

Contribution à l'étude rhéologique des sabots, cornes et os d'animaux

Amadou OUANE*, Soumana SANTARA
Ecole Nationale d'Ingénieurs, BP 242, Bamako, Mali
Courriel : * ouane_a@yahoo.fr

Abstract:

For up-grading hoofs, horns and bones of animals, we have made several tests on them. The results obtained are not only relative to the hardness and the coefficient of friction of these three materials, but are especially relating to the rupture strength of hoofs and horns.

Keywords : hoofs, horns, bones, hardness, strength, coefficient of friction

I. Introduction

Le Mali est un pays agropastoral dont les besoins en engrais va croissant. Le coût des engrais chimiques est très élevé et les planteurs utilisent de plus en plus des cornes et sabots enfouis sous les arbres comme engrais.

D'après la revue « les jardiniers de France » [1], la composition des cornes et sabots est de 14% d'azote et de 15% de matières minérales. Actuellement, aucune étude donnant avec précision la composition centésimale des différents composants des cornes et sabots n'est disponible. Mais, toujours selon la revue « les jardiniers de France », les copeaux de sabots et cornes ont un effet persistant sur plusieurs saisons alors que la farine a un effet rapide et persistant. La rapidité de l'effet de la farine peut justifier son utilisation dans les potagers.

Pour obtenir la farine des cornes, os et sabots, nous utiliserons la technique de granulation. Traditionnellement, elle se fait suivant deux méthodes :

- Cuisson puis broyage pour les sabots et cornes ;
- Attaque à l'acide puis broyage pour les os [2].

L'objectif du présent travail est la détermination des caractéristiques intrinsèques suivantes des produits à transformer : la dureté, le coefficient de frottement à sec et la résistance à la rupture. Cette connaissance nous permettra de réaliser une machine de granulation directe : sciage et broyage.

II. Etude expérimentale et résultats mécaniques

Contrairement aux métaux, les sabots et cornes sont des matières vivantes. Une longue exposition à l'air libre peut avoir une influence importante sur leur comportement réel.

Nous avons défini une plage de durée d'exposition à l'air de ces matériaux. Cette plage correspond à la période s'écoulant entre la fin de collecte des matériaux et la fin de leur transformation. Aussi, compte tenu de la diversité des animaux (bovins, ovins et caprins) et de la diversité des matériaux (cornes, sabots et os), nous allons supposer que les caractéristiques rhéologiques de ces matériaux dépendent :

- du type de matériaux
- du type d'animal.

Après la collecte des échantillons de matériaux, nous avons établi un tableau relatif aux essais possibles et réaliser des éprouvettes pour ces essais.

Le tableau ci-dessous représente les essais possibles par type de matériau :

Animaux	Matériaux	Type d'essai			
		Traction	Résilience	Frottement	Dureté
Bovin	Sabots	Oui		Oui	Oui
	Cornes	Oui	Oui	Oui	Oui
	Os			Oui	Oui
Caprins	Sabots			Oui	
	Cornes			Oui	
	Os			Oui	Oui
Ovins	Sabots			Oui	
	Cornes			Oui	
	Os			Oui	Oui

Tableau 1 : essais possibles par type de matériau

Les éprouvettes ayant servi à la détermination des différentes caractéristiques rhéologiques auront des dimensions normalisées (norme française AFNOR).

II.1 Détermination des coefficients de frottement

Les nombreuses expériences faites par Amontons en 1699 [3] puis par Coulomb [4] ont conduit à une loi d'Amontons et à quatre lois de Coulomb.

La première loi de Coulomb disant que le frottement est indépendant de la vitesse n'est vraie que lorsqu'on se place dans le cas quasi statique. En effet, l'énergie cinétique d'un corps de masse m animé d'un mouvement de translation v diminuant si la seule force agissante est la force de frottement f_f . Si v est vitesse instantanée de ce corps, la seconde loi de la dynamique donne :

$$m \frac{dv}{dt} = -f_f$$

Les travaux du Général Morin [5] ont montré que la force de frottement induite par la vitesse est nulle pour des vitesses inférieures à 3 m/s. Ces mêmes travaux ont fixé la validité de la troisième loi de Coulomb pour des pressions inférieures à 3 daN/cm².

Nous avons travaillé dans les conditions quasi statiques en respectant ces deux conditions. La détermination du coefficient de frottement a été faite en utilisant l'équation d'Amontons :

$$f_0 = \mu N$$

μ représente le coefficient de frottement et N l'effort normal des surfaces en contact.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous. Les résultats relatifs au frottement acier/acier et bronze/acier ont été comparés avec ceux de la littérature ([6] et [7]) et furent validés.

Type de frottement	Acier/acier	Bronze/acier	Sabot/acier	Corne/acier	Os/acier
A sec	0,16	0,19	0,33	0,37	0,52

Tableau 2 : coefficients de frottement à sec

II.2 Essais de traction

Les travaux furent effectués selon les normes suivantes : NF A 03-101, NF A 03-151. La machine de traction est une WOLPERT TESTA U6.

Les éprouvettes sont plates de dimensions suivantes : sabots(68,3x10x7), cornes(63,2x20x3).

Lors des essais de traction sur les sabots, nous avons constaté que le comportement réel de ce matériau est fonction de plusieurs paramètres dont les deux les plus prépondérants sont :

- La qualité de la texture du sabot ;
- La durée de son exposition à l'air libre.

Quant aux cornes, elles sont comparables à une véritable association de lames. A partir d'un certain seuil de contrainte, nous avons une rupture de quelques lames. Cette rupture entraîne la ruine de l'éprouvette.

Les graphes ci-dessous résument le comportement des deux matériaux.

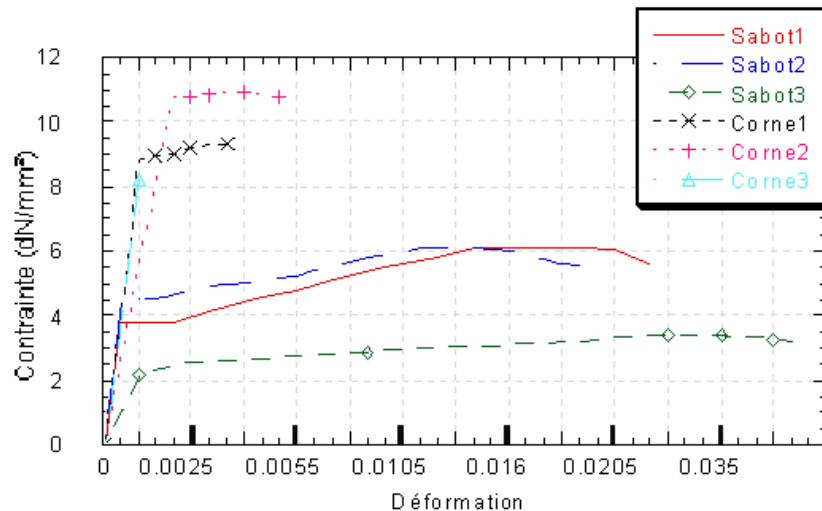


Figure 1 : Evaluation de la contrainte en fonction de la déformation pour les sabots et cornes

Les valeurs des différents paramètres sont les suivants :

	Re (daN/mm ²)	Rm (daN/mm ²)	E (daN/mm ²)
Sabot	2 - 5	3 - 7	2200 - 7500
Corne	8 - 11	8 - 11	5400 - 8900

Tableau 3 : Valeurs des paramètres de résistance

La grande plage de variation des différents paramètres découle du fait que nous avons travaillé sur de la matière qui n'est pas inerte.

II.3 Essais de résilience :

Le travail de rupture spécifique a pour expression :

$$v = \frac{W}{S} \quad (\text{Kgm/cm}^2)$$

où :

$W = Q(H - h)$ représente le travail de rupture de l'éprouvette (Kgm)

et S (cm²) la section de l'éprouvette.

H (m) : représente la hauteur de levage du pendule avant le coup

h (m) : représente la hauteur de levage du pendule après le coup

Q (Kg) : le poids du pendule

Les résultats obtenus en faisant des essais sur les éprouvettes de cornes sont consignés dans le tableau ci-dessous et sont comparés avec ceux de certains matériaux connus.

Matériaux	Travail spécifique (Kgm/cm ²)
Fer	25 - 30
Acier 0,2% C	24 - 25
Acier 0,3% C	18 - 20
Acier 0,6% C	6 - 8
Cornes	2 - 5

Tableau 4 : Valeurs du travail spécifique de certains matériaux

Observations : Nous avons constaté que la rupture des éprouvettes se faisait plus le long des fibres que perpendiculairement à ces fibres. Cette tendance au défilage indique la difficulté de la mise en poudre des cornes entières en utilisant le broyage par choc. Les figures ci-dessous illustrent les différents modes de rupture des éprouvettes de cornes.

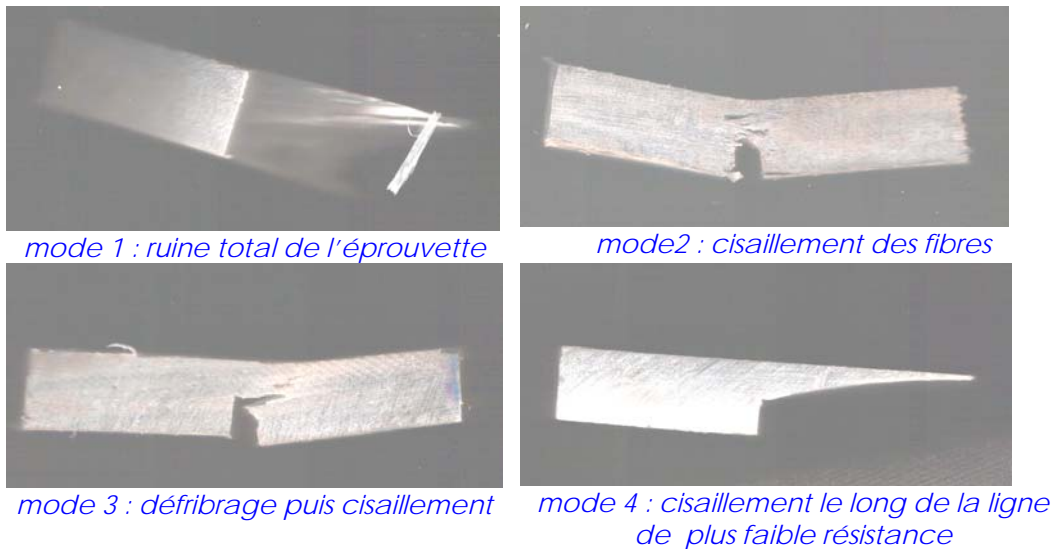


Figure 2 : images des différents modes de cisaillement

III. Dureté

Les essais ont été effectués sur un duromètre universel WELLTEST. Les essais sont du type Rockwell B (norme DIN 50 103) avec une bille de 1/16' et la charge maximale est de 100 kg. Le tableau suivant résume les résultats obtenus. La conversion a été faite suivant la norme DIN 50150.

Matériaux	HRB	HB kg/mm ²	σ_B kg/mm ²
Sabot	43 - 46	87 - 91	37 - 48
Corne	47 - 50	92 - 95	40 - 48
Os	71 - 90	123 - 166	41 - 56

Tableau 5: résultats des essais de dureté après 60 jours d'exposition à l'air libre

IV. Conclusion

Nous avons déterminé les caractéristiques mécaniques qui dépendent des formes de l'échantillon et certains coefficients dépendant uniquement de la nature des matériaux. Ces résultats montrent qu'il est très difficile de déterminer les caractéristiques mécaniques exactes des matières vivantes. La détermination devra se faire à l'intérieur de deux bornes limites en temps.

Le tableau ci-dessous récapitule les résultats obtenus lors de nos essais :

Mat.	Après 15 jours d'exposition à l'air libre				Après 2 mois d'exposition à l'air libre		
	Re (daN/mm ²)	Rm (daN/mm ²)	E (daN/mm ²)	Travail spécifique (kgm/cm ²)	HB (kg/mm ²)	σ_B (kg/mm ²)	coefficient de frottement
Sabot	2 - 5	3 - 7	2200 - 7500		87 - 91	37 - 48	0,33
Corne	8 - 11	8 - 11	5400 - 8900	2 - 5	92 - 95	40 - 48	0,37
Os					123 - 166	41 - 56	0,52

Tableau 6 : tableau récapitulatif des résultats des essais

En utilisant ces résultats, nous pouvons optimiser la transformation mécanique des sabots, cornes. Pour ce faire, nous avons réalisé un broyeur combinant sciage et broyage des sabots et cornes. Nous avons utilisé un moteur ayant exactement la puissance calculée. Les opérations de sciage et de broyage se font normalement sans blocage du moteur. Cette possibilité de travail avec une réserve de puissance valide à posteriori les résultats obtenus lors de la détermination des caractéristiques mécaniques de ces matériaux.

En travaillant les cornes, nous avons obtenu des morceaux de copeaux de très petites épaisseurs moins de 0,1 mm. Ces morceaux de copeaux sont très souples et transparents. Il s'était produit un défibrage des cornes. Ce phénomène, nous l'avons observé lors des essais de résilience au Mouton de Charpy.

Ainsi, avec notre prototype, nous obtenons par granulation directe des copeaux directement utilisation pour les plantations.

En perspective, nous nous fixons comme objectif de former à court terme une équipe **pour l'étude et la valorisation de ce produit** « BIO ». L'équipe devra comporter en plus du mécanicien, un pédologue et un agronome. Le rôle de cette équipe sera de déterminer :

- Comment se fera le conditionnement les sabots et cornes (granulation, température de torréfaction, durée de la torréfaction) ;
- Comment utiliser les différents produits ;
- Où les utiliser (type de sol, type de plantes etc.) ;
- Rendement par rapport aux autres intrants agricoles ;
- Son impact sur l'environnement (abattoirs, unités de transformation, zone d'utilisation) ;

- Son impact économique (label « bio », pouvoir d'achat des paysans).

V. Références bibliographiques

- [1] « Les Jardiniers de France », Décembre 2002, www.jardiniersdefrance.com
- [2] ABEL A. : Les équarrissages et les fondoirs en France. In ROSSET R. Qualité de l'environnement et productions animales, Informations techniques des Services Vétérinaires – Ministère de l'Agriculture, Paris, 439-443, 1989
- [3] Guillaume Amontons, Histoire de l'Académie Royale des Sciences avec les mémoires de Mathématique et Physique, pp 206, Paris, 1699
- [4] Charles Augustin COULOMB, Théorie des machines simples, Académie Royale des Sciences, Paris, 1779
- [5] Général GAGES, cours de mécanique rationnelle, 11^{ème} édition, EYROLLES, pp367-376, 1924
- [6] L. FÖPPL, mécanique des corps solides, HÜTTE – manuel de l'ingénieur, tome1 28^{ème} édition, librairie polytechnique Béranger, pp800 – 810, 1964
- [7] S. STRELKOV, mécanique, édition Mir, pp 139 – 152, 1978