



Appui au déroulement de la thèse de Guillaume Da
Rapport de mission C. Marouzé au Vietnam du 10 au 20 décembre 2006

Financement : Cirad

C. Marouzé

G. Da

CIRAD, Départ. Persyst

UMR Qualisud

Janvier 2007

27 MARS 2008

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette



Sommaire

I.	Introduction	2
II.	Matériels et méthodes	2
1.	<i>Matériel de mesure de puissance électrique.....</i>	<i>2</i>
2.	<i>Matériels à expérimenter.....</i>	<i>3</i>
2.1.	<i>Râpe mécanisée.....</i>	<i>3</i>
2.2.	<i>Extracteur batch</i>	<i>3</i>
2.3.	<i>Râpe-extracteur</i>	<i>4</i>
3.	<i>Réalisation des essais.....</i>	<i>4</i>
III.	Résultats.....	4
1.	<i>Essai de la râpe-extracteur traitant du manioc.....</i>	<i>4</i>
2.	<i>Essai de la râpe traitant du manioc.....</i>	<i>5</i>
3.	<i>Essai de l'extracteur batch.....</i>	<i>7</i>
4.	<i>Essai de la râpe extracteur pour le canna</i>	<i>8</i>
5.	<i>Essai de la râpe-extracteur pour le manioc.....</i>	<i>9</i>
6.	<i>Essai de la râpe pour le manioc</i>	<i>11</i>
7.	<i>Essai complet de l'extracteur, le 20 12 06.....</i>	<i>12</i>
8.	<i>Laveuse éplucheuse</i>	<i>16</i>
IV.	Discussion -conclusion	16
1.	<i>Electricité du réseau.....</i>	<i>16</i>
2.	<i>Facteur de puissance</i>	<i>16</i>
3.	<i>Comparaison des transformations de type B et C</i>	<i>16</i>
4.	<i>Puissances consommées et énergies spécifiques</i>	<i>17</i>
5.	<i>Réflexion sur la consommation d'eau.....</i>	<i>19</i>
6.	<i>Réflexion sur les râpes.....</i>	<i>19</i>

La mission s'est déroulée du 10 au 20 décembre avec des travaux sur le terrain presque tous les jours, une présentation à des travaux sur les Méthodes de conception d'équipements dans les pays du Sud", le 14 décembre et une visite d'usine de transformation de manioc à Yen Bai, le 19 décembre.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier :

- les personnels de l'Institut Polytechnique de Hanoi pour leur accueil lors des passages dans l'Institut,
- les transformateurs pour leur disponibilité chaleureuse tout au long des essais réalisés chez eux,
- et le directeur et les personnels de Yfaco de Yen Bai pour leur accueil chaleureux.

I. Introduction

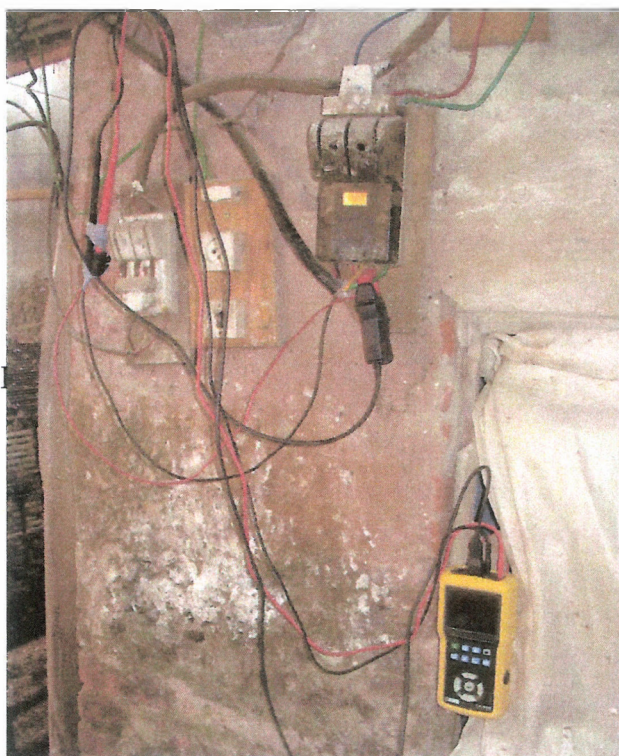
Guillaume Da réalise depuis 2005 une thèse sur la caractérisation des unités de transformation du manioc en amidon dans les villages métiers à la périphérie de Hanoi au Vietnam : « **Innovations des procédés de transformation post-récolte du manioc au Vietnam** ». Un important travail a été réalisé en 2006 pour établir les bilans matière de trois procédés de transformation. Ces travaux ont été présentés lors d'un séminaire sur le manioc en Inde¹.

L'objet de la mission est d'apporter un appui au travail de thèse de Guillaume Da en particulier en prenant en compte la dimension énergie dans l'évaluation des équipements de transformation du manioc. Pour ce faire, un matériel de mesure de puissance électrique a été apporté lors de la mission.

II. Matériels et méthodes

1. Matériel de mesure de puissance électrique

L'appareil utilisé est un analyseur de réseaux électriques monophasés ou triphasés équilibrés CA 8230 de Chauvin Arnoux, présenté sur la photo 1. Il permet la mesure d'une dizaine de grandeurs électriques : tension, ampérage, puissance active, puissance apparente, facteur de puissance, etc.



Photos 1 & 2 : Analyseur de réseaux électriques et branchement de l'appareil sur le site

¹ Da, G., D. Dufour, C. Marouzé, M. Le Than *et al.* (2006). Cassava Starch Processing at Small-Scale in North Vietnam (Hoai Duc district, Ha Tay Province). Impact of technology on efficiency and effluent management. Paper présenté au 14th TRIENNIAL SYMPOSIUM OF INTERNATIONAL SOCIETY FOR TROPICAL ROOT CROPS, 20 - 26 November, 2006 Central Tuber Crops Research Institute, Sreekariyam, Thiruvananthapuram - 695 017, Kerala.

L'analyseur de réseaux électriques est branché sur le circuit d'alimentation au niveau de l'interrupteur de courant. La tension entre les phases a été vérifiée au début des essais, il n'y avait pas d'écart significatif.

2. Matériels à expérimenter

Guillaume Da a identifié 3 technologies distinctes de production d'amidon de manioc après le lavage-épluchage mécanisé :

- type A : râpe mécanisée + extraction manuelle,
- type B : râpe mécanisée + extraction mécanisée dans un extracteur batch,
- type C : râpe-extracteur combinant les deux opérations.

Le lait d'amidon issu de ces trois technologies est sédimenté dans des bacs, l'amidon sédimenté est ensuite découpé et vendu humide sous forme de bloc. Pour la campagne 2006-2007 de transformation le procédé A est pratiquement abandonné. Les équipements à tester sont donc les suivants : râpe mécanisée, extracteur batch, râpe-extracteur pour le manioc. Cet équipement a aussi été testé pour le canna. Les schémas de principe des équipements sont les suivants.

2.1. Râpe mécanisée

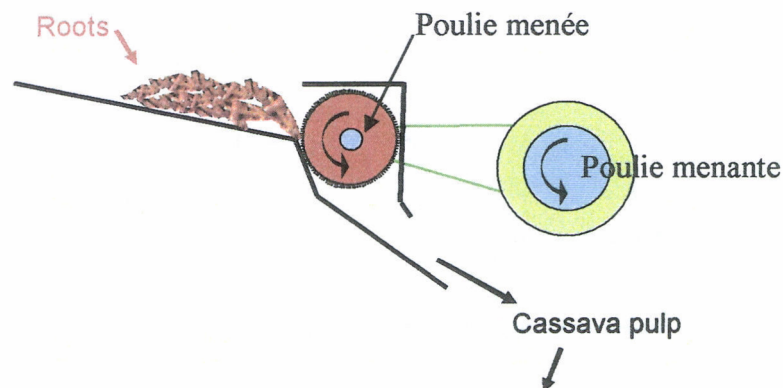


Schéma 1 : Râpe motorisée (schéma G. Da)

2.2. Extracteur batch

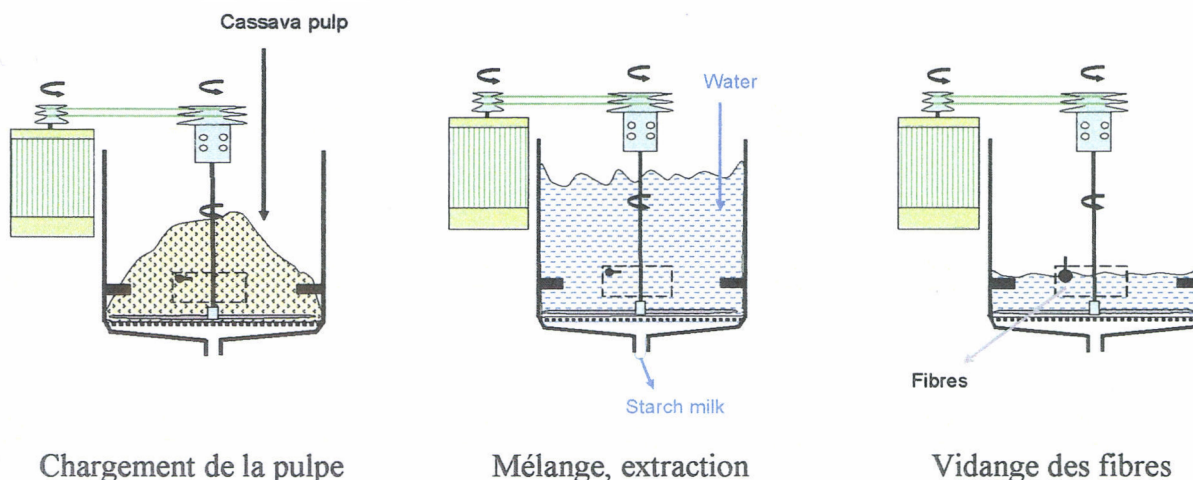
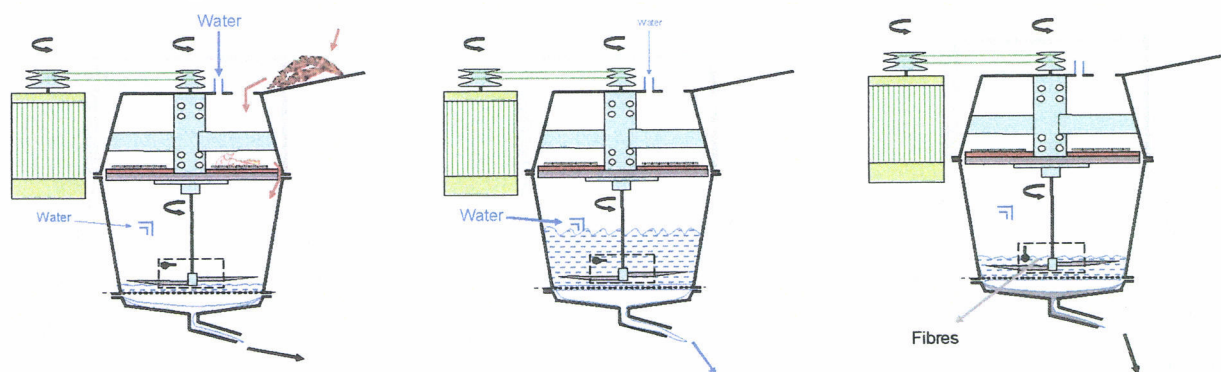


Schéma 2 : Extracteur batch

2.3. Râpe-extracteur



Chargement - râpage

Mélange, extraction

Vidange des fibres

Schéma 3 : Râpe- extracteur

3. Réalisation des essais

Les essais ont été réalisés entre les 13 et 20 décembre dans la commune de Cat Que, chez les transformateurs avec leur propre produit. Les zones rurales subissent de fréquentes coupures de courant, ce qui a fortement contraint les périodes d'expérimentation. Les débits de produits ont été systématiquement mesurés et les débits d'eau selon la nécessité.

III. Résultats

Les essais sont présentés dans l'ordre chronologique

1. Essai de la râpe-extracteur traitant du manioc

Les essais (série AA) ont été réalisés le 13 12 06 mais avec une mauvaise configuration de l'appareil de mesure. Les mesures de puissance réelle et de facteur de puissance ont été éliminées des données².

Enreg.	Tension	Intensité	Puis. réelle	Puis. apparente	Fact. puis.
AA2	(V)	(A)	(kW)	(KVA)	(%)
Moy.	336	25		8,5	
Maxi	349	57		18,1	
Mini	318	11		3,8	
Si rend. moteur de			Puissance méca.		
0,75			5,71 kW		

Les batch se succèdent sans arrêt du moteur. Dès que les fibres sont vidangées par une trappe située au bas de l'équipement, un nouveau lot de racines est introduit dans la machine. Une forte demande de puissance au début de chaque batch est notée, puis la puissance demandée est plus réduite lors de l'opération d'extraction.

² Faute de connaissances des données des fabricants, les rendements des moteurs électriques ont été arbitrairement choisis à 0.7 pour les moteurs de 3 kW et à 0.75 pour les moteurs de 15 kW. Ces valeurs sont inférieures à celles de moteurs ayant une bonne efficacité énergétique.

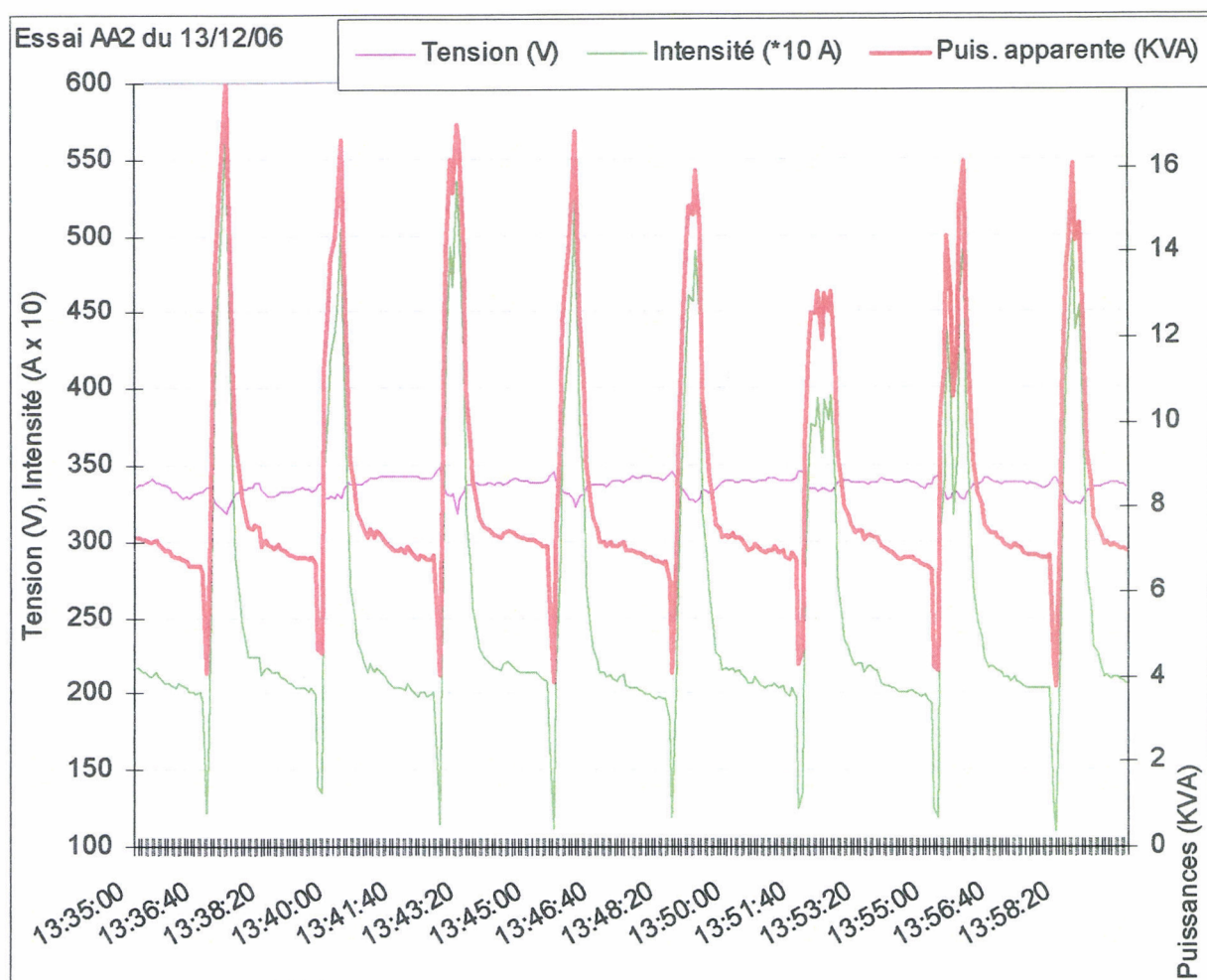


Fig. 1 : Enregistrement des données de l'essai de la râpe-extracteur traitant du manioc

2. Essai de la râpe traitant du manioc

L'essai BB1 a été réalisé le 15 12 06.

Poids de racines	442,5 kg	Puissance moteur	15 kW
Durée de l'essai	11 min	Diamètre râpe	225 mm
Débit de la râpe	2414 kg/h	Largeur utile râpe	310 mm
		Poulie moteur	293 mm
Energie spéc. / éner. méca.	13,0 kJ/kg	Poulie râpe	100 mm
Energie spéc. / élec. réelle	17,3 kJ/kg	Vitesse moteur	1459 tr/min
Energie spéc. / élec. appar.	21,4 kJ/kg	Vitesse rotor	4400 tr/min

Enreg.	Tension	Intensité	Puis. réelle	Puis. réactive	Puis. appar.	Fact. Puis.
BB1 Râpe	(V)	(A)	(kW)	(KVA)	(KVA)	(%)
Moy.	339	24,4	11,6	7,5	14,3	77%
Maxi	348	44,8	21,8	12,5	25,5	87%
Mini	329	12,5	4,9	5,6	7,5	61%
Si rend. moteur de			Puissance mécanique			
0,75			8,70 kW			

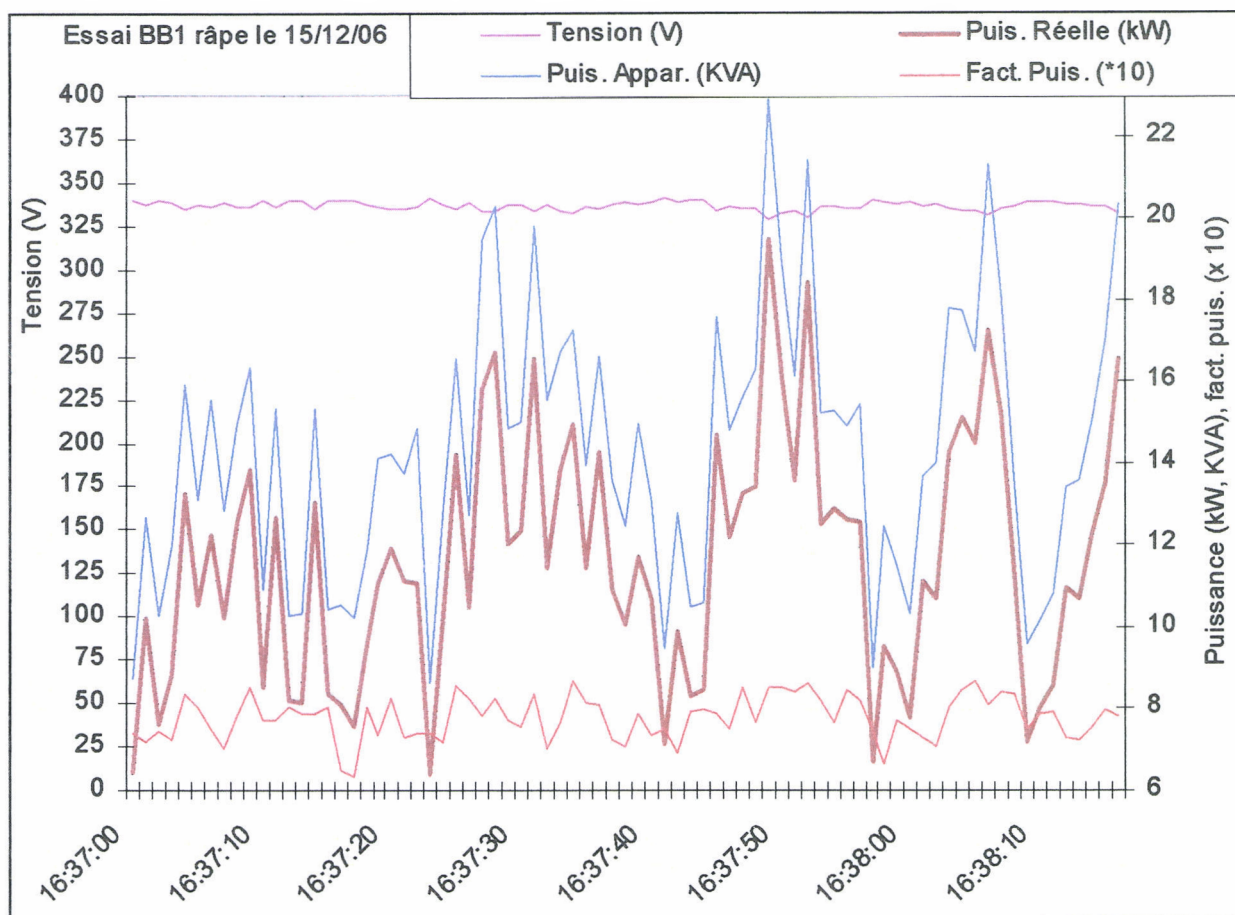


Fig. 2 : Enregistrement des données de l'essai de la râpe traitant du manioc

Le fonctionnement est satisfaisant avec une puissance électrique réelle de 11,6 kW pour un moteur de 15 kW et une puissance électrique maximum du 21,8 kW correspondant pratiquement à la puissance nominale du moteur électrique.

On note la forte variation de la puissance réelle en fonction de la façon dont l'opératrice appuie sur les racines, la puissance demandée double pratiquement entre les moments sans appui et ceux avec de l'opératrice sur les racines. Cette opération est particulièrement dangereuse.

3. Essai de l'extracteur batch

L'essai BB2 a été réalisé le 15 12 06

BB2 extracteur 15/12/06	Tension (V)	Intensité (A)	Puis. réelle (kW)	Puis. réactive (KVA)	Puis. appar. (KVA)	Fact. puis.
Moy.	353	4,7	2,2	1,8	2,9	78%
Maxi	369	7	3,39	2,09	3,98	85%
Mini	327	3	0,81	1,38	1,62	50%
Si rend. moteur de 0,7		Puissance mécanique 1,57 kW				

Poids de pulpe (env.)	280 kg	Puissance moteur	3 kW
Durée de l'essai	25 min	Diamètre extracteur	1100 mm
Débit de l'extracteur	672 kg/h	Hauteur extracteur	630 mm
		Nombre de pales	2
Energie spéc. / éner. méca.	8,4 kJ/kg	Distance pale-tamis	25 mm
Energie spéc. / élec. réelle	12,0 kJ/kg	Vitesse moteur	1450 tr/min
Energie spéc. / élec. appar.	9,4 kJ/kg	Vitesse rotor	132 tr/min
		Diamètre poulie mené	215 mm
		Diamètre poulie mena	85 mm
		Epaisseur courroie	13 mm
		Nombre de courroies	2

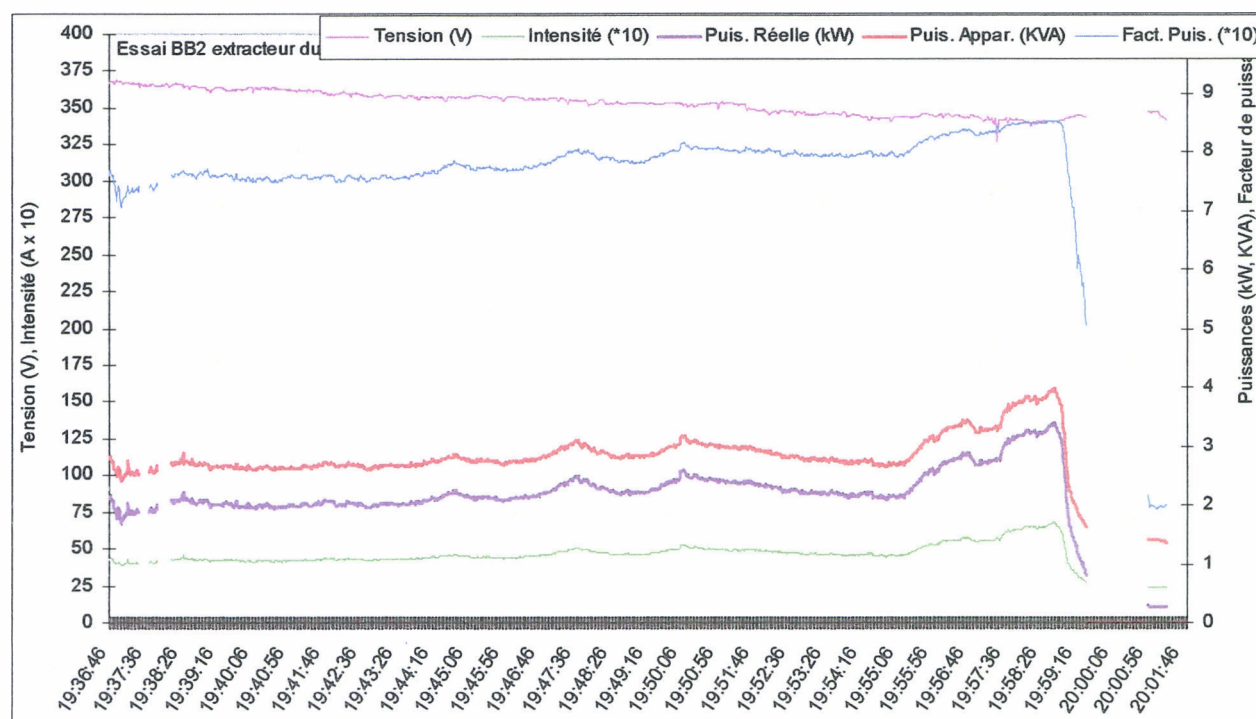


Fig. 3 : Enregistrement des données de l'essai BB2 de l'extracteur batch

On note une légère augmentation de la puissance réelle au cours de l'essai en particulier en fin de l'essai quand il n'y a plus d'eau ajoutée juste avant l'ouverture de la trappe de vidange

des fibres. Puis, on observe une chute de la puissance demandée correspondant à la vidange de fibres. Le dimensionnement du moteur par rapport à la puissance demandée est satisfaisant. On observe un brassage de la masse de pulpe avec apparemment une remontée des couches du fond vers le dessus sauf durant la phase finale où la masse de pulpe a plutôt un comportement de type piston. Les vagues de puissance demandée correspondent à l'arrêt de l'alimentation en eau puis la reprise de l'alimentation.

4. Essai de la râpe extracteur pour le canna

Essais CC1 et CC2 réalisés le 16/12/06. La durée des batch est de 2 minutes avec une masse moyenne de 30 kg par batch.

Poids de racines pesées	206 kg	Puissance moteur	17 kW
Durée de la mesure	13,86 min	Diamètre rape	520 mm
Débit de la râpe	892 kg/h	Diamètre tamis	A vérifier mm
Durée de l'essai	20 min	Nombre de pales	2
Energie spéc. / éner. méca.	41,84 kJ/kg	Distance pale-tamis	A vérifier mm
Energie spéc. / élec. réelle	55,79 kJ/kg	Vitesse rotor	2363 tr/min
Energie spéc. / élec. appar.	60,07 kJ/kg	Vitesse moteur	1450 tr/min

Enreg.	Tension	Intensité	Puis. Réelle	Puis. réactive	Puis. Appar.	Fact. Puis.
CC1	(V)	(A)	(kW)	(KVA)	(KVA)	
Moy.	302	28,4	13,8	5,4	14,9	90%
Maxi	319	55	35,39	47,92	60,87	96%
Mini	289	11	4,60	2,83	5,62	57%
Si rend. moteur de		Puissance mécanique				
0,75		10,36 kW				

Enregistrements de 13 h 56 à 14 h 16

Enreg. CC2	Tension (V)	Intensité (A)	Puis. Réelle (kW)	Puis. Appar. (KVA)	Fact. Puis.
Moy.	298	29,5	14,2	15,1	91%
Maxi	317	61	26,38	29,72	96%
Mini	277	5	1,59	2,85	55%
Si rend. moteur de 0,75		Puissance mécanique 10.62 kW			

Energie spéc. / éner. méca.	42,9 kJ/kg
Energie spéc. / élec. réelle	57,1 kJ/kg
Energie spéc. / élec. appar.	61,2 kJ/kg

Enregistrements de 14 h 22 à 14 h 46.

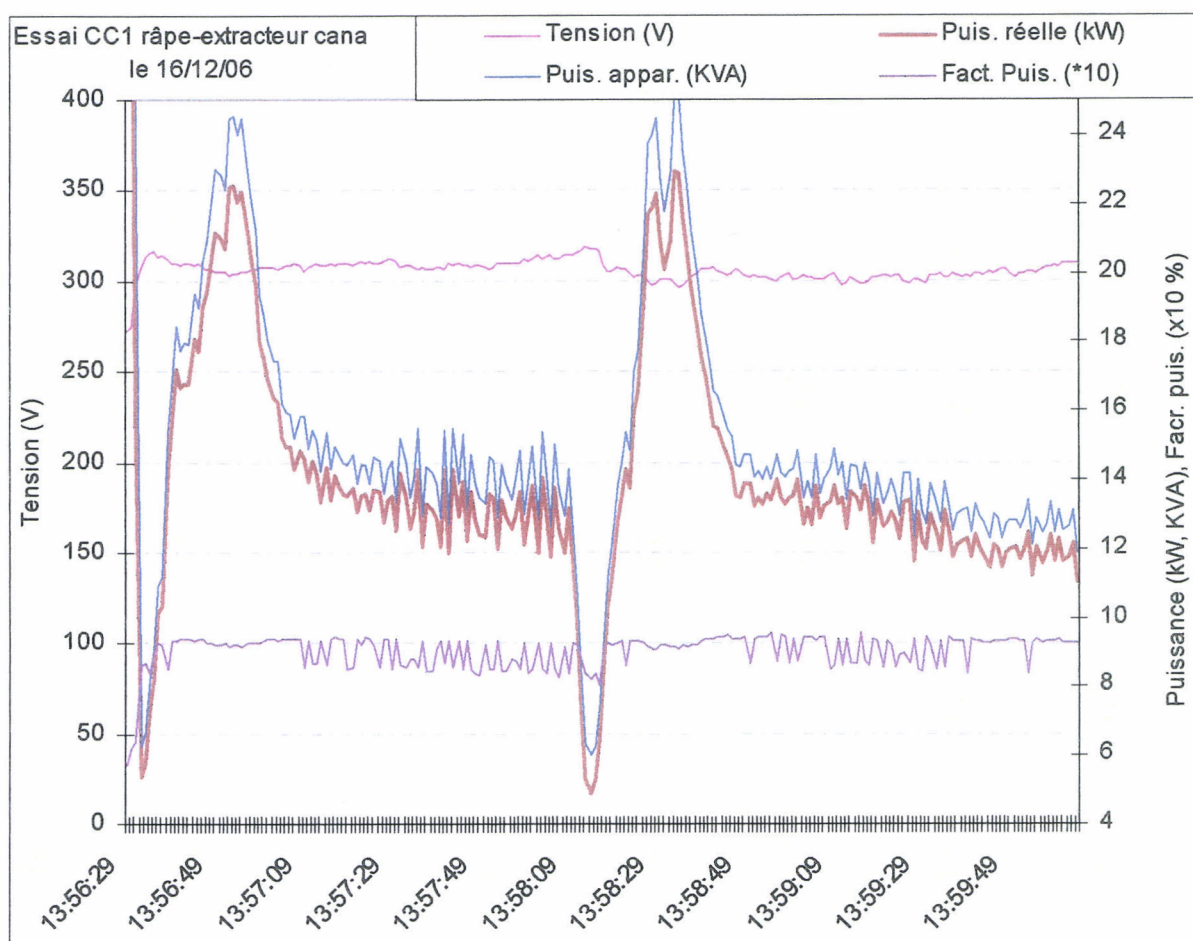


Fig. 4 : Enregistrement des données de l'essai de la râpe-extracteur traitant du canna

L'enregistrement montre une demande en puissance beaucoup plus importante durant la phase de râpage, de l'ordre de 22 kW électrique de puissance active, alors que durant la phase d'extraction, la demande en puissance est de l'ordre de 12 à 14 kW. La puissance diminue en fin de batch ce qui correspond à une masse solide plus faible (fibres sans amidon) brassée avec une quantité importante d'eau.

5. Essai de la râpe-extracteur pour le manioc

L'essai DD2 a été réalisé le 17 décembre 2006. La durée des batch est de 3 minutes avec une masse moyenne de 45 kg de racines par batch. Le chargement des racines dure de 45 secondes à 1 minute.

Les courbes de puissance sont pratiquement identiques pour tous les batch avec une montée rapide de la puissance réelle lors des 15 premières secondes, puis la puissance reste élevée pendant la phase finale de chargement (entre 20 et 22 kW). Après la puissance chute d'abord très vite en une quinzaine secondes puis plus lentement pour atteindre une valeur aux environs de 10-12 kW. Lors de la vidange de fibres, la puissance réelle chute à des niveaux de 4 ou 5 kW. La puissance active à vide est de l'ordre de 3 kW.

Poids de racines pesées	1562	kg	Puissance moteur	15	kW
Durée de la mesure	2,1	h	Diamètre râpe	580	mm
Débit de la râpe-extracteur	749	kg/h	Diamètre tamis	530	mm
Durée de l'essai	2,38	h	Diamètre pales	460	mm
Quantité traitée	2520	kg/h	Nombre de pales	2	
Tension moyenne	295	V	Distance pale-tamis	15 à 25	mm
Energie spéc. / éner. méca.	46,7	kJ/kg	Durée du chargement	45 à 60	s
Energie spéc. / élec. réelle	62,2	kJ/kg	Vitesse moteur	1450	tr/min
Energie spéc. / élec. appar.	68,5	kJ/kg	Vitesse rotor	2400	tr/min
Pour l'ensemble de l'essai					
Poids des racines achetées	2621	kg	Diamètre poulie menée	293	mm
Prix des racines achetées	640	VND/kg	Diamètre poulie menante	100	mm
Poids de l'amidon humide vendu	1227	kg	Epaisseur courroie	13	mm
Prix de l'amidon humide vendu	1470	VND/kg	Nombre de courroies		

Enreg. DD2	Tension (V)	Intensité (A)	Puis. réelle (kW)	Puis. appar. (KVA)	Fact. puis.
Moy.	295	28,2	13,0	14,3	90%
Maxi	326	73	27,5	33,2	93%
Mini	260	9,0	3,2	4,6	63%
Si rend. moteur de Puissance mécanique					
0,75			9,71	kW	

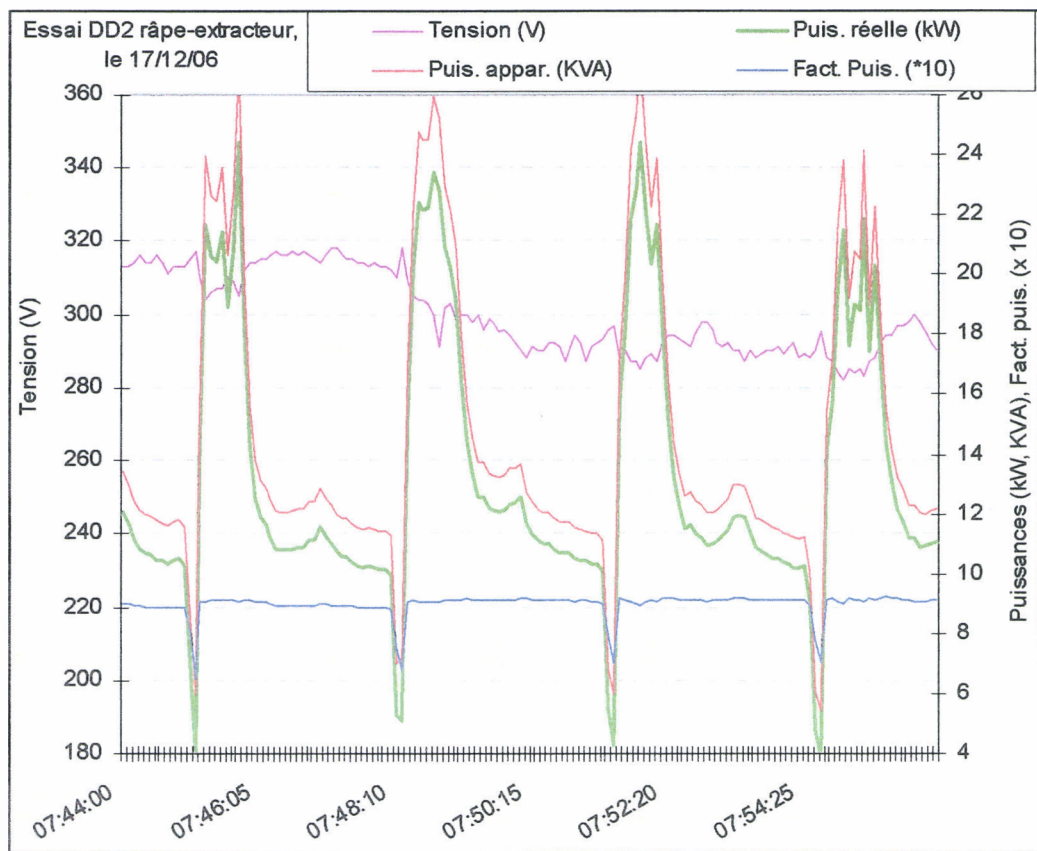


Fig. 5 : Enregistrement des données de l'essai de la râpe-extracteur traitant du manioc

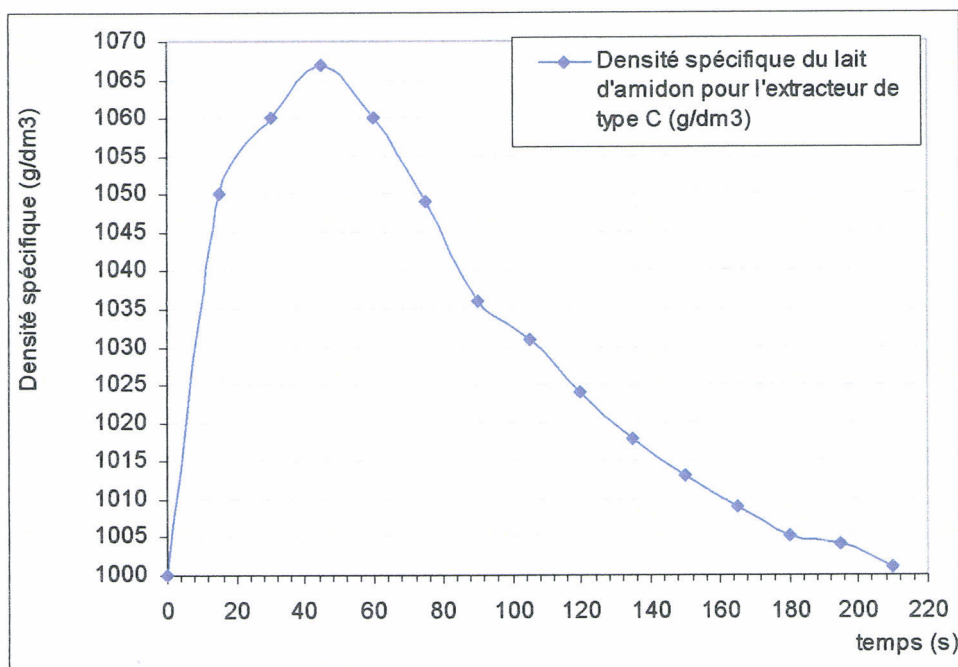


Fig. 5b : Courbe de densité du lait sortant de l'extracteur durant un batch.

La courbe ci-dessus montre que l'amidon est extrait durant la première partie du batch, le lait sortant durant le deuxième partie du batch pourrait être recyclé. Le calcul de la quantité d'amidon devra être réalisé avec les concentrations.

6. Essai de la râpe pour le manioc

Poids 1 de racines pesées	89 kg	Puissance moteur	15 kW
Durée de la mesure "réduit"	5,0 min	Diamètre rape	225 mm
Débit "réduit" râpe-extracteur	1064 kg/h	Largeur utile râpe	310 mm
Poids 2 de racines pesées	343 kg	Vitesse rotor à vide	4450 tr/min
Durée de la mesure "normal"	11,5 min	Vitesse rotor débit "réduit"	4400 tr/min
Débit "normal" râpe-extracteur	1789 kg/h	Vitesse rotor débit "normal"	4300-4320 tr/min
Energie spéc. / éner. méca.	15,7 kJ/kg	Vitesse moteur	1450 tr/min
Energie spéc. / élec. réelle	20,9 kJ/kg	Durée de l'essai	38:25 mm:ss
Energie spéc. / élec. appar.	25,5 kJ/kg	Quantité traitée	kg/h
Energie spéc. / éner. méca. débit réduit	16,4 kJ/kg		

Enreg. DD3	Tension (V)	Intensité (A)	Puis. réelle (kW)	Puis. appar. (KVA)	Fact. puis.
Moy. débit réduit	340	145,6	6,5	8,6	73%
Moy. débit normal	316	232,0	10,4	12,7	78%
Maxi	348	35	16,2	19,2	85%
Mini	283	7,6	1,7	4,2	34%
Si rend. moteur de			Puissance mécanique, débit normal		
0,75			7,79 kW		

L'essai DD3 a été réalisé le 17 décembre 2006 avec au démarrage un fonctionnement à vide de la râpe, puis un fonctionnement à débit « réduit », c'est-à-dire sans pousser les racines sur la râpe. Ces modes de fonctionnement « réduit » et « normal » se traduisent par des différences de puissances réelles consommées (6,5 et 10,4 kW) nettement visibles sur la fig. 6 et de débits (1064 et 1789 kg/h). Au niveau de la puissance spécifique, le mode de fonctionnement « normal » est légèrement plus économe mais la différence n'est pas significative (15,7 kJ/kg au lieu de 16,4 kJ/kg).

A vide, la puissance réelle est de 2 kW soit une puissance mécanique de l'ordre de 1,2 kW.

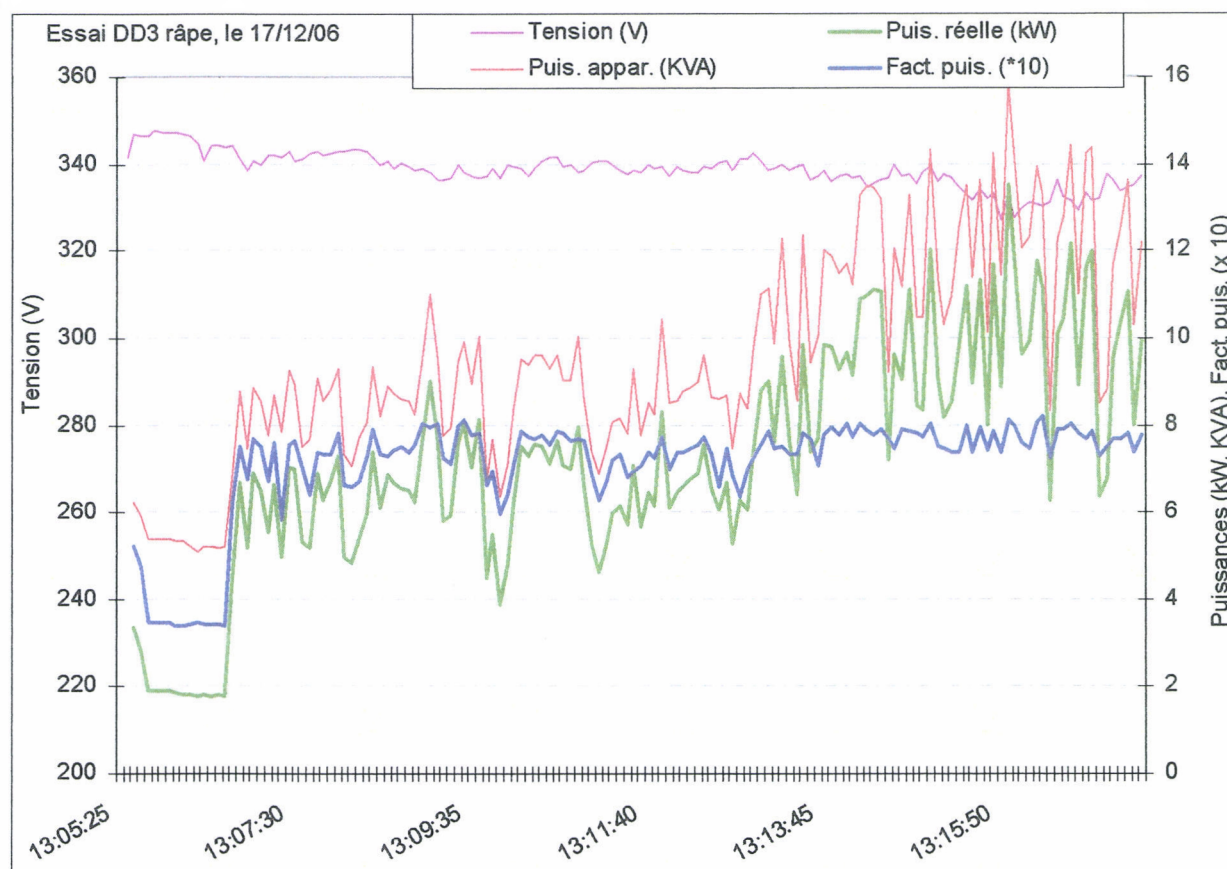


Fig. 6 : Enregistrement des données de l'essai de la râpe-extracteur traitant du manioc

7. Essai complet de l'extracteur, le 20 12 06

Poids de la pulpe	351 kg	Puissance moteur	3 kW
Durée de l'essai	32 min	Diamètre extracteur	1100 mm
Débit de la râpe	658 kg/h	Hauteur extracteur	630 mm
Poids de fibres	219 kg	Nombre de pales	2
Energie spéc. / éner. méca.	9,3 kJ/kg	Distance pale-tamis	25 mm
Energie spéc. / élec. réelle	13,3 kJ/kg	Vitesse moteur	1450 tr/min
Energie spéc. / élec. appar.	15,7 kJ/kg	Vitesse bras	132 tr/min

E extracteur batch, le 20/12/2006	Tension (V)	Intensité (A)	Puis. réelle (kW)	Puis. appar. (KVA)	Fact. Puis. (%)
Moy.	272	6,1	2,44	2,87	85%
Maxi	290	14,5	4,8	6,7	86%
Mini	245	4,4	1,8	2,1	71%
Si rend. moteur de :			Puissance mécanique		
0,7			1,71		

La tension du réseau est très faible ce qui se traduit par une difficulté de mise en route du moteur au début de l'essai et un arrêt rapide en fin d'essai. La tension moyenne est de 272 V entre phases au lieu de 380 V. Ceci se traduit par une surintensité du courant traversant le moteur, l'intensité moyenne est de 6,1 A pour une puissance mécanique estimée de 1,8 kW alors que normalement l'intensité est de 5,4 A pour une puissance mécanique de 3 kW. Compte tenu de ce niveau de tension, le moteur de 3 kW n'est pas surdimensionné. En comparaison lors de l'essai du même extracteur le 15 12 06, l'intensité du courant était de 4,7 A avec une tension moyenne de 353 V.

On peut noter que l'arrêt de l'alimentation en eau (par exemple à 17'30'', 23'50'', 29' ou en fin de batch) (voir fig. 8) se traduit par une augmentation assez nette de la puissance demandée qui correspond aussi à une chute du débit de lait sortant de l'extracteur. Durant ces périodes, la masse de pulpe moins humide est beaucoup moins fluide et a plutôt un effet piston alors que pour les autres périodes, on observe un brassage plus homogène de la masse de pulpe.

On peut noter que la puissance augmente en fin de batch alors que pour la râpe-extracteur la puissance décroît; ceci est dû au fait que pour l'extracteur batch il n'y a plus d'alimentation en eau donc la pulpe est plus consistante alors que pour la râpe-extracteur, le débit d'eau est maintenu, le brassage est beaucoup plus facile.

La figure 8 montre que les quantités d'eau ajoutée ne sont pas constantes car l'opératrice ouvre ou ferme la vanne d'arrivée d'eau en fonction de la consistance de la pulpe. Le débit de lait sortant de l'extracteur a été calculé en fonction des quantités d'eau ajoutée et du niveau de la pulpe dans la cuve, la précision de la mesure est donc assez relative. Les variations de débit paraissent importantes mais le mode de calcul amplifie probablement ces variations.

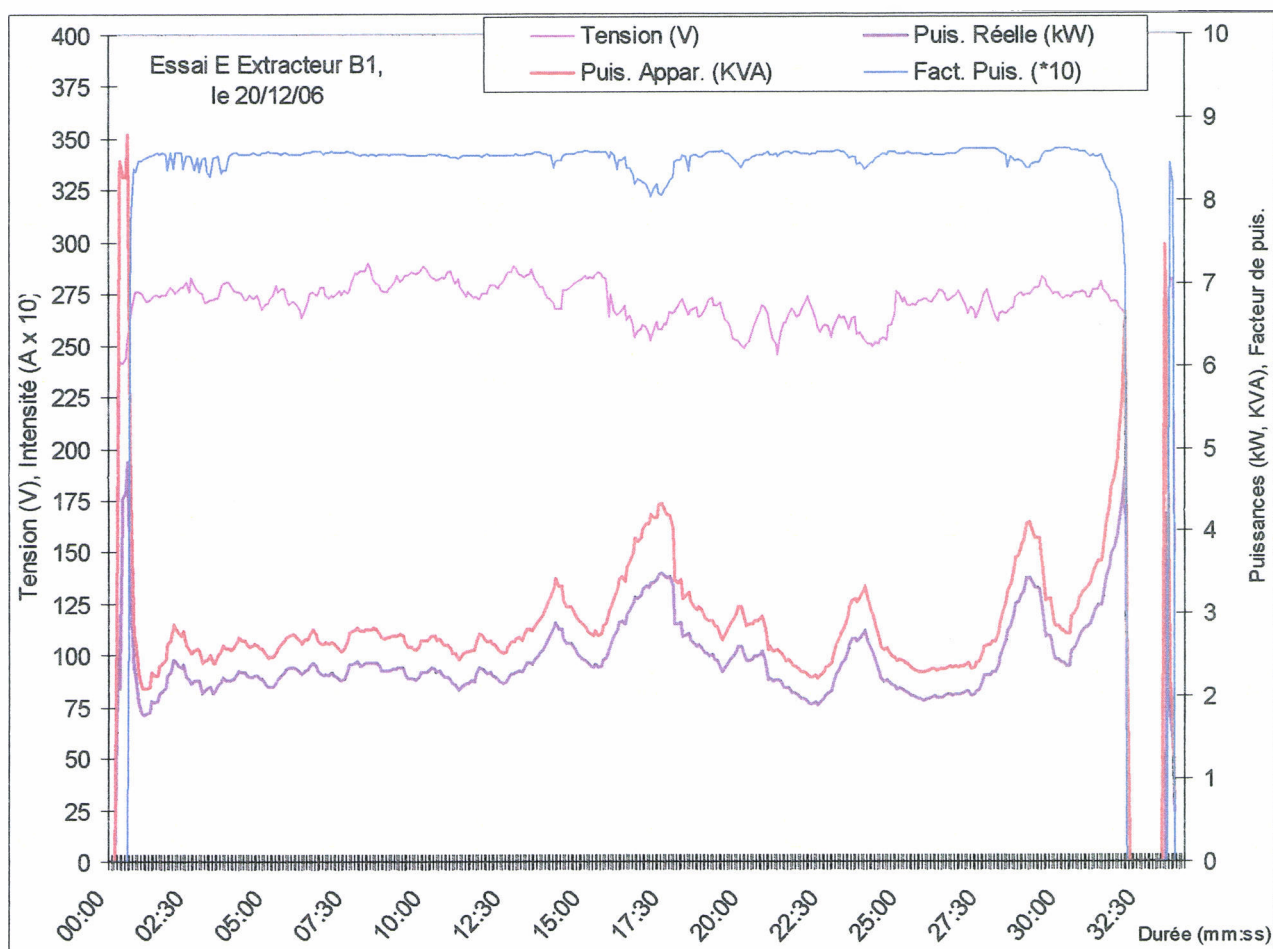


Fig. 7: Enregistrement des données de l'essai de l'extracteur batch du 20 12 06

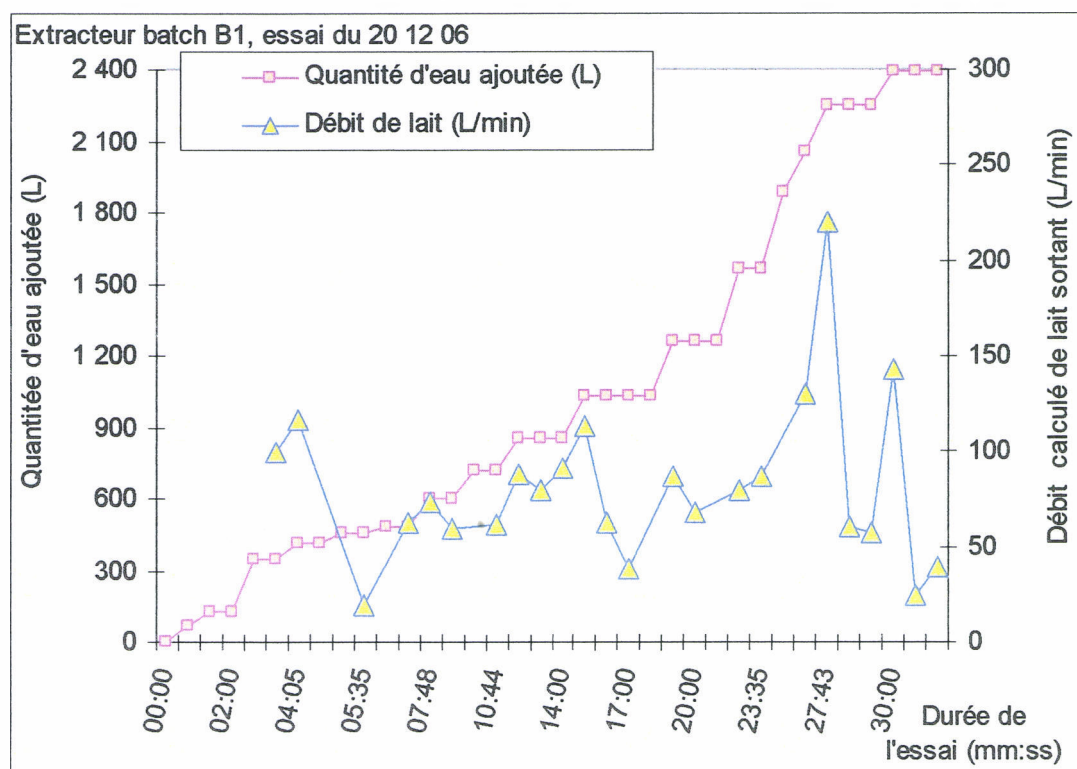


Fig. 8 : Quantité d'eau ajoutée et débit calculé de lait sortant de l'extracteur le 20 12 06

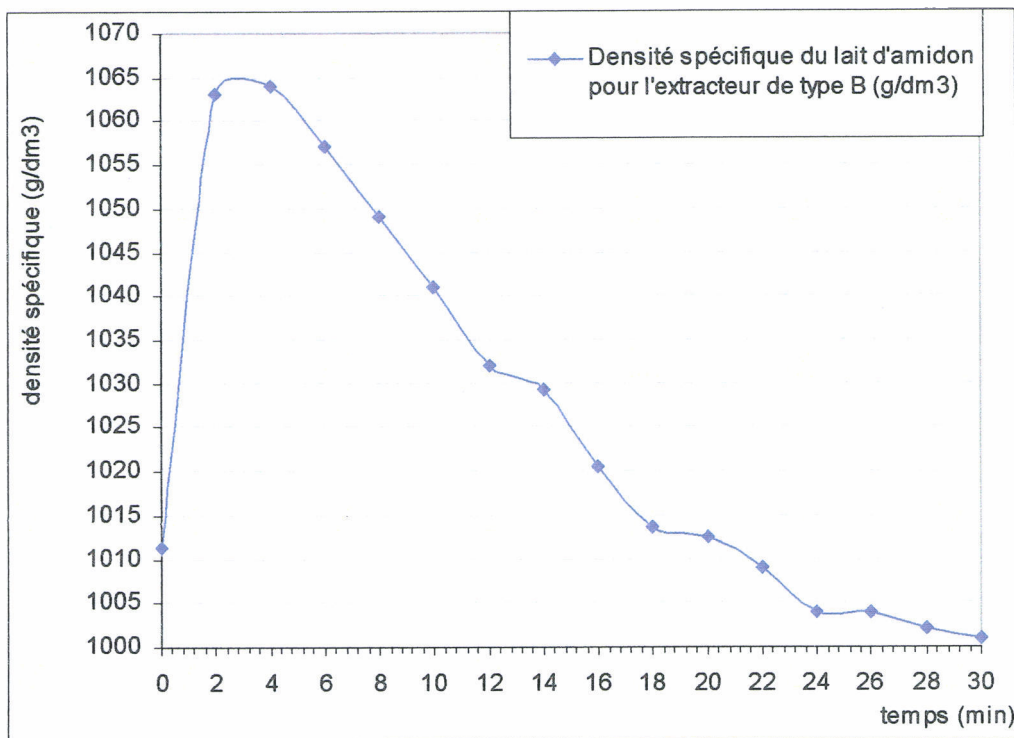


Fig. 8b : Courbe de densité du lait sortant de l'extracteur batch.

Un relevé des densités du lait sortant de l'extracteur a été réalisé (fig. 8b). Il montre une forte variation de la densité du lait au cours du batch, la plus grosse quantité d'amidon est extrait dans la première partie de l'extraction.

D'autre part, une analyse des « laits d'amidon » (méthode Graxianop : hydrolyse acide et dosage des sucres réducteurs) de certains échantillons prélevés en sortie d'extracteur montrent les corrélations entre la teneur en matière sèche et la densité ainsi qu'entre les densités et teneur en amidon (fig. 8c et fig. 8d).

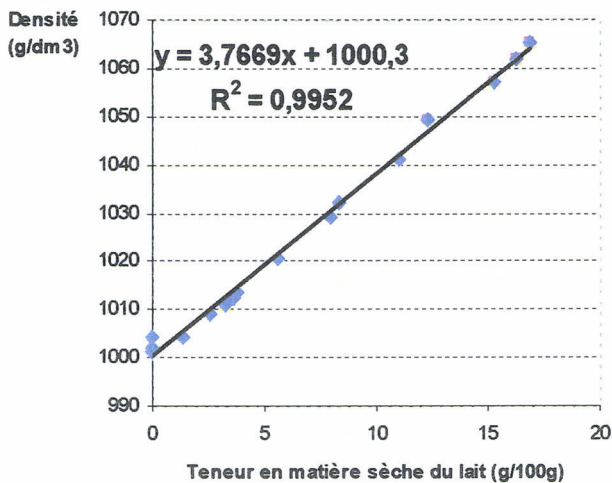


Fig. 8c : Corrélation teneur en matière sèche - densité du lait d'amidon.

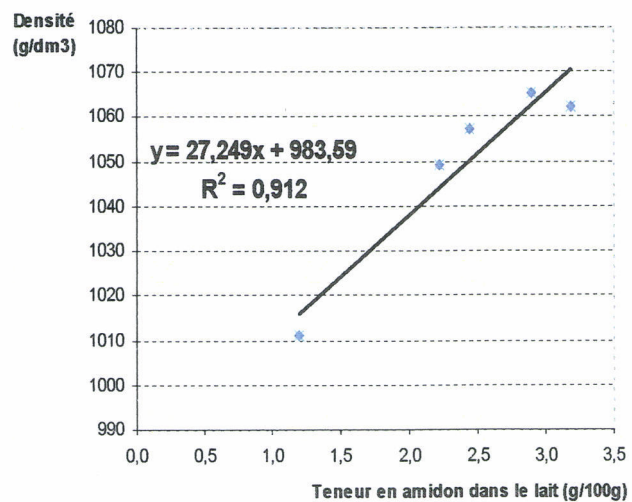


Fig. 8d : Corrélation densité du lait – teneur en amidon du lait d'amidon.

8. Laveuse éplucheuse

Il n'a pas été fait de mesure complète sur la laveuse. L'intensité a été mesurée le 16 12 06 à une valeur de 5 A soit une puissance apparente de 2,6 KVA, une puissance réelle de l'ordre de 2 kW et une puissance mécanique de 1,4 kW. La quantité traitée par batch est d'environ 900 kg et la durée du traitement est de 25 minutes. Ces valeurs permettent de calculer l'énergie spécifique qui est de 2,3 kJ/kg de racines. Le lavage épluchage est une opération bien moins consommatrice d'énergie que les deux autres opérations.

IV. Discussion -conclusion

1. Electricité du réseau

La tension moyenne mesurée à hauteur de l'interrupteur de courant varie entre les valeurs de 272 et 353 V. Cet écart est considérable et la tension est bien inférieure à la tension normalisée et pour laquelle les moteurs sont prévus (380 V). Ceci se traduit par :

- un manque de puissance conduisant les fabricants à surdimensionner les moteurs,
- une surintensité préjudiciable aux moteurs électriques car ceux-ci ne sont pas correctement protégés.

2. Facteur de puissance

La valeur moyenne de facteur de puissance en charge est comprise entre 78% et 91% (tableau 3, puissances consommées), ces valeurs paraissent normales compte tenu de la puissance de moteurs sauf pour le moteur de la râpe qui a un facteur de puissance de 77-78 % pour une puissance nominale de 15 kW et une charge réelle de 7-8 kW.

Lors du fonctionnement des machines à vide, le facteur de puissance chute fortement et atteint des valeurs de 20 %. Ceci n'est pas gênant par rapport à la consommation électrique car les opérateurs limitent autant que possible de fonctionnement à vide des machines.

3. Comparaison des transformations de type B et C

Comparaison râpes B et C	Type de râpe	Type d'aspérités	Ajout d'eau m	Diamètre râpe m	Longueur utile mm	Vitesse de rotation tr/min	Vitesse linéaire périphérie m/s	Vitesse linéaire corrigée m/s	Surface de râpage m ²	Surface x passages m ² /s
Type B	Cylindre	clous	Non	220	310	4400	50,7	50,7	0,21	15,70
Type C	Plateau	clous	Oui	580	-	2400	72,8	54,6	0,23	9,31
Rapport de valeur				2,6		1,8	1,4	1,1	1,1	1,7

Tabl. 1 : Principales caractéristiques des râpes de types B et C

Selon le tableau 1, les caractéristiques des deux râpes ne sont pas très différentes en terme d'éléments abrasifs, de surfaces et de vitesse de râpage (la vitesse linéaire corrigée est la vitesse calculée aux $\frac{3}{4}$ du rayon, zone où doit se faire le râpage). La principale différence est l'ajout d'eau, il conviendrait donc de tester la râpe de type B avec ajout d'eau et la râpe de type C sans, ce qui n'a pas été possible durant la mission.

Comparai- son extracteurs B et C	Diamètre tamis	Rayon pales m	Vitesse de rotation tr/min	Distance pale tamis mm	Maille μ m	Vitesse linéaire m/s	Surface m ²	Surface x passages de pales m ² /s
Type B	1,1	0,52	132	25	200	7,18	0,95	4,17
Type C	0,530	0,23	2400	15-25	200	57,78	0,22	17,58
Rapport de valeur	2,1	2,3	18,2			8,0	4,3	4,2

Tabl. 2 : Principales caractéristiques des extracteurs de types B et C

La plus grande efficacité en terme de rendement de transformation du procédé C peut s'expliquer par une plus grande vitesse linéaire des pales (x 8) qui se traduit par un balayage plus fréquent de la surface de séparation (x 4) même si cette surface de séparation est beaucoup moins importante (/ 4).

L'extraction de type B peut être considérée comme une extraction frontale (pression de la masse de pulpe sur le tamis d'environ 5000 Pa) avec un racleur assurant un mouvement de la pulpe alors que l'extracteur de type C pourrait être considéré comme un extracteur tangentiel (mouvement de la pulpe parallèle au tamis) au vu de l'observation du mouvement des fibres à l'ouverture de la trappe de sortie.

4. Puissances consommées et énergies spécifiques

N° essai		AA	BB1	BB2	CC1	CC2	DD2	DD3	E	Râpe + extrac- teur batch
Désignation équipement		Râpe extrac- teur	Râpe	Extrac- teur batch	Râpe extracteur	Râpe extracteur	Râpe extracteur	Râpe	Extrac- teur batch	
Type		C	B	B	C	C	C	B	C	B
Produit traité		Manioc	Manioc	Manioc	Canna	Canna	Manioc	Manioc	Manioc	Manioc
Puissance moteur	kW	15	15	3	17	17	15	15	3	3 + 15
Débit	kg/h		2414	672	892	892	749	1789	658	
Puis. Méca. consommée	kW	6,35	8,70	1,57	10,36	10,62	9,71	7,79	1,71	9,9
Facteur de puissance	%		77%	78%	90%	91%	90%	78%	85%	
Ener. spéc. / éner. méca.	kJ/kg		13,0	8,4	41,8	42,9	46,7	15,7	9,3	23,2

Tabl. 3 : Puissances consommées et énergies spécifiques pour les essais réalisés.

L'énergie spécifique consommée par le procédé C pour le manioc est deux fois plus élevée que pour le procédé B (46,7 kJ/kg en moyenne au lieu de 23,2 kJ/kg); les vitesses linéaires beaucoup plus élevées sont probablement la cause de cette plus forte consommation d'énergie. Par contre, le procédé C plus efficace en terme de rendement d'extraction assure une marge économique bien supérieure pour les transformateurs.

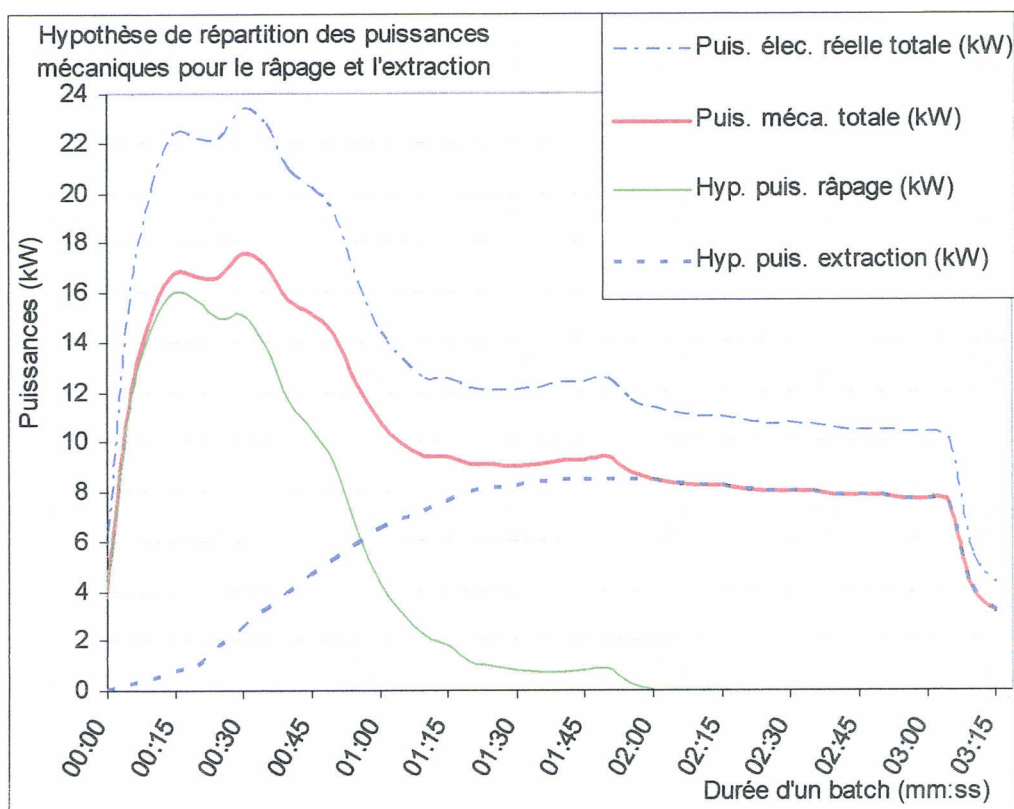


Fig. 9 : Hypothèse de répartition des puissances mécaniques pour le râpage et l'extraction

Nous avons fait une répartition de la puissance mécanique consommée par la râpe-extracteur traitant du manioc en prenant un rendement du moteur électrique constant de 75% qui permet de déterminer la puissance mécanique nécessaire à son fonctionnement. En faisant les hypothèses que la demande de puissance mécanique est principalement utilisée au début du batch pour le râpage, que la demande de puissance pour l'extraction croît linéairement au fur et à mesure que les racines sont râpées et en ne tenant pas compte de la puissance nécessaire au fonctionnement à vide, il est possible d'établir une répartition entre les puissances consommées. Cette répartition est présentée à la figure 9 et dans le tableau 4.

Avec ces hypothèses, l'énergie spécifique pour le râpage serait de 18 kJ/kg (soit 40%) et celle pour l'extraction de 27 kJ/kg (soit 60%). L'énergie spécifique serait donc équivalente pour les deux râpes alors qu'elle est beaucoup plus élevée pour l'extraction avec la râpe-extracteur qu'avec l'extracteur batch, ceci confirme que c'est la vitesse de brassage des fibres qui augmente la demande en puissance.

		Opération de râpage	Opération d'extraction	Pour les 2 opérations	Soit
Energie	kJ	801	1219	2020	0,75 kWh
Répartition	%	40%	60%	100%	
Energie spécifique	kJ/kg	18	27	45	16,7 kWh/T

Tabl. 4 : Répartition des énergies pour les deux opérations selon les hypothèses formulées

5. Réflexion sur la consommation d'eau

Pour la transformation de manioc en amidon, la consommation d'eau constitue une priorité car il apparaît des difficultés pour son pompage, que les rejets sont importants en non traités, mais la principale difficulté est la limitation des quantités de manioc pouvant être traitées par unité. Le volume des bacs est contraint par le manque d'espace, selon le procédé utilisé, la quantité d'eau consommée par kilogramme de racines détermine la quantité maximale de manioc que peut traiter le transformateur. En réduisant cette quantité d'eau, les transformateurs pourront traiter plus de racines donc augmenter leurs revenus.

Certains transformateurs de type B (râpe + extracteur batch) recyclent déjà une partie de l'eau utilisée (lait peu concentré de la partie finale du batch précédent) pour la réutiliser lors du batch suivant. Ceci ne peut être fait que pour les batch 1 à 2 et 2 à 3 et se traduit par une moindre consommation d'eau qu'il conviendrait de définir précisément en comparant des types B avec ou sans recyclage. Ce recyclage nécessite deux bacs de stockage du lait à la sortie de l'extracteur.

Il serait envisageable aussi de recycler le lait des fins de batch du procédé C (râpe-extracteur) mais sa mise en oeuvre est plus délicate car les batch sont beaucoup plus courts (3 min au lieu de 25-30 min). Par rapport à la situation existante, il est nécessaire d'ajouter une cuve de stockage du lait à recycler et une pompe de relevage. Quatre réorientations des flux sont aussi nécessaires au cours d'un batch, leur nombre peut être réduit soit par une disposition des vannes, soit en utilisant le lait recyclé uniquement pour le râpage. Il conviendrait de connaître la quantité d'eau réellement consommée par le râpage et pour l'extraction avant de tester cette possibilité en laboratoire.

Une autre voie à envisager à plus long terme est de passer d'un procédé fonctionnant en batch à un procédé fonctionnant en continu donnant plus de souplesse pour mettre en oeuvre un recyclage partiel de l'eau.

6. Réflexion sur les râpes

La présente étude nous renseigne sur les consommations d'énergie des équipements dont ceux utilisés pour le râpage. Toutefois, une étude complémentaire est envisagée pour évaluer la finesse des pulpes selon qu'elles sont broyées avec des râpes de type B ou C. Pour ce faire, une méthode de granulométrie des pulpes en phase liquide s'efforcera de décrire les différences de finesses de broyage dans le but d'expliquer les différences d'extraction entre les technologies employées localement. La mise au point de cette méthode pourrait également servir de base pour comparer d'autres râpes (Colombie, Côte d'Ivoire, etc.) qui ont été diagnostiquées lors d'études antérieures du Cirad.

Annexes

Données Matières sèches, essai DD2

Code échantillon	Date essai	Type	Description	Lieu	Nom transfo	Nombre échantillons	%Humidité (bs)	%Humidité (bh)	%Matière sèche (bh)
RLAV0	17/12/2006	C	Batch pris au hasard en début d'essai	Cat Que	Manh	1	90%	47%	53%
RLAV1	17/12/2006	C	Batch pris au hasard en début d'essai	Cat Que	Manh	3	128%	56%	44%
RLAV4	112/2006	C	Batch de suivi d'extraction (consommation électrique)	Cat Que	Manh	3	97%	49%	51%
RLAV2	17/12/2006	C	Batch de suivi d'extraction (consommation électrique)	Cat Que	Manh	1	100%	50%	50%
PULP	20/12/2006	Br	Pulpe entrée batch essai petit extracteur avec recyclage d'eau	Cat Que	Xin Thanh	2	115%	54%	46%
FIB	20/12/2006	Br	Fibres sortie batch essai petit extracteur avec recyclage d'eau	Cat Que	Xin Thanh	2	652%	87%	13%

C: Râpe-extracteur

Br Extracteur avec recyclage de l'eau

Les teneurs en matières sèches des racines sont assez élevées pour l'essai du 17/12/06. Ceci est confirmé par les transformateurs et par l'aspect des racines (récoltées depuis plusieurs jours, sèches et parfois au parenchyme jauni).

Suivi de densité

1. en sortie de râpe-extracteur (type C)

Type C Cat Que Manh
Date essai 18/12/2006

Code échantillon	Temps (s)	Densité spécifique lait d'amidon extracteur de type C (g/dm ³)	Température de mesure de la densité (°C)
Témoin		999	21
0	0	1000	20
1	15	1050	21
2	30	1060	19
3	45	1067	20
4	60	1060	20
5	75	1049	19
6	90	1036	20
7	105	1031	21
8	120	1024	20
9	135	1018	20
10	150	1013	21
11	165	1009	18
12	180	1005	20
13	195	1004	21
14	210	1001	21

Débit de sortie non constant

Matériel utilisé

1	Aéromètre 970-1000g/dm3 DUJARDIN SALLERON
1	Aéromètre 1000-1030g/dm3 DUJARDIN SALLERON
1	Aéromètre 1000-1100g/dm3 Fangqiao Chinois
1	éprouvette graduée 250ml+/-2ml

A $t_0 + 50s$: arrêt du chargement => pic en sortie (extraction maximum).

2. en sortie d'extracteur (type Br) Essai E

Type B Cat Que Xin Thanh
Date essai 20/12/2006

Code échantillon	Temps (min)	Densité spécifique du lait d'amidon de l'extracteur de type B (g/dm3)	Température de mesure de la densité (°C)
Témoin		999,2	20
0	0	1011,2	20
1	2	1063	20
2	4	1064	20
3	6	1057	20
4	8	1049	20
5	10	1041	20
6	12	1032	20
7	14	1029,2	20
8	16	1020,5	20
9	18	1013,5	20
10	20	1012,5	20
11	22	1009	20
12	24	1004	20
13	26	1004	20
14	28	1002	20
15	30	1001	20

Remarques

Début rotation après chargement pulpe
(alimentation en eau recyclée du batch précédent)

Débit de sortie non constant

Matériel utilisé

1	Aéromètre 970-1000g/dm3 DUJARDIN SALLERON
1	Aéromètre 1000-1030g/dm3 DUJARDIN SALLERON
1	Aéromètre 1000-1100g/dm3 Fangqiao Chinois
1	éprouvette graduée 250ml+/-2ml

Au départ, le lait a une densité de 1010 car il s'agit du deuxième batch d'extraction. En début de batch, le lait de la fin du batch précédent est réutilisée (pompage depuis un bac en-dessous de la cuve) => recyclage du lait.

Le temps 0 correspond au début de la rotation de l'agitateur (la pulpe étant en partie chargée), le reste de MP étant chargé ensuite contrairement au type C dans lequel le temps 0 correspond au début de chargement des racines.

Résumé

L'objet de la mission est d'apporter un appui scientifique et technique au travail de thèse de Guillaume Da sur la caractérisation des unités de transformation du manioc en amidon dans les villages métiers à la périphérie de Hanoi au Vietnam. La thèse est intitulée : « *Innovations des procédés de transformations post-récolte du manioc au Vietnam* ».

Suite à l'important travail réalisé en 2005 par Guillaume Da pour établir les bilans matière de trois procédés de transformation à petite et moyenne capacité, la mission a permis de compléter ce travail en prenant en compte la dimension énergie dans l'évaluation des équipements de transformation du manioc par la mesure des puissances électriques consommées pour tous les équipements.

Mots clefs

Caractérisation de procédé, Equipements, Mesure de puissance, Transformation du manioc, Villages métiers.