. - Historique de la canne à sucre**

Originnaire de la Nouvelle Guinée, la canne à sucre fut transportée en Asie Méridionale et implantée un peu partout d'Inde à la Chine du Sud. Au Moyen Age, on la rencontra en Sicile, en Egypte et au Sud de l'Espagne. De là, elle gagna les îles Canaries et par la suite les Antilles. Son introduction en Amérique fut l'occasion d'un boom économique mais aussi le point de départ d'une catastrophe humanitaire sans précédent. L'engouement pour le sucre et la décision prise lors de la controverse de Valladolid sous l'instigation de Bartholomé de Las Casas, défenseur des indiens, eurent pour conséquence l'importation massive de noirs africains dans le nouveau monde en vue de fournir la main d'œuvre servile devenue nécessaire à la prospérité croissante de l'industrie du sucre.

En Haïti, la canne à sucre fut introduite en 1493 par Christophe Colomb lors de son second voyage en Amérique (DUPERVAL, 1983). Elle aurait été amenée plus précisément à Saint-Domingue en 1506 par Pierre de Etienza (DELTEIL, 1885). Cette culture s'est vite acclimatée au pays au point qu'elle est devenue la principale activité économique de la colonie française pour atteindre plus tard, son apogée vers 1789 (MORAL, 1960).

#### **1.1.2. - Évolution de la production de canne**

La canne à sucre et plus tard le café ont longtemps représenté les plus importantes ressources exportables d'Haïti. Elle assurait directement ou indirectement des revenus à plus d'un million d'habitants (DELATOUR, 1983). Le sucre constituait le principal produit dérivé

de la canne qui avait rapporté dans le temps le plus de devises au pays<sup>1</sup>. Cependant avec la libéralisation des marchés haïtiens vers les années 1980, le sucre national s'est vu concurrencer par du sucre importé produit à moindre coût et vendu à des prix très bas. N'arrivant plus à faire face à la concurrence internationale, les 4 principales usines sucrières du pays se sont retrouvées dans l'obligation de fermer leur porte durant la période allant de 1986 à 1996.<sup>2</sup> Découragés par cette situation, bon nombre de grands propriétaires ont décidé de remplacer la canne par des cultures vivrières jugées plus rentables.

De fait, la superficie emblavée en canne à sucre a considérablement diminué dans le pays. Elle est passée de 85 000 ha en 1975 à 62 497 ha en 1995 (SISA, 1995). La production de la canne a suivi la même tendance à la baisse. Selon FAO et BID, elle était de 5 443 400 tonnes au cours de l'exercice fiscal 1980-1981 et à 2 526 598 tonnes au cours de l'exercice 1994/1995 (AGRICORP et IRAM, 1997 b). Parallèlement, les rendements par unité de surface sont passés de 40 tonnes par ha à 35 tonnes par ha alors que dans d'autres pays, on observe des rendements de l'ordre de 150 jusqu'à 200 tonnes par ha (LATORTUE, 1996).

D'une façon générale, la production de canne a diminué tant en quantité qu'en qualité. Selon Henry (1996), cette diminution est due à la dégénérescence des variétés utilisées et à la sensibilité de la plupart d'entre elles au charbon, laquelle maladie provoque une diminution de la teneur en sucre de la plante (HENRY, 1996). La non-régénérescence continue des variétés utilisées a eu pour conséquence une augmentation de la sensibilité aux maladies et aux parasites. Une canne non-régénérée contient moins de sucre et manque de vitalité. De nos jours, la majeure partie des superficies jadis cultivées en canne est convertie en cultures vivrières.

### **1.1.3. - Aires de production**

La culture de la canne est présente dans diverses aires agricoles du pays, mais elle est essentiellement concentrée au niveau des plateaux et des plaines sèches ou humides. Les quatre usines sucrières qui fonctionnaient autrefois étaient la HASCO dans la plaine du Cul de

---

<sup>1</sup> Il occupait 40 % de toute la fortune coloniale et représentait 48 % du volume des exportations (DELATOUR, op.cit).

<sup>2</sup> L'usine sucrière de Darbonne rebaptisée Jean Léopold Dominique a ré-ouvert ses portes en 2002 après 15 ans de fermeture. Cette usine reste cependant sous exploitée. Elle consomme moins de 1000 tonnes de canne par jour alors qu'elle devrait en consommer 3000 tonnes.

sac, Darbonne dans la plaine de Léogane, la Centrale Dessalines dans le Sud et la centrale Citadelle dans le Nord. Ces 4 usines sucrières consommèrent ensemble 40% de la production nationale (DELATOUR, op.cit.). Durant ces dernières années, la culture a tendance à se relocaliser au niveau des zones marginales, de piedmonts et de collines (ANDAH, 1994). Ce qui, entre autres, a occasionné une baisse de rendements des cannaies (JEAN, 1999).

Les principales zones de production sont aujourd'hui le Plateau Central, la Grande Anse, l'Ouest et le Nord (RAPHAEL, 2003). Elles représentent 50% de la superficie totale actuellement cultivée (PARFAIT, 1982). De nos jours, la canne provient des zones de concentration des petits ateliers de transformation (rapadoueries, siroperies, distilleries, etc.) spécialement dans le Plateau Central (MARNDR, 1992). La superficie en canne de ce dernier est passée de 9 000 ha en 1980 (SCETT INTERNATIONAL, 1980) à 14 124 ha en 1995 (RAPHAEL, op.cit.). Ce département occupe une place importante dans la culture de la canne. Sa production représente 22.6% de la production nationale. La commune de Thomonde fait partie des quatre communes les plus pourvues en canne à sucre du Plateau Central. En effet, la canne à sucre occupe 52.7% des superficies consacrées à l'agriculture à Thomonde. Les propriétaires de moulin motorisé cultivent la canne sur 24.66% de la superficie totale (SOE, 2000).

#### **1.1.4. - Les produits manufacturés tirés de la canne**

La canne à sucre est utilisée comme matière première dans la fabrication de nombreux produits tels que l'alcool, le clairin, le sirop, le rhum, le sucre et le rapadou. Elle est principalement transformée dans le pays en trois produits qui sont le clairin, le rapadou et le sirop. Le rhum est fabriqué dans une moindre mesure. Selon les enquêtes d'IRAM<sup>1</sup>, le pays a produit pour l'année fiscale 1994-1995, 1 750 000 tonnes de canne répartie comme suit : 74% comme matière première rentrant dans la fabrication du clairin, 17% dans celle du rapadou, 3% dans celle du sirop de consommation finale, 3% dans celle du rhum et enfin 3% consommée directement comme canne de bouche. Sur cette base, la filière de canne à sucre a généré 1.278 milliard de gourdes et a procuré 1 milliard de gourdes de valeur ajoutée au PIB national. Le volume de canne produit a permis de fabriquer 15 500 000 gallons de clairin

---

<sup>1</sup> Il y a un écart de 11% entre les résultats des enquêtes d'IRAM et les données fournies par la DGI. Nous avons décidé de retenir les résultats des enquêtes d'IRAM. Puisque cette institution étatique ne tient pas compte des entreprises non enregistrées.

rapportant 600 000 000 gourdes; 850 000 gallons de sirop pour une valeur de 110 000 000 gourdes. Le rhum pour sa part, a rapporté 437. 5 millions de gourdes, la canne de bouche 12 500 000 gourdes et le rapadou 112 200 000 gourdes pour une production de 20 400 tonnes de rapadou (AGRICORP et IRAM, 1997 a).

## **1.2. - La problématique du rapadou**

Il est opportun de présenter successivement les conditions générales de production de rapadou dans le monde et celles de sa production en Haïti notamment à Thomonde.

### **1.2.1. - Le rapadou dans le monde**

Le terme «rapadou» désigne le nom haïtien actuel du sucre artisanal. Il portait le nom de “sucre de Palme” à l’époque coloniale (SUGIER, 1981). Il s’appelle “Panela” en Colombie, “Ghur” en Inde, “Siramamigasy” au Madagascar, “Moletta” en Amérique Latine et “Jaggery” en Afrique Orientale. Il se présente sous la forme d’une masse dure, de couleur miel foncé, soluble dans l’eau et contenant des cristaux de saccharose, de mélasse et de sucres invertis. Le rapadou est un sucre traditionnel, non centrifugé obtenu sans addition de produit chimique. Il n’est pas cristallisé et ne se diffère du sucre cristallisé que par l’absence de centrifugation qui permet d’extraire la mélasse de ce dernier (Voir Annexe A).

#### **A. - Historique**

La production du rapadou, partout dans le monde est une survivance artisanale des anciennes sucreries. Il s’agit d’une activité alimentée par le savoir-faire paysan à partir d’un capital initial restreint dans les Petites et Moyennes Entreprises (PME).

Dans les pays tropicaux, hormis les ateliers de mouture et de décorticage, les ateliers artisanaux (rapadou, guildives, etc.) génèrent beaucoup d’emplois. A ce titre, il convient de les protéger, de les valoriser à l’image de la Colombie qui garde 50% de la production du sucre aux ateliers artisanaux. En effet, ce pays réserve grâce aux efforts du syndicat des producteurs de panela et à l’encadrement technique de ceux-ci par CIMPA, la moitié de la production de son sucre aux artisans sucriers à condition que ces derniers produisent la panela dans des conditions hygiéniques, diversifient le produit et améliorent sa durée de conservation. A coté de ce pays, l’Inde et le Pakistan ont par des textes de lois régulé les

rapports entre les producteurs industriels et les producteurs artisanaux (LOOZEN et TELLER, 1993).

En Haïti, il n'y a aucune approche similaire. Rien n'est contrôlé. La littérature ne présente pas de données relatives à la production nationale de rapadou des 10 dernières années. Le pays ne dispose pas de statistique agricole appropriée même pour les zones réputées en production de rapadou. La décapitalisation de ces petites entreprises est quasi totale et presque aucun investissement n'a été consenti durant cette dernière décennie. Les bois durs deviennent difficiles à trouver. Les cylindres en fonte utilisés à l'époque coloniale et qui étaient enfilés sur les cylindres en bois dur ne sont plus disponibles. Les chaudières en fonte ne sont plus produites dans le pays (SPRUMONT, op.cit.).

### **B. - Technologie de fabrication**

Le rapadou est fabriqué dans plus d'une trentaine de pays dont le Pakistan, la Bolivie, le Pérou, l'Amérique Centrale, etc. Selon Prades, la fabrication du rapadou (panela) est connue en Colombie depuis 1540, date à partir de laquelle Christophe Colomb y introduisit la canne à sucre. En Colombie où la fabrication de la panela est plus ancienne, on utilise aussi bien des procédés artisanaux que des procédés semi-industriels améliorés: chauffage à la vapeur, évaporation sous vide, batterie de moulins. Ce qui fait que la taille des rapadouteries ou paneleries varie de moins d'une tonne de canne/jour à environ 40-60 tonnes/jour pour les plus grandes qui sont mécanisées (PRADES, s. d).

### **C. - Importance alimentaire et biologique**

Le rapadou est utilisé comme édulcorant dans la préparation des aliments destinés à la consommation humaine. Prades (s. d) le considère comme une confiserie qui rentre dans la torréfaction du café, la préparation du lait et des nectars de fruit. Selon AGRICORP et IRAM (1997 a), le rapadou rentre aussi dans la préparation de la douce de coco, de la tablette de pistache et de roroli et des breuvages à propriétés médicinales (thé de rapadou). On l'utilise aussi dans la préparation de la gelée de goyave.

Du point de vue chimique et biologique, le rapadou est considéré comme un produit diététique complet, riche en énergie, protéines, vitamines et sels minéraux. Par conséquent, hormis sa spécificité d'édulcorant, il sert d'aliments de base à cause de ses caractéristiques

nutritives spéciales en matière d'hydrates de carbone et de vitamines. Les sels minéraux qu'il contient lui font jouer un rôle important dans la croissance et le développement harmonieux du corps des enfants; ce à quoi le sucre blanc raffiné ne permet pas d'aboutir. Des analyses effectuées à l'Institut Ambroise de France en vue de comparer la composition du sucre artisanal (rapadou) à celle du sucre blanc raffiné montrent que la teneur du rapadou en sels minéraux est cinquante fois supérieure à celle du sucre raffiné (voir tableau de comparaison en Annexe B). En conséquence le rapadou reste un produit très important pour les populations consommant très peu de produits laitiers (le calcium qu'il contient remplace celui du lait) et joue un rôle déterminant dans la prévention de l'anémie (il contient du fer). Il est également riche en fluor qui protège les dents. Il constitue une excellente source de calories pour les athlètes et de potassium pour les hypertendus. On comprend bien pourquoi les populations rurales dont l'équilibre alimentaire est fragile doivent continuer à consommer du rapadou et pourquoi aussi, sa substitution par le sucre blanc raffiné laisse présager des conséquences néfastes sur l'équilibre nutritionnel des consommateurs des milieux ruraux (AGRICORP et IRAM, op.cit.).

#### **D. - Importance économique**

Beaucoup de pays transforment la canne en rapadou. La production mondiale fut estimée, en 1994, à 1 053 000 tonnes avec un rendement moyen de 5.5 tonnes à l'hectare (RAMOS, 1997). De grandes hétérogénéités sont, toutefois, observées entre les pays en fonction des contextes socio-économiques et technologiques dans lesquels se réalise la production. Le classement effectué par la FAO (1995) montre que l'Inde est le plus grand producteur (72% de la production mondiale), viennent ensuite la Colombie et le Pakistan avec respectivement 6,7 et 4% de la production (FAO, 1995). Haïti occupe la dixième position au niveau de ce classement avec une production de 63 tonnes pour tout le pays (Voir annexe C).

Du point de vue de la consommation, la Colombie occupe, par contre, la première place avec 25.5Kg par tête et par an; et Haïti occupe la troisième position après l'Inde avec une consommation estimée à 9Kg de rapadou par an et par tête.

### 1.2. 5. - Le rapadou en Haïti et à Thomonde

En Haïti, le rapadou est produit principalement dans le Plateau Central. Il sera présenté tour à tour, l'historique des unités de production, la technologie de fabrication et la commercialisation du produit.

#### A. - Historique des ateliers de rapadou

Depuis la libre importation du sucre en 1986, l'industrie du rapadou s'est développée un peu plus dans le Plateau Central, particulièrement à Thomonde (AGRICORP et IRAM, 1997 b). Cette activité a connu son essor vers les années 75 avec la création de plus d'une soixantaine d'ateliers. L'appui financier de l'IDAI aux propriétaires d'ateliers a permis à ces derniers d'acquérir les premiers moulins à moteur en remplacement progressif des moulins en bois à traction animale. Ce qui a permis de réduire la coupe d'arbres pour la fabrication de moulins et de pièces de moulins de rechange en bois.

L'année 1986 a été un coup dur pour les producteurs quand la maladie du charbon de la canne (*Ustilago scitaminea*) a ravagé les cannaies du plateau Central. Les marchands de Port-au-Prince, gros clients des ateliers ne venaient plus s'approvisionner en rapadou à cause des troubles socio-politiques qui minaient le pays. Les producteurs découragés ont réduit considérablement leur production. Suite à quelques efforts de sélection, deux congrégations religieuses (Petits Frères de l'Incarnation et Petites Sœurs de l'Enfant Jésus) ont pu identifier et diffuser une variété résistante à la maladie du charbon. Elles ont réussi à relancer la culture de la canne et la fabrication du rapadou dans la région. A partir de 1999, le Service Œcuménique d'entraide (SOE), bien souvent en collaboration avec l'Association des Producteurs de Rapadou de Thomonde (APRAT<sup>1</sup>) a financé des équipements et matériels plus performants en vue d'améliorer le fonctionnement des ateliers. Ce service vulgarise des chaudières neuves en acier de plus faible épaisseur (8 mm) conduisant mieux la chaleur que celles qui sont en fonte pour pallier la mauvaise transmission de la chaleur. Cependant des essais effectués avec les chaudières en acier n'auraient pas été concluants du fait que ces dernières au dire des paysans donnent un rapadou de moins bonne qualité que celui obtenu avec les chaudières en fonte. La fonte est moins bonne conductrice de la chaleur par rapport à

---

<sup>1</sup> Voir Annexe D : Fiche technique d'APRAT

l'acier mais cette mauvaise conductibilité permet de gommer les défauts d'une installation déficiente et conduite de façon rudimentaire. Alors que l'acier exige un contrôle beaucoup plus strict de température.

Des 2100 unités de fabrication de rapadou recensées sur le territoire national, 120 unités sont dotés de moulins à moteur, 1360 de moulins en bois à traction animale et 620 de moulins métallique en fer (AGRICORP et IRAM, 1997 c). 123 unités se retrouvent à Thomonde et sont réparties sur les trois sections communales de Cabral, Tierra Muscardy et Bailtourible (BERCY, 2003). Le FDI estime la production nationale du rapadou à 40 000 tonnes par an. La capacité de production d'un atelier type est estimé à 204 barres de rapadou par semaine (SOE, 2000 a). Durant la période pluvieuse la quantité obtenue par chauffe se situe entre 10 et 14 barres de 12 à 15 livres, tandis qu'en période de sécheresse, on obtient environ entre 20 à 22 barres (SOE, op.cit.). La période pluvieuse ou de soudure dure en moyenne 8 mois avec des pics de travail entre juillet et septembre. Au cours de cette période, on enregistre un taux de sucre moindre dans le vesou et on utilise plus de combustible pour une plus faible production. Ce qui explique un prix plus élevé en période pluvieuse (50-60 gourdes) contre 35-40 gourdes en période sèche. Selon AGRICORP et IRAM, op.cit a, on peut s'attendre à une amélioration difficile en terme de rendement dans la production du produit puisque les ateliers travaillent en dessous de leur capacité installée (bœufs dressés, moulins, moteurs, chaudières, et autres matériels).

D'une façon générale, les ateliers sont gérés principalement par leurs propriétaires qui sont pour la plus part du temps des hommes d'âge mur ayant en moyenne 53 ans. Ils ne sont gérés que dans 17% des cas restants par des gérants ou des ayants droit d'haïtiens vivant à l'étranger (AGRICORP et IRAM, op.cit. a). Le nombre moyen d'emplois directs créés au sein des ateliers, a été estimé par cette même source à 6 personnes/atelier avec, évidemment, une tendance en hausse pour les ateliers à moteur. Le nombre de jours de travail pour sa part, varie en fonction des besoins de l'exploitant et de la superficie emblavée en canne. Les exploitants qui valorisent moins d'un (1) carreau de canne travaillent moins d'un (1) mois par an. Ceux ayant plus de 2 carreaux peuvent travailler jusqu'à 9 mois au cours d'une année (SOE, 2000 b).

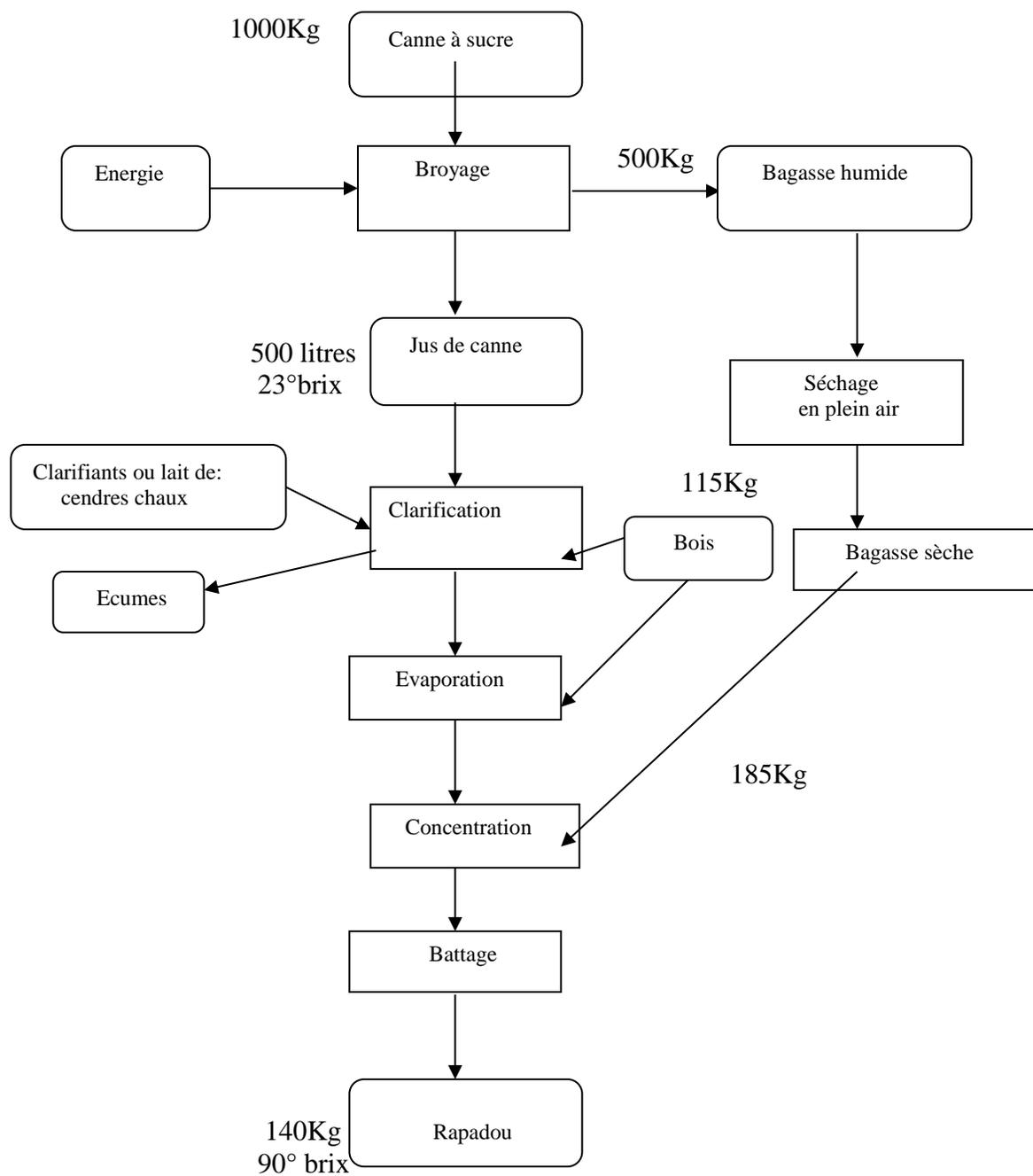
## **B. - La technologie de fabrication**

Les techniques de fabrication du rapadou à Thomonde sont à peu près les mêmes que celles utilisées au niveau mondial. Cependant, le chauffage du jus de canne se réalise dans des cuves très anciennes appelées chaudières Christophe<sup>1</sup> de forme semi-sphérique. Le rapadou s'obtient au cours d'une chauffe qui se fait dans une chaudière unique, sans transvasement, même si l'installation en comporte plusieurs. Pour éliminer les impuretés (corps flottants et terreux) qui provoqueraient des cas de fermentation, déprécieraient le produit et limiteraient sa durée de conservation, une clarification du jus est systématiquement réalisée. Le clarifiant le plus utilisé est une dilution de cendres de bois (riche en potasse et en calcium). Quelques producteurs utilisent aussi, en lieu et place des cendres, du lait de chaux.

Il semble, selon l'opinion du public, que le lait de chaux donnerait une meilleure coloration au rapadou et diminuerait la durée de conservation (AGRICORP et IRAM, op.cit c). Les différents travaux enregistrés en la matière estiment à 140 Kg par tonne de canne le rendement obtenu dans le processus de transformation. Le diagramme de flux observé lors de la fabrication du rapadou est schématisé de la façon suivante. (Fig1.) Il montre un rendement moyen de 140Kg / tonne de jus extrait de la canne.

---

<sup>1</sup>Nom donné aux chaudières en fonte provenant du Nord et qui en majorité étaient enterrées pour être préservées lors des guerres de l'Indépendance. Actuellement rare, elles ne peuvent être économiquement remplacées que par des chaudières en acier. La coulée des chaudières en fonte reviendrait trop chère au pays.



**Figure No1- Diagramme de flux de la fabrication du rapadou**  
**Source : Agricorp/Iram, 1997 ; Taquet, 1997<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Les valeurs chiffrées sont sujettes à variation selon la richesse en sucre de la canne, sa variété, sa date de récolte, le réglage des moulins et le tour de main de l'opérateur.

### **C. - La commercialisation du produit**

En Haïti et particulièrement au Plateau Central, les grossistes achètent 80% de la production directement aux ateliers de rapadou, mais la commercialisation se fait à travers deux grands marchés: un marché principal qui fonctionne tous les jeudis et un marché secondaire situé à Casse (10Km de Thomonde). Par le marché de Casse, le rapadou (moins de 5% de la production) est exporté en République Dominicaine (AGRICORP et IRAM, 1997), mais une quantité appréciable se vend sur le marché de Port-au-Prince. Dans la filière de commercialisation, on dénote donc deux circuits principaux :

- Un circuit court où les consommateurs achètent directement chez les producteurs de rapadou. Dans ce circuit, le producteur perçoit environ 99% des recettes de la commercialisation.
- Un circuit long plus répandu dans la zone faisant intervenir une chaîne d'intermédiaires s'interférant entre le consommateur et le producteur. Ce qui ne fait que réduire la marge du revenu de ces derniers. Ainsi, dans la structure de la commercialisation du revenu, Raphaël (2003) a rapporté que : 52% du revenu de la commercialisation reviennent aux producteurs, 17% aux grossistes et 30% aux détaillants. D'autres enquêtes de terrain rapportent aussi la pratique courante de l'échange de riz, sous forme de troc, par les marchands venus de l'Artibonite contre du rapadou (AGRICORP et IRAM, op.cit. d).

### **1.3.- La problématique de l'utilisation de la bagasse**

La bagasse est le résidu du pressage au moulin de la canne à sucre. C'est la fibre qui subsiste de cette dernière après extraction du jus trouble sucré. Quand un dernier pressage s'adjoit au système de broyage, certains auteurs, parlent de mégasse en lieu et place de bagasse (GUERRIN, 1986). La bagasse peut se présenter sous différentes formes : forme de balles (par pressage), forme de briquettes (par densification) et formes de boules (par pelletisation). 100 Kg de canne peuvent donner 23-30 Kg de bagasse (SAINT-CLAIR, 1989).

### **1.3.1. - Principales caractéristiques de la bagasse**

Il est utile de souligner les principales caractéristiques physiques et chimiques de la bagasse.

#### **A. - Caractéristiques physiques**

La bagasse renferme 40-46% de fibres, 6-8% de solutés principalement de sucre et 48-50% d'humidité. Dans cette structure, les fibres se révèlent très importantes, puisque, constituée de cellulose, elles contiennent une grande quantité de carbone, source d'une assez grande quantité de chaleur. Dans la canne, le pourcentage de ligneux fluctue entre 10-15.5% et se révèle inférieur à celui de la bagasse normale estimée à 50%. Cette quantité reste toutefois inférieure à celle enregistrée à Cuba (60-66% de fibres) (MINISTERIO DEL AZUCAR, 1996).

Dans les centrales sucrières importantes, on adopte soit le système de diffusion soit le système d'imbibition en vue d'extraire le maximum de sucre possible de la canne. A la sortie des broyeurs ou des batteries de moulins, on obtient une bagasse renfermant entre 45-50% d'humidité. Elle dépasse 54% lorsque les moulins sont en mauvais état. Un taux d'humidité inférieur à 40% dans ce cas, est qualifié d'exceptionnel par Guerrin (1986). L'humidité standard adoptée est de 48%.

Dans les centres artisanaux, la bagasse obtenue à la sortie du moulin peut contenir dans le meilleur des cas moins de 30% d'humidité (LOOZEN, 1996). Lorsque les moulins sont usés et mal gérés, la bagasse peut contenir jusqu'à 70% d'humidité. En Haïti, le BME avait révélé que le taux d'humidité de la bagasse à la sortie des moulins était de 62.5% (BME, 1987). 10 ans plus tard, le FDI a indiqué 48 à 66% d'humidité (FDI, 1997). Sprumont et Taquet ont mesuré en 1996 des taux d'extraction médiocre de vesou de l'ordre de 26-28% sur des moulins à canne en bois du Plateau Central après 2 passages successifs (SPRUMONT, 2004). Sachant qu'il existe une relation étroite entre le taux d'extraction du vesou et le taux d'humidité de la bagasse à la sortie des moulins, on peut déclarer sur la base de ces recherches

que le taux d'extraction du vesou des moulins à canne de ce département est médiocre<sup>1</sup> et qu'un bon séchage est nécessaire à la bagasse pour diminuer son taux d'humidité.

Le pouvoir calorifique inférieur de la bagasse varie négativement avec le taux d'humidité. Selon « El Ministerio del Azucar » (1996), le pouvoir calorifique inférieur de la bagasse baisse avec l'augmentation du taux d'humidité puisqu'une partie de la chaleur produite lors de la combustion doit servir à l'évaporation de l'eau.

La bagasse accuse une densité de 100-140 Kg/m<sup>3</sup> à la sortie des moulins (MINISTERIO DEL AZUCAR, op. cit.). Mais la densité apparente varie suivant que la bagasse est tassée par empilage ou en vrac (sans tassage). Dans ce cas, elle se situe entre 120-200Kg/m<sup>3</sup> et est considérée comme faible (GUERRIN, 1986). Le BME a évalué la densité apparente de la bagasse à 144Kg/m<sup>3</sup> (BME, 1987). L'emballage des balles permet d'abaisser le taux d'humidité jusqu'à 25 et même 20%. Mais de par son caractère hygroscopique, elle a tendance à s'imprégner de l'humidité de son environnement. Son pouvoir d'absorption est de 5-10 fois son poids sec. Ainsi compris, la bagasse même sèche, abandonnée à l'air libre, absorbe de l'humidité, fermente, pourrit et perd une grande partie de sa valeur, même celle de combustible (GUERRIN, op.cit).

Il vaut mieux alors, à défaut de bagasserie, conserver la bagasse sous un hangar. Dans les régions à forte pluviosité comme Thomonde<sup>2</sup>, la bagasse ne peut rester sans couverture. Dans le cas où, il n'existe aucune structure de conservation, on recommande de conserver la bagasse sous forme de tas de façon à former une meule conique, ou sous forme d'un toit à feuilles de cannes séchées, allongées et superposées comme des ardoises dans le sens de la pente (GUERRIN, op. cit.).

Ainsi, pour une économie d'espace de stockage de la bagasse, on peut utiliser soit des presses à balles soit des presses à briquettes. Ce qui réclame capital et énergie pour compresser la bagasse. Après plusieurs mois de stockage, la bagasse pressée perd une bonne partie de son humidité et vient se stabiliser à 25% d'humidité. Les meilleurs résultats obtenus

---

<sup>1</sup> Un taux d'extraction du vesou inférieur à 50% est qualifié de médiocre par Roger LOOZEN.

<sup>2</sup>La pluviométrie enregistrée à Thomonde au cours des périodes pluvieuses est de 1500 à 2000 mm /an (SMN, 2001).

avec la bagasse dans la fabrication de brique se situent entre 7-8% d'humidité (VAN MASSENHOVE, 1997). Ceci ne représente pas vraiment un intérêt économique pour Haïti caractérisé par un monde rural souvent en décapitalisation.

## **B. - Caractéristiques chimiques**

La composition chimique de la bagasse n'est pas stable. Elle renferme d'une façon générale 43-49% de carbone, 5-7.5% d'hydrogène, 43-49% d'oxygène, 0.9-2.5% de cendre (récolte manuelle) ou 2.2-5% (récolte mécanique). Des auteurs cités par Guérin (Op.cit) comme N DEERR, TROMP, DAVIES avancent d'une façon générale les résultats suivants en regard de la composition chimique moyenne de la bagasse sèche: C : 47%, H : 6.5%, O : 44%, et 2.5% d'impuretés. Ces caractéristiques combinées aux propriétés physiques font de la bagasse un produit à pouvoir calorifique fort comparativement à d'autres ligneux.

La bagasse a un pouvoir calorifique supérieur à celui du charbon de mauvaise qualité mais inférieur à celui des combustibles fossiles liquides. Le pouvoir calorifique de la bagasse à 50% d'humidité se situe entre 1800-1900 Kcal (MINISTERE DE LA COOPERATION, 1993) et est inférieur à celui du bois (3400Kcal), mais amplement suffisant pour assurer la cuisson du rapadou. Cependant ce pouvoir calorifique pris à 0% d'humidité (4600 Kcal/Kg) se révèle supérieur à celui du bois et du charbon de bois (MINISTERIO DEL AZUCAR, 1996). Selon Saint-Clair, la valeur calorifique de la bagasse humide correspond à environ ¼ de celle du charbon et à 1/6 de celle de l'huile de chauffage (SAINT-CLAIR, 1989).

L'incinération de la bagasse permet de générer de la chaleur, de l'énergie mécanique et éventuellement de l'électricité. Le CO<sub>2</sub> rejeté au cours de la combustion des fibres est réabsorbé par les végétaux pour leur croissance. Le carbone dégagé n'est pas ajouté à celui déjà contenu dans la biosphère. La réabsorption n'est pas assurée si la bagasse n'est pas incinérée, le carbone sera de préférence transformé en carbone fossile non renouvelable. La combustion de la bagasse permet ainsi d'éviter la mise en circulation du carbone fossile dans la biosphère. Elle produit également très peu de cendres et seulement des traces de soufre. Cependant une combustion incomplète de la bagasse (teneur en eau supérieure à 50%) se traduit par une augmentation des émissions de cendres volantes et de particules de carbone.

Moins polluante que les produits pétroliers et 5 fois moins que le charbon, la bagasse représente une source d'«énergie verte» naturelle et renouvelable (JEAN, op.cit).

Pour pouvoir brûler correctement dans les fourneaux traditionnels, il faut que le taux d'humidité de la bagasse soit inférieur à 30%; ce qui représente une durée de séchage comprise entre 20 et 40 jours (LOOZEN, 1995). La durée exacte de séchage dépend de la hauteur du tas, des conditions climatiques de stockage et de l'humidité de la bagasse à la sortie du moulin. D'autres informations pertinentes relatives aux fondements théoriques de la combustion de la bagasse se retrouvent en annexe E.

### **1.3.2. - Les diverses utilisations de la bagasse**

La bagasse est utilisée comme matière première pour la fabrication de panneaux utilisés dans la construction, pour la fabrication de pâte à papier, de matière plastique ou de solvants industriels (GUERRIN, 1986). Elle sert de litière dans l'élevage des volailles. Mélangée (à la mélasse et) aux écumes, elle sert de compost pour améliorer la texture du sol. Elle rentre aussi dans la préparation d'aliments pour le bétail. Dans ce cas, pour augmenter la digestibilité de la cellulose, il est recommandé de la traiter avec de la soude caustique (SAINT-CLAIR, op. cit.). On peut la traiter aussi avec de l'urée pour augmenter sa digestibilité et sa teneur en protéine.

Dans les activités agricoles et industrielles, elle protège contre la sécheresse des plantules, elle sert de paillis pour le drainage et de combustible pour la production de chaleur et d'électricité (DUROSIER, 1979). Cette dernière utilisation fournit un exemple de production d'électricité à partir de la biomasse. En Guadeloupe par exemple, les centrales thermiques bagasse-charbon fonctionnent durant plusieurs mois par an avec de la bagasse (campagne sucrière) et le reste du temps avec du charbon importé. La vapeur générée est utilisée pour la production de l'électricité puis pour l'élaboration du sucre (OSERVATOIRE DE L'ENERGIE, 2002). A Cuba, la bagasse est utilisée dans la fabrication de meubles bon marché et des panneaux de particules servant à faire des cloisons légères.

### 1.3.3. - Gestion de la bagasse en Haïti

En Haïti, la bagasse est produite par les usines sucrières modernes et les unités artisanales traditionnelles. Elle reste sous exploitée au niveau des activités commerciales et industrielles. Selon le Bureau des Mines et de l'Énergie, la bagasse représente la plus importante ressource énergétique renouvelable excédentaire du pays (BME, 1987). Cette institution a recensé en 1985 au niveau des moulins et guildives environ 150 000 tonnes de bagasse (à 50% d'humidité) non utilisées, soit 50% de la production totale de bagasse à travers le pays (BME, op.cit.). Selon Agricorp/Iram l'excès de bagasse non utilisée représente 50 à plus de 80% de la bagasse générée par les moulins (AGRICORP et IRAM, 1997).

L'usine sucrière de Darbonne utilise le système d'imbibition. Elle dispose 5 moulins dont 3 sont actuellement en fonctionnement. Cette usine récupère la vapeur de la bagasse produite pour actionner ses moulins et équipements utilisés lors de la production du sucre et du sirop. Elle la valorise non seulement pour satisfaire ses besoins en électricité pour sa propre consommation mais également pour fournir de l'électricité à l'EDH qui se charge de la distribuer à toute la zone de Darbonne. La compagnie "Rhum Barbancourt" utilise en partie la bagasse produite pour mouvoir ses moulins et amender les sols. Cependant la plus grande portion de la bagasse obtenue reste non utilisée. Par ailleurs, André Dallaire (1987) a expérimenté une unité de compactage de bagasse en brique, avec ajout d'amidon comme agglomérant à Santo 11. Mais, tous les essais réalisés aussi bien au niveau de l'EDH que dans les dry cleaners restent jusqu'à date au stade expérimental.

D'une façon générale, l'usine sucrière de Darbonne constitue la seule entreprise du pays qui valorise mieux la bagasse comme combustible. Malgré cela, on observe sur la cour de l'usine des tas de tonnes de bagasse non utilisées.

La faible consommation de la bagasse fait augmenter la quantité de bois utilisée dans les entreprises de transformation de la canne à sucre, laquelle est évaluée à 74% (BME, 1998). La pression exercée sur les ressources ligneuses explique la consommation accrue de bois de feu au niveau national. Cette consommation représente aujourd'hui 76% du total de l'énergie utilisée dans le pays, il y a une dizaine d'années (BME, 1998). Une bonne gestion de la bagasse pourrait, en effet, contribuer à réduire la pression exercée sur les ressources en bois devenues rares.

## CHAPITRE II - MATERIELS & METHODES

La présente étude est rendue possible grâce à l'utilisation des matériels et méthodes ci/après définis.

### 2.1. - Localisation de l'étude

Cette étude a été réalisée dans la commune de Thomonde qui est bornée au Nord par Hinche, au Sud par Lascahobas, à l'Est par Thomassique ou Cerca la Source et à l'Ouest par la commune de Boucan Carré. En témoigne la carte géographique du département du Centre présentée à la page suivante présente. Sa superficie est de 261Km<sup>2</sup> pour plus de 33 000 habitants (IHSI, 1998). La commune a la forme d'une cuvette entourée de plusieurs chaînes de montagnes. C'est une région très réputée pour les activités de fabrication du rapadou. Le village de Thomonde qui est le chef-lieu de la commune est situé à 92 Km de Port-au-Prince et à 10 Km de la ville de Hinche, chef-lieu du département du Centre. Cette commune bénéficie d'une pluviométrie moyenne annuelle de 1 500 mm. Toutefois, on n'a pas retrouvé dans les annuaires hydrologiques du Service National des Ressources en Eau des données appropriées sur l'humidité de l'air.

### 2.2. - Hypothèses de travail

Les hypothèses retenues dans le cadre de ce travail sont ainsi formulées:

*H<sub>1</sub>: La sous utilisation de la bagasse est due à l'usage de foyers et/ou de chaudières inadaptés à la combustion de celle-ci.*

*H<sub>2</sub>: La sous utilisation de la bagasse est due au fait que son taux d'humidité est supérieur à la valeur requise pour une combustion efficace.*

*H<sub>3</sub>: Les exploitants ne peuvent moderniser leur atelier parce qu'ils n'ont pas accès au crédit.*

La première hypothèse portant sur l'utilisation de foyers et ou de chaudières adaptés à la combustion de la bagasse a été choisie en raison du fait que la conception du foyer

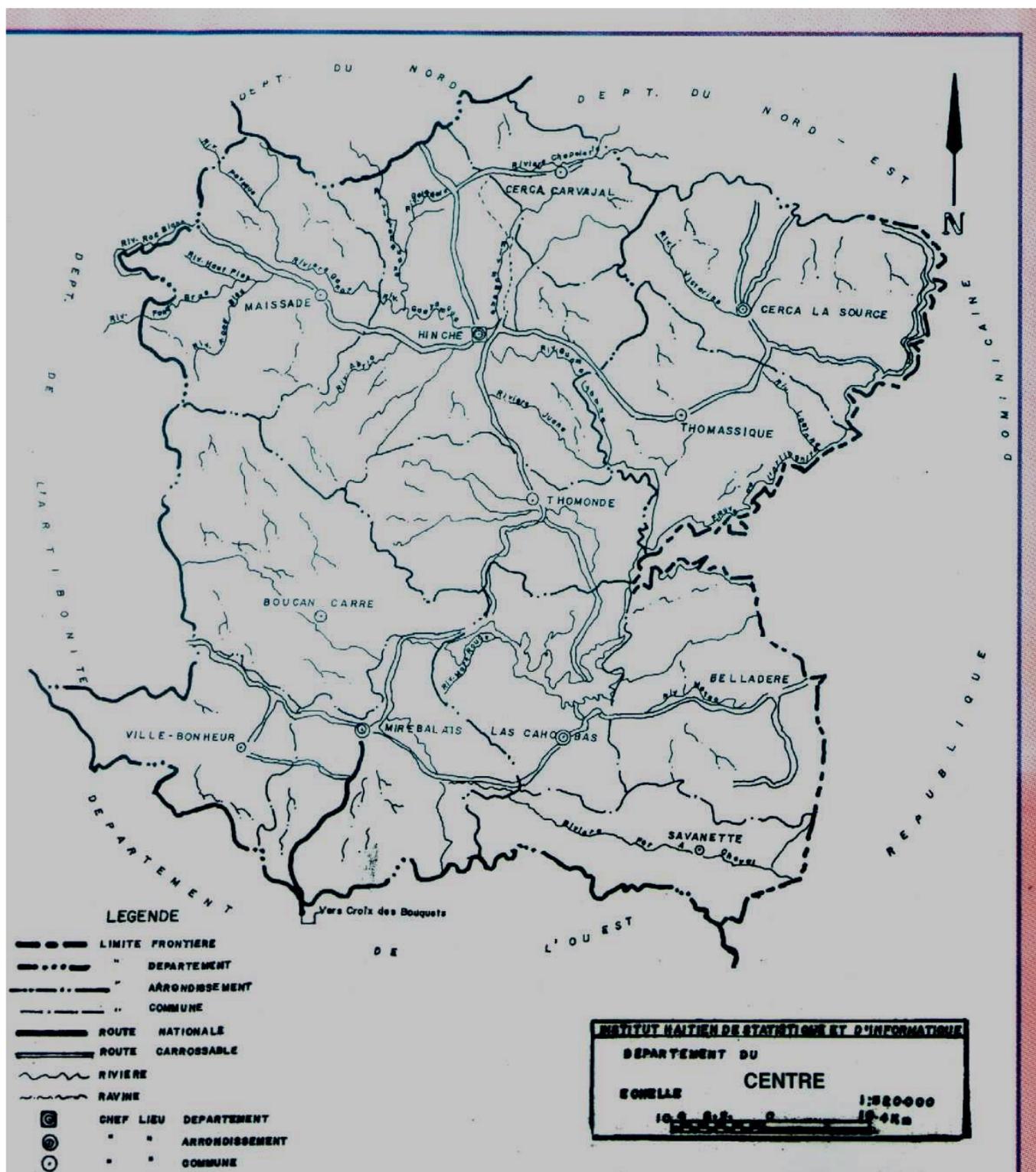


Figure No 2 : Carte géographique du département du centre présentant Thomonde

(présence de grille, de cendrier, de cheminée, de bouche d'aération, de porte pivotante et de matériaux de construction du fourneau) et la nature du matériau utilisé dans la fabrication des chaudières (fonte, acier, cuivre ou aluminium) peuvent influencer la bonne ou mauvaise transmission de la chaleur et de l'énergie et subséquemment la consommation du combustible.

La seconde hypothèse portant sur le taux d'humidité de la bagasse a été choisie du fait que l'humidité exerce une certaine influence sur sa combustion.

Enfin, la troisième hypothèse portant sur l'accès au crédit des exploitants a été retenue en raison du fait que la faiblesse de l'épargne familiale peut constituer un obstacle à l'investissement nécessaire à la modernisation des ateliers.

### **2.3. - Enquête de terrain**

L'enquête de terrain s'est déroulée en deux étapes successives: une étape exploratoire et une étape approfondie.

#### **2.3.1. - Enquête exploratoire**

L'étape exploratoire a permis de s'informer des conditions générales de fonctionnement des ateliers de rapadou : historique des ateliers de rapadou de Thomonde, intervenants dans le secteur, problèmes rencontrés, catégorisation des ateliers. Des entretiens ont été conduits avec des cadres de COSODEV, SOE, l'APRAT, WORLD VISION, des propriétaires d'ateliers et des opérateurs de moulin vivant dans la zone afin de mieux comprendre les réalités du terrain. Elle a permis aussi de savoir qu'il existe un seul et unique atelier moderne dans la zone, lequel a été retenu d'office comme élément d'échantillonnage.

#### **2.3.2. - Enquête approfondie**

Le questionnaire d'enquête approfondie comprend six (6) séries de questions relatives à la présentation et la caractérisation des ateliers de rapadou de Thomonde, la caractérisation

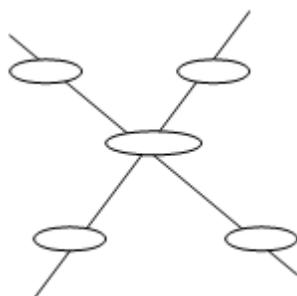
des fourneaux et foyers de chauffe, celle des chaudières ; aux combustibles utilisés, à l'assistance technique et aux conditions d'octroi du crédit de production.

L'enquête approfondie a porté sur un total de 13 ateliers choisis au hasard sur une liste prédéterminée de 123 unités. Ce qui représente 10% à 30% de la population totale d'ateliers de rapadou de Thomonde selon que ces derniers soient en activité ou pas.

#### **2.4. - Test d'humidité de la bagasse**

Pour effectuer le test d'humidité, des échantillons de bagasse ont été collectés dans 6 ateliers de rapadou choisis aléatoirement dont deux strates à raison de 3 ateliers dotés de moulins en bois à traction animale et 3 autres de moulins à moteur. Le type de moulin métallique à traction animale n'est pas retenu puisqu'il n'existe qu'un seul type de ce genre à Thomonde au moment du déroulement des enquêtes et expérimentations.

Dans chacun de ces ateliers, nous avons trouvé un tas de bagasse prêt à être utilisé. Nous avons pris le soin de tracer deux diagonales imaginaires sur chacun des six tas de bagasse de manière à prélever cinq échantillons à des endroits différents tels que 2 à la surface, 1 au milieu, et 2 autres à la base.



Soient un total de 30 échantillons de bagasse à raison de 5 échantillons/atelier. Chacun d'eux a été déposé dans un sac en plastique avec un code d'identification approprié.

Le dispositif expérimental des 30 échantillons de bagasse collectés dans les ateliers de rapadou de Thomonde se présente comme suit.

Ateliers	Échantillons				
	1	2	3	4	5
A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
B	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>
C	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>
D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>
E	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>
F	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>

### 2.4.1. - Test d'humidité au soleil

Le contenu des 30 sacs a été séché au soleil sur la cour du presbytère de l'Église Catholique de Thomonde et pesé en chaque fin d'après-midi. L'expérimentation a duré 22 jours dont 15 sur le terrain lors de la prise des échantillons et du séchage au soleil. Le séchage au soleil proprement dit a duré 7 jours correspondant à la période à la fin de laquelle on a observé un poids stable après un certain nombre de séchages successifs au soleil.

### 2.4.2. - Test d'humidité au laboratoire

Dans chacun des sacs de bagasse préalablement hachée en petits morceaux, nous avons prélevé un échantillon de 100g. Puisque nous avons pris 5 sacs de bagasse par atelier de rapadou. Soit un prélèvement de  $100g * 5 = 500 g/atelier$ . Nous avons pris soin de bien les mélanger de telle sorte qu'on soit en mesure de tirer de ce mélange un échantillon de 100g homogène et représentatif. Ceci a été effectué pour chaque atelier de manière séparée et de la façon suivante :

- 1 échantillon au 1<sup>er</sup> matin
- 1 au premier soir après séchage
- 1 au 2<sup>ème</sup> soir après séchage
- 1 au 3<sup>ème</sup> soir après séchage
- Ainsi de suite jusqu'au 6<sup>ème</sup> soir.

Ce qui procure un échantillonnage de 7 échantillons de bagasse par atelier de rapadou. Le même échantillonnage est répété pour les 6 ateliers expérimentés. Ce qui donne un total de 42 échantillons de bagasse. Ces derniers collectés à Thomonde ont été transportés à Port-au-

Prince dans des sachets en polyéthylène (en vue de conserver leur taux d'humidité) et analysés au laboratoire du Bureau des Mines et de l'Énergie. Chaque échantillon de bagasse a été pesé avant et après séchage au four dans une balance type METTLER AE 100, très sensible, protégée par 4 vitres pour éviter toute variation de poids due au milieu externe. Les 42 échantillons sont déposés pendant 24 heures dans 2 fours à étuves : IMPERIA Iv de OVEN Laboratory et BLUE M, contrôlés par des thermostats réglés à 70°C. Une fois retirée des fours, ils sont mis dans 4 dessiccateurs le temps de se refroidir. Ces 42 échantillons collectés et testés au laboratoire du BME ont permis d'effectuer le test d'humidité au labo sur base sèche et sur base humide.

## 2.5. - Traitements des données

La saisie des données est effectuée avec l'aide des fonctions statistiques du logiciel Microsoft Excel. Dans le cas de la deuxième hypothèse, la moyenne et l'écart type de l'échantillon choisi ont été calculés en vue de déterminer le taux d'humidité moyen de la bagasse utilisée dans les ateliers de rapadou de Thomnonde et la marge d'erreur susceptible d'influencer les résultats trouvés.

Pour traiter les données collectées sur le terrain, des calculs de taux d'humidité sur base sèche et sur base humide ont été effectués en utilisant les formules suivantes:

$$H = \frac{P_0 - P}{P_0} \quad (\text{base poids humide})$$

$$H_1 = \frac{P_0 - P}{P} \quad (\text{base poids sec})$$

$H$  = Humidité

$P_0$  = Poids avant séchage

$P$  = Poids après séchage

Le taux moyen d'humidité de la bagasse brûlée dans ces ateliers est déterminé comme suit:

$$P = \sum P_i / 6$$

## CHAPITRE III – RESULTATS & DISCUSSIONS

Le chapitre réservé aux résultats et discussions se divise en trois parties. La première partie décrit et caractérise les ateliers de rapadou par rapport au processus de combustion de la bagasse. La seconde partie montre les résultats des tests d'humidité de la bagasse et la troisième analyse les conditions d'accès au crédit.

### 3.1. - Présentation & Caractérisation des ateliers de rapadou de Thomonde

Les ateliers de rapadou sont caractérisés d'un côté par des traits communs et de l'autre par de notables différences au niveau technologique.

#### 3.1.1. - Caractéristiques communes des ateliers de rapadou

Les ateliers de rapadou sont généralement établis sur une superficie évaluée entre 50 et 100 m<sup>2</sup>, au centre des plantations de canne pour limiter le coût de transport du champ au moulin. Ils ne disposent pas de service sanitaire, ni de toilette et encore moins d'eau courante. Il s'agit d'un hangar dépourvu de mur, bien ventilé où l'air circule sans aucune contrainte. On y retrouve deux endroits distincts: un premier servant à loger le moulin et un second le fourneau et les bacs de battage.

Ces deux structures sont généralement espacées de 2 à 4 m l'une de l'autre. L'espace réservé au moulin occupe en moyenne 30 m<sup>2</sup> de surface. Il est recouvert de "taches de palmistes" (cas de moulin en bois à traction animale) ou de tôle (cas de moulin métallique ou motorisé). Les ateliers de rapadou possèdent un dépôt dont les murs sont en écorce de palmiste pour stocker les caillettes, les barres de rapadou et autres outillages (écumoire, palettes, cuit dressé, spatule, etc.). Ceux qui sont motorisés contiennent parfois un dépôt supplémentaire servant à la protection du moteur. D'une façon générale, tous les ateliers possèdent au moins un abaque, une planchette, et autres accessoires de cuisson. La figure suivante présente un atelier de rapadou de Thomonde en pleine activité.



**Figure No 3: Prise de vue d'un atelier de rapadou de Thomonde, décembre 2003**

Cette figure montre un atelier de rapadou de Thomonde doté de 2 fourneaux mono cuves dépourvus de grille et de cheminée. On remarque en haut et à gauche de la photo, un seau en plastique servant au transport du vesou du moulin aux chaudières, de la bagasse par terre et sur le muret en béton du moulin à moteur. Plus loin, un travailleur accroupi retirant le miel concentré d'un abaque pour le mettre dans des cuits dressés. Ce qui facilite la tâche d'un autre travailleur debout versant le contenu de ces cuits dans des caillettes de rapadou disposées sur une planchette. Encore plus loin, se tenait l'opérateur de la chauffe en cours réalisant la clarification à l'aide d'une écumoire. Il s'agit bien d'un atelier de fabrication de rapadou en pleine activité. Cet atelier vient de réaliser une chauffe pendant qu'une autre est en préparation. Cet atelier achète ordinairement le service de 6 travailleurs sans compter celui des coupeurs et des transporteurs de canne à sucre. Il constitue une source d'emplois et de revenus non négligeables dans un monde rural souvent caractérisé par une carence d'activités économiques susceptibles de retenir les habitants chez eux.

### **3.1.2. - Caractéristiques différentes des ateliers de rapadou**

Le niveau de technologie des ateliers de rapadou peut être apprécié de deux façons : ou bien selon la qualité de l'équipement installé et/ou selon le type de combustible utilisé.

#### **A. - Catégorisation selon l'équipement installé**

Suivant la qualité de l'équipement installé, les ateliers de rapadou se divisent en trois types:

- **Les ateliers de type 1 ou ateliers modernes** sont ceux qui disposent d'une chambre de combustion composée de grilles et de cendrier; d'une grande cheminée; de moulin métallique motorisé et de cuves en acier inoxydable.
- **Les ateliers de type 2 ou ateliers améliorés** désignent ceux qui sont dotés d'une chambre de combustion à grilles et cendrier; d'une petite cheminée, de moulins métalliques à traction animale ou à moteur et de cuves en acier et / ou en fonte.
- **Les ateliers de type 3 ou ateliers traditionnels** désignent ceux qui disposent d'une chambre de combustion dépourvue de grille et de cendrier, des moulins en bois à traction

animale et des cuves en fonte. Ils sont privés de cheminée. Le tableau No 1 résume la situation précédemment décrite.

**Tableau No 1 - Présentation succincte des ateliers de rapadou en fonction de leur niveau de technologie**

<b>Ateliers</b>	<b>Fourneaux</b>	<b>Moulins</b>	<b>Cuves</b>
Modernes (1)	Grille, cendrier et grande cheminée	Métallique motorisé	Acier inoxydable
Améliorés (2)	Grille, cendrier et petite cheminée	Métallique à traction animale ou à moteur	Acier et/ou fonte
Traditionnels (3)	Ni grille, ni cendrier, ni cheminée	Bois à traction animale	En fonte

Conformément à la description et au résumé du tableau No1, les ateliers de fabrication de rapadou existant à Thomonde sont classés en trois types. Les ateliers modernes ou de type 1 sont les mieux équipés et se révèlent les plus performants en terme de rendement et de durée de cuisson d'une chauffe de rapadou. Les ateliers de type 2 renferment un ou plusieurs équipements et matériels qui peuvent se révéler performants. Les ateliers traditionnels sont les moins pourvus et renferment les équipements et matériels non performants. Leurs équipements sont rudimentaires et datent de plus de 10 ans de service.

Cette classification est relative tenant compte de la qualité et de la quantité d'équipements et/ou de matériels utilisés dans des ateliers de fabrication de rapadou similaires en Inde et en Colombie et aussi de la description d'un atelier de fabrication idéale de rapadou. On remarque que même l'atelier de SOE dit "moderne" ne remplit pas tous les critères d'un atelier de fabrication de rapadou idéal. En témoigne l'annexe F qui présente la description d'un atelier idéal de fabrication de rapadou. Cette classification a néanmoins permis une meilleure catégorisation et une analyse des ateliers de rapadou de Thomonde. Le tableau No 2 présente alors la distribution des ateliers de rapadou enquêtés selon leur niveau de technologie.

**Tableau No 2 - Catégorisation des ateliers de rapadou de Thomonde d'après leur niveau de technologie**

Ateliers	Quantité	%
Moderne (1)	1	7.7
Améliorés (2)	5	38.5
Traditionnels (3)	7	53.8
Total	13	100.0

Les enquêtes ont révélé qu'il n'existe, de fait, qu'un seul atelier de rapadou moderne (Ce qui représente 7.7% du total des ateliers enquêtés), 5 ateliers améliorés ou 38.5% du total et 7 ateliers traditionnels ou 53.8% du total. Il convient de remarquer que le fourneau de l'atelier moderne est de type multi cuves. Tous les autres fourneaux rencontrés sont de type mono cuve. Ces derniers consomment beaucoup de bois et en font une utilisation irrationnelle. Ils ne permettent en aucun cas de maximiser le rendement thermique. Puisqu'il leur faut plus d'énergie calorifique pour chauffer le vesou. Il est techniquement réalisable d'économiser plus de calories produites lors de la combustion de la bagasse dans un fourneau multi cuves disposées en série et de régler ces dernières à des températures décroissantes en partant de la cuve située au-dessus de la chambre de combustion jusqu'à celle qui est fixée à la proximité de la cheminée. Ce qui est difficilement réalisable avec des fourneaux mono cuves.

La chambre foyère des fourneaux mono cuves est construite de roche, de sable, de la terre (tuf et argile) et de très peu ou pas de ciment. En plus des matériaux pré-cités, celle de l'atelier moderne de SOE est construite de briques, matériaux réfractaires, détenant la capacité de résister à la chaleur et de l'accumuler. Les fourneaux rencontrés à Thomonde excepté celui de l'atelier moderne jusqu'à date font face au décèlement du foyer assimilé à la tombée des roches (Voir en annexe G une prise de vue d'un fourneau décelé de Thomonde). L'explication scientifique de ce problème est que les matériaux de fabrication du four et de la chaudière ont des coefficients de dilatation différents et qu'aucun raccordement entre eux n'a été objet d'étude et de réalisation par de spécialistes en la matière (n'existant pas à Thomonde) en vue d'augmenter leur consolidation. Cet état de fait est aggravé par des fourneaux construits avec très peu ou pas de liants capables de retenir les matériaux de construction pendant une période suffisamment longue. Sans oublier que les successions de chauffe (dilatation) et de refroidissement (contraction) (provoquant des pertes massives de chaleur), accentuent le

déséquilibre de ces matériaux. Cette situation pourrait être corrigée si à chaque chauffe, on réalise un travail de rebouchage des fentes avec des potées d'argile à peine humidifiée.

La chambre foyère est d'ailleurs, mal entretenue. Souvent, on enlève la cendre soit après une semaine de fonctionnement soit après 3-5 chaufes de rapadou. Cette situation est valable même pour les fourneaux dépourvus de grille et de cendrier.

Tous les fourneaux existant à Thomonde sont dépourvus de porte pivotante capable de fermer et de s'ouvrir à volonté. L'air s'engouffre avec la bagasse par un orifice restant grand ouvert. Ce qui ne fait qu'augmenter les pertes de chaleur en raison de l'absence de possibilité de réglage de l'air. Loozen (1996) a enregistré un rendement moyen de 18% dans des fourneaux traditionnels. Ainsi, toute amélioration des fourneaux en terme de conservation de la chaleur et de l'énergie passerait indubitablement par l'application de 2 portes : une devant l'ouverture circulaire de la bouche d'enfournement de combustible et une autre devant le cendrier munie de réglage destiné au contrôle de l'air. Et aussi par l'application d'un registre de contrôle au niveau de la cheminée pour contrôler le feu.

Trois types de chaudière sont trouvés dans les ateliers de rapadou. Il s'agit de chaudières en fonte, en acier et en acier inoxydable. Les chaudières en fonte proviennent en majorité des installations coloniales jadis situées dans le département du Nord. D'où leur nom de chaudières Christophe. 81.8% des chaudières sont de forme semi-sphérique<sup>1</sup> avec un diamètre moyen variant de 1 à 1.50 m. Leur capacité moyenne est de 250 à 600 litres. Les chaudières en acier inoxydable sont de forme trapézoïdale.

## **B. - Catégorisation selon le type de combustible utilisé**

Les ateliers de rapadou peuvent être classés également selon le mode d'utilisation du combustible nécessaire.

- **Les ateliers modernes** ne consomment que la bagasse pour fabriquer le rapadou. Lors de la conduite d'une chauffe de rapadou, l'exploitant utilise 40 à 50 paquets de bagasse. Ces ateliers présentent des possibilités de maximisation du rendement thermique de la bagasse.

---

<sup>1</sup> Voir en annexe H la photo d'une chaudière majoritairement utilisée.

● **Les ateliers améliorés** utilisent le bois et la bagasse dans des proportions variables. Leurs exploitants fournissent aux cuves utilisées (généralement en fonte ou en acier de 8 à 15mm d'épaisseur) une à 3 charges de bois et 20 à 25 paquets de bagasse par chauffe. Ils valorisent la bagasse entre 30-50%.

● **Les ateliers traditionnels** abritent une ou 2 chaudières Christophe qui utilisent seulement le bois ou un mélange de bois et de bagasse. Ces ateliers consomment 2 à 5 charges de bois et moins de 20 paquets de bagasse. Ils valorisent la bagasse à moins de 30%. Contrairement à la théorie de consommation en énergie, les ateliers non performants utilisent aussi de la bagasse<sup>1</sup> mais le rendement est moindre que celui observé dans les ateliers améliorés.

En résumé, 7.7% des ateliers valorisent la bagasse à 100%, 92.3% utilisent un mélange de bois et de bagasse. Les ateliers dont les fourneaux sont munis de grilles consomment moins de combustible en particulier de bois que ceux qui en sont dépourvus. Ainsi compris, la nature des chaudières et l'utilisation de fourneaux mal conçus et non adaptés à la combustion de la bagasse (absence de grille, de cheminée, de portes d'enfournement et d'isolant thermique) constituent des contraintes à une bonne valorisation des fibres de cannes dont le pouvoir calorifique se révèle déjà inférieur à celui du bois.

Plusieurs espèces de bois sont utilisées: manguier (*Mangifera indica*), campêche (*Haematoxylum campechianum L.*), casse marron (*Cassia spectabilis D.C.* ou *Senna Spectabilis (D.C)* ou Casse du Siam : *Cassia Siamea Lam.* ou *Senna Siamea*), bayahonde (*Prosopis juliflora* ou *Proposis pallida*), bois d'orme (*Guazuma ulmifolia Lam.*<sup>2</sup>), acacia (*Acacia farnesiana*; *A. auriculiformis* ; *A. albida*), mombin (*Trichilia hirta L.* ou *Spondias monbin l.*), delen (*Leaucaena glauca*), sucrin (*Inga vera willd.* *Inga inga (L) Britton*, etc. D'autres bosquets n'arrivant pas à maturité dénommés « ti bwa » sont également utilisés. A la périphérie de presque tous les ateliers de rapadou existant à Thomonde, on retrouve des tas de bagasse en excès non utilisés largement suffisant pour réaliser la fabrication du rapadou (en témoigne l'annexe I : Une prise de vue d'un tas de bagasse en excès dans les environs d'un

<sup>1</sup> Selon cette théorie, les ateliers non performants dotés de chaudières en fonte utilisent uniquement du bois, ceux qui sont assez performants du bois et de la bagasse et ceux qui sont performants munis de chaudières en acier inoxydable uniquement de bagasse.

<sup>2</sup> Bois de soie marron ou bois d'orme : *Muntingia calabura L.*

atelier de rapadou de Thomonde) alors que les fabricants se plaignent de la rareté du bois de feu pour mener à bien leur entreprise.

### 3.2. - Taux d'humidité de la bagasse

Les résultats des tests d'humidité de la bagasse brûlée à Thomonde sont déterminés dans un premier temps sur le terrain et dans un second temps au laboratoire.

#### 3.2.1. - Taux d'humidité de la bagasse déterminé sur le terrain

Le tableau No 3 présente les résultats du test d'humidité réalisé sur le terrain par séchage au soleil.

**Tableau No 3 - Évolution des taux moyens d'humidité des échantillons de bagasse en fonction du niveau du tas de bagasse de l'échantillon collecté.**

Temps de séchage	Base	Milieu	Sommet	Moyenne
1 <sup>er</sup> j de séchage	26.05%	18.30%	11.61%	18.65%
2 <sup>ème</sup> j de séchage	11.69%	12.43%	6.97%	9.04%
3 <sup>ème</sup> j de séchage	4.18%	5.07%	5.20%	3.61%
4 <sup>ème</sup> j de séchage	1.53%	1.08%	0.98%	1.20%
5 <sup>ème</sup> j de séchage	0.73%	0.74%	0.65%	0.71%
6 <sup>ème</sup> j de séchage	0.45%	0.31%	0.40%	0.38%

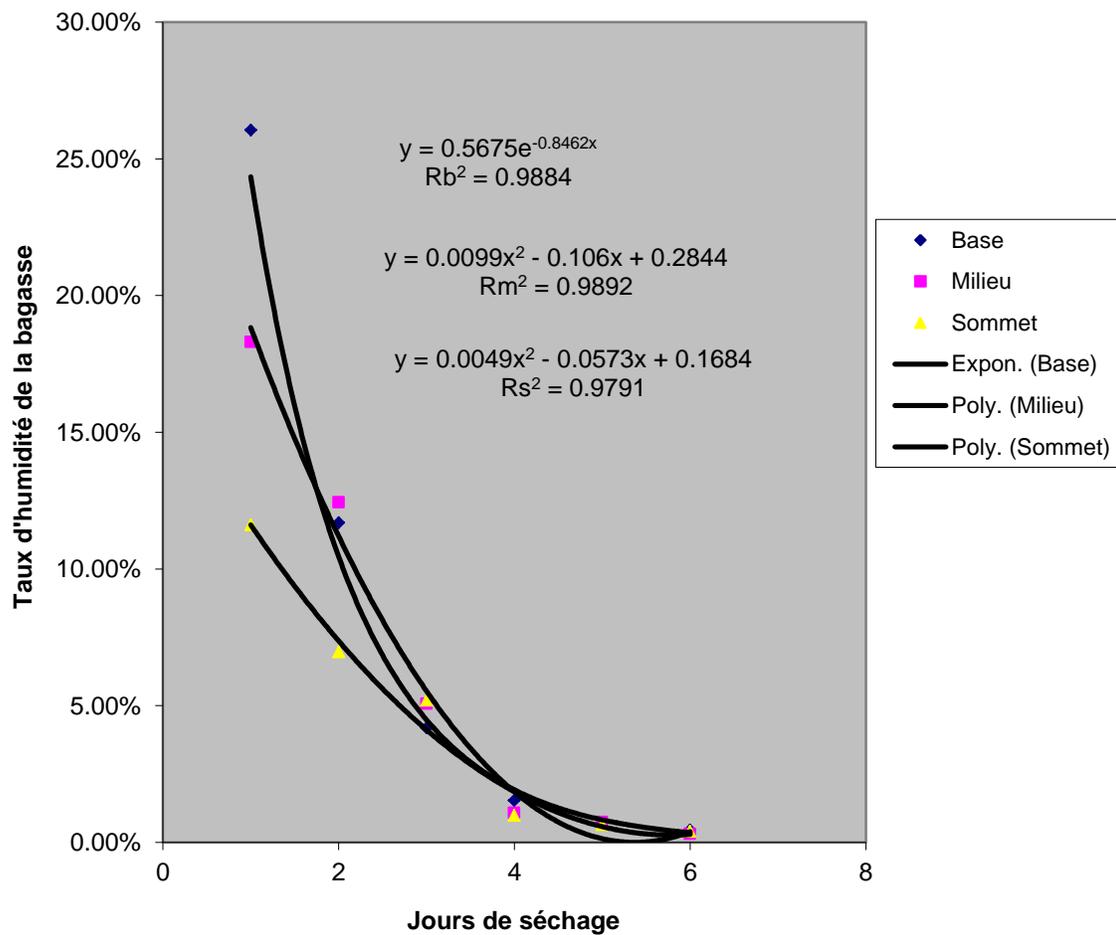
D'après ce tableau, le taux d'humidité de la bagasse est de 26% pour les échantillons pris à la base après un premier séchage au soleil. Il est à 5% pour la bagasse prélevée au milieu après 3 séchages et à 0.4% pour celle du sommet après 6 séchages au soleil.

- Les taux d'humidité diminuent avec le nombre de jours de séchages au soleil. Ainsi, le taux moyen d'humidité de l'échantillon est de 18,65% au premier séchage au soleil. Il est à 3.61% au 3<sup>ème</sup> séchage et à 0.71% au 5<sup>ème</sup> séchage au soleil.

- Les plus grands écarts de taux d'humidité sont enregistrés entre les 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> jours de séchage au soleil. Après 3 séchages au soleil, on commence à enregistrer de faibles pertes d'humidité sur le terrain. Après 6 séchages au soleil, le taux moyen d'humidité de la bagasse tend à se stabiliser à 0.38%.

- Le taux d'humidité de la bagasse varie selon que l'échantillon est prélevé à la base, au milieu ou au sommet du tas de bagasse. Ainsi, le taux d'humidité de la bagasse collectée à la base après un premier séchage au soleil est de 26%. Il est à 18% pour le milieu et à 11% pour le sommet. Concernant le 2<sup>ème</sup> jour de séchage au soleil, il est à 11.69% pour la base, 12.43% pour le milieu et à 6.97% pour le sommet. L'écart est très faible ( $\leq 1\%$ ) pour les autres jours de séchage. C'est que les échantillons pris à la surface sont plus exposés au soleil que ceux qui sont collectés au milieu et ces derniers plus exposés que ceux qui sont situés à la base.
- Le taux moyen d'humidité de la bagasse brûlée à Thomonde dans les ateliers de rapadou (18.65%) se révèle inférieur au taux de combustion efficace (30%) de la bagasse pour être brûlée dans des ateliers traditionnels bien conçus. Sachant que la bagasse obtenue à la sortie des moulins en Haïti comporte d'après le FDI un taux d'humidité variant entre 48 et 66% (FDI, op.cit) ; selon Sprumont et Taquet. op.cit.) plus de 70% d'humidité pour le plateau Central, cette bagasse mise au soleil et utilisée par la suite dans les ateliers de rapadou de Thomonde, peut accuser un taux d'humidité inférieur à 30%. Mais la mise en tas sans protection contre les intempéries et la ré-humidification subséquente de la bagasse font penser que l'humidité pourrait s'élever à nouveau au moment de l'utilisation de celle-ci.

Le schéma suivant présente les courbes de comparaison des taux d'humidité des échantillons de tas de bagasse prêts à être utilisés qui sont collectés à 3 niveaux différents.



**Figure No 4 : Courbe de comparaison des taux d'humidité de la bagasse collectée à 3 niveaux différents**

La figure précédente met l'accent sur les tendances des échantillons de bagasse prélevés à 3 niveaux différents. Nous avons observé que la courbe des échantillons de bagasse pris à la base se retrouve au-dessous de celle du milieu qui à son tour est placée au-dessus de celle du sommet. Les 3 courbes présentent un point d'intersection au 4<sup>ème</sup> jour de séchage. À partir de ce jour et jusqu'au 6<sup>ème</sup> jour et dernier séchage au soleil, l'humidité varie très peu. Ensuite, nous avons remarqué qu'à côté de la forme exponentielle des échantillons de bagasse collectés à la base celle des deux autres courbes revêt la forme polynomiale. Dans tous les cas, les coefficients d'ajustements ( $R^2$ ) sont très élevés; ce qui veut dire que les courbes respectives expliquent à plus de 97% la tendance du phénomène et les équations peuvent être utilisées dans ce cas pour faire des prédictions appropriées.

### 3.2.2. - Taux d'humidité par séchage au four

Un test d'humidité au laboratoire a été effectué pour garantir la reproductibilité des résultats obtenus en calculant les taux d'humidité des échantillons de bagasse prélevés sur le terrain. Le tableau No 4 présente ces résultats.

**Tableau No 4 - Évolution des taux d'humidité des échantillons de bagasse collectés à Thomonde et analysés au laboratoire de BME**

Échantillons	A	B	C	D	E	F	Moyenne
Initial	19.71%	38.01%	24.00%	21.95%	30.69%	39.94%	29.05%
1 <sup>er</sup> séchage	11.09%	20.00%	19.32%	14.92%	22.42%	18.67%	17,74%
2 <sup>ème</sup> séchage	9.15%	12.00%	14.06%	12.24%	10.29%	8.61%	11.06%
3 <sup>ème</sup> séchage	9.02%	9.98%	9.64%	11.05%	9.54%	8.43%	9.61%
4 <sup>ème</sup> séchage	8.78%	8.90%	8.63%	9.56%	9.33%	4.04%	8.21%
5 <sup>ème</sup> séchage	8.40%	8.00%	8.04%	8.43%	8.97%	3.75%	7.6%
6 <sup>ème</sup> séchage	8.25%	6.01%	6.21%	8.39%	8.55%	3.68%	6.85%

-Le taux d'humidité de la bagasse tel qu'utilisé à Thomonde au cours de l'expérimentation est de 19.71% pour l'atelier A, de 39.94% pour l'atelier F. Il est de 10.29% pour l'atelier E après 2 séchages au soleil et de 3.68% après 6 séchages au soleil pour l'atelier F. A remarquer que l'atelier F qui au départ a présenté le plus fort taux d'humidité, présente à la fin de l'expérience c'est-à-dire (i-e) au 6<sup>ème</sup> séchage au soleil, le plus faible taux d'humidité.

-Le taux moyen d'humidité de la bagasse déterminé au labo (29.05%) est légèrement inférieur à la valeur requise pour avoir une combustion efficace de la bagasse dans les ateliers de rapadou traditionnels bien conçus (30%). Ce qui implique qu'avec ce taux d'humidité, on peut quand bien même s'attendre à une combustion efficace de la bagasse dans de tels ateliers. Ainsi, la sous-utilisation de la bagasse dans les ateliers de rapadou de Thomonde n'est pas vraiment dû à son taux d'humidité d'autant plus que l'expérimentation a été réalisée en période pluvieuse, période favorable au taux d'humidité plus élevé dans la bagasse.

### C. - Comparaison des taux d'humidité déterminés au soleil et au laboratoire

Dans les lignes suivantes sont comparés les taux d'humidité de la bagasse séchée au soleil et au four.

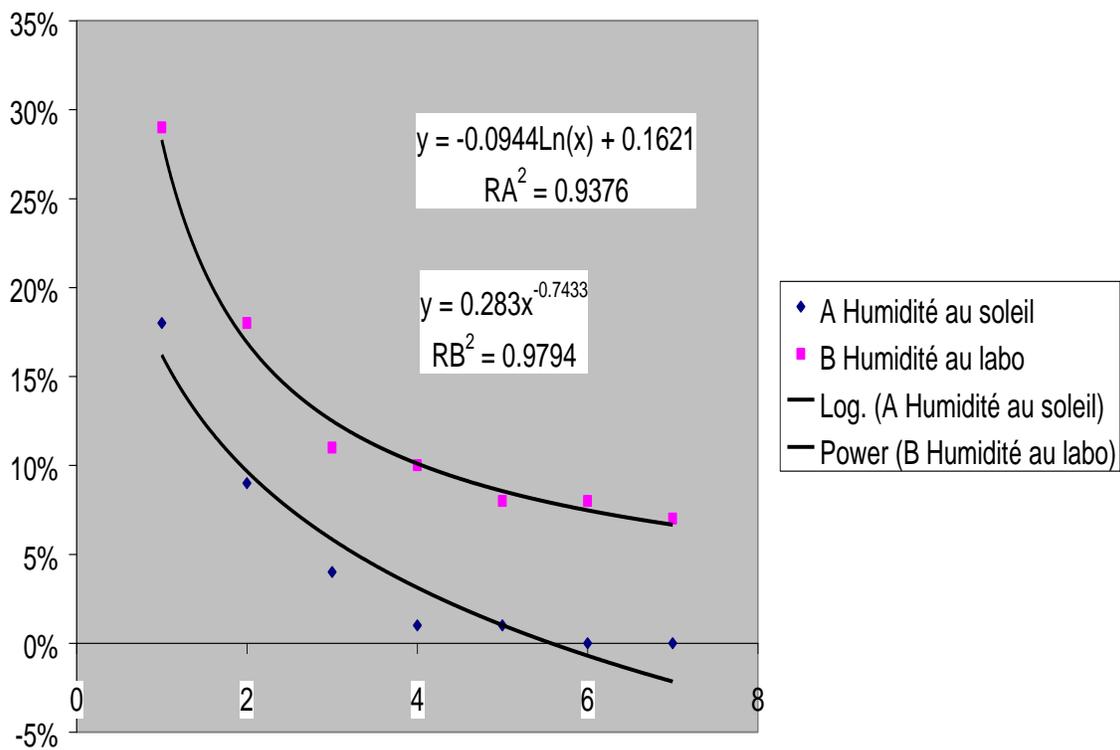
**Tableau No 5 - Synthèse des résultats de taux moyens d'humidité de la bagasse des ateliers de rapadou de Thomonde**

	Initial	1 <sup>ème</sup> jour	2 <sup>ème</sup> jour	3 <sup>ème</sup> jour	4 <sup>ème</sup> jour	5 <sup>ème</sup>	6 <sup>ème</sup> jour
A Humidité au soleil	18%	9%	4%	1%	1%	0%	0%
B Humidité au labo	29%	18%	11%	10%	8%	8%	7%
B-A	11%	9%	7%	9%	7%	8%	7%

- Le taux moyen d'humidité initial de la bagasse déterminé au terrain est de 18 % et de 29% au laboratoire. Il est à 1% pour le 3<sup>ème</sup> jour de séchage au terrain et à 10% pour le labo pour le même jour. Il est à 0% au 6<sup>ème</sup> jour de séchage au soleil et à 7 % au labo correspondant au même jour.

- L'écart moyen entre le taux d'humidité au soleil et celui déterminé au laboratoire est de 8.3 % plus ou moins  $\sigma = 7.96$  % (erreur standard). En outre, le coefficient de corrélation ( $R^2$ ) entre les deux variables A et B est de 0.94 %. Ce qui démontre qu'il y a une forte corrélation positive entre les comportements de ces deux variables pendant la durée de séchage.

- Les taux d'humidité de la bagasse déterminés au labo sont tous supérieurs à ceux déterminés au champ. L'explication de cette constatation est que le passage à l'étuve à une température de 70°C pendant 24 heures permet d'extraire la totalité de l'eau contenue dans les cellules contrairement à ce qui se passe à l'humidité déterminée au soleil. Les taux d'humidité de la bagasse déterminés au laboratoire présentent la même tendance à la baisse que ceux déterminés au soleil. En témoigne la figure suivante.



**Figure No 5 : Courbes de comparaison de la bagasse séchée au soleil par rapport à celle séchée au four.**

Sur la figure précédente, on constate que les courbes présentent quasi les mêmes tendances avec une équation  $Y = -0.0944\text{Ln}(x) + 0.1621$  pour l'humidité déterminée au soleil et une équation  $Y = 0.283x^{-0.7433}$  pour l'humidité déterminée au four.

Les coefficients d'ajustement sont en outre très élevés, respectivement de 0.94 pour l'humidité au soleil et de 0.98 pour l'humidité déterminée au laboratoire. Ce qui veut dire que les équations concernées expliquent respectivement à 94% et 98% les tendances observées dans l'allure du phénomène.

### 3.3. - Conditions d'accès au crédit

Cette partie subdivisée en deux sous points traite des conditions d'accès au crédit des ateliers de rapadou de Thomonde.

#### 3.3.1. - Accessibilité au crédit

Ce sous-point considère la situation du crédit à Thomonde. Le tableau No 6 expose cette situation.

**Tableau No 6 - Situation du crédit dans les ateliers enquêtés**

Catégories	Exploitants	%
Intéressés	9	69.24
Non intéressés	2	15.38
Accès	2	15.38
Total	13	100.00

Sur 13 exploitants interviewés seulement 2 soit 15.38% ont accès au crédit de la COSODEV. Le reste soit 84.62% des exploitants n'ont pas de crédit. 9 d'entre eux soit 69.24% aimeraient bien y avoir accès. Ces derniers sont conscients des améliorations à apporter au niveau de leur atelier mais estiment que les conditions du crédit ne sont pas acceptables. Deux autres exploitants ne sont pas intéressés au prêt et déclarent que les

conditions ne sont pas à leur portée. D'une façon générale, tous les ateliers de rapadou de Thomonde nécessitent des améliorations pour lesquelles il est indispensable de disposer de capitaux plus ou moins importants. Or seule une minorité a accès au crédit.

### 3.3.2. - Conditions d'octroi du crédit

Le deuxième sous-point examine les conditions d'octroi du crédit des ateliers de rapadou de Thomonde. Le tableau No 7 présente les taux d'intérêt et les périodes de grâce souhaitées par les exploitants des ateliers de Thomonde enquêtés.

**Tableau No 7 - Taux d'intérêt et Période de grâce souhaités**

	Taux d'intérêt souhaité			Abstention	Total	Période de grâce souhaité			Abstention	Total
	%					Mois de fonctionnement				
	Moins de 5	5-10	-	-	-	10-15	Après 2	Après 3	3-6	
Quantité	5	8	1	5	13	2	1	3	1	
%	38.46	61.54	7.7	38.46	100	15.38	7.7	7.7	23.07	7.7

Un exploitant sur 13 interviewés soit 7.7% du total aimerait avoir un taux d'intérêt inférieur à 5% l'an; 5 autres soit 38.46% un taux d'intérêt se situant entre 5-10%; 2 autres soit 15.38% entre 10-15% et 5 abstentions pour n'avoir pas voulu avancer de chiffre. Tous les exploitants jugent que le taux d'intérêt imposé de SOE par le biais de la COSODEV est trop élevé.

Concernant la période de grâce souhaitée, un exploitant a suggéré 2 mois après fonctionnement, un autre 3-6 mois à compter de la date de signature du contrat de dette, 3 autres soit 23.07% après 3 mois de fonctionnement et 8 autres qui sont indécis.

D'après la COSODEV, le taux d'intérêt fluctue entre 15-30% dépendamment des équipements voulus, du montant disposé et des risques de paiement. La période de grâce est de 3 mois qui suivent la signature du contrat. Les 2 exploitants qui ont contracté du crédit de cette coopérative doivent débiter leur paiement après 3 mois à compter de la date de signature du contrat. Cette coopérative ne tient pas compte du fonctionnement des ateliers. Ce qui

pourrait constituer un handicap majeur susceptible d'influencer le remboursement ou non de la dette, si on fait l'hypothèse qu'il revient à l'entreprise de payer ses dettes. En faisant fi d'un tel paramètre, les endettés peuvent se retrouver dans l'obligation de se décapitaliser pour rembourser leur dette.

D'une façon générale, pour avoir droit au crédit de la COSODEV, l'exploitant doit :

- Disposer au moins de 25% du prix d'achat du matériel
- Présenter en garantie les papiers de biens et de matériels possédés
- Le SOE se réserve le droit d'acheter le matériel désiré et de retenir le papier de ce matériel acheté jusqu'au paiement complet de la dette.

Suivant les enquêtes, 11 des 13 exploitants exercent cette activité à titre de propriétaire, 2 autres à titre de gérants. Le fonctionnement de l'atelier est assuré à partir de leur propre fonds de roulement. Ils y consacrent entre 30-60% du revenu tiré. Ils ne reçoivent pas de crédit agricole alloué à la production du rapadou, pas d'assistance technique au montage des matériels et équipements achetés. Le SOE dans un premier temps accordait du crédit aux propriétaires pour l'acquisition de matériels de fonctionnement adéquat, a transféré ce volet de crédit à la COSODEV, entité représentée à Thomonde. Bref, qu'il s'agisse de SOE ou de COSODEV, ces deux entités n'apportent pas vraiment une assistance financière et encore moins technique appropriée au montage des équipements achetés.

De l'avis des exploitants, le taux d'intérêt est trop élevé. Il se situe entre 15-30% l'an. Le délai de remboursement est trop court, le montant emprunté, insuffisant. Le montage de l'équipement et du matériel acheté n'est pas assuré. Certains s'abstiennent de ce type de prêts. En effet, les conditions d'accès au crédit ne sont pas à la portée de la grande majorité des exploitants. De manière brève, le crédit constitue une entrave à l'amélioration de certains ateliers de rapadou de Thomonde.

Par ailleurs, ils déclarent que la production du rapadou est une activité rentable. C'est elle qui leur permet de répondre aux besoins de leur famille et des personnes à charge. Cependant, on n'est pas en mesure de confirmer ou d'infirmer leur déclaration faute de

registres comptables ou de pièces justificatives qui auraient pu servir de base à toute analyse de rentabilité financière de ces ateliers.

## CONCLUSIONS & RECOMMANDATIONS

Les principales conclusions qui se dégagent de l'étude réalisée peuvent se résumer dans les lignes suivantes en tenant compte des hypothèses préalablement formulées.

- Il a été constaté une faible utilisation de la quantité de bagasse disponible (de l'ordre de 40%).
- La majorité des ateliers de rapadou (77%) fonctionne à un niveau technologique relativement faible en raison de l'inadéquation des équipements utilisés (moulins, foyers et chaudières notamment).
- Il existe une corrélation positive entre la faible utilisation de la bagasse et le niveau technologique des ateliers de rapadou.

La première hypothèse qui suppose que la sous-utilisation de la bagasse est due à la présence de foyers et/ou de chaudières inadaptés à la combustion a donc été confirmée.

- On a trouvé que le taux d'humidité de la bagasse prête à être utilisée tourne autour de 23% donc inférieur au seuil de 30% retenu pour une combustion efficace.
- Il a été observé également une différence significative entre les taux d'humidité enregistrés dans les tas de bagasse exposés à l'air libre selon que l'échantillon a été tiré au sommet, au centre et à la base du tas.
- Les taux d'humidité sont en effet, de l'ordre de 12% pour le sommet, de 18% pour le centre et de 26% pour la base.

On peut comprendre que la seconde hypothèse relative au taux d'humidité optimum pour la combustion de la bagasse, n'est pas vérifiée si la bagasse est immédiatement utilisée après le séchage mais qu'elle est vérifiée si elle est stockée à l'air libre en raison de la ré-humidification subséquente. Elle n'est pas vérifiée pour les ateliers dotés de moulins à moteur et vérifiée pour ceux dotés de moulins en bois.

- L'enquête effectuée a révélé que la majorité des ateliers de rapadou (69-85%) n'ont pas accès au crédit institutionnalisé.
- Que les taux d'intérêts souhaités pour les entrepreneurs sont tous inférieurs ou égaux à 15% tandis que le taux d'intérêt pratiqué par le seul opérateur rencontré sur place tourne autour de 15-30%.

- La troisième hypothèse relative au manque d'accès au crédit pour entreprendre la modernisation des ateliers a été vérifiée.

De telles conclusions permettent en définitive, de formuler les recommandations suivantes:

#### A - Sur le plan légal et institutionnel

- Adopter des éléments de politique appropriés pour la valorisation du rapadou compte tenu de son importance dans la diète alimentaire des populations urbaines et rurales.
- Créer au sein du Ministère du Commerce et de l'Industrie un service spécialisé chargé de la modernisation des ateliers de rapadou et l'accroissement de valeur ajoutée au produit.
- Favoriser dans le Plateau Central, via le Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural, l'intégration verticale et horizontale des unités de production de canne, de rapadou et de viande.
- Encourager notamment via le Ministère de l'Environnement, l'application du décret de 1987 sur le bois-énergie afin de favoriser la conversion des entreprises qui utilisent le bois comme combustible.

#### B - Sur le plan Technique

- Assurer le renforcement et l'encadrement de l'Association des Producteurs de Rapadou de Thomonde (APRAT).
- Organiser le transfert de technologie pour la modernisation des ateliers de rapadou pour l'introduction d'équipements adaptés à une meilleure utilisation de la bagasse.
- Réaliser des démonstrations de méthodes et de résultats pour améliorer le stockage de la bagasse en protégeant cette dernière des intempéries.
- Entreprendre sur une base accélérée, la formation de formateurs et d'entrepreneurs tant au niveau des techniques de production que sur le plan des méthodes de gestion.

#### C - Sur le plan économique

- Faciliter l'accès au crédit en développement des programmes et projets appropriés via des institutions comme le FDI, la SOFIDHES et ou la FHE.

- Encourager la mise en oeuvre de tels programmes et projets en faisant des plaidoyers auprès de qui de droit pour un meilleur encadrement des producteurs de rapadou.

En guise de perspective, il est bon de suggérer que soient entreprises de nouvelles activités de recherche dans le même domaine afin d'approfondir des questions complémentaires relatives à l'extrapolation des conclusions actuelles à tout le Plateau central et autres zones de production de même qu'en ce qui concerne l'opportunité et la rentabilité du système de modernisation recommandé par le SOE.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ASSOCIATION NATIONALE DES AGRONOMES HAITIENS (ANDAH). 1994. Diagnostic #5. Evaluation de la situation agricole. Département du Centre. Vol(1). Joto Multi Services. P-au-P. 40p.
2. BUREAU D'ETUDE HAITIEN POUR L'AGRICULTURE/INSTITUT DE RECHERCHES ET D'APPLICATION DES METHODES DE DEVELOPPEMENT (AGRICORP/IRAM). 1997. Transformation de la canne à sucre en Haïti. Analyses économique et financière de projets de transformation de la canne à sucre en Haïti. Vol (3). FDI. P-au-P. 55 p.
3. BUREAU D'ETUDE HAITIEN POUR L'AGRICULTURE/INSTITUT DE RECHERCHES ET D'APPLICATION DES METHODES DE DEVELOPPEMENT (AGRICORP/IRAM). 1997. Diagnostic Technologique et Propositions d'Amélioration des Agro-Industries de la canne en Haïti. Vol (2). FDI. P-au-P. 78p.
4. BUREAU D'ETUDE HAITIEN POUR L'AGRICULTURE/INSTITUT DE RECHERCHES ET D'APPLICATION DES METHODES DE DEVELOPPEMENT (AGRICORP/IRAM). 1997. Diagnostic général de la filière de la canne à sucre en Haïti. Vol (1). P-au-P. 74p.
5. BUREAU D'ETUDE HAITIEN POUR L'AGRICULTURE/INSTITUT DE RECHERCHES ET D'APPLICATION DES METHODES DE DEVELOPPEMENT (AGRICORP/IRAM). 1987. La canne à sucre et les possibilités de reconversion dans la plaine du Nord. S.e. P-au-P. 19p.
6. BUREAU D'ETUDE HAITIEN POUR L'AGRICULTURE/INSTITUT DE RECHERCHES ET D'APPLICATION DES METHODES DE DEVELOPPEMENT (AGRICORP/IRAM). 1997. Transformation de la canne à sucre en Haïti. Profil de marche local de produits dérivés de la canne à sucre Vol 5. FDI. Pau-P. sp.

7. BUREAU DES MINES ET DE L'ENERGIE (BME). 1998. Revue : Énergie en chiffres. Vol (1). Imprimeur II. Port-au-Prince. Sp.
8. BUREAU DES MINES ET DE L'ENERGIE (BME). 1987. Diagnostic de la potentielle bioénergétique d'Haïti. Direction des ressources énergétiques. P-au-P. 89p.
9. BERCY, R. 2003. Communication Personnelle.
10. Convenio de Investigacion y Divulgacion para el Mejoramiento de la Industria Panelera (CIMPA). 1992. Manual para el diseno y operacion de hornillas paneleras. CIMPA. Barbosa. 154p.
11. DATHIS et al., 1985. La canne à sucre. Etude générale illustrée de 3 exemples concrets. CNEARC. sl. Sp.
12. DELATOUR, L. 1983. The centrifugal Sugar Sector in Haïti. S.e. P-au-P. 69p.
13. DELTEIL, A. 1885. La canne à sucre en Haïti. Challanulaine. Paris. 118p.
14. DUPerval, B. 1983. La canne à sucre: son origine, sa culture, son industrie. Henry Deschamps. P-au-P. 52p.
15. DUROSIER, J. S. 1979. L'industrie de la canne en Haïti. De quelques problèmes De quelques possibilités. Mémoire de licence. FAMV. Damien. 91p.
16. ENERGY SECTOR MANAGEMENT ASSISTANCE PROGRAMME (ESMAP). 1991. Haïti: Stratégie pour l'énergie domestique. Rapport No: 143. ESMAP. New-York. 74p.

17. FOOD AGRICULTURAL ORGANIZATION (FAO). 1995. Rapport sectoriel final d'analyse du secteur Agricole et Identification de projets vol I et II. Division du centre d'investissement du programme de coopération technique. Pau-P. 68p.
18. FONDS DE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL (FDI). 1997. Résumé des principales conclusions et recommandations des études réalisées sur la filière de la canne à sucre. FDI. P-au-P. sp.
19. GUERRIN, J. 1986. La sucrerie de cannes. Tome II. ISAA/ENSIA. Massy. Pp 383-388.
20. HENRY, V. 1996. Notes de cours de Phytopathologies. Les plantes cultivées. FAMV. Damien. Sp.
21. INSTITUT HAITIEN DE STATISTIQUE ET D'INFORMATIQUE (IHSI). 1998. Inventaire des Ressources et Potentialités d'Haïti. Commune de Thomonde. IHSI. P-au-P. Sp.
22. INSTITUT HAITIEN DE STATISTIQUE ET D'INFORMATIQUE (IHSI). 1996. Haïti en chiffres. IHSI. Division des statistiques générales. P-au-P. 69p.
23. INSTITUT NATIONAL POUR LA REFORME AGRAIRE (INARA)/FOOD AGRICULTURAL ORGANIZATION (FAO). 1996. Rapport intermédiaire. Définition d'une réforme agro foncière. S.e. s.l. 182p.
24. INSTITUT DE RECHERCHES ET D'APPLICATION DES METHODES (IRAM). 1990. Quelle politique agricole pour Haïti? IRAMD. Paris. 55p.
25. JEAN, R-C. 1999. Diagnostic des distilleries dans la commune de Saint-Michel de l'Attalaye. Mémoire de licence. FAMV. Damien. 94p.

26. LATORTUE, R. 1996. Notes de cours magistral de cultures industrielles. FAMV. Damien. Sp.
27. LOOZEN, R. 1995. La production du sucre artisanal. Notice technique. GADRU. P-au-P. 73p.
28. LOOZEN, R et TELLER, P. 1993. Le sucre de canne rendu aux paysans. Codeart. asbl. Aachen. 30p.
29. MINISTERE DE L'AGRICULTURE DES RESSOURCES NATURELLES ET DU DEVELOPPEMENT RURAL (MARNDR). 1999. Le Rapadou. AGROCULTURE. Vol.1 #2 Universal Services. P-au-P. Pp15-17.
30. MINISTERIO DEL AZUCAR. 1996. Generación de vapor. Manual de operaciones. Direccion. De Maquinaria Industrial. Cuba. 79p.
31. MORAL, P. 1960. L'économie Haïtienne. Imprimerie de l'Etat. P-au-P. 190p.
32. PARFAIT, A. 1986. Rapport Technique : l'industrialisation du secteur rhum en Haïti. ONUDI. S.l. 17p.
33. PRADES, A. s.d. Principales voies de valorisation des produits agricoles tropicaux. ENSIA. Section des industries Agro-Alimentaires. Régions chaudes. Montpellier. 19p.
34. RAMOS, R. 1997. Producción de Panela. s.e. s. l. 79p.
35. RAPHAEL, J.R. 2003. Utilisation de quelques variétés de canne à sucre dans la fabrication du Rapadou dans la commune de Thomonde. Mémoire de licence. UNIQ. P-au-P. 43p.

36. SAINT-CLAIR, P. M. 1989. Les cultures Importantes de l'Espace Tropical. Les cultures industrielles et les cultures vivrières. Chapitre VII- La canne à sucre. 2<sup>ème</sup>éd. Les entreprises Papyrus. Québec. Pp100 -129.
37. SYSTEME D'INFORMATION SUR LA SECURITE ALIMENTAIRE (SISA). 1995. Données sur la sécurité alimentaire. Document de travail. Vol 1(3). CNSA. P-au-P. S.p.
38. SERVICE OECUMENIQUE D'ENTRAIDE (SOE). 2002. Rapport de mission de Luz Esperanza Prada Ferrero. SOE. P-au-P. sp.
39. SERVICE OECUMENIQUE D'ENTRAIDE (SOE). 2002. Appui à la modernisation des ateliers de transformation de la canne à sucre dans la région de Thomonde. SOE. P-au-P. sp.
40. SERVICE OECUMENIQUE D'ENTRAIDE (SOE). 2000. Enquête sur l'utilisation du rapadou et du sucre raffiné. Thomonde. SOE. P-au-P. sp.
41. SERVICE OECUMENIQUE D'ENTRAIDE (SOE). 2000. Etat des lieux de transformation de la canne à sucre en rapadou dans la commune de Thomonde. SOE. P-au-P. 13p.
42. SERVICE METEOROLOGIQUE NATIONAL (SMN). 2001. Annuaire Pluviométrique. SMN. Damien. Sp.
43. SCETT INTERNATIONAL, 1980. Projet de mise en valeur du Plateau Central. Rapport de synthèse. S.e. s.l. 20p.
44. VAN MASSENHOVE, F. 1997. Le problème du bois en Haïti. Aperçu général. Vol (1). Misereor. Aachen. 21p.

45. VAN MASSENHOVE, F. 1997. Le problème du bois en Haïti. Fabrication du rapadou  
Fascicule No 4. GADRU. P-au-P. 21p.

## **ANNEXES**

## **LISTE DES ANNEXES**

- ANNEXE A : Comparaison des procédés de fabrication du rapadou par rapport à ceux du sucre blanc raffiné
- ANNEXE B : Comparaison de la composition du sucre artisanal (rapadou) par rapport à celle du sucre blanc raffiné
- ANNEXE C : Production & Consommation mondiale de rapadou
- ANNEXE D : Fiche technique d'APRAT
- ANNEXE E : Fondements théoriques de combustion de la bagasse
- ANNEXE F : Description d'un atelier de rapadou idéal
- ANNEXE G : Prise de vue d'un fourneau décelé de Thomonde, décembre 2003
- ANNEXE H : Prise de vue d'une chaudière en majorité utilisée dans les ateliers de rapadou de Thomonde, Décembre 2003
- ANNEXE I : Prise de vue d'un tas de bagasse non utilisé d'un atelier de rapadou de Thomonde, Décembre 2003
- ANNEXE J : Technologie de fabrication du rapadou
- ANNEXE K : Formulaire d'enquête utilisé
- ANNEXE L : Codes d'expérimentation, Pesées effectuées, taux d'humidité de la bagasse déterminés sur le terrain et au laboratoire sur base sèche et sur base humide

**ANNEXE A.- Comparaison des procédés de fabrication du rapadou par rapport à ceux du sucre blanc raffiné**

	<b>Rapadou/panela/ghur</b>	<b>Sucre raffiné</b>
<b>Préparation</b>	Pas de préparation	Coupe-canne
<b>Broyage</b>	Un moulin à traction animale ou mécanique	Batterie de 4-6 moulins en série
<b>Clarification</b>	Avec des végétaux (bois) qui éliminent les impuretés	Par chaulage (plus) sulfitation ou carbonatation
<b>Evaporation</b>	À feu nu	Sous vide dans des évaporateurs à multiples effets
<b>Cristallisation</b>	Pas de cristallisation forcée	Cristallisation conduite en trois fois successives
<b>Centrifugation</b>	Pas de séparation des mélasses	Séparation des mélasses dans la centrifugeuse
<b>Séchage</b>	Pas de séchage, juste un refroidissement	Séchage à l'air chaud

**Source: Inspirée d`Alexia PRADES, s. d.**

**ANNEXES B.- Comparaison de composition du sucre artisanal  
(rapadou) par rapport à celle du sucre blanc raffiné**

	<b>Sucre blanc raffiné</b>	<b>Rapadou</b>
<b>Hydrate de carbone</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
Saccharose	99,6	72 à 78
Fructose	0	1,5 à 7
Glucose	0	1,5 à 7
<b>Minéraux</b>	<b>mg/100g</b>	<b>mg/100g</b>
Potassium	0,5 à 1,0	10 à 13
Calcium	0,5 à 5,0	40 à 100
Magnésium	0	70 à 90
Phosphore	0	20 à 90
Sodium	0,6 à 0,9	19 à 30
Fer	0,5 à 1,0	10 à 13
Manganèse	0	0,2 à 0,5
Zinc	0	0,2 à 0,4
Fluor	0	5,3 à 6,0
Cuivre	0	0,1 à 0,9
<b>Vitamines</b>	<b>mg/100g</b>	<b>mg/100g</b>
Provitamine A	0	2,00
Vitamine A	0	3,80
Vitamine B1	0	0,01
Vitamine B2	0	0,06
Vitamine B5	0	0,01
Vitamine B6	0	0,01
Vitamine C	0	7,00
Vitamine D2	0	6,50
Vitamine E	0	111,30
Vitamine PP	0	7,00
<b>Protéines</b>	0 mg/100g	280,0 mg/100g
<b>Eau</b>	0,01%	1,5 à 7,0%
<b>Calories, 100g</b>	384	312

**Sources : Loozen 1995; Agricorp-Iram, 1997 et Raphaël, 2001**

## ANNEXES C.- Production & Consommation mondiale du rapadou en 1994

Pays	Production (tonnes)	Part dans la production (%)	Consommation per capita (Kg/an)
Inde	9497	72,0	10,3
Colombie	882	6,7	25,5
Pakistan	533	4,0	3,9
Chine	500	3,8	0,4
Bangladesh	470	3,6	4,0
Taïlande	348	2,6	6,0
Brésil	240	1,8	1,5
Myanmar	200	1,5	4,4
Philippines	29	0,7	1,4
<b>Haïti</b>	<b>63</b>	<b>0,5</b>	<b>9,0</b>
Guatemala	54	0,4	5,2
Équateur	54	0,4	4,8
Autres pays	265	2,0	
Total mondial	13196		

Source: FAO, 1995

## **ANNEXE D.- Fiche Technique d'APRAT**

APRAT : Association des Producteurs de Rapadou de Thomonde

Date de fondation : 14 décembre 2001

Membres de fondation : 18

Membres actuels : 23

Comité exécutif composé de 9 membres :

Président : Baldé

Vice-président : Alexis Ulrick

Secrétaire : Olimane Desrose

Secrétaire adjoint : Charité Délouis

Conseiller technique : Ronald Cassagnol

Conseiller administratif : Jean Souvené Delva

Trésorière : Madame Enock Louis

Trésorier adjoint : Bernado Denis

Délégué : Sima Nonome

Domaine d'intervention : fabrication de rapadou, bonbon sirop, pomkèt, douce pistache, douce cocoyer, pain patate, cocktail, sirop canne, rapadou et clairin

Réalisations : Participation aux foires de P-au-P en mai 2002 et 2003, organisation de la foire de Thomonde pour sa fête patronale (18 et 19 mars)

Perspectives : Augmenter les débouchés, projets pour améliorer la production et la commercialisation du rapadou

Formation pour les membres

Étendre APRAT dans tout le Plateau Central

Mode de gestion : statut, règlements, délégation de pouvoir par élection

## ANNEXE E.- Fondements Théoriques de Combustion de la Bagasse

Dans le processus de production du rapadou, la bagasse intervient principalement au niveau de la cuisson du jus de canne ou plus précisément au niveau des phénomènes de clarification, d'évaporation et de concentration. De ces trois phénomènes, l'évaporation peut être considérée comme la plus importante puisqu'elle requiert beaucoup plus d'énergie que les deux autres. La combustion de la bagasse doit, en effet, permettre d'élever la température du jus de canne jusqu'au point d'ébullition et de la maintenir à ce niveau le temps nécessaire pour favoriser une bonne évaporation de l'eau contenue dans le liquide. (La bagasse étant très peu coûteuse par rapport au bois de feu, on peut raisonnablement penser que si les producteurs affichent leur préférence pour ce dernier c'est parce que la bagasse ne permet pas le déroulement efficace du processus d'évaporation). En fait, pour arriver à dissocier les molécules d'eau des autres composantes du jus de canne, il faut fournir à ce dernier suffisamment d'énergie calorifique pour vaincre la force de cohésion qui retient les molécules associées les unes aux autres et la pression atmosphérique. Ainsi pour avoir une bonne évaporation, il faut :

- 1) que la bagasse contienne une quantité suffisante d'énergie calorifique en réserve
- 2) qu'elle soit brûlée dans des conditions optimales
- 3) que l'énergie calorifique produite dans les chambres de combustion soit transmise efficacement au jus de canne.

Tenant compte de la présence de l'humidité rentrant dans la composition physique de la bagasse et qui affecte la quantité d'énergie qui peut être effectivement libérée d'une quantité donnée de ce combustible. On peut écrire:

$$E_c = f(Q, w)$$

Où  $E_c$  est la quantité d'énergie calorifique emmagasinée dans la bagasse,  $Q$  : la quantité de fibres celluloses et  $W$  : le taux d'humidité qu'elle contient. La matière qui produit de l'énergie est en fait les fibres celluloses. L'humidité contenue dans la bagasse consomme une grande partie de l'énergie de la cellulose en s'évaporant dans un processus de peu d'utilité lors du processus en court. Il faut savoir que si l'on ne peut pas éliminer la perte de calorie due à la combustion de l'hydrogène et à sa transformation en vapeur d'eau. On peut par

contre, sécher au préalable la bagasse en vue d'éliminer une bonne partie de l'eau contenue dans le combustible après le pressage de la canne et donc économiser des calories qui auraient pu brûler ou gaspiller pour faire évaporer cette eau. Puisqu'il faut 593.7 calories pour transformer un gramme d'eau en un gramme de vapeur perdue dans les fumées. L'humidité ne fait que réduire la capacité calorifique de la bagasse parce qu'elle requiert de l'énergie pour s'évaporer avant que la bagasse puisse libérer l'énergie qu'elle contient par combustion. Ceci permet d'avoir ce qui suit :

$$DE_c/DQ > 0, \quad DE_c/Dw < 0.$$

La quantité d'énergie qu'on peut obtenir de la bagasse augmente avec la quantité de fibres cellulosiques et diminue avec la quantité d'eau qu'elle contient.

Il faut noter que la bagasse contenant un fort taux d'humidité ne peut libérer que très peu d'énergie parce que sa combustion se révèle difficile. Le problème est que l'humidité est en partie associée à la présence d'hydrocarbures.

C'est par la combustion qu'on arrive à récupérer l'énergie présente dans la bagasse. Une bonne combustion exige une grande quantité d'oxygène obtenue de deux façons :

1) Par un ventilateur fonctionnant avec soit un moteur électrique soit avec un moteur thermique.

2) Par utilisation d'un tirage naturel puisque l'air chaud plus léger monte dans la cheminée. Cet air doit être remplacé par l'air frais provenant de l'extérieur. Ce qui a pour effet d'entretenir et d'activer la combustion suivant qu'on laisse libre passage à l'air chaud dans la cheminée ou qu'on le freine.

Une mauvaise combustion produit du CO (monoxyde de carbone), gaz extrêmement toxique responsable de nombreuses asphyxies et de gaspillage d'énergie due à la combustion incomplète de la bagasse dans le foyer. D'où la nécessité de construire un bon foyer.

Un bon foyer exige des grilles pour permettre l'alimentation en air. Un cendrier pour que les calories présentes dans la cendre puissent chauffer l'air de combustion et éviter des gaspillages tout en assurant par son déplacement vers la cheminée l'aspiration d'air neuf. Il exige aussi une porte étanche au cendrier muni de réglage, des entrées d'air pour diriger facilement la combustion. De même qu'une porte d'enfournement que l'on peut ouvrir ou

fermer à volonté pour contrôler l'allure du feu. La cheminée doit avoir une section en rapport avec la puissance du foyer et une hauteur déterminée permettant un bon tirage. Un registre permettant d'étrangler le passage de l'air chaud dans la cheminée. Des tables de détermination de ces paramètres peuvent être consultées pour identifier les paramètres pratiques et pour déterminer le dimensionnement des installations.

Par ailleurs, l'énergie stockée dans la bagasse est extraite via le phénomène de combustion. L'efficacité de cette dernière dépend non seulement du combustible (la bagasse) mais aussi du type de foyer utilisé. Ce dernier doit d'abord et avant tout permettre un bon approvisionnement d'oxygène indispensable à la combustion. Si le foyer est mal conçu la combustion risque de ne pas être complète. Il se forme alors une quantité non négligeable de monoxyde de carbone et la quantité d'énergie extraite est très limitée. De plus, on reconnaît généralement que la combustion de la bagasse est plus efficace quand elle se rapporte à une grande quantité de combustibles. La dimension des foyers utilisés est importante. Il s'ensuit que la quantité d'énergie que peut libérer une quantité donnée de bagasse dépend du foyer utilisé. Et qu'un bon foyer doit permettre un contact maximum des gaz avec la chaudière et le meilleur transfert possible de la chaleur.

Une fois produite, l'énergie calorifique doit être transférée au jus de canne contenue dans une chaudière jouant le rôle d'échangeur de chaleur. Le transfert s'effectue par convection entre l'air, les gaz en provenance du foyer et la paroi externe de la chaudière. Il se poursuit par conduction à travers la paroi de la chaudière et se termine par convection entre la paroi interne de la chaudière et le jus de canne.

Désignons par :

$T_f$  : la température du fluide en contact avec la paroi externe de la chaudière.

$T_E$  : la température de la paroi externe de la chaudière

$A_E$  : La surface de la paroi externe de la chaudière ou surface d'échange

$h$  : coefficient de transmission de chaleur

$q$  : flux thermique

Selon l'équation de Newton, le flux thermique entre le fluide (gaz de combustion et autres) et la paroi externe de la chaudière est donnée par:

$$q = hA_E(T_f - T_E)$$

Le transfert du flux thermique par conduction de la paroi externe à la paroi interne de la chaudière peut être appréhendé par la loi de Fourier.

Désignons par :

$T_I$  : la température de la paroi interne de la chaudière

$K$  : conductivité thermique de la chaudière utilisée qui dépend de la matière avec laquelle cette dernière est fabriquée.

$L$  : épaisseur de la chaudière

Le flux thermique est alors obtenu par :

$$Q = kA_E \frac{T_E - T_I}{L}$$

Il est donc clair que la température mesurée à l'intérieur de la chaudière est une fonction non seulement de la température extérieure (ou encore de la quantité d'énergie fournie à la chaudière mais aussi de la nature de la chaudière considérée. Cette dernière est appréhendée par sa surface, son épaisseur, sa conductivité thermique et sa forme géométrique.

Soit  $E_j = g(E_c, F, N)$

$E_c$  : Energie interne de la bagasse

$F$  : Type de foyer utilisé

$N$  : nature de la chaudière utilisée

Etant donnée que  $E_c = f(Q, W)$

$E_j = g(f(Q, W), F, N)$

$E_j = (Q, W, F, N)$

Cette équation a aidé dans la formulation des hypothèses

**Source : Inspirée de CIMPA, 1992 ; LOOZEN, 1995**

## **ANNEXE F.- Description d'un atelier de rapadou idéal**

Plusieurs équipements et matériels sont nécessaires dans une installation de transformation de la canne en rapadou. Ce sont les fourneaux, les chaudières, les moulins, et autres accessoires. Parmi eux, le fourneau constitue l'équipement fondamental de l'installation. C'est lui qui permet de faire la clarification, l'évaporation, et la concentration du vesou de départ. Il englobe à lui seul trois étapes du processus de fabrication de la canne en rapadou. Pour bien conduire ces étapes et retirer un maximum de rendement énergétique de la bagasse, il convient de construire un bon fourneau apte à une combustion optimale. Puisqu'il existe des fourneaux adaptés à la combustion du pétrole, du mazout, du bois, etc.

D'une façon générale, les fourneaux adaptés à la combustion de la bagasse se différencient par leur forme et par la direction des gaz de combustion. Ainsi, on distingue des fourneaux à flux parallèles, des fourneaux de flux contraires, et des fourneaux à flux combiné. Une installation de fabrication idéale de rapadou comporte un fourneau multi cuves (3 cuves au minimum) permettant de produire un rapadou de très bonne qualité. La clarification du vesou doit être effectuée à basse température généralement dans la cuve la plus proche de la cheminée. Cette étape peut être débutée à 25°C et ne doit pas dépasser 92°C en vue d'accorder le plus de temps possible aux agents clarifiants pour réagir et aux opérateurs pour conduire à bien cette étape. L'évaporation se réalise à haute température dans la cuve la plus chaude située le plus près de la chambre de combustion. Cette étape doit être réalisée le plus vite possible pour diminuer la quantité de sucres réduits. Elle s'effectue généralement entre 92°C et 102°C. La concentration du miel s'accomplit dans la zone intermédiaire entre les cuves précédemment citées à une température inférieure à celle de l'évaporation et supérieure à celle de la clarification pour éviter la caramélisation du produit.

D'une façon générale, un bon fourneau doit comporter trois parties: une chambre de combustion, un conduit de fumées et une cheminée.

### 1.- Chambre de combustion :

C'est l'espace qui se retrouve à la partie antérieure du fourneau et où la bagasse est brûlée. C'est là que s'effectue la libération de l'énergie calorifique de cette dernière. Elle est composée d'une porte d'alimentation, de grilles et d'un cendrier. Sa forme varie avec le type

et la qualité de la bagasse utilisée<sup>1</sup>. Les chambres de combustion peuvent être de nature traditionnelle, traditionnelle améliorée par CIMPA, Ward et Ward type CIMPA. De fait, les chambres de combustion traditionnelle permettent de brûler de la bagasse à 30% d'humidité. Elles peuvent être conçues pour brûler de la bagasse plus humide de l'ordre de 40-50% d'humidité. Pour se faire, elle stocke une certaine quantité de bagasse lui donnant le temps d'évaporer l'eau contenue dans la bagasse et de chauffer ensuite.

a) Porte d'enfournement :

Elle n'est autre que l'ouverture par laquelle on introduit la bagasse. On doit pouvoir la fermer et l'ouvrir à volonté. Elle est souvent construite en fonte capable de supporter de forte température sans déformation.

b) Grilles :

C'est une espèce de grillage servant de lit pour la bagasse. Elles supportent de la bagasse enflammée. Elles permettent l'entrée de l'air pour la combustion et le passage des cendres au cendrier. Elles doivent être en mesure de soutenir des températures de l'ordre de 700-1200°C. Elles sont habituellement fabriquées en fonte grise et non en acier qui ne résiste pas bien à l'échauffement et qui présente des déformations. Ce qui réduit en conséquence la durée de vie de ces grilles.

Elles doivent être accessibles au nettoyage. Ainsi, pour des températures inférieures à 950°C, on utilise des grilles semi-réfractaires qui se collent bien dans un mortier composé de 30% de sable, 45% d'argile, 15% de ciment et 10% de chaux. Pour des températures supérieures à 950°C, on utilise des grilles réfractaires.

c) Cendrier :

Le cendrier se retrouve en dessous du grillage. Il a pour rôle d'emmagasiner les cendres produites lors de la combustion de la bagasse; canaliser et préchauffer l'air nécessaire à la combustion. Le cendrier doit aussi être accessible au nettoyage. Sa grandeur est déterminée par la capacité attendue du fourneau. Le cendrier doit être fermé par une porte qui doit être munie d'un registre permettant de contrôler l'air secondaire.

2) Conduit de fumées encore appelé conduit des gaz ou vaisseau:

---

<sup>1</sup> On retrouve en Haïti deux types de bagasse : de la bagasse industrielle et de la bagasse artisanale.

C'est le deuxième composant du fourneau. Il est constitué de parois, de mur ou d'autres supports, d'étages, d'archet (brique cuite), et de chaudière. Le conduit de fumées a pour fonction de guider les gaz de combustion et de les mettre en contact avec les chaudières en vue de transférer l'énergie du fourneau au jus. Il varie avec la forme des matériaux de construction du fourneau et ou des chaudières.

### 3) Cheminée :

C'est un conduit construit en brique ou en tôle métallique situé à une des deux extrémités du fourneau. Elle est en contact direct avec le conduit de fumée. Elle peut être de forme cylindrique, trapézoïdale ou conique. Ses dimensions dépendent de la forme et de la grandeur du fourneau.

Les moulins utilisés doivent être de très bonnes qualités. Ils doivent remplir les critères suivants pour être en mesure de fournir un bon taux d'extraction et une bagasse à très faible humidité. D'une façon générale, ils doivent être :

- Peu coûteux
- Facilement réparable localement
- Bonne extraction de vesou
- Débit suffisant

Les chaudières elles-mêmes peuvent être fabriquées en fonte, en acier emboutie et en acier inoxydable.

**Source : Inspirée de CIMPA, 1992 ; ANDRE, C et FAUCONNIER, R, 1964**

## ANNEXE G



Prise de vue d'un fourneau décelé de Thomonde, décembre 2003

## **ANNEXE H**



**Prise de vue d'une chaudière en majorité utilisée dans les ateliers de rapadou de Thomonde, décembre 2003**

## **ANNEXE I**



**Prise de vue d'un tas de bagasse non utilisé d'un atelier de rapadou de Thomonde, décembre 2003**

## **ANNEXE J. - Technologie de fabrication du rapadou**

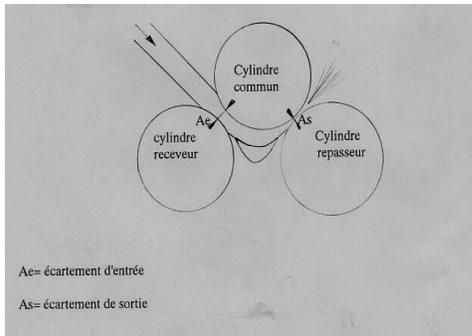
La fabrication du rapadou consiste à évaporer progressivement le jus de canne en provoquant sa cristallisation. Elle découle de différentes opérations depuis la coupe de la canne, l'extraction du jus jusqu'à l'emballage du produit.

### **Étape 1 : Coupe & Pressage de la canne**

Après la coupe et l'effeuillage, la canne à sucre est stockée dans des endroits aménagés. Il importe de limiter le temps écoulé entre la coupe et le pressage afin de réduire les pertes par inversion du sucre. Suivant un proverbe antillais, la canne doit avoir la tête au champ et le pied à l'usine. Cette maxime explique bien le fait qu'une canne qui attend s'échauffe en tas et produit de l'acide lactique en absence de l'oxygène, des acides butyriques en présence d'oxygène et que si le PH de la canne descend en dessous de 6.5, il y a danger d'inversion du saccharose (cristallisable) en glucose et fructose non cristallisable.

Par rapport au poids de la canne, on peut en théorie obtenir des taux d'extraction supérieurs à 70% et atteindre même 80%. C'est le cas des défibreurs avec 3 passages successifs à l'usine. Dans l'artisanat, un taux d'extraction supérieur ou égal à 65% ne peut être obtenu qu'avec de très bons moulins bien réglés et bien entretenus. Une extraction inférieure à 50%, par exemple, est considérée comme faible. Le moulin de qualité, donc de débit suffisant, permet une bonne extraction de jus de canne en consommant le moins d'énergie possible. La quantité de rapadou produite dans un atelier dépend donc de la quantité de sucre contenu dans le jus (degré brix) mais également de la quantité de jus que le moulin permet d'extraire.

Normalement, le pressage s'effectue entre un cylindre commun et un cylindre receveur. La bagassière, une pièce métallique dévie la canne afin de l'orienter entre le cylindre commun et un troisième cylindre (repasseur). Dans ces conditions, le diamètre, la longueur, la vitesse de rotation, l'écartement d'entrée et de sortie des cylindres, sont autant de variables qui influent sur le rendement des moulins.



Les moulins peuvent être à traction animale, à traction manuelle ou à moteur. En Colombie par exemple, les ateliers qui travaillent avec des moulins à traction animale ont un niveau de production trois fois moindres que ceux qui sont équipés de moteurs diesels ou électriques, mais peuvent atteindre un niveau de production annuelle de 20 t/an (LOOZEN, 1995). "Ce niveau de production reste convenable pour les ateliers appartenant à des communautés visant l'autosuffisance sans un investissement trop important, sans équipements trop sophistiqués et sans trop de dépendance vis-à-vis des fournisseurs de combustibles et de pièces de rechange" (cf.: supra). Les moulins à traction manuelle par contre, sont généralement de faibles débits; ils nécessitent une quantité d'énergie relativement importante mais peuvent être améliorés afin de réduire la puissance nécessaire.

## Étape 2 : Clarification

Le jus extrait de la canne doit être clarifié et ceci à travers un processus en trois étapes: le pré traitement, le chauffage et l'action des agents clarifiants. Durant le pré traitement, les impuretés (des restes de bagasse, du sable, de la terre, des matériaux flottants divers) sont séparés du jus par décantation et flottation.

Des systèmes plus évolués utilisent des pré nettoyeurs. Le principe du pré nettoyage étant basé sur la différence de densité entre le jus et les impuretés. Un bon pré nettoyage doit réduire considérablement les travaux de purification du jus. Après passage dans les cuves de décantation et de flottation, le jus est transféré par gravité dans une cuve d'évaporation encore appelée cuve receveuse située le plus près de la cheminée. A souligner qu'il faut éviter le transfert des boues. Dans cette cuve, le jus passe de la température ambiante à la température de 65° environ. L'effet combiné de la température

et du temps permet la formation d'une couche d'impuretés appelée "cachaza" en Colombie et flegme en français qui flotte à la surface. Dans le cas des ateliers traditionnels, la clarification, l'évaporation et la concentration du sirop s'effectuent dans une seule et même cuve. L'efficacité de ces opérations est dans ce cas réduite.

Dépourvu d'impuretés, le jus est transféré dans une cuve de clarification. On utilise pour cela des agents flocculants de type végétal. En Colombie des extraits d'écorce de certains arbres comme "el guisamo", "el balsao", "la escoba babosa", "la escoba del fruto del cacao". En Haïti on utilise de préférence, le "bwa dom", le "bwa twompèt", le "bale dou", le "gombo (kalalou)" et le "raket."

La chaux constitue un excellent agent de clarification. Elle aide à obtenir un rapadou de meilleure qualité. Elle facilite la précipitation des composants colorés et des impuretés. Son addition permet de réduire non seulement l'acidité du jus mais aussi de freiner le processus d'inversion du saccharose. Il est recommandé d'utiliser 250-500 grammes pour 1000 litres de jus. On ajoute la moitié au cours de clarification et le reste au cours de l'évaporation.

La première addition d'agents flocculants quand la température atteint 50°C et ne dépasse pas 60°C. Ce qui permet de retirer la cachaza noire quand le liquide atteint 82°C.

La seconde dose de clarifiant ajoutée ensuite permet de retirer la cachaza blanche vers 92°C.

### **Étape 3 : Évaporation**

Le jus clarifié est soumis à un processus d'évaporation. Cette étape consiste à vaporiser le plus économiquement les 90% d'eau du jus clarifié afin d'obtenir le sucre recherché. On passera de 97°C\17 degré brix à 65° brix sans dépasser la température de 102°C. (A partir de 65° brix, on parlera de miel plutôt que de jus). Ce travail s'effectue dans la troisième cuve en partant de la cheminée.

#### **Étape 4 : Concentration**

Cette étape consiste à passer du sirop au rapadou, i-e de 65° brix \ 102°C à 90° brix \ 120°C. Cette étape se réalise dans la dernière cuve située à la proximité du foyer. Au cours de cette étape, les 10% d'eau restante sont retirés. Pour éviter le collage des sucres sur les parois de la cuve et la formation d'écume et de mousse, on ajoute au mélange un corps gras : qui peut être soit une huile végétale de la cire, des graisses animales de choix suivant leur coût. On utilise comme dose 1 litre pour 1000 litres de vesou. Le point d'obtention du rapadou dépend principalement du degré brix et du pourcentage de saccharose (sucre non réduit) du miel. Plus la concentration en saccharose est élevée, moins de sucre inverti contenu dans le mélange, plus le produit final présentera une dureté importante. Normalement, on atteint la concentration idéale du miel entre 116 et 126°C. Le degré brix se situe alors entre 88 et 94° (LOOZEN, op.cit.). Quand la température est trop basse, le rapadou présente une mauvaise texture, cela traduit une trop grande quantité d'humidité (10 et 12%). Quand on augmente la température, on réduit l'humidité et on améliore du coup les caractéristiques physiques. Une des méthodes de détermination de la concentration idéale est d'observer un échantillon de sirop. Celui-ci doit présenter une structure cristalline de grande fragilité capable de donner un son clair lorsqu'on lance une partie de l'échantillon contre la paroi de la cuve de cuisson. Une autre façon est d'observer l'apparition de "mouchoirs" à la surface i-e de grandes bulles d'air ou de pellicules très fines et transparentes (cf. : supra).

#### **Étape 5 : Le Battage**

Le sirop arrivé à sa concentration idéale est déversé dans un récipient en bois appelé canot en Haïti. Le battage consiste à agiter le sirop dans une cuve (en bois ou en métal) quand il atteint le point idéal pour l'obtention du rapadou. Il s'agit d'une agitation intensive au moyen d'un outil en forme de louchet (forme de bêche) en bois ou en acier. L'opération dure environ 10 à 15mn. Elle a pour but de défavoriser la cristallisation et d'augmenter par incorporation d'air la masse du produit. Après une agitation initiale de 3 à 4 mn, on laisse reposer le sirop. L'air incorporé durant le battage provoque un

gonflement de la masse. Le volume augmente et on recommence l'agitation, ce qui provoque au début une chute rapide du sirop. La durée de battage et la hauteur atteinte par le gonflement dépend principalement du degré brix du sirop et de sa pureté (le pourcentage de saccharose dans les solides solubles est déterminé par le degré brix).

Après refroidissement, le sucre artisanal acquiert ses caractéristiques de solide compact. Il est recommandé de peindre les cuves afin d'éviter la coloration du rapadou par oxydation du métal. Pour cette raison, l'emploi d'acier inoxydable serait la solution idéal mais coûteuse.

### **Étape 6 : Moulage et emballage du produit**

Après le battage, le rapadou est coulé en moule. On utilise des moules en bois de formes et de dimensions diverses (carrées, rondes, rectangulaires). Il se présente également dans des caillettes de formes cylindriques et parfois dans des sachets en polypropylène bi orienté.

Les moules sont préalablement mouillées afin d'éviter l'adhérence lors du moulage. Après le démoulage, le rapadou est prêt pour être emballé. Les matériaux d'emballage couramment utilisés sont de diverses nature (sac de polypropylène ou de polyéthylène, caisse en bois, boîte de carton, feuilles de canne séchées, feuilles de bananier, taches de palmiste). L'emballage permet d'assurer une bonne conservation du rapadou entre le moment de sa production et de sa consommation. A défaut de matériaux d'emballage, le rapadou est sujet à des phénomènes de détérioration.

La teneur en humidité est considérée comme facteur de conservation et alternativement de détérioration du produit. Le rapadou est hygroscopique, il peut absorber ou perdre une partie de l'eau qu'il contient. La présence de l'eau favorise l'attaque des micro-organismes (champignons, levures, bactéries,...). A mesure que l'humidité augmente, le produit se ramollit, change de couleur, la teneur en sucres réduits augmente (donc la teneur en saccharose diminue), les micro-organismes apparaissent. Le ramollissement commence par la surface externe et avance jusqu'au cœur du produit. Le phénomène s'accroît quand le produit se fractionne (augmentation de la surface d'exposition). Le phénomène d'absorption

ou de perte d'eau dépend donc des conditions du milieu ambiant : si l'endroit de stockage contient un air sec, le rapadou a tendance à perdre de l'eau et inversement.

Les conditions de stockage varient également avec la durée. Pour un stockage provisoire, on peut prévoir un cellier construit dans un endroit sec (les caisses contenant le rapadou ne seront pas en contact avec le sol, ni avec les murs). La ventilation peut avoir lieu uniquement durant la période de la journée où l'air ambiant est relativement sec, généralement entre 10 et 16 heures. Durant le reste du temps, la porte doit être fermée hermétiquement. En ce sens, le *Convenio de Investigación y divulgación para el Mejoramiento de la Industria Panela* (CIMPA), dans ses essais sur la durée de stockage de la panela, note : « Si l'on souhaite conserver la panela durant une période inférieure à un mois, on peut utiliser les caisses en carton ordinaire dans une ambiance à 70% d'humidité relative et quelle que soit la température ; mais à condition que la teneur en humidité du produit soit inférieure à 7%. Si on veut conserver le produit plus de trois mois, l'humidité relative de l'ambiance devra être inférieure à 65% et la température inférieure à 30°C. De nouveau, il faut une humidité initiale de la Panela inférieure à 7% et idéalement à 5% » (CIMPA, 1992).

A la lecture de la description du processus de fabrication du rapadou, on se rend facilement compte que l'idéal est de travailler avec une batterie de 4 cuves. Lorsque le processus se réalise dans une seule et même cuve, les possibilités d'obtention d'un produit de mauvaise qualité sont élevées pour les raisons suivantes.

Impossibilité d'éliminer les boues déposées dans le fond de la cuve lors de la clarification  
Difficulté de contrôler la température du vesou suite à la non maîtrise du feu. Car certaines étapes doivent être conduites à des températures précises.

**ANNEXE L.- Codes d'expérimentation, Pesées des échantillons de bagasse effectuées, Taux d'humidité de la bagasse déterminés sur le terrain et au laboratoire de BME sur base humide et su base sèche**

**Codes utilisés**

- Atelier 1: Atelier Mateyis (Moulin moteur)
- Atelier 2: Atelier Bonifas Tido (Moulin en bois)
- Atelier 3: Atelier Bernado Carlo (Moulin moteur)
- Atelier 4: Atelier moderne de SOE (Moulin moteur)
- Atelier 5: Atelier Ti Peto (Moulin en bois)
- Atelier 6: Atelier Résilo (Moulin en bois)

**Pesées d'échantillons de bagasse de l'atelier 1**

<b>Jour de séchage au soleil</b>	<b>PA1</b>	<b>PA2</b>	<b>PA3</b>	<b>PA4</b>	<b>PA5</b>
Av. séchage.	1525.0	2059.0	1153.0	1153.0	1349.0
Ap.1 <sup>er</sup> séchage.	1293.0	1432.0	1046.0	1084.7	917.3
Ap. 2 <sup>ème</sup>	1204.0	1328.9	977.5	1043.0	834.7
Ap.3 <sup>ème</sup>	1188.5	1320.2	938.0	1037.5	804.5
Ap.4 <sup>ème</sup>	1183.3	1312.6	918.0	1035.6	792.0
Ap.5 <sup>ème</sup>	1180.3	1307.8	912.0	1034.0	790.0
Ap.6 <sup>ème</sup>	1179.5	1305.0	908.0	1033.8	789.6

**Évolution des taux d'humidité d'échantillons de bagasse prélevés dans l'atelier 1 sur base humide**

<b>Jour de séchage</b>	<b>TA1 (%)</b>	<b>TA2 (%)</b>	<b>TA3 (%)</b>	<b>TA4 (%)</b>	<b>TA5 (%)</b>	<b>Taux moyen (%)</b>
1 <sup>er</sup> séchage	15.21	30.45	9.28	5.92	32.00	18.57
2 <sup>ème</sup>	6.88	7.20	6.55	3.84	9.00	6.70
3 <sup>ème</sup>	1.29	0.65	4.04	0.53	3.62	2.03
4 <sup>ème</sup>	0.44	0.58	2.13	0.18	1.55	0.98
5 <sup>ème</sup>	0.25	0.37	0.65	0.15	0.25	0.34
6 <sup>ème</sup>	0.07	0.21	0.44	0.02	0.05	0.16

## Évolution des taux d'humidité d'échantillons de bagasse prélevés dans l'atelier 1 sur base sèche

Jour de séchage	TA1 (%)	TA2 (%)	TA3 (%)	TA4 (%)	TA5 (%)	Taux moyen (%)
1 <sup>er</sup>	17.94	43.78	10.23	6.30	47.06	25.06
2 <sup>ème</sup>	7.39	7.76	7.01	4.00	9.90	7.21
3 <sup>ème</sup>	1.30	0.66	4.21	0.53	3.75	2.09
4 <sup>ème</sup>	0.44	0.58	2.18	0.18	1.58	0.99
5 <sup>ème</sup>	0.25	0.37	0.66	0.15	0.25	0.34
6 <sup>ème</sup>	0.07	0.21	0.44	0.02	0.05	0.16

## Pesées d'échantillons de bagasse de l'atelier 2

Jour de séchage au soleil	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5
Av. séchage	1425.00	1475.00	800.00	1400.00	975.00
Ap. 1 <sup>er</sup>	979.50	988.20	664.00	1190.00	848.20
Ap. 2 <sup>ème</sup>	822.78	800.40	597.60	1095.00	780.30
Ap. 3 <sup>ème</sup>	740.50	712.30	561.70	1040.20	733.50
Ap. 4 <sup>ème</sup>	710.80	662.40	544.80	1009.00	704.20
Ap. 5 <sup>ème</sup>	696.50	635.90	533.90	988.80	683.10
Ap. 6 <sup>ème</sup>	689.50	617.00	533.70	978.90	669.50

## Évolution des taux d'humidité d'échantillons de bagasse prélevés dans l'atelier 2 sur base humide

Jour de séchage	TB1 (%)	TB2 (%)	TB3 (%)	TB4 (%)	TB5 (%)	Taux Moyens (%)
1 <sup>er</sup>	31.26	33.00	17.00	15.00	13.01	21.85
2 <sup>ème</sup>	16.00	19.00	10.00	7.98	8.01	12.20
3 <sup>ème</sup>	10.00	11.01	6.01	5.00	6.00	7.60
4 <sup>ème</sup>	4.01	7.01	3.01	3.00	3.99	4.20
5 <sup>ème</sup>	2.01	4.00	2.00	2.00	3.00	2.60
6 <sup>ème</sup>	1.01	2.97	0.04	1.00	1.99	1.40

### Évolution des taux d'humidité d'échantillons de bagasse prélevés dans l'atelier 2 sur base sèche

Jour de séchage	TB1 (%)	TB2 (%)	TB3 (%)	TB4 (%)	TB5 (%)	Taux moyens (%)
1 <sup>er</sup>	45.48	49.26	20.48	17.65	14.95	29.56
2 <sup>eme</sup>	19.05	23.46	11.11	8.68	8.70	14.20
3 <sup>eme</sup>	11.11	12.37	6.39	5.27	6.38	8.30
4 <sup>eme</sup>	4.18	7.53	3.10	3.09	4.16	4.41
5 <sup>eme</sup>	2.05	4.17	2.04	2.04	3.09	2.68
6 <sup>eme</sup>	1.02	3.06	0.04	1.01	2.03	1.43

### Pesées d'échantillons de bagasse de l'atelier 3

Jour de séchage au soleil	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Av. séch.	1222.00	1421.00	1647.60	1550.00	1499.00
Ap.1er séch.	838.60	1122.00	1170.00	1426.00	1319.12
Ap.2 <sup>eme</sup> séch.	802.50	950.30	1129.50	1368.90	1226.78
Ap. 3 <sup>eme</sup> sech	776.50	895.50	1127.90	1355.20	1202.20
Ap. 4 <sup>eme</sup> sech.	773.00	893.00	1126.50	1352.60	1190.20
A.p 5 <sup>eme</sup>	772.00	890.90	1125.40	1351.30	1187.50
Ap. 6 <sup>eme</sup> séch.	771.90	889.70	1125.00	1350.10	1185.72

### Évolution des taux d'humidité d'échantillons de bagasse prélevés dans l'atelier 3 sur base humide

Jour de séchage	TC1 (%)	TC2 (%)	TC3 (%)	TC4 (%)	TC5 (%)	Taux Moyens (%)
1 <sup>er</sup>	31.37	21.04	28.99	8.00	12.00	20.28
2 <sup>ème</sup>	4.30	15.30	3.46	4.00	7.00	6.81
3 <sup>ème</sup>	3.24	5.77	0.14	1.00	2.00	2.43
4 <sup>ème</sup>	0.45	0.28	0.12	0.19	1.00	0.41
5 <sup>ème</sup>	0.13	0.24	0.10	0.10	0.23	0.16
6 <sup>ème</sup>	0.01	0.13	0.04	0.09	0.15	0.08

### Évolution des taux d'humidité d'échantillons de bagasse prélevés dans l'atelier 3 sur base sèche

Jour de séchage	TC1 (%)	TC2 (%)	TC3 (%)	TC4 (%)	TC5 (%)	Taux Moyens (%)
1 <sup>er</sup>	45.72	26.65	40.82	8.70	13.64	27.10
2 <sup>ème</sup>	4.50	18.07	3.59	4.17	7.53	7.57
3 <sup>ème</sup>	3.35	6.12	0.14	1.01	2.04	2.53
4 <sup>ème</sup>	0.45	0.28	0.12	0.19	1.01	0.41
5 <sup>ème</sup>	0.13	0.24	0.10	0.10	0.23	0.16
6 <sup>ème</sup>	0.01	0.13	0.04	0.09	0.15	0.08

### Pesées d'échantillons de bagasse de l'atelier 4

Jour de séchage	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5
Av. séch.	1300.00	950.00	1525.00	1575.00	1704.50
Ap. 1 <sup>er</sup> séch.	1140.00	820.00	1388.50	1450.00	1522.40
Ap 2 <sup>ème</sup> sech	1047.80	760.80	1291.70	1387.60	1461.50
Ap 3 <sup>ème</sup> sech	1036.00	756.20	1263.30	1385.00	1457.80
Ap 4 <sup>ème</sup> sech	1025.60	753.50	1260.70	1382.50	1455.00
Ap. 5 <sup>ème</sup> séch.	1024.60	752.00	1258.40	1381.50	1453.40
Ap. 6 <sup>ème</sup> sech	1023.70	752.00	1258.20	1381.00	1451.90

### Évolution des taux d'humidité d'échantillons de bagasse prélevés dans l'atelier 4 sur base humide

Jour de séchage	TD1 (%)	TD2 (%)	TD3 (%)	TD4 (%)	TD5 (%)	Taux Moyens (%)
1 <sup>er</sup>	12.31	13.68	8.95	7.94	10.68	10.71
2 <sup>ème</sup>	8.09	7.22	6.97	4.30	4.00	6.12
3 <sup>ème</sup>	1.13	0.60	2.20	0.19	0.25	0.87
4 <sup>ème</sup>	1.00	0.36	0.21	0.18	0.19	0.39
5 <sup>ème</sup>	0.10	0.20	0.18	0.07	0.11	0.13
6 <sup>ème</sup>	0.09	0.00	0.02	0.04	0.10	0.05

### Évolution des taux d'humidité d'échantillons de bagasse prélevés dans l'atelier 4 sur base sèche

Jour de séchage	TD1 (%)	TD2 (%)	TD3 (%)	TD4 (%)	TD5 (%)	Taux Moyens (%)
1 <sup>er</sup>	14.04	15.85	9.83	8.62	11.96	12.06
2 <sup>ème</sup>	8.80	7.78	7.49	4.50	4.17	6.55
3 <sup>ème</sup>	1.14	0.61	2.25	0.19	0.25	0.89
4 <sup>ème</sup>	1.01	0.36	0.21	0.18	0.19	0.39
5 <sup>ème</sup>	0.10	0.20	0.18	0.07	0.11	0.13
6 <sup>ème</sup>	0.09	0.00	0.02	0.04	0.10	0.05

### Pesées d'échantillons de bagasse de l'atelier 5

Jour de séchage	PE1	PE2	PE3	PE4	PE5
Av. séch.	1988.00	1942.00	1940.00	1789.00	1620.00
Ap.1 <sup>er</sup> séch.	1360.00	14442.00	1318.00	1250.00	1255.50
Ap.2 <sup>ème</sup> séch.	962.80	1146.00	1085.30	925.50	1017.40
Ap.3 <sup>ème</sup> séch.	802.30	941.00	1044.40	785.10	847.79
Ap.4 <sup>ème</sup> séch.	777.20	917.50	1038.90	769.00	832.50
Ap.5 <sup>ème</sup>	770.20	906.50	1034.10	755.10	825.10
Ap.6 <sup>ème</sup> séch.	764.40	898.00	1032.20	743.70	818.30

### Évolution des taux d'humidité d'échantillons de bagasse prélevés dans l'atelier 5 sur base humide

Jour de séchage	TE1 (%)	TE2 (%)	TE3 (%)	TE4 (%)	TE5 (%)	Taux Moyens (%)
1 <sup>er</sup>	31.59	25.75	32.06	30.13	22.50	28.41
2 <sup>ème</sup>	29.21	20.52	17.66	25.96	18.96	22.42
3 <sup>ème</sup>	16.67	17.89	3.77	15.17	16.67	14.03
4 <sup>ème</sup>	3.13	2.50	0.53	2.05	1.80	2.00
5 <sup>ème</sup>	0.90	1.20	0.46	1.81	0.89	1.05
6 <sup>ème</sup>	0.75	0.94	0.18	1.51	0.82	0.84

### Évolution des taux d'humidité d'échantillons de bagasse prélevés dans l'atelier 5 sur base sèche

Jour de séchage	TE1 (%)	TE2 (%)	TE3 (%)	TE4 (%)	TE5 (%)	Taux Moyens (%)
1 <sup>er</sup>	46.18	34.67	47.19	43.12	29.03	40.04
2 <sup>ème</sup>	41.25	25.83	21.44	35.06	23.40	29.40
3 <sup>ème</sup>	20.00	21.78	3.92	17.88	20.01	16.72
4 <sup>ème</sup>	3.23	2.56	0.53	2.09	1.84	2.05
5 <sup>ème</sup>	0.91	1.21	0.46	1.84	0.90	1.06
6 <sup>ème</sup>	0.76	0.95	0.18	1.53	0.83	0.85

### Pesées d'échantillons de bagasse de l'atelier 6

Jour de séchage	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5
Avant séchage	1000.00	750.00	1180.00	950.00	1000.00
Ap. 1 <sup>er</sup>	800.00	671.00	1000.00	800.00	825.00
Ap. 2 <sup>ème</sup>	736.00	644.50	950.00	700.50	718.50
Ap. 3 <sup>ème</sup>	730.70	641.30	945.00	686.80	707.00
Ap. 4 <sup>ème</sup>	728.70	638.70	943.30	683.40	704.80
Ap. 5 <sup>ème</sup>	728.60	638.60	941.90	683.00	703.10
Ap. 6 <sup>ème</sup>	728.50	638.50	941.10	682.80	702.40

### Évolution des taux d'humidité d'échantillons de bagasse 6 prélevés dans l'atelier 6 sur base humide

Jour de séchage	TF1 (%)	TF2 (%)	TF3 (%)	TF4 (%)	TF5 (%)	Taux Moyens (%)
1 <sup>er</sup>	20.00	10.53	15.25	15.79	17.50	15.82
2 <sup>ème</sup>	8.00	3.95	5.00	12.44	12.91	8.46
3 <sup>ème</sup>	0.72	0.50	0.53	1.96	1.60	1.06
4 <sup>ème</sup>	0.27	0.41	0.18	0.50	0.31	0.33
5 <sup>ème</sup>	0.01	0.02	0.15	0.06	0.24	0.10
6 <sup>ème</sup>	0.01	0.01	0.08	0.03	0.10	0.05

## Évolution des taux d'humidité d'échantillons de bagasse prélevés dans l'atelier 6 sur base sèche

Jour de séchage	TF1 (%)	TF2 (%)	TF3 (%)	TF4 (%)	TF5 (%)	Taux Moyens (%)
1 <sup>er</sup>	25.00	11.77	18.00	18.75	21.21	18.95
2 <sup>ème</sup>	8.70	4.11	5.26	14.20	14.82	9.42
3 <sup>ème</sup>	0.73	0.50	0.53	1.99	1.63	1.07
4 <sup>ème</sup>	0.27	0.41	0.18	0.50	0.31	0.33
5 <sup>ème</sup>	0.01	0.02	0.15	0.06	0.24	0.10
6 <sup>ème</sup>	0.01	0.01	0.08	0.03	0.10	0.05

### Données collectées au laboratoire du BME

Ces échantillons sont restés aux fours pendant 24 heures à la température de 70°C.

### Atelier 1

Échantillons	Avant séchage	Après séchage	Variation
Initial A <sub>0</sub>	89.2734	71.6733	17.6001
1 A <sub>1</sub>	50.7879	45.1555	5.6324
2 A <sub>2</sub>	63.3312	57.5364	5.7448
3 A <sub>3</sub>	31.0893	28.285	2.8043
4 A <sub>4</sub>	61.0692	55.7073	5.3619
5 A <sub>5</sub>	76.6906	70.2486	6.4420
6 A <sub>6</sub>	64.5288	59.2067	5.3221

## Évolution des taux d'humidité de la bagasse de l'atelier 1 sur base humide et sèche

Échantillons	Base humide (%)	Base sèche (%)
Initial A <sub>0</sub>	19.71	24.56
1 A <sub>1</sub>	11.09	12.47
2 A <sub>2</sub>	9.15	10.07
3 A <sub>3</sub>	9.02	9.91
4 A <sub>4</sub>	8.78	9.63
5 A <sub>5</sub>	8.40	9.17
6 A <sub>6</sub>	8.25	8.99

## Atelier 2

Échantillons	Avant séchage	Après séchage	Variation
Initial B <sub>0</sub>	91.2758	56.5832	34.6926
1 B <sub>1</sub>	63.8399	51.0721	12.7678
2 B <sub>2</sub>	57.3369	50.4564	6.8805
3 B <sub>3</sub>	41.4533	37.3163	4.1370
4 B <sub>4</sub>	63.5719	57.9142	5.6577
5 B <sub>5</sub>	65.9034	60.6311	5.2723
6 B <sub>6</sub>	78.2673	73.5634	4.7039

### Évolution des taux d'humidité d'échantillons de bagasse de l'atelier 2 sur base humide et sèche

Échantillons	Base humide (%)	Base sèche (%)
Initial B <sub>0</sub>	38.01	61.31
1 B <sub>1</sub>	20.00	25.00
2 B <sub>2</sub>	12.00	13.64
3 B <sub>3</sub>	9.98	11.09
4 B <sub>4</sub>	8.90	9.77
5 B <sub>5</sub>	8.00	8.70
6 B <sub>6</sub>	6.01	6.39

## Atelier 3

Échantillons	Avant séchage	Après séchage	Variation
Initial C <sub>0</sub>	82.8940	62.9995	19.8945
1 C <sub>1</sub>	54.2131	43.7391	10.4740
2 C <sub>2</sub>	80.6701	69.3279	11.3422
3 C <sub>3</sub>	69.0392	62.3838	6.6554
4 C <sub>4</sub>	65.9407	60.2504	5.6903
5 C <sub>5</sub>	73.1593	67.2773	5.8820
6 C <sub>6</sub>	80.6668	75.6574	5.0094

**Évolution des taux d'humidité d'échantillons de bagasse de l'atelier 3 sur  
base sèche et humide**

<b>Échantillons</b>	<b>Base humide (%)</b>	<b>Base sèche (%)</b>
Initial C <sub>0</sub>	24.00	31.58
1 C <sub>1</sub>	19.32	23.95
2 C <sub>2</sub>	14.06	16.36
3 C <sub>3</sub>	9.64	10.67
4 C <sub>4</sub>	8.63	9.44
5 C <sub>5</sub>	8.04	8.74
6 C <sub>6</sub>	6.21	6.62

**Atelier 4**

<b>Échantillons</b>	<b>Avant séchage</b>	<b>Après séchage</b>	<b>Variation</b>
Initial D <sub>0</sub>	77.8123	60.7325	17.0798
1 D <sub>1</sub>	73.151	62.2368	10.9142
2 D <sub>2</sub>	74.0329	64.9713	9.0616
3 D <sub>3</sub>	63.4447	56.4341	7.0106
4 D <sub>4</sub>	72.0304	65.1443	6.8861
5 D <sub>5</sub>	83.9963	76.9154	7.0809
6 D <sub>6</sub>	69.6459	63.8026	5.8433

**Évolution des taux d'humidité d'échantillons de bagasse de l'atelier  
4 sur base sèche et humide**

<b>Échantillons</b>	<b>Base humide (%)</b>	<b>Base sèche (%)</b>
Initial D <sub>0</sub>	21.95	28.12
1 D <sub>1</sub>	14.92	17.54
2 D <sub>2</sub>	12.24	13.95
3 D <sub>3</sub>	11.05	12.42
4 D <sub>4</sub>	9.56	10.57
5 D <sub>5</sub>	8.43	9.21
6 D <sub>6</sub>	8.39	9.16

## Atelier 5

Échantillons	Avant séchage	Après séchage	Variation
Initial E <sub>0</sub>	84.0205	58.2367	25.7838
1 E <sub>1</sub>	58.5573	45.4278	13.1295
2 E <sub>2</sub>	53.9716	48.4188	5.5528
3 E <sub>3</sub>	64.0087	57.9023	6.1064
4 E <sub>4</sub>	71.7001	65.0105	6.6896
5 E <sub>5</sub>	54.1773	49.3152	4.8621
6 E <sub>6</sub>	78.8982	72.1488	6.7494

### Évolution des taux d'humidité d'échantillons de bagasse de l'atelier 5 sur base sèche et humide

Échantillons	Base humide (%)	Base sèche (%)
Initial E <sub>0</sub>	30.69	44.27
1 E <sub>1</sub>	22.42	28.90
2 E <sub>2</sub>	10.29	11.47
3 E <sub>3</sub>	9.54	10.55
4 E <sub>4</sub>	9.33	10.29
5 E <sub>5</sub>	8.97	9.86
6 E <sub>6</sub>	8.55	9.35

## Atelier 6

Échantillons	Avant séchage	Après séchage	Variation
Initial F <sub>0</sub>	58.8387	35.3366	23.5021
1 F <sub>1</sub>	57.6947	46.9254	10.7693
2 F <sub>2</sub>	43.3656	39.6318	3.7338
3 F <sub>3</sub>	49.5491	45.3721	4.1770
4 F <sub>4</sub>	40.2493	38.6245	1.6248
5 F <sub>5</sub>	42.2058	40.6231	1.5827
6 F <sub>6</sub>	45.3020	43.6349	1.6671

## Évolution des taux d'humidité d'échantillons de bagasse de l'atelier 6 sur base sèche et humide

Échantillons	Base humide (%)	Base sèche (%)
Initial F <sub>0</sub>	39.94	66.51
1 F <sub>1</sub>	18.67	22.95
2 F <sub>2</sub>	8.61	9.42
3 F <sub>3</sub>	8.43	9.21
4 F <sub>4</sub>	4.04	4.21
5 F <sub>5</sub>	3.75	3.90
6 F <sub>6</sub>	3.68	3.82

## **ANNEXE K.- Formulaire d'enquête utilisé**