

# **Valeur Nutritive du Sorgho-Grain et Sorgho Fourrage Dans l'Alimentation des Bovins**

**Présenté à la Conférence  
"United Sorghum Checkoff Program"**

**Dr. Michael J. Brouk**

**Département des Sciences et Industrie Animales  
Université de l'Etat du Kansas  
134 Call Hall  
Manhattan, KS 66506-1600  
[mbrouk@ksu.edu](mailto:mbrouk@ksu.edu)**

## **INTRODUCTION**

Le sorgho, sous forme de grains ou fourrage, est un important aliment de bétail. En général, le sorgho est cultivé dans les régions du Kansas-Ouest où les précipitations n'encouragent pas à la production économique du maïs ou autres cultures qui nécessiteraient presque deux fois plus d'eau par rapport au sorgho. Au cours des dix dernières années, les agriculteurs américains ont cultivé en moyenne 2,8 millions d'hectares de sorgho, donnant plus de 14 millions de tonnes de production annuelle de grains. En outre, un peu plus de 140.000 hectares ont été cultivés pour ensilage. Le sorgho grain peut être utilisé dans les rations servies aux bovins en remplacement du maïs. Bien que des recherches aient montré que le sorgho grain est comparable au maïs dans l'alimentation de finition du bétail, il est généralement moins apprécié sur le marché que le maïs. Au cours des dix dernières années, le prix du sorgho est resté inférieur au prix du maïs par environ \$4,8 par tonne, entraînant ainsi une perte annuelle de 42 millions de dollars. En 2008, l'écart entre le prix du maïs et celui du sorgho est passé à \$28 par tonne, réduisant ainsi la valeur de la récolte de plus de 330 millions de dollars. Les données tirées des recherches entreprises ne peuvent, à elles-seules, justifier la dépréciation de la valeur du sorgho dans l'alimentation du bétail. Toutefois, les éleveurs et le marché de bétail continuent à déprécier la valeur du sorgho dans les rations alimentaires destinées au bétail.

L'utilisation du sorgho dans les rations aux bovins à l'engraissement a été limitée, telle que l'indique une étude réalisée par 42 nutritionnistes dans les régions du Mi-Ouest, High Plains et Sud Ouest des Etats-Unis d'Amérique (Vasconcelos et Galyean, 2007). Vingt

Neuf de ces nutritionnistes ont participé à ce diagnostic et sur la base des effectifs supervisés chaque année, le groupe traite approximativement 69% du nombre total des bovins à l'engraissement en 2007. Tous les nutritionnistes ayant participé au diagnostic ont indiqué que le maïs a été incorporé en tant que céréale principale dans la majorité des rations de finition ; 31% ont indiqué que le sorgho a été utilisé comme céréale secondaire. Une étude antérieure (Galyean et Gleghorn, 2001) a révélé que 10% des nutritionnistes ont eu recours à un mélange maïs-sorgho comme principale source de céréales dans les rations de finition et 31,5% ont utilisé le sorgho en tant que source secondaire dans les rations pour les unités d'engraissement "feedlots". Ceci souligne le besoin pour plus d'informations et de recherches sur les avantages d'utilisation du sorgho dans les unités d'engraissement.

Une revue générale des publications parues sur la performance des bovins en croissance, en finition, des vaches gestantes et des génisses quand ils sont nourris de sorgho grain, de sorgho fourrager et drèches de sorgho est nécessaire pour aider à faire mieux connaître aux éleveurs de bovins et autres professionnels, la valeur réelle du sorgho pour l'industrie de l'élevage des bovins. Le présent rapport est une synthèse de la littérature récente pertinente à l'utilisation du sorgho dans le rationnement des bovins à l'engraissement.

### **COMPOSITION NUTRITIVE DU SORGHO GRAIN, EN COMPARAISON AUX MAÏS, ORGE ET BLE**

L'orge, le maïs, le sorgho et le blé constituent des sources potentielles d'énergie pour les bovins. Selon les conditions climatiques locales, l'une de ces céréales peut être préférée à l'autre. Le maïs est généralement la source énergétique de choix. Cependant, certaines conditions climatiques peuvent limiter ou totalement annuler sa productivité. Les valeurs nutritives moyennes du sorgho, du maïs, de l'orge et du blé sont données dans le Tableau 1. Ces valeurs proviennent de deux ouvrages publiés par le Conseil National de Recherches (National Research Council-NRC, 1996 et 2001) et des rapports du Laboratoire "Dairy One Forage Laboratory", de New York. Les valeurs obtenues auprès du NRC se fondent sur les valeurs disponibles avant leur date de publication. Les données du Laboratoire "Dairy One" représentent la valeur moyenne indiquée pour tous les échantillons analysés de mai 2000 jusqu'au 30 avril 2010. Les niveaux de protéines brutes dans les échantillons analysés par le Laboratoire "Dairy One" sont, pour l'ensemble des céréales, inférieures aux valeurs du NRC, ceci étant probablement dû à une augmentation des niveaux d'amidon dans le rendement des susdites céréales au cours des deux dernières décennies. Le sorgho contient plus de protéines brutes que le maïs et moins que l'orge et le blé. En général, on peut aujourd'hui s'attendre à ce que le sorgho fournisse environ 14% plus de protéines brutes que le maïs. Les données résumées dans les publications du NRC indiquent un accroissement de 23-28%, résultant des modifications dans la génétique des plantes. Ceci a vraisemblablement donné un rendement d'amidon plus élevé, ce qui a eu pour effet de diluer la quantité de protéines brutes. Les fibres, telles que mesurées par ADF (fibre au détergent acide) sont plus faibles pour le maïs et le blé et plus élevées pour le sorgho et l'orge. Les valeurs pour le sorgho et l'orge sont variables et peuvent indiquer une plus grande proportion des enveloppes de grain, par rapport à l'endosperme et le germe. Bien que des différences existent, celles-ci sont bien restreintes et ne pourraient avoir un grand effet négatif sur la digestion du ruminant. Les valeurs énergétiques sont données en énergie nette pour l'entretien ( $NE_m$ ) et gain en poids ( $NE_g$ ) des animaux. Ceci peut révéler le degré d'efficacité de l'utilisation par l'animal de l'énergie tirée des rations servies. Une

comparaison entre les valeurs NCR et les valeurs plus récentes du Laboratoire fait ressortir que les niveaux se sont accrus, ceci étant probablement dû aux changements dans la génétique des plantes et les pratiques agronomiques employées qui donneraient des proportions d'amidon plus élevée que par le passé. Le sorgho et le maïs sont très comparables en matière d'énergie. Les valeurs tabulaires révèlent un léger avantage au maïs sur le sorgho, mais cette différence reste relativement limitée. Ces petits écarts dans les valeurs tabulaires n'ont pu être détectés dans les essais pratiqués sur les animaux. En raison de l'influence du climat, des pratiques agricoles et de la génétique, les céréales devront être chaque fois analysées et les profils nutritionnels dégagés par les analyses utilisées pour la formulation des rations servies au bétail, plutôt que d'utiliser les valeurs tabulaires.

### **UTILISATION DU SORGHO-GRAIN DANS L'ALIMENTATION DES BOVINS DE BOUCHERIE**

Les grains de céréales constituent la source d'énergie la plus fréquente dans les rations servies au bétail et peuvent couvrir jusqu'à 95% de la ration globale des bovins à l'engraissement. Les céréales les plus utilisées aux Etats-Unis sont le maïs, le sorgho, l'orge, le blé et l'avoine. D'après les sondages réalisés auprès des experts en nutrition des bovins (Galyean et Gleghorn, 2001; Vasconcelos et Galyean, 2007), le maïs constitue la céréale de choix, tandis que les autres céréales sont considérées des sources d'énergie secondaires. Ceci ne signifie guère que les autres céréales sont inférieures au maïs, mais c'est juste une préférence chez les nutritionnistes et exploitants de feedlots d'utiliser le maïs comme principale source énergétique. L'utilisation de l'amidon dans le rumen est primordiale pour augmenter le rendement des animaux. De ce fait, il est important de définir et de comprendre les modes de fermentation ruminale des diverses sources de grains, si l'on veut réaliser de meilleurs niveaux d'indices de consommation et augmenter ainsi le gain moyen quotidien.

Les modes de fermentation ruminale des matières sèches, protéines brutes et amidon varient pour les différentes céréales. Les figures 1, 2 et 3 montrent les différences observées dans les taux de fermentation de cinq principales céréales. Dans tous les cas, le sorgho fermente plus lentement que pour les autres céréales. Toutefois, les taux de digestibilité établis pour les protéines brutes, l'amidon et la matière sèche sont similaires pour le sorgho et le maïs (Herrera-Saldana, 1990). Après 48 heures d'exposition ruminale, tous les aliments ont abouti au même point final. Dans certains cas, un mélange de céréales peut donner une fermentation ruminale plus optimale que dans le cas de l'utilisation d'une céréale unique. Par exemple, l'addition d'une petite quantité (0,5 à 1 kg) de blé, orge ou avoine au mélange globale (TMR) aura pour effet d'augmenter la quantité d'amidon disponible immédiatement après l'ingestion. Combinée à du maïs ou du sorgho, cette formule donne une quantité plus élevée d'amidon stable et disponible dans le rumen durant l'intervalle de temps entre deux rations successives. Huck et ses collaborateurs (1998) ont signalé que le fait de servir un mélange de 2/1 de sorgho-maïs, floconné à la vapeur, a donné un gain de poids moyen et un indice de consommation plus élevés, comparé aux rations constituées d'une de ces deux céréales. L'indice de consommation a enregistré une amélioration de 5% avec le mélange sorgho-maïs.

Owen et ses collaborateurs (1997) ont étudié 605 comparaisons de différentes méthodes de traitement avec cinq céréales différentes et ont conclu que l'alimentation au sorgho a produit des gains moyens de poids similaires à ceux obtenus avec des rations de maïs servies aux bovins en unités d'engraissement (Tableau 2). Les comparaisons signalées représentent des réactions moyennes à une alimentation composée d'un type donné de grains céréaliers sans considération aucune des effets du traitement qu'ils ont pu subir. D'autres comparaisons entre différents types de traitements ont permis d'aboutir à d'autres conclusions. Nourrir le bétail au maïs ou sorgho à haute teneur en humidité a donné lieu à des gains de poids plus faibles, en comparaison à d'autres types de traitements (Tableau 3). Dans l'alimentation au sorgho, l'apport en matières sèches a été réduit avec l'augmentation du degré de broyage pratiqué. Le sorgho floconné à la vapeur de sorgho a donné un indice de consommation de 15% meilleur que celui d'un sorgho aplati à sec "dry-rolling". Les méthodes de traitement thermique sont à considérer si l'alimentation est basée sur le sorgho et ce afin de le valoriser au mieux et le rendre comparable au maïs dans l'alimentation du bétail.

### **EFFETS DU TRAITEMENT THERMIQUE SUR LES PERFORMANCES DES ANIMAUX**

Le traitement thermique a été utilisé depuis plusieurs décennies dans les grandes unités de productions bovines. En général, les traitements thermiques des grains de céréale se feraient par floconnage, reconstitution, ensilage de grains humides récoltés précocement (haute teneur en humidité), éclatement et explosion des grains, torréfaction ou micronisation, par contraste aux autres traitements : concassage, broyage, aplatissage à sec "dry-rolled" ou grains entiers non traités (Theurer, 1986). Le traitement du sorgho par broyage, aplatissage à sec, aplatissage à vapeur ou floconnage est nécessaire pour briser la gangue des protéines autour des granules d'amidon et leur désorganisation. La plus grande rupture de la gangue des protéines et des granules d'amidon s'obtient par le floconnage en comparaison aux autres méthodes. Le floconnage a le mérite de combiner humidité, pression et chaleur dans un processus logique donnant une plus grande proportion d'amidon disponible aux bactéries du rumen. Les données présentées dans le Tableau 6 révèlent une amélioration de l'indice de consommation quand le maïs ou le sorgho sont traités par floconnage à la vapeur "steam-flaking", comparé à l'aplatissage à sec "dry rolling" (Theurer 1986). Tel que révélé par les chiffres, le floconnage n'a entraîné aucune augmentation du gain moyen quotidien. Les indices de consommation et les GMQ pour le maïs et sorgho traités ont aussi été similaires. Quand l'aplatissage à sec (traitement minimal) est adopté, il avantage le maïs beaucoup plus que le sorgho. L'augmentation de l'efficience alimentaire a été associée au changement du site de digestion de l'amidon. Des comparaisons et résultats similaires ont été observés sur les vaches laitières en lactation (Theurer et collaborateurs, 1999).

La digestibilité de l'amidon du maïs dans l'ensemble du système digestif s'est accrue de 91 à 99 pour cent grâce au floconnage comparé aux autres méthodes de conditionnement. Dans le cas du sorgho, elle est passée de 91 à 98 pour cent. La digestibilité de l'amidon au niveau du rumen est passée de 70 à 86 pour cent pour le maïs grâce au floconnage en comparaison aux autres méthodes de traitement, et de 57 à 76 pour cent pour le sorgho. Ceci correspond à une augmentation d'environ 23% de la digestibilité au niveau du rumen pour le maïs et d'environ 33% pour le sorgho. Alors que la digestibilité de l'amidon dans

l'ensemble du système digestif est la même tant pour le maïs que pour le sorgho, les données dont on dispose mettent l'accent sur la valeur ajoutée pour le sorgho floconné grâce à une digestibilité accrue de l'amidon dans le rumen, comparé au maïs. Non seulement le site de l'amidon a été modifié par le processus du floconnage, mais il y a aussi une augmentation du taux de synthèse des bactéries du rumen et de la plus grande disponibilité des protéines bactériennes dans le petit intestin (Rahnema et al. 1987). L'augmentation de la quantité et de la digestibilité des protéines bactériennes dans le petit intestin est importante pour accroître les performances de l'animal. Le traitement du sorgho par floconnage a un avantage prononcé sur les autres méthodes de traitement et devrait être considéré comme une méthode de choix.

In vitro

Le poids spécifique des flocons peut également avoir un impact sur la performance des animaux. Swingle et collaborateurs (1999) ont procédé au floconnage du sorgho à quatre poids spécifiques différents (32, 28, 24 et 20 livres par boisseau) et ont procédé à deux essais. Ils ont observé que les poids spécifiques inférieurs des flocons de sorgho (traitement plus poussé) augmentent la disponibilité in vitro de l'amidon et celle de l'amidon total dans l'ensemble du système digestif. Cependant, la plus grande augmentation a été enregistrée sur la réduction du PS des flocons de 32 à 28 livres par boisseau. Cette densité réduite a également eu l'effet de diminuer d'une manière linéaire le GMQ durant la période d'alimentation. Les frais électriques ont subi une augmentation linéaire, au fur et à mesure de la diminution du PS des flocons du sorgho. Pratiquement, il a été établi que le PS des flocons de 28 livres par boisseau serait l'optimum économique et zootechnique pour l'alimentation des ruminants. Theurer et ses collaborateurs (1999) ont rapporté des résultats similaires quant à la disponibilité de l'amidon en comparant le sorgho traité jusqu'à 32, 28 et 22 livres par boisseau. Dans les deux études, la digestibilité ruminale de l'amidon s'est accrue jusqu'à 81% de l'apport total d'amidon, avec augmentation de la digestibilité de l'amidon dans l'ensemble de l'appareil digestif et diminution de la quantité d'amidon digérée dans le petit intestin. Les résultats de ces études étaient analogues aux résultats rapportés plus tôt par Reinhardt et ses collaborateurs (1997).

## **EFFET DES HYBRIDES DU SORGHO SUR LES PERFORMANCES ANIMALES**

Plusieurs études ont examiné les différences entre les hybrides de sorgho (Larrain et ses collaborateurs, 2009, McCollough et al. 1972 ; Maxson et al. 1973 ; Goldy et al. 1987 ; Streeter et al. 1990 et Pederson et al. 2000). Ils ont noté que des rations contenant plus de 65% de sorgho grains riches en tannin ont réduit le gain de poids de l'animal (Larrain et al. 2009 ; Maxson et al. 1973). Cependant, un mélange de sorgho riche en tannin et du maïs s'est révélé capable d'améliorer les performances animales (Larrain et al. 2009). Toutefois, la plupart des sorghos cultivés aujourd'hui ont une teneur trop faible en tannin et par conséquent ce problème ne se pose plus. Streeter et al. (1990) ont étudié quatre différentes variétés de sorgho hybrides (jaune, crème, hétéro-jaune et rouge). Comparé au maïs, l'hybride crème a donné la même digestibilité d'amidon dans l'ensemble du système digestif mais des valeurs légèrement plus faibles pour l'indice de consommation pour les autres types de sorgho. Ces données confirment l'existence d'infimes différences dans les performances des animaux quand ils sont nourris de différentes variétés hybrides de sorgho. En plus, les conditions environnementales pendant la saison de croissance peuvent accentuer davantage ces différences.

## **AUGMENTER LA VALEUR DU SORGHO-GRAIN PAR LE PROCESSING**

Les recherches zootechniques ont démontré que le conditionnement du sorgho augmente sa valeur en tant qu'aliment pour le secteur de l'élevage. Sur la base des recherches récentes, le traitement thermique par floconnage semble offrir la meilleure option pour une plus grande efficacité de digestion du sorgho. Le floconnage peut accroître la valeur nutritive du sorgho de 12-15% comparé à l'aplatissage à sec et ce par l'augmentation de la digestibilité de l'amidon dans le rumen et dans l'ensemble de l'appareil digestif. Il contribue aussi à l'amélioration de la digestibilité des protéines brutes contenues dans le sorgho. Le poids spécifique idéal des flocons est fixé à 28 livres par boisseau. La production de flocons à des poids spécifiques inférieurs se ferait à des coûts énergétiques largement supérieurs. Swingle et al. (1999) ont signalé que les besoins d'électricité augmentent de 50% lorsque le PS des flocons baisse de 28 à 22 livres par boisseau. En examinant ces données sur les performances animales, Swingle et al. (1999) ont relevé un accroissement plus important lorsqu'on passe de 32 à 28 livres par boisseau alors que Reinhardt et ses co-équipiers (1997) ont observé une baisse dans les performances animales au fur et à mesure que le PS des flocons est réduit en deca des 28 livres au boisseau. Aussi, il est recommandé d'adopter la production de flocons à PS moyen de 28 livres par boisseau pour le sorgho grain.

## **CONCLUSIONS**

La valeur nutritive du sorgho est le plus souvent évaluée par rapport au maïs. Les études entreprises auprès des nutritionnistes au service des unités d'engraissement des bovins indiquent que quand ils ont le choix, la majorité opte pour le maïs comme principale source de céréales pour les animaux en unités d'engraissement, alors qu'environ 30% choisissent le sorgho comme source secondaire de céréales. Ceci généralement s'explique par la disponibilité locale du produit plutôt que par son effet sur les performances des animaux. En raison de la gangue de protéine-amidon contenue dans le sorgho, une attention accrue a été accordée à différents traitements qui augmenteraient la valeur nutritive du sorgho.

Ainsi, le recours au floconnage par la mise en jeu de la vapeur, les hautes températures et la pression visant la rupture de la gangue amidon-protéine et la réduction du poids spécifique de l'amidon, a eu pour effet d'améliorer considérablement la valeur nutritive du sorgho grain. Parmi tous les traitements, l'option du floconnage permet la plus grande amélioration. Le poids spécifique recherché pour des flocons est celui de 28 livres par boisseau. A ce niveau, la valeur nutritive peut augmenter de 12-15% par rapport à l'aplatissage à sec "dry-rolling". En utilisant du sorgho floconné, le rendement du bétail s'est révélé similaire à celui des animaux nourris au maïs. Si le sorgho est traité autrement, l'utilisation de grains de maïs peut alors présenter un avantage. Nourrir le bétail au sorgho-grain en remplacement du maïs aura pour effet de réduire le besoin de suppléments en protéines brutes. Le sorgho-grain contient en général environ 10% plus de protéines brutes que le maïs. Environ 70-80% du coût de production totale dans les parcs d'engraissement se rapportent au coût des aliments qui sont fournis. Plusieurs études ont révélé des performances similaires chez les animaux nourris au maïs ou au sorgho à condition que ce dernier ait été correctement traité. Le floconnage à une densité de 28 livres par boisseau augmentera l'efficacité alimentaire et permettra d'atteindre une valeur nutritive similaire à celle du maïs.

**Tableau 1. Comparaison des valeurs nutritives obtenues à partir de trois sources**

Article	Grain	Bovins Boucherie NRC <sup>1</sup>	Laitiers NRC <sup>2</sup>	Dairy One <sup>3</sup>
Protéines brutes, %	Sorgho	12,60	11,60	10,53
	Maïs	9,80	9,40	9,20
	Orge	13,20	12,40	12,22
	Blé	14,20	14,20	13,67
Détergent acide Fibre, %	Sorgho	6,38	5,90	7,90
	Maïs	3,30	3,40	3,63
	Orge	5,77	7,20	7,62
	Blé	4,17	4,40	4,72
NE <sub>m</sub> <sup>4</sup> , Mcal/lb	Sorgho	0,91	0,88	0,96
	Maïs	1,02	0,93	1,00
	Orge	0,93	0,92	0,89
	Blé	0,99	0,98	0,93
NE <sub>g</sub> <sup>5</sup> , Mcal/lb	Sorgho	0,61	0,59	0,65
	Maïs	0,70	0,63	0,69
	Orge	0,63	0,62	0,60
	Blé	0,68	0,67	0,63
Cendre, %	Sorgho	1,87	2,00	1,92
	Maïs	1,46	1,50	1,55
	Orge	2,40	2,90	2,93
	Blé	2,01	2,00	1,97

<sup>1</sup>Besoins en nutriments des bovins de boucherie, 1996

<sup>2</sup>Besoins de nutriments des bovins laitiers, 2001

<sup>3</sup>Laboratoire Dairy One, Forage Laboratory, 2010

<sup>4</sup>Entretien Net d'Énergie

<sup>5</sup>Énergie Nette de Gain de Poids

**Tableau 2. Comparaison des données de performance des animaux pour 5 grains céréaliers utilisés dans des rations en feedlots**

Article	Orge	Maïs	Sorgho	Avoine	Blé
GMQ, en livres	3,13	3,15	3,06	3,31	3,04
Matière sèche ingérée, livres	19,34 <sup>b</sup>	19,69 <sup>b</sup>	20,79 <sup>a</sup>	20,18 <sup>ab</sup>	19,07 <sup>b</sup>
Aliment /gain de poids	6,24 <sup>b</sup>	6,32 <sup>b</sup>	6,88 <sup>a</sup>	6,12 <sup>ab</sup>	6,34 <sup>b</sup>

<sup>ab</sup> Sur une rangée, signifie diffère avec différents super scripts ( $P < 0,05$ ).

Adapté de Owen et collaborateurs, 1997

**Tableau 3. Comparaison des GMO (livres/j) résultant de 5 grains céréaliers traités de différentes méthodes et utilisés dans les rations en feedlots**

Article	Orge	Maïs	Sorgho	Avoine	Blé
Aplatissement à sec "dry rolled"	3,20	3,20 <sup>a</sup>	3,15 <sup>a</sup>	3,38	3,04
Humide	-----	3,02 <sup>b</sup>	2,84 <sup>b</sup>	-----	-----
Aplatissage à la vapeur "steam roll"	2,93	3,15 <sup>a</sup>	3,09 <sup>ab</sup>	3,26	3,04
Intact	3,04	3,20 <sup>a</sup>	-----	-----	-----
Reconstitués	-----	-----	2,89 <sup>ab</sup>	-----	-----

<sup>ab</sup> Dans une colonne, signifie, diffère avec différents superscripts ( $P < 0,05$ )

Adapté de Owen et collaborateurs, 1997

**Tableau 4. Comparaison d'ingestion en matière sèche (livres/d) résultant de 5 grains céréaliers traités de différentes méthodes et utilisés dans des rations en feedlots**

Article	Orge	Maïs	Sorgho	Avoine	Blé
Aplatissement à sec (dry rolled)	19,76	20,84 <sup>a</sup>	23,09 <sup>a</sup>	20,29	19,78
Humide	-----	19,23 <sup>b</sup>	20,18 <sup>b</sup>	-----	-----
Aplatissage à la vapeur (steam roll)	18,19	18,41 <sup>c</sup>	19,14 <sup>c</sup>	20,11	17,86
Intact	20,51	18,87 <sup>bc</sup>	-----	-----	-----
Reconstitués	-----	-----	19,38 <sup>bc</sup>	-----	-----

<sup>abc</sup> Dans une colonne, signifie, diffère avec différents superscripts ( $P < 0,05$ )

Adapté de Owen et collaborateurs, 1997

**Tableau 5. Comparaison de l'efficacité alimentaire (aliment /gains de poids) résultant de 5 grains céréaliers traités de différentes méthodes et utilisés dans des rations en feedlots:**

Item	Orge	Maïs	Sorgho	Avoine	Ble
Aplatissement à sec (dry rolled)	6,25	6,57 <sup>a</sup>	7,43 <sup>a</sup>	6,01	6,59 <sup>a</sup>
Humide	-----	6,43 <sup>a</sup>	7,12 <sup>ab</sup>	-----	-----
Aplatissage à la vapeur (steam roll)	6,19	5,87 <sup>b</sup>	6,33 <sup>c</sup>	6,18	5,92 <sup>b</sup>
Intact	6,66	5,95 <sup>b</sup>	-----	-----	-----
Reconstitués	-----	-----	6,75 <sup>bc</sup>	-----	-----

<sup>abc</sup> Dans une colonne, signifie, diffère avec différents superscripts ( $P < 0,05$ )

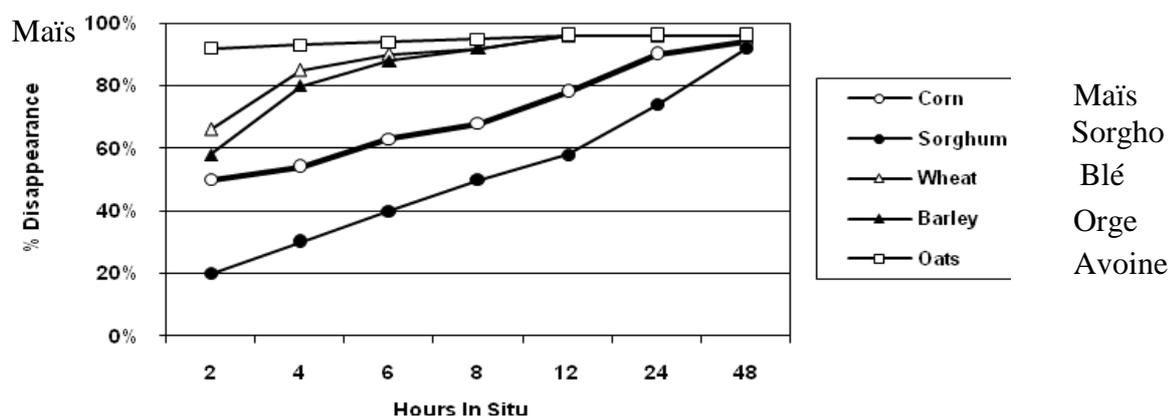
Adapté de Owen et collaborateurs, 1997

**Tableau 6. Comparaison des traitements du maïs et sorgho et leur effet sur l'indice de consommation et le GMQ dans les essais de bétail en finition**

Méthode de traitement	Aliment / gain de poids (livres)		Gain de poids par jour (livres)	
	Maïs	Sorgho	Maïs	Sorgho
Aplatissage à sec "dry rolled"	6,9	7,3	2,65	2,65
floconnage	6,3	6,5	2,65	2,65
Reconstitués	6,4	6,3	2,87	2,65
Micronisés, explosés, éclatés à la chaleur	----	6,5	-----	2,65

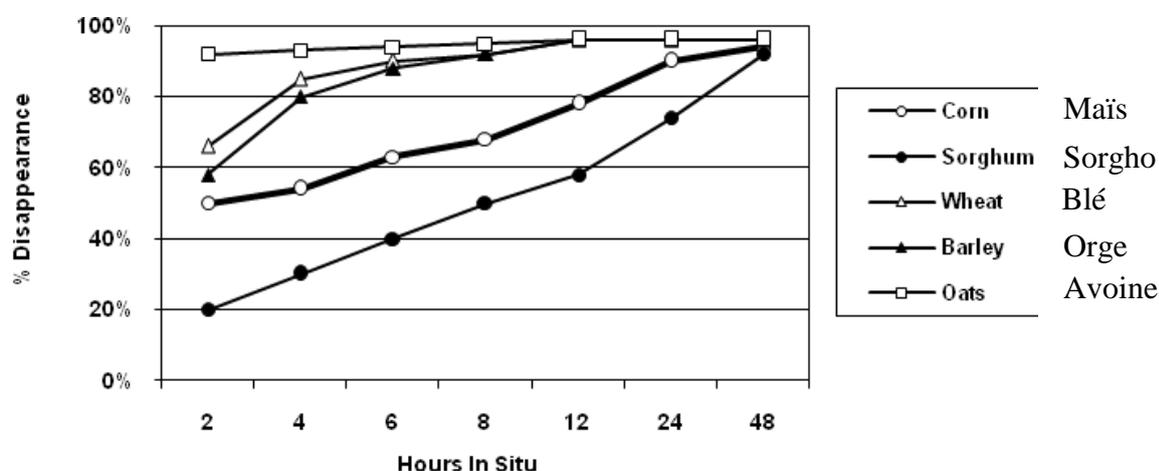
Adapté de Theurer, 1986

**Figure 1. Disparition in situ de matière sèche des cinq céréales**



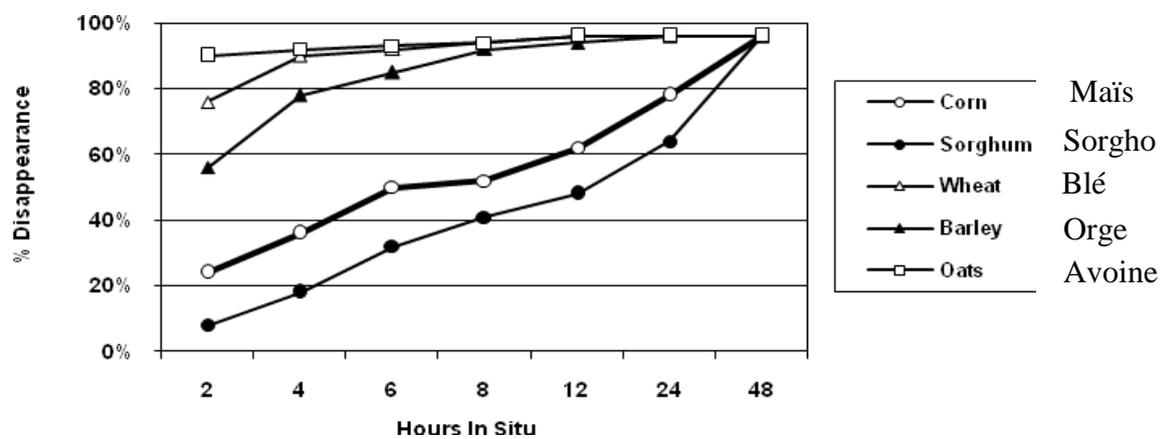
Adapté de Herrera-Saldana et al. 1990.

**Figure 2. Disparition in situ de protéines des cinq céréales**



Adapté de Herrera-Saldana et al. 1990.

**Figure 3. Disparition in situ de l'amidon des cinq céréales**



Adapté de Herrera-Saldana et al. 1990.