Projet d'appui aux systèmes d'activités rizicoles en territoire de mangrove (SARITEM)

Composante mise en valeur agricole durable et développement des filières riz et sel

Thème 3 - Mécanisation agricole

Amélioration d'équipements post récolte (usinage et étuvage)

Auteurs : THAUNAY Patrice et CRUZ Jean François
Participants IRAG : Dr CISSE N'Famara, KOMARA Mamady et Dr BARRY Mamadou Billo

CIRAD
(Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) - France

IRAG
(Institut de Recherche Agronomique de Guinée) - Guinée

Mars 2022

Projet d'appui aux systèmes d'activités rizicoles en territoire de mangrove (SARITEM)

Composante mise en valeur agricole durable et développement des filières riz et sel

Thème 3 - Mécanisation agricole

Amélioration d'équipements post récolte (usinage et étuvage)

CIRAD
(Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) - France

IRAG
(Institut de Recherche Agronomique de Guinée) - Guinée

Mars 2022

Auteurs: THAUNAY Patrice, CRUZ Jean-François

Cirad (Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) UMR QualiSud, Département Persyst, TA B-95/15, 73 rue J.- F. Breton, 34398 Montpellier Cedex 5, France.

Participants IRAG : Dr CISSE N'Famara, KOMARA Mamady et Dr BARRY Mamadou Billo

IRAG (Institut de Recherche Agronomique de Guinée)
BP: 1523, Boulevard du Commerce, Conakry, Guinée

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier:

- Le Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage de Guinée, représenté par la Direction Nationale du Génie Rural (DNGR), dirigée par M. TOURE Toumany, et l'unité de coordination du projet Saritem (UCP), représentée par M. BALDE Saïkou Yaya, coordonnateur du projet, M. CISSOKO Mohamed, responsable du suivi évaluation et M. VERLINDEN Eric, assistant technique principal.

- L'Institut de Recherche Agronomique de Guinée (IRAG) et particulièrement le Directeur Général Dr BARRY Mamadou Laho, le Directeur Scientifique Dr GBONAMOU Michel, Dr BARRY Mamadou Billo, ancien Directeur Scientifique en retraite, Dr CISSE N'Farama, Directeur de la station de recherche de Koba et coordonnateur du volet Recherche & développement du Projet Saritem, M. KOMARA Mamady, chef du programme Agro-alimentaire et tous les chercheurs, techniciens et personnels administratifs qui ont directement participé à la préparation et à la réalisation de la mission

- L'Agence Française de Développement (AFD) et particulièrement Mme DELORME Mélanie Chargée de projets développement rural.

- La Maison Guinéenne de l'Entrepreneur (MGE) et notamment : M. CAMARA Kerfala, Directeur exécutif, M. CAMARA N'Faly, coordonnateur technique et délégué régional MGE pour la Basse Guinée et Mme ESSOKOUA Michelle, assistante technique GRET-MGE

- Les différents opérateurs de la filière (responsables locaux, constructeurs d'équipements, transformateurs privés, transformatrices étuveuses, commerçantes, ...) qui ont fait part de leur expérience et fourni d'intéressantes informations.

Nota : Ce travail est soutenu financièrement par l'AFD (Agence Française de Développement). Il ne reflète pas nécessairement les vues et en aucun cas ne préfigure la politique future de l'AFD dans le domaine.

Photos de couverture :

- Décortiqueurs-blanchisseurs à chambre hexagonale à Dixinn – Koba (© P. Thaunay, Cirad)
- Etuvage du riz paddy à Bassengué – Koba (© P. Thaunay, Cirad)

SOMMAIRE

	Pages
I) GENERALITES	**2**
1.1. Le projet Saritem	2
1.2. Cadre de la mission	2
1.3. Objectifs Principaux et spécifiques	2
1.4. Déroulement de la mission	3
II) PRODUCTION ET SYSTEME APRES-RECOLTE DU RIZ EN GUINEE MARITIME	**4**
2.1. Production et variétés cultivées	4
2.2. Périodes de récolte	4
2.3. Opérations après-récolte	5
2.3.1. Récolte et séchage	5
2.3.2. Battage et stockage	5
III) TRANSFORMATION DU RIZ EN GUINEE MARITIME	**7**
3.1. Etuvage et séchage	7
3.1.1. Intérêt de l'étuvage	7
3.1.2. Pratique de l'étuvage en Guinée Maritime	7
3.2. Transformation	9
3.2.1. Généralités sur les équipements d'usinage du riz	9
3.2.2. Techniques de décorticage en Guinée Maritime	11
3.2.3. Installations de décorticage	16
IV) DEVELOPPEMENT DU DECORTICAGE MECANIQUE	**16**
4.1. Choix d'une technologie d'usinage	16
4.2. Proposition d'un diagramme d'usinage	17
V) DEVELOPPEMENT DE L'ETUVAGE	**18**
5.1. Etuveuses actuelles	18
5.1.1. La marmite traditionnelle	18
5.1.2. Les étuveuses dites améliorées	18
5.2. Propositions d'amélioration des matériels d'étuvage	20
5.2.1. Etude fonctionnelle	20
5.2.2. Propositions d'améliorations et de re-conception d'étuveuses	21
5.2.3. Perspectives	24
V) CONCLUSIONS	**25**
Bibliographie sommaire	25
Annexes	**26**

I) GENERALITES

1.1. Le projet Saritem

Le projet Saritem (Systèmes d'Activités Rizicoles en Territoires de Mangrove de Guinée) vise à améliorer la sécurité alimentaire et les revenus dans les systèmes d'activités rizicoles durables des territoires de mangroves tout en préservant l'écosystème environnant,

D'une durée de 5 ans, ce projet qui s'inscrit dans les priorités du Gouvernement de la République de Guinée, bénéficie d'un financement alloué par l'Agence française pour le développement (AFD) au titre d'une convention de financement de mars 2017 entre le Gouvernement de la République Française et le Gouvernement de la République de Guinée.

La Direction Nationale du Génie Rural (DNGR) qui représente le Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage de Guinée est le Maître d'Ouvrage délégué du projet Saritem. En 2019, elle a confié le volet Recherche Développement de la composante 2 "Mise en valeur agricole durable et développement des filières riz et sel solaire" à l'Institut de Recherche Agronomique de Guinée (IRAG), institution publique responsable de recherche agronomique en Guinée.

C'est dans ce cadre que l'IRAG a sollicité le Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad) pour bénéficier d'une collaboration scientifique et technique sur quatre thèmes principaux : (t1) le suivi de la fertilité des sols de mangrove, (t2) la recherche variétale, (t3) la mécanisation agricole et (t4) le renforcement des capacités interne/formation des chercheurs.

1.2. Cadre de la mission

Cette mission Cirad constitue l'une des différentes missions d'appui scientifique et technique du Cirad à l'IRAG. Elle concerne plus spécifiquement le volet « Amélioration des équipements de post récolte » du thème 3 « Mécanisation agricole ».

Cette mission Cirad devait initialement être réalisée par Jean-François CRUZ, chercheur sénior de l'UMR QualiSud (https://umr-qualisud.cirad.fr/) spécialiste des technologies post-récolte des céréales. Mais elle a finalement été assurée par Patrice THAUNAY, ingénieur d'études et de recherche en conception d'équipements de l'UMR QualiSud. Jean-François CRUZ a toutefois participé à l'organisation de la mission, à la conception des protocoles d'essais, à l'analyse des résultats obtenus et à la rédaction du rapport de mission.

1.3. Objectifs principaux et spécifiques

Les principaux objectifs de la mission étaient les suivants:

- Amélioration de la qualité du riz décortiqué et blanchi
- Amélioration de la qualité du riz étuvé.
- Amélioration des technologies mises en œuvre (étuvage et usinage)

De façon spécifique, les activités à mener pendant la mission étaient :

- Analyser l'inventaire exhaustif des équipements existant pour les opérations post-récolte du riz produit en Guinée Maritime (batteuses, étuveuses, décortiqueurs…).
- Finaliser les protocoles d'essais des étuveuses.
- Finaliser les protocoles d'essais des décortiqueurs Engelberg et à rouleaux.
- Sélectionner des installations pour le suivi des équipements et programmer les tests de fonctionnement.
- Faire un état des lieux sur les techniques et les équipements de séchage du riz.
- Visiter des unités de transformation sélectionnées pour la réalisation des essais.
- Rencontrer des fabricants de matériels et/ou des revendeurs d'équipements
- Proposer la conception d'une étuveuse améliorée
- Faire une restitution du déroulement de la mission et des premières propositions retenues.
- Rédiger un rapport provisoire sur ces activités

1.4. Déroulement de la mission

La mission a été réalisée en plusieurs phases

- Visites aux institutions et aux fournisseurs d'équipements (revendeurs et artisans) à Conakry
- Déplacements en zones du projet : Koba, Boké, Wamounou, Tougnifily,
- Déplacement à Kindia

Elle s'est déroulée du 7 au 18 février 2022 selon le calendrier suivant :

Tableau 1. Calendrier de la mission

Dates	Activités	Nuitée
Lundi 7/2	Voyage de Montpellier à Conakry -	Conakry
Mardi 8/2	Rencontres à l'IRAG à Conakry (DG, DS). Validation du programme mission Rencontre avec AFD et MGE Déplacement Conakry- Koba	Koba
Mercredi 9/2	Visite de la rizerie de Denken à Boké (déplacement pour la journée) Visite du centre d'étuvage de Denken de la rizerie de Denken Rencontre avec l'artisan M. TRAORE Mamadou à Boké Visite de la plaine de Batipon à Wamounou Rencontre avec le Groupement des femmes étuveuses de Tougnifily	Koba
Jeudi 10/2	Visite de la station IRAG de Koba. Rencontre avec les femmes étuveuses de Bassengué à Koba et réalisation d'essais d'étuvage. Visite du décortiqueur de M. BARRY Mamadou à Bassengué et réalisation d'essais de décorticage (mais manque de riz paddy) Visite de la rizerie de Dixinn à Koba	Koba
Vendredi 11/2	Réunion à l'IRAG de Koba Réajustement des Protocoles d'essais; Point des actions menées à Koba en matière d'étuvage; Idées pour la conception d'un nouveau modèle d'étuveuses (Analyse fonctionnelle) Bilan des enquêtes réalisées par l'IRAG. Analyse de l'inventaire des équipements de la zone d'étude	Koba
Samedi 12/2	Visite du décortiqueur Engelberg de M. TOURE Abdoulaye à Koba Essai de décortiqueurs à cage à Dixinn Essai du décortiqueur Engelberg de M. BANGOURA Soriba Visite du décortiqueur à rouleaux SATAKE à l'IRAG de Koba Visite de 2 décortiqueurs à rouleaux électriques Visite de la Plaine de Koba Essai du décortiqueur de M. BARRY Mamadou à Bassengué	Koba
Dimanche 13/2	Déplacement Koba-Kindia Visite de l'atelier AFAMAPOR de Kindia (M. KANTE Aboubacar) Visite à l'IRAG de Foulaya à Kindia Bilan des visites de terrain et début de rédaction du rapport	Kindia
Lundi 14/2	Récupération de devis d'étuves chez KANTE Déplacement Kindia-Conakry Visite de l'atelier COM-BAT à Conakry (M. DOUMBOUYA Mamby, artisan) Discussions à l'IRAG Conakry - Discussions avec MGE	Conakry
Mardi 15/2	Test PCR (Covid-19) pour voyage de retour Visite à la DNGR Visite d'équipementiers et de revendeurs d'équipements à Conakry	Conakry
Mercredi 16/2	Réunions à l'IRAG	Conakry
Jeudi 17/2	Restitution à l'IRAG du déroulement de la mission – Synthèse - Finalisation Départ de Conakry à 22h45	Voyage Retour

II) PRODUCTION ET SYSTEME APRES-RECOLTE DU RIZ EN GUINEE MARITIME

2.1. Production et variétés cultivées

La Guinée est un des principaux pays rizicoles d'Afrique avec une production annuelle qui varie entre 2 et 2,5 Mt (d'après les statistiques fournies par la FAO, https://www.fao.org/faostat/en/#data). Cette production est en progression constante depuis le début des années 2000 où elle n'atteignait que 1 Mt. La production de riz est essentiellement le fait de nombreux petits exploitants qui disposent souvent de moins de 2 ha. Par insuffisance d'intrants et de pratiques culturales appropriées, les rendements restent faibles et souvent compris entre 1 et 1,5 T/ha.

En 2019, la production annuelle de riz en Guinée a été estimée à environ 2,6 Mt pour une superficie cultivée voisine de 2 Mha soit un rendement moyen voisin de 1,3 t/ha (Faostat)

La Guinée Maritime, où la riziculture en écosystème de mangrove prédomine, est une des zones rizicoles excédentaires du pays. Le développement de la riziculture de mangrove est une des principales préoccupations du gouvernement guinéen qui, avec l'appui de ses partenaires au développement, a mis en œuvre plusieurs projets successifs d'aménagement des périmètres rizicoles visant à en améliorer la production, dont le dernier en date est le projet Saritem.

Selon les enquêtes réalisées en avril 2021 par l'IRAG et la MGE dans les communes rurales de Tougnifily, Koba, Wonkifong et Kaback, qui sont 4 communes d'intervention du projet Saritem les principales variétés qui y sont cultivées sont indiquées au tableau 2 :

Tableau 2. Principales variétés usinées dans la zone du projet Saritem

Tougnifily	Koba	Wonkifong	Kaback
Hawa Bangoura	**Massaraka**	**Yéguéty**	**Kaolaka**
Massaraka	**M'Bappéya**	**Yari Koba**	M'ma Yanssané
Kinsampena	**Rok5**	**Botongolé**	Kanté Malé
Balanta	NERICA X	Djoumaya	Moko
		Kalèya	Tomboliya
		Rok5	Foté Malé
			Kondji Kha Khatè (Rok5)
			Elhadj Mouna Dèba

Les variétés « en gras » sont les variétés à gros grains à caryopse blanc recherchées par les commerçants.

Un des thèmes principaux du projet Saritem concerne précisément la conservation et l'enrichissement de la collection de variétés de riz de mangrove.

2.2. Périodes de récolte

Le riz de mangrove est généralement récolté entre novembre et janvier.

Les différentes périodes du calendrier cultural de la production du riz de mangrove sont illustrées dans le tableau 3

Tableau 3. Saisons et récolte du riz de mangrove en Guinée

Périodes	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
Saisons	--	--	--	--	///	///	///	///	///	///	--	--
Récolte	$									#	# $	$

Saisons: -- Saison sèche /// Saison des pluies
Récolte : # riz de coteaux $ riz de mangrove

2.3. Opérations après-récolte

2.3.1. Récolte et séchage

La récolte est généralement effectuée manuellement au couteau ou à la faucille. Les panicules récoltées sont souvent mises en petites gerbes et laissées au champ durant quelques jours pour un pré-séchage avant d'être ramenées au village à l'aide de bassines (pour les femmes et les enfants) ou de hottes (pour les hommes). Souvent, les panicules sont regroupées en meules au champ pour permettre un pré-séchage avant battage. D'après les producteurs, les riz de mangrove, récoltés en début de saison sèche, peuvent être facilement séchés au soleil et stockés en grains après battage.

Photo 1. Riz dans la plaine de Batipon à Wamounou vers Boké (© P. Thaunay, Cirad)

2.3.2. Battage et stockage

Après le pré-séchage au champ ou dans les concessions, les épis sont battus au fur et à mesure des besoins (consommation ou vente). Le battage est essentiellement réalisé de manière traditionnelle sur des aires de battage en frappant les gerbes avec un bâton. La mécanisation du battage est encore assez peu pratiquée dans la zone de mangrove. Les rares batteuses mécaniques identifiées sont des batteuses d'origine vietnamienne commercialisées par la Société Super Technique Agricole de Conakry (photo 2).

Photo 2. Batteuse d'origine vietnamienne vue dans la plaine de Koba (© P. Thaunay, Cirad)

Nota : Moissonneuses-batteuses

Dans les plaines rizicoles de Guinée Maritime, on constate l'utilisation de plus en plus fréquente de moissonneuses-batteuses.

Il s'agit de petites machines chinoises de type « *Rice combine harvester 4LZ-4OE* » de 2,2 m de barre de coupe (photo 3). Le batteur est un batteur à battes de type axial flow. La vitesse de travail moyenne serait de 0,2 ha/h. Les machines sont équipées d'un moteur de 88 hp (65 kW).

Photo 3. Petites moissonneuses-batteuses chinoises à Koba (© P. Thaunay, Cirad)

Après battage, les grains sont vannés et tamisés pour éliminer les impuretés légères (pailles, grains vides …) ou lourdes (graviers, sables…). Ce travail est réalisé manuellement, essentiellement par les femmes ou les personnes âgées. Là encore, la mécanisation du vannage et du nettoyage est quasi-inexistante.

Enfin les grains propres et secs sont le plus souvent stockés en sacs (jute ou polypropylène) dans les habitations ou des magasins ou encore des hangars conçus à cet effet (photo 4).

Photo 4. Stockage en sacs sous hangar à la rizerie de Denken (© P. Thaunay, Cirad)

III) TRANSFORMATION DU RIZ EN GUINEE MARITIME

3.1. Etuvage et séchage

3.1.1 Intérêt de l'étuvage

D'un point de vue technique, l'étuvage est un procédé qui consiste en une précuisson du riz paddy préalablement hydraté à une teneur en eau voisine de 30%. Cette précuisson permet une gélatinisation de l'amidon qui perd sa structure cristalline pour former des complexes assurant une forte cohésion du grain. L'étuvage améliore donc la qualité technologique du riz (rendement au décorticage) en ressoudant les grains clivés diminuant ainsi le taux de brisures. Il accroît les qualités organoleptiques (fermeté et absence de collant) et nutritionnelle en enrichissant l'amande en vitamines hydrosolubles (vitamine B) et en minéraux initialement concentrés dans le péricarpe.

3.1.2. Pratique de l'étuvage en Guinée Maritime

L'étuvage du riz est une pratique traditionnelle en Guinée Maritime, comme partout en Guinée. Cette opération d'étuvage est fondamentale car l'essentiel de la commercialisation du riz local concerne le riz étuvé. Le consommateur urbain lui reconnaît ses bonnes qualités culinaires, gustatives et nutritionnelles. Même s'il nécessite une durée de cuisson plus importante que le riz blanc, le riz étuvé gonfle mieux et apparaît de ce point de vue plus économique à la ménagère.

La technique actuelle de l'opération d'étuvage comporte les étapes suivantes:

- ***Nettoyage*** du paddy par trempage rapide des grains dans un fût rempli d'eau. Les grains sont ainsi lavés et les impuretés légères qui surnagent (grains vides, pailles…) sont éliminées.
- ***Trempage*** du paddy propre dans un récipient (grande marmite ou fût coupé aux 2/3) rempli d'eau préalablement chauffée. On continue à chauffer durant un laps de temps (inférieur à ½ heure) puis on transvase le tout dans un grand fût et on laisse reposer toute la nuit (soit environ 12 h)
- ***Vidange*** du fût de trempage
- ***Etuvage*** à la vapeur. Le paddy trempé est versé dans un récipient ou cuve d'étuvage (marmite ou fût coupé) auquel on ajoute 10% à 15% d'eau. Le tout est mis à chauffer après avoir recouvert le haut de tissus ou sacs de jute. L'étuvage est arrêté lorsque la vapeur apparaît en surface et que les balles qui entourent les grains commencent à s'ouvrir. Cette opération peut durer de 30 à 40 mn selon l'intensité du feu.

  Outre les besoins en récipient (marmites ou fûts), le trempage à l'eau chaude et l'étuvage nécessite un investissement en bois de chauffe. Avec les foyers traditionnels (récipient posé sur 3 pierres), il faut environ un fagot de bois pour étuver 2 sacs de paddy (120 kg).

  Mais parfois les étapes sont différentes comme c'est le cas à Bassengué (Koba) où le trempage est réalisé directement dans les mêmes cuves ou fût métalliques qui servent à l'étuvage (photos 5 et 6). En fin de journée, les femmes étuveuses remplissent chaque cuve de 160 litres d'eau puis versent 2 sacs de riz paddy et chauffent durant 45 mn. Le mélange est ensuite laissé à tremper jusqu'au lendemain en fin d'après-midi. Les femmes procèdent alors à la vidange de l'eau de trempage puis à l'ajout de 15 litres d'eau pour réaliser l'étuvage qui dure environ 1 h.

Trempage dans les cuves

Vidange de l'eau de trempage

Photos 5. Le trempage du paddy à Bassengué -Koba (© P. Thaunay, Cirad)

Etuvage dans la même cuve

Vidange du paddy étuvé

Photos 6. Etuvage et vidange à Bassengué -Koba (© P. Thaunay, Cirad)

Cette pratique couramment utilisée en Guinée Maritime donne un riz généralement considéré comme de bonne qualité. L'étuvage direct est incorrect car la pré-cuisson se fait sur des grains qui ne sont pas suffisamment hydratés. Le produit contient alors des grains à « ventre blanc » caractéristiques d'une gélatinisation imparfaite de l'amidon.

- ***Séchage*** des grains. Le paddy étuvé est étalé en couche mince sur une aire de séchage extérieure (nattes, bâches, aire cimentée...) et périodiquement remué pour homogénéiser le séchage. Selon les conditions climatiques, le séchage peut durer une matinée à une journée (photo 7).

Photo 7. Séchage du paddy après étuvage à Bassengué - Koba (© P. Thaunay, Cirad)

Les visites et les discussions réalisées au cours de la mission n'ont pas permis d'identifier des équipements de séchage spécifiques en Guinée Maritime. A terme on pourrait envisager l'utilisation de séchoirs statiques équipés de générateurs d'air chaud (fioul ou balle de riz). Ces séchoirs à case à fond perforé permettent de sécher les grains par lots successifs

3.2. Transformation

Pour cette partie de nombreuses informations sont extraites de l'ouvrage « La transformation des grains » (Cruz *et al*., 2019)

3.2.1. Généralités sur les équipements d'usinage du riz

En technologie traditionnelle, très répandue en milieu rural, la transformation du riz est encore souvent réalisée au pilon et au mortier. Elle correspond surtout à un décorticage car le blanchiment est peu poussé. Le grain consommé est alors pratiquement un riz complet aux qualités nutritionnelles supérieures à celles du riz blanchi.

i) Le décortiqueur Engelberg

La mécanisation du décorticage–blanchiment du riz paddy date de la fin du XIXème siècle grâce à la mise au point du décortiqueur Engelberg. C'est l'équipement de transformation le plus simple où l'usinage du paddy est effectué par une seule machine généralement entraînée par un moteur thermique.

Le décortiqueur Engelberg (figure 1) se compose principalement d'un cylindre métallique nervuré tournant dans une chambre cylindrique horizontale dont la partie inférieure est formée d'une grille pour permettre l'évacuation des sous-produits (balles, sons et fines brisures). Une lame métallique réglable, appelée couteau, est solidaire du bâti et joue un rôle de frein pour accroitre la friction des grains.

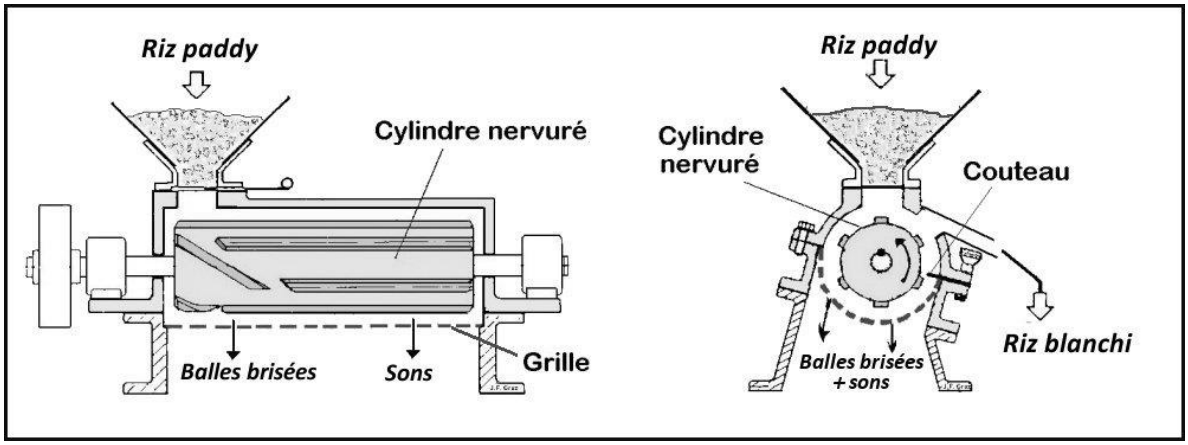


Figure 1. Schéma du décortiqueur Engelberg (Delannoy, 1977)

Le matériel, entièrement métallique, a une action relativement brutale sur le riz et produit de nombreuses brisures, ce qui conduit à des performances techniques souvent médiocres en terme de rendement d'usinage (55% à 60%). L'étuvage traditionnellement utilisé dans certaines régions permet cependant d'améliorer la qualité technologique du paddy et d'accroître le rendement d'usinage qui peut alors atteindre 65 %.

Le son obtenu est peu utilisable en alimentation animale car il est pollué par les balles qui contiennent un fort taux de silice. Enfin cet équipement a aussi pour inconvénient majeur de nécessiter un fort besoin en énergie en comparaison à d'autres machines. Les puissances installées sont de 10 à 20 ch. pour des débits de 100 à 400 kg/h

ii) Les unités compactes

Les modules de décorticage et de blanchiment des unités compactes sont disjoints mais superposés et regroupés au sein d'une même machine. Le décorticage est réalisé par passage des grains de paddy entre deux rouleaux de caoutchouc tournant en sens inverse à des vitesses différentes. L'écart de vitesse tangentielle des rouleaux permet l'arrachement des balles, qui sont ultérieurement aspirées par un ventilateur et évacuées à l'extérieur de la machine.

Les grains décortiqués (ou riz cargo) tombent dans la chambre de blanchiment, où ils sont blanchis par friction grain sur grain et récupérés en sortie basse de la machine. La chambre de blanchiment est équipée des grilles qui permettent l'évacuation des sons par gravité dans la partie inférieure de l'unité compacte (figure 2).

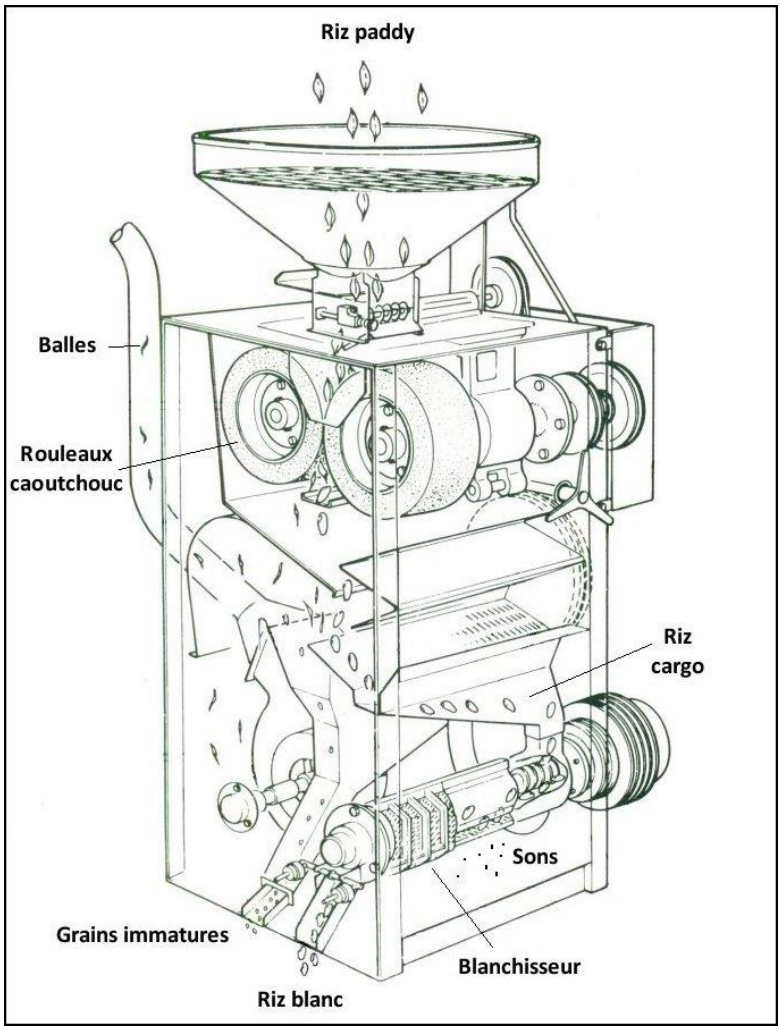


Figure 2. Unité compacte (d'après document Sataké)

Ces matériels, qui ont une capacité moyenne de 400 à 800 kg/h nécessitent une puissance installée de 7 à 15 kW

iii) Les rizeries industrielles

Les rizeries industrielles sont des unités de grandes capacités (débits unitaires de plusieurs t/h) où chaque opération unitaire est réalisée séparément au niveau d'une machine spécifique. La liaison de l'ensemble du circuit est assurée par une manutention mécanique. On parle alors de diagramme d'usinage. Un diagramme d'usinage classique est illustré en figure 3.

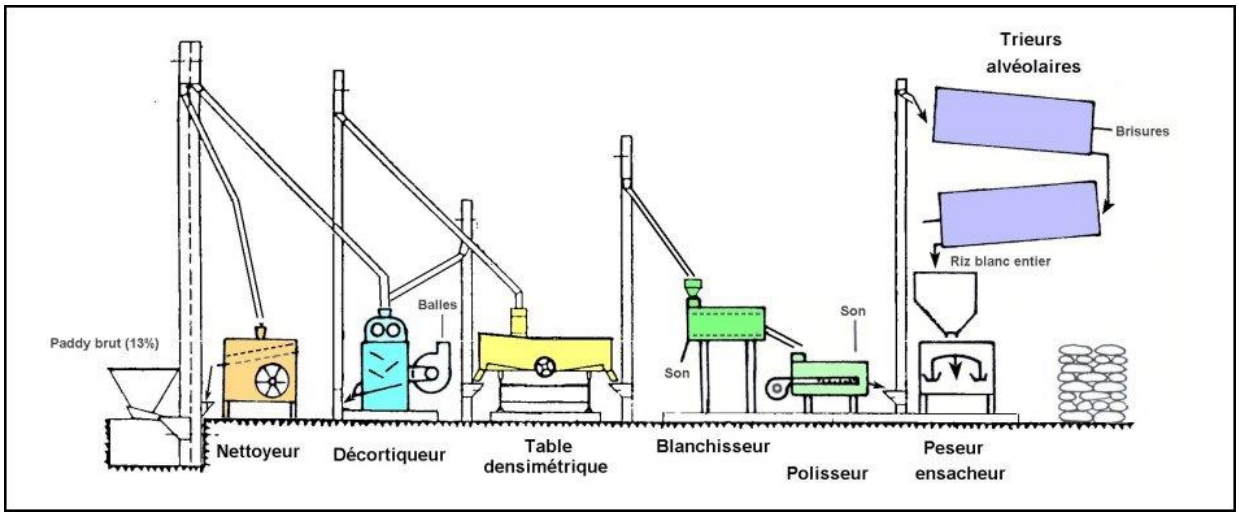


Figure 3. Schéma simplifié d'une rizerie industrielle (J-F Cruz, Cirad)

3.2.2. Techniques de décorticage en Guinée Maritime

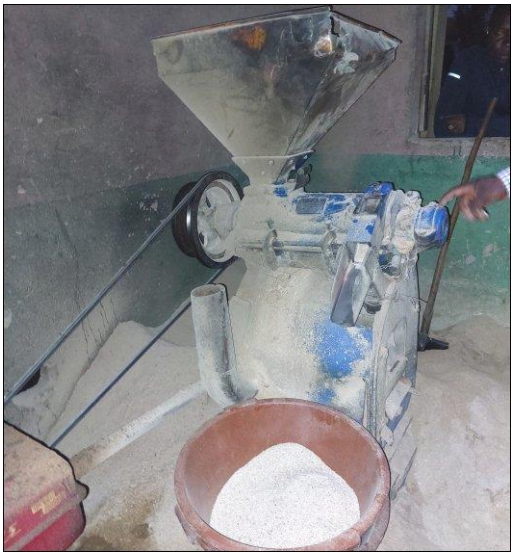
Pendant longtemps le riz était, en majeure partie, transformé de façon traditionnelle au pilon et au mortier. Mais au cours des dernières décennies, le décorticage mécanique en Guinée Maritime s'est bien développé et le décorticage manuel a très fortement régressé. Les matériels utilisés sont alors quasi-exclusivement de type artisanal.

i) Les décortiqueurs Engelberg

Deux principaux modèles de décortiqueurs Engelberg ont été identifiés au cours de la mission (photo 8):

- Décortiqueur petit modèle généralement entrainé par un moteur thermique à refroidissement à eau ZS 195 de 13,5 hp (soit 10 kW) de marque chinoise. Le cylindre nervuré central à un diamètre de 90 mm et une longueur de 400 mm.
- Décortiqueur grand modèle généralement entrainé par un moteur thermique à refroidissement à eau ZS 1110 de 17,5 hp (soit 13 kW) ou ZS 1115 de 20 hp (soit 15 kW) de marque chinoise. Le cylindre nervuré central a un diamètre de 135 mm et une longueur de 450 mm (2 éléments de 225 mm).

Engelberg « petit modèle » à Koba



Engelberg « grand modèle » à Tougnifily

Photos 8. Décortiqueurs Engelberg recensés dans la zone du projet Saritem (© P. Thaunay, Cirad)

ii) Les décortiqueurs-blanchisseurs à chambre hexagonale

Il s'agit en fait d'un équipement à chambre hexagonale habituellement utilisé en rizerie industrielle comme blanchisseur polisseur à friction ou « *rice polisher* » mais qui est curieusement utilisé dans certaines régions comme ici en Guinée ou encore au Sénégal, comme décortiqueur-blanchisseur (photo 9 et 10).

Sa description est extraite de l'ouvrage « La transformation des grains » (*Cruz et al., 2019*). L'équipement est constitué d'un axe horizontal lisse tournant dans une grille métallique de section hexagonale (figure 4). L'axe central creux est équipé de 2 nervures longitudinales mettant en pression les grains qui progressent en couche épaisse dans la chambre d'usinage. La forme hexagonale de la chambre génère une succession de pression – dépression qui permet un meilleur frottement des grains les uns sur les autres Un courant d'air traverse l'axe creux pour assurer le refroidissement des grains et faciliter l'évacuation des sons. En sortie du riz blanchi, un clapet avec contre-poids permet de réguler le débit.

Cette machine, parfois qualifiée de blanchisseur pneumatique, est considérée comme un équipement « à haute pression et à faible vitesse » où la vitesse périphérique du cylindre central est inférieure à 10 m/s.

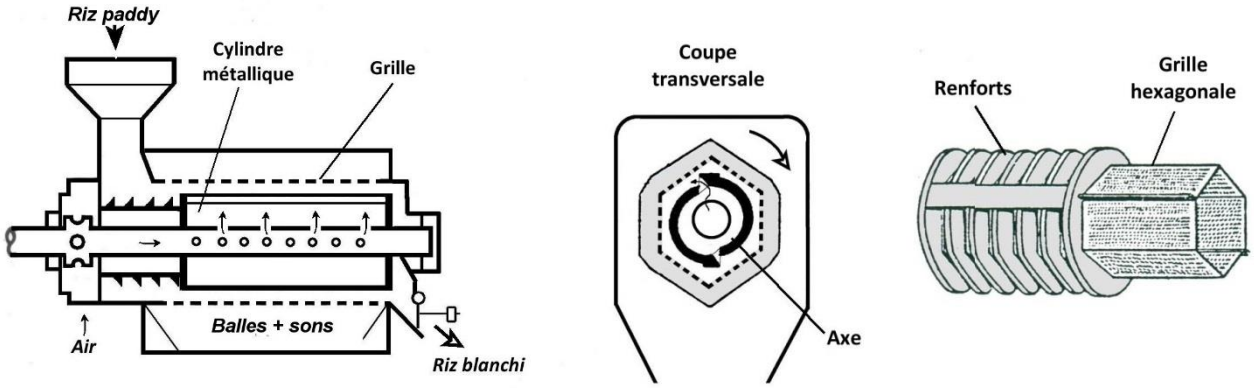
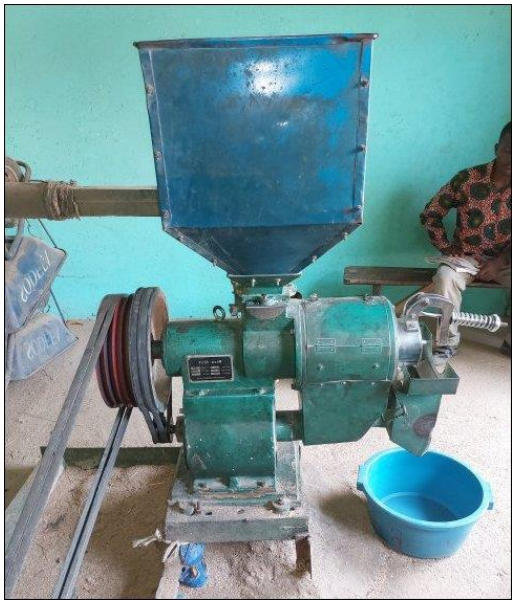


Figure 4. Schéma du « décortiqueur » à chambre hexagonale (d'après Cruz et al., 2019)

Cet équipement qui nécessite une forte puissance installée est souvent accouplé à un moteur thermique à refroidissement à eau ZS 1115 de 20 hp (soit 15 kW)



Le décortiqueur-blanchisseur

Chambre hexagonale

Axe : arbre creux

Photos 9. Décortiqueur-blanchisseur à chambre hexagonale (© P. Thaunay, Cirad)

Photo 10. Deux décortiqueurs-blanchisseurs à Dixinn - Koba (© P. Thaunay, Cirad)

Les décortiqueurs Engelberg et les décortiqueurs-blanchisseurs à chambre hexagonale sont, pour la plupart, entraînés par des moteurs thermiques type diesel à refroidissement à eau de marque chinoise de la gamme ZS. Les différentes puissances disponibles (valeurs arrondies) sont données dans le tableau 4 suivant :

Tableau 4. Les différentes puissances disponibles en moteurs thermiques

Modèle	ZS195	ZS1100	ZS1105	ZS1110	ZS1115	ZS1125	ZS1130
Puissance (kW)	10	11	12	13	15	18	20
Puissance (hp)	13,5	14,7	16	17,5	20	24	27

Photo 11. Moteurs diesel à refroidissement à eau chinois ZS 195 et ZS1115 (© P. Thaunay, Cirad)

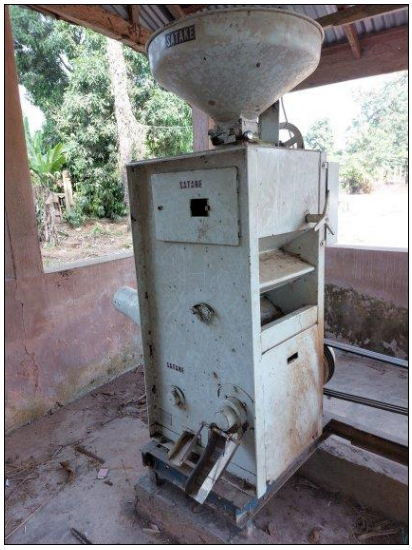
Les moteurs diesel fréquemment rencontrés sont les modèles ZS 195 pour les petits décortiqueurs Engelberg et ZS 1105 et ZS 1110 pour les gros décortiqueurs Engelberg et ZS 1115 pour les décortiqueurs-blanchisseurs à chambre hexagonale.

Décortiqueurs et moteurs sont généralement montés sur un châssis métallique et reliés par des courroies plates ou trapézoïdales pour constituer l'unité artisanale de base pour l'usinage du riz.

iii) Les unités compactes

Au cours de la mission, 3 unités compactes ont pu être identifiées sur le Centre IRAG de Koba

- 1 décortiqueur-blanchisseur type SB10D de 700 à 900 kg/h de marque Sataké (Japon), équipé de rouleaux de 10' et entrainé par un moteur thermique à refroidissement à eau de 23 hp (ou 17 kW) de marque Ratna (Indonésie). Ce matériel a très peu été utilisé.
- 2 décortiqueurs chinois d'une capacité de 500 kg/h entrainés par des moteurs électriques de 11 kW qui n'ont pas été mis en service en raison, sans doute, d'un réseau électrique défaillant.



Décortiqueur-blanchisseur Sataké

Décortiqueur-blanchisseur Chinois

Photo 12. Les unités compactes à Koba (© P. Thaunay, Cirad)

iv) Les rizeries industrielles

Au cours de la mission, 2 unités industrielles ont pu être identifiées dans la zone du projet Saritem

La rizerie de Denken

Cette rizerie de marque chinoise ACME Agro Group, a été installée en 2019 à Denken par un opérateur privé. Elle a une capacité théorique de 30 tonnes par jour mais traite généralement 600 tonnes de paddy durant 3 mois. Le principal facteur limitant reste la disponibilité en riz étuvé. L'étuvage qui constitue, en effet, le principal goulet d'étranglement est réalisé sur un site proche dans 10 étuveuses de 300 kg de riz paddy sec de capacité unitaire. Au pic de production, l'étuvage peut nécessiter l'intervention de 135 femmes étuveuses directement employées par la rizerie.

La rizerie dispose d'un diagramme d'usinage complet avec les différents modules suivants :

- 2 nettoyeurs
- 1 décortiqueurs à rouleaux 10' de 6 t/h
- 1 table densimétrique
- 3 blanchisseurs (cylindres abrasifs horizontaux)
- 1 plansichter (tamis horizontal)
- 1 polisseur avec brumisateur
- 1 trieur colorimétrique de 4 t/h
- 1 trieur de riz blanc de 3 à 4 t/h
- 1 peseur ensacheur

L'ensemble nécessite une puissance électrique de 500 kVA et l'usine dispose de 2 groupes électrogènes de 800 kVA et de 1200 kVA

Photo 13. Vue générale de la rizerie de Denken vers Boké (© P. Thaunay, Cirad)
(Le riz progresse de la droite vers la gauche)

Un groupe électrogène (800 kVA)

Balles rejetées à l'extérieur

Photos 14. Extérieur de la rizerie de Denken vers Boké (© P. Thaunay, Cirad)

La rizerie de Dixinn à Koba

Cette rizerie de marque chinoise qui a une capacité théorique de 20 tonnes par jour a été mise en place en 2018.

Le diagramme d'usinage est constitué des équipements suivants :

- 1 nettoyeur épierreur
- 1 décortiqueurs à rouleaux
- 1 table densimétrique
- 2 blanchisseurs polisseurs
- 1 trieur à brisures
- 1 peseur ensacheur

Lors de la mission, la rizerie était à l'arrêt par manque d'approvisionnement en matière première

Vue générale

Rouleaux usagés du décortiqueur

Photos 15. La rizerie de Dixinn à Koba (© P. Thaunay, Cirad)

v)Dénombrement des équipements d'usinage du riz dans la zone du projet

Une enquête réalisée en mars 2020 dans 5 communes rurales de développement de la zone d'intervention du projet : Kolaboui (Boké), Tougnifily (Boffa), Douprou (Boffa), Koba (Boffa) et Kabak (Forécariah) a permis de dénombrer plus de 140 équipements d'usinage (*Komara et Bah, 2020*). Les résultats sont donnés dans le tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5. Inventaire des équipements d'usinage présents dans 5 communes rurales du projet Saritem

	Equipements d'usinage	**Décortiqueur Engelberg et décortiqueur à chambre hexagonale**	**Unité compacte à rouleaux**	**Rizerie**
Préfecture	**Commune**			
Boké	Kolaboui	33		
Boffa	Tougnifily	36		
	Douprou	5		
	Koba	64	2	1
Forécariah	Kaback	2		
Total		**140**	**2**	**1**

On constate que la rizerie de Denken n'avait pas été prise en compte et qu'une unité compacte à Koba avait été oubliée. Afin de compléter ce tableau il serait intéressant d'actualiser cette enquête en séparant les décortiqueurs artisanaux de type Engelberg et des décortiqueurs « à chambre hexagonale ».

vi)Conclusion

Il apparait que la transformation du riz dans la zone du projet reste très artisanale car elle est souvent réalisée au moyen du décortiqueur Engelberg mais on remarque un assez fort développement des décortiqueurs-blanchisseurs à chambre hexagonale. Seules 3 unités compactes avec décortiqueurs à rouleaux et blanchisseurs pneumatiques, ont été identifiés à l'IRAG de Koba mais ne sont pas utilisées et seules deux rizeries industrielles ont pu être recensées et visitées, à Denken dans la région de Boké et à Dixinn, dans la commune de Koba.

3.2.3. Installations de décorticage

On distingue schématiquement deux principaux types d'installations.

i) Les installations rurales

Elles sont situées en zone de production où elles jouent certainement un rôle économique et social important car elles permettent le traitement des grains destinés à l'autoconsommation ou à la vente sur des marchés ruraux. Elles sont constituées d'une structure très sommaire (charpente en bois et couverture en tôle) abritant une unité de décorticage. Cette installation a une activité au moment de la récolte et seulement durant quelques mois (d'octobre à janvier) le plus souvent la veille et/ou le jour du marché. Les quantités traitées annuellement varient selon les localités mais sont en moyenne de quelques dizaines de tonnes.

ii) Les installations "urbaines"

Elles sont situées dans les centres de "regroupement" et sont implantées à proximité d'un centre de stockage, d'un marché ou d'un axe fréquenté ce qui leur assure un volant d'activité plus important et mieux réparti dans l'année. Elles disposent généralement d'un petit hangar fermé construit en briques et couvert en tôles. L'activité s'étale sur plusieurs mois (octobre à juin) et les quantités traitées peuvent atteindre quelques centaines de tonnes (200 à 300 t).

Les périodes d'activités sont rapportées dans le tableau 6 ci-dessous

Tableau 6. Evolution de l'activité annuelle dans les installations de transformation du riz

Périodes		**Jan.**	**Fév**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juill.**	**Août**	**Sept**	**Oct.**	**Nov.**	**Dec**
Saison haute		#	#	#	#								#
Saison moyenne						#	#				#	#	
Saison basse								#	#	#			

IV) DEVELOPPEMENT DU DECORTICAGE MECANIQUE

Pour mieux valoriser le riz local, il apparaît indispensable de résoudre les nombreux problèmes qui se posent après la récolte notamment en modernisant les techniques de décorticage et de blanchiment, en améliorant les pratiques d'étuvage, en favorisant la recherche de la qualité et en développant les circuits commerciaux.

En matière de décorticage mécanique, les importations souvent anarchiques d'équipements et matériels disparates sont généralement à l'origine des difficultés rencontrées par les transformateurs pour faire fonctionner leurs installations : mauvais choix de matériels, cellules motrices inadaptées aux besoins de puissance ou aux conditions d'utilisation, manque chronique de pièces détachées, absence de service après-vente, ...

4.1. Choix d'une technologie d'usinage

Etant donnée l'organisation de la filière riz en Guinée Maritime, il ne parait pas réaliste de proposer actuellement l'implantation de nouvelles rizeries industrielles dans la zone du projet. En effet, les unités industrielles qui permettent la transformation de plusieurs milliers de tonnes de paddy par an conduisent naturellement à abandonner la prestation de service pour privilégier une activité de production de riz blanc. Ce mode de gestion nécessite

- d'organiser la collecte du paddy sur un vaste rayon,

- de disposer de structures de stockage importantes pour conserver la matière première correspondant à une activité industrielle annuelle

- de s'assurer d'un marché pour le riz usiné de qualité.

Ces fortes contraintes ainsi que les investissements considérables que représente la réalisation de ce type d'installations et l'importance des fonds de roulement nécessaires à l'achat de la matière première n'incitent généralement pas les investisseurs privés à occuper ce secteur.

Enfin, dans de nombreux pays Africains, les rizeries industrielles sont en proie aux pires difficultés face à la concurrence des décortiqueries artisanales ou des minirizeries

Il apparait donc que la décortiquerie artisanale reste l'unité de transformation la plus adaptée aux besoins actuels de la plupart des opérateurs. L'effort doit donc porter sur la diffusion des équipements individuels de transformation. Les seuls matériels aujourd'hui aisément disponibles restent les décortiqueurs Engelberg et les décortiqueurs blanchisseurs à chambre hexagonale.

Le décortiqueur Engelberg a pour principaux défauts de donner un mauvais rendement d'usinage et de générer un fort taux de brisures mais il reste un matériel robuste facilement réparable par les artisans locaux.

Le « décortiqueur » à chambre hexagonale est un équipement efficace et performant lorsqu'il est utilisé comme blanchisseur-polisseur. Mais s'il est utilisé comme décortiqueur il est alors beaucoup plus fragile et d'une durée de vie limitée car le caractère abrasif des balles de riz conduit à une usure accélérée du cylindre central et des grilles perforées, pièces détachées qui ne sont pas toujours facilement disponibles.

4.2. Proposition d'un diagramme d'usinage

Chaque fois que cela s'avère possible, il est alors recommandé d'utiliser ces deux équipements en série : un premier passage dans un décortiqueur Engelberg permet de transformer le riz paddy en riz cargo sans générer trop de brisures et en récupérant seulement des balles comme sous-produit puis un second passage dans le blanchisseur-polisseur à chambre hexagonale permet de transformer le riz cargo en riz blanchi avec un bon rendement de blanchiment.

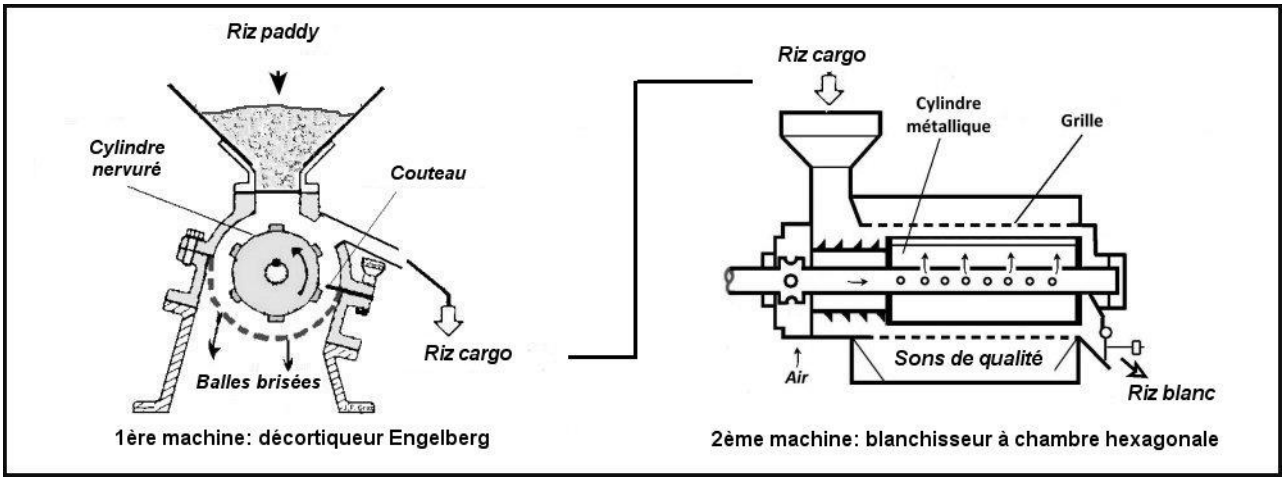


Figure 5. Succession des 2 opérations de décorticage puis de blanchiment

La succession de ces deux opérations permet d'améliorer sensiblement le rendement global d'usinage sans générer trop de brisures tout en récupérant, au niveau du blanchisseur-polisseur à chambre hexagonale, des sons de qualité facilement valorisables en alimentation du bétail. L'usure des machines est nettement diminuée et leur durée de vie augmentée d'autant.

Parmi les éléments importants devant accompagner la diffusion des équipements d'usinage, la fourniture des pièces de rechange ainsi que la formation des opérateurs restent prépondérantes. Les Sociétés de revente des matériels doivent être en mesure d'assurer ce type de prestations.

Dans le cadre du projet Saritem, on pourrait prévoir l'investissement d'un décortiqueur Engelberg à placer chez un transformateur disposant déjà d'un blanchisseur-polisseur à chambre hexagonale pour y réaliser des essais comparatifs d'usinage selon le protocole donné en annexe 6. Enfin, une des unités compactes à rouleaux de l'IRAG devrait être réhabilitée et testée selon le protocole donné en annexe 7. En effet, ces petites unités compactes représenteront sans doute, à l'avenir, les unités de base qui permettront d'assurer un usinage du riz de qualité

V) DEVELOPPEMENT DE L'ETUVAGE

5.1. Les étuveuses actuelles

5.1.1. La marmite traditionnelle

Pendant longtemps le riz a été, en majeure partie, étuvé dans des marmites traditionnelles. La marmite traditionnelle est un récipient fabriqué en aluminium disposant d'un couvercle et généralement d'anses (ou oreilles), et parfois de pieds. Il existe différents modèles dont la capacité varie de 10 kg à 30 kg (photo 16). Certaines marmites dites « faux fond » disposent d'un faux fond perforé pour améliorant la qualité de l'étuvage en évitant le contact direct du paddy avec l'eau d'étuvage (photo 17). La marmite traditionnelle est économique et très durable (plus de 10 ans) mais nécessite une forte consommation de bois et sa capacité limitée la destine davantage à une utilisation domestique ou au petit commerce de proximité.

Photo 16. Marmites traditionnelles sur foyer 3 pierres (© P. Thaunay, Cirad)

Photo 17. Faux-fond perforé (© M.Komara, Irag)

5.1.2. Les étuveuses dites améliorées

Au cours des dernières décennies, l'étuvage en Guinée Maritime s'est relativement bien développé en utilisant des fûts (de récupération ou du commerce). A l'incitation de différents projets comme le projet PASAL, des améliorations ont été apportés pour équiper les fûts d'un axe de pivotement afin de faciliter leur vidange et d'un foyer amélioré moins consommateur de bois que les foyers 3 pierres traditionnels (*Cruz & Souaré, 1997*).

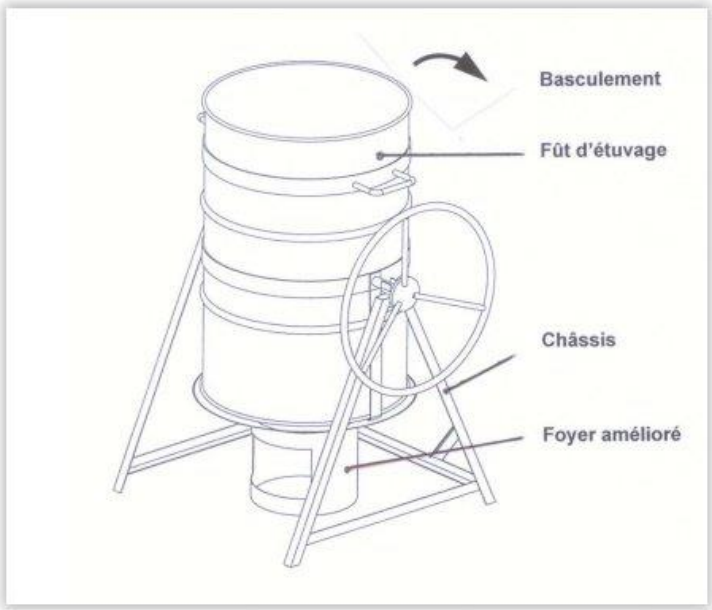


Figure 6. Schéma étuveuse améliorée
(d'après Cruz & Souaré, 1997)

Photo 18. Etuveuse améliorée
(© P. Thaunay, Cirad)

Certaines étuveuses à paddy améliorées sont encore parfois fabriquées à partir de fûts de récupération mais leur durée de vie est très courte car elles résistent mal à l'oxydation (rouille) et à l'agression directe des flammes du foyer en raison de la faible épaisseur de tôle (souvent 0.8 mm).

Aujourd'hui, de nombreux constructeurs préfèrent alors fabriquer leurs cuves en tôle roulée un peu plus épaisse, donc plus robuste, afin d'accroitre leur durée de vie.

Deux principaux modèles d'étuveuses à paddy sont actuellement fabriqués : les étuveuses petit modèle (120 kg) et les étuveuses grand modèle (300 kg)

i) Etuveuse petit modèle

L'étuveuse petit modèle qui permet de traiter 120 kg de paddy sec (2 sacs) est la plus répandue en Guinée Maritime (photo 19).

Selon les constructeurs, les dimensions de cuves sont sensiblement identiques avec un diamètre de 60 cm et une hauteur de cuve de 1 m. Une grille est placée à 20 cm du fond afin de libérer un espace destiné à recevoir la masse d'eau nécessaire à l'étuvage. Cette grille est souvent surmontée d'un tube vertical perforé appelé « distributeur de chaleur »[1]. Le volume utile restant est d'environ de 210 litres soit une masse de riz paddy sec de 110 à 120 kg.

Les différents éléments de l'étuveuse
(© M. Komara, Irag)

Cuves en fabrication (© Com-Bat)

Photo 19. Etuveuse petit modèle

La durée de vie des équipements dépend beaucoup du type de matériaux utilisés et du savoir-faire du fabricant. Cette longévité peut varier de 6 mois à 2 ans.

Les dernières étuveuses de paddy fabriquées sont essentiellement réalisées à partir de tôles en acier galvanisé. Les tôles noires sont très peu durables et les tôles en acier inoxydable, difficilement disponibles sont onéreuses.

La mission a pu rencontrer différents fabricants d'étuveuses comme Com-Bat de M. DOMBOUYA Mamby à Conakry (200 étuveuses), Afamapor de M. KANTE Aboubacar à Kindia (600 étuveuses) ou l'atelier de M. TRAORE Mamadou à Boké (au moins 105 étuveuses et 200 annoncées). D'autres fabricants existent comme Gabriel à Fria, Cabinet CONDE et SOUMAH Amara à Conakry …

ii) Etuveuse grand modèle

L'étuveuse grand modèle permet de traiter 300 kg de paddy sec (5 sacs). Dix exemplaires de ce type ont été réalisés pour la rizerie de Denken à proximité de Boké à partir d'un modèle récupéré près de la frontière malienne (photo 20).

Les dimensions sont de 1 m de diamètre et de 1 m de hauteur soit un volume de 785 litres. Comme dans les autres étuveuses, la grille de fond est placée à 20 centimètres afin de libérer un espace destiné à recevoir la masse d'eau nécessaire à l'étuvage. Le volume utile est alors d'environ 560 litres soit une masse de riz paddy sec de 300 Kg.

[1] Ce tube perforé qui n'a pas prouvé son efficacité serait à proscrire car il perturbe la progression uniforme du front d'étuvage

Photo 20. Etuveuses grand modèle à Denken près de Boké (© P. Thaunay, Cirad)

Nota : Une fabrication appelée « Titanic » a été réalisée par M. TRAORE Mamadou à Boké avec une cuve qui permettrait d'étuver 800 Kg de paddy mais il apparait que les femmes étuveuses n'ont pas réussi à l'utiliser correctement.

Afin de recenser les différents matériels d'étuvage, une enquête avait été réalisée en mars 2020 par l'Irag (*Komara & Bah, 2020*) dans 5 communes rurales d'intervention du projet : Kolaboui (Boké), Tougnifily (Boffa), Douprou (Boffa), Koba (Boffa) et Kaback (Forécariah). Elle a permis de dénombrer : 38 marmites traditionnelles (dont 4 à Kolaboui, 4 à Tougnifily, 24 à Douprou, 3 à Koba et 3 à Kaback), 13 marmites faux fonds perforés (dont 4 à Kolaboui, 3 à Tougnifily, 3 à Douprou, 2 à Koba et 1 à Kaback) et 36 étuveuses à paddy (fût) améliorées (dont 4 à Kolaboui, 8 à Tougnifily, 9 à Douprou, 12 à Koba et 3 à Kabak).

Comme cela a déjà été évoqué pour les décortiqueurs, il serait intéressant d'actualiser cette enquête en prenant en compte les différents modèles d'étuveuses améliorées.

5.2 Propositions d'amélioration des matériels d'étuvage

5.2.1 Etude fonctionnelle

i) Définition du besoin

Pour les institutions locales, comme l'IRAG et la MGE, il s'agit de proposer des idées pour concevoir des étuveuses à riz paddy plus durables afin de mieux répondre aux attentes des transformateurs de riz dans la zone du projet. Pour s'intégrer au mieux dans le processus de transformation du riz en Guinée Maritime, les propositions viseront à améliorer et à optimiser les équipements existants et/ou à concevoir un nouvel équipement permettant d'accroitre les capacités de production et la durabilité tout en maintenant ou améliorant la qualité du produit obtenu. Ces équipements seront réalisés et mis en place par l'intermédiaire de l'IRAG, de la MGE et de la DNGR.

Pour les groupements de femmes étuveuses il s'agit de pouvoir réaliser un étuvage homogène de riz paddy au moyen d'un équipement pouvant traiter des quantités unitaires de 100 kg à 300 Kg de riz paddy (voire plus). Cet équipement doit être aisément manœuvrable, avec des efforts réduits par rapport aux étuveuses existantes. La fabrication doit pouvoir être réalisée par des constructeurs locaux présents en Guinée Maritime ou en région proche afin que la maintenance puisse être assurée localement par des interventions rapides.

Nota : Le besoin des grandes rizeries n'est pas pris directement en compte dans cette analyse car les volumes concernés de matières premières qui portent sur plusieurs dizaines de tonnes par jour nécessiteraient une étude spécifique sur la mise en place d'équipements de type industriel

ii) Attentes

Il s'agit de réaliser des équipements dans le cadre du projet SARITEM mais aussi de fournir des informations aux artisans ou aux petites entreprises pour qu'ils puissent fabriquer et reproduire localement ces matériels durables.

Différentes attentes techniques ont été soulignées :

- Obtenir une bonne qualité de riz étuvé en respectant les conditions alimentaires adaptées aux contraintes locales.
- Permettre un étuvage homogène et répétable du paddy.
- Permettre aux femmes étuveuses une utilisation des équipements en toute sécurité
- Réaliser un équipement fiable, robuste et d'utilisation aisée
- Avoir une durée de vie pour quelques années (4 à 5 ans)
- Avoir des solutions pour différentes capacités
- Etre déplaçable pour une mise en place dans les villages.
- Etre facilement nettoyable
- Permettre une maintenance facile et gérable par les forgerons locaux.

iii) Recherche de solutions

La recherche de diverses solutions possibles pour la re-conception d'étuveuses à riz paddy a été réalisée en étroite collaboration avec l'IRAG. Les différents éléments de discussion sont consignés en annexe 2.

iv) Raisonnement fonctionnel

- L'étuveuse doit contenir le riz paddy : contenant hermétique, grille adaptée.
- L'étuveuse doit générer de la vapeur : foyer économe en énergie, quantité d'eau adaptée.
- L'étuveuse doit contenir la vapeur : fermeture étanche, maintien de la pression.
- L'étuveuse doit assurer un étuvage uniforme : homogénéité de la diffusion de vapeur dans la masse de paddy.
- L'étuveuse doit être manipulée par les opératrices : hauteur des points de manipulations, efforts à produire.
- L'étuveuse doit permettre aux opératrices d'introduire et de vider le paddy : hauteur maximale de chargement / déchargement, accessibilité aisée.
- L'étuveuse doit être d'une utilisation à un prix raisonnable pour les femmes étuveuses : coût de fonctionnement faible, quantité consommables, prix consommables, maintenance de l'étuveuse, pièces de rechange, artisans à proximité.
- L'étuveuse doit limiter les risques dus à son utilisation par les femmes étuveuses : chaleur du foyer, chaleur de la vapeur, points chauds de l'étuveuse, stabilité de l'étuveuse, risques d'accidents mécaniques.
- L'étuveuse doit être facile d'entretien par les femmes étuveuses : accès facile, temps de nettoyage, outils nécessaires
- L'étuveuse doit respecter les normes alimentaires : nature des matériaux et des peintures.
- L'étuveuse doit s'intégrer dans son environnement : emprise au sol, possibilité de déplacement de l'étuveuse.

5.2.2 Propositions d'améliorations et de re-conception d'étuveuses

i) Situation actuelle

La demande initiale concernait essentiellement l'amélioration des étuveuses existantes pour accroitre leur durabilité.

Actuellement les fabrications sont réalisées selon des plans ou des croquis existants (comme par exemple le document de référence, élaboré en août 2006, pour la fabrication d'une étuveuse au moyen d'un fût et intitulé « *Atelier de perfectionnement de 17 forgerons-soudeurs à la fabrication du matériel d'étuvage amélioré* »). Ces différents documents, souvent élaborés par des projets de développement, sont utilisés plus ou moins fidèlement par les différents fabricants. Ces fabricants ou artisans y apportent leur savoir-faire et en fonction des matériaux et des outils dont ils disposent, produisent des étuveuses qui se révèlent plus ou moins durables. On peut constater que les fûts de récupération initialement utilisés ont progressivement été remplacés par des cuves fabriquées en tôles roulées mais en gardant sensiblement les mêmes dimensions.

A l'usage, les principales dégradations observées concernent en priorité le fond de la cuve et la partie basse de la virole qui sont directement au contact des flammes. Le foyer s'abime aussi très vite. Comme autres défauts, les utilisatrices évoquent des ruptures d'axes de pivotement, des colmatages du robinet de vidange, des ruptures de la grille et du tube vertical diffuseur de vapeur. Enfin elles notent un manque d'étanchéité en périphérie de la grille d'étuvage et une possible fuite de grains à ce niveau.

Nous avons vu que la plupart des grilles de cuve étaient équipées d'un tube vertical qualifié de « diffuseur de vapeur » et qui permettrait, selon certains, d'améliorer la diffusion rapide de la vapeur au centre de la masse de grains. Selon les essais réalisés à Kindia par M. KANTE Aboubacar il apparait que ce diffuseur n'est pas très utile et devrait être supprimé. **L'IRAG à Koba devrait faire des tests afin de vérifier ces premiers résultats et de noter les réactions des utilisateurs**. D'un point de vue scientifique, ce tube central est une aberration car il perturbe la progression du front d'étuvage qui doit rester horizontal et parallèle au fond de la cuve pour assurer un étuvage uniforme de toute la masse de grains paddy. Ce tube central devrait donc être supprimé et, au besoin, être remplacé par une simple tige métallique pour faciliter la mise en place de la grille.

Les femmes étuveuses considèrent les équipements actuels comme assez peu ergonomiques car ils nécessitent un effort important de leur part lors de la vidange à l'issue de l'étuvage. Le basculement de la cuve requiert souvent la présence de 2 ou 3 personnes. Elles apprécient cependant l'utilisation du foyer amélioré qui consomme moins de bois que le foyer 3 pierres traditionnel.

La fabrication courante des étuveuses est actuellement réalisée en acier et précisément en acier galvanisé notamment pour la cuve. L'atelier Com-Bat à Conakry réalise également le foyer en acier galvanisé. La littérature nous dit que les matériaux comme le cuivre, non étamé, le zinc et donc l'acier galvanisé (fer recouvert de zinc) ou encore l'amiante ne sont pas autorisés au contact des aliments. Pour ce qui nous intéresse, l'acier galvanisé est un acier recouvert d'une fine couche de zinc pour le protéger de la corrosion ou oxydation qui engendre la rouille.

Le chauffage d'une surface métallique galvanisée dégage des fumées de zinc. Ces fumées s'accumulent dans les aliments mais sont également toxiques à respirer. Ainsi, les ustensiles ayant des surfaces galvanisées ne doivent pas être utilisées dans la cuisson des aliments. La température maximale recommandée pour l'acier galvanisé à chaud est de 200°C. (le zinc fond à 420°C et se vaporise au-delà de 900°C). L'utilisation d'acier galvanisé à des températures supérieures à 200°C entrainera un pelage du zinc au niveau de la couche intermédiaire métallique. Il s'avère donc que l'acier galvanisé n'est pas sans danger pour la cuisson des aliments, surtout au niveau des parties surchauffées et **nous ne recommandons donc pas son utilisation** pour la fabrication des étuveuses, même si cette pratique est actuellement répandue.

Les façons d'assembler et de souder sont aussi déterminantes pour la longévité des équipements. L'exécution de plis aux bons endroits, la réalisation de soudures avec des baguettes inox même sur un métal ordinaire permettent souvent d'accroitre leur durée de vie. L'acier inox est à conseiller pour toutes les parties en contact avec le riz paddy et avec les flammes du foyer, même s'il est malheureusement assez peu disponible et relativement onéreux. La fonte aluminium peut également être utilisée pour la partie inférieure de la cuve en contact avec les flammes du foyer.

ii) Propositions pour accroitre la durabilité des étuveuses actuellement fabriquées

Suite aux constats précédemment développés, nous proposons une étuveuse améliorée modifiée en vue d'accroitre sa durabilité (voir annexe 3).

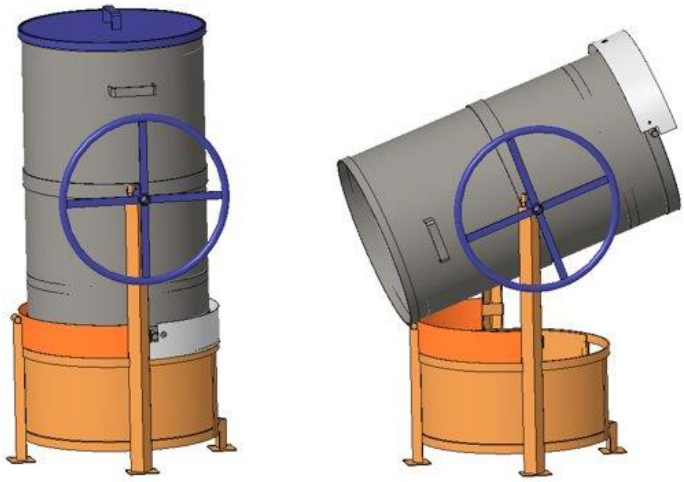
Considérations générales

- Choisir de la tôle inox ou de la fonte alu pour les parties directement en contact avec le riz paddy
- Choisir de la tôle inox ou de la fonte alu pour les parties directement en contact avec les flammes.
- De l'acier ordinaire peut être choisi pour la fabrication du foyer mais les tôles doivent être suffisamment épaisses.
- Assurer un meilleur positionnement de l'axe de pivotement par rapport à la hauteur de la cuve afin de diminuer l'effort à produire lors de la vidange
- Ajouter un volant pour faciliter l'opération de vidange
- Ajouter un plat roulé dans la cuve sur la partie basse de la virole pour y faire reposer la grille
- Réaliser une grille sans diffuseur (mais avec tige de mise en place) et sans pieds mais reposant sur le plat intérieur soudé.

Nota : nous avons déjà précisé que l'acier galvanisé n'était pas conseillé pour réaliser les éléments en contact avec des produits alimentaires, mais s'il reste quand même utilisé il est alors préconisé d'augmenter l'épaisseur de la virole et du fond à 2 mm et de réaliser les soudures avec des baguettes inox.

Pour la fabrication d'une étuveuse améliorée avec cuve en acier inox

- Réaliser la virole en tôle inox de 1,5 mm et le fond de cuve en tôle inox de 1,5 ou 2 mm.
- Réaliser le foyer en acier ordinaire avec des tôles plus épaisses (au moins 2 mm) et des renforts aux bons endroits.



Position d'étuvage Position de vidange

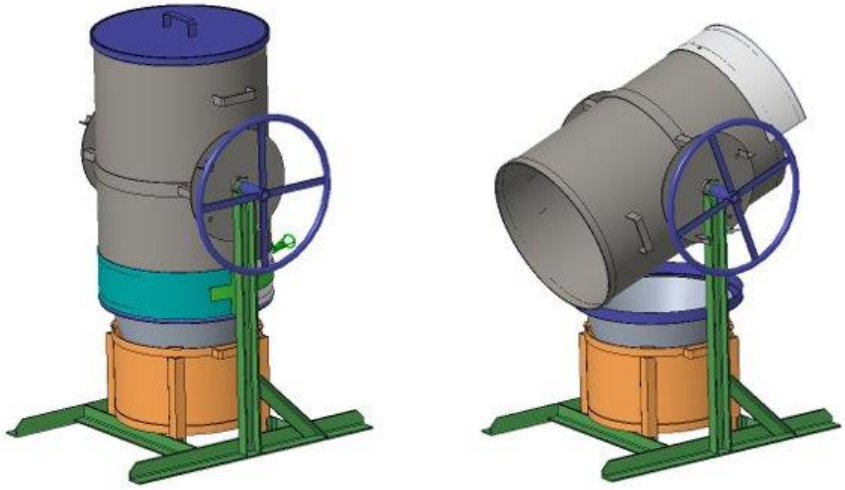
Figure 7. Etuveuse améliorée avec cuve en acier inox (© P. Thaunay, Cirad)

Pour la fabrication d'une étuveuse améliorée avec base de cuve en fonte alu

- Réaliser, en fonte alu, la partie basse de la cuve, sous l'axe de pivotement, qui est en contact directe avec les flammes du foyer
- Réaliser le haut de la cuve en tôle inox de 1,5 mm (ou, à défaut, en acier galvanisé).
- Réaliser le foyer en acier ordinaire avec des tôles plus épaisses (au moins 2 mm) et des renforts aux bons endroits.

iii) Conception d'une étuveuse avec générateur de vapeur indépendant de la cuve à paddy

Les différents constats et les nombreux échanges réalisés au cours de la mission, ont conduit à proposer une nouvelle conception d'étuveuse afin de rendre cet équipement plus durable. L'idée première consiste à séparer la cuve qui contient le riz paddy du générateur de vapeur. La cuve principale qui n'est alors plus en contact direct avec les flammes du foyer est beaucoup moins susceptible de se détériorer rapidement. La cuve à eau du générateur de vapeur qui est en contact direct avec le foyer peut alors être fabriquée en matériau plus robuste comme des tôles d'acier inox épaisses ou de la fonte alu semblable aux marmites traditionnelles dont la durabilité est réputée importante. Cet équipement est présenté en annexe 4 « Co-conception d'une étuveuse avec générateur de vapeur indépendant ».



Position d'étuvage Position de vidange

Figure 8. Etuveuse avec générateur de vapeur indépendant de la cuve à paddy (© P. Thaunay, Cirad)

Cette conception peut permettre de réaliser une gamme d'étuveuses durable de diverses capacités tout en conservant une bonne répartition des masses de la cuve lors de la vidange. Enfin cette conception pourrait conduire, à terme, à la réalisation d'un générateur de vapeur totalement indépendant et susceptible d'alimenter plusieurs cuves d'étuvage de manière simultanée.

iv) Gamme d'étuveuses de différentes capacités

Actuellement la plupart des étuveuses améliorées ont une capacité moyenne de 120 kg de paddy sec par cycle d'étuvage.

Pour satisfaire la demande de nombreux opérateurs, nous proposons des solutions pour la fabrication de plusieurs étuveuses de plus grandes capacités.

- Etuveuse améliorée avec cuve en acier inox ou base de cuve en fonte alu de 210 kg de paddy sec
- Etuveuses avec générateur de vapeur indépendant de 230 kg de paddy sec et de 320 kg de paddy sec

Une description de ces différentes étuveuses est donnée en annexe 5

Nota : Pour faciliter la vidange des étuveuses de plus grande capacité, une trappe pourrait être disposée sur le bas de la cuve afin de permettre qu'une partie de la cuve de paddy étuvé puisse déjà être vidangée par simple gravité puis, dans un deuxième temps, de terminer la vidange par l'opération habituelle de rotation de la cuve.

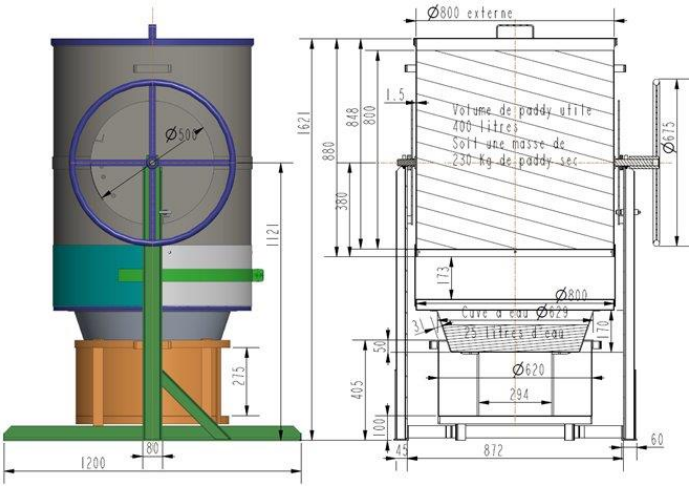


Figure 9. Etuveuse avec générateur de vapeur indépendant de 230 kg de paddy sec (© P. Thaunay, Cirad)

5.2.3. Perspectives

Il a été prévu que des prototypes de ces 2 types d'étuveuses améliorées (avec cuve en acier inox et avec générateur de vapeur indépendant) de 120 kg de paddy sec par cycle d'étuvage allaient être commandées par le projet (IRAG – MGE – DNGR) pour être testés en milieu réel.

Des cotations faites par un fabricant local d'étuveuses conduisent aux coûts de fabrications suivants :

- Etuveuse améliorée avec cuve en acier inox : 5 100 250 FG (environ 523 €)
- Etuveuse avec générateur de vapeur indépendant : 5 175 000 FG (environ 530 €) à laquelle il faut ajouter 700 000 FG (ou 72 €) pour la fabrication du moule de la cuve à eau (on notera que la fabrication du gabarit pour le moule, représente une dépense ponctuelle de 3 915 750 FG (ou environ 400 €)

Ces prototypes, une fois réalisés, pourront être testés en milieu réel par l'IRAG en s'inspirant du protocole « Essais d'étuvage du riz » donné en annexe 8.

VI) CONCLUSIONS

La mission réalisée dans le cadre du projet SARITEM a permis de constater le dynamisme de la filière riz en Guinée Maritime et de vérifier l'important développement de la mécanisation des opérations post-récolte qui a eu lieu au cours des dernières décennies.

En matière d'usinage du riz, il apparait que le décorticage artisanal reste le mode de transformation le plus adapté aux besoins actuels de la plupart des opérateurs. Les principaux équipements utilisés par les transformateurs sont les décortiqueurs Engelberg et les décortiqueurs-blanchisseurs à chambre hexagonale d'origine chinoise qui sont les machines les plus commercialisées par les revendeurs de matériel agricole. Utilisées séparément, ces machines, de par leur principe de fonctionnement, ne permettent pas d'obtenir de bons rendements d'usinage et connaissent une usure rapide de leurs pièces travaillantes. Afin de pallier ces défauts, il est fortement conseillé d'utiliser ces deux équipements en série : un premier passage dans un décortiqueur Engelberg permet de transformer le riz paddy en riz cargo sans générer trop de brisures puis un second passage dans le blanchisseur-polisseur à chambre hexagonale permet de transformer le riz cargo en riz blanchi avec un bon rendement global d'usinage. Mais, à l'avenir, les petites unités compactes avec rouleaux caoutchouc seront sans doute à promouvoir car elles constituent les équipements les plus performants pour assurer un usinage du riz de qualité.

En matière d'étuvage, l'utilisation des marmites traditionnelles de petite capacité (10 à 30 kg) parait être progressivement remplacée par celle des fûts de plus grande capacité (120 kg) mais les utilisateurs déplorent une détérioration beaucoup plus rapide des équipements. La cause est due au choix des matériaux habituellement utilisés pour leur fabrication comme les tôles d'acier ou d'acier galvanisé qui résistent mal au contact direct des flammes du foyer. Pour améliorer la durabilité de ces étuveuses, deux principales propositions ont été élaborées qui portent d'une part sur l'utilisation de tôles en acier inox beaucoup plus résistantes et d'autre part sur la conception d'une nouvelle étuveuse avec générateur de vapeur indépendant. Des dossiers de fabrication de ces étuveuses améliorées ont été préparés pour réaliser des prototypes qui seront testés en milieu réel par les chercheurs du projet en étroite collaboration avec les opérateurs privés (femmes étuveuses, transformateurs, constructeurs d'équipements…)

Bibliographie sommaire

Barry M. B., Cissé N. 2018. Offre technique. Projet SARITEM. IRAG, DNGR, AFD. Conakry. 66 p.

Cruz J-F., Hounhouigan J. D., Havard M., Ferré T. 2019. La transformation des grains. Collection Agricultures tropicales en poche. Ed. Quae-PAG. Versailles, 201 p.

Cruz J.-F.**,** Souare D. 1997. Transformation du riz en Guinée. Projet PASAL, IRAG,Cirad. Cirad/Sar n° 106/97. Montpellier, 22 p.

Komara M., Bah O.F. 2020. Rapport d'enquête des machines post-récolte. Projet SARITEM. IRAG ; DNGR, AFD. Conakry. 11 p. + annexe

Annexes

Annexe 1. Suivi d'un étuvage à Bassengué – Koba

Annexe 2. Recherche avec l'IRAG de divers éléments pris en compte pour la co-conception d'une étuveuse à riz paddy

Annexe 3. Possibilité d'amélioration des étuveuses actuelles (dossier de fabrication)

Annexe 4. Co-conception d'une étuveuse avec générateur de vapeur indépendant (dossier de fabrication)

Annexe 5. Présentation d'une gamme d'étuveuses de différentes capacités

Annexe 6. Protocole d'essai d'usinage de riz étuvé sur décortiqueur Engelberg

Annexe 7. Protocole d'essais d'usinage de riz étuvé sur décortiqueur à rouleaux caoutchouc

Annexe 8. Protocole d'essais d'étuvage de riz paddy

Annexe 1

Suivi d'un étuvage à Bassengué - Koba

1. **Procédure de trempage directement dans le fût** (pendant toute une nuit).

- Nettoyage dans un bac d'eau pour enlever les impuretés qui surnagent et lavage du riz paddy
- L'ensemble grille sur pied avec son diffuseur est mise en place au fond de la cuve en disposant un tissu entre le pourtour de la grille et la virole de la cuve afin d'éviter des fuites de grains paddy sous la grille vers la partie inférieure. (C'est souvent plus facile de le faire en déposant la cuve sur le sol pour ensuite la remettre en place)
- Deux sacs de riz paddy sec sont mis dans la cuve (environ 120 Kg)
- 8 bidons de 20 litres d'eau (soit 160 litres) sont versés dessus
- Chauffe durant 45 mn
- Puis trempage jusqu'au lendemain

Fin du trempage

2. **Procédure d'étuvage**

- Mise en place de bois dans le foyer avant la vidange de l'eau de trempage,
- Puis vidange de toute l'eau de trempage

Petit bois pour démarrer le feu

Vidange de toute la cuve

- Complément en riz paddy qui a été trempé à côté de l'étuveuse afin de compléter jusqu'à 5 cm en dessous du haut de la cuve.
- Fermeture du robinet de vidange

Ajout de riz paddy humide

Nivelage de la surface

Fermeture du robinet

- Ajout de 15 litres d'eau qui traverse la masse de grain et s'écoule au fond de la cuve.
- Mise en place d'un chiffon sur le dessus du grain et fermeture par un capot

Ajout de l'eau d'étuvage

Positionnement du chiffon

Pose du capot

- Allumage du foyer et déclenchement du chronomètre.
  (Après 10 minutes de feu des flammes importantes lèchent le bas de la cuve)

Démarrage du feu et mise en place du bois

Flammes importantes du foyer

- A 19 mn première réalimentation en bois de chauffe. Le foyer est attisé et les tisons disposés de manière à réaliser une chauffe uniforme.
- A 20 mn apparition des premières vapeurs au niveau du capot.
- A 25 mn tout le bois est entré dans le foyer - Ajout de petit bois. Vapeurs de plus en plus importantes au niveau du capot. Apport de complément de bois
- Nettoyage du sol pour préparer la vidange du riz paddy

Le foyer est régulièrement attisé

Balayage du sol avant la vidange

- A 50 mn toute la couronne haute de la cuve est chaude (la main ne peut plus être posée sur la paroi sans risques de brulures).
- Après ouverture du capot, vérification de la bonne ouverture des balles de paddy
  (La vérification d'un bon étuvage est réalisée en appréciant visuellement sur quelques grains le bon éclatement des balles de paddy)

Le haut de la cuve est entièrement chaud

Vérification de l'éclatement des balles

- A 58 mn Enlèvement du foyer avec une pelle. Puis vidange de l'eau d'étuvage résiduelle

Pelletage pour stopper le feu

Vidange de l'eau d'étuvage résiduelle

- A 1h03 mn Vidange de la cuve de paddy étuvé par basculement
  (La température dans la masse de paddy au sol est d'environ 90°C (Maximum relevé 94°C))

Vidange de la cuve par deux personnes

Vidange du paddy étuvé directement sur la dalle

Grattage du fond de cuve

Grille avec diffuseur

- Le tas de paddy étuvé, légèrement étalé (hauteur 25 cm) reste au sol pendant 30 à 45 mn afin de refroidir lentement (encore très chaud pour le transport)

Vue du tas de paddy étuvé après vidange

Le fond de la cuve

- Après refroidissement, le riz paddy étuvé est réparti sur l'aire de séchage où il est nivelé en couche mince à l'aide d'un râteau.

Le paddy étuvé est réparti en petit tas

puis étalé en couche mince pour séchage

- Séchage durant la nuit et jusqu'au lendemain à 14h00

Annexe 2

Recherche avec l'IRAG de divers éléments pris en compte

pour la co-conception d'une étuveuse à riz paddy

Il s'est agi de rechercher, sous forme de brainstorming, des solutions pour différentes étapes mais en étant soucieux qu'elles soient réalisables. Il s'est agi également de soulever certaines questions sans forcément y apporter des réponses immédiates.

1) Homogénéité de la chauffe

Réaliser une bonne répartition du bois, bien attiser le feu.
Faciliter l'alimentation en bois du foyer. Possibilité d'introduire à plusieurs endroits
Réduire le diamètre du foyer par rapport au fût. Faire un fût de forme conique.
Permettre une bonne circulation de l'air pour assurer une bonne combustion

2) Foyer plus durable

Tôle métallique plus épaisse pour le fond (2 ou 3 mm) et les parois (2 mm).
Nature du métal : acier ordinaire pour le foyer.
Terre battue au sol
Terre cuite retenue par du métal (car elle risque de se fendre)

3) Combustibles

Le bois : se raréfie et son utilisation excessive à un impact environnemental
La balle de riz : manutention, quantité, pouvoir calorifique
La sciure de bois surtout en zones urbaines mais les étuveuses sont généralement en zones rurales
Les coques de palmiste : nécessité un foyer adapté, difficulté d'approvisionnement en quantité

4) Trempage du riz paddy dans le fût d'étuvage

Un trempage réalisé directement dans le fût d'étuvage demande moins de manipulation mais immobilise l'équipement durant une longue période. Peut être intéressant à pratiquer si un seul étuvage est réalisé le lendemain ou sinon il est nécessaire d'avoir quand même des cuves de trempage à côté.
Intérêt : on utilise le même foyer que pour l'étuvage.
Défaut : cela diminue la durée de vie de l'étuveuse.
Nota : un trempage consistant à verser de l'eau bouillante sur le paddy n'est pas bon

5) Rapport diamètre / hauteur de la masse de paddy pour un traitement optimum :

Des calculs et des essais devront être réalisés

6) Utilité du diffuseur (Est-il vraiment nécessaire ?):

Même avec une bonne répartition du bois, la vapeur est-elle répartie convenablement au travers de la masse pendant le temps de traitement ?

Les avis des utilisatrices et des personnes proches sont plutôt favorables pour garder un diffuseur mais sans trop savoir pourquoi. La raison annoncée est le plus souvent que l'on conduit la vapeur au cœur de la masse de paddy et donc que l'étuvage est plus rapide. Les acteurs l'ont toujours vu et en sont persuadés.

Rationnellement et physiquement l'utilité du diffuseur n'est vraiment pas justifiée pour une homogénéité optimum du traitement par la vapeur de la masse de paddy.

Un essai est envisageable en simultané sur deux étuves à paddy comme à Bassengué.

7) Quelle capacité suivant le besoin ?:

La capacité la plus rependue est d'un volume de 210 litres (diamètre 60 cm et hauteur 75 cm de riz paddy (en laissant 5 cm de libre en haut de la cuve)) soit l'équivalent de 110 ou 120 Kg de paddy sec qui correspond à 2 sacs de paddy de 55 ou 60 Kg.

Une demande d'une capacité supérieure est faite par différents acteurs, dont les femmes étuveuses. Elle correspond environ au double de la capacité des étuveuses actuelles de 210 litres mais à condition que leur manipulation reste aisée.

Pour les rizeries industrielles, les besoins sont différents car les quantités à traiter journellement sont beaucoup plus importantes. L'étuvage pour la rizerie de Denken en est l'illustration où nous avons 10 étuveuses à paddy avec une charge courante de 300 Kg de paddy sec. Chaque étuveuse à paddy permet 3 à 4 étuvages par jour. Soit de 9 à 12 tonnes de riz paddy étuvé par jour. Le traitement courant n'est que de moitié (5 à 6 t/j).

8) Manipulation des étuveuses

- Une étuveuse facile à manipuler en toute sécurité peut être plus grande.
- Un bon positionnement des axes de pivotement pour bien répartir la charge au moment de la manœuvre et permettre à une seule personne de la manipuler.
- Une suppression éventuelle du basculement par la mise en places de 1 ou 2 trappes de vidange.

9) Comment accroitre la durabilité des étuveuses actuelles ?

Utiliser des tôles plus épaisses. Mettre un fond plus épais de 2 ou 3 mm (actuellement 1.5 mm), Les femmes étuveuses pensent que la consommation de bois est plus importante avec un fond épais. C'est sans doute vrai au début, il faut surchauffer la tôle, mais ensuite en régime constant la surconsommation ne doit pas être très importante, un essai pourra être fait pour le vérifier.

Fond démontable – changeable (on peut aussi découper un fond soudé et ressouder)

Nature de la tôle : acier galvanisé plus épais (2 mm) avec un meilleur assemblage (plis, soudure avec des baguettes inox, …) ; acier inox ; fonte alu pour la partie au contact des flammes (M KANTE Aboubacar sait faire faire des moules adéquats).

Nota : ne pas promouvoir l'emploi de la tôle en acier galvanisé car elle ne devrait normalement pas être utilisée pour tout ce qui est en contact avec un produit alimentaire.

10) Conception d'une étuveuse avec générateur de vapeur indépendant

Concept d'un ensemble foyer avec son réceptacle d'eau (cuve à eau) générant de la vapeur et au-dessus une cuve à paddy cylindrique pivotante avec son fond en tôle perforée, contenant le paddy à étuver et laissant pénétrer la vapeur.

Unité génératrice de vapeur : cuve à eau en fonte alu résistante aux flammes et foyer amélioré économe en bois et plus durable.

Cuve d'étuvage (traitement du paddy à la vapeur): durable et de qualité alimentaire, assurant un étuvage homogène du paddy; permettant un remplissage et une vidange aisés

Eviter les fuites de vapeur. L'étanchéité doit être parfaite entre l'unité génératrice de vapeur et la cuve d'étuvage.

Assurer une diffusion homogène de la vapeur dans la masse de grains paddy

Permettre une maitrise de la fabrication par les artisans locaux en leur fournissant des indications, guides ou un cahier des charges approprié.

Contrôle divers

Contrôle de la qualité alimentaire. Sécurité sanitaire. Sécurité physique

Annexe 3

Possibilité d'amélioration des étuveuses actuelles
(Dossier de fabrication)

Modèle pour une étuveuse de 210 litres (110 à 120 Kg de riz paddy sec).

1. Présentation

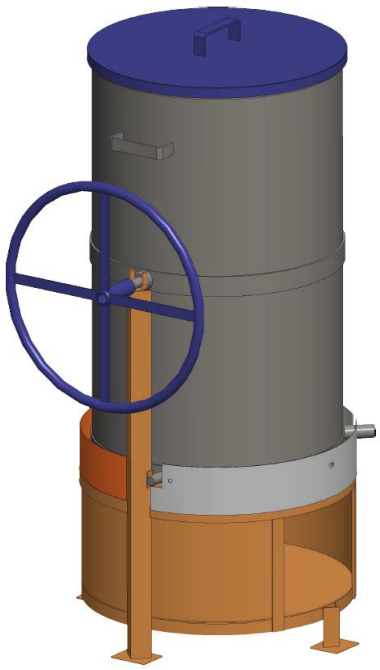
Cette étuveuse améliorée est semblable à celles qui sont actuellement utilisées mais rendue plus durable grâce à l'utilisation d'une tôle en acier inoxydable pour fabriquer la cuve d'étuvage qui reste manœuvrable par une personne. Pour accroitre encore la durabilité, le foyer est réalisé en acier ordinaire mais avec des tôles plus épaisses (au moins 2 mm) et des renforts aux bons endroits. Toutes les améliorations recensées ont aussi été intégrées. Cette étuveuse permet de réaliser plusieurs étuvages par jour.

C'est une étuveuse avec une cuve à paddy d'un diamètre de 60 cm sur une hauteur de 1 mètre. La masse de paddy humide est disposée à l'intérieur sur une hauteur de 75 cm (le remplissage est arrêté à 5 cm du haut de la cuve). La grille repose sur un plat roulé à l'intérieur de la cuve disposé à 20 cm du fond. Elle est démontable et bien ajustée pour empêcher la chute de grains de paddy dans la partie inférieure.

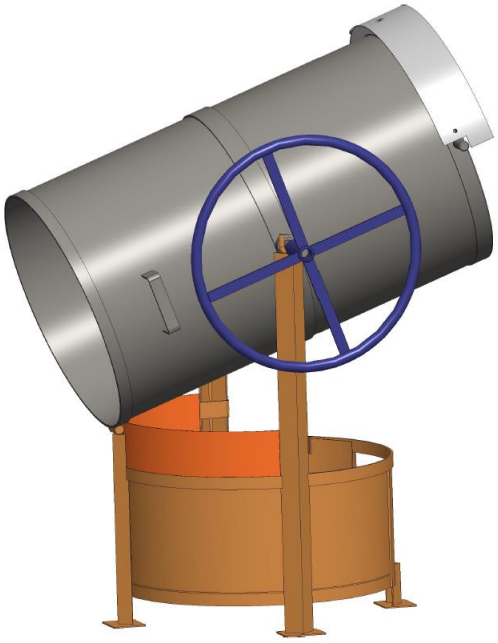
L'axe de pivotement est positionné légèrement en dessous du centre de gravité pour permettre une meilleure répartition des charges et faciliter la manutention lors de la vidange (voir le dossier de fabrication). Un volant permet de faciliter cette opération qui peut être effectuée par une seule personne. Les tôles externes restent en place pendant la rotation.

La hauteur totale de l'ensemble pour le chargement en riz paddy est à 1,40 m. (Il serait possible de prévoir une position intermédiaire de pré-chargement mais il faudrait alors fabriquer un système de blocage particulier qui n'est pas représenté).

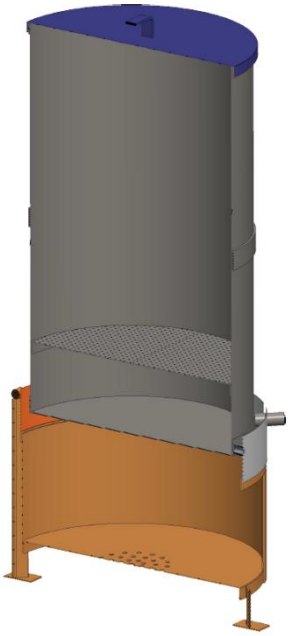
Le trempage peut être réalisé dans la cuve et permettre ainsi d'utiliser le foyer pour la préchauffe au début du trempage mais cela monopolise davantage l'équipement. Cette cuve à étuvage du paddy est durable et assure une qualité alimentaire (acier inox). Le foyer amélioré est durable et économe en bois.



Vue générale de l'étuveuse



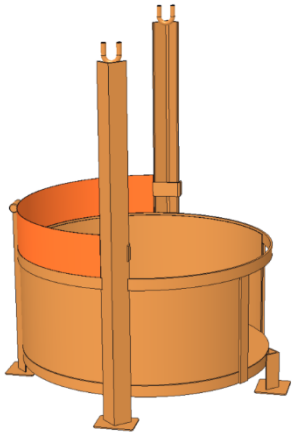
Position de vidange du paddy



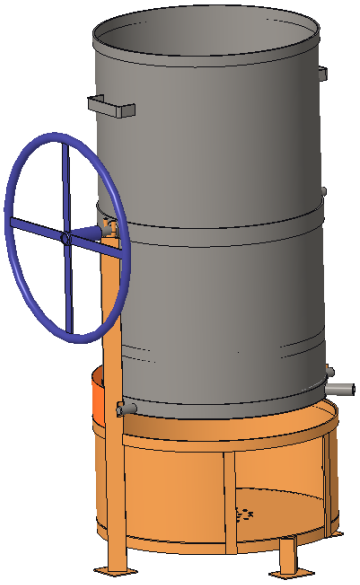
Coupe verticale

1.1. Montage des sous-ensembles

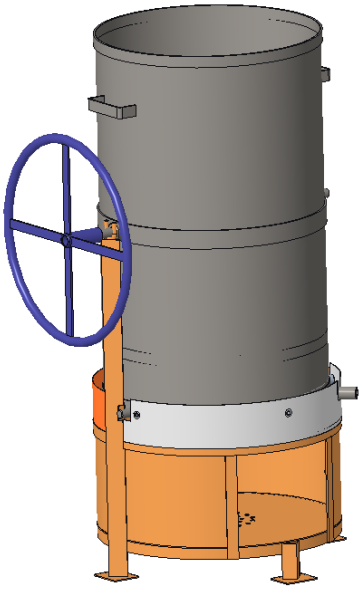
Après avoir positionné le foyer, on procède à la mise en place de la cuve à paddy sur son axe de pivotement (le volant peut être monté avant ou après) puis on procède au montage de la tôle de protection (en gris clair) qui est fixée d'un coté sur la partie basse de la cuve. Cette tôle doit être démontable rapidement afin de pouvoir poser la cuve sur le sol si nécessaire.



Positionnement du foyer



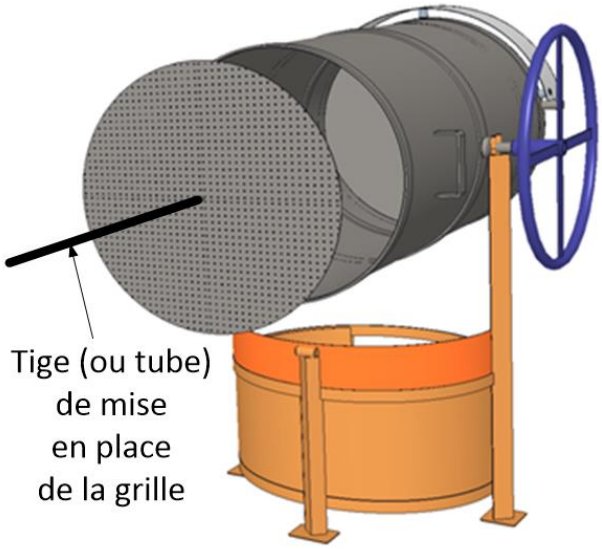
Montage de la cuve



Montage de la tôle d'étanchéïté

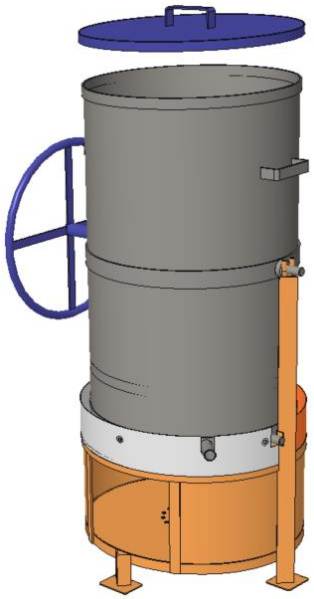
Ensuite mise en place de la grille qui doit être démontable. Ne pas mettre de pieds à la grille, elle repose sur un plat roulé à l'intérieur de la cuve.

Elle peut être équipée d'une tige centrale (ou petit tube) pour faciliter sa mise en place.



Montage de la grille

Préparation du couvercle

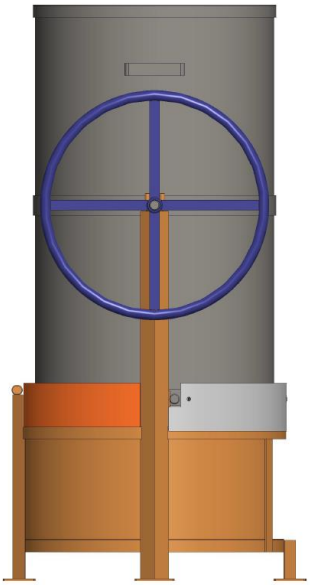


Couvercle

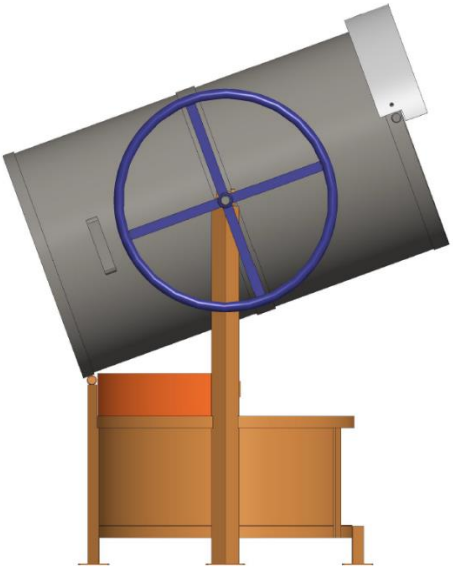
1.2. Rotation de la cuve

La cuve dispose de 2 positions principales :

- Une position verticale où la cuve, en butée, est maintenue par un système de verrouillage / déverrouillage pour réaliser l'étuvage en toute sécurité
- Une position basculée pour permettre la vidange du paddy en fin d'étuvage



Position en butée verticale



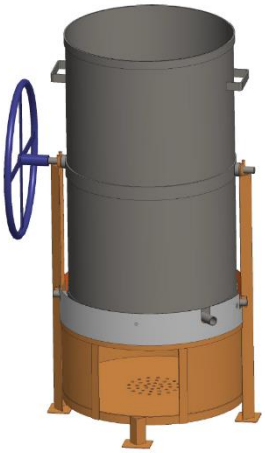
Position en butée vidange

1.3. Procédure d'utilisation

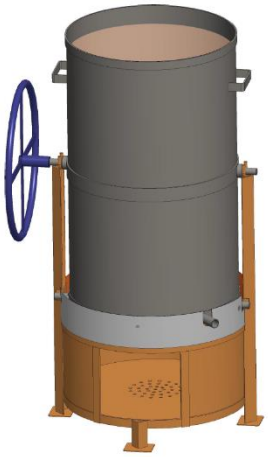
La procédure d'utilisation reste la même que la procédure habituelle :

Verrouillage de la cuve à paddy en position verticale - fermeture du robinet de vidange - versement d'eau dans le fond de la cuve pour générer la vapeur - chargement du paddy trempé et essoré - mise en place (ou non) d'un tissu sur le dessus – mise en place du couvercle - allumage du foyer - étuvage.

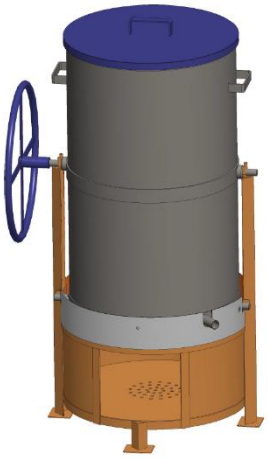
A la fin de l'étuvage : arrêt du feu - vidange de l'eau résiduelle de la cuve - vidange du paddy étuvé par basculement.



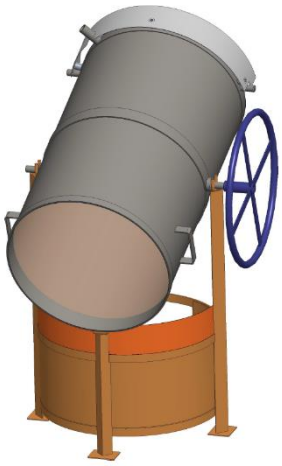
Cuve verrouillée
Robinet fermé
Versement de l'eau



Chargement du paddy



Placement couvercle
Foyer allumé
Etuvage
Arrêt du feu
Vidange de l'eau



Basculement cuve
pour la vidange

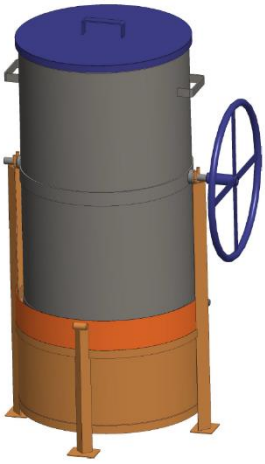
2. Dossier de fabrication

La cuve qui contient le paddy est fabriquée en tôle d'acier inoxydable qui est plus résistante à l'agression des flammes du foyer et permet ainsi d'améliorer la durabilité de l'équipement. Elle assure également une meilleure qualité alimentaire. Une tôle de 1.5 mm d'épaisseur est suffisante mais il est nécessaire de rajouter des plats roulés aux bons endroits qui permettent une meilleure résistance à l'agression des flammes mais aussi de meilleures soudures. L'intérieur de la cuve ne doit pas être peint.

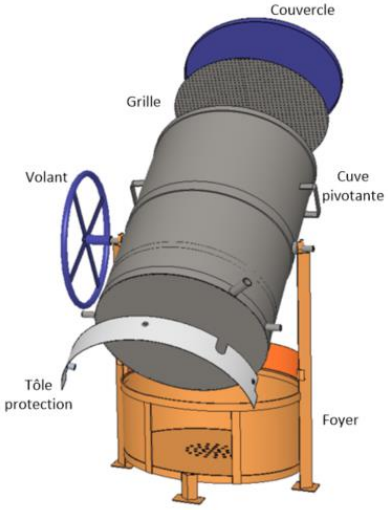
Le foyer, fabriqué avec des tôles plus épaisses (au moins 2 mm) voit également sa durabilité améliorée. A ce niveau il n'est pas nécessaire d'utiliser de l'acier inox qui reste relativement onéreux. L'utilisation de plats roulés et de cornières donne une structure solide et apporte une bonne résistance aux flammes. Enfin, il n'est pas conseillé d'utiliser de l'acier galvanisé pour la réalisation du foyer car on risque un dégagement de vapeurs toxiques au contact direct des flammes.

Pour ce dossier, seules les cotes essentielles et les indications nécessaires sont spécifiées.

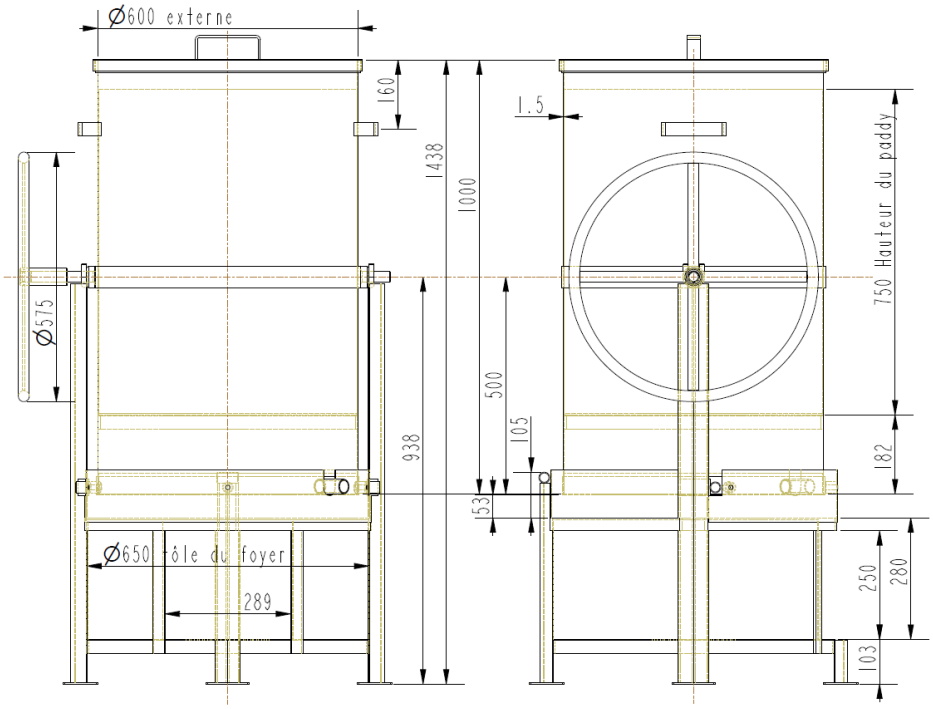
2.1. Module général



Vue générale



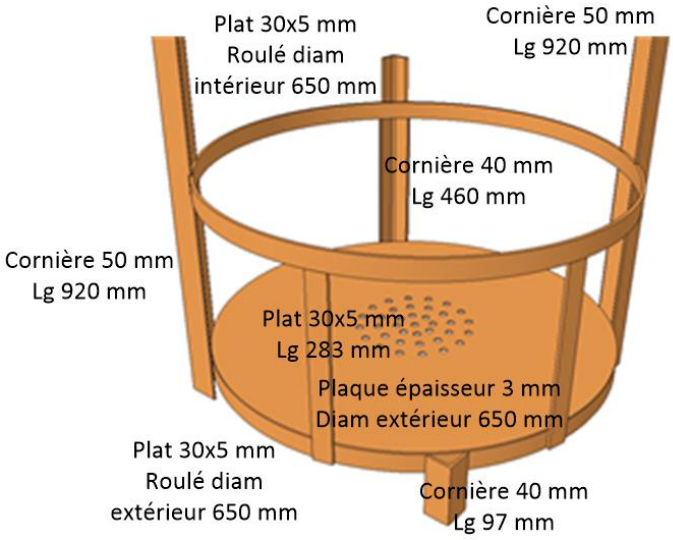
Eléments constitutifs de l'étuveuse



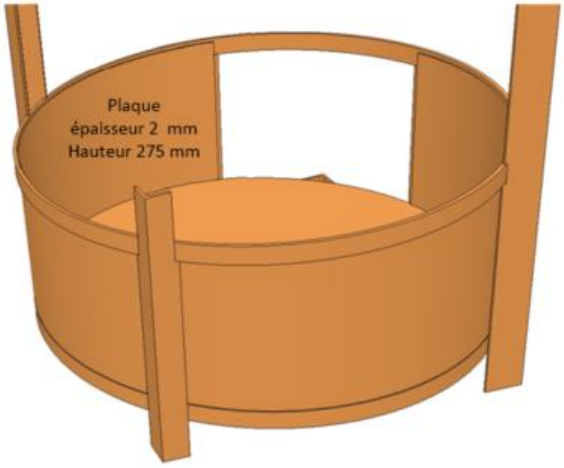
Dimensionnement du module général

2.2. Foyer

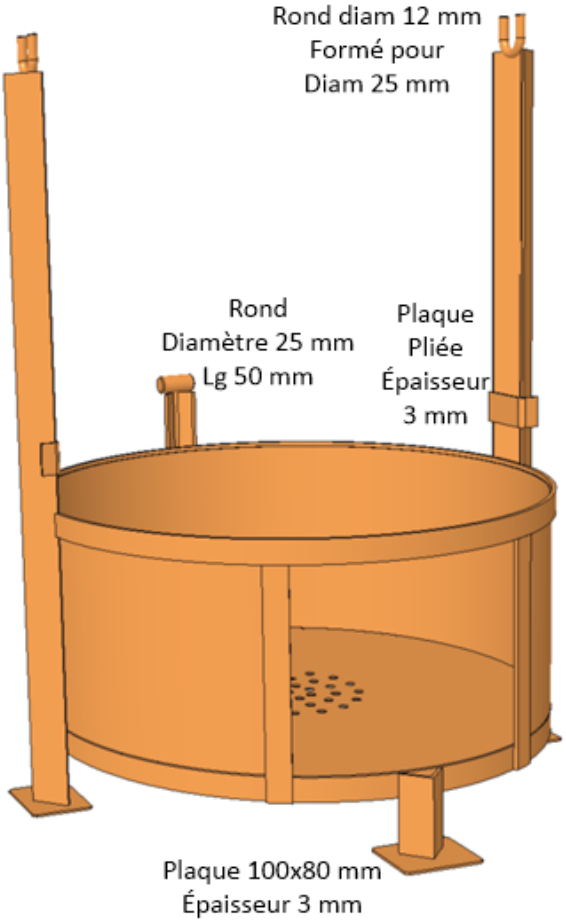
Le foyer est fabriqué en acier ordinaire peint avec des épaisseurs de tôle suffisantes pour accroitre sa durée de vie.



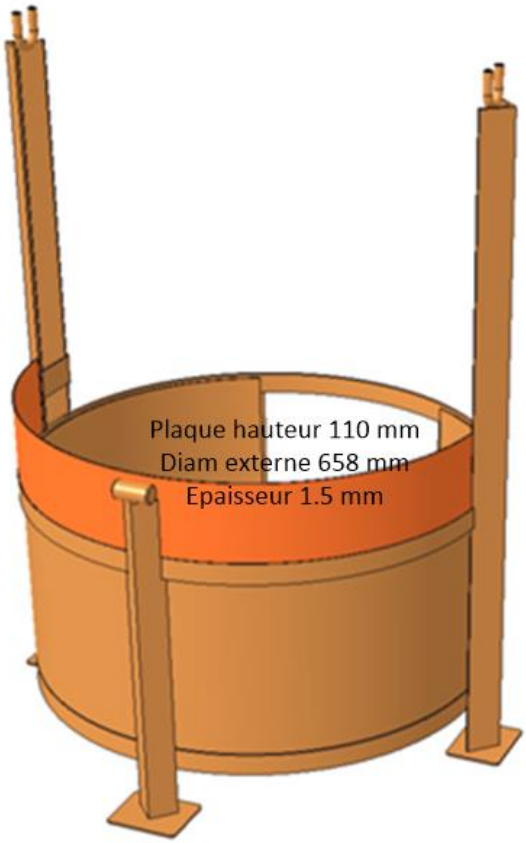
Eléments constitutifs du foyer



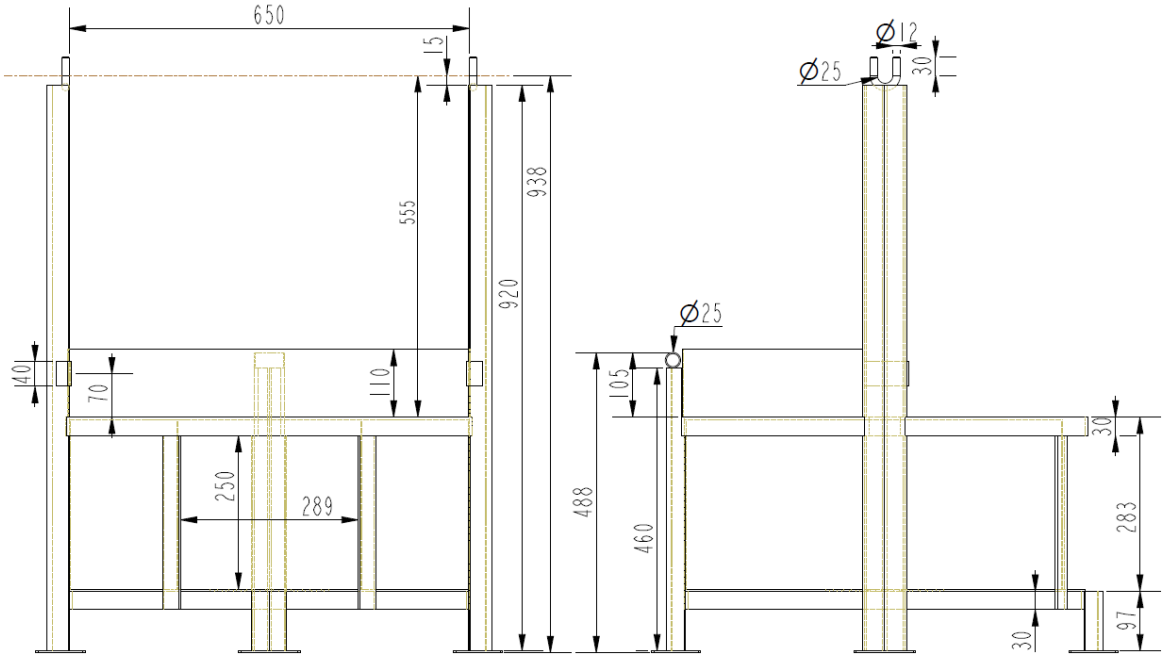
Mise en place de la tôle roulée



Pièces supplémentaires



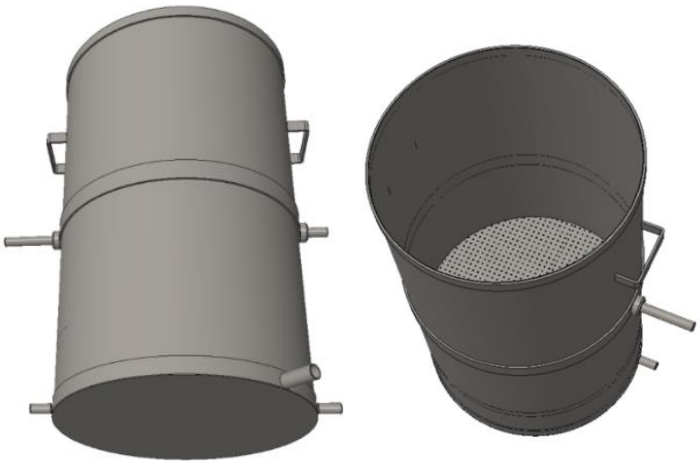
Tôle de protection

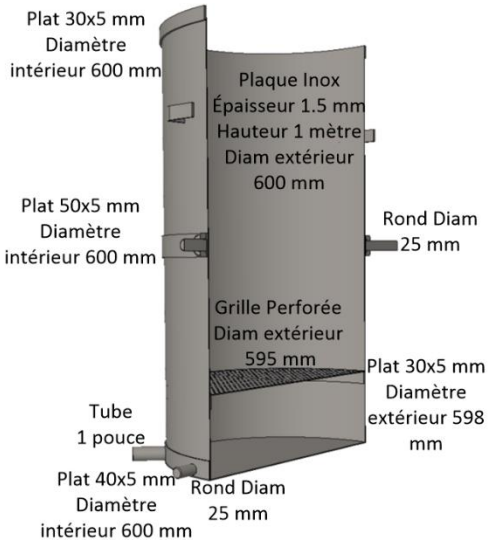


Dimensionnement de l'ensemble du foyer

2.3. Cuve

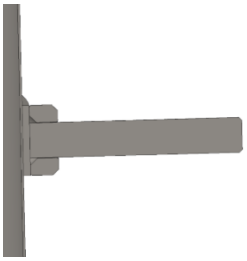
La virole de la cuve constituée d'une tôle roulée et le fond de la cuve sont en acier inoxydable



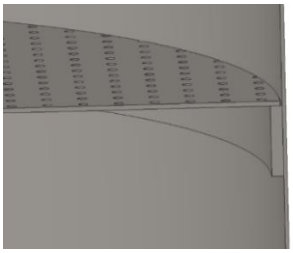


Vues d'ensemble de la cuve *Détail des éléments constitutifs*

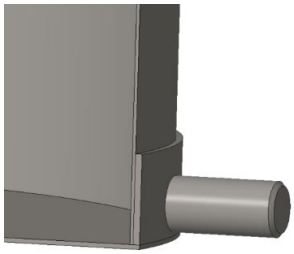
Montage haut



Montage axes avec cales de centrage

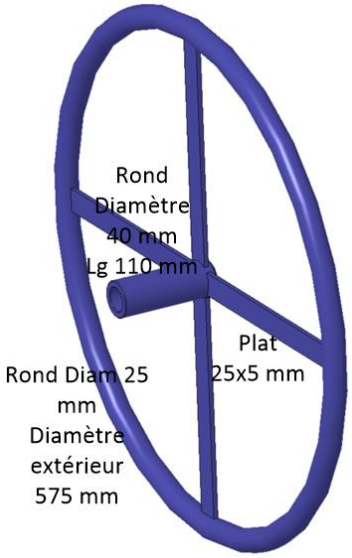


Montage de la grille reposant sur fer plat

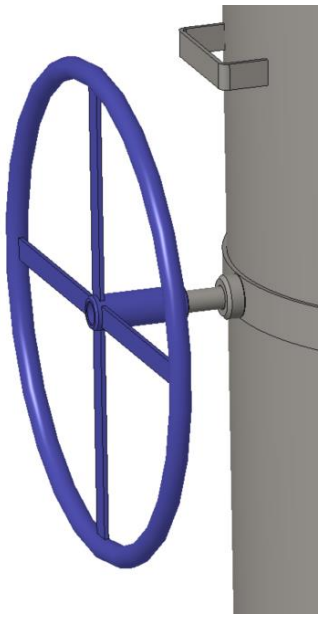


Montage bas avec butée

2.4. Volant



Eléments du volant



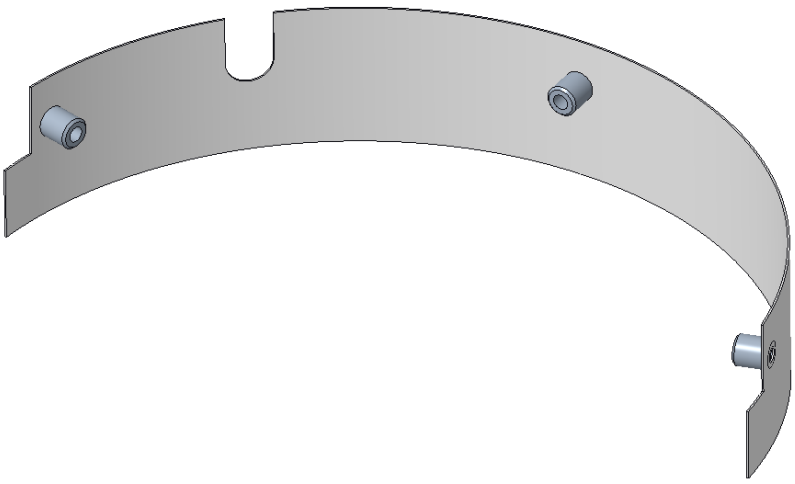
Montage du volant

2.5. Couvercle

Vue du couvercle en perspective

2.6. Plaque de protection

Hauteur 120 mm et entretoise longueur 28 mm. Cette plaque doit être démontable rapidement.



Vue interne de la plaque de protection

Annexe 4

Co-conception d'une étuveuse avec générateur de vapeur indépendant
(Dossier de fabrication)

Modèle pour une étuveuse de 210 litres (110 à 120 Kg de riz paddy sec)

1. Présentation

Le modèle de base de cette étuveuse à riz paddy a une capacité de 210 litres équivalente à celles qui sont actuellement utilisées. Son originalité provient du fait que la cuve et le module de génération de vapeur ont été séparée afin d'améliorer sa durabilité. Elle intègre toutes les améliorations recensées et reste manœuvrable par une personne. Elle permet de faire plusieurs étuvages par jour.

L'étuveuse est constituée d'une cuve à paddy d'un diamètre de 60 cm sur une hauteur de 80 cm. La masse de paddy humide est disposée à l'intérieur sur une hauteur de 75 cm (le remplissage est arrêté à 5 cm du haut de la cuve). Le fond est simplement constitué d'une tôle perforée destinée à retenir la masse de paddy tout en laissant passer la vapeur. Elle est complétée par un générateur de vapeur indépendant constitué d'une cuve à eau disposée sur un foyer amélioré.

La cuve d'étuvage est fabriquée en tôle d'acier inoxydable et la cuve à eau (d'environ 20 l) qui est directement en contact avec les flammes du foyer peut être réalisée, comme les marmites traditionnelles, en fonte aluminium afin d'assurer sa longévité. Au besoin, elle pourrait aussi être fabriquée en acier inoxydable. Le foyer est réalisé en acier ordinaire mais avec des tôles plus épaisses (au moins 2 mm) et des renforts aux bons endroits.

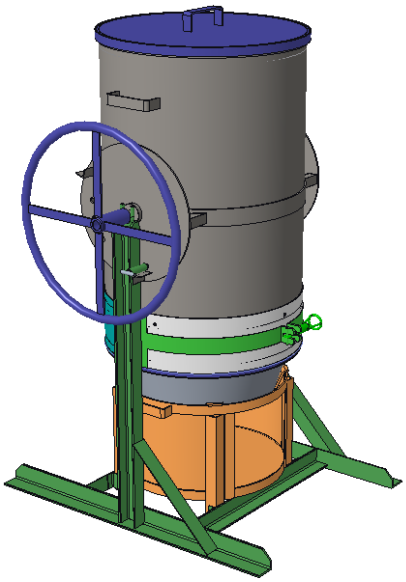
L'axe de pivotement est positionné légèrement en dessous du centre de gravité pour permettre une meilleure répartition des charges et faciliter la manutention lors de la vidange (voir le dossier de fabrication). Un volant permet de faciliter cette opération qui peut être effectuée par une seule personne.

La hauteur totale de l'ensemble pour le chargement en riz paddy est à 1,40 m avec une position intermédiaire possible de pré-chargement.

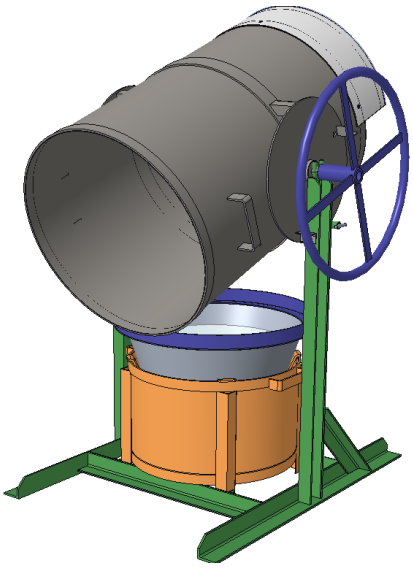
De par sa conception cette cuve d'étuvage ne permet pas de réaliser le trempage qui doit alors être effectué dans des récipients extérieurs spécifiques. Ceci a, par ailleurs, l'avantage de ne pas monopoliser l'étuveuse à riz paddy.

La contrainte mécanique principale est que la cuve à eau et le foyer doivent être bien centrés par rapport à la cuve à paddy. Il est enfin nécessaire d'éviter toute fuite de vapeur entre la cuve à eau et la cuve à paddy.

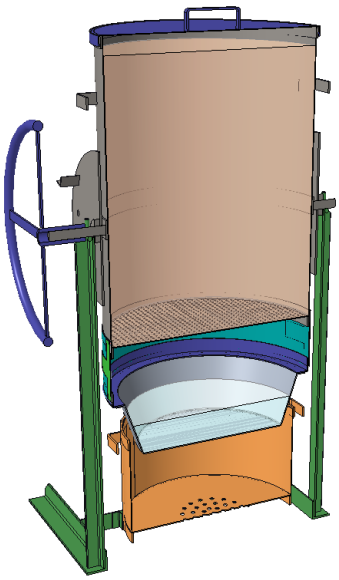
Cette cuve à étuvage du paddy est durable et assure une qualité alimentaire (acier inox). Le foyer amélioré est durable et économe en bois.



Vue générale de l'étuveuse



Position de vidange du paddy

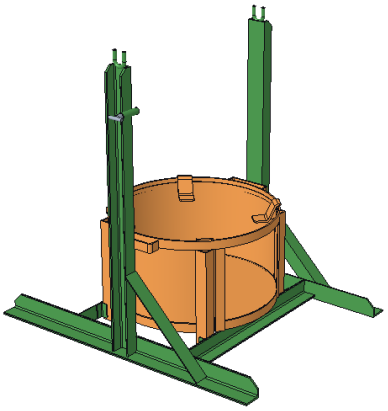


Coupe verticale

1.1. Montage des sous-ensembles:

Positionnement du foyer sur le châssis.

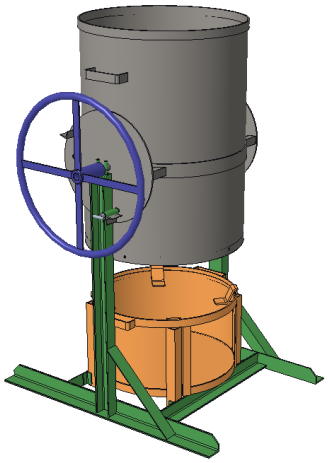
Mise en place du châssis



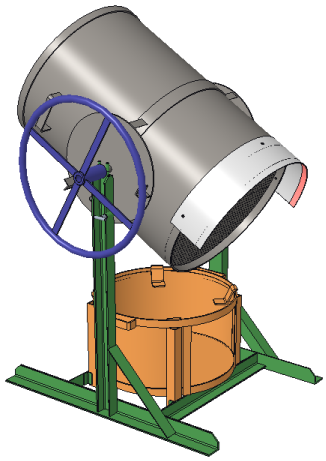
Positionnement centré du foyer sur le châssis

Mise en place de la cuve sur son axe de pivotement (le volant peut être monté avant ou après)

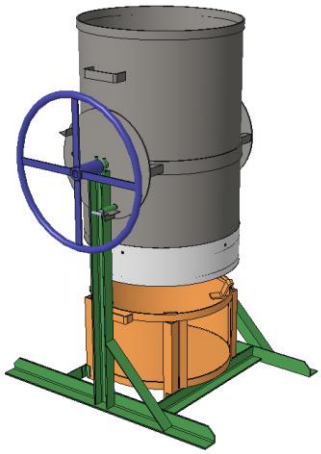
Puis montage de la 1ère tôle d'étanchéité de la vapeur qui est fixée sur la partie basse de la cuve et blocage à la verticale de la cuve par une goupille.



Montage de la cuve à paddy

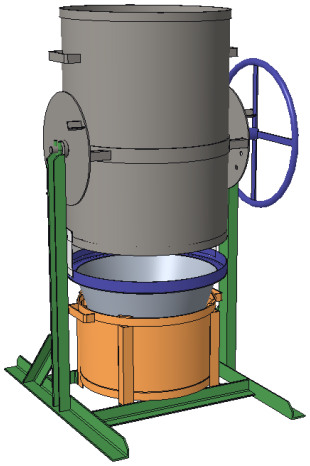


Montage de la 1ère tôle d'étanchéïté

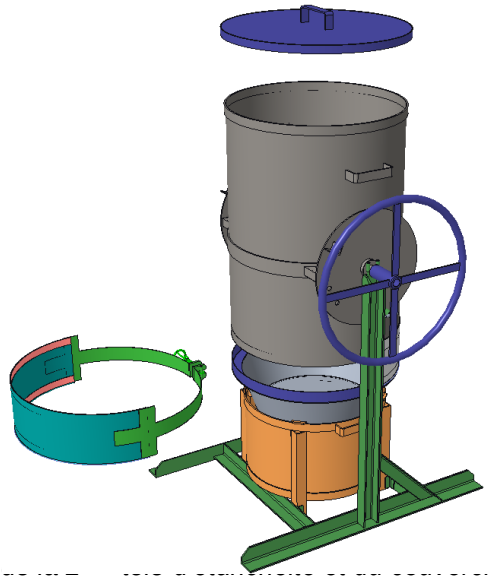


Blocage en position verticale

Mise en place de la cuve à eau et préparation du couvercle et de la 2ème tôle d'étanchéité à la vapeur.



Positionnement de la cuve à eau

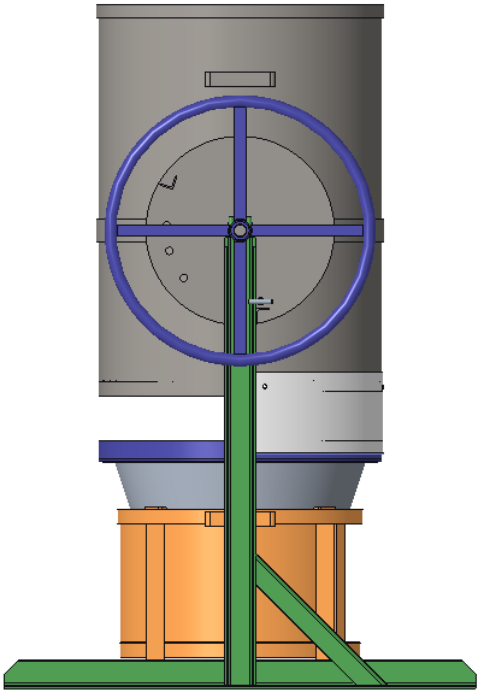


Préparation

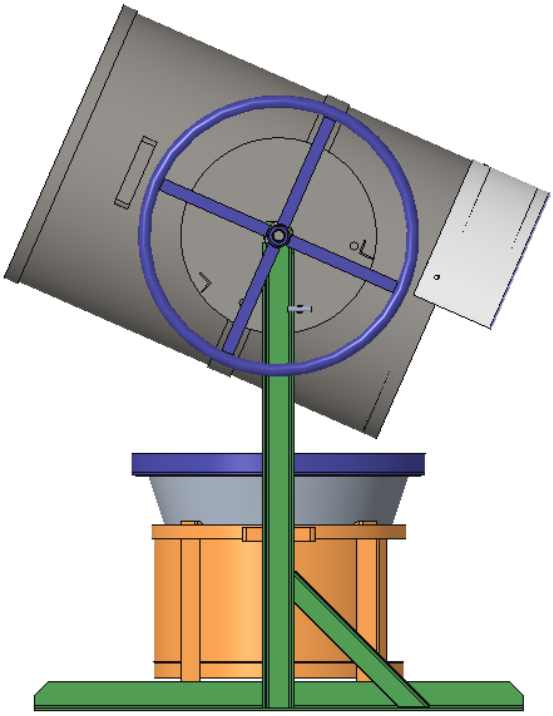
1.2. Quatre positions de verrouillage pour la rotation de la cuve :

La position verticale et celle de vidange permettent de venir en butée et de pouvoir bloquer la cuve à paddy dans ces positions.

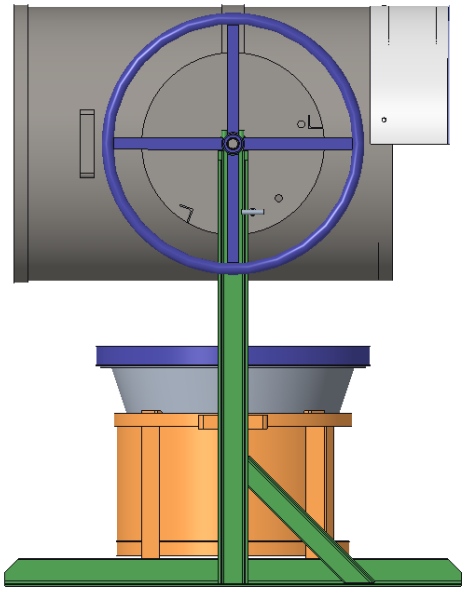
Les deux autres positions sont intermédiaires et n'ont pas de butée mais un simple blocage réalisé au moyen d'une goupille accessible du coté volant



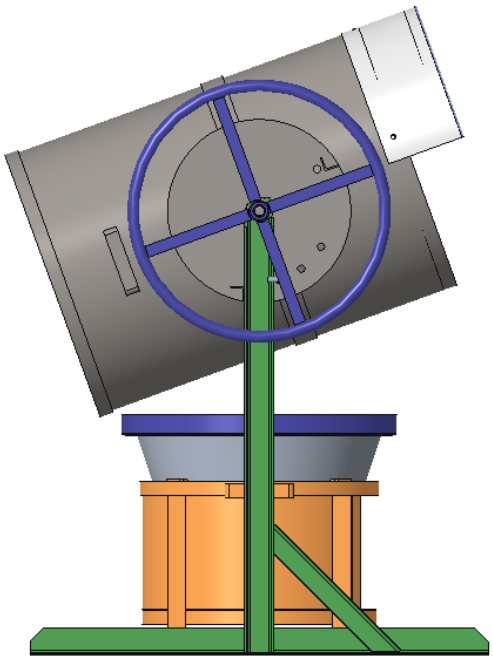
Butée et blocage en position verticale



Blocage en position de pré-chargement



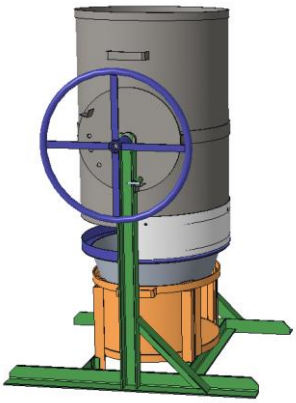
Blocage en position horizontale



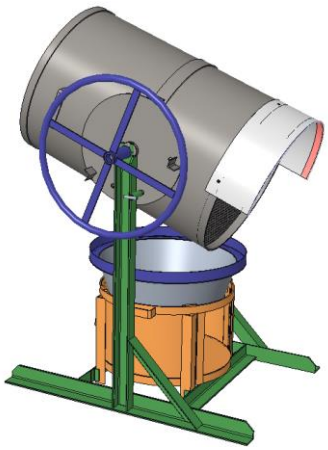
Butée et blocage en position de vidange

1.3. Procédure d'utilisation

Après avoir préparé l'étuveuse (mise en place de la cuve à eau, du petit bois…), on peut réaliser un verrouillage en position de pré-chargement pour faciliter le versement du paddy dans la cuve (ce n'est pas une obligation mais c'est une possibilité offerte par ce blocage intermédiaire)



Préparation de l'étuveuse

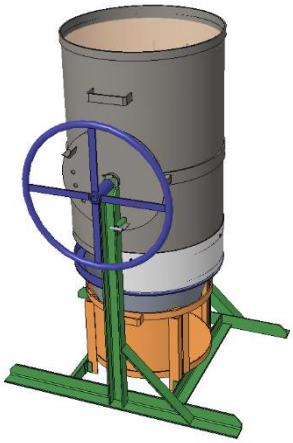


Position de pré-chargement

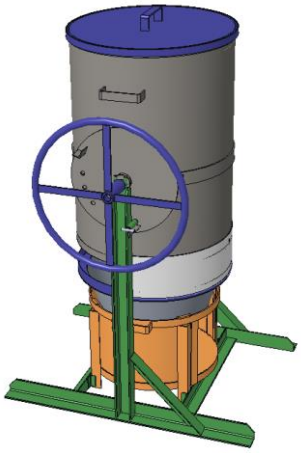
Ensuite verrouillage vertical et fin du remplissage (jusqu'à 5 cm en dessous du haut de la cuve).

Mise en place du capot (avec ou sans chiffon sur le dessus du paddy).

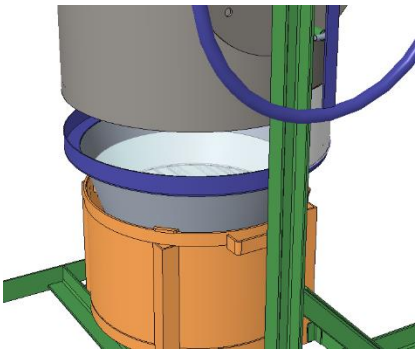
Puis versement de l'eau dans la cuve à eau (13 litres sont normalement suffisants)



Chargement complet



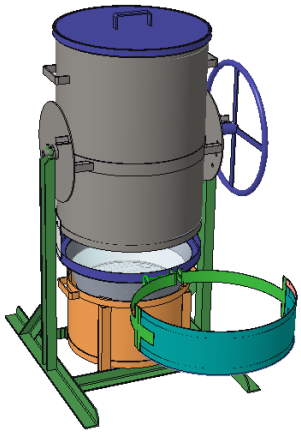
Mise en place du couvercle

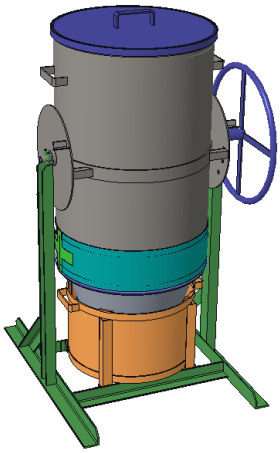


Mettre l'eau dans la cuve à eau

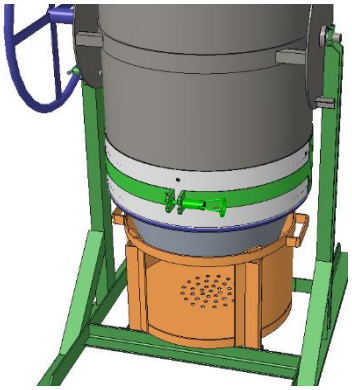
Mise en place de la 2ème tôle d'étanchéité qui est souple et peut s'engager facilement.

Elle est serrée par l'arrière en créant une pression tout autour du bas de la cuve à paddy et de la cuve à eau afin d'empêcher les fuites de vapeur.



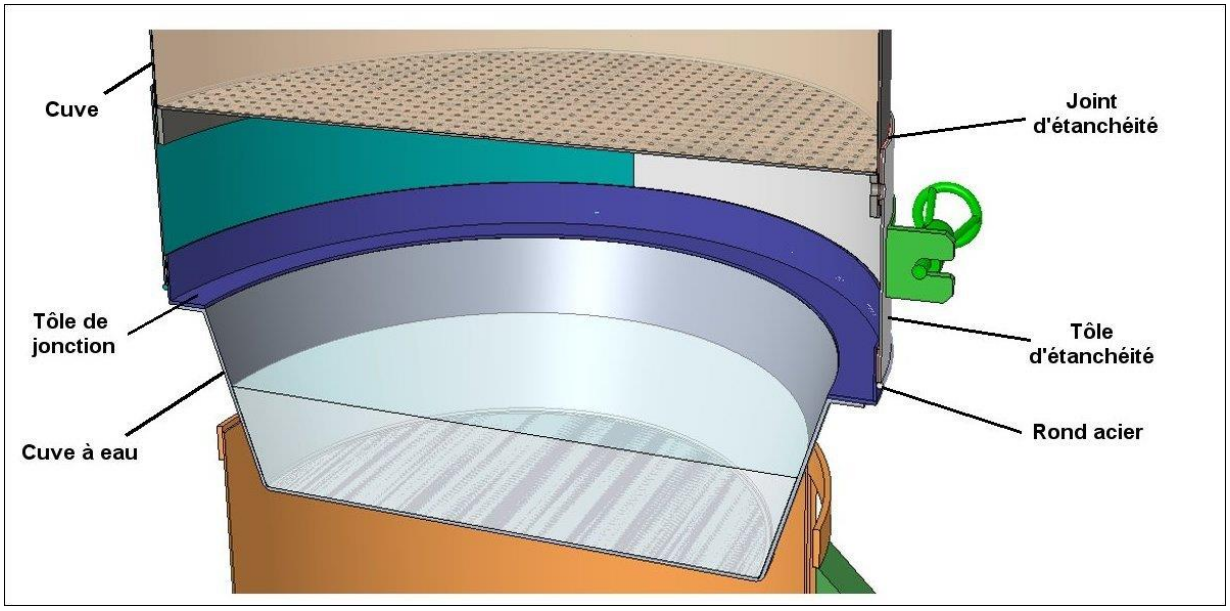


Mise en place de la 2ème tôle d'étanchéité à la vapeur



Serrage coté entrée foyer

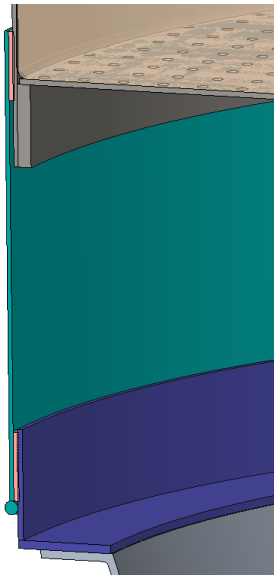
Il est essentiel d'assurer une parfaite étanchéité à la vapeur sans fuites au niveau des tôles d'étanchéité. L'absence de fuite permet de conserver une bonne pression de vapeur sous la grille et facilite une progression uniforme du front d'étuvage au travers de la masse de paddy.

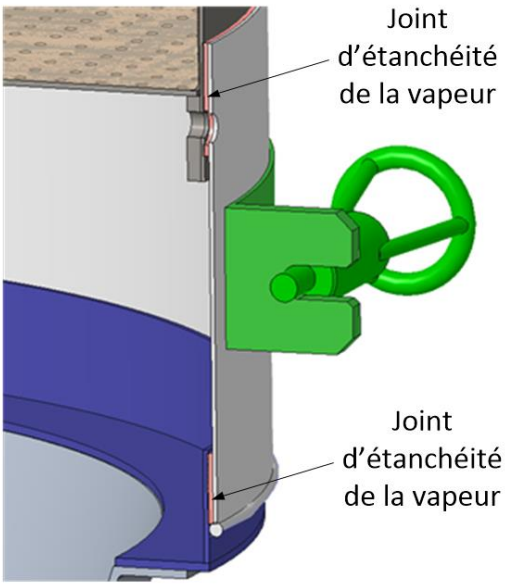


Vue en coupe de la jonction entre la cuve à eau et la cuve d'étuvage

La tôle de jonction fixée sur le dessus de la cuve à eau a le même diamètre extérieur que la cuve d'étuvage

Une fois serrés, les joints d'étanchéité placés entre la cuve d'étuvage et la tôle d'étanchéité permettent d'éviter toute fuite de vapeur. Ces joints d'étanchéité peuvent aussi être des joints toriques qui nécessitent alors un montage approprié. Le rond acier dans la partie basse des tôles d'étanchéïté sert à protéger le joint d'étanchéité de l'agression direct des flammes





Montage 2ème tôle d'étanchéité amovible

Montage 1ère tôle d'étanchéité amovible sur la cuve à paddy

L'objectif essentiel est d'assurer une parfaite étanchéité à la vapeur de l'ensemble. Le résultat dépend principalement des matériaux et des composants dont on dispose.

Nota : la 1ère tôle d'étanchéité fixée sur la cuve pourrait être aussi une tôle libre qui se positionne en même temps que la 2ème tôle d'étanchéité amovible.

2. Dossier de fabrication

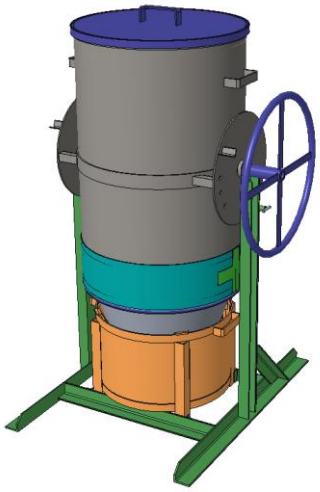
La cuve d'étuvage qui contient le paddy est fabriquée en tôle d'acier inoxydable qui assure une qualité alimentaire. Une tôle de 1.5 mm d'épaisseur est suffisante mais il est nécessaire d'ajouter des plats roulés aux bons endroits pour rendre la cuve à paddy plus solide et de réaliser des soudures de bonne qualité. L'intérieur de la cuve ne doit pas recevoir de peinture.

La cuve à eau qui se retrouve, elle, directement au contact des flammes peut être réalisée, comme les marmites traditionnelles, en fonte aluminium afin d'assurer sa longévité. Au besoin, elle peut aussi être fabriquée en acier inoxydable.

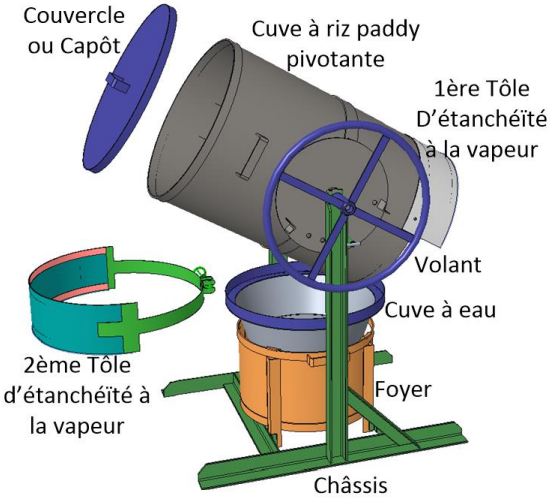
Le foyer est réalisé en acier ordinaire mais avec des tôles plus épaisses (au moins 2 mm) et des renforts en fer plats roulés et cornières aux bons endroits pour assurer une structure solide et résistante aux flammes. A ce niveau, il n'est pas nécessaire d'utiliser de l'acier inox trop onéreux et il n'est pas conseillé d'utiliser de l'acier galvanisé pour éviter tout dégagement de vapeurs toxiques au contact direct des flammes.

Pour ce dossier, seules les cotes essentielles et les indications nécessaires sont spécifiées.

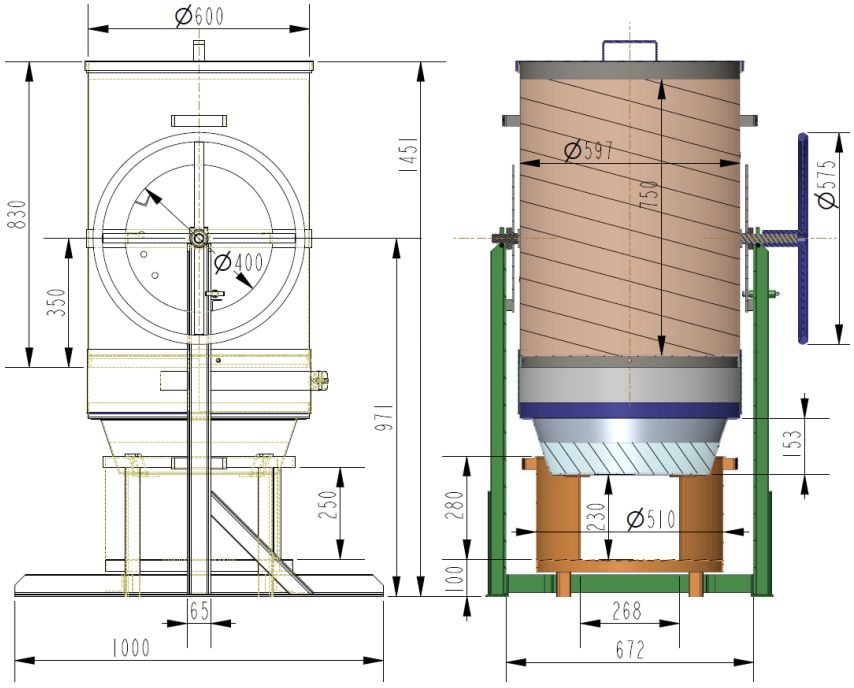
2.1. Module général



Vue générale



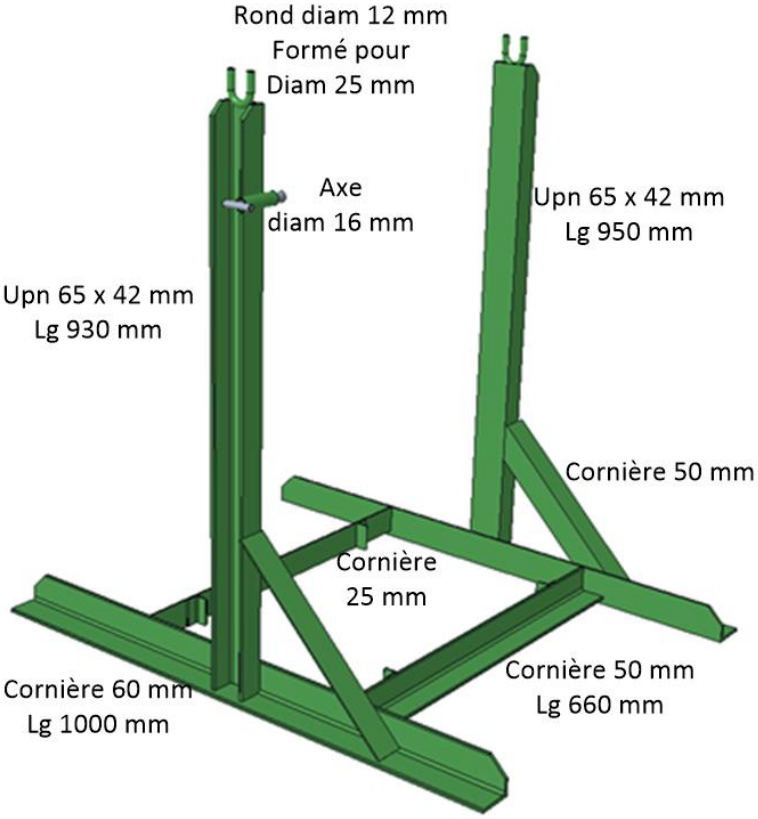
Eléments constitutifs de l'étuveuse



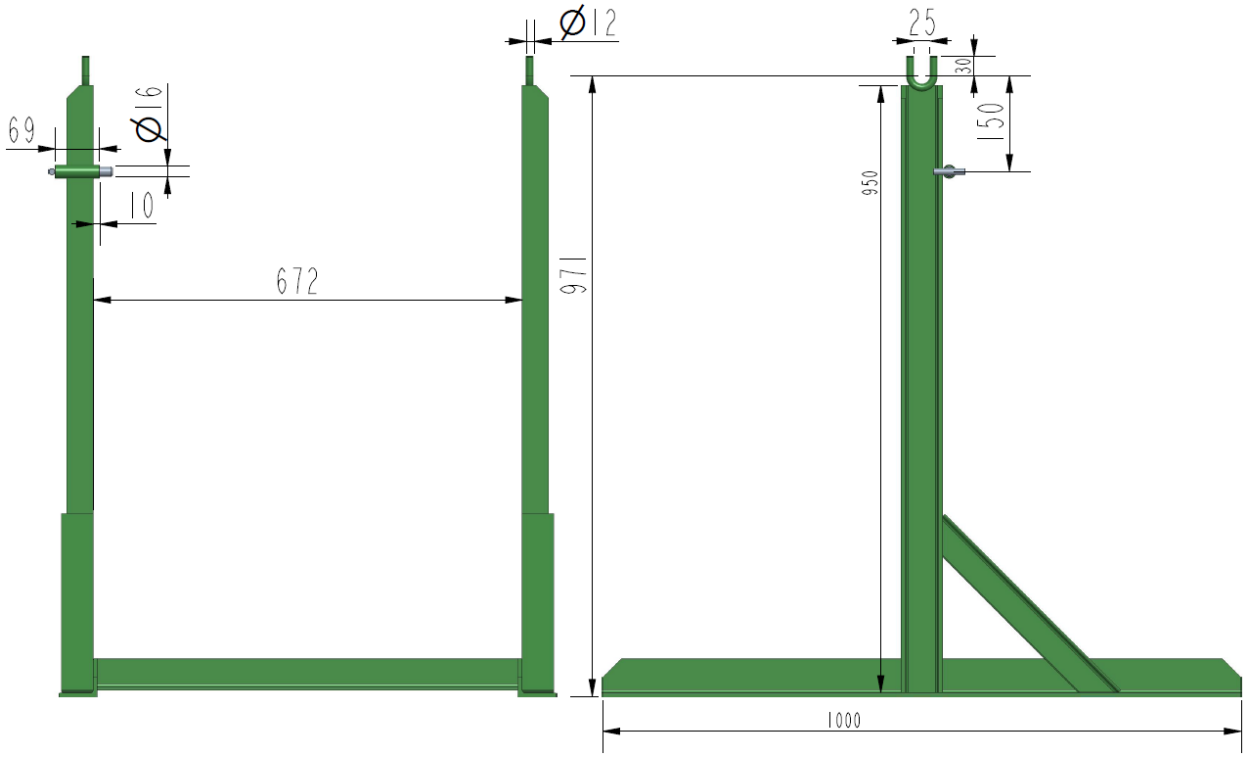
Dimensionnement du module général

2.2. Châssis

Le châssis est fabriqué en acier ordinaire peint



Eléments constitutifs du châssis (débit matière)

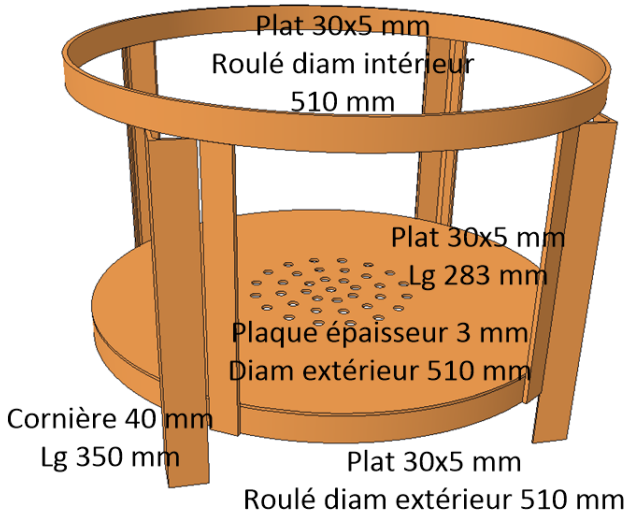


Cotation du châssis

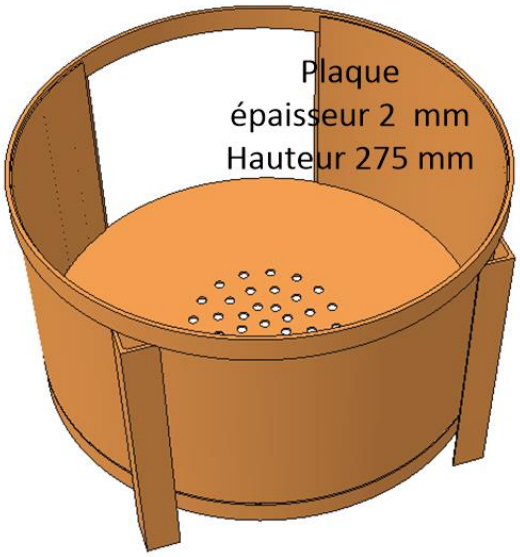
2.3. Foyer et Cuve à eau :

2.3.1. Foyer

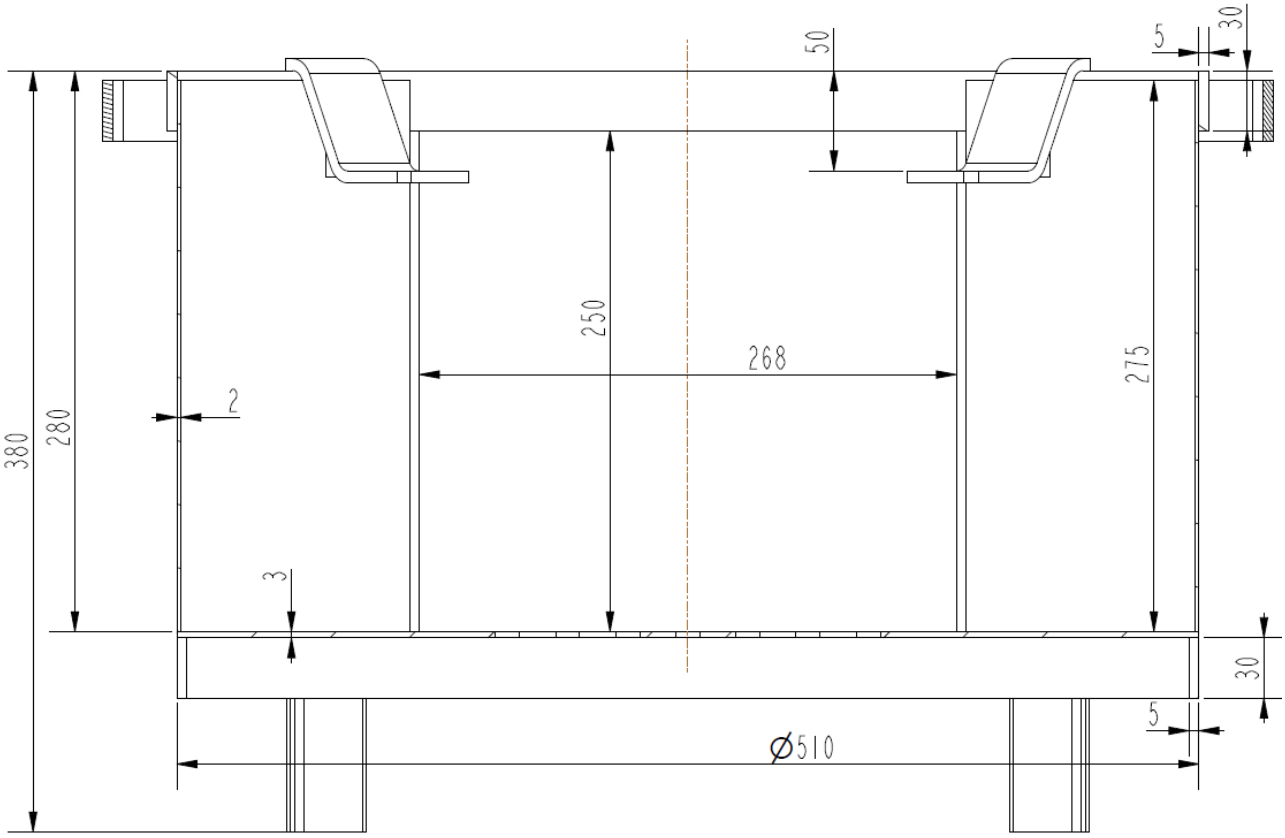
Le foyer est fabriqué en acier ordinaire peint avec des épaisseurs de tôle suffisantes pour accroitre sa durée de vie



Structure et éléments constitutifs du foyer

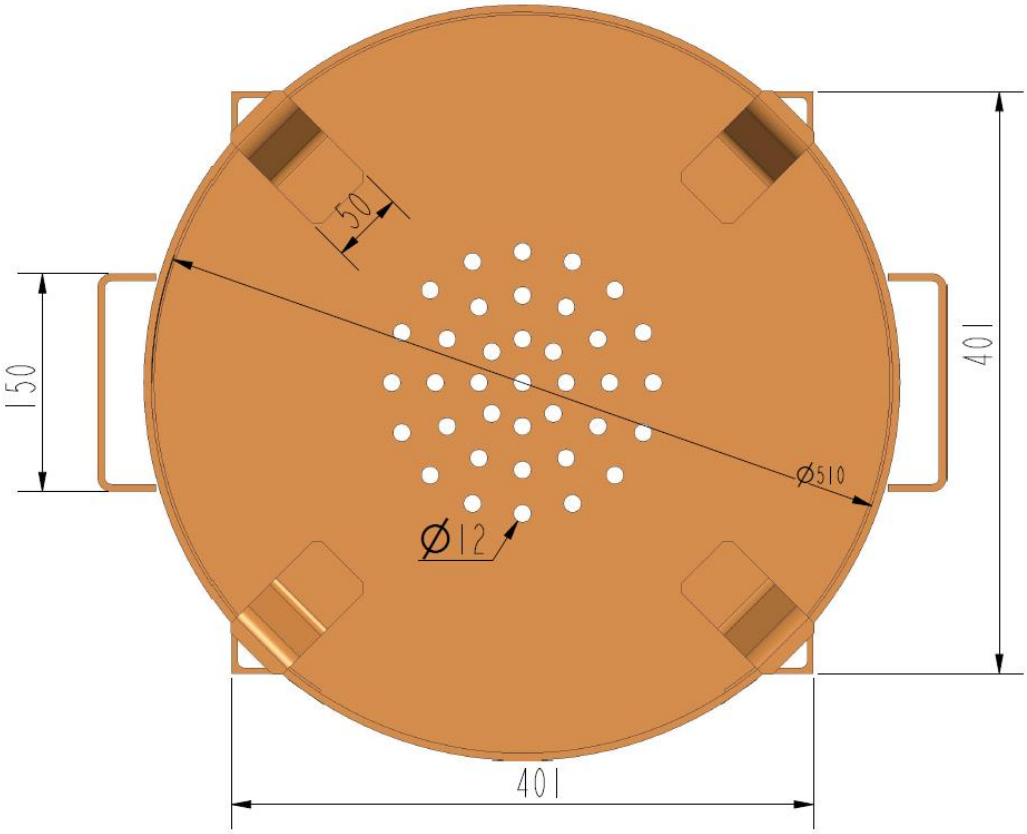


Mise en place de la tôle roulée

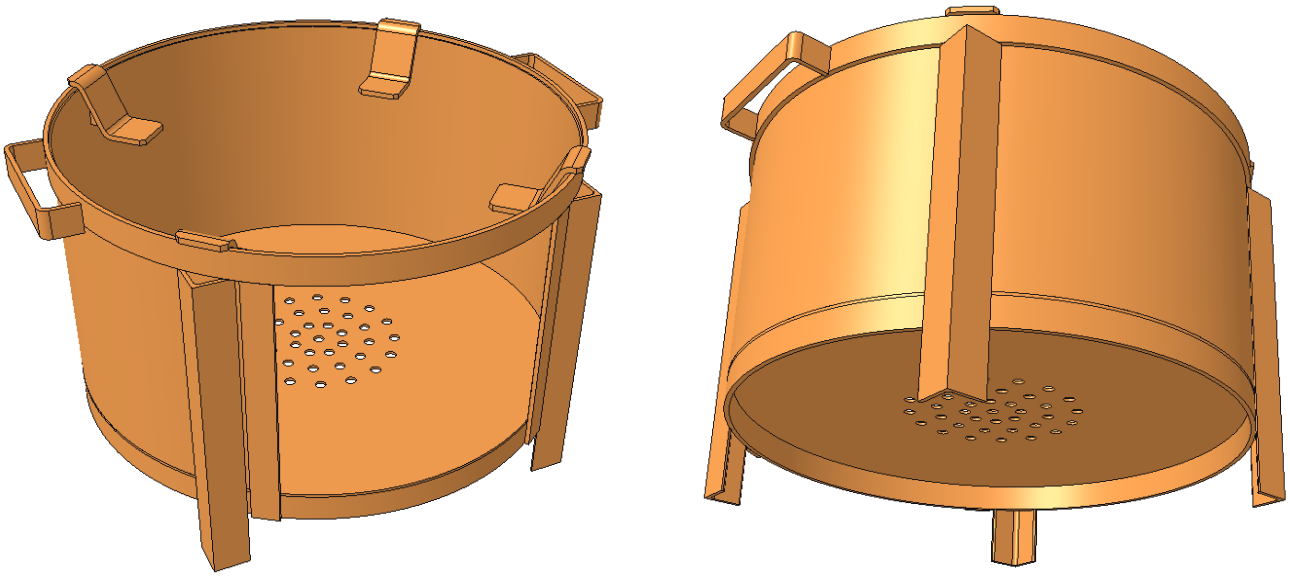


Dimensionnement de l'ensemble du foyer

Les plats supports de la cuve à eau doivent être assez épais (ici 5 mm) pour ne pas se déformer au contact de la chaleur, afin de maintenir la marmite centrée et toujours à la même hauteur.



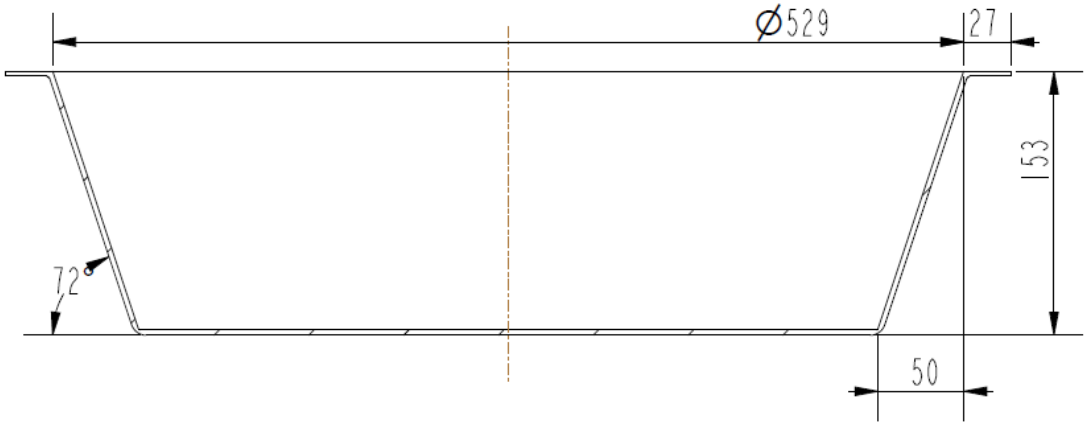
Vue de dessus



Ensemble foyer amélioré à fabriquer

2.3.2. Cuve à eau

La cuve à eau est fabriquée en fonte aluminium (épaisseur 3 mm). Au besoin, elle peut aussi être fabriquée en tôle d'acier inoxydable d'une épaisseur de 1.5 ou 2 mm .



Dimensions de la cuve à eau

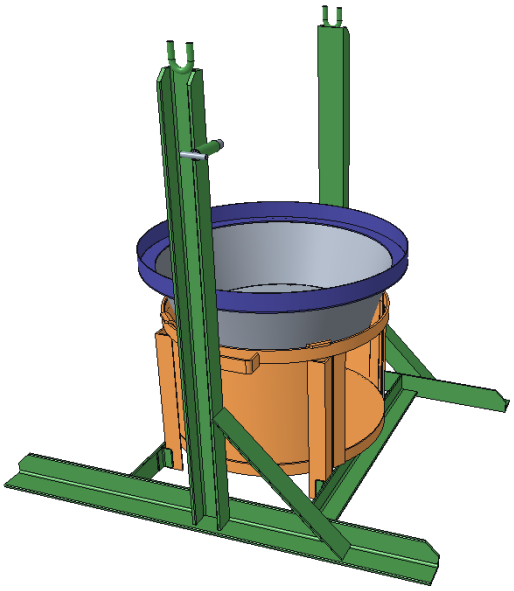
Collerette ou tôle de jonction fixée sur le haut de la cuve à eau :

Cette collerette ou tôle de jonction est fabriquée en acier inox d'une épaisseur de 1,5 mm. Le diamètre extérieur de 600 mm doit correspondre exactement au diamètre extérieur de la virole de la cuve à paddy, sinon il est nécessaire de le réajuster.

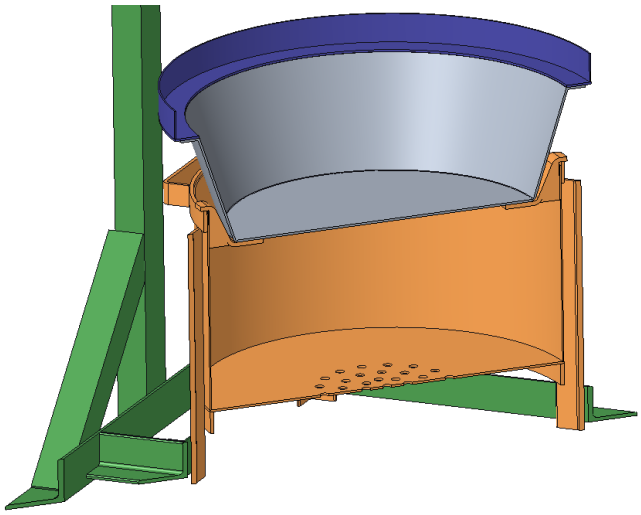
Elle se fixe directement sur le haut de la cuve à eau. Elle doit être étanche par rapport à celle-ci.

Dimensions de la collerette ou tôle de jonction sur la cuve à eau

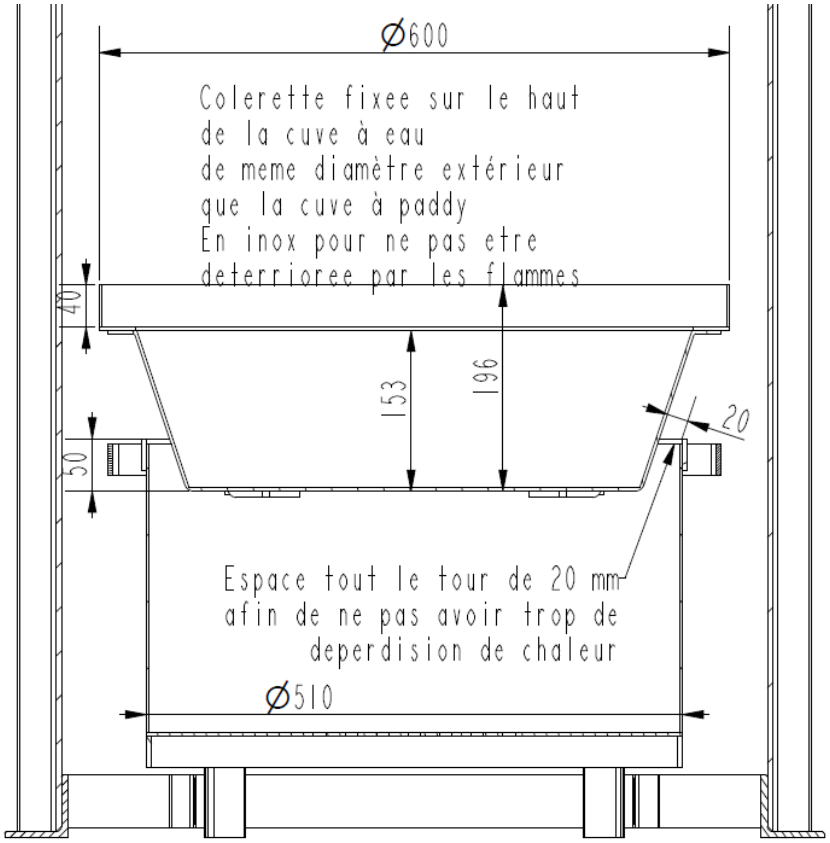
Le foyer et la cuve à eau doivent être centrés par rapport au châssis mais doivent aussi pouvoir être montés facilement.



Montage de la cuve à eau sur le foyer



Vue en coupe

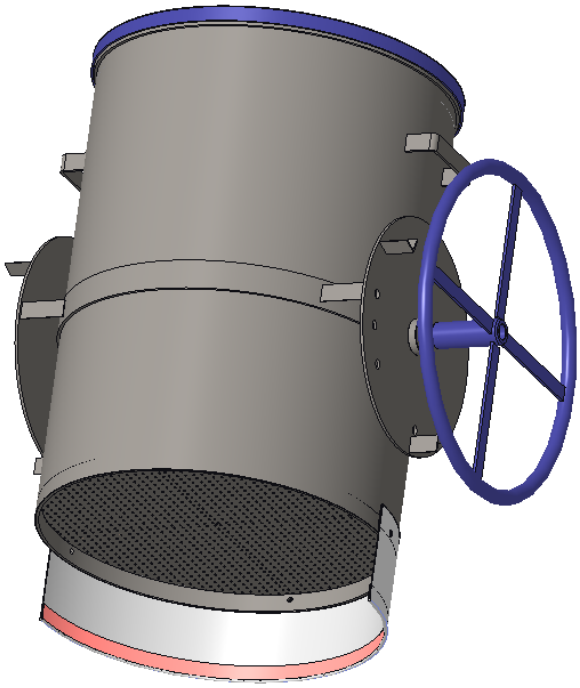


Cotation du montage foyer et cuve à eau

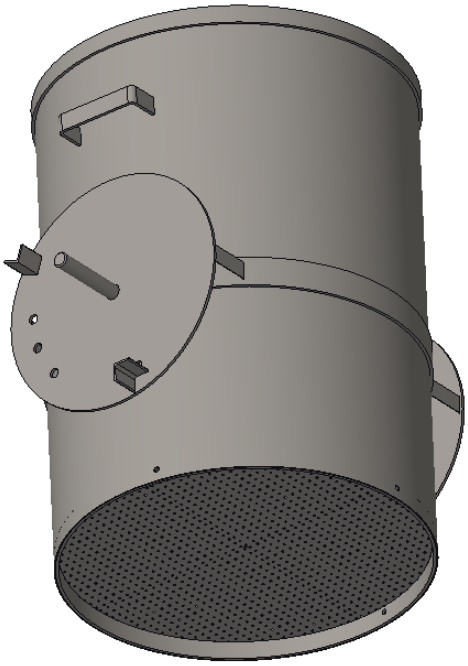
2.4. Cuve d'étuvage à riz paddy

La cuve d'étuvage à riz paddy est fabriquée en tôle d'acier inox roulée (virole) pour toutes les parties en contact avec le riz paddy

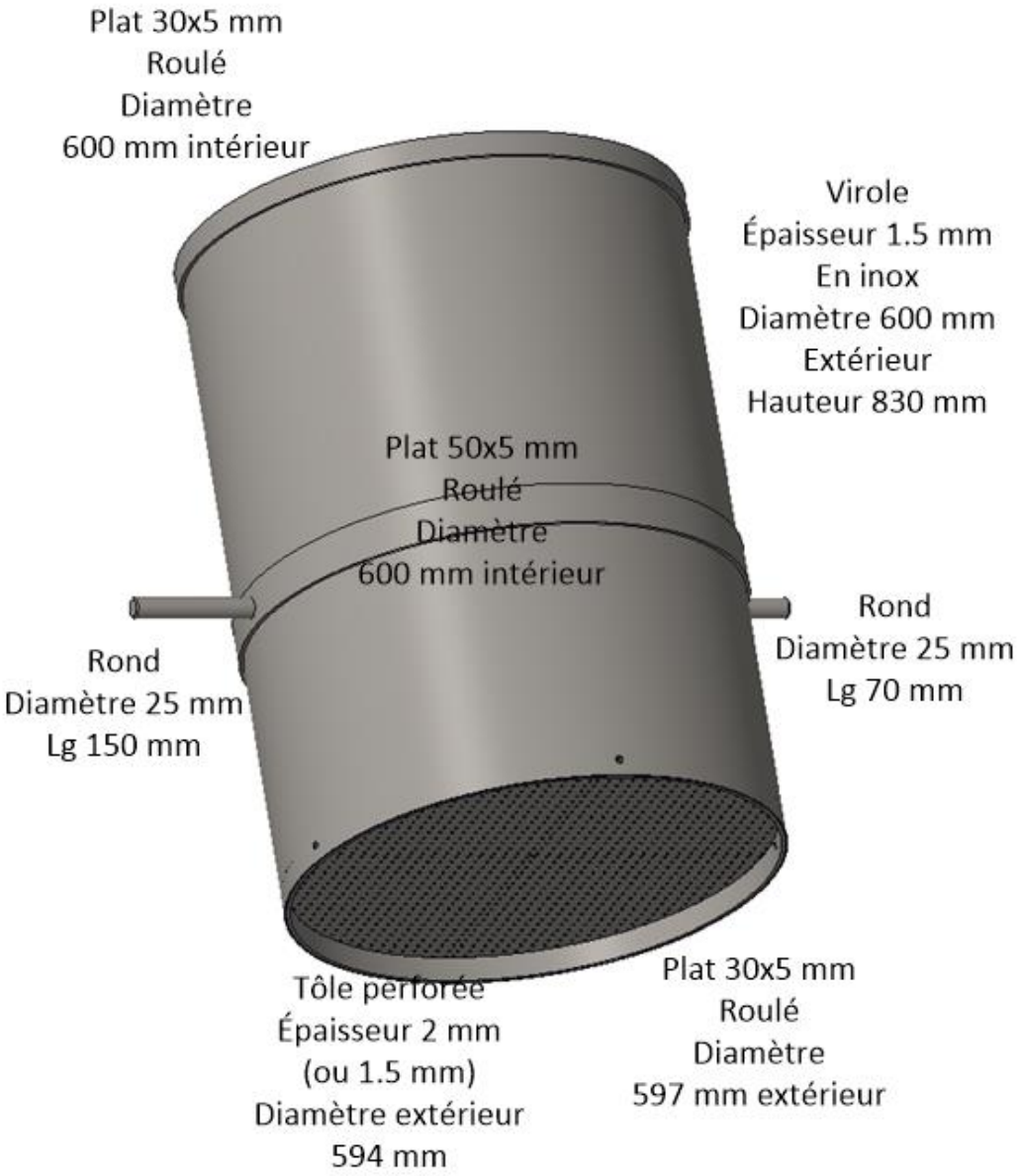
La grille de fond devra pouvoir se changer



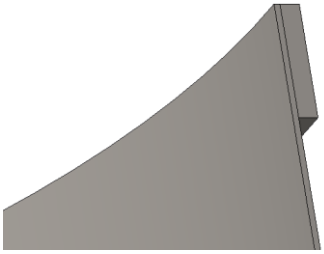
Ensemble cuve à riz paddy à fabriquer



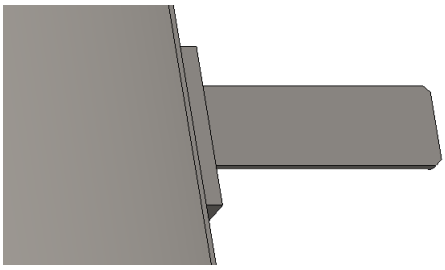
Structure de la cuve à riz paddy



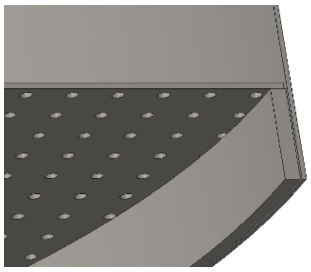
Détail des éléments constitutifs de la cuve d'étuvage



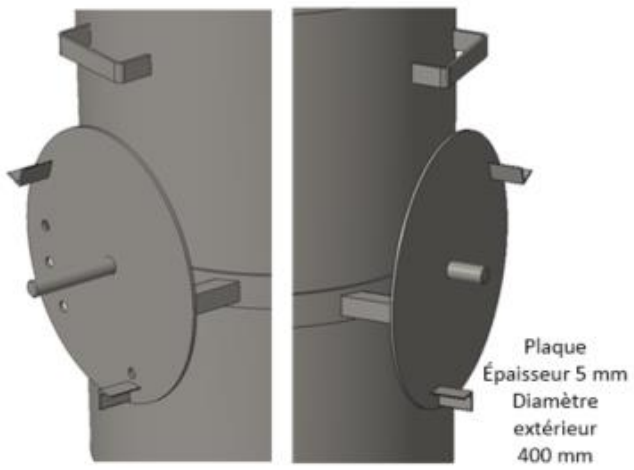
Montage niveau haut



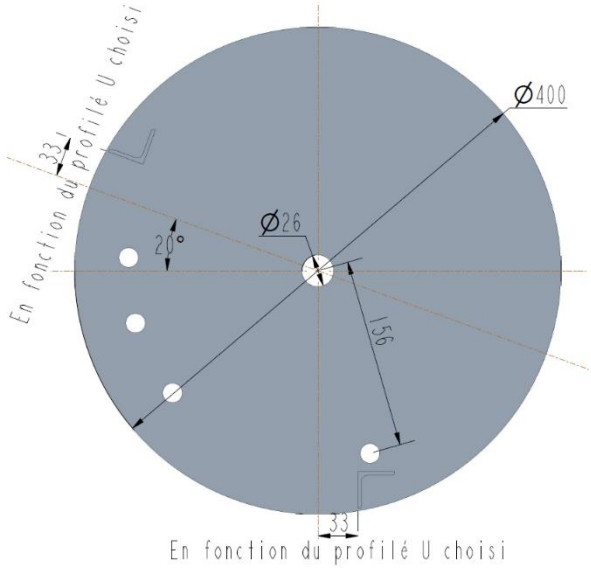
Montage niveau intermédiaire



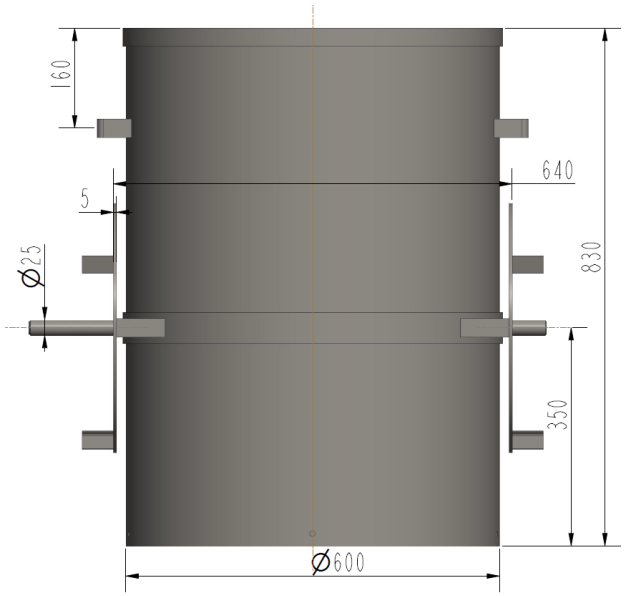
Montage niveau bas



Vues du montage des disques latéraux

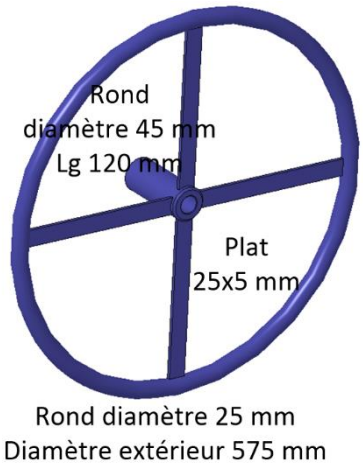


Cotation disques latéraux

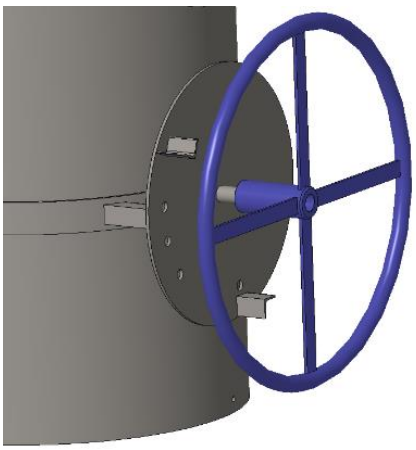


Positionnement des disques latéraux sur la cuve et cotation

2.5. Volant

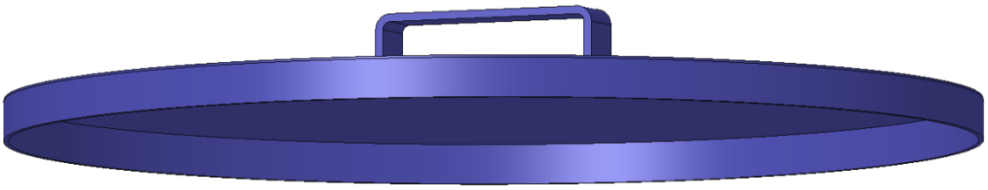


Eléments du volant



Montage du volant

2.6. Couvercle

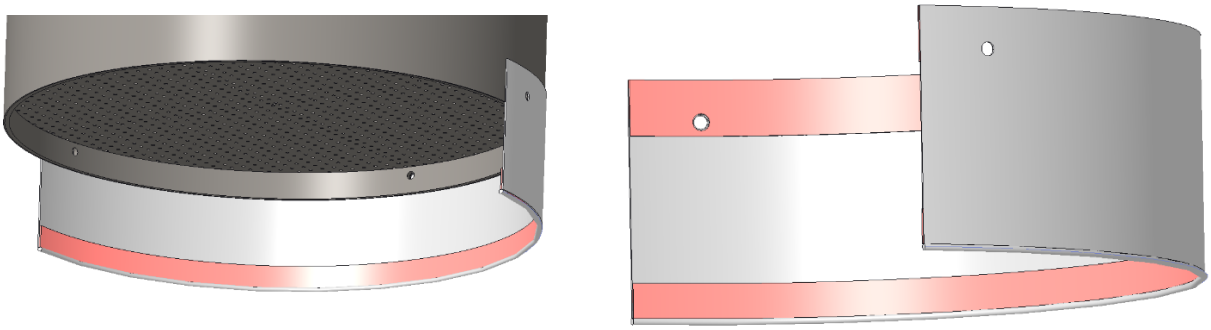


Vue du couvercle (ou capot)

2.7. Tôles d'étanchéité à la vapeur

Il y a 2 demi-tôles d'étanchéïté à la vapeur

- Une première demi-tôle d'étanchéité est montée à l'avant de la cuve et fixée avec un démontage rapide directement sur la cuve pivotante. D'une hauteur de 170 mm, cette demi-tôle pourrait ne pas restée fixée sur la cuve et être positionnée en même temps que la seconde tôle d'étanchéïté.

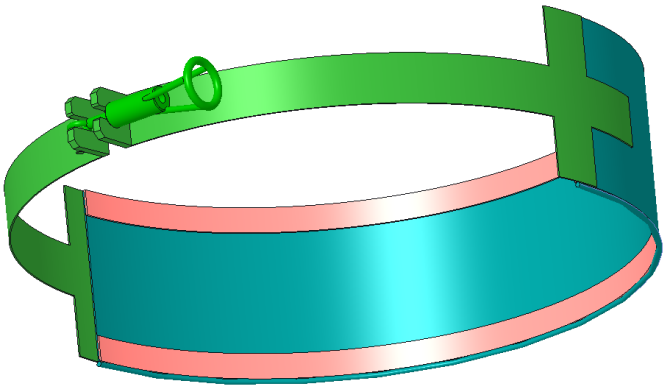


Vues du montage de la tôle d'étanchéïté à l'avant de la cuve à paddy

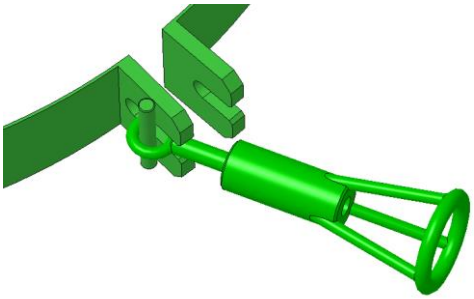
- Une seconde demi-tôle d'étanchéité, également d'une hauteur de 170 mm est montée à l'arrière une fois que la cuve est bloquée en position verticale.

Les joints d'étanchéité sont constitués de matériaux type tresse fibre de verre ou matériaux locaux.

Il s'agit d'obtenir une très bonne étanchéïté en créant une pression tout autour de la cuve à paddy et de la cuve à eau afin d'empêcher toute sortie de vapeur.

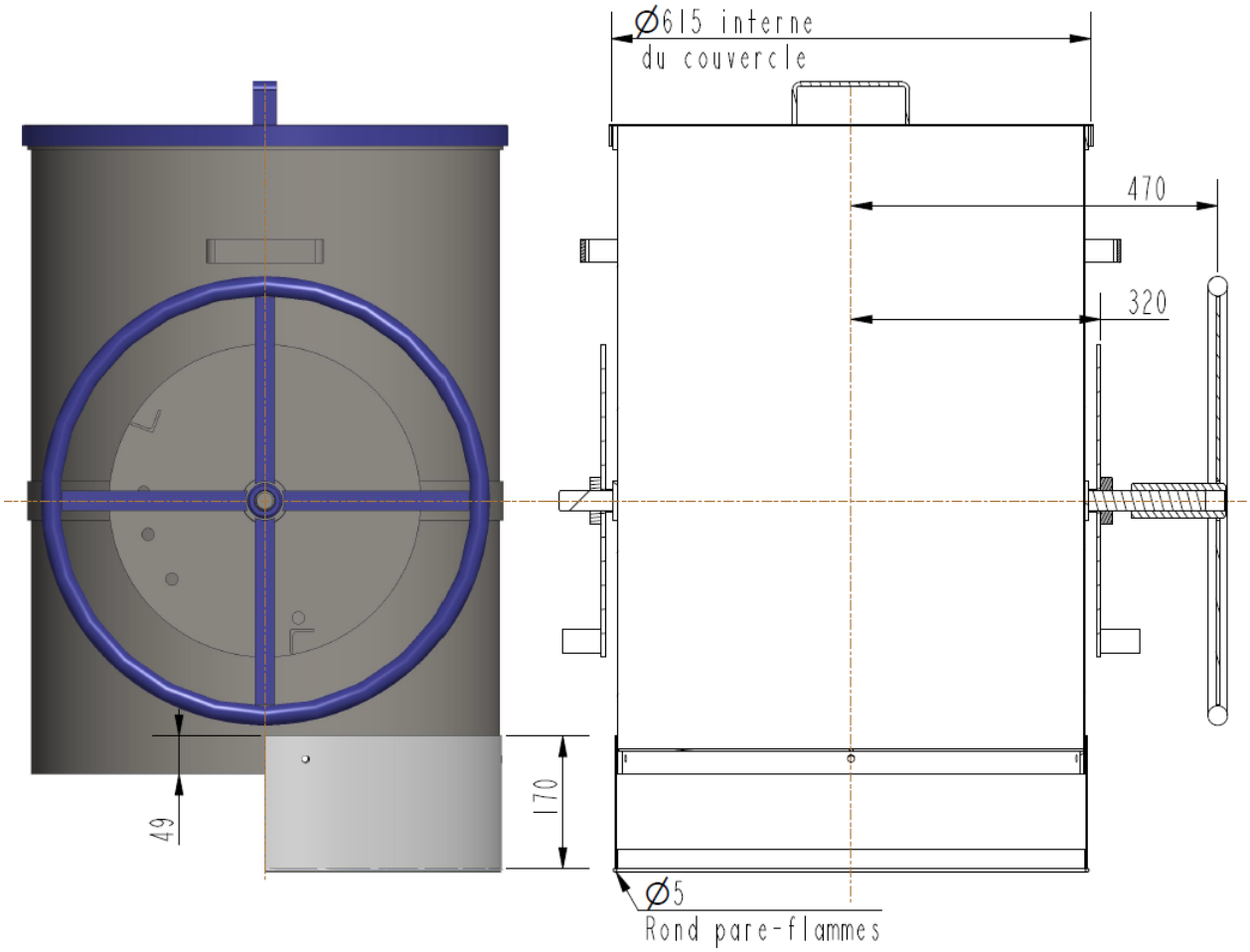


Vue de la tôle d'étanchéïté arrière



Système de serrage entièrement fabriqué

Le système de serrage peut être fabriqué avec des composants achetés sur le marché local.



Vue générale de la cuve à riz paddy avec cotations

Annexe 5

Présentation d'une gamme d'étuveuses de différentes capacités

Pour la transformation artisanale par les groupements, les femmes étuveuses désireraient pouvoir étuver davantage de produit et disposer d'équipements plus durables et capables de doubler la capacité actuelle de 120 kg de paddy sec par étuvage mais à condition que la manœuvre puisse se faire sans trop d'efforts.

Pour répondre à cette demande, une première proposition consiste à proposer un modèle d'étuveuse dont le principe de fonctionnement est identique à celui des étuveuses actuelles mais dont la fabrication en tôle d'acier inox assure une meilleure durabilité. Il s'agit de :

- Etuveuse améliorée avec cuve en acier inoxydable modèle 120 kg paddy sec
- Etuveuse améliorée avec cuve en acier inoxydable modèle 210 kg paddy sec

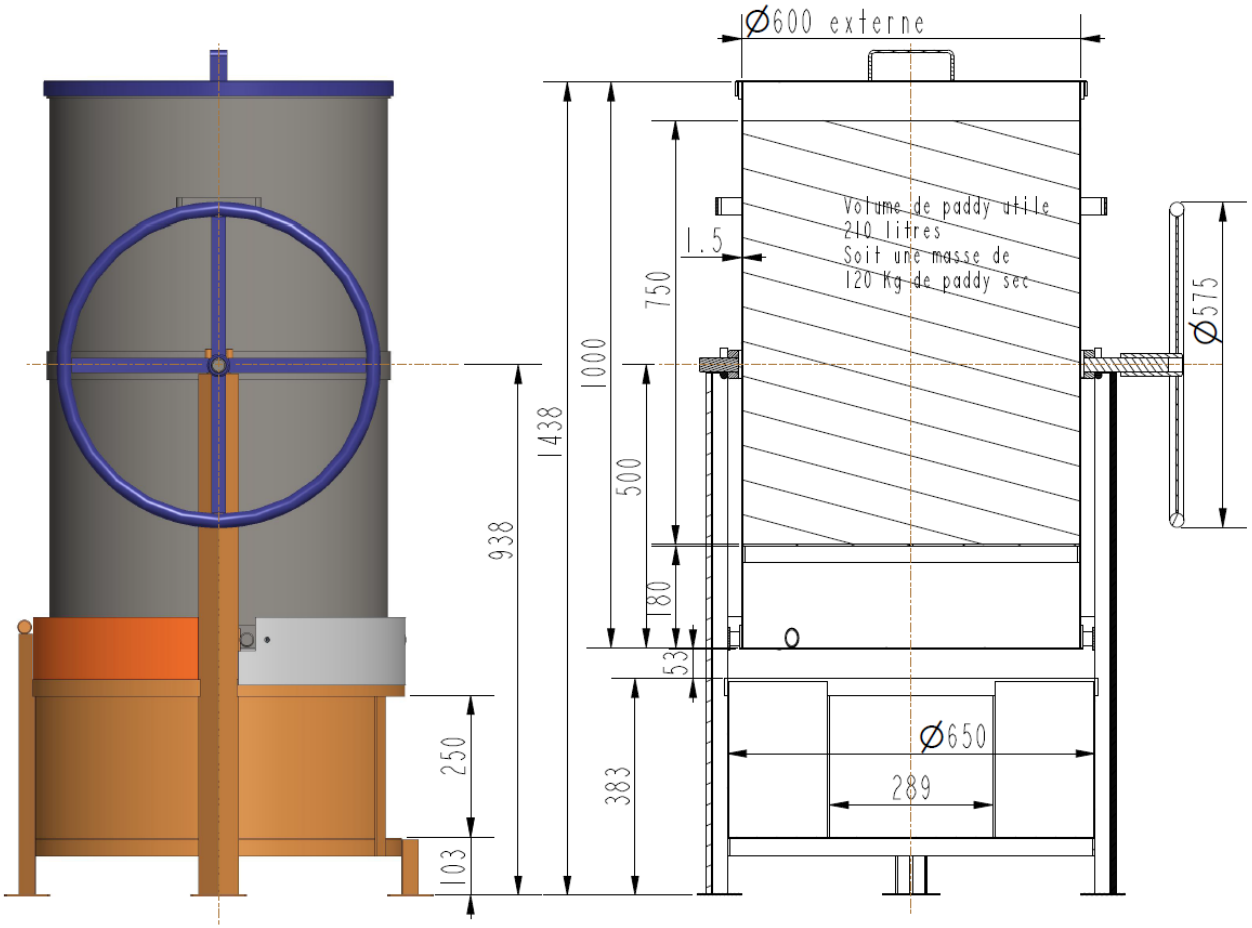
Pour améliorer encore davantage la durabilité des équipements, les recherches ont abouti à la conception d'une étuveuse améliorée équipée d'un générateur de vapeur indépendant de la cuve à paddy. Plusieurs modèles de différentes capacités sont proposés pour répondre aux demandes diversifiées des opérateurs :

- Etuveuse améliorée avec générateur de vapeur indépendant modèle 120 kg paddy sec
- Etuveuse améliorée avec générateur de vapeur indépendant modèle 230 kg paddy sec
- Etuveuse améliorée avec générateur de vapeur indépendant modèle 320 kg paddy sec

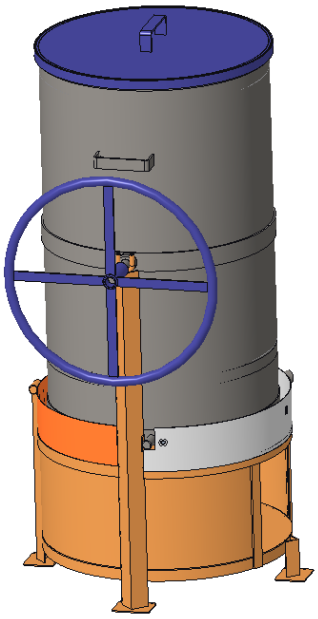
Le modèle de plus grande capacité pourrait en partie répondre aux besoins des plus grands transformateurs comme les rizeries semi-industrielles voire même industrielles en étant utilisé en batteries de plusieurs unités comme cela se pratique déjà avec les étuveuses actuelles sur certains sites comme à la rizerie de Denken près de Boké. A terme il pourrait même être envisagé de concevoir un gros générateur de vapeur central (foyer et cuve à eau) alimentant, par des conduites séparées, plusieurs cuves d'étuvage périphériques

1. Etuveuse améliorée avec cuve en acier inoxydable

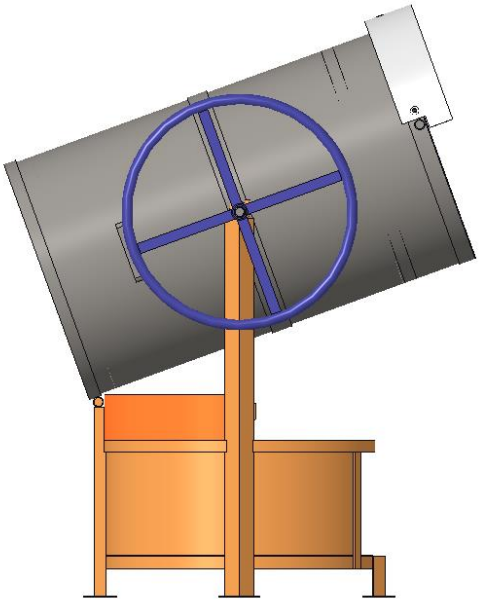
1.1. Modèle 120 Kg de paddy sec ou 210 litres (dossier de fabrication en annexe 3)



Vue générale de l'étuveuse cuve acier inox 120 kg avec cotation

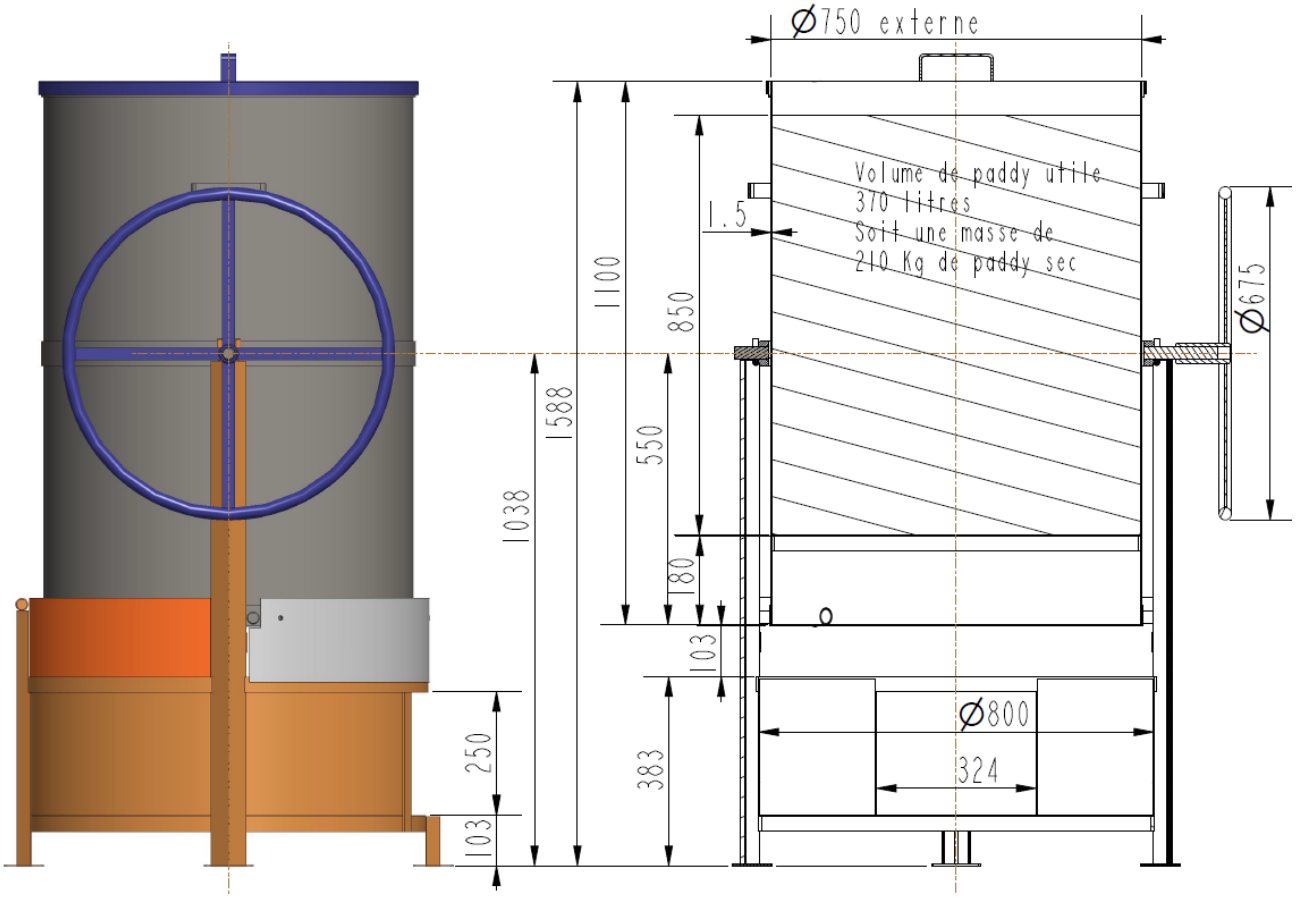


Vue générale de l'étuveuse

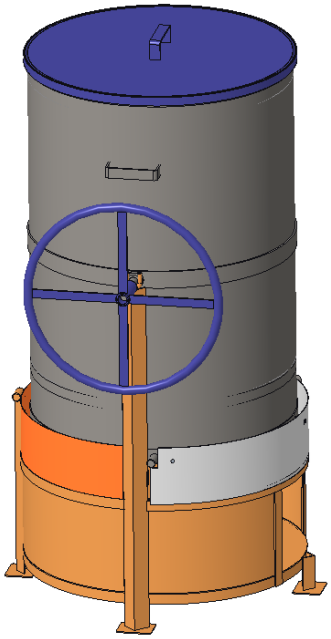


Basculement en position vidange

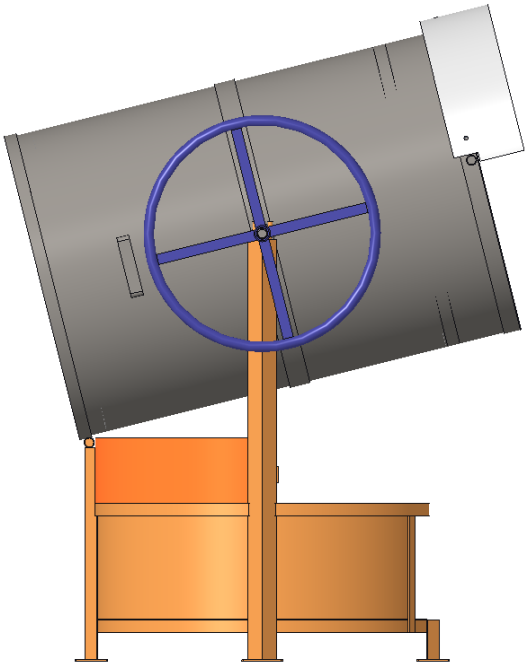
1.2. Modèle 210 Kg de paddy sec ou 370 litres (dossier de fabrication en annexe 3, en modifiant les cotes)



Vue générale de l'étuveuse cuve acier inox 210 kg avec cotation



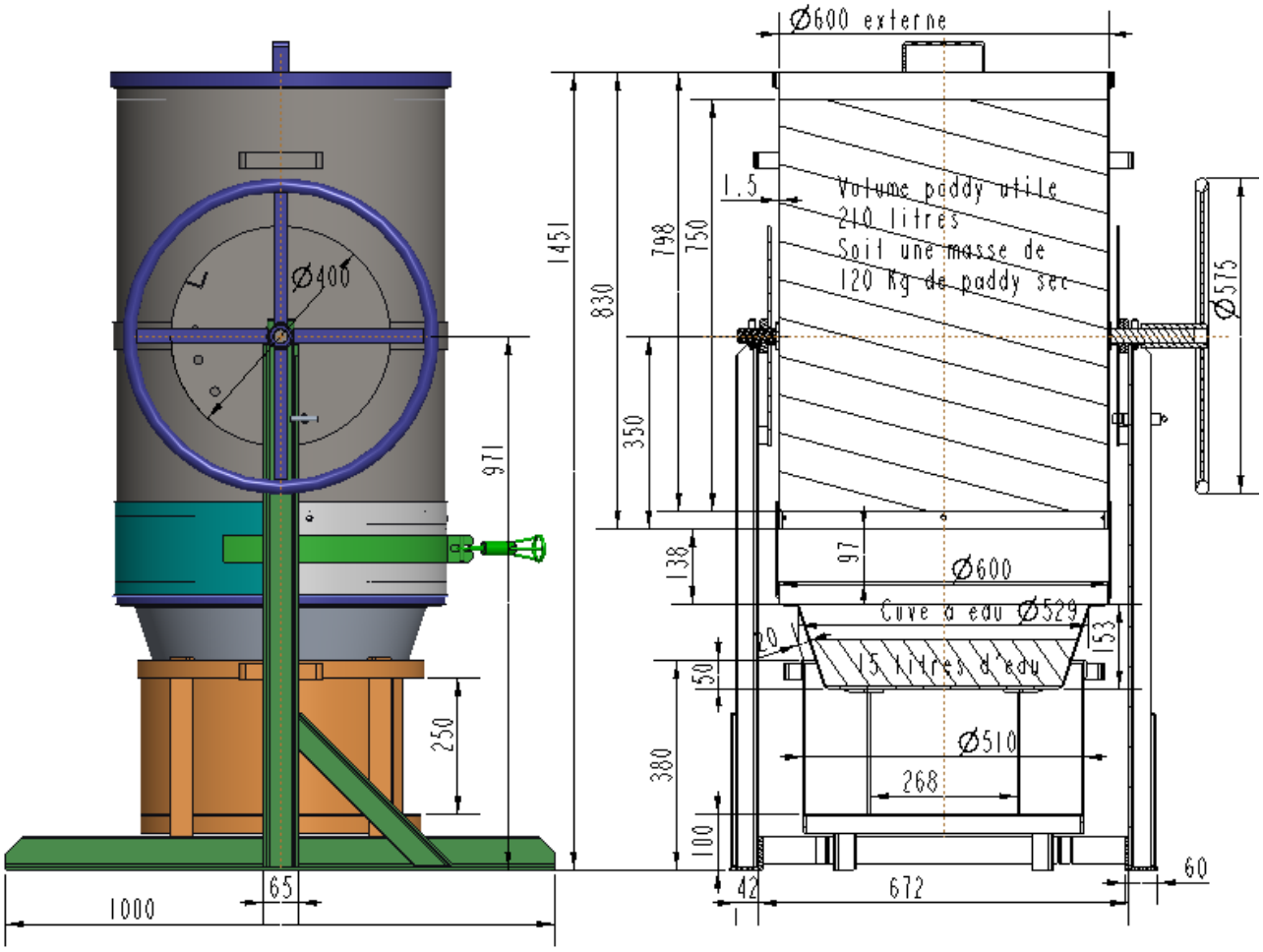
Vue générale de l'étuveuse



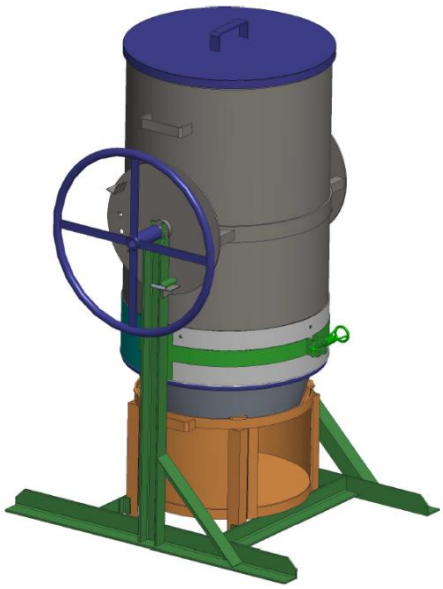
Basculement en position vidange

2. Etuveuses avec générateur de vapeur indépendant de la cuve

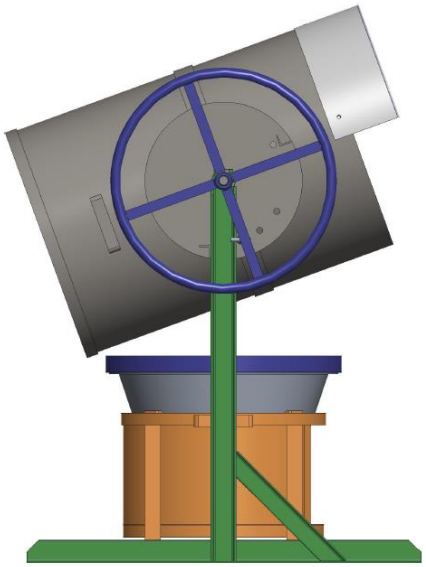
2.1. Modèle 120 Kg de paddy sec ou 210 litres (dossier de fabrication en annexe 4)



Vue générale de l'étuveuse 120 kg avec générateur de vapeur indépendant et cotations

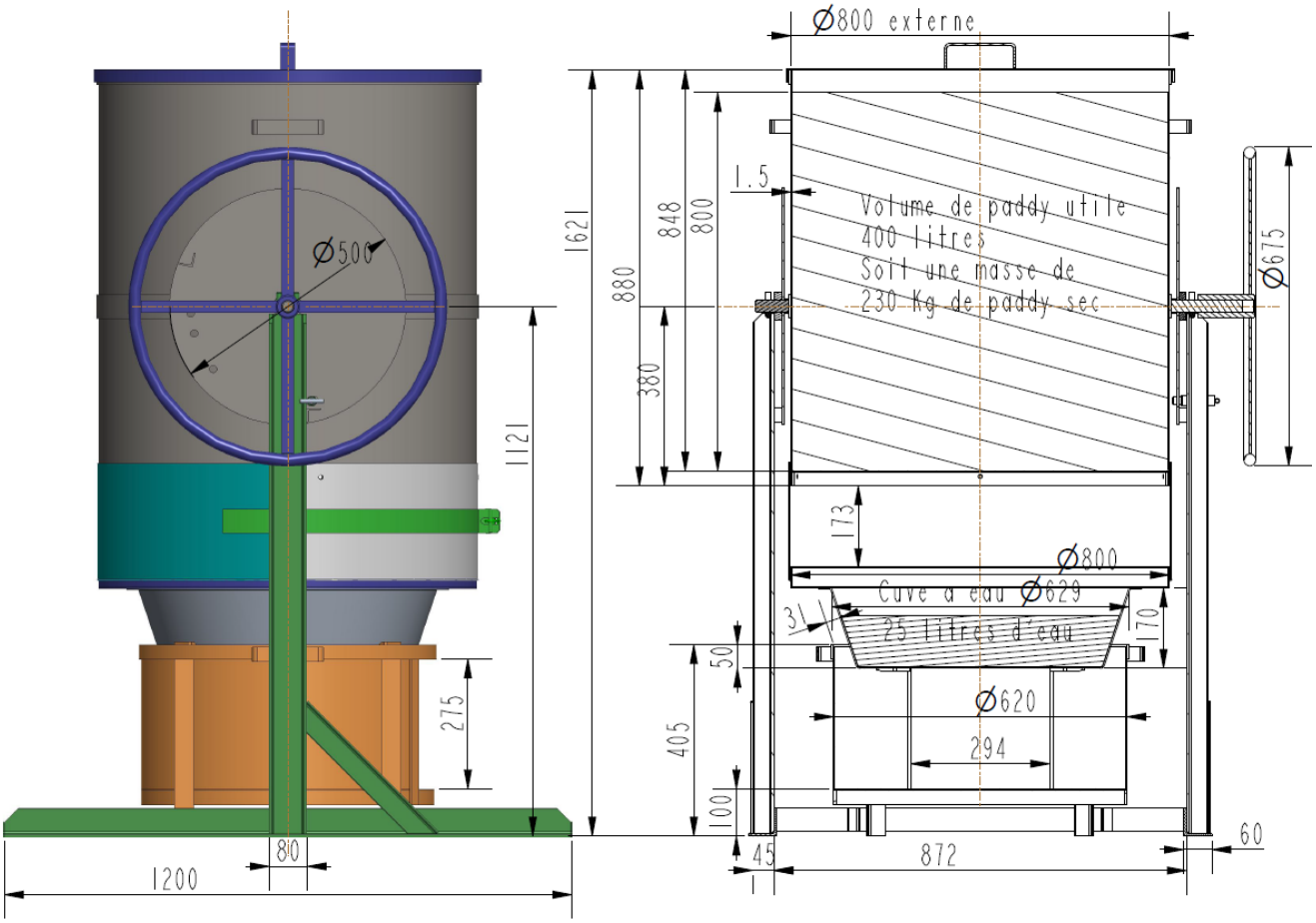


Vue générale de l'étuveuse

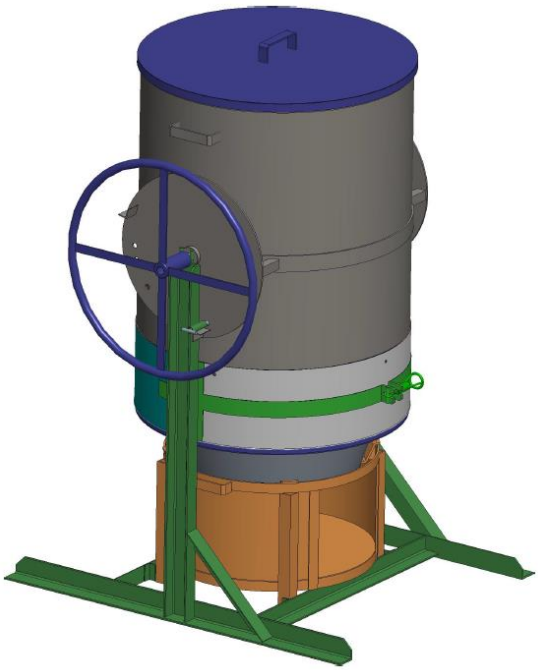


Basculement en position vidange

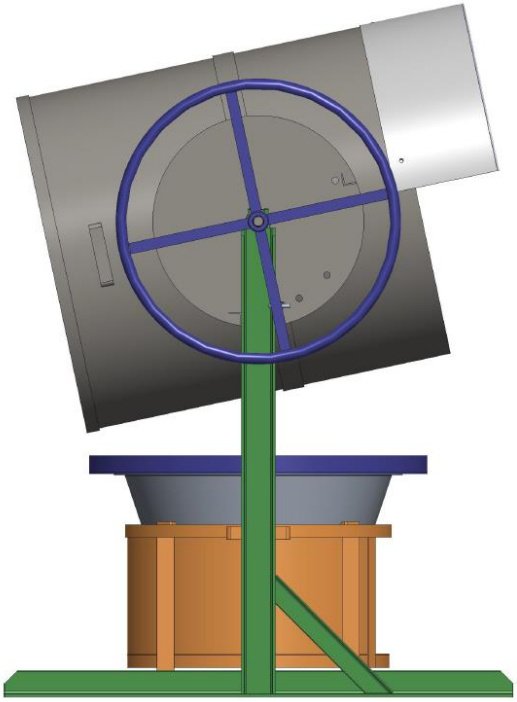
2.2. Modèle 230 Kg de paddy sec ou 400 litres (dossier de fabrication en annexe 4, en modifiant les cotes)



Vue générale de l'étuveuse 230 kg avec générateur de vapeur indépendant et cotations

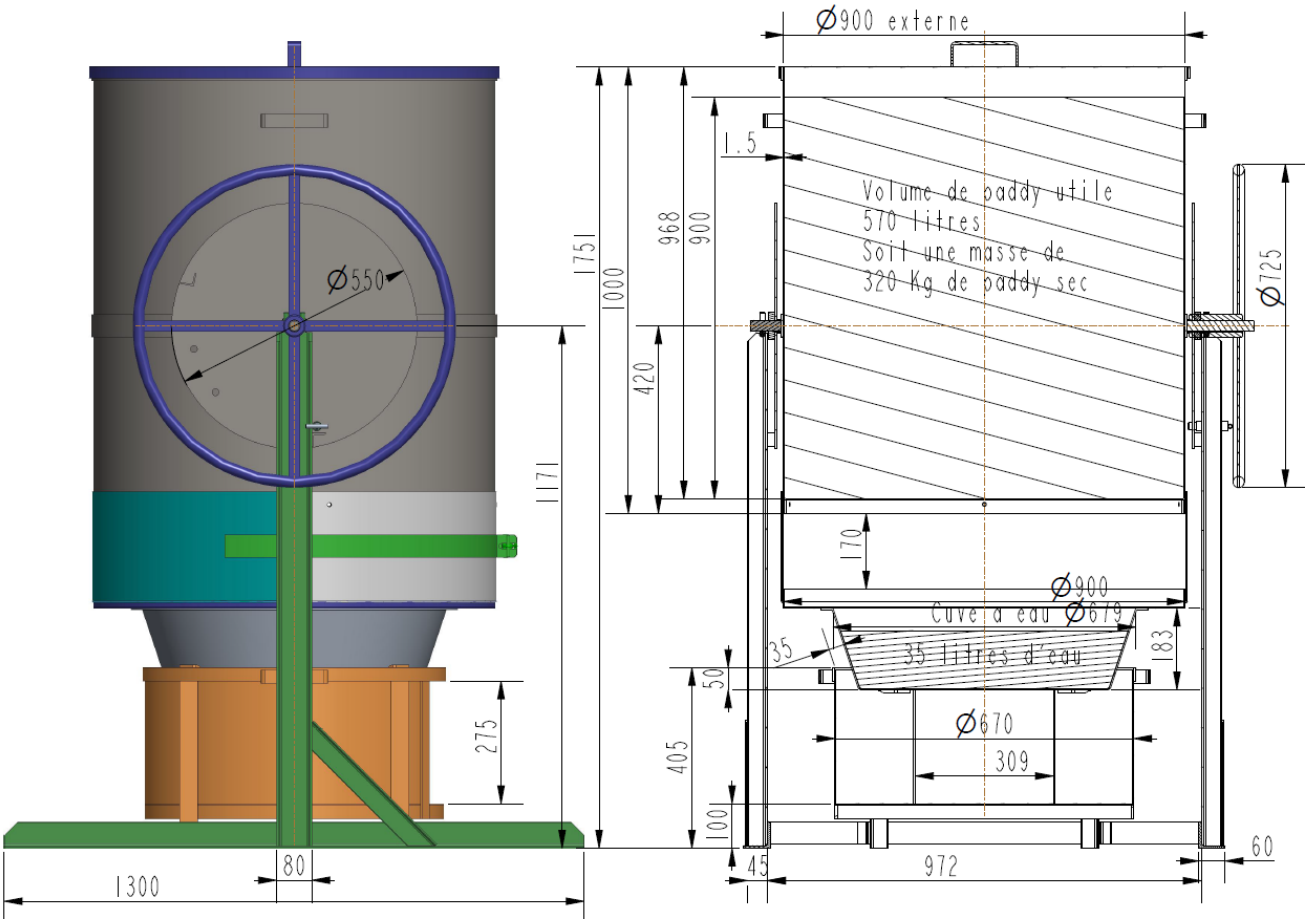


Vue générale de l'étuveuse

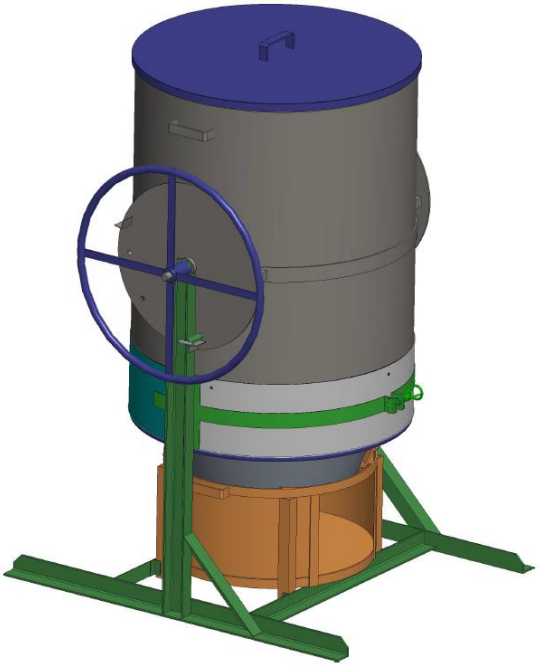


Basculement en position vidange

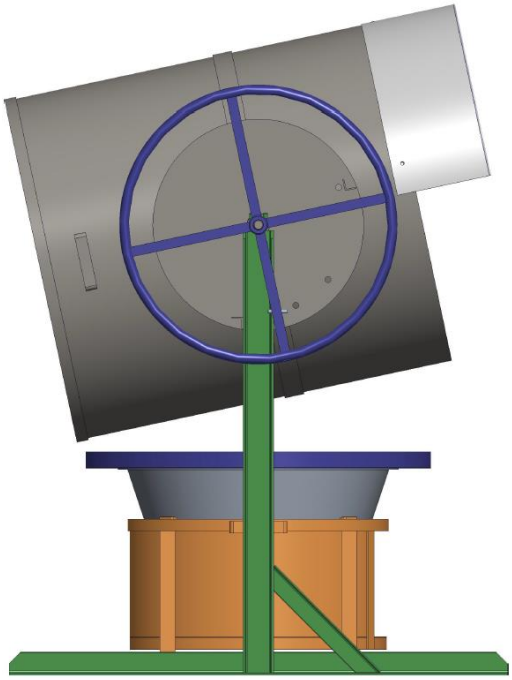
2.3. Modèle 320 Kg de paddy sec ou 570 litres (dossier de fabrication en annexe 4, en modifiant les cotes)



Vue générale de l'étuveuse 320 kg avec générateur de vapeur indépendant et cotations



Vue générale de l'étuveuse



Basculement en position vidange

Annexe 6

Projet SARITEM

Protocole d'essais d'usinage du riz étuvé sur décortiqueur Engelberg

(d'après Cirad)

1. Présentation de la machine[1]

1.1. - Description générale

- Type de matériel, marque ou origine
- Caractéristiques de construction, dimensions
- Source motrice : moteur thermique : ……ch
  moteur électrique : ……kW
- Débit annoncé : ……..

1.2. - Particularités

Description du dispositif de nettoyage (lorsqu'il existe)
Type
Aspiration des sous produits (balles, sons
Récupération des sous-produits (balles, sons

1.3. - Autres particularités

……

2 Caractérisation de la matière première

2.1. - Type de grain, variété

……..

2.2. - Propreté des grains

Vérification visuelle la propreté du grain. Au cas où le lot apparaît manifestement sale (présence de matières étrangères: pailles, petites pierres...), il sera nécessaire de procéder à un nettoyage. Le taux d'impureté sera apprécié par différence de pesée entre le lot « tout venant» et le lot nettoyé.[2]

2.3. - Humidité des grains

Prélever un échantillon par lot. La mesure de l'humidité pourra être réalisée à l'étuve (130°C pendant 2h par ex) ou à l'humidimètre portatif (Samap, …..).

2.4. - Température des grains

Mesure de la température des grains faite à l'aide d'une sonde thermométrique ou d'un simple thermomètre à bulbe.

2.5. - Autres informations

……

[1] Lorsque différents essais sont réalisés sur une même machine, on ne rédige qu'un seul descriptif de l'équipement en l'illustrant, autant que possible, de schémas et/ou de photos.

[2] Dans le cas d'essais sur riz étuvé, on peut considérer que les grains sont propres car le nettoyage a normalement été réalisé avant l'étuvage.

3. Préparation de l'essai

L'essai devra s'effectuer dans un endroit permettant une circulation et une manipulation aisées autour de la machine ou de l'installation.

3.1 - Approvisionnement en matière première

A proximité de la machine, on doit préalablement constituer une réserve suffisante de grains pour que les tests puissent se dérouler sans interruption inopportune. Selon la disponibilité en grains, les premiers essais peuvent être réalisés avec quelques kg (5 à 15 kg) de riz paddy brut non étuvé de la variété considérée.

3.2. - Vérification de l'état de la machine

Vérifier, à vide, le réglage et l'état de fonctionnement de la machine

Machine ouverte :

- état et réglage de la lame frein
- état des nervures du rotor (émoussées ou non)
- état de la grille

Machine fermée :

- sens de rotation du rotor et vitesse de rotation à vide (elle peut être mesurée sur l'arbre):

3.3. Matériel nécessaire à la réalisation des essais

Sur le site :

- Balances ou pesons pour la pesée des lots
- Chronomètres (ou montres)
- Compte-tours
- Sonde thermométrique ou thermomètre
- Humidimètre portatif,
- Sachets pour échantillons
- Grands récipients (bassines ou seaux) pour la récupération du grain blanchi et du mélange son et balles broyées
- Petits récipients (bassines ou seaux) pour la récupération du grain blanchi pour la mesure du débit instantané.
- Calculatrice
- Fiches d'essai
- Divers (…)

(En laboratoire pour analyse des échantillons)

- Etuve
- Balance de précision
- Four (taux de cendres)
- Tecator Soxtec (teneur en lipides)
- Tamis
- …

4. Réalisation des essais

4.1. Essais préliminaires

C'est une phase de « prise en main » de la machine. Au cours de petits tests, on va tout d'abord chercher à apprécier l'influence des différents réglages sur l'usinage. On notera le ou les réglages qui permettent d'obtenir ce qui semble être (visuellement) l'optimum. (Pour cela, s'entourer de personnes-ressource capable d'apprécier cet optimum !).

4.2. - Essai de fonctionnement

Pour chaque essai on procédera de la même manière. Toutes les informations seront consignées sur une fiche d'essai.

- Pesée du lot de grains paddy étuvés (ou non) propres (Mp)

- Mesure de l'humidité des grains (Hp)

- Mesure de la température des grains (Ɵp)

- Remplissage de la trémie d'alimentation

- Relevé du compteur électrique ou remplissage (plein) du réservoir du moteur thermique

- Mise en route de la machine

- Déclencher le chronomètre dès l'ouverture de la trappe d'alimentation

- Laisser fermée la trappe de sortie de la machine durant le temps nécessaire au remplissage de la chambre de décorticage puis ouvrir la trappe de sortie au niveau repéré durant les tests préliminaires.

- Alimenter la machine en continu de façon suffisante mais sans bourrage

- La «tête» de l'essai (premiers grains sortant de la machine) doit être récupérée à l'aide d'une bassine et recyclée. Elle est, en effet, généralement mal usinée car la machine n'est pas totalement en charge.

- Dès que le degré de blanchiment est satisfaisant, on récupère les grains blanchis dans des bassines prévues à cet effet

- De temps en temps, on mesure la température du riz blanc en sortie et on prélève un échantillon de grains transformés (environ 100g) que l'on conditionne en petits sachets ou boites à échantillons. Ces échantillons seront alors analysés en laboratoire (notamment le taux de brisures). On prendra 2 à 3 échantillons au court de l'usinage. **Le prélèvement doit être réalisé en sortie, à la chute des grains, et non pas dans le récipient.**

- Relever la vitesse de rotation du rotor en charge

- Mesurer le débit instantané de la machine *(Pour mesurer ce débit instantané en régime normal de fonctionnement, on récupère le riz blanc sortant de la machine durant 1 minute et l'on pèse cette quantité.)*

- Arrêter le chronomètre dès que la trémie est vide.

- Arrêter la machine après qu'elle se soit totalement vidée

- Peser les produits obtenus : grains blanchis et sous-produits (balles et sons…)

- Relevé du compteur électrique ou refaire le plein du réservoir du moteur thermique

Tous les calculs (débit, rendement de transformation ...) sont faits à partir de la fiche d'essais

Nota : Consommations

Dans le cas d'un moteur électrique, on mesure la consommation à l'aide de relevé au compteur électrique.

Dans le cas d'un moteur thermique, on mesure la quantité de carburant consommé. (Faire le plein du réservoir en début d'essai et refaire le plein en fin d'essai).

Projet SARITEM

Essais d'usinage du riz étuvé sur décortiqueur Engelberg

Essai d'usinage N°___

Date :…….. **Responsable des essais** : …….)
Lieu : …..

Descriptif de la machine :
Description de la machine et de ses différents périphériques (système de nettoyage ….)

……
……
(Nota :la description de la machine pourra être réalisée sur une feuille séparée illustrée par schémas et photos)

Matière première
Variété :……..
Masse paddy propre : Mp : ……kg, Humidité : Hp : …….. %, Température :θp : ……°C

Réglages de la machine

Vitesse de rotation :……..tr/mn**,** Vit. rotation en charge :……tr/mn
Divers : (Trappe,etc) :…….

Mesures
Mesure débit instantané
Masse riz blanc récupérée durant 1mn : b =……..g

$$\text{Débit instantané } \mathbf{Q'} = \frac{b \times 60}{1000} = \ldots\ldots\text{kg/h}$$

Durée d'usinage : T = ……. mn……s = ……..s

$$\mathbf{Débit\ Q} = \frac{Mp}{T} \times 3600 = \ldots\ldots\ \text{kg/h}$$

Masse du riz blanc obtenu : Mb = …… kg

$$\mathbf{Rendement\ Ru} = \frac{Mb}{Mp} \times 100 = \ldots\ldots\%$$

Température riz blanc: θb = ……°C
Masse des sous-produits Msp = …….. kg

Consommations :

Relevé compteur initial : …..kWh , relevé compteur final : ……kWh

Consommation de gasoil : …….l

Essai n°:……..

Variété : ……. , Débit machine : ……kg/h

Humidité : ……% , Rendement usinage : ……%, Taux de brisures : ……%

Observations : (par ex : appréciation du travail réalisé par la machine)
……
…….

Annexe 7

Projet SARITEM

Protocole d'essais d'usinage du riz étuvé sur décortiqueur à rouleaux

(d'après Cirad)

1. Présentation de la machine[1]

1.1. - Description générale

- Type de matériel, marque ou origine
- Caractéristiques de construction, dimensions
- Taille des rouleaux
- Source motrice : moteur thermique : ……ch
  moteur électrique : ……kW
- Débit annoncé : ……..

1.2. - Particularités

……..

2 Caractérisation de la matière première

2.1. - Type de grain, variété

……..

2.2. - Propreté des grains

Vérification visuelle la propreté du grain. Au cas où le lot apparaît manifestement sale (présence de matières étrangères: pailles, petites pierres...), il sera nécessaire de procéder à un nettoyage. Le taux d'impureté sera apprécié par différence de pesée entre le lot « tout venant» et le lot nettoyé.[2]

2.3. - Humidité des grains

Prélever un échantillon par lot. La mesure de l'humidité pourra être réalisée à l'étuve (130°C pendant 2h par ex) ou à l'humidimètre portatif (Samap, …..).

2.4. - Température des grains

Mesure de la température des grains faite à l'aide d'une sonde thermométrique ou d'un simple thermomètre à bulbe.

2.5. - Autres informations

…….

……

[1] Lorsque différents essais sont réalisés sur une même machine, on ne rédige qu'un seul descriptif de l'équipement en l'illustrant, autant que possible, de schémas et/ou de photos.

[2] Dans le cas d'essais sur riz étuvé, on peut considérer que les grains sont propres car le nettoyage a normalement été réalisé avant l'étuvage.

3. Préparation de l'essai

L'essai devra s'effectuer dans un endroit permettant une circulation et une manipulation aisées autour de la machine ou de l'installation.

3.1 - Approvisionnement en matière première

A proximité de la machine, on doit préalablement constituer une réserve suffisante de grains pour que les tests puissent se dérouler sans interruption inopportune. Selon la disponibilité en grains, les premiers essais peuvent être réalisés avec quelques kg (5 à 15 kg) de riz paddy brut non étuvé de la variété considérée.

3.2. - Vérification de l'état de la machine

Vérifier, à vide, le réglage et l'état de fonctionnement de la machine

- état des rouleaux et réglage de leur écartement
- état des grilles du blanchisseur
- vérifier le bon sens de rotation des rouleaux (si entrainement par moteur électrique)

3.3. Matériel nécessaire à la réalisation des essais

Sur le site :

- Balances ou pesons pour la pesée des lots
- Chronomètres (ou montres)
- Compte-tours
- Sonde thermométrique ou thermomètre
- Humidimètre portatif,
- Sachets pour échantillons
- Grands récipients (bassines ou seaux) pour la récupération du grain blanchi et du mélange son et balles broyées
- Petits récipients (bassines ou seaux) pour la récupération du grain blanchi pour la mesure du débit instantané.
- Calculatrice
- Fiches d'essai
- Divers (…)

(En laboratoire pour analyse des échantillons)

- Etuve
- Balance de précision
- Four (taux de cendres)
- Tecator Soxtec (teneur en lipides)
- Tamis
- …

4. Réalisation des essais

4.1. Essais préliminaires

C'est une phase de « prise en main » de la machine. Au cours de petits tests, on va tout d'abord chercher à apprécier l'influence des différents réglages sur l'usinage. On notera le ou les réglages qui permettent d'obtenir ce qui semble être (visuellement) l'optimum. (Pour cela, s'entourer de personnes-ressource capable d'apprécier cet optimum !).

4.2. - Essai de fonctionnement

Pour chaque essai on procédera de la même manière. Toutes les informations seront consignées sur une fiche d'essai.

- Pesée du lot de grains paddy étuvés (ou non) propres (Mp)

- Mesure de l'humidité des grains (Hp)

- Mesure de la température des grains (Ɵp)

- Remplissage de la trémie d'alimentation

- Relevé du compteur électrique ou remplissage (plein) du réservoir du moteur thermique

- Mise en route de la machine

- Déclencher le chronomètre dès l'ouverture de la trappe d'alimentation

- Alimenter la machine en continu de façon suffisante mais sans bourrage

- La «tête» de l'essai (premiers grains sortant de la machine) doit être récupérée à l'aide d'une bassine et recyclée. Elle est, en effet, généralement mal usinée car la machine n'est pas totalement en charge.

- Dès que le degré de blanchiment est satisfaisant, on récupère les grains blanchis dans des bassines prévues à cet effet

- De temps en temps, on mesure la température du riz blanc en sortie et on prélève un échantillon de grains transformés (environ 100g) que l'on conditionne en petits sachets ou boites à échantillons. Ces échantillons seront alors analysés en laboratoire (notamment le taux de brisures). On prendra 2 à 3 échantillons au court de l'usinage. **Le prélèvement doit être réalisé en sortie, à la chute des grains, et non pas dans le récipient.**

- Mesurer le débit instantané de la machine *(Pour mesurer ce débit instantané en régime normal de fonctionnement, on récupère le riz blanc sortant de la machine durant 1 minute et l'on pèse cette quantité.)*

- Arrêter le chronomètre dès que la trémie est vide.

- Arrêter la machine après qu'elle se soit totalement vidée

- Peser les produits obtenus : grains blanchis et sons

- Relevé du compteur électrique ou refaire le plein du réservoir du moteur thermique

Tous les calculs (débit, rendement de transformation ...) sont faits à partir de la fiche d'essais

Nota : Consommations

Dans le cas d'un moteur électrique, on mesure la consommation à l'aide de relevé au compteur électrique.

Dans le cas d'un moteur thermique, on mesure la quantité de carburant consommé. (Faire le plein du réservoir en début d'essai et refaire le plein en fin d'essai).

Projet SARITEM

Essais d'usinage du riz étuvé sur décortiqueur à rouleaux

Essai d'usinage N°___

Date :…….. **Responsable des essais** : ……)
Lieu : …..

Descriptif de la machine :
Description de la machine et de ses différents périphériques

……
……
(Nota :la description de la machine pourra être réalisée sur une feuille séparée illustrée par schémas et photos)

Matière première

Variété :……..

Masse paddy propre : Mp : ……kg, Humidité : Hp : …….. %, Température :θp : ……°C

Réglages de la machine

Vitesse de rotation :……..tr/mn**,** Vit. rotation en charge :……tr/mn
Divers : (écartement rouleaux) :…….

Mesures
Mesure débit instantané
Masse riz blanc récupérée durant 1mn : b =……..g

$$\text{Débit instantané } \mathbf{Q'} = \frac{b \times 60}{1000} = \ldots\ldots\text{kg/h}$$

Durée d'usinage : T = ……. mn……s = ……..s

$$\mathbf{Débit\ Q} = \frac{Mp}{T} \times 3600 = \ldots\ldots\ \text{kg/h}$$

Masse du riz blanc obtenu : Mb = …… kg

$$\mathbf{Rendement\ Ru} = \frac{Mb}{Mp} \times 100 = \ldots\ldots\%$$

Température riz blanc: θb = ……°C
Masse de sons Mso = …….. kg

Consommations :

Relevé compteur initial : …..kWh , relevé compteur final : ……kWh

Consommation de gasoil : …….l

Essai n°:……..

Variété	: ……. ,	Débit machine	: ……kg/h
Humidité	: ……%	, Rendement usinage	: ……% , Taux brisures : …….%

Observations : (par ex : appréciation du travail réalisé par la machine)
……
…….

Annexe 8

Projet SARITEM

Protocole d'essais d'étuvage du riz

Différents types d'étuveuses

(d'après Cirad)

1. Présentation de la machine

1.1. - Description générale

- Type de matériel[1], marque ou origine.

……..

……

- Caractéristiques de construction, dimensions:

……..

……

……

- Capacité : …….. kg
- Foyer amélioré : type ……..
- Source d'énergie : bois (lequel ?)……..., charbon bois, biomasse…

1.2. - Particularités éventuelles

……....

2 Caractérisation de la matière première

2.1. - Type de grain, variété

……

2.2. - Propreté des grains

Vérification visuelle la propreté du grain. Il peut s'avérer nécessaire de procéder à un nettoyage au tamis (manuel, ou crible ou nettoyeur séparateur) pour éliminer les particules lourdes. Le taux d'impureté pourra être apprécié par différence de pesée entre le lot «tout venant» et le lot nettoyé.

Enfin, un lavage peut s'avérer nécessaire pour éliminer les dernières impuretés.

2.3. - Humidité des grains

Prélever un échantillon par lot. La mesure de l'humidité peut être réalisée à l'étuve (par ex. 130°C pendant 2h) ou avec un humidimètre portatif (Samap ou autre) correctement étalonné.

2.4. - Autres informations éventuelles

……..

[1] Fût ordinaire, fût amélioré, étuveuse améliorée …)

3. Préparation de l'essai

L'essai doit être réalisé dans un endroit permettant une circulation et une manipulation aisées autour de la machine ou de l'installation.

3.1 - Approvisionnement en matière première

A proximité de la machine, on doit préalablement constituer une réserve suffisante de grains pour que les tests puissent se dérouler sans interruption inopportune.

A titre d'exemple chaque essai pourra porter sur 100 kg de riz paddy

3.2. – Source d'énergie

Approvisionnement suffisant en bois, charbon de bois selon le type de foyer amélioré.

3.3. - Vérification de l'état de la machine

Vérifier le bon état général de la machine (absence de fuites, …)

3.4. Matériel nécessaire à la réalisation des essais

Sur le site :

- Balance et/ou pesons pour pesée des lots
- Chronomètres (ou montres)
- Sonde thermométrique ou thermomètre
- Humidimètre portatif (Samap ou autre)
- Sachets pour échantillons
- Récipients (bassines, seaux…).
- Calculatrice
- Fiches d'essai
- Divers (cane sonde pour échantillons …,…)

(En laboratoire pour analyse des échantillons)

- Etuve
- Balance de précision
- Four (taux de cendres)
- Tamis
- …

3.5. Diagramme d'étuvage

Le diagramme d'étuvage optimum doit intégrer les valeurs cadre suivantes :

Teneur en eau minimum du riz paddy pour favoriser la gélatinisation de l'amidon au cours de l'étuvage: 30%-35%.

Cette réhumidification du paddy sera obtenue par trempage du riz dans de l'eau. La durée de trempage est fonction de la température de l'eau de trempe. Plus la température est élevée (mais sans dépasser la température de gélification soit < 65°C) et plus la durée peut être courte.

Θ initiale de l'eau	*Durée de trempe*
65 °C	*2 h*
35 °C	*4 h*
Θ eau du robinet (20 °C)	*6 h*

Nota : Selon l'organisation de l'essai, on peut par exemple prévoir un trempage à l'eau froide (eau du robinet) pendant toute une nuit comme le pratiquent certaines transformatrices.

Durée d'étuvage : par exemple 10 min à partir de l'apparition de la vapeur en surface.
(Se référer aux habitudes des transformatrices qui pratiquent l'étuvage)

4. Réalisation des essais

4.1. Essai préliminaire

C'est une phase de « prise en main » de la machine. L'essai préliminaire portera sur quelques dizaines de kg de riz paddy. On pourra ainsi mesurer les quantités d'eau dans le compartiment inférieur avant et après étuvage. Au cours d'un premier essai, on va tout d'abord chercher à apprécier les bons « réglages » qui permettront d'obtenir ce qui pourrait être l'optimum. (Pour cela, s'entourer de personnes-ressource capable d'apprécier cet optimum !).

4.2. - Essai d'étuvage

Pour chaque lot, on procède de la même manière. Toutes les informations sont consignées sur une fiche d'essai (*voir ci-après*).

- Pesée du lot de grains secs et propres (Mi)
- Mesure de l'humidité initiale des grains secs et propres (Hi)
- Mesure de la température initiale de l'eau de trempe (Ɵ)
- Trempage du lot de grains (si eau chaude ne pas dépasser 65 °C)
- Essorage énergique du lot de grain
- Pesée des grains après trempage et essorage (Mt)
  (*Pour calculer l'humidité des grains après trempage (Ht)*)
- Remplissage d'eau dans le compartiment inférieur en mesurant la quantité (Ei en litres)
- Pesage du combustible mis dans le foyer (Ci) et allumage du foyer pour produire de la vapeur
- Remplissage du compartiment supérieur avec le paddy trempé et essoré
- Déclencher le chronomètre dès le chargement terminé.
- Noter le temps nécessaire à l'apparition des premières vapeurs au-dessus du lot (Tv)
- Laisser étuver (Té) pendant *10 min*[2] (en maintenant un feu constant)
- Noter le temps de fin d'étuvage
- Retirer le foyer et peser combustible restant (Cf)
- Laisser refroidir
- Basculer l'étuveuse pour récupérer les grains étuvés.
- Laisser refroidir et peser les grains (Mé)
  (*Pour calculer l'humidité des grains après étuvage (Hé)*)
- Mesurer l'eau résiduelle (Ef en litres)
- Faire sécher le lot (à l'abri, éviter les fortes températures pouvant altérer la couleur)
- Pesée du lot sec (Ms)
  (*Pour calculer l'humidité des grains après séchage (Hs1)*)
- Mesure de l'humidité à l'humidimètre pour contrôler (Hs2))
- Prise d'échantillons (500g) pour analyse en laboratoire (qualité technologique et culinaire)

Nota : Qualité technologique

Des mesures de rendement d'usinage seront ensuite réalisés en utilisant un décortiqueur Engelberg et un décortiqueur à rouleaux caoutchouc. On pourra également déterminer le taux de brisures à partir d'un échantillon d'une centaine de grammes.

[2] Selon les pratiques des transformatrices locales

Projet SARITEM

Essai d'étuvage du riz paddy

Essai d'étuvage n°___ **Date :……..**

Lieu :…… **Réalisateur(s)** : ……

Descriptif de la machine :

Etuveuse type……:

Fabriquée à…….. *par …….*

Réglages de la machine

Quantité d'eau initiale: Ei =……..…..l. Quantité combustible initiale : Ci =……..kg

Matière première

Variété : ……..

Masse du lot de riz paddy propre avant trempage : Mi = ……..kg

Humidité (avec humidimètre) Hi =……..%

Mesures

Trempage

Temps de chauffage

Température initiale eau de trempe : Θ = ……..°C

Durée de trempage : (Début le ……. à ……; fin le ……..à …….) Tt = …….min……..s

Masse du paddy après trempage Mt = …….kg

Humidité (calculée) Ht =……..%

Etuvage

Heure début opération d'étuvage : ……..h……..mn

Temps d'apparition vapeur au-dessus du lot. Tv = …….min……..s

Durée d'étuvage Té = …….min……..s

Heure fin opération d'étuvage : ……..h……..mn

Durée totale opération étuvage T = …….min ……..s = ……..s

Quantité d'eau finale: Ef =……..…..l. Quantité combustible finale : Cf =……..kg

Masse du paddy étuvé (après ressuyage) Mé = …… kg

Humidité paddy étuvé (calculée) Hé=……..%

Masse du paddy séché Ms = …… kg

Humidité paddy sec (calculée) Hs1=……..%

Humidité paddy sec (mesurée) Hs2=…….%

Débit Qé= $\frac{Ms}{T}$ x 3600 = ……. Kg/h