Rapport de la caractérisation des presses à briquettes verticale et horizontale

Hervé ABBO

Juin 2021

Un projet financé par

Table des matières

Liste des figures 3
Liste de tableaux 3
1. Contexte 4
2. Objectif de la caractérisation 4
3. Méthodologie 4
3.1. Matériel pour les tests 4
3.2. Protocole de test 5
4. Résultats des tests 8
4.1. Résultats des tests de briquetage 8
4.2. Résultats des tests de séchage 13
4.3. Résultats des tests de résistance 15
4.4. Résultats des tests de combustion 16
4.5. Densité des briquettes 17
Conclusion 18
ANNEXE 20

Liste des figures

Figure 1 : Évolution de la masse des briquettes en fonction du type de séchage/Presse verticale.. 13
Figure 2 : Évolution de la masse de briquette en fonction du type de séchage/Presse horizontale 14

Liste de tableaux

Tableau 1 : Résultats des tests de briquetage avec la presse verticale 8
Tableau 2 : Résultats des tests de briquetage avec la presse horizontale 10
Tableau 3 : Résultats des tests de briquetage avec la presse horizontale (après amélioration) 12
Tableau 4 : Résultats des tests de séchage avec la presse verticale 13
Tableau 5 : Résultats des tests de séchage avec la presse horizontale 14
Tableau 6 : Résultats des tests de résistance avec les presses verticale et horizontale 15
Tableau 7 : Résultats des tests de combustion avec les presses verticale et horizontale 16
Tableau 8 : Densité des briquettes 17

1. Contexte

Depuis quelques années, Nitidæ a développé puis diffusé une presse à briquette, modèle extrudeuse. Cette presse a été vulgarisée à travers divers projets pour permettre la valorisation de déchets issus de la transformation notamment de karité, de noix de cajou.

Récemment, l'équipementier Art et Industrie, se basant sur le modèle existant a proposé et fabriqué un nouveau modèle de presse. L'un des changements majeurs est la disposition de la vis. En effet, celle-ci est à la verticale sur l'ancienne presse tandis que sur la nouvelle, elle est à l'horizontale. De plus, un dispositif de contre-pression a été ajouté pour permettre un meilleur démarrage en pression et également un système à pédale relié à une lame pour la découpe des briquettes rend cette nouvelle presse assez pratique.

Ainsi, deux (02) modèles de presses sont à disposition, chacune avec probablement ses avantages et ses limites. Il s'avère maintenant nécessaire de prendre une décision quant à un modèle à diffuser pour les prochaines commandes en se basant sur des critères d'appréciation.

2. Objectif de la caractérisation

L'objectif de la caractérisation est de pouvoir comparer les deux modèles de presses afin de décider du modèle à diffuser.

De façon spécifique, il s'agit de :

- Réaliser des tests de briquetage avec les deux presses.
- Réaliser des tests de combustion avec les briquettes des deux presses.
- Évaluer certains paramètres d'utilisation tels que la commodité, la facilité d'utilisation, l'alimentation en tourteaux, le nettoyage, la fréquence de bourrage, etc.
- Déterminer certains paramètres techniques tels que le temps de production de briquettes, la quantité de briquettes produites en un temps déterminé, le rendement de production, le temps de séchage des briquettes, la résistance des briquettes, la qualité de la combustion des briquettes.

Ressortir des observations du fonctionnement des presses et des recommandations sur la configuration du système de briquetage (presse + bassines + tables + opérateurs, etc.)

3. Méthodologie

Pour réaliser les tests, il a été nécessaire d'utiliser du matériel et de proposer un protocole de réalisation des tests.

3.1. Matériel pour les tests

- Pour le briquetage

  On a eu besoin :

- Des deux presses.
- De tourteaux solides secs.
- D'eau
- De bassine
- D'une pelle
- De claies de séchage

➢ Pour le TEE

Le matériel suivant a été nécessaire :

- Un foyer double marmite
- Une marmite en aluminium ;
- Une fiche de notation établie pour chaque test ;
- Des quantités de briquettes ;
- Un thermomètre à sondes pour la mesure de températures ;
- Une balance numérique pour les pesées ;
- Un chronomètre pour la mesure du temps ;
- Des supports métalliques et plastiques pour les pesées ;
- Une boite d'allumettes ;
- Un combustible pour pré-allumage du feu ;
- Gants de protection ;
- Tenue de travail ;
- Etc…

3.2. Protocole de test

Le protocole défini présente les processus de réalisation des tests de briquetage, de séchage, de résistance aux chocs et de combustion.

➢ Processus de réalisation des tests de briquetage

Les tests se sont déroulés de la façon suivante :

- Peser une quantité de tourteau sec suffisante pour trois séries de tests : Par exemple 150 kg de tourteaux secs, par presse. Soit 300 kg au total. Mélanger le tout dans une bassine jusqu'à obtenir un mélange homogène.

- Diviser cette quantité en 03 lots identiques pour chaque presse : par exemple 06 lots de 50 kg.
- Mesurer une quantité d'eau nécessaire[1] pour mélanger au premier lot. Lorsque le premier lot a atteint la consistance souhaitée, arrêter l'ajout d'eau. Noter la quantité d'eau utilisée.
- Mélanger le tourteau et l'eau des lots restants, en utilisant la même quantité d'eau que pour le premier lot.
- Nettoyer la presse.
- Démarrer la presse à utiliser.
- Alimenter la presse avec le mélange préparé. Noter le temps de début (lancer le chronomètre).
- Réaliser le briquetage jusqu'à utiliser entièrement le mélange préparé.
- Noter toute observation sur l'opération de la presse : bourrage, difficulté à alimenter de manière continue, difficultés mécaniques…
- A la fin, arrêter la presse. Noter le temps de fin.

Il faudra répéter 3 fois l'opération sur chaque presse correspondant aux 03 différents lots de tourteaux. La moyenne des trois opérations sera celle qui sera retenue.

➢ Processus de réalisation des tests de séchage

L'objectif ici est d'apprécier la perte d'humidité en fonction du type de séchage selon les briquettes issues de chaque presse. Pour cela, il a fallu :

- Prélever deux échantillons de 2000 g de briquettes parmi celles fabriquées.
- Faire sécher l'un des échantillons de 2000 g au soleil et l'autre à l'ombre.
- Noter chaque 24h la perte d'humidité dans les échantillons (la masse de l'échantillon) jusqu'au séchage complet. Noter l'heure des pesées et le temps prédominant en journée (sec et calme, sec et venteux, pluie…)
- Noter et documenter également toute observation sur le changement de l'aspect des briquettes : séchage superficiel, craquèlement, friabilité accrue en séchant…

➢ Processus de réalisation des tests de résistance

L'objectif de ces tests est d'apprécier la solidité des briquettes de chaque presse. A cet effet, deux paramètres peuvent être évalués : l'effritement et la résistance aux chocs.

Le test d'effritement consiste à frotter la briquette au doigt (le pouce) et à observer la quantité de matière qui sort de celle-ci. Quant à la résistance aux chocs, il s'agit de laisser tomber la briquette d'une hauteur de 2 m et d'observer le morcellement de celle-ci. Pour chaque paramètre, il peut être attribué (arbitrairement) une note variant entre 1 et 5 ; 1 et 5

[1] La quantité d'eau dans le mélange dépend fortement de la qualité du tourteau. Plus le tourteau est sec, plus la quantité d'eau pour le mélange sera importante.

signifiant respectivement que la briquette est la plus faiblement ou la plus fortement résistante.

- Prélever 10 briquettes (après séchage au soleil ou à l'ombre) parmi l'échantillon de tests de séchage.
- Réaliser le test d'effritement. Noter chaque briquette.
- Réaliser le test de résistance au choc. Noter chaque briquette.

➢ Processus de réalisation des tests de combustion et d'ébullition de l'eau

L'objectif à ce niveau est d'apprécier la combustion des briquettes de chaque presse. Les observations ici sont certes mesurables mais également énormément visuelles.

Pour réaliser un test, il a été procédé comme suit :

- Nettoyer le foyer et la marmite.
- Peser 20 kg de briquettes à utiliser dans le test.
- Peser la marmite vide.
- Ajouter une quantité d'eau correspondant aux 2/3 du volume de la marmite.
- Remplir le foyer avec une quantité de briquettes jugée suffisante pour le foyer.
- Peser quelques grammes de petit branchage et des feuilles mortes sèches ou du papier pour le pré-allumage.
- Allumer le feu comme cela se fait dans la région.
- Quand le feu est allumé, poser la marmite et lancer le chronomètre.
- Relever ensuite la température de l'eau chaque 5 min. L'opérateur peut ajouter du combustible s'il/elle le considère nécessaire.
- Quand l'ébullition est atteinte[2], arrêter le chronomètre et relever le temps. Peser la marmite+eau. Peser le combustible restant. Fin de la phase de haute puissance à froid.
- Vider la marmite d'eau.
- Ajouter une quantité d'eau correspond aux 2/3 du volume de la marmite.
- Poser la marmite et lancer le chronomètre.
- Relever ensuite la température de l'eau chaque 5 min.

[2] La température d'ébullition peut être en dessous de 100ºC, dans tous les cas un palier va se remarquer (la température ne monte plus).

- Quand l'ébullition est atteinte, arrêter le chronomètre et relever le temps. Peser la marmite+eau. Peser le combustible restant. Fin de la phase de haute puissance à chaud.
- Vider la marmite ainsi que le foyer et laisser refroidir avant de commencer un nouveau test.

4. Résultats des tests

Les différents résultats présentés sont ceux des tests de briquetage, de séchage, de résistance et de combustion des briquettes.

4.1. Résultats des tests de briquetage

Pour apprécier les résultats de briquetage, il a été déterminé un paramètre important : le rendement de production. Il s'agit d'un paramètre permettant d'évaluer la rapidité de production des briquettes par une presse. Ici, il a été déterminé le rendement humide qui tient compte du mélange tourteau + eau et le rendement sec qui est le plus important et qui se détermine à partir de la quantité de tourteau sec. Le rendement se détermine en kilogramme par heure (kg/h) par la relation suivante :

Rendement = (quantité de matière (sèche ou mélange) / temps) * 60

Avec la quantité de matière (en kg) et le temps (min).

➢ La presse verticale

La presse verticale est le modèle plus ancien déjà diffusé dans le cadre de plusieurs projets. Elle a pour avantage d'être facile à alimenter en tourteau grâce au plateau qui permet de contrôler le débit du chargement et d'éviter d'y mettre une trop grande quantité pouvant entrainer un bourrage. Aussi, la quantité d'eau nécessaire pour mouiller le tourteau est facile à doser. Enfin les briquettes produites sont solides à la sortie et présentent un bel aspect (« jolies à voir »).

En revanche, la presse étant verticale, cela oblige l'un des opérateurs à rester debout pour l'alimenter (et à se courber pour prendre du tourteau dans une bassine) et l'autre à rester accroupi pour couper les briquettes. Ce qui pourrait être éprouvant physiquement pour une production de longue durée. Par ailleurs, le nettoyage de la presse en cas de bourrage ou en fin de test est très éprouvant et éreintant du fait de la longueur non discontinue du tuyau de réduction. Enfin, la mise en marche/arrêt de la presse par un contacteur est assez pénible et en cas d'arrêt d'urgence, cela ne facilite pas la réactivité.

La presse verticale utilisée pour ces tests est celle fabriquée par ASIS en 2019 en bénéfice du groupement Womignon de Ferkéssédougou. Le tableau 1 présente les résultats des tests de briquetage réalisés avec la presse verticale.

Tableau 1 : Résultats des tests de briquetage avec la presse verticale

N° 1 test	Tourteau sec (kg)	Quantité d'eau (kg)	Mélange Tourteau+eau	Début de briquetage	Fin de briquetage	Durée de briquetage (min)	Rendement humide (kg_h/min)	Rendement humide (kg_h/h)	Rendement sec (kg_s/min)	Rendement sec (kg_s/h)
18/05/2021	50	30	80	8h 25min	8h 55min	30	2,67	160	1,67	100
N° 2 test[3]	Tourteau sec (kg)	Quantité d'eau (kg)	Mélange Tourteau+eau	Début de briquetage	Fin de briquetage	Durée de briquetage (min)	Rendement humide (kg_h/min)	Rendement humide (kg_h/h)	Rendement sec (kg_s/min)	Rendement sec (kg_s/mih)
18/05/2021	36,875 (59*62,5%)	30	59 (80-21)	9h 50min	10h 22min	32	1,84	110,63	1,15	69,14
N° 3 test	Tourteau sec (kg)	Quantité d'eau (kg)	Mélange Tourteau+eau	Début de briquetage	Fin de briquetage	Durée de briquetage (min)	Rendement humide (kg_h/min)	Rendement humide (kg_h/h)	Rendement sec (kg_s/min)	Rendement sec (kg_s/h)
20/05/2021	20	15	35	15h 45min	16h 03min	18	1,94	116,67	1,11	66,67
	20	16	36	16h 35min	16h 51min	16	2,25	135	1,25	75
	10	8	18	17h 07min	17h 16min	9	2	120	1,11	66,67
Moyenne							2,14	128,46	1,26	75,5

Observations d'utilisation : commodité, facilité d'utilisation, alimentation en tourteaux, nettoyage, fréquence de bourrage :

- Pénibilité physique d'alimentation de la presse
- Difficulté de nettoyage de la presse
- La presse ne se bourre pas pendant l'utilisation
- L'arbre de la vis s'est cassé après le premier test. Depuis la réparation de l'arbre on constate un rendement plus faible.
- Le ratio 50/30 (tourteau sec/eau) n'a pas pu être respecté pour le Test 3 car vers la fin du lot on a observé qu'il était trop sec donc on a réhumidifié

[3] Au test N°2, il y a eu une coupure. Seulement une partie des 80 kg du mélange (50kg tourteaux+30 kg eau) a été utilisée. Nous avons pesé le mélange restant (soit 21 kg) pour déterminer la quantité de mélange qui a été utilisée. D'où 80-21 = 59 kg de mélange. Pour estimer la quantité de tourteau présente dans ces 59 kg de mélange, nous avons appliqué le % général soit 62,5 % en estimant 50/80= 0,625 donc il y a 62,5 kg de tourteau pour 100 kg de mélange (en considérant 50 kg de tourteaux pour 30 l d'eau). D'où 59*62,5% = 36,875 kg de tourteau sec.

Les résultats du tableau montrent que le rendement humide avec cette presse est de 2,14 kg/min soit 128,46 kg /h tandis que le rendement sec est de 1,26 kg/min soit environ 75,5 kg/h.[4]

- La presse horizontale

La presse horizontale est pratique et simple à utiliser. Pour l'alimenter, il faut simplement mettre les tourteaux dans l'entonnoir et la vis se charge du reste. L'alimentation électrique est aussi facile à utiliser. Il faut juste appuyer sur un bouton vert pour la mise en marche et un rouge pour l'arrêt. En fonctionnement, l'opérateur peut immédiatement arrêter la machine en urgence sans difficulté. Les câbles reliant le boitier d'alimentation électrique au moteur ont été passés dans le tube carré, ce qui fait une discrétion esthétique. Le système de levier relié à la lame rend la coupe des briquettes assez aisée. Aussi, le nettoyage de la presse en fin d'utilisation ou en cas de bourrage n'est pas pénible. Il suffit d'ouvrir la petite ouverture faite sur le tuyau de sortie des briquettes.

Toutefois, pendant les tests, il a été constaté que l'utilisation de la presse exigeait des tourteaux très humides pour mieux fonctionner. En effet, pour le premier test, 45 L (contre 30 L pour la presse verticale) pour 50 kg de tourteau ont été utilisées. Les briquettes sortaient certes lentement mais il n'y a pas eu de bourrage. Les derniers tourteaux de ce test n'ont pu être densifiés car ayant perdu en humidité. Mais au deuxième test, avec ce même dosage, la presse se bourrait au bout de quelques minutes. L'ouvrier présent a recommandé d'ajouter de l'eau, ce qui a été fait avec un ajout de 5 l d'eau. Il était obtenu alors un mélange pâteux qui permettait d'avoir des briquettes qui sortaient plus vite mais aussi plus molles. Et ainsi, le bourrage était réduit voire éliminé. Un autre inconvénient était qu'entre deux tests, la quantité d'eau n'était pas la même pour le même tourteau, donc mesurée mais aléatoire.

Un autre constat est que l'utilisation de la presse nécessitait trois (03) personnes : une pour alimenter l'entonnoir et couper les briquettes, une autre pour pousser les tourteaux pour que la vis soit chargée en continu et une troisième pour récupérer les briquettes coupées et les mettre sur les claies.

[4] D'un rapport réalisé sur la caractérisation d'une presse verticale, il ressort que celle-ci produit :

- en moyenne 3,32 kilogrammes de tourteau sec en une (01) minute. Soit un rendement sur sec de 199,2 kg/h ;
- et en moyenne 5,7 kilogrammes de tourteau humide en une (01) minute. Soit un rendement sur humide de 342,86 kg/h ;

Tableau 2 : Résultats des tests de briquetage avec la presse horizontale

N° 1 test	Tourteau sec (kg)	Quantité d'eau (kg)	Mélange Tourteau+eau	Début de briquetage	Fin de briquetage	Durée de briquetage (min)	Rendement humide (kg_h/min)	Rendement humide (kg_h/h)	Rendement sec (kg_s/min)	Rendement sec (kg_s/h)
18/05/2021	50	45	95	17h 56min	19h	64	1,48	89,06	0,78	46,88
N° 2 test	**Tourteau sec (kg)**	**Quantité d'eau (kg)**	**Mélange Tourteau+eau**	**Début de briquetage**	**Fin de briquetage**	**Durée de briquetage (min)**	**Rendement humide (kg_h/min)**	**Rendement humide (kg_h/h)**	**Rendement sec (kg_s/min)**	**Rendement sec (kg_s/h)**
19/05/2021	50	50 (45+5)	100	8h 13min	8h 32min	19	1,92	115,38	0,96	57,69
				8h 58min	9h 15min	17				
				9h 30min	9h 46min	16				
N° 3 test[6]	**Tourteau sec (kg)**	**Quantité d'eau (kg)**	**Mélange Tourteau+eau**	**Début de briquetage**	**Fin de briquetage**	**Durée de briquetage (min)**	**Rendement humide (kg_h/min)**	**Rendement humide (kg_h/h)**	**Rendement sec (kg_s/min)**	**Rendement sec (kgs/h)**
19/05/2021	10	9	19	10h 15min	10h 20min	5	3,8	228	2	120
	20	20 (18+2)	40	10h 40min	10h 54min	14	2,86	171,43	1,43	85,71
20/05/2021	22	20	42	09h 25min	09h 36min	11	3,82	229,09	2	120
Moyenne							2,78	166,59	1,43	86,05

Observations d'utilisation : commodité, facilité d'utilisation, alimentation en tourteaux, nettoyage, fréquence de bourrage :
- Facile à utiliser
- Alimentation en tourteaux facile
- Nettoyage facile
- Bourrage rapide et presse lente avant modification (test 1 et 2)

[6] Lors du test N°3, une quantité plus importante d'eau a été ajoutée pour éviter le bourrage trop fréquent de la presse.

Avant les travaux d'amélioration, les résultats des tests de briquetage ont donné un rendement humide de 2,78 kg/min soit 166,59 kg/h et un rendement sec de 1,43 soit 86,05 kg /h.

Suite aux observations, un échange a eu lieu avec l'équipementier et des recommandations ont été faites afin d'améliorer la presse.

Après l'échange, l'équipementier a effectué des travaux correctifs afin d'améliorer le fonctionnement de la presse et la qualité des briquettes. A cet effet, il a changé les pales de la vis (photo en annexe) et le tuyau d'évacuation au niveau de la réduction. Il a utilisé des pales d'épaisseurs réduites pour la vis afin de la rendre plus légère. Pour le tuyau d'évacuation, il a remplacé l'ancien tuyau en acier inoxydable par un tuyau chromé, plus lisse. Ces modifications ont en tout cas eu pour résultat une nette amélioration de la presse : le tourteau utilisé prend désormais moins d'eau donc n'est plus pâteux, la presse ne se bourre plus autant, la vis tourne plus vite, le rendement est passé du simple au double et les briquettes sont de meilleure qualité et plus lisses.

Les résultats après les travaux correctifs sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Résultats des tests de briquetage avec la presse horizontale (après amélioration)

N° test	Tourt. sec (kg)	Qté d'eau (kg)	Mél. Tourt. +eau (kg)	Début de briquetage	Fin de briquetage	Durée de briquetage (min)	Rend. humide (kg_h/min)	Rend. humide (kg_h/h)	Rend. sec (kg_h/min)	Rend. sec (kg_s/h)
31/05	---	---	32[7]	14h03min	14h09min	06	5,33	320	---	---
	20	12	32	14h 4min	14h19min	05	6,4	384	4	240
Moyenne							5,86	352	4	240

Observations d'utilisation : commodité, facilité d'utilisation, alimentation en tourteaux, nettoyage, fréquence de bourrage :
- La presse ne se bourre plus
- Elle est plus rapide
- Les briquettes sortent solides

Les résultats présentés montrent qu'en moyenne le rendement humide de la presse horizontale est de 5,86 kg/min soit 352 kg/h et le rendement sec est de 4 kg/min soit 240 kg/h.

[7] Ce mélange provient de tourteaux que les femmes ont extrait récemment des bacs de décantation et ont laissé 02 jours au soleil pour séchage. Donc, ce mélange n'est pas du tourteau sec auquel il a été ajouté une quantité d'eau.

4.2. Résultats des tests de séchage

Les tableaux suivants présentent les résultats de l'évolution de la masse d'échantillon de briquettes séchées au soleil et à l'ombre sur plusieurs jours jusqu'à l'atteinte de la masse sèche.

Les essais ont porté sur un échantillon de 2000 g de briquettes aussi bien de la presse verticale que de la presse horizontale.

Les résultats des tests de séchage avec les briquettes de la presse verticale sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Résultats des tests de séchage avec la presse verticale

Masse d'échantillon prélevée : 2000 g avec 62,5 % de tourteau sec et 37,5% d'eau								
Presse de l'échantillon : Verticale								
Date	18/05/21	19/05/21	20/05/21	21/05/21	22/05/21	23/05/21	24/05/21	25/05/21
Heure de la pesée	10h10	10h 10	10h 13	10h 10	10h 15	10h 11	10h 18	10h 11
Durée de séchage (h)	0	24	48	72	96	120	144	168
Séchage au soleil / Masse (g)	2000	1550	1300	1250	1250	1250	1250	1250
Séchage à l'ombre / Masse (g)	2000	1750	1600	1450	1350	1350	1350	1350
Température ambiante à 12h	---	34°c	32°c	33°c	25°c	32°c	32°c	33°c
Observations de l'opérateur : Nous constatons qu'après le troisième jour du séchage au soleil, les briquettes ne contiennent plus d'eau. Car plus le temps est beaucoup ensoleillé, l'eau s'évapore vite. Par contre le séchage à l'ombre, les briquettes mettent 4 jours pour qu'il n'y ait plus d'eau.								
NB : 30 litres d'eau mélangé à 50 kg de tourteau sec.								

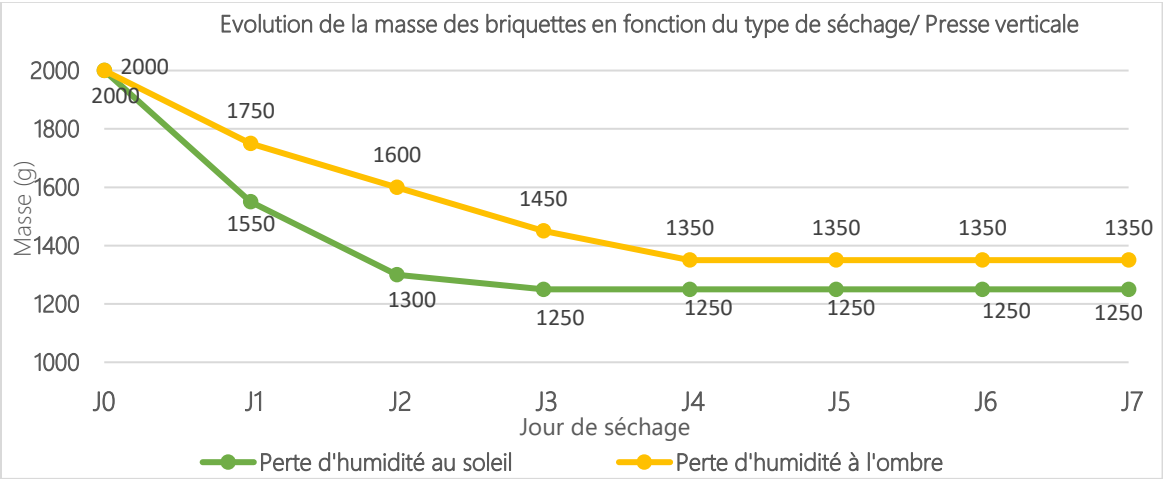

Figure 1 : Évolution de la masse des briquettes en fonction du type de séchage/Presse verticale

Les résultats montrent que les briquettes produites avec la presse verticale et séchées au soleil ont atteint leur masse sèche finale égale à la théorique (1250 g) au troisième jour. Par contre, les briquettes exposées à l'ombre ont eu une masse stabilisée à partir du quatrième jour bien que cette masse ne corresponde pas à la masse sèche théorique (1250 g).

Le tableau 5 présente les résultats de la perte d'humidité des briquettes obtenues à partir de la presse horizontale.

Tableau 5 : Résultats des tests de séchage avec la presse horizontale

Masse d'échantillon prélevée : 2000 g avec 52,63 % de tourteau sec et 47,37% d'eau								
Presse de l'échantillon : Horizontale								
Date	19/05/21	20/05/21	21/05/21	22/05/21	23/05/21	24/05/21	25/05/21	26/01/21
Heure de la pesée	8h53	8h 53	8h 53	8h 55	8h 53	8h 56	8h 58	9h
Durée de séchage (h)	0	24	48	72	96	120	144	168
Séchage au soleil / Masse (g)	2000	1550	1350	1290	1260	1260	1260	1260
Séchage à l'ombre / Masse (g)	2000	1650	1450	1320	1287	1270	1270	1270
Température ambiante à 12h	---	32°c	33°c	25°c	32°c	32°c	33°c	33°c
Observations de l'opérateur : Nous constatons qu'après le quatrième jour du séchage au soleil, les briquettes ne contiennent plus d'eau. Car plus le temps est beaucoup ensoleillé, l'eau s'évapore vite. Par compte le séchage à l'ombre, les briquettes mettent 5 jours pour qu'il n'y ait plus d'eau.								
NB : 45 litres d'eau mélangé à 50 kg de tourteau sec.								

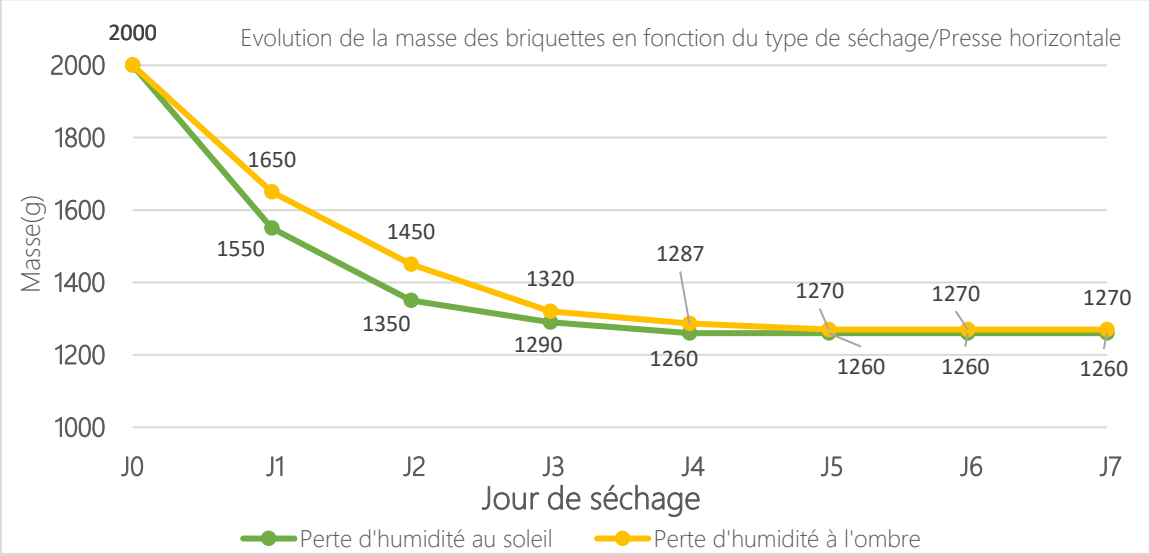

Figure 2 : Évolution de la masse de briquette en fonction du type de séchage/Presse horizontale

Ces résultats montrent que les briquettes produites avec la presse horizontale et séchées au soleil ont eu une masse constante à partir du quatrième jour bien que cette masse ne corresponde pas à la masse sèche théorique (1053 g)[8]. Il en est de même pour les briquettes séchées à l'ombre qui atteignent une masse stable à partir du cinquième jour.

De ce qui précède, on peut dire les briquettes produites avec la presse verticale sèchent mieux que celles de la presse horizontale car elles atteignent leur masse sèche théorique.

Même si les briquettes sèchent mieux au soleil qu'à l'ombre, on remarque que la différence de jour entre le séchage au soleil et à l'ombre est faible (un jour). En revanche, au niveau qualitatif, le séchage à l'ombre permet d'obtenir des briquettes plus résistantes et moins friables que le séchage au soleil qui donnent des briquettes qui s'effritent et se brisent plus vite.

4.3. Résultats des tests de résistance

Le tableau 6 présente les résultats des tests de résistance réalisés avec les briquettes provenant des deux presses verticale et horizontale. Deux paramètres ont été évalués : l'effritement de la briquette et sa résistance aux chocs. Une note allant de 1 à 5 a été attribuée en fonction du comportement de la briquette séchée au soleil ou à l'ombre.

Tableau 6 : Résultats des tests de résistance avec les presses verticale et horizontale

Nombre de briquettes prélevées : 8 Presse de l'échantillon : Verticale Date : 28/05/2021				
N° briquette	Effritement	Résistance aux chocs	Total	Observations de l'opérateur
Soleil	1	1	2	-1) Séchées au soleil les briquettes s'effritent rapidement et ne résistent pas trop aux chocs. -2) Séchées à l'ombre, les briquettes s'effritent moyennement et résistent moyennement aux chocs. NB : 30 litres d'eau ont été mélangé avec 50 kg de tourteaux sec pour la confection des briquettes.
Soleil	2	2	4	
Soleil	1	1	2	
Soleil	1	1	2	
Total « soleil »	5/20	05/20	10/40	
Ombre	3	2	5	
Ombre	2	1	3	
Ombre	3	2	5	
Ombre	2	1	3	
Total « ombre »	10/20	06/20	16/40	
Nombre de briquettes prélevées : 8 Presse de l'échantillon : Horizontale Date : 28/05/2021				
N° briquette	Effritement	Résistance aux chocs	Total	Observations de l'opérateur

[8] Cela pourrait sembler surprenant mais il s'agit de valeurs de pesées réalisées avec la même balance électronique que les autres échantillons.

Soleil	3	2	5	-Séchées au soleil, les briquettes s'effritent peu et résistent moyennement aux chocs. -Séchées à l'ombre, elles ne s'effritent presque pas et résistent aux chocs. NB : Mélange 45 litres d'eau avec 50 kg de tourteau sec pour la confection des briquettes.
Soleil	2	2	4	
Soleil	3	2	5	
Soleil	3	3	6	
Total « soleil »	11/20	09/20	20/40	
Ombre	4	4	8	
Ombre	3	2	5	
Ombre	3	2	5	
Ombre	4	3	7	
Total « ombre »	14/20	11/20	25/40	

Les résultats du tableau montrent de façon globale que les briquettes de la presse horizontale sont plus résistantes que celles de la presse verticale. Elles s'effritent moins et résistent plus aux chocs que celles de la presse verticale avec respectivement des notes de 25/40 et 15/40 pour l'effritement et 20/40 et 11/20 pour la résistance aux chocs.

Il faut souligner cependant qu'avec les deux modèles, les briquettes séchées à l'ombre sont plus résistantes que celles séchées au soleil.

4.4. Résultats des tests de combustion

Les tests de combustion permettent d'apprécier le comportement des briquettes lorsque celles-ci sont brulées. Les briquettes sont évaluées par rapport au foyer dans lequel elles sont brulées. Les paramètres déterminants pour évaluer le comportement des briquettes sont : le temps d'ébullition, la puissance de feu et la consommation spécifique.

Le tableau 7 présente les résultats des tests de combustion.

Tableau 7 : Résultats des tests de combustion avec les presses verticale et horizontale[9]

Paramètres	Unité	A froid		A chaud	
		Verticale	Horiz.	Verticale	Horiz.
Time to boil (Temps d'ébullition)	min	70	75	55	70
Burning rate (Vitesse de combustion)	g/min	74	88	78	74
Thermal efficiency (Rendement thermique)	%	14	12	14	15
Specific fuel consumption (Consommation spécifique de combustible)	g/L_{eau}	199	276	157	210
Firepower (Puissance de feu)	Watts	28 931	34 402	30 431	28 931

[9] Pour effectuer les calculs, nous avons considéré un PCI de boues de barattage fourni par le laboratoire de bioénergie de l'institut 2IE soit environ 25 MJ/kg, qui correspond à des échantillons de tourteau prelevés ailleurs (dans le cadre d'une étude précédente). Il est à noter que le PCI des boues de barattage dépend du taux de matières grasses dans le résidu, ce taux étant lié à la qualité des amandes et à la technique de barattage utilisée.
La feuille de calcul Excel 4.2.4 de l'alliance mondiale pour les foyers améliorés a été utilisée. Elle est disponible sur le site https://www.cleancookingalliance.org/technology-and-fuels/testing/protocols.html.

Les résultats montrent qu'à froid, le foyer produit une puissance de 28,93 kW avec les briquettes de la presse verticale tandis que sa puissance est de 34,4 kW avec celles de la presse horizontale. En revanche, le foyer a consommé spécifiquement plus de briquettes de la presse horizontale soit 276 g/L_{eau} (contre 199 g/L_{eau} pour les briquettes de la presse verticale). Toutefois, les temps d'ébullition avec briquettes des deux presses sont très proches.

A chaud, les temps d'ébullition sont très éloignés. Ainsi, on obtient l'ébullition plus tôt avec les briquettes de la presse verticale qu'avec celles de la presse horizontale. Aussi, le foyer consomme moins de combustible spécifiquement avec les briquettes de la presse verticale qu'avec celles de la presse horizontale. Enfin, les briquettes de la presse verticale produisent plus de puissance que les briquettes de la presse horizontale.

4.5. Densité des briquettes

La densité des briquettes est un paramètre qui permet d'apprécier la force de compression de la presse. Pour la calculer, il a été mesuré la hauteur et le diamètre de la briquette humide pour avoir son volume, puis déterminé sa masse afin d'établir le rapport de la masse par unité de volume de cette briquette.

Les résultats de ces mesures sont inscrits dans le tableau 8.

Tableau 8 : Densité des briquettes

Briquettes de la presse verticale						
Echantillon	E1	E2	E3	E4	E5	Moyenne
D (cm)	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
H (cm)	13,5	15,5	16	15	12,5	14,5
V (cm^3)	214,6	246,39	254,34	238,44	198,7	230,49
M (g)	0,25	0,3	0,3	0,3	0,25	0,28
ρ (g/cm^3)	1,16	1,22	1,18	1,26	1,26	1,22
Briquettes de la presse horizontale						
Echantillon	E1	E2	E3	E4	E5	Moyenne
D (cm)	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
H (cm)	13,75	16,5	12	15,5	13,5	14,25
V (cm^3)	326,51	391,81	284,96	368,07	320,57	338,38
M (g)	0,4	0,5	0,35	0,45	0,4	0,42
ρ (g/cm^3)	1,23	1,28	1,23	1,22	1,25	1,24
Echantillon	E1	E2	E3	E4	E5	
D (cm)	5,5	5,5	5,5	5,5	---	5,5
H (cm)	15	17	17,5	17	---	16,63

V (cm^3)	356,19	403,69	415,56	403,69	---	394,78
M (g)	0,45	0,5	0,5	0,5	---	0,49
ρ (g/cm^3)	1,26	1,24	1,2	1,24	---	1,24

Avec :

D : Le diamètre de la briquette
V : Le volume de la briquette
ρ : La densité de la briquette
H : La hauteur de la briquette
M : la masse de la briquette

Le tableau montre que les briquettes des deux presses ont des densités qui ne sont pas très éloignées avec un léger avantage pour les briquettes de la presse horizontale qui ont une densité moyenne de 1,24 g/cm^3 (contre 1,22 g/cm^3 pour celles de la presse verticale).
Toutefois, il faut préciser que les briquettes de la presse horizontale ont un taux d'humidité de 47,37% tandis que celles de la presse verticale en ont de 37,5% (briquettes récemment sorties de la presse).

Conclusions

Les tests réalisés ont montré que :

- La presse verticale utilisée pour les tests peut produire en moyenne de 2,14 kg/min soit 128,46 kg /h de tourteau humide et **son rendement sec est de 1,26 kg/min soit environ 75,5 kg/h.**
- La capacité de production de la presse horizontale utilisée pour les tests est 5,86 kg/min soit 352 kg/h et **son rendement sec est de 4 kg/min soit 240 kg /h**.
- Les briquettes de la presse verticale sèchent mieux que celles de la presse horizontale au soleil, et ce, au bout trois (03) jours.
- Les briquettes de la presse horizontale n'atteignent pas complètement leur masse sèche même après un séchage au soleil.
- Les briquettes de la presse horizontale s'effritent moins et résistent plus aux chocs que les briquettes de la presse verticale.
- Peu importe le modèle de presse, les briquettes séchées à l'ombre sont plus résistantes que les briquettes séchées au soleil.
- A froid, le foyer utilisé est plus puissant avec les briquettes de la presse horizontale tandis qu'à chaud, il est plus puissant avec les briquettes de la presse verticale.
- Le foyer utilisé consomme moins de briquettes de la presse verticale que celles de la presse horizontale (aussi bien à froid qu'à chaud).
- Les briquettes de la presse verticale ont une densité moyenne de 1,22 g/cm^3 et celles de la presse horizontale ont une densité moyenne de 1,24 g/cm^3.

Ainsi, en se basant sur les résultats des tests réalisés, on peut déduire que les presses ont chacune des bons et moins bons aspects.

La presse horizontale offre un meilleur rendement de production que la presse verticale. En plus ses briquettes sont plus denses, s'effritent moins et sont plus résistantes que celles de la presse verticale ; choses qui en font des briquettes assez solides. Aussi, la presse horizontale est pratique à l'utilisation surtout en cas de bourrage ou de fin de tests.

La presse verticale produit des briquettes qui sèchent mieux (car elles atteignent leur masse sèche) que celles de la presse horizontale. C'est probablement la raison qui explique le fait que ces briquettes sont consommées moins par le foyer que celles de la presse horizontale.

Recommandations

Les recommandations suivantes ont été faites sur la presse horizontale afin de la rendre facile à utiliser :

- Ajouter un plateau de prolongement du demi-tuyau : il évitera de faire le grand effort pour faire basculer la briquette sur le plateau placé de côté. Dans le cas actuel, il s'agit juste de couper la briquette et de laisser la suivante pousser lentement la précédente sur le plateau (photo en annexe).
- Permettre une variabilité de hauteur du levier de coupe : le but est de permettre à l'opérateur, peu importe sa position d'être à l'aise dans l'utilisation du levier. Ainsi, grâce aux vis placées à différents niveaux, on peut élever ou baisser la hauteur du levier selon la convenance (photo en annexe).

ANNEXE

Annexe 1 : Fiches de réalisation des tests

Fiche de réalisation des tests de briquetage

Date : Lieu : Presse : Opérateurs :						
N° test	Tourteau sec (kg)	Quantité d'eau (kg)	Mélange Tourteau+eau	Début de briquetage	Fin de briquetage	Durée de briquetage (min)
N° test	Tourteau sec (kg)	Quantité d'eau (kg)	Mélange Tourteau+eau	Début de briquetage	Fin de briquetage	Durée de briquetage (min)
N° test	Tourteau sec (kg)	Quantité d'eau (kg)	Mélange Tourteau+eau	Début de briquetage	Fin de briquetage	Durée de briquetage (min)
Observations d'utilisation : commodité, facilité d'utilisation, alimentation en tourteaux, nettoyage, fréquence de bourrage, etc. Préciser, si nécessaire, le numéro du test.						

Date : Lieu : Presse : Opérateurs :						
N° test	Tourteau sec (kg)	Quantité d'eau (kg)	Mélange Tourteau+eau	Début de briquetage	Fin de briquetage	Durée de briquetage (min)
N° test	Tourteau sec (kg)	Quantité d'eau (kg)	Mélange Tourteau+eau	Début de briquetage	Fin de briquetage	Durée de briquetage (min)
N° test	Tourteau sec (kg)	Quantité d'eau (kg)	Mélange Tourteau+eau	Début de briquetage	Fin de briquetage	Durée de briquetage (min)

Observations d'utilisation : commodité, facilité d'utilisation, alimentation en tourteaux, nettoyage, fréquence de bourrage, etc. Préciser, si nécessaire, le numéro du test.

Fiche de réalisation des tests de séchage

Masse d'échantillon prélevée : Presse de l'échantillon :								
Date								
Heure de la pesée								
Durée de séchage (h)	0	24	48	72	96	120	144	168
Séchage au soleil Masse (g)								
Séchage à l'ombre / Masse (g)								
Température ambiante à l'heure de pesée à l'ombre								
Observations :								

Masse d'échantillon prélevée : Presse de l'échantillon :								
Date								
Heure de la pesée								
Durée de séchage (h)	0	24	48	72	96	120	144	168
Séchage au soleil Masse (g)								
Séchage à l'ombre / Masse (g)								

Température ambiante à 12h								
Observations :								

Fiche de réalisation des tests de résistance

Nombre de briquettes prélevées :
Presse de l'échantillon :
Date :
Opérateur :

N° briquette	Effritement	Résistance aux chocs	Total	Observations

Nombre de briquettes prélevées :
Presse de l'échantillon :
Date :
Opérateur :

N° briquette	Effritement	Résistance aux chocs	Total	Observations

Fiche de réalisation des tests de combustion et d'ébullition de l'eau

Projet : ..... Date..... Lieu..... Operateur N°.... : .....

Données mesurées	Phase de Haute Puissance HP						Phase de basse Puissance BP	
	A Froid (Cold)			A Chaud (Hot)			Mijotage (Simmer)	
	Début t_{ci}	Fin t_{cf}		Début t_{hi}	Fin t_{hf}		Début t_{si}	Fin t_{sf}
Temps (min)								
	Début f_{ci}	Fin f_{cf}		Début f_{hi}	Fin f_{hf}		Début f_{si}	Fin f_{sf}
Combustible (g)								
	Début c_{ci}	Fin c_{cf}		Début c_{hi}	Fin c_{hf}		Début c_{si}	Fin c_{sf}
Charbon (braise)+Cont.(g)								
	Début T_{ci}	Fin T_{cf}		Début T_{hi}	Fin T_{hf}		Début T_{si}	Fin T_{sf}
Température. de l'eau (°C)								
	Début P_{ci}	Fin P_{cf}		Début P_{hi}	Fin P_{hf}		Début P_{si}	Fin P_{sf}
Marmite + eau + Plan. + thermo(g)								
Observations								

Nom du FA : .....

Code foyer..... N° test ..... Type de combustible :.....

Conditions initiales du test : Eau 2/3 ; Combustible d'allumage :

Temp. ambiante T_a (°C)	Teneur en humidité du Combust.MC(%).	Dimensions Combust. D*L	Masse de marmite vide P (g).	Masse du contenant de braise k (g).	Temp. locale d'ébullition T_b (°C).

Haute Puissance à Froid			Haute Puissance à chaud			Basse Puissance	
Temps (min)	T° (°C)		Temps (min)	T° (°C)		Temps (min)	T° (°C)
0			0			0	
5			5			5	
10			10			10	
15			15			15	

20			20			20	
25			25			25	
30			30			30	
35			35			35	
40			40			40	
45			45			45	

Fiches remplies des TEE réalisés

Teneur en eau: 30 litres			Type de combustible: Tourteaux presse verticale		
Temp. ambiante T_a (°C)	Teneur en humidité du Combust.MC(%).	Dimensions Combust. D*L	Masse de marmite vide P (g).	Masse du contenant de braise k (g).	Temp. locale d'ébullition T_b (°C).
28,3			15,15	1,9	

	Phase de Haute Puissance HP				
Données mesurées	A Froid (Cold)			A Chaud (Hot)	
	Début t_{ci}	Fin t_{cf}		Début t_{hi}	Fin t_{hf}
Temps (mn)	0	70		0	55
	Début f_{ci}	Fin f_{cf}		Début f_{hi}	Fin f_{hf}
Combustible (g)	20	12,4		20	13,35
	Début c_{ci}	Fin c_{cf}		Début c_{hi}	Fin c_{hf}
Charbon (braise)+Cont.(g)	0	3,5		0	3,7
	Début T_{ci}	Fin T_{cf}		Début T_{hi}	Fin T_{hf}
Température. de l'eau (°C)	28,3	93		33,6	93,6
	Début P_{ci}	Fin P_{cf}		Début P_{hi}	Fin P_{hf}
Marmite + eau + Plan. + thermo(g)	45,15	41,15		45,15	42,15
Observations					

Haute Puissance à Froid			Haute Puissance à chaud		
Temps (mn)	T° (°C)		Temps (mn)	T° (°C)	
0	28,3		0	33,6	
5	33,5		5	35,2	
10	40,9		10	48,2	
15	46,8		15	55,5	
20	55,5		20	63,8	
25	62,2		25	66,5	
30	68,6		30	70,2	
35	74,2		35	75,2	
40	68,7		40	78,6	
45	73,5		45	85,5	
50	79,4		50	89,4	
55	85,1		55	93,6	
60	87,3		60		
65	90,9		65		
70	93		70		

Teneur en eau: 30 litres			Type de combustible: Tourteaux presse horizontale		
Temp. ambiante T_a (°C)	Teneur en humidité du Combust.MC(%).	Dimensions Combust. D*L	Masse de marmite vide P (g).	Masse du contenant de braise k (g).	Temp. locale d'ébullition T_b (°C).
28,3			15,4	1,9	

	Phase de Haute Puissance HP				
Données mesurées	A Froid (Cold)			A Chaud (Hot)	
	Début t_{ci}	Fin t_{cf}		Début t_{hi}	Fin t_{hf}
Temps (mn)	0	75		0	70
	Début f_{ci}	Fin f_{cf}		Début f_{hi}	Fin f_{hf}
Combustible (g)	20	10,9		20	12,4
	Début c_{ci}	Fin c_{cf}		Début c_{hi}	Fin c_{hf}
Charbon (braise)+Cont.(g)	0	3		0	3,5
	Début T_{ci}	Fin T_{cf}		Début T_{hi}	Fin T_{hf}
Température. de l'eau (°C)	31,7	90,7		32,7	92,2
	Début P_{ci}	Fin P_{cf}		Début P_{hi}	Fin P_{hf}
Marmite + eau + Plan. + thermo(g)	45,4	40,2		45,4	40,4
Observations	A froid, on consomme pus de tourteaux et plus de temps pour lébullition de l'eau.			A froid, la consommation est moyenne et le temps d'ébullition est réduit	

Haute Puissance à Froid			Haute Puissance à chaud		
Temps (mn)	T° (°C)		Temps (mn)	T° (°C)	
0	31,7		0	33,6	
5	37,7		5	35,7	
10	40,9		10	38,1	
15	46,4		15	42,2	
20	50,9		20	44,5	
25	56,6		25	47,3	
30	61,4		30	55,6	
35	68,9		35	61,6	
40	72,3		40	67,5	
45	78,1		45	73,7	
50	82,2		50	79,7	
55	84,2		55	86,5	
60	86,8		60	89,5	
65	89,8		65	91,9	
70	90,3		70	92,2	
75	90,7		75		

Annexe 2 : Photos de tests

La presse horizontale vue de face

Les deux presses sur le lieu de tests

La presse horizontale vue de coté

La presse verticale

Tests de briquetage avec la presse horizontale

Aspect pâteux du tourteau à introduire

Ouverture de l'entaille pour déboucher le tuyau

Bourrage de la presse horizontale

Les briquettes obtenues avec la presse horizontale après les travaux correctifs

Les tests de briquetage avec la presse verticale

Qualité des briquettes de la presse verticale : solides et aspect agréable à voir

Les pales de la vis avant et après les travaux correctifs : différence d'épaisseur des pales, 4 mm et 2,5 mm

La presse horizontale après les modifications d'amélioration

Tests de combustion