Journal Homepage: -www.journalijar.com

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI:10.21474/IJAR01/13612
DOI URL: http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/13612

RESEARCH ARTICLE

ETUDE DES CARACTERISTIQUES MECANIQUES DE VARIETES DE TUBERCULES D'IGNAME, DE PATATE ET DE MANIOC CONSOMMES AU BURKINA FASO

STUDY OF THE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF VARIETIES OF YAM, POTATO AND CASSAVA TUBERS CONSUMED IN BURKINA FASO

Abdel Kader Hounsouho Lingani[1,2], Siédouba Georges Ye[1,2], Sié Kam[2] and Dieudonné Joseph Bathiebo[2]

1. Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST)/ Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT)-Département Mécanisation (DM), 03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso.
2. Université Joseph KI-ZERBO, Unité de Formation en Sciences Exactes et Appliquées (UFR/SEA), Laboratoire d'Energies Thermiques Renouvelables (L.E.T.RE), 10 BP 13495 Ouagadougou 10, Burkina Faso.

Manuscript Info

Manuscript History
Received: 29 August 2021
Final Accepted: 30 September 2021
Published: October 2021

Key words:-
Burkina Faso, Tubercules, Forces, Résistances, Pénétration, Découpes

Abstract

L'objectif de cette étude est l'étude des caractéristiques mécaniques de variétés de tubercules d'ignames, de patates et de manioc consommés au Burkina Faso. Deux variétés ont été étudiées par tubercules et les principaux paramètres mécaniques étudiés sont la résistance à la pénétration des tubercules et leurs forces maximales de découpe. Un banc d'essai traction compression muni d'un capteur de compression d'une force maximale de 2000 Newton (N) a été utilisé à cet effet.Un outil de découpe ainsi qu'une tige ont été utilisés respectivement pour la découpe des tubercules en tranche et pour leur pénétration. Six (06) plages de vitesses (15, 30, 45, 60, 75, 90 mm/s) ont été utilisées pour la découpe des tubercules en tranches, et une vitesse de 20 mm/s pour la pénétration. Les teneurs en eau moyennes des tubercules étudiées étaient comprises entre 58,8±1,8 % et 77,1 ± 1,8 %. L'analyse des résultats des tests de dureté et de découpe des tubercules nous ont permis d'obtenir leurs forces maximales de pénétration qui sont de 145 N pour l'igname bêtê bêtê, 216 N pour la patate douce fadanga blanche et 391 N pour le manioc kalagè.Les forces maximales de découpe sont de 311 N pour l'igname gogo, 347 N pour le manioc kalagè et 410 N pour la patate douce fadanga blanche. Cette étude nous permet de mieux comprendre les facteurs pouvant affecter l'efficacité de découpe des tubercules. Les données de cette étude peuvent être d'intégrées dans le dimensionnement des motorisations des équipements de transformation post-récolte des tubercules en vue de leur optimisation énergétique.

Copy Right, IJAR, 2021,. All rights reserved.

Introduction:-

Les tubercules constituent une des plus grandes denrées alimentaires produites au Burkina Faso avec une production annuelle de 111 737 tonnes en 2019(FAOSTAT, 2020). Des études nous révèlent qu'ils occupent une place

Corresponding Author:- Abdel Kader Hounsouho Lingani
Address:- Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST)/ Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT)-Département Mécanisation (DM), 03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

importante dans l'alimentation des burkinabè avec une consommation de 8,9 kg/habitant/an pour la patate douce en 2013 (FAOSTAT, 2020). Elles sont consommées sous forme de plats traditionnels (placali, attiéké, foutou, cossettes, etc.) (Vernier et al., 2018)et sont sources de multiples produits dérivés. Cependant, les méthodes traditionnelles de transformation des tubercules sont peu efficaces et les farines issues de ces transformations sont en général de qualité inférieure à cause de certaines opérations réalisées dans des conditions hygiéniques et alimentaires insalubres(CTA, 2008). Ces opérations sont notamment l'épluchage, le découpage, le râpage, le séchage et le concassage qui, s'effectuent de façon traditionnelle à l'aide de couteaux, machettes, mortiers et autres outils (Fiagan & Chinsman, 1987) et (Cock, 1985). Ces méthodes sont assez fastidieuses, et demandent beaucoup de temps de travail. Une des réponses à cette problématique est la mécanisation des procédés de transformation des tubercules.La présente étude s'inscrit dans ce cadre et a pour objectif principal l'étude des caractéristiques mécaniques de variétés de tubercules d'ignames, de patates et de manioc consommés au Burkina Faso. Elle permettra de mieux comprendre les facteurs affectant l'efficacité de découpe des tubercules d'ignames, de patates et de manioc en étudiant leurs forces de résistance à la pénétration et leurs forces maximales de découpe. Les données de cette étude pourraient être prises en compte dans le dimensionnement des motorisations des équipements de transformation post-récolte des tubercules en vue de leur optimisation énergétique.

Matériel Et Méthodes:-

Outils de mesures utilisés

La mesure des différents paramètres a nécessité l'utilisation de plusieurs outils de mesure :

1. Les forces de découpe et de pénétration ont été mesurées au moyen d'un banc d'essai traction compression de marque Mark 10 ESM 1500 ;
2. L'acquisition des données mesurées par la jauge du banc d'essai a été réalisé au moyen d'un ordinateur portable ;
3. Les teneurs en eau ont été mesurées au moyen d'une étuve de marque Memmert oven 100-800 ;
4. Le poids des échantillons prélevés pour la mesure des teneurs en eau a été mesuré au moyen d'une balance de laboratoire de marque SARTORIUS GE4101 de capacité4 100 g ± 0,1 g ;
5. L'épluchage des tubercules a été réalisé manuellement au moyen d'un couteau en acier inoxydable ;
6. Les diamètres des tubercules découpés ont été mesurés au moyen d'un pied à coulisse de haute précision de marque Mitutoyo MIT530-118, plages de mesure : 0 à 200 mm.

Echantillonnage

La matière première est constituée de racines fraîches de manioc, de patate douce et d'igname collectées sur le marché local à Ouagadougou et à Orodara. Ces racines tubercules ont été achetées à maturité physiologique (stade de développement auquel, après récolte et manutention du tubercule, celle-ci gardera ses qualités nutritives et organoleptiques). Elles ont été placées dans des cartons, transportées dans l'atelier Génie des procédés de l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies/Département Mécanisation, où elles ont été stockées et protégées des prédateurs (insectes) durant la période de l'étude. Ces racines tubercules sont de forme variable, ovoïde à oblongue, parfois aplatie ou en forme de massue allongée(Wikipedia, 2019a)(Wikipedia, 2019b)(TIAMA et al., 2016)(Barbara et al., 2014)(750 g, n.d.). Deux variétés ont été utilisées par tubercule de manioc, de patate, et d'igname pour chaque test. Les tubercules utilisés sont des produits de bonnes qualités. Pour chaque expérience, trois (03) tubercules sont utilisés par variétés de tubercules.Les tubercules sont pelés / épluchés manuellement à l'aide d'un couteau en acier inoxydable avant la mesure de leurs principales caractéristiques physico-mécaniques (la teneur en eau, la dureté et les forces de découpe).La codification des tubercules a été faite comme suit : d'abord l'initiale du tubercule (M pour manioc, P pour patate douce, et I pour igname) suivi des initiales de la variété et du N° de tubercule.

Mesure de la teneur en eau

La teneur en eau d'un échantillon est le rapport de la masse d'eau contenue dans cet échantillon à masse du même échantillon sec. Elle a été déterminée selon(AFNOR et al., 1982)(KANTE-TRAORE, 2019) ; 5 g de chair de chaque racine tubérisés (manioc, patate douce, et igname) ont été pesés dans des nacelles (préalablement séchées). Les nacelles ont été ensuite placées à l'étuve à 105 °C ± 5 °C puis séchées jusqu'à l'obtention d'une masse constante. La différence de masse avant et après séchage, sert de mesure pour la teneur en eau (H) suivant l'équation 1 ci-dessous. Les teneurs en eau (H) sont exprimées en pourcentage de masse :

$$\%H = \frac{PE-(PF-P0)}{PE} \times 100 (1)$$

Avec :

PE = Prise d'essai
P0 = Poids à vide des nacelles
PF = Poids final (nacelle + échantillon sec)

Mesure de la dureté

La dureté définie comme étant la résistance à l'enfoncement d'une aiguille dans les tranches de manioc, de patate douce et d'ignames est mesurée à l'aide du banc d'essai traction compression motorisé (MARK-10 ESM 1500) suivant le test MagnessTaylor de pénétration dans la chair avec une tige de 11 mm de diamètre. Destubercules entiers (manioc, patate, igname) ont été utilisés à cette fin, une pénétration maximale de 10 mm a été appliquée à une vitesse de 20 mm/s et les forces maximales de pénétration enregistrées (Forces MT) exprimées en Newton (Medoua, 2005). Le traitement des données issues de ces tests est réalisé au moyen du tableur Microsoft Excel 2018.

Figure 1:- Dispositif du montage de mesure de la dureté.

Mesure des forces de découpe

Les forces de découpe destubercules sont mesurées sur un banc d'essai traction compression motorisé de marque MARK-10 ESM 1500 muni d'un capteur calibré à une force maximale de 2 kN(Yé, 2006). L'outil de découpe (couteau) est monté sur la tête de compression par l'intermédiaire d'un capteur de force dont le déplacement est contrôlé par un servomoteur. Des capteurs mesurent la vitesse de déplacement de la tête de compression et les forces de compression/découpe et transmettent les signaux qui sont issus vers un ordinateur portable. Les tubercules sont fixés sur un étau sur la base du banc d'essai et sontimmobiles. La découpe des tubercules est assurée par l'outil de découpe. Le traitement des données issues de ces tests est réalisé au moyen du tableur Microsoft Excel 2018.

Figure 2:- dispositif du montage de mesure des forces de découpe.

Résultats:-

Teneurs en eau

Les teneurs en eaumoyennes de chaque variété de tubercules sont présentées au niveau du tableau 1.Les teneurs en eau des tubercules varient d'une variété à l'autre. La teneur en eau moyenne la plus petite a été obtenue au niveau du tubercule de manioc kalagè avec une valeur de 58,8±1,8 %, la plus grande a été obtenue au niveau de la patate douce fadanga blanche avec une valeur de 77,1 ± 1,8 %.

Tableau 1:- Teneur en eaumoyennedes tubercules par variété.

Tubercules	Variétés	Teneur en eau moyenne (%)
Ignames	Gogo	65 ± 3,5
	Bêtê bêtê	71 ± 2,8
Patates douces	Fadanga rouge	70 ± 2,5
	Fadanga blanche	77,1 ± 1,8
Maniocs	94/0270 (V5)	70,7 ± 3,9
	Kalagè	58,8 ± 3,6

Dureté

Les forces maximales de pénétration des tubercules sont présentées au niveau du tableau 2. Les plus petites forces de pénétrations maximales ont étéenregistrées au niveau des tubercules d'ignames avec des valeurs de 137 N pour gogo et 145 N bêtê bêtê. Sur les patates douces nous avons enregistrés des forces maximales de pénétration de l'ordre de 175 N pour la fadanga rouge et 216 N pour la fadanga blanche. Les plus grandes forces de pénétration maximales ont été enregistrées au niveau du manioc avec 214 N pour la 94/O270 (V5) et 391 N pour le kalagè.

Tableau 2:- Forces maximales de pénétration des tubercules par variété.

Tubercules	Variétés	Forces maximales de pénétration / dureté (N)
Ignames	Gogo	137
	Bêtê bêtê	145
Patates douces	Fadanga rouge	175
	Fadanga blanche	216
Maniocs	94/0270 (V5)	214
	Kalagè	391

L'analyse des résultats des tests de dureté ou de résistance à la pénétration des tubercules nous a permis d'obtenir les figures 3, 4 et 5 qui représentent respectivement : la variation des forces de pénétration d'un point à l'autre des tubercules d'ignames par variété, la variation des forces de pénétration d'un point à l'autre des tubercules de patates douces par variété, et la variation des forces de pénétration d'un point à l'autre des tubercules de maniocs par variété.

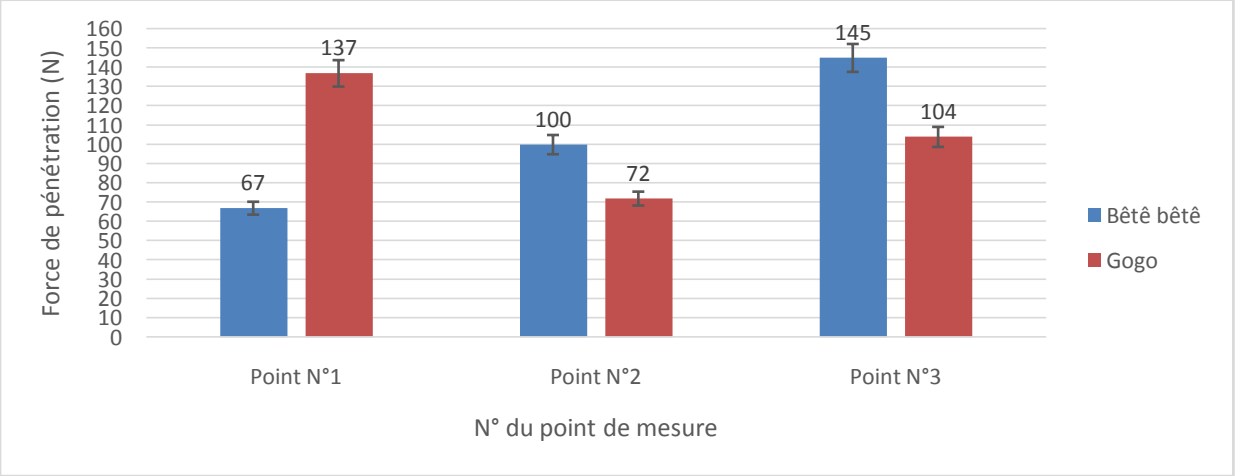

Figure 3:- Variation des forces depénétration d'un point à l'autre des tubercules d'ignames par variété.

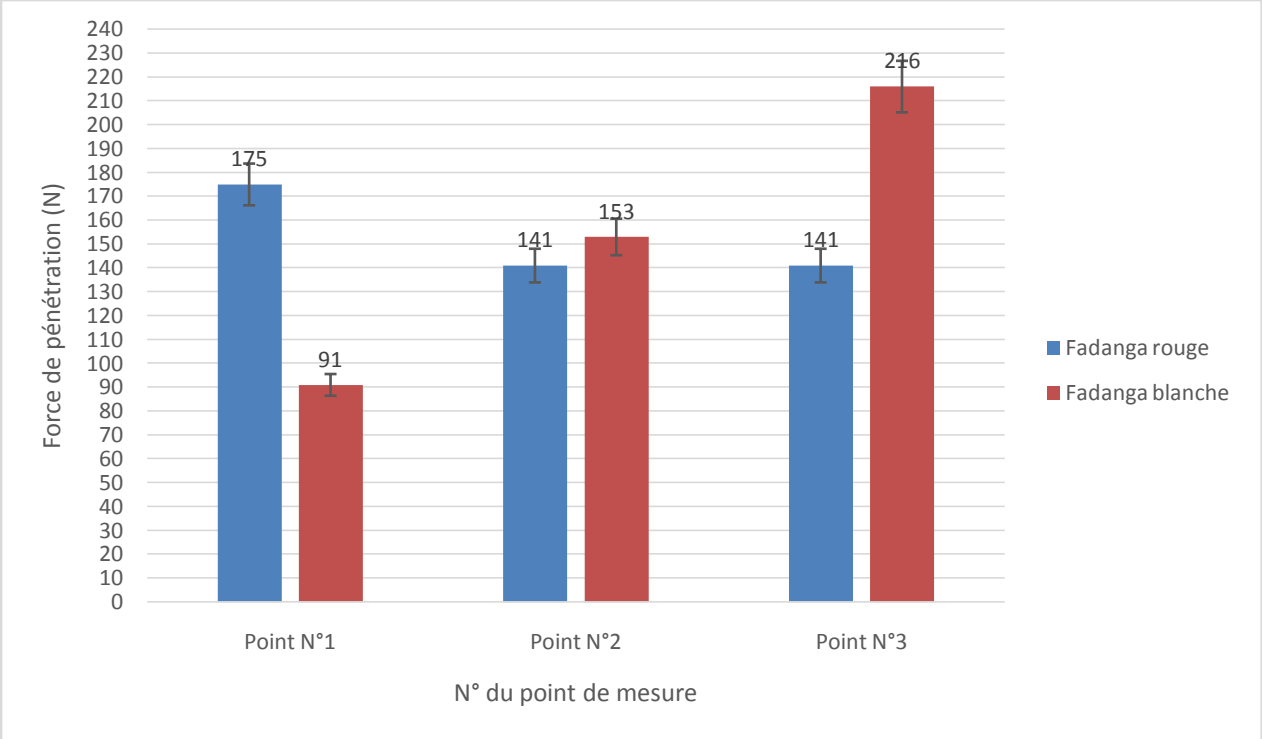

Figure 4:-Variation des forces de pénétration d'un point à l'autre des tubercules de patates douces par variété.

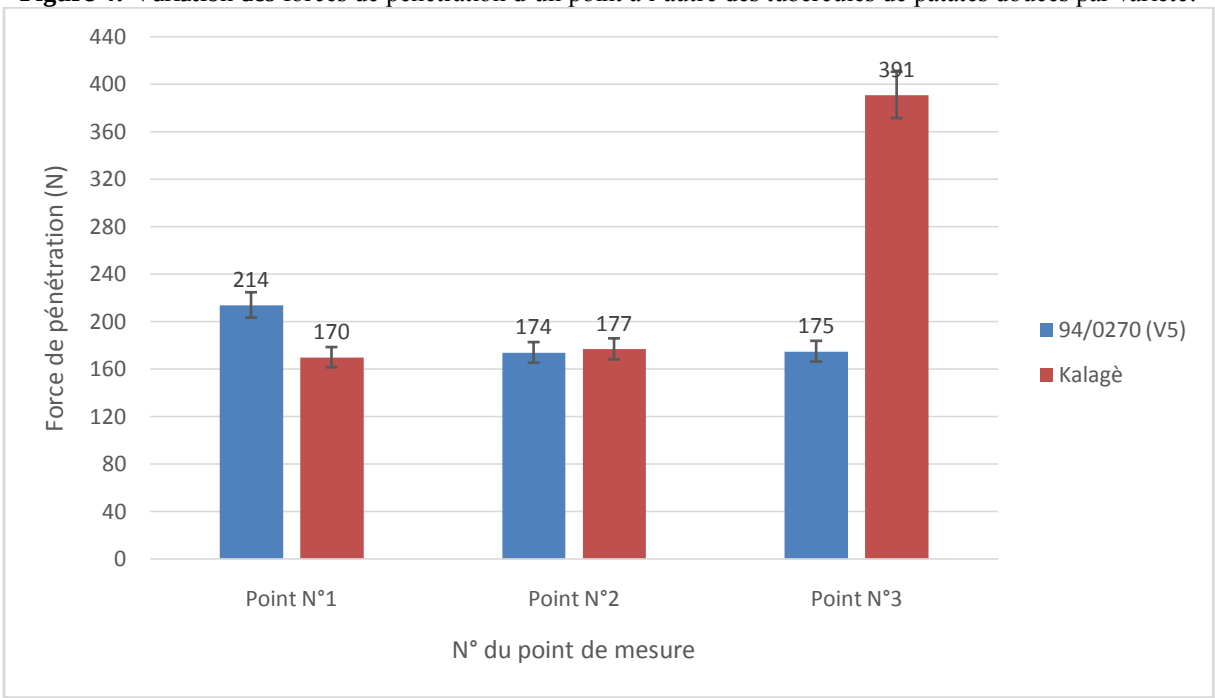

Figure 5:- Variation des forces de pénétration d'un point à l'autre des tubercules de maniocs par variété.

Forces de découpe des tubercules

Les figures 6, 7 et 8, présentent l'ensemble des courbes des forces de découpe d'ignames, de manioc et de patates en fonction du temps, à des vitesses de 15, 30, 45, 60, 75 et 90 mm/s. Ces courbes montrent que les tubercules présentent une grande diversité de comportement à la découpe, quelle que soit la vitesse, même si les allures des profils restent à peu près similaire.

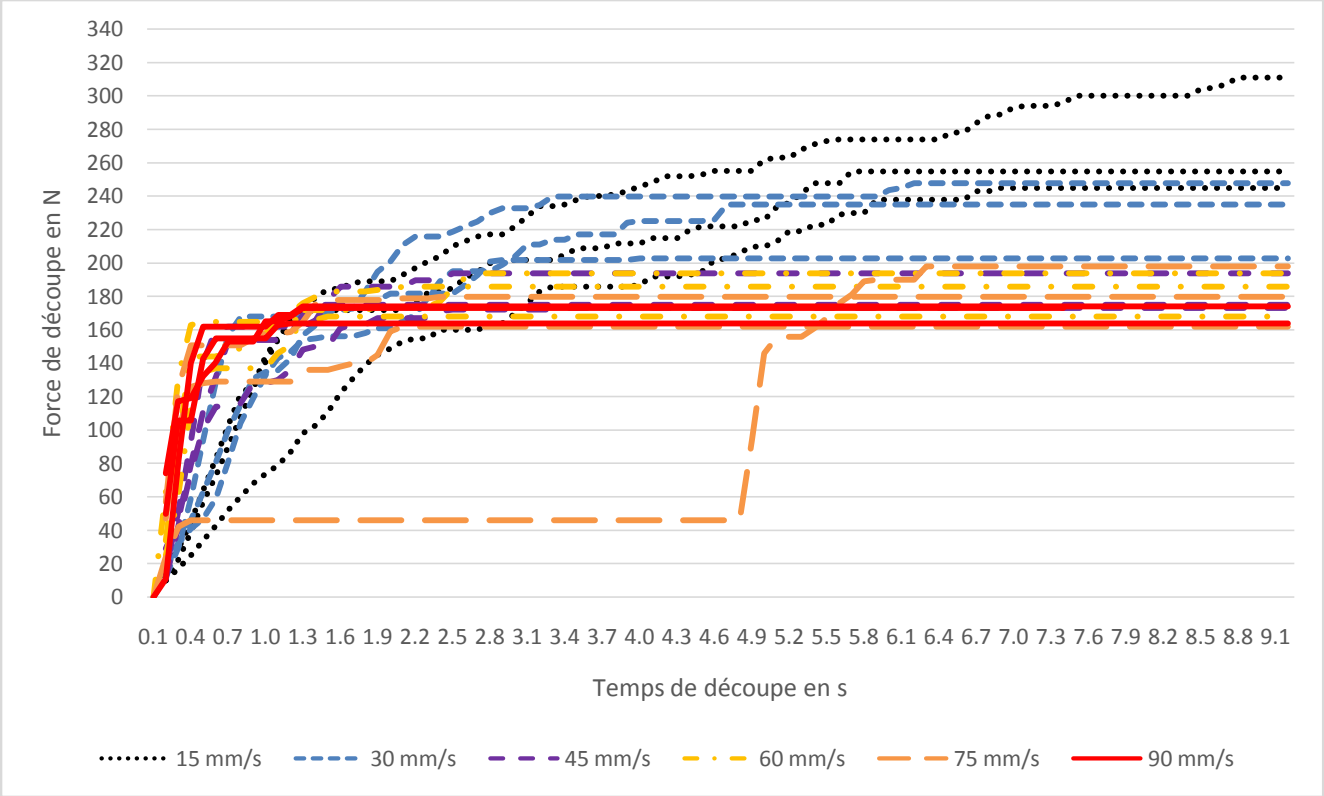

Figure 6:- Profil des courbes de découpe des tubercules d'ignames.

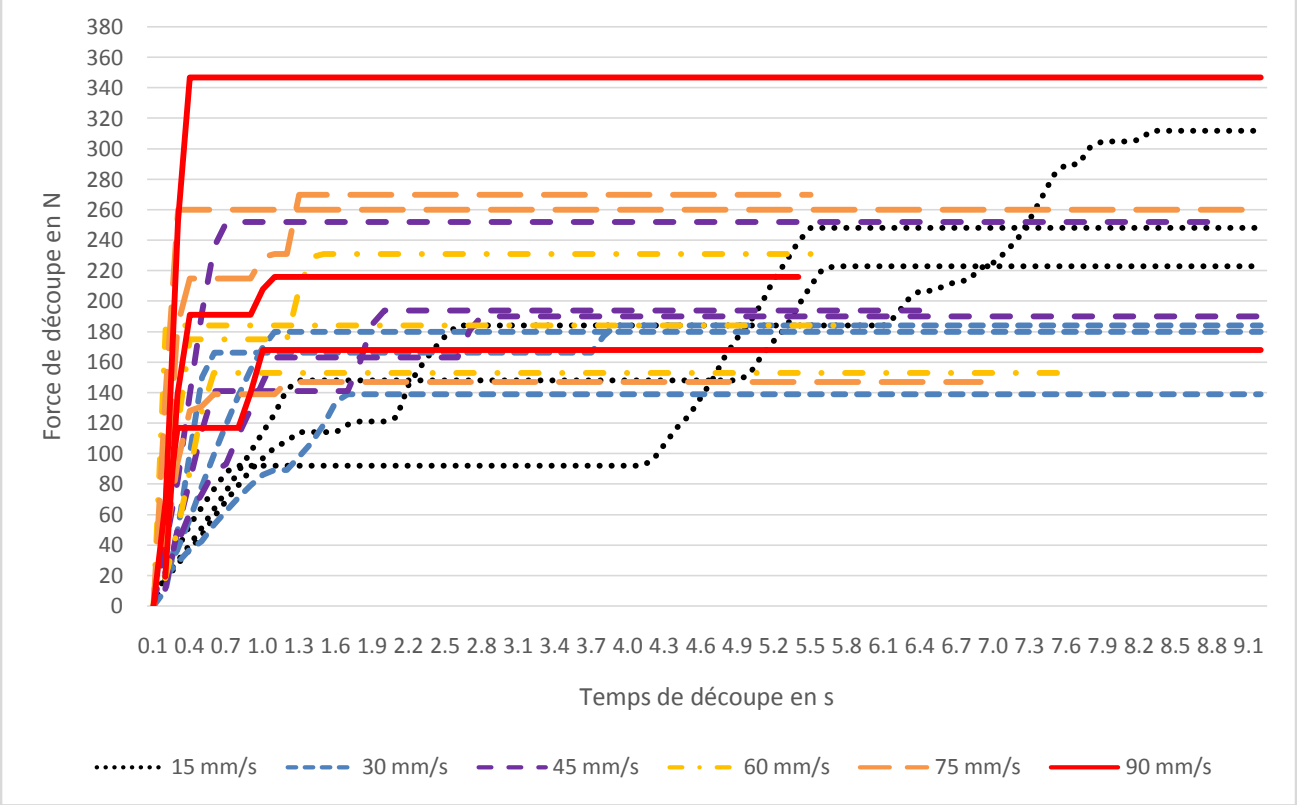

Figure 7:- Profil des courbes de découpe des tubercules de manioc.

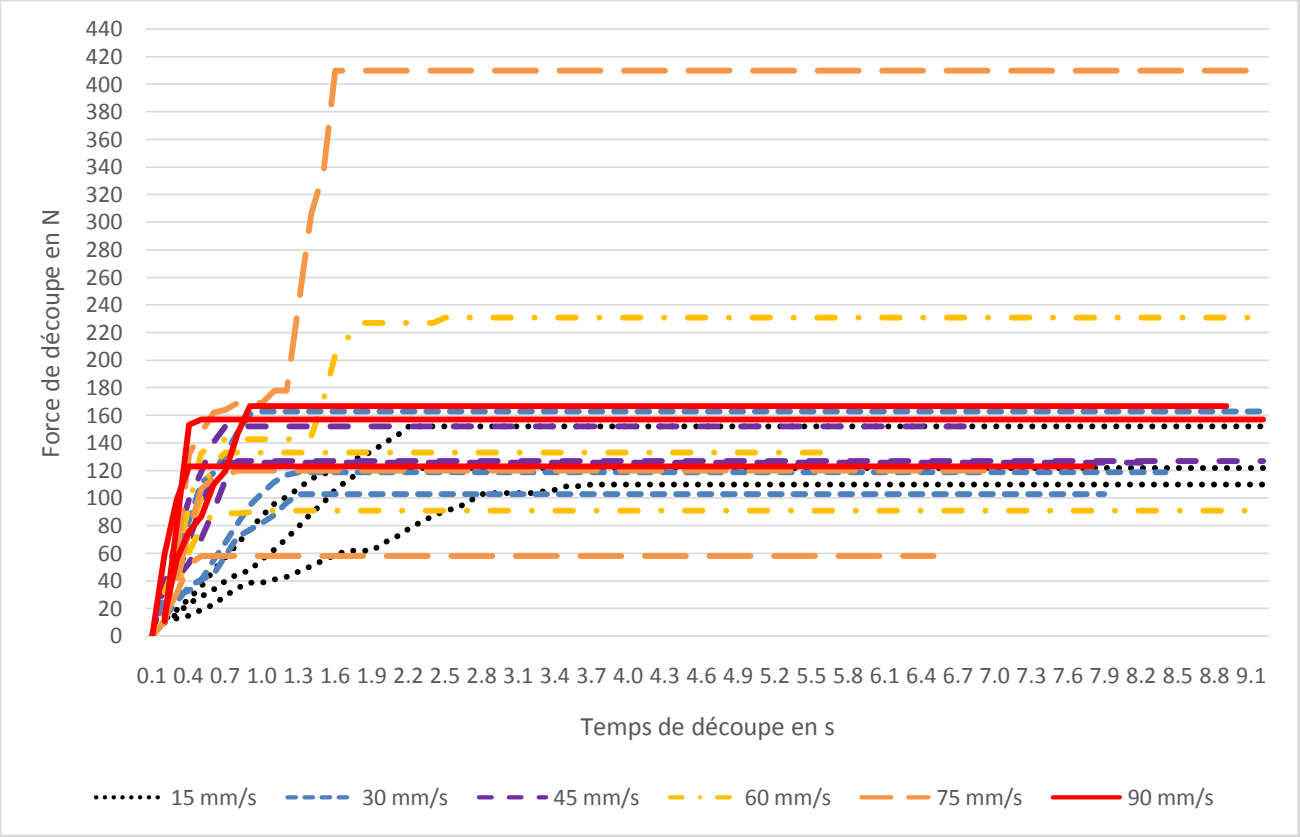

Figure 8:- Profil des courbes de découpe des tubercules de patates.

En effet, le profil de la figure 9 présente trois zones distinctes dans le comportement mécanique d'un tubercule : une zone dite élastico-plastique (I), une zone de rupture (II) et une zone d'écrouissage (III).

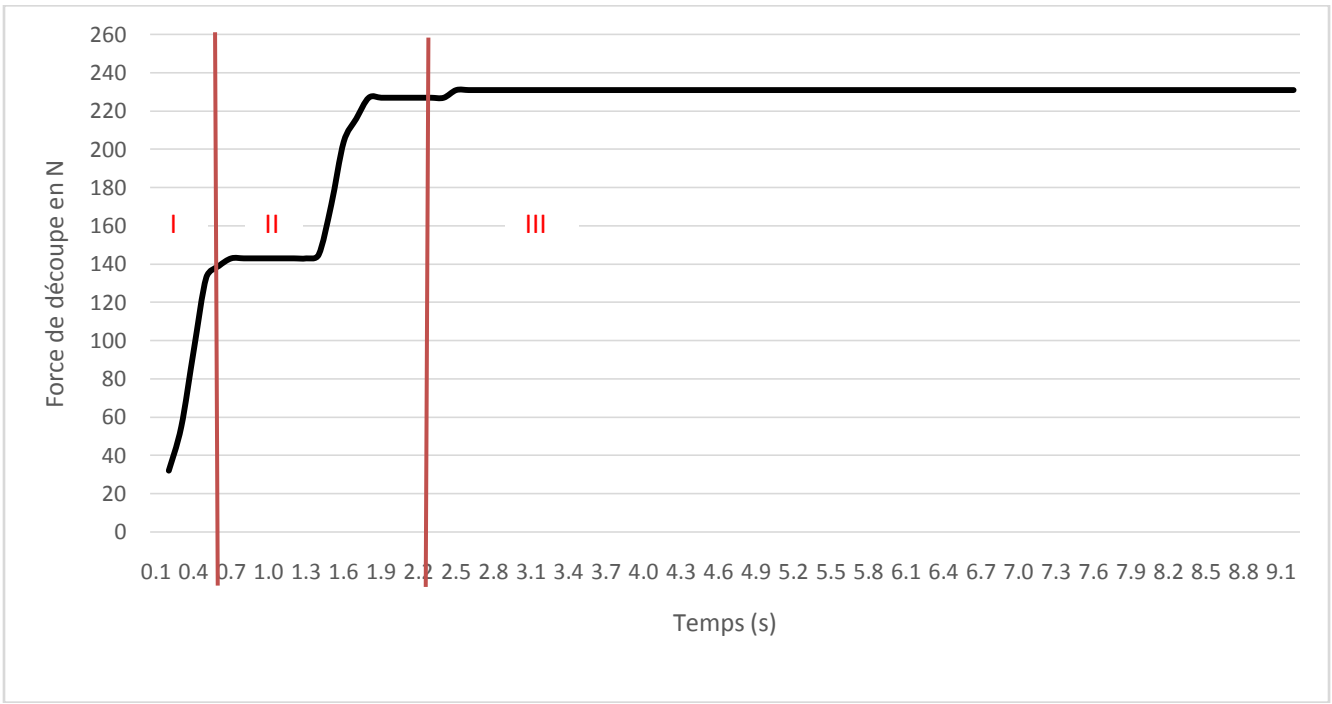

Figure 9:- Caractéristique du profil de résistance d'un tubercule lors de la découpe.

Ainsi, la zone I est caractérisée par une augmentation de la force en fonction du temps selon une relation quasi linéaire. La plage de changement de l'allure de la courbe indique l'amorce de rupture. Cette amorce est effective lorsqu'il se produit un changement d'allure de la courbe. Cette force est appelée force de rupture minimale. Cette zone est dite élastico-plastique parce que dans l'évolution de la découpe, le tubercule traverse sa phase élastique et plastique pour amorcer la rupture. Dans cette plage de changement de l'allure de la courbe est définie la raideur. Cette force de rupture est caractéristique du taux d'humidité des tubercules, car l'humidité influence positivement ou négativement les propriétés mécaniques du produit traité(Yé, 2006).

La zone II est caractérisée, après la première rupture, par une succession de ruptures issues de la première. Dans cette zone, la relation force de découpe en fonction du temps n'obéit pas à une loi particulière, mais se présente de façon croissante en fonction du temps. La force exercée n'atteint pas la force maximale de rupture.

La zone III est caractérisée par une stabilisation de la force de rupture en fonction du temps. Cette zone correspond à la force maximale de rupture des particules issues des ruptures successives et permet d'obtenir la découpe entière du tubercule.

Les forces maximales de découpe des tubercules par variété sont présentées au niveau du tableau 3. Elles varient d'un tubercule à l'autre et d'une variété à l'autre. Les forces de découpe des tubercules en fonction de la vitesse sont présentées dans le tableau 4.La force maximale de découpe la plus petite a été mesurée sur l'igname bêtê bêtê avec une valeur de 241 N, la plus grande a été mesurée sur la patate douce fadanga blanche avec une valeur de 410 N.

Tableau 3:- Forces maximales de découpe des tubercules par variété.

Tubercules	Variétés	Diamètres (mm)	Vitesses de découpe (mm/s)	Temps de découpe (s)	Forces maximales de découpe (N)
Ignames	Gogo	97,5±10	15	8,6	311
	Bêtê bêtê	126,7±11,6	90	2,2	241
Patates douces	Fadanga rouge	43±5,_	90	0,3	269
	Fadanga blanche	76,8±16,9	75	1,4	410
Maniocs	94/0270 (V5)	64,5±2,7	90	0,90	282
	Kalagè	53,2±3,2	90	0,2	347

Tableau 4:- Forces de découpe des tubercules en fonction de la vitesse.

Vitesses de découpe (mm/s)	Forces de découpes (N)					
	Igname		Patate		Manioc	
	Gogo	Bêtê bêtê	Fadanga rouge	Fadanga blanche	94/0270 (V5)	Kalagè
15	311	199	142	110	181	248
30	248	213	128	103	229	184
45	175	224	178	127	189	252
60	168	232	224	231	233	184
75	162	214	267	410	269	260
90	164	241	269	167	282	347

Le tableau 5 donne les forces de découpe d'un tubercule de manioc 94/0270 (V5) en fonction de la vitesse.

Tableau 5:- Forces de découpe d'un tubercule de manioc 94/0270 (V5) en fonction de la vitesse.

Tubercule	Variété	Diamètre (mm)	Vitesses de découpe (mm/s)	Temps de découpe (s)	Forces de découpe (N)
Manioc	94/0270 (V5)	51,8±1,4	15	1,1	190
			30	2,5	209
			45	1,7	241
			60	1,3	225
			75	0,9	178
			90	0,9	202

L'analyse des résultats des tests de découpe du tubercule de manioc 94/0270 (V5) nous a permis d'obtenir la figure 10 qui représente la variation des forces de découpe d'un tubercule de manioc 94/0270 (V5) de diamètre 51,8±1,4 mm en fonction de la vitesse.

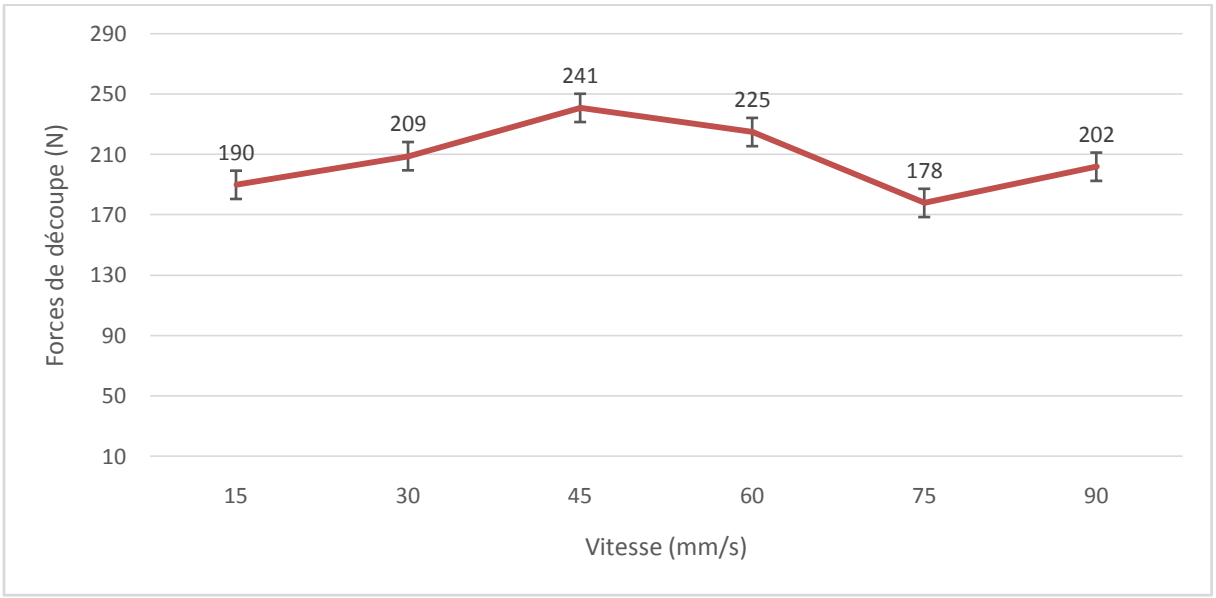

Figure 10:- Variation des forces de découpe d'un tubercule de manioc 94/0270 (V5) de diamètre 51,8±1,4 mm en fonction de la vitesse.

Discussion:-

Les résultats obtenus permettent de mieux comprendre les facteurs pouvant affecter l'efficacité de découpe des tubercules d'ignames, de patates et de manioc. L'analyse des résultats obtenus lors de l'étude des teneurs en eau des tuberculesd'ignames, de patates et de manioc nous montre que la teneur en eau n'est pas homogène dans un tubercule.En effet la teneur en eau varie sur différents points de prélèvement du tubercule. Les tubercules d'ignames, de patates et de maniocs étudiés avaient des teneurs en eau moyenne comprises entre 58,8±1,8 % et 77,1±1,8 %. L'étude des forces de résistance à la pénétration (dureté) des tubercules montre que celles-ci varient d'un point à l'autre d'un même tubercule.Les plus petites forces de pénétration mesurées sont de137 N pour l'igname gogo, 175 N pour la patate douce fadanga rouge et 214 N pour le manioc 94/0270 (V5). Les plus grandes forces de penetration sont de 145 N pour l'igname bêtê bêtê, 216 N pour la patate douce fadanga blanche et 391N pour le manioc kalagè. Les résultats obtenus pour l'igname corroborent avec ceux de (Medoua, 2005). L'étude des forces de découpe montre que celles-ci varient également d'un point à l'autre d'un même tubercule. Les plus petites forces de découpe obtenues sont de 241 N pour l'igname bêtê bêtê, 269 N pour la patate douce fadanga rouge et 282 N pour le manioc 94/0270 (V5). Les plus grandes forces de découpesont de 311 N pour l'igname gogo, 410 N pour la patate douce fadanga blanche et 347 N pour le manioc kalagè. L'analyse des résultats obtenus aux tableaux 3 et 5montreque la variation du diamètre des tubercules n'influence pas les forces de découpe.De même l'analyse de la figure 10 nous montre une variation en dent de scie des forces de découpe d'un tubercule de manioc 94/0270 (V5) de diamètre 51,8±1,4 mm en fonction de la vitesse. Ainsi nous pouvons dire que l'augmentation de la vitesse de découpe ne joue pas sur les forces de découpe des tubercules.La variation des forces de découpe des tubercules dépend plutôt de la rhéologie de la chair (densité et teneur en amidon) des tubercules(Lomchangkum et al., 2020). Cependant l'évolution de la vitesse de découpe réduit considérablement le temps de découpe.Les données de cette étude peuvent être intégrées dans le dimensionnement des motorisations des équipements de transformation post-récolte des tubercules en vue de leur optimisation énergétique. Les valeurs des forces de découpe maximales à retenir pour la découpe des tubercules sontde311 N pour l'igname, 347 N pour le manioc et 410 N pour la patate.

Conclusion:-

La présente étude a permis de réaliser la mesure de certaines caractéristiques physico-mécaniques (la teneur en eau, la dureté et les forces de découpe) de variétés de tuberculesd'ignames, de patates et de maniocs consommées au Burkina Faso. L'analyse des résultats montreque la variation du diamètre des tubercules n'influence pas les forces

de découpe. De même, l'augmentation de la vitesse de découpe ne joue pas sur les forces de découpe des tubercules. L'évolution des forces de découpe des tubercules serait liée à la rhéologie de la chair (densité et teneur en amidon) des tubercules.Cette étude montre la nécessité de la détermination des forces de découpe des tubercules et de leur intégration dans le dimensionnement des motorisations des équipements de transformation post-récolte des tubercules en vue de leur optimisation énergétique. Ainsi les valeurs maximales des forces de découpe à utiliser pour le dimensionnement des motorisations des systèmes de découpe sont de 311 N pour l'igname, 347 N pour le manioc et 410 N pour la patate.

Remerciements:-

Les auteurs remercient International Science Program (ISP) pour avoir soutenu le groupe de recherche BUF 01 et permis de mener ce travail de recherche.

Divulgation des conflits d'intérêts:-

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts.

Références Bibliographiques:-

1. 750 g, D. la vie dans la cuisine. (n.d.). MANIOC. https://www.750g.com/ingredients/manioc-i570.htm
2. AFNOR, Association, & Normalisation, F. de. (1982). No Title.
3. Barbara, S., Jacek, S., Cybulak, T., Katarzyna, P., & Barbara, K.-M. (2014). Nutrition value of the sweet potato (Ipomoea batatas (L.) Lam) cultivated in south-eastern Polish conditions. International Journal of Agricultural Research, 4, 169–178.
4. Cock, J. H. (1985). Cassava : New Potential for a Neglected Crop.
5. CTA. (2008). Programme de radio rurale - 08/1 : Séchage des produits agricoles. WRENmedia Fressingfield, Eye, Suffolk, IP21 5SA, UK. https://www.doc-developpement-durable.org/file/Conservation-Graines-Semences-Vegetaux-Legumes-Refrigeration/RRRP_01-8-fr-sechageProduitsAgricoles.pdf
6. FAOSTAT. (2020). Données de l'alimentation et de l'agriculture. http://www.fao.org/faostat/fr/#home
7. Fiagan, & Chinsman. (1987). Techniques post-récoltes appropriées aux plantes-racines et aux tubercules,en afrique : évaluation et améliorations recommandées. plantes-racines tropicales : les plantes-racines et la crise alimentaire en afrique. Compte Rendu Du Troisième Symposium Triennal de La Société Internationale Pour Les Plantes-Racines Tropicales - Direction Afrique, Du 17 Au 23 Aout 1986, Owerri, Nigeria.
8. KANTE-TRAORE, H. K.-T. H. (2019). VALORISATION DES VARIÉTÉS DE MANGUE PRODUITES AU BURKINA FASO : ASPECTS BIOCHIMIQUES, BIOTECHNOLOGIQUES ET NUTRITIONNELS. Joseph KI-ZERBO.
9. Lomchangkum, C., Junsiri, C., Sudajan, S., & Laloon, K. (2020). A Study on the Mechanical Characteristics of Cassava Tuber Cutter. International Journal of Agricultural Technology, 16(1), 63–76.
10. Medoua, G. N. (2005). POTENTIELS NUTRITIONNEL ET TECHNOLOGIQUE DES TUBERCULES DURCIS DE L'IGNAME Dioscorea dumetorum (Kunth) pax : ETUDE DU DURCISSEMENT POST - RECOLTE ET DES CONDITIONS DE TRANSFORMATION DES TUBERCULES DURCIS EN FARINE [Université de Ngaoundéré]. https://doi.org/tel-00011268 https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00011268
11. TIAMA, D., ZOUNDJIHEKPON, J., BATIONO/KANDIO, P., SAWADOGO, N., NEBIE, B., NANEMA, R. K., TRAORE, E. R., TAO, I., SAWADOGO, M., & ZONGO, J. D. (2016). LES IGNAMES, « YUYA », DE LA PROVINCE DU PASSORE AU BURKINA FASO. International Journal of Innovation and Applied Studies, 4(14), 1075–1085.
12. Vernier, P., N'Zué, B., & Zakhia-Rozis, N. (2018). Agricultures tropicales en poche : Le manioc, entre culture alimentaire et filière agro-industrielle (Quæ).
13. Wikipedia. (2019a). Igname. https://fr.wikipedia.org/wiki/Igname#Composition
14. Wikipedia. (2019b). Patate douce, Ipomoea batatas. https://fr.wikipedia.org/wiki/Patate_douce#Origine_et_diffusion
15. Yé, S. G. (2006). Optimaisation du pressage artisanal des amandes de karité (Vitellaria Paradoxa gaertn. C. F.). Academie universitaire Wallonie-Europe.