

L'utilisation en ensilage plante entière des sorghos grains et sucriers : intérêts et limites pour les régions sèches

J. Legarto*

Le sorgho est une plante plus rustique que le maïs, qui permet de mieux maîtriser les intrants (eau, azote...). Mais, malgré des atouts indéniables comme son adaptation à la sécheresse, le sorgho grain ensilé en plante entière est peu utilisé par les éleveurs car sa valorisation par les bovins n'est pas toujours facile à optimiser. Puisse cet article y contribuer !

RESUME

Le système racinaire du sorgho, dense et ramifié, extrait bien l'eau et les minéraux du sol. Lorsque l'eau est le facteur limitant, son prélèvement d'azote dans le sol, son rendement en plante entière et la qualité du fourrage sont moins affectés que pour le maïs. La teneur en grains du sorgho reste élevée et se stabilise à 50% environ, ce qui est un atout pour la valeur énergétique du sorgho grain ensilé. La valorisation du grain est toujours bonne par les ovins et caprins mais, pour les bovins, les grains doivent être récoltés au stade laiteux - pâteux. Les particularités du sorgho sucrier sont présentées. Le sorgho, dont les coûts de production sont plus faibles que ceux du maïs, peut assurer des stocks fourragers de qualité et sécuriser des systèmes en zone de déficit hydrique estival.

*Avec la collaboration de J.M. Bernet (CA 47), M. Dobbels (Institut de l'Élevage), J.C. Emile (INRA), Y. Hebert (INRA), E. Pottier (Institut de l'Élevage), J. Ravail (ITCF), F. Surault (INRA), J.L. Soudais (CA 31).

MOTS CLES

Ensilage, fertilisation, production de viande, production fourragère, production laitière, résistance à la sécheresse, sorgho, système fourrager, valeur alimentaire.

KEY-WORDS

Dairying, feeding value, fertilization, forage production, forage system, meat production, resistance to drought, silage, sorghum.

AUTEUR

Institut de l'Élevage, Domaine d'Ognoas, F-40190 Arthez-d'Armagnac ; jean.legarto@inst-elevage.asso.fr

La dénomination couramment adoptée pour les sorghos, de la famille des graminées panicoidées, est *Sorghum bicolor*. Suivant leur fonctionnement physiologique, mais aussi selon la conduite culturale, on distingue actuellement :

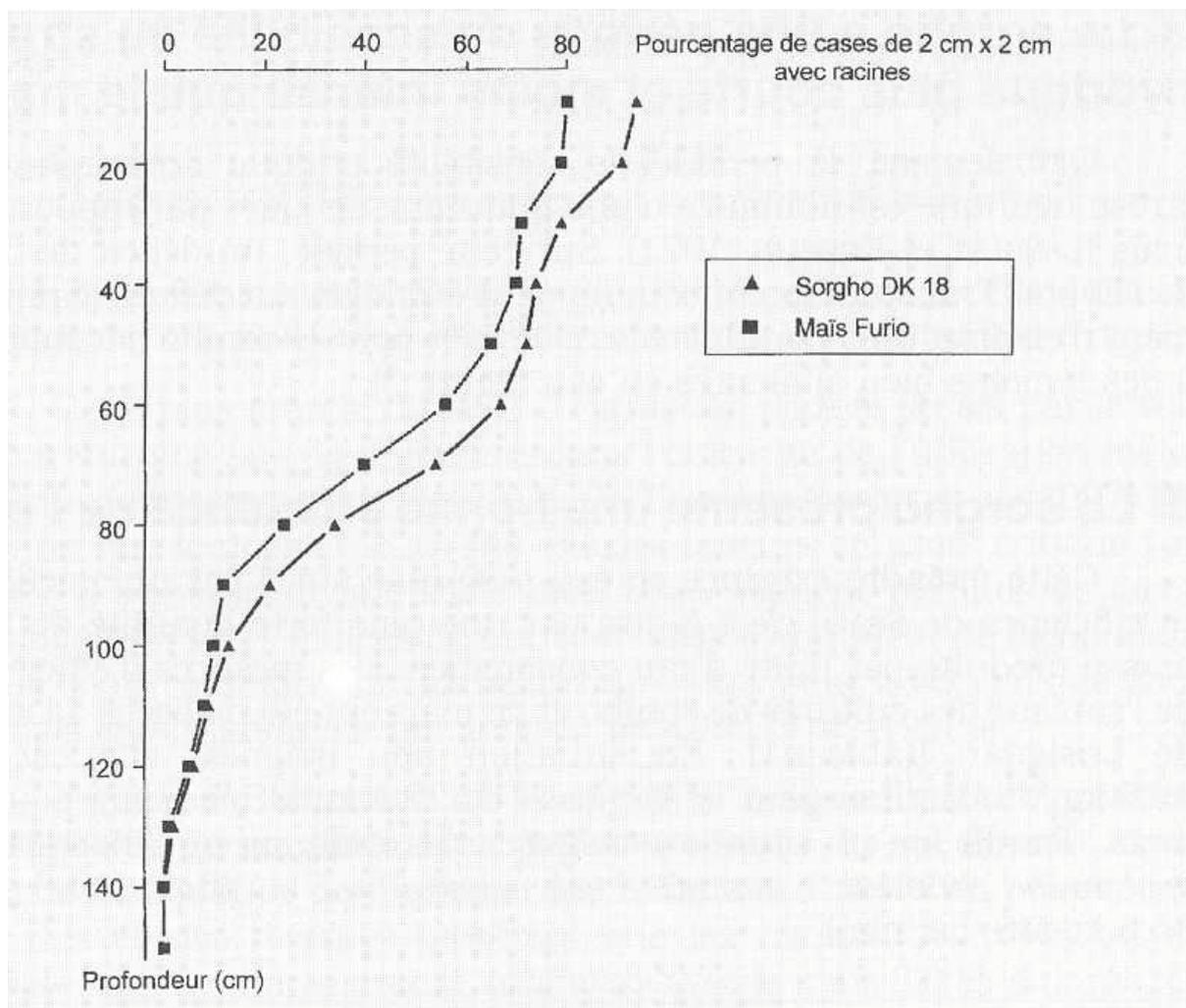
- les sorghos grains accumulant des réserves (essentiellement de l'amidon) dans la graine,
- les sorghos sucriers accumulant des sucres moins évolués (essentiellement du saccharose) dans les tiges et accessoirement de l'amidon dans la graine,
- les sorghos papetiers (sorgho à balais ou à fibres) accumulant de la cellulose dans les tiges,
- les sorghos fourragers (*Sudan grass* par exemple) ayant un comportement herbacé et une forte capacité de repousse estivale.

Toutes les combinaisons génétiques sont évidemment possibles entre ces types de sorgho. Dans cet article, nous nous intéresserons aux deux premiers types de sorgho cités.

En France, l'utilisation fourragère du sorgho a été longtemps pratiquée avec le *Sudan grass*. Depuis les années 1980, grâce à l'apparition de sorghos grains pauvres en tanins (moins de 0,3% de la Matière Sèche, MS) et la mise au point des techniques culturales adaptées à la récolte par ensilage de la plante entière, un renouveau de cette culture a été constaté pour une utilisation fourragère en ensilage (Didier, 1988). Depuis 1992, c'est l'emploi du sorgho sucrier qui a été un peu plus novatrice dans l'utilisation fourragère de cette espèce (Soudais, 1998).

Figure 1 : Densités racinaires de 2 variétés de maïs et de sorgho (Lemaire *et al.*, 1996a et b).

*Figure 1 : Root densities of 2 cultivars of maize and of sorghum (Lemaire *et al.*, 1996a and b).*



1. Le sorgho est une plante qui valorise bien l'eau

Un certain nombre de caractères morpho-physiologiques du sorgho expliquent ses capacités à limiter les effets de la sécheresse.

* Le sorgho a un système racinaire qui explore bien le sol

Cette plante développe un système racinaire puissant à partir du stade 5 à 6 feuilles ; il est plus dense et plus ramifié que celui du maïs, mais pas forcément plus profond (figure 1). On peut aussi signaler son aptitude plus grande à pénétrer les agrégats du sol (Hébert Y., communication personnelle). Grâce à son système racinaire, le sorgho a des possibilités d'extraction de l'eau et des minéraux accrues par rapport au maïs.

* Le sorgho a aussi d'autres facteurs d'adaptation à la sécheresse

Comme toutes les plantes avec un cycle de photosynthèse en C4, la puissante régulation stomatique de l'évapotranspiration diurne n'empêche pas la fixation de CO₂, car cette dernière est aussi nocturne. Rappelons que le maïs a aussi cette caractéristique.

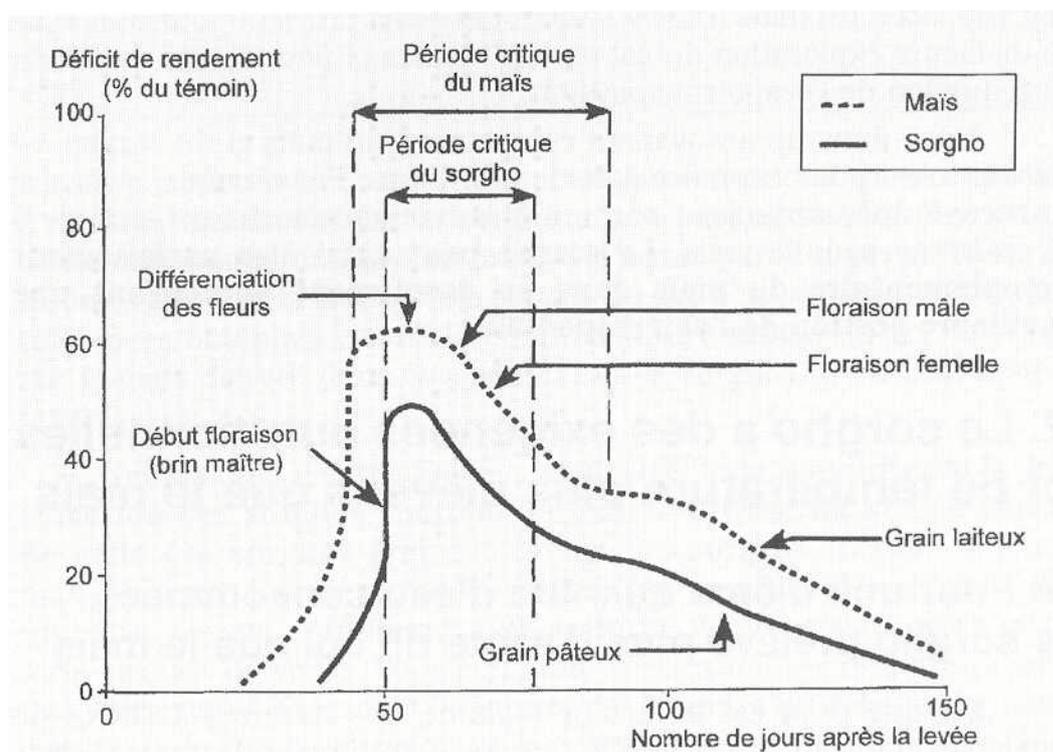
Le sorgho a encore d'autres facteurs d'adaptation à la sécheresse : ses feuilles ont une forte cérosie qui diminue l'évapotranspiration au travers de la cuticule mais possèdent aussi des mécanismes d'ajustement osmotique renforcés (concentration en solutés qui abaisse le potentiel osmotique, Newton *et al.*, 1986 ; Monneveux *et al.*, 1997). Le sorgho a donc un caractère "crassulacéen" incontestable.

* Le sorgho a une période de sensibilité au stress hydrique plus courte et moins intense que le maïs

Globalement, la période de sensibilité critique du sorgho au stress hydrique est diminuée d'une quinzaine de jours par rapport au maïs (Langlet et Robelin, 1971). Sur cette période, un déficit de 50% de l'Evapotranspiration Maximum peut entraîner un déficit de rendement d'environ 60% pour le maïs et de 50% pour le sorgho par rapport à des témoins bien alimentés en eau (figure 2).

Figure 2 : Courbes de sensibilité du maïs et du sorgho à un déficit hydrique équivalent à 50% de l'ETM (d'après Langlet et Robelin, 1971).

Figure 2 : Sensitivity of maize and of sorghum to a water deficit corresponding to 50% of maximum evapotranspiration (after Langlet and Robelin, 1971).



* Le sorgho présente une bonne efficacité de l'eau

Cette moindre exigence en eau s'exprime aussi par une meilleure efficacité de l'eau, c'est-à-dire par une plus forte quantité de biomasse produite par unité d'eau consommée. Des mesures d'efficacité de l'eau sur des cultures de sorgho et de maïs ont été réalisées à l'INRA de Lusignan (tableau 1). En situation non irriguée, elle est de 39,2 kg MS/ha/mm pour le sorgho et de 27,4 kg MS/ha/mm pour le maïs. Tandis qu'en situation irriguée, ces différences s'inversent : le maïs transforme mieux l'eau que le sorgho (40,6 vs 35,6 kg MS/ha/mm).

En pratique, la culture de sorgho permet plus de souplesse dans l'irrigation que le maïs. Sur la durée de végétation, toutes choses égales par ailleurs, le sorgho économise de 80 à 100 mm d'eau par rapport à un maïs (Didier, 1991). Cet écart provient pour moitié de la meilleure exploration du sol par les racines et pour l'autre moitié de la réduction de l'évapotranspiration.

Ainsi, dans un assolement comprenant du maïs et du sorgho, ce dernier n'est pas prioritaire dans le tour d'eau. Par exemple, selon les années, 2 à 3 tours d'eau peuvent être économisés sur un total de 6 nécessaires pour le maïs. Le sorgho peut ainsi être parfaitement complémentaire du maïs dans un assolement permettant une meilleure gestion de l'eau disponible.

Tableau 1 : Efficacités comparées de l'eau chez le maïs et le sorgho grain, irrigués ou non (Lemaire *et al.*, 1991).

Table 1 : Compared efficiencies of water use by maize and by grain sorghum, with or without irrigation (Lemaire et al., 1991).

	Situation irriguée	Situation sèche
Maïs		
Rendement (t MS/ha)	24,8	9,0
Pluviométrie totale (mm)	610	330
Efficacité (kg MS/ha/mm)	40,6	27,4
Sorgho grain		
Rendement (t MS/ha)	17,1	13,7
Pluviométrie totale (mm)	479	350
Efficacité (kg MS/ha/mm)	35,6	39,2

2. Le sorgho a des exigences nutritionnelles et de températures plus élevées que le maïs

* Pour une même quantité d'eau consommée, le sorgho prélève plus d'azote du sol que le maïs

Lorsque l'eau est le facteur limitant, des mesures à l'INRA de Lusignan (tableau 2) ont révélé que la quantité d'azote prélevée par unité d'eau consommée par le sorgho est supérieure à celle du maïs (0,60 kg N/mm vs 0,40). Cette différence diminue en situation irriguée.

Tableau 2 : Quantités d'azote prélevées rapportées à la consommation d'eau pour le maïs et le sorgho grain (kg N/mm d'eau ; Lemaire *et al.*, 1996b).

Table 2 : Nitrogen uptake and water consumption by maize and by grain sorghum (kg N/mm of water ; Lemaire et al., 1996b).

	Situation irriguée	Situation sèche
Maïs	0,47	0,40
Sorgho grain	0,56	0,60

Cette plus grande capacité d'extraction d'azote du sol par le sorgho n'entraîne pas de différence dans l'efficacité de l'utilisation métabolique de l'azote par rapport au maïs. En effet, Plenet *et al.* (1997) ont montré que le maïs et le sorgho ont des teneurs en azote critique voisines. Il s'ensuivrait que leurs biomasses seraient réduites de façon semblable si leurs indices de nutrition azotée chutaient de façon identique. Mais cet indice décroît beaucoup moins pour le sorgho que pour le maïs en situation d'azote limitant (Lemaire *et al.*, 1996a).

En bref, en situation où l'eau est le facteur limitant premier, la capacité du sorgho à bien prélever l'azote du sol devraient avoir pour conséquence de diminuer les reliquats d'azote en post-récolte. Des études récentes montrent que les risques de lixiviation de nitrate sont moindres avec le sorgho qu'avec le maïs (ITCF, à paraître).

* Le fonctionnement de la plante sorgho remédie à ses exigences nutritionnelles élevées

Les exigences nutritionnelles du sorgho sont réputées relativement plus élevées que pour le maïs (tableau 3) mais les apports ne le seront pas forcément pour l'azote et le potassium. La forte capacité d'exploration du sol par le sorgho d'une part et sa moindre vitesse de croissance de l'indice foliaire d'autre part lui permettent de mieux valoriser la fourniture azotée du sol (Plenet *et al.*, 1997). Les références obtenues en matière de fourniture azotée du sol valorisée par le maïs doivent donc être adaptées aux sorghos. Ce travail reste à faire.

Tableau 3 : Besoins moyens du sorgho et du maïs en éléments fertilisants (kg/t MS exportée).

Table 3 : Mean nutrient requirements of sorghum and of maize (kg per t removed DM).

	Sorgho grain plante entière	Maïs grain plante entière
N	18	13
P₂O₅	7	5
K₂O	16	12
CaO	7	3
MgO	5	1

Notons que, d'après Soudais *et al.* (1998), la conduite de la fertilisation des sorghos sucriers (tableau 4) différerait sensiblement de celle des sorghos grains. En effet, les sorghos sucriers ont une maturité lente à venir en fin de saison (peu de grain et feuillage vert), un excès d'azote entraînerait une maturité encore plus tardive et de forts risques de verse. Pour cette culture, les limites de fumure sont très variables et dépendent beaucoup des réserves du sol et de la minéralisation de l'azote en automne.

Tableau 4 : Exemple de fertilisation préconisée pour le sorgho sucrier (unités/ha ; Chambre d'Agriculture de Haute-Garonne, 1999).

Table 4 : Example of recommended fertilization for a sugar sorghum crop (fertilizer units/ha ; Chambre d'Agriculture of Haute-Garonne, 1999).

Potentiel de rendement	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
de 10 à 14 t MS/ha	70	60	45
de 14 à 18 t MS/ha	90	65	60
de 18 à 22 t MS/ha	110	70	75

* Le sorgho présente des exigences spécifiques vis-à-vis des températures

Le zéro de végétation du sorgho se situe entre 8 et 10°C ; sa bonne levée se réalise à une température du sol avoisinant 12°C. Ces exigences entraînent des préconisations de date de semis plus tardives que pour le

maïs (à partir du 10 mai). Pratiquement, les besoins de température du sorgho se calculent comme pour le maïs, en sommes de températures en base 6°C. La gamme des exigences en sommes de températures est aussi grande pour les sorghos que pour les maïs (tableau 5), mais la zone géographique traditionnelle de culture du sorgho en France est beaucoup plus restreinte que celle du maïs (figure 3). La sensibilité du sorgho aux basses températures (2^e quinzaine d'août pour l'arrivée en fécondation des semis tardifs) et sa fragilité gélive en automne expliquent sans doute cette restriction géographique. Le choix des variétés doit donc tenir compte de ces exigences climatiques.

Tableau 5 : Groupe de précocité et sommes de températures nécessaires au sorgho grain.

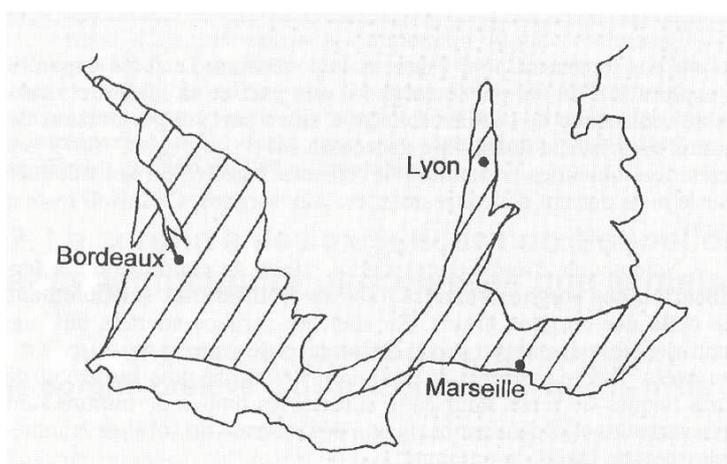
Table 5 : Cumulated temperatures required by grain sorghum according to group of earliness.

Classification courante*	pour l'ensilage	pour le grain
Variétés précoces	1400 - 1500 °C	1700 - 1750 °C
Variétés demi précoces	1550 - 1650 °C	1750 - 1850 °C
Variétés tardives	1650 - 1750 °C	1850 - 1950 °C

* Classification courante plus pertinente pour le sorgho grain que pour le sorgho sucrier

Figure 3 : Zone de culture du sorgho dans le sud de la France (ITCF).

Figure 3 : Area of sorghum cultivation in Southern France (ITCF).



3. Le sorgho assure la régularité de la production en situation séchante

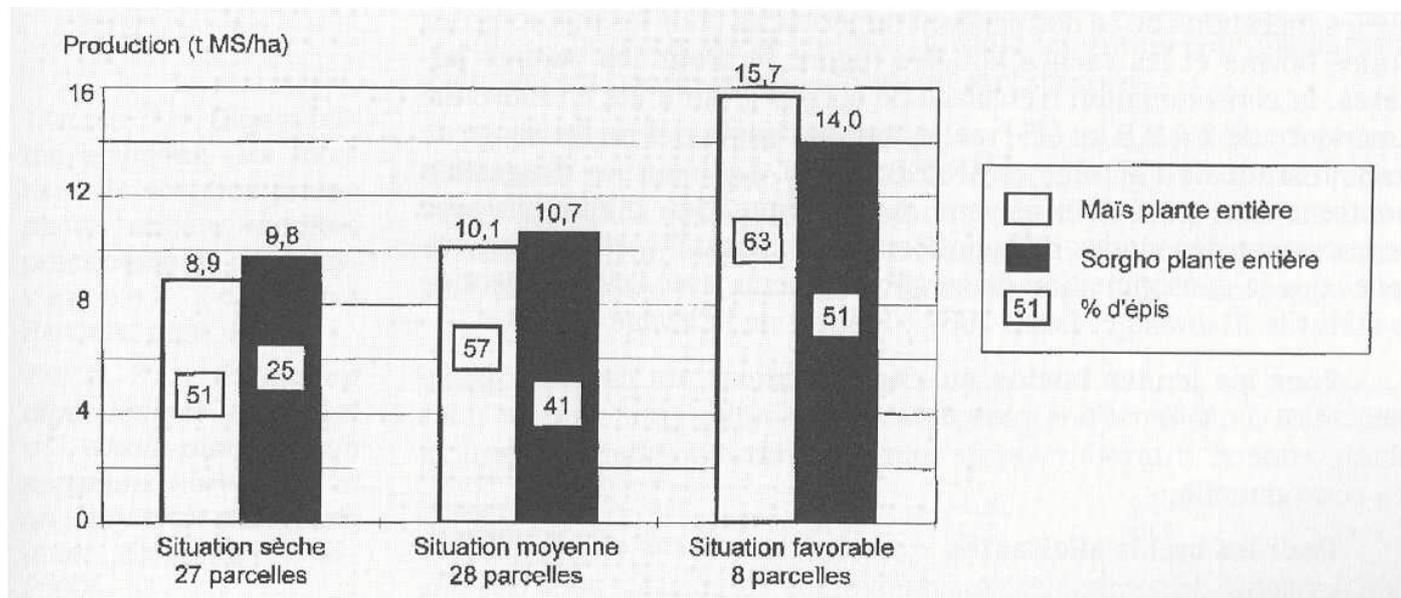
Comment se traduit cette rusticité du sorgho en terme de rendement en plante entière chez les éleveurs ? Dans les comparaisons maïs / sorgho grain plante entière réalisées en grandes parcelles du nord de l'Aquitaine, le sorgho s'est révélé plus performant en situation sèche recevant moins de 200 mm d'eau entre début mai et fin septembre. En revanche, le maïs l'emporte largement dès que l'alimentation en eau redevient favorable avec plus de 300 mm d'eau sur cette même période.

En fait, les rendements du sorgho grain sont régulièrement supérieurs à ceux du maïs lorsque ces derniers ne dépassent pas 10 t MS/ha ; mais dès que les conditions climatiques permettent au maïs de dépasser 12 t MS/ha, celui ci reprend l'avantage (figure 4 ; Le Gall *et al.*, 1994).

Les références de rendement manquent pour le sorgho sucrier. Mais Soudais (1998) note que ce sorgho présente des potentiels de production de biomasse de 10 à 40% supérieurs aux sorghos grains classiques sans irrigation. En situation de sol favorable (lourd et argileux), les rendements des sorghos sucriers atteignent ceux du maïs plante entière en condition irriguée.

Figure 4 : Comparaison de rendements du sorgho grain et du maïs réalisés dans le nord de l'Aquitaine (EDE et Institut de l'Élevage, 1988 à 1990, documents internes).

Figure 4 : Compared yields of grain sorghum and of maize in Northern Aquitaine (EDE and Institut de l'Élevage, 1988 - 1990).



4. La valeur alimentaire du sorgho est assez variable

* Le sorgho est un fourrage facile à ensiler et conserver

Le sorgho est une plante qui s'ensile facilement (à rendement égal, son ensilage demande 10 à 15% de temps en moins qu'un maïs). Cette facilité entraîne parfois une finesse de hachage excessive. Sur un total de 129 échantillons (allant de 25 à 50% MS), Didier (1991) a mesuré la granulométrie moyenne suivante (en MS) : 97 à 100% de particules < 20 mm ; 70 à 80% de particules < 5 mm et 15 à 20% de particules < 2,5 mm. La proportion de particules fines de 2,5 à 5 mm est donc 2 fois plus importante que pour un maïs.

Le tassement est aisé et permet d'augmenter les densités de 15 à 20% par rapport au maïs. Ce gain biaise parfois les estimations rapides des rendements réalisées visuellement.

* L'ingestibilité de l'ensilage de sorgho grain plante entière est élevée

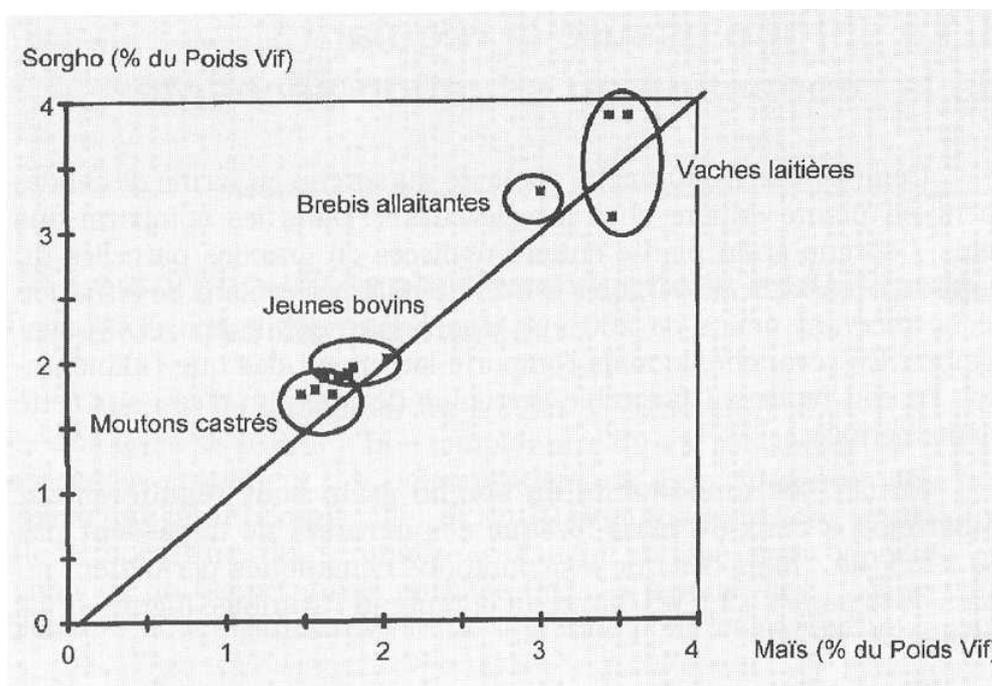
La plupart des essais zootechniques comparant des distributions à volonté d'ensilage de maïs grain à celles de sorgho montrent que les ingestions de ce dernier sont supérieures pour les moutons, les jeunes bovins et les vaches laitières (figure 5). Pour les vaches laitières, la consommation d'ensilage de sorgho grain a été en moyenne supérieure de 2 à 2,8 kg MS/vache/jour par rapport à de l'ensilage de maïs (Institut de l'Élevage et ARPEB, 1990). Les courbes d'ingestion montrent que ces écarts moyens de consommation diminuent avec l'avancement des stades de lactation. Par ailleurs, il a été mis en évidence que la consommation de sorgho augmente avec l'avancement de la maturité (Browning et Lusk, 1967 ; Institut de l'Élevage, 1991).

Pour les jeunes bovins en engraissement, on constate également des consommations plus élevées de sorgho grain que de maïs plante entière. L'introduction de foin de luzerne augmente fortement les consommations.

Pour les brebis allaitantes, toujours dans le cas d'une distribution à volonté de sorgho, les consommations en ensilage sont très élevées : 3,56 kg MS (en % du poids vif), tandis que pour le maïs elles sont de 2,98. (essai de Glanes, SICA CREO, 1994/1995 cité par Mallet, 1999). La finesse de hachage élevée de l'ensilage de sorgho est le principal facteur d'explication de cette meilleure ingestibilité.

Figure 5 : Comparaison des ingestions à volonté d'ensilages de sorgho grain et de maïs (kg MS/100 kg de Poids Vif).

Figure 5 : Compared intakes of grain sorghum and maize silage fed ad libitum (kg DM per 100 kg live weight).



En ce qui concerne le sorgho sucrier, il n'y a pas de référence précise sur les ingestions des bovins. Pour les brebis allaitantes, les indications existantes sont issues de la ferme expérimentale de Glanes (24). Il n'y a eu que des distributions rationnées sans comparaison au maïs plante entière. Cependant, les quantités consommées n'ont pas toujours atteint le niveau de rationnement habituel des sorghos grains fixé à 2 kg MS et lors de la distribution quotidienne, les brebis ont mis plus de temps à consommer l'ensilage de sorgho sucrier que celui de sorgho grain. On peut donc supposer que le sorgho sucrier est moins appétent que le sorgho grain et donc, distribué à volonté, serait moins bien consommé (Mallet, 1999). La teneur en tanins supérieures de certains sorghos sucriers pourrait être une explication de cette différence.

* Le sorgho grain plante entière a une moindre digestibilité que le maïs

Estimée par l'intermédiaire de moutons en cage, la digestibilité (CUD) du sorgho grain plante entière est inférieure à celle du maïs (tableau 6). A 32% MS, des écarts de 4,5 points pour le CUD de la matière organique et de 3,4 points pour la cellulose brute ont été constatés, entraînant des différences de 0,14 UFL/kg MS (Institut de l'Élevage et ARPEB, 1990). Cette différence observée entre ces 2 espèces devrait probablement être imputée à la moins bonne digestibilité de la partie tige + feuilles, puisque les grains sont globalement bien digérés par les moutons servant aux mesures.

Tableau 6 : Digestibilités estimées (sur moutons) du sorgho grain plante entière et du maïs consommés en ensilage (Institut de l'Élevage et ARPEB, 1990).

Table 6 : Estimated digestibilities (by sheep) of silage made from whole-plant grain sorghum and from maize (Institut de l'Élevage and ARPEB, 1990).

	Sorgho grain	Maïs grain
Taux de grain dans la plante entière (%)	48,3	42,9
Taux de Matière Sèche dans la plante entière (%)	31,9	31,8
CUD de la Matière Organique (%)	63,7	68,2
CUD de la Cellulose Brute (%)	51,4	54,8

La digestibilité du sorgho grain plante entière est fortement influencée par son stade de maturité ; entre 30 et 41% de MS (plante entière), le CUD de la matière organique chute 2,4 points et celui de la cellulose brute de 13 points (tableau 7). Cette tendance est confirmée par Brownig et Lusk (1967). Barrière *et al.* (2000) proposent ainsi des valeurs de 0,73 à 0,81 UFL/kg MS pour le stade laitex - pâteux et de 0,71 à 0,80 UFL pour le stade pâteux dur.

Tableau 7 : Digestibilités estimées (sur moutons) de sorghos grains plante entière récoltés précocement ou tardivement (d'après Barrière *et al.*, 2000).

*Table 7 : Estimated digestibilities (by sheep) of whole-plant grain sorghum harvested at an early or at a late date (after Barrière *et al.*, 2000).*

	MS (%)	CUD MO (%)	CUD CB (%)	UFL (/kg MS)
Sorgho grain (n = 5)	30,4	65,1	53,1	0,77
Sorgho grain (n= 4)	41,1	62,5	38,9	0,73
Sorgho sucrier* (n= 12)	28,2	62,3	49,5	0,73

* Résultats 1998 et 1999 avec 3 variétés x 3 répétitions

La variabilité génétique de la digestibilité apparaît importante pour le sorgho grain, mais elle n'est pas encore beaucoup exploitée (Barrière *et al.*, 2000).

S'agissant du sorgho sucrier, les mesures réalisées à l'INRA de Lusignan sur moutons, montrent une moindre digestibilité que pour le sorgho grain au stade laitex - pâteux (tableau 7). Cet écart s'exprime par une différence de 0,04 UFL/kg MS au stade laitex - pâteux, tandis qu'au stade pâteux - dur (41% MS), le sorgho grain a une valeur énergétique nette voisine de celle du sorgho sucrier à 29% MS (Barrière *et al.*, 2000). Relativisons ces résultats défavorables au sorgho sucrier par le fait que la principale variété étudiée a une teneur en tanins supérieure à 0,4% de la MS. Pour d'autres variétés de sorgho sucrier, moins riches en tanins, ces écarts devraient être moindres, mais cela reste à vérifier. D'après Soudais (communication personnelle), le sorgho sucrier devrait être ensilé au delà de 30% MS (plante entière) pour avoir une meilleure digestibilité. Cela reste à confirmer expérimentalement.

* Le sorgho grain plante entière a une valeur azotée un peu supérieure au maïs

La teneur en matières azotées totales (MAT) du sorgho grain est légèrement supérieure à celle du maïs (+ 10 à 20 g/kg MS). La solubilité après conservation est absolument équivalente, tout comme la digestibilité de la MAT mesurée sur mouton. A notre connaissance, il n'y a pas eu de mesure de la cinétique de la dégradation des matières azotées *in vivo* afin d'estimer la DT50.

Pour les PDIN, les valeurs retenues sont comprises entre 58 et 67 g/kg MS, pour les PDIE entre 62 et 68. En revanche, ces valeurs sont plus faibles pour le sorgho sucrier : 50 à 62 g/kg MS pour les PDIN et 50 à 59 g pour les PDIE (Barrière *et al.*, 2000).

* Des valeurs alimentaires à relativiser selon les productions animales pour le sorgho grain ensilé

– Ovins et caprins : une valorisation équivalente à celle d'un ensilage de maïs

Les moutons et les chèvres valorisent bien l'ensilage de sorgho car les grains entiers sont correctement attaqués lors de la rumination et bien dégradés dans la panse. De plus, la coupe fine et régulière diminue le tri et les refus à l'auge. Dans ces conditions, les performances animales permises par le sorgho grain ensilage sont bonnes en comparaison avec le maïs ensilage ; les prises de poids et d'état sont similaires entre les lots de brebis allaitantes et leurs agneaux (tableau 8) ; les croissances sont équivalentes lors de l'engraissement des agneaux (CEESO, à Soual, 1987 cité par Le Gall *et al.*, 1994) et il y a autant de lait et des taux de matières utiles équivalents pour les chèvres (Institut de l'Élevage, à Lusignan, cité par Le Gall *et al.*, 1994).

Tableau 8 : Performances comparées des brebis allaitantes et de leurs agneaux nourries à l'ensilage de sorgho grain ou à l'ensilage de maïs grain (Glane, SICA CREO, 1994/1995 ; Mallet, 1999).

Table 8 : Compared performances of suckling ewes with their lambs, fed grain sorghum silage or grain maize silage (Glane, SICA CREO, 1994/1995 ; Mallet, 1999).

	Ensilage de sorgho grain à volonté + foin de luzerne	Ensilage de maïs grain à volonté + foin de luzerne	Ensilage de sorgho grain rationné + foin de luzerne
Brebis allaitantes			
Ingestion ensilage (kg MS/j)	2,50	2,17	1,63
Ingestion totale (kg MS/j)	3,3	3,0	3,1
Poids au sevrage (kg)	75,6	74,5	71,3
Niveau d'état corporel au sevrage	3,9	3,8	3,4
Agneaux			
Ingestion concentrés (kg brut /j)	0,3	0,28	0,28
GMQ (g/j)	288,3	290,6	283,2

L'ensilage de sorgho devra être réservé aux ovins et caprins à besoins élevés (Le Gall *et al.*, 1994). La plupart des auteurs s'accordent pour affirmer que cet ensilage devrait être légèrement rationné (90% de l'*ad libitum*), associé à un minimum d'aliments grossiers (foin, paille) et convenablement complétement (correcteur azoté, minéraux...).

– Engraissement des jeunes bovins : des croissances équivalentes avec maïs et sorgho pour un indice de consommation du sorgho supérieur

Les essais réalisés par l'Institut de l'Élevage au CEESO de Soual (Didier, 1991) sur des jeunes bovins de races différentes, avec des ensilages de maïs dont la teneur en grain est comparable à celle du sorgho, ont montré que les croissances observées sont globalement identiques pour les deux ensilages distribués à volonté (tableau 9). Les consommations sont toujours plus importantes avec le sorgho (+ 7%), induisant des indices de consommations plus élevés avec le sorgho (+ 6%). Cela révèle une moindre efficacité énergétique des rations contenant de l'ensilage de sorgho. Lorsque elle est estimée par la méthode des bilans, elle est inférieure de 0,08 UFV à celle de l'ensilage de maïs de qualité moyenne.

Tableau 9 : Performances comparées de jeunes bovins alimentés avec de l'ensilage de sorgho grain et de l'ensilage de maïs grain (Soual, synthèse de 5 essais de 1981 à 1987, CEESO, Institut de l'Élevage ; Didier, 1991).

Table 9 : Compared performances of young cattle fed grain sorghum silage or grain maize silage (Soual, synthesis of 5 trials, 1981-1987, CEESO, Institut de l'Élevage ; Didier, 1991).

	Sorgho grain ensilage	Maïs grain ensilage
Ingestion (kg MS/100 kg Poids Vif)	1,91	1,79
Indice de consommation (kg MS/kg gain PV)	6,57	6,14
GMQ (g/j)	1 286	1 281
Rendement carcasse (% du PV)	59,2	59,8
UFV (/kg MS)	0,82	0,90

– Vaches laitières : équivalence entre les sorghos récoltés précocement et des maïs de qualité moyenne

Deux essais menés respectivement au Domaine d'Ognoas (Landes) et un troisième à Poucharamet (Haute-Garonne) ont permis de mesurer la valeur alimentaire de l'ensilage de sorgho pour les vaches laitières en comparaison à l'ensilage de maïs (tableau 10). Lorsque l'ingestion volontaire d'ensilage de sorgho est

nettement plus élevée que celle mesurée pour le maïs (+ 2 à 3 kg MS/vache/j), les performances ne sont pas améliorées (Institut de l'Élevage à Ognos, 1990). Lorsque la distribution de sorgho est rationnée et calée sur l'ingestion à volonté d'un maïs de qualité moyenne, en dépit d'une meilleure teneur en grain, à même niveau d'ingestion, le Taux Protéique des laits produits par les vaches alimentées avec de l'ensilage de sorgho est inférieur de 1,5 g/kg (Institut de l'Élevage à Ognos, 1991). Mais, lorsque la finesse de hachage de l'ensilage de sorgho est excessive (seulement 7% de particules supérieures à 6 mm contre 20 et 60% dans les 2 précédents essais), les fibres nécessaires à la rumination sont insuffisantes et l'ingestion du lot se trouve pénalisée par d'éventuelles acidoses avec des répercussions négatives sur le niveau de production laitière et sa richesse en matières grasses et protéiques (ENSAT à Poucharamet, 1988, cité par Le Gall *et al.*, 1994).

Tableau 10 : Comparaison des performances de vaches laitières nourries avec de l'ensilage de sorgho grain et de l'ensilage de maïs (Le Gall, 1994 ; ARPEB et Institut de l'Élevage, 1993).

Table 10 : Compared performances of dairy cows fed grain sorghum silage or grain maize silage (Le Gall, 1994 ; ARPEB and Institut de l'Élevage, 1993).

Gain obtenu avec : par rapport au témoin Maïs ad libitum	Sorgho ad libitum Ognos (1990) Institut de l'Élevage	Sorgho rationné Ognos (1991) Institut de l'Élevage	Sorgho ad libitum Poucharamet (1989) ENSAT / ITCF
Ingestion totale (kg MS/j)	+ 2,0	+ 0,02	-2,4
Lait brut (kg/j)	- 0,02	- 0,1	-1,1
Taux Butyreux (g/kg)	- 0,02	- 0,07	-1,9
Taux Protéique (g/kg)	- 1,2	- 1,5	-2,2
GMQ (g)	- 70	- 290	-17
Amidon dans les bouses (%)	+ 9	+ 4,4	

Cette baisse de taux protéique constatée dans ces 3 essais est à relier à la valorisation énergétique réelle du sorgho grain ensilage. La présence importante d'amidon dans les bouses (jusqu'à 15%) confirme le problème de l'attaque des grains et une fuite d'une partie de l'énergie disponible.

A 28-32% MS de la plante entière, les grains sont moins durs (45 à 50% MS de l'épillet) et plus facilement attaquables par le rotor de l'ensileuse et par l'animal. Par rapport à un stade pâteux dur, les performances animales sont améliorées, ainsi que la valorisation énergétique du fourrage, de 4% (tableau 11). On observe également une baisse de 13% du rendement brut au champ mais de seulement 8% en récolte consommable, par rapport au stade plus avancé. *In fine*, les performances laitières ramenées à l'hectare restent équivalentes pour les 2 stades de récolte (Ognos, ARPEB et Institut de l'Élevage, 1993).

Tableau 11 : Comparaison de 2 stades de récolte du sorgho grain sur les performances de vaches laitières (Ognos, ARPEB et Institut de l'Élevage, 1993).

Table 11 : Compared effects of 2 harvest stages of grain sorghum on the performances of dairy cows (Ognos, ARPEB and Institut de l'Élevage, 1993).

Stade de récolte	précoce	tardif
Taux de Matière Sèche de la plante entière (%)	29,1	44,9
Taux d'épi dans la Matière Sèche (%)	48,8	75,6
Rendement (t MS/ha)	7,5	8,6
Part consommable après ensilage (%)	94	89
Ingestion totale (kg MS/j)	19,2	19,2
Lait brut (kg/j)	19,4	18,1
Taux Butyreux (g/kg)	41,7	42,5
Taux Protéique (g/kg)	31,0	30,7
GMQ (g)	+ 371	+385
UFL valorisés (/ kg MS)	0,85	0,82
Amidon dans les bouses (%)	14	25,7
Lait 7% / ha (kg/ha)	7 543	7 694

* La valeur alimentaire du sorgho sucrier serait un peu en retrait par rapport au sorgho grain ensilé au stade laiteux - pâteux

Les seules références zootechniques précises ont été obtenues sur brebis allaitantes à Glane. Les performances des brebis et de leurs agneaux consommant de l'ensilage de sorgho sucrier sont plus faibles qu'avec du sorgho grain, confirmant ainsi les mesures de digestibilités citées précédemment. Comme pour ces mesures, la principale variété de sorgho sucrier étudiée est assez riche en tanins, les niveaux d'ingestion et les valorisations seraient pénalisées de ce fait. Tandis qu'avec une variété plus récente, moins riche en tanins, les performances ont été améliorées, sans toutefois atteindre celles permises par le sorgho grain ensilage (Dobbels, 2000). L'amélioration génétique du sorgho sucrier et la commercialisation de nouvelles variétés entraîneront sans doute la révision des rares références actuelles.

* Quelques recommandations pour mieux valoriser l'ensilage de sorgho grain

Pratiquement, pour déterminer le stade optimum de la récolte, il est préférable de prendre pour repère la teneur en matière sèche de l'épillet plutôt que celle de la plante entière. En effet, après une période pluvieuse, l'appareil végétatif peut reverdir alors que les grains nus continuent à durcir. Il est conseillé d'ensiler au stade 45 à 50% MS de l'épi, les grains sont au stade laiteux - pâteux et facilement attaquables.

Ensuite, il est recommandé d'éviter la distribution à volonté de sorgho : la consommation de luxe réalisée par la plupart des ruminants, améliore peu leurs performances.

Si le hachage est trop fin, la fibrosité de la ration est impérativement à améliorer par l'apport de fourrage grossier et de substances tampons pour le rumen.

Si le rejet de grains entiers est important, la vache laitière peut manquer d'énergie rapidement fermentescible ; les concentrés énergétiques doivent compenser ce déficit et ils seront choisis parmi les plus rapidement dégradables.

Enfin, l'ensilage de sorgho s'associe bien avec des foin de luzerne mais aussi avec de l'ensilage de maïs à raison de 50%.

5. La place du sorgho dans le système fourrager

L'intérêt économique du sorgho grain ensilé doit être évalué globalement au niveau de l'exploitation. Dans la plupart des cas, sa place est discutée par rapport au maïs ensilage dans une logique de constitution de stocks.

Les coûts de culture du sorgho sont en général inférieurs à ceux du maïs ensilage ; les performances animales sont parfois en retrait, mais c'est le rendement de chaque fourrage qui est déterminant (tableau 12, Le Gall *et al.*, 1994).

Tableau 12 : Choix des cultures pour la réalisation des stocks fourragers (Le Gall *et al.*, 1994).

Table 12 : Selection of crops for the constitution of forage stores (Le Gall et al., 1994).

Rendement du maïs (t MS/ha)	< 8	8 - 10	10 - 12	>12
Culture préconisée	sorgho, luzerne, prairies	sorgho	sorgho, maïs	maïs

En situation séchante, lorsque le rendement du maïs ne dépasse pas régulièrement 10 t MS/ha, le sorgho a toute sa place. En situation intermédiaire, quand le rendement du sorgho est équivalent à celui du maïs (10 à 12 t/ha), l'économie sur les coûts de culture (de 300 à 800 F/ha) compense le plus fort indice de consommation du sorgho observé en engraissement de jeunes bovins. Mais en production laitière, le gain peut être annulé par une baisse du prix du lait lié au Taux Protéique. En production ovine et caprine, le sorgho reste un fourrage intéressant. En situation hydrique moins limitée, dès que les rendements du maïs deviennent supérieurs à ceux du sorgho (> 12 t MS/ha), le maïs reprend l'avantage économique sur le sorgho.

La place des stocks de fourrages dans le calendrier fourrager est prépondérante dans le raisonnement et dans le choix de l'espèce (Straebler et Le Gall, 1998). En situation séchante, les stocks sont encore plus nécessaires qu'en situation arrosée.

En conclusion

Les raisons qui poussent aux choix de la culture du sorgho grain ensilé en plante entière répondent bien aux interrogations sur l'évolution des systèmes fourragers qui doivent intégrer les nouvelles demandes sociales (Pflimlin, 1998).

Le principal point fort du sorgho reste sa rusticité qui devient un atout vis-à-vis de la diminution des intrants : l'eau et l'azote entre autres. Certains CTE (Contrats Territoriaux d'Exploitation) l'ont bien intégré dans leurs cahiers des charges. Même si la production potentielle du sorgho est plus faible que celle du maïs, son adaptation à des conditions limitantes de croissance, sécheresse et apports limités d'azote, devrait permettre à cette espèce de se développer dans des conditions de culture moins intensives.

Si le sorgho a des atouts indéniables, son appréciation par les éleveurs reste mitigée. Trois raisons peuvent expliquer ce manque d'engouement :

- l'utilisation optimale du sorgho nécessite un autre chantier de semis et de récolte que le maïs, alors que la plupart des éleveurs cherchent aujourd'hui la simplification ;
- l'appréciation des rendements du sorgho et du maïs est faite de façon volumétrique et visuelle et non de façon pondérale, ce qui handicape fortement le sorgho dont la densité au silo est plus élevée que celle du maïs ;
- chez les éleveurs laitiers, à tort ou à raison, les performances zootechniques priment toujours.

Depuis 10 ans, la seule " nouveauté " qui est apparue au niveau de l'utilisation fourragère du sorgho est le sorgho sucrier. De nouvelles variétés, avec peu de tanins, devraient être commercialisées et devraient permettre de développer cette culture, entre autres pour les ruminants à faibles besoins. Les références expérimentales sont peu nombreuses ; un programme est en cours à la ferme expérimentale ovine de Glanes (24). D'autres études devraient suivre pour optimiser les stades de récolte et de rationnement du sorgho sucrier.

Travail présenté aux Journées d'information de l'A.F.P.F.
"Fourrages annuels et environnement",
les 28 et 29 mars 2000.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARPEB et Institut de l'Elevage (1993) : "Le stade optimum de récolte du sorgho grain en ensilage. Valorisation par les vaches laitières", *Ognoas Flash*, n° 26 et 28.

Barrière Y., Emile J.C., Surault F., Traineau R. (2000) : *Valeurs alimentaires des différents types de sorghos ensilés, mesurés sur moutons en cage*, document INRA avril 2000.

Brownig, Lusk (1967) : "Effect of stage of maturity at harvest on nutritive value of combine type grain sorghum silage", *J. of Dairy Sci.*, 81-85.

Chambre d'agriculture de Haute-Garonne (1999) : *Sorgho grain sucrier Super Sile 20*, document 2 pages.

Didier G. (1988) : "Le sorgho grain ensilé en plante entière en engraissement de jeunes bovins", *Annuel de l'éleveur bovin de l'ITEB*.

Didier G. (1991) : *Cultures et utilisation du sorgho grain ensilé en plante entière pour l'engraissement des taurillons*, compte rendu d'essais n°91093, Institut de l'Elevage et CEESO de Soual.

Dobbels M. (2000) : *Résultats d'essai sur les sorghos Top silo et Super Sile*, communication provisoire.

Institut de l'Elevage, ARPEB (1990) et (1991) : *L'utilisation du sorgho grain ensilage comparée au maïs en production laitière bovine*, compte rendu n°91062 et 92081, Institut de l'Elevage.

ITCF : *Zone de cultures potentielle du sorgho grain*.

Langlet, Robelin (1971) : "Sensibilité du maïs et du sorgho au déficit hydrique", *Ann. Agro.*, 404, 425-450.

Le Gall A. *et al.* (1994) : *Sorgho grain ensilage*, document Technipel, Institut de l'Élevage, ITCF, GNIS.

Lemaire G. *et al.* (1991) : *Comparaisons de l'efficience de l'eau, de l'azote prélevé et de la densité racinaire du sorgho et du maïs*, document non publié.

Lemaire G *et al.* (1996a) : "Le prélèvement d'azote par les peuplements végétaux et la production des cultures", *Maîtrise de l'azote dans les agro-systèmes*, Reims, 19 -20 nov. 1996, INRA Editions, n°83, 121 -127.

Lemaire G., Charrier X. et Hébert Y. (1996b) : "Nitrogen uptake capacities of maize and sorghum crops in different nitrogen and water supply conditions", *Agronomie*, 16, 231-246.

Mallet A. (1999) : *L'utilisation de sorgho grain ou sucrier ensilé pour l'alimentation des brebis allaitantes*, mémoire de fin d'études ENESAD.

Monneveux P. *et al.* (1997) : "Amélioration génétique à la tolérance à la sécheresse", *L'eau et l'espace rural*, Riou *et al.* éd., INRA Editions, 6, 121 -142.

Newton M. *et al.* (1986) : "Physiological changes in cultured sorghum cells in response to induced water stress", *Plant Physiol.*, 81, 626 - 629.

Pflimlin A. (1998) : "Risques climatiques et sécurités fouragères selon les régions d'élevage. Cas de la sécheresse", *Fourrages*, 156, 541-556.

Plenet D. *et al.* (1997) : "Maize and sorghum", *Diagnosis of nitrogen crops*, Lemaire Ed., 94-106.

Soudais *et al.* (1998) : *Le sorgho grain ensilage*, document des Journées d'été de la Confédération Paysanne FADEA, Saint Gaudens, 24 au 27 août 1998, Chambre d'agriculture de Haute-Garonne.

Straëbler M., Le Gall A. (1998) : "Luzerne, sorgho et betterave. Trois cultures fourragères sécurisantes en conditions sèches ou froides", *Fourrages*, 156, 573 - 587.

SUMMARY

Utilization of grain and sugar sorghum whole plants for silage : advantages and limitations in dry regions

Sorghum is a rather hardy crop, and inputs such as water and nitrogen may be readily controlled. Its root system is dense and much branched, well able to extract water and minerals from the soil. When water is limiting, the ratio of absorbed nitrogen to water is better than that of maize, so that the amount of residual nitrogen left in the soil after harvest should be smaller ; moreover, its whole-plant yield and the quality of its forage are less affected by drought than those of maize. The grain content of sorghum remains high, getting stabilized at about 50%, while that of maize may plummet ; the better energy value of its silage is thus an asset for grain sorghum. Sheep and goats utilize the grain of sorghum always well ; but with cattle, the grain has to be harvested at the milky-doughy stage ; this forage, finely chopped, should not be fed to cattle *ad libitum* ; otherwise it could be over-consumed. Whole plant silage of sorghum can be a high-quality stored forage ; this is a security for fragile systems that suffer from intense summer droughts. Another advantage of sorghum for animal farmers is that its production costs are relatively low, comparatively to those of maize.