

Intérêts des sorghos dans les rations de vaches laitières et face au réchauffement climatique

F. Blot¹, J. Tourneux¹

RESUME

Le maïs ensilage est historiquement le fourrage dominant dans les systèmes fourragers des élevages de Vendée et de Charente Maritime, mais de nombreux éleveurs étaient à la recherche d'un fourrage complémentaire qui pourrait diluer sa teneur en amidon sans pour autant déconcentrer la ration en énergie. De plus, avec l'augmentation de la fréquence des aléas climatiques et du déficit hydrique en période estivale, qui impactent de plus en plus la qualité et le rendement du maïs ensilage, les éleveurs souhaitaient trouver une culture moins gourmande en eau et supportant mieux les fortes températures. Pour essayer de répondre à ces problématiques, le sorgho fut testé dans plusieurs élevages. Dès les premières années, le constat fut le même pour tous les éleveurs. Le sorgho résiste mieux aux fortes chaleurs et au déficit hydrique que le maïs et il apporte une réelle plus-value dans les rations grâce à sa valeur énergétique sous forme de sucres et de cellulose très digestible. Le sorgho fourrager monocoupe BMR (Brown Mid Rib) a permis d'augmenter les taux butyreux dans les élevages et d'améliorer l'état sanitaire (taux cellulaire, boiteries...) des troupeaux dans la très grande majorité des cas. Cependant, le sorgho est une plante compliquée à cultiver du fait de sa faible vitesse d'implantation, de sa sensibilité au salissement et de son risque de verse en fin de cycle. Lors des premiers essais, l'itinéraire technique n'était pas suffisamment maîtrisé et cela a conduit à des échecs. Les éleveurs ont persévéré, conscients de l'impact positif sur leurs animaux permis par l'intégration du sorgho dans leurs rations. Aujourd'hui, même si l'itinéraire du sorgho reste plus compliqué que celui d'un maïs, il est beaucoup mieux connu et maîtrisé.

SUMMARY

Dealing with climate change: incorporating different sorghum types into dairy cow rations

Silage maize has historically played a dominant role in the forage systems of livestock farms in Vendée and Charente Maritime. However, many farmers were looking for a complementary source of forage to counterbalance the maize's starch content without overly diluting its energetic value. Additionally, the climate is growing less predictable and summer water shortages are on the rise, two factors that are impacting silage maize quality and yield. Livestock farmers have been wanting a crop that requires less water and that can cope with high temperatures. To address these issues, we tested sorghum use on several farms. From the beginning, all the farmers observed the same results. Compared to maize, sorghum is more resistant to high temperatures and water shortages. It also adds concrete value to rations because of its energy value, which comes from sugars and highly digestible cellulose. Brown midrib (BMR) single-cut forage sorghum has allowed farms to increase the fat content of their products and improve herd health (e.g., better cell counts, reduced lameness), largely because the ration has a more reliable nutritional value. That said, sorghum is a complicated plant to grow because of its low establishment speed, sensitivity to weed infestation, and risk of contracting eyespot at the end of the cycle. In early trials, it was difficult to master the growth regime, which led to a number of failures. However, farmers persevered because they were aware of the benefits of including sorghum in their animals' rations. At present, although sorghum remains more difficult to grow than maize, farmers have a much better understanding and greater mastery of the necessary regime.

Le maïs ensilage est historiquement le fourrage dominant dans les systèmes fourragers des élevages de Vendée et de Charente Maritime, mais de nombreux éleveurs étaient à la recherche d'un fourrage complémentaire qui pourrait diluer sa teneur en amidon sans pour autant déconcentrer la ration en énergie. De plus, avec l'augmentation de la fréquence des aléas climatiques et du déficit hydrique en période estivale, qui impactent de plus en plus la qualité et le rendement du maïs ensilage, les éleveurs souhaitaient trouver une culture moins gourmande en eau et supportant mieux les fortes températures. Pour essayer de répondre à ces

problématiques, le sorgho fut testé dans plusieurs élevages. Cet article présente le retour d'expérience d'éleveurs de cette région, en termes de choix des sorghos à utiliser, de conditions de réussite en fonction des années climatiques, en particulier l'efficacité d'utilisation de l'eau et de l'azote.

1. Quels sorghos utiliser dans les rations de vaches laitières ?

Il existe une multitude de sorghos avec des usages variés et il est parfois difficile de s'y retrouver. En fonction de leur destination, nous allons distinguer trois

AUTEURS

1 : SEENOVIA, Les Rochettes CS 10015 85000 LA ROCHE SUR YON ; florian.blot@seenovia.fr

MOTS-CLES : Sorgho, mono-coupe, multi-coupe, essais techniques

KEY-WORDS: sorghum, single-cut, multi-cut forage, trials

REFERENCE DE L'ARTICLE : Blot F., Tourneux J., (2020). « Intérêts des sorghos dans les rations de vaches laitières et face au réchauffement climatique », Fourrages, 244, 63-68

grands types de sorghos : les sorghos biomasses qui ont pour objectif de faire un maximum de rendement et qui sont principalement destinés à la méthanisation ou à l'industrie de la papeterie ; les sorghos grain destinés à l'alimentation humaine et animale et enfin les sorghos fourragers. Ce sont ces derniers qui nous intéressent pour l'alimentation des ruminants.

1.1. Les sorghos fourragers mono-coupe ou les sorghos multi-coupes

Dans la catégorie des sorghos fourragers, nous allons retrouver des sorghos multi-coupes (sudan x sudan), les hybrides (sudan x sorgho) et les sorghos mono-coupe. Les premiers sont plus feuillus avec des tiges plus fines que les hybrides qui ont un potentiel de rendement plus élevé. Ces deux types de sorghos fourragers multi-coupes ont la capacité, comme leur nom l'indique, de repousser une fois récolté. En revanche, ils ont une valeur énergétique relativement faible. Ils sont destinés autant au pâturage qu'à la fauche. Dans l'objectif de produire un fourrage riche en énergie qui pourrait se substituer au maïs, nous allons plutôt nous intéresser au sorgho fourrager mono-coupe au potentiel de rendement plus important et exploitable en une seule fois en ensilage.

1.2. Le gène BMR améliore la valeur énergétique du sorgho

Dans les sorghos fourragers mono-coupe, il est primordial de distinguer les sorghos sucriers communs des sorghos sucriers BMR (« Brown Mid Rid » ou « Nervure centrale brune »). Les sorghos possédant ce gène BMR ont la particularité d'avoir une moindre lignification, ce qui améliore la digestibilité de leurs fibres et leur permet ainsi d'avoir des valeurs énergétiques et supérieures aux sorghos sucriers communs et équivalentes aux maïs ensilages (Figure 1).

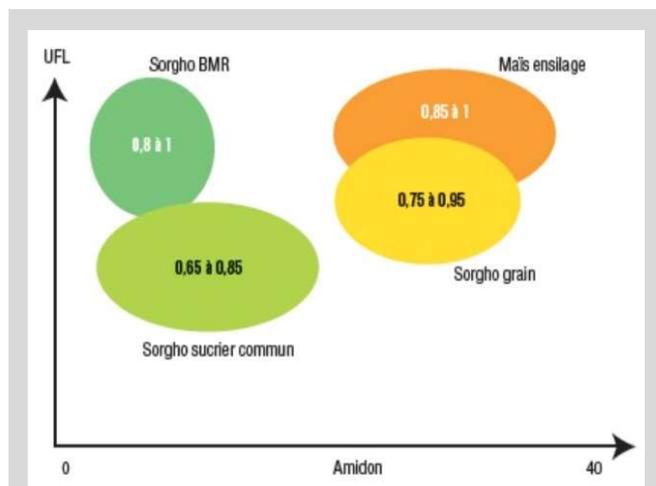


FIGURE 1 : Profil énergétique des sorghos et du maïs (source : ARVALIS – Institut du végétal)
Figure 1: Energy profiles of the sorghums and the maize

1.3. Différents types de sorghos fourragers BMR mono-coupe

Il existe différents types de sorghos fourragers BMR mono-coupe (Figure 2) :

- Les **sorghos sucriers grains** procèdent une panicule avec du grain dont le stade peut servir d'indicateur pour la récolte. Lorsqu'ils sont récoltés au bon stade, ils sont riches en sucres et ont des fibres très digestibles, ce qui leur confère une valeur énergétique élevée. Ces sorghos sont aussi les plus précoces en maturité, ce qui leur permet d'avoir un taux de matière sèche plus élevé à la récolte (environ 28%). Cependant, du fait du poids de leur panicule et de leur fibres moins ligneuses (digestibilité), ces sorghos sont les plus sensibles à la verse.
- Les « **photopériodes sensibles** » (**PPS**) ont la particularité de ne pas faire d'épis. Ces sorghos ont un plus gros potentiel de rendement. Ils démarrent bien en végétation et résistent mieux à la verse. Ils ont un taux de cellulose plus élevé et une digestibilité plus faible que les sorghos sucriers grains et les mâles stériles (Tableau 1). Ceci pénalise légèrement leurs valeurs énergétiques. Il est aussi généralement difficile d'obtenir un taux de matière sèche supérieure à 23% avec ce type de sorgho en Pays de la Loire, malgré des durées de végétation de 130 à 150 jours.
- Les **mâles stériles (MS)** ont une panicule sans grain, ce qui les rend moins sensibles à la verse que les sucriers grains tout en gardant d'excellentes valeurs alimentaires (Tableau 1). Ces sorghos sont moins tardifs que les photopériodes sensibles (PPS) et on peut ainsi les ensiler à un taux de matière sèche de 25 à 28%.

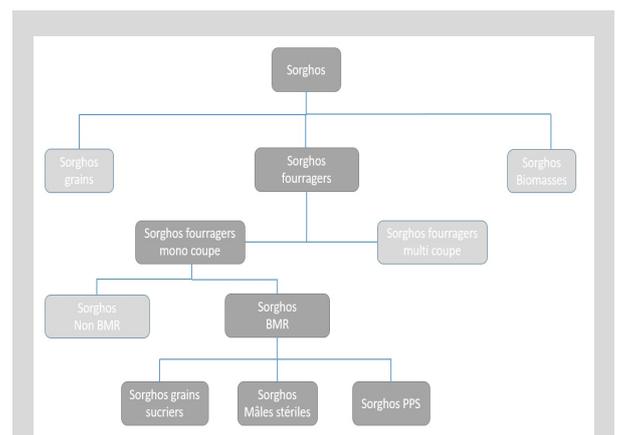


FIGURE 2 : Arborescence des différents types de sorgho

Figure 2: Tree diagram of the different sorghum types

Afin d'obtenir le meilleur compromis entre la valeur alimentaire, le rendement et le risque de verse, il est

recommandé d'effectuer des mélanges des différents types de sorghos fourragers BMR mono-coupe. Après plusieurs tentatives, deux mélanges ont été trouvés :

- 50% mâles stériles + 50 % photopériodes sensibles (PPS)
- 50% photopériodes sensibles (PPS) + 25% mâles stériles + 25% sorghos sucriers grains

Le premier mélange permet d'assurer un rendement plus important et de limiter le risque de verse grâce aux sorghos photopériodes sensibles alors que les mâles stériles permettent d'améliorer les valeurs alimentaires et d'augmenter la matière sèche de l'ensilage à la récolte. Le second mélange a les mêmes caractéristiques que le premier mais l'incorporation de sorghos sucriers grains, à hauteur de 25%, permet d'améliorer légèrement les valeurs alimentaires et d'apporter avec le grain un indicateur de récolte pour les agriculteurs.

| | Sucriers grains BMR | PPS- BMR | Mâles stériles BMR |
|---------------------------|---------------------|-------------|--------------------|
| Nombre d'échantillons | 1341 | 874 | 462 |
| Amidon (% MS) | 6,9 | 2,6 | 4,7 |
| Sucres solubles (% MS) | 19,6 | 19 | 20,7 |
| dMO (%) | 78,8 | 74,1 | 77,1 |
| UFL vert (/kgMS) | 0,99 | 0,9 | 0,96 |
| Rendement (tMS/ha) | 12,9 | 16,3 | 13 |

TABLEAU 1 : Valeurs des différents types de sorghos BMR (source : ARVALIS communication journée technique fourrage 2018)

Table 1: Values of the different types of BMR sorghum

2. Conditions de réussite du sorgho fourrager mono-coupe BMR

2.1. Le semis

La graine de sorgho fourrager mono-coupe étant petite, il est important de réaliser un lit de semence fin, sans mottes. Le travail du sol sera plus ou moins facilité en fonction du précédent, il est également primordial d'attendre que le sol soit suffisamment réchauffé (12°C) pour semer. Ceci correspond à des semis aux alentours du 20 mai en Vendée. Après de multiples essais, la dose de semis optimum est de 150 000 graines par hectare lorsque l'on sème avec un semoir mono-graine et un écartement entre rangs de 75 cm et de 180 000 lorsque le semis est réalisé avec un écartement entre rangs de 50 cm. Les graines doivent être positionnées à une profondeur de 3 à 4 cm afin de profiter de la fraîcheur du sol pour faciliter la levée et assurer l'ancrage des racines.

2.2. Maitrise des adventices

Le sorgho fourrager mono-coupe est très sensible à la concurrence des adventices. Pour les maîtriser, cela commence par le choix du précédent, par la réalisation de faux semis avant l'implantation du sorgho puis par un désherbage chimique à base d'anti-graminées et d'anti-dicotylédones au stade 3 feuilles. Un rattrapage anti-dicotylédones est possible au stade 6-8 feuilles. Le binage est aussi une alternative intéressante pour contrôler le salissement et peut être réalisé même si la parcelle est propre, afin de booster la croissance du sorgho.

3. Intérêt du sorgho face au réchauffement climatique

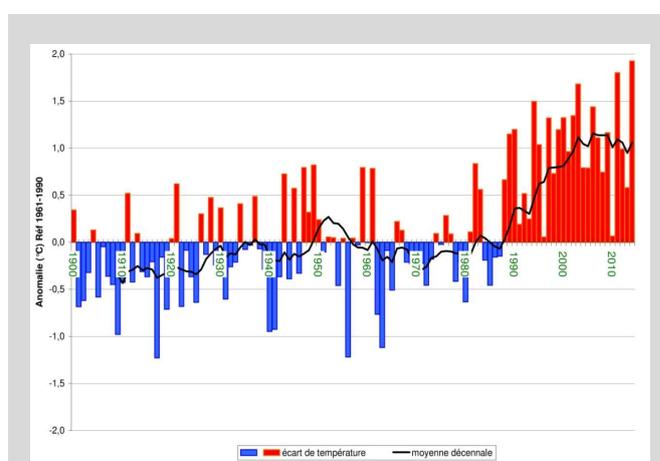


FIGURE 3 : Ecart des températures annuelles par rapport à la moyenne décennale en France métropolitaine (source : Météo-France)

Figure 3 : Variation in annual temperatures relative to the decade average for mainland France

Considérées comme exceptionnelles il y a encore quelques années en France, les sécheresses deviennent de plus en plus fréquentes et s'annoncent comme la norme dans les années à venir.

Lorsqu'on regarde l'évolution des températures en France (Figure 3), on remarque que chaque année, depuis 30 ans, la température est supérieure à la moyenne décennale lissée. Tous les dix ans, nous gagnons en moyenne quatre jours à plus de 25°C par an et nous perdons 4 jours de gel par an tous les 10 ans. L'étude Climalait a mis en évidence que, dans les années à venir, la température augmentera plus rapidement l'été que l'hiver (+ 5°C contre + 2°C à l'horizon 2060-2100). Cette étude a aussi montré que les pics de chaleurs seront plus fréquents et plus précoces et qu'il n'y aura pas forcément de diminution du cumul annuel de précipitation, mais que sa répartition serait différente avec des précipitations plus importantes l'hiver et l'automne et moins importantes l'été. Il semble donc que les systèmes fourragers vont devoir s'adapter à des

sécheresses qui deviendraient des phénomènes climatiques récurrents. Ces conditions météorologiques fragilisent la place du maïs dans nos systèmes et nous amène à nous intéresser à d'autres cultures comme le sorgho, qui semble moins sensible au stress hydrique.

3.1. Une meilleure valorisation de l'eau par le sorgho

Afin de tester dans quelle mesure la culture du sorgho fourrager peut être une réelle alternative améliorant la résilience des systèmes fourragers face aux sécheresses, des études ont été réalisées à l'INRAE de Lusignan afin de comparer le comportement du sorgho grain et du maïs en conditions hydriques non limitantes et en conditions de sécheresse.

| | Irrigué | | Sec | |
|--|---------|--------|------|--------|
| | Maïs | Sorgho | Maïs | Sorgho |
| Production de Matière Sèche (t/ha) | 24 | 18 | 9 | 13 |
| Consommation d'eau (mm) | 615 | 480 | 300 | 310 |
| Efficience de l'eau (kg MS/ha/mm H ₂ O) | 39 | 37 | 30 | 42 |
| Prélèvement d'azote (kg N/ha) | 288 | 290 | 135 | 240 |
| Prélèvement d'azote (kg N/ha/mm H ₂ O) | 0.47 | 0.60 | 0.33 | 0.74 |

TABEAU 2 : Comparaison de la production de matière sèche, de la consommation totale d'eau (irrigation, pluie, réserve du sol), de l'efficience de l'eau et des prélèvements d'azote entre un maïs et un sorgho récolté en ensilage à l'INRA de Lusignan (D'après Lemaitre et al., 1996)

Table 2: Comparison of dry matter production, total water consumption (irrigation, rainfall, soil reserves), water use efficiency, and nitrogen uptake for silage maize and sorghum at the INRAE experimental unit in Lusignan (based on Lemaitre et al., 1996)

Il ressort de l'étude de Lemaitre et al., 1996 (Tableau 2), qu'en conditions hydriques non limitantes, le maïs ensilage a une production supérieure au sorgho grain. Cependant, pour produire 24 tonnes de matière sèche, le maïs a eu une consommation d'eau totale (irrigation, pluie, réserve du sol) de 615 mm, ce qui conduit à une efficience de l'eau de 39 kg de MS/ha/mm d'eau contre 37 pour le sorgho grain. Dans ces conditions d'alimentation hydrique favorables, le sorgho grain est moins performant que le maïs à cause de son potentiel de production plus faible. A l'inverse, en condition de stress hydrique, le sorgho a une meilleure productivité que le maïs (13 vs 9 tonnes de MS/ha) grâce à une meilleure efficience de l'eau (42 vs 30 kg de MS/ha/mm d'eau). En conditions de sécheresse, le sorgho augmente son efficience de l'eau (42 vs 37) alors que celle du maïs diminue (30 vs 39). Il y a donc une

inversion du potentiel de production et d'efficience de l'eau lorsqu'on passe d'une situation irriguée (non limitante en eau) à une situation de sécheresse.

Cette expérimentation date de plus de 20 ans et sur des génétiques de sorghos différentes de celles utilisées aujourd'hui pour faire de l'ensilage. Il faut donc analyser ces données avec prudence. Cependant, les constats terrains confirment ces résultats comme peut l'illustrer le témoignage des journées AFPF 2018 (Manteaux et al., 2018) où, en conditions de sécheresse et sans irrigation, le rendement du maïs ensilage a diminué de 40% alors que celui du sorgho fourrager mono-coupe n'a diminué que de 20%.

3.2. Une meilleure efficience de l'azote

Dans la même étude, nous constatons que la capacité d'absorption de l'azote du sorgho est peu affectée par la sécheresse contrairement à celle du maïs qui est fortement réduite. Selon Lemaitre et al. (1996), ceci pourrait être une des raisons qui expliquerait les différences d'efficience de l'eau entre le maïs et le sorgho en conditions séchantes.

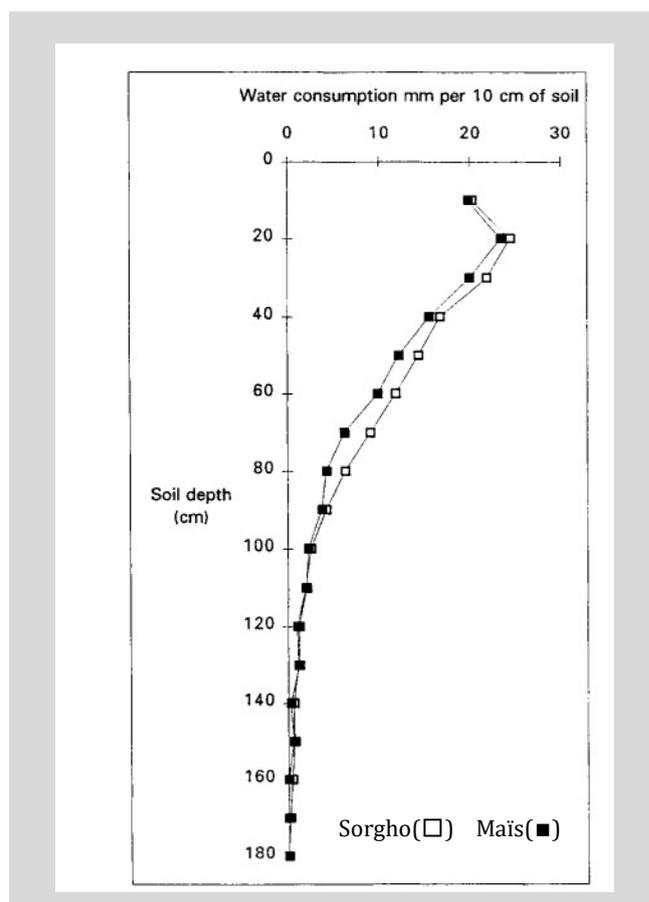


FIGURE 4 : Consommation d'eau tous les 10cm de sol pour le sorgho et le maïs en condition non irriguée (Source : Lemaitre et al., 1996)

Figure 4: Water consumption by sorghum and maize within each 10-cm soil layer under non-irrigated conditions

3.3. Un système racinaire dense

L'intérêt du sorgho par rapport au maïs réside dans sa meilleure utilisation de l'eau disponible (Figure 4) en situation limitante. Le sorgho présente un système racinaire plus dense et ramifié que le maïs ce qui lui procure une capacité d'extraction d'eau supérieure au maïs à chaque couche de sol, de la surface du sol jusqu'à un mètre. Ce développement racinaire plus important (Figure 5) permet de mieux explorer le sol et d'avoir accès à plus d'eau disponible que le maïs, en période sèche. Pour 1 mm d'eau, la production de matière sèche par hectare du sorgho est de 42 kg contre 30 kg pour le maïs, soit + 40%. En revanche, lorsque les conditions hydriques sont non limitantes (irrigation ou bonne réserve utile), le potentiel de rendement du sorgho reste inférieur à celui du maïs. L'ensilage de sorgho est une véritable alternative au maïs ensilage en situation séchante ou lorsque l'irrigation est limitée.

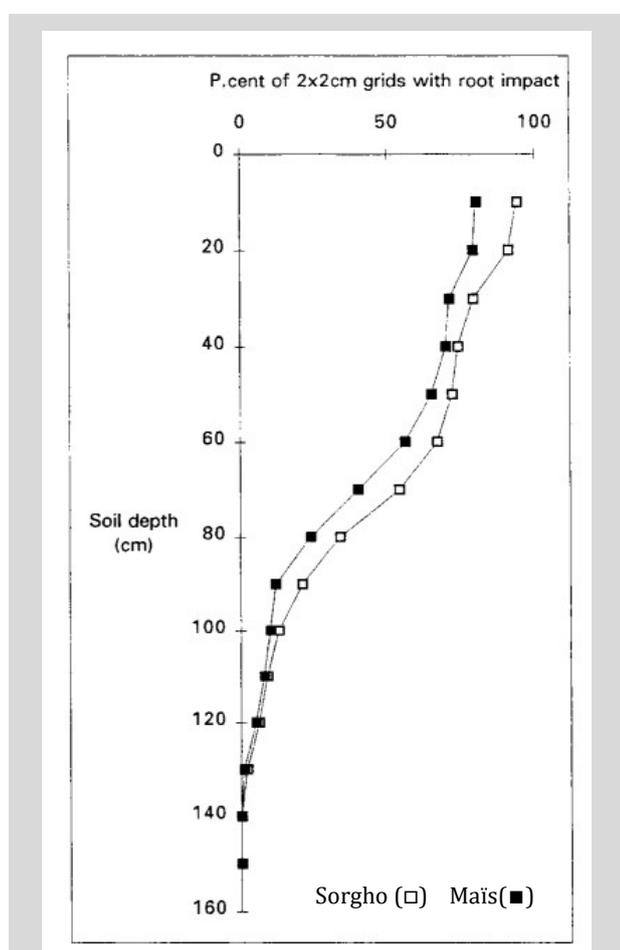


FIGURE 5 : Profils de la densité racinaire du sorgho et du maïs (Source : Lemaitre et al., 1996)

Figure 5: Root density profiles for sorghum and maize

4. Le sorgho BMR mono-coupe, un complément idéal au maïs fourrage

4.1. Une valeur énergétique élevée avec une faible teneur en amidon

Le maïs ensilage, par sa très bonne valeur énergétique et son potentiel de rendement, tient une place importante dans les systèmes fourragers. Cependant, ce fourrage riche en amidon peut poser des problèmes dans les rations lorsqu'il tient une part trop importante. Les sorghos mono-coupe BMR ont pour principale caractéristique d'avoir une valeur énergétique élevée. Cette valeur énergétique est permise par la forte digestibilité de leurs fibres et par les sucres qu'ils contiennent. Dans les systèmes alimentaires à base de maïs ensilage, cela permet de diluer la teneur en amidon de la ration et d'apporter plus de cellulose très digestible sans diluer la ration en énergie.

4.2. L'incorporation du sorgho BMR dans les rations.

Comme démontré par Brunschwig et Lamy (2008) (Tableau 3), nous avons constaté au sein de SEENOVIA qu'au-dessus un certain taux d'incorporation dans les rations, le sorgho mono-coupe BMR faisait baisser l'ingestion. Ce phénomène est d'autant plus vrai que l'ensilage de sorgho est humide. Après avoir essayé plusieurs niveaux d'incorporation du sorgho BMR dans les rations, nous en sommes arrivés à la conclusion que le meilleur compromis se trouvait entre 25 et 30% de la part totale de fourrage en kg de matière sèche. En effet, en dessous de ce taux d'incorporation, l'impact du sorgho sur les performances techniques des animaux n'est pas significatif et, au-delà de ce taux, le sorgho pénalise l'ingestion.

| Performances zootechniques | EM 100% | EM 50% + SO 50% | Ecart Essai-témoin |
|----------------------------|---------|-----------------|--------------------|
| Ingestion totale (kg MS/j) | 24,2 | 22,2 | - 2,0 * |
| Lait brut (kg/j) | 29,6 | 28,7 | - 0,9 |
| Lait 4% (kg/j) | 29,3 | 30,4 | + 1,1 * |
| MG (g/j) | 1168 | 1259 | + 91 |
| MP (g/j) | 1007 | 977 | - 30 |
| TB (g/kg) | 39,5 | 43,9 | + 4,4 * |
| TP (g/kg) | 34,1 | 34,0 | - 0,1 |
| Urée (mg/l) | 350 | 321 | - 29 * |

TABLEAU 3 : Comparaison des performances zootechniques des vaches laitières entre un régime 100% ensilage de maïs et un régime 50% ensilage de maïs 50% ensilage de sorgho (Source : Brunschwig P. et Lamy J.M., 2008)

Table 3: Comparison of zootechnical performance of dairy cows fed a diet of 100% silage maize versus a diet of 50% silage maize/50% silage sorghum

4.3. Une augmentation du taux butyreux et amélioration de l'état sanitaire

Dans les élevages que nous suivons, nous avons pu constater, lors de l'incorporation du sorgho BMR dans les rations, une augmentation du taux butyreux (TB). Ces observations corroborent les résultats de Brunschwig et Lamy (2008) (Tableau 3) sur l'augmentation du TB avec l'incorporation du sorgho mono-coupe BMR dans la ration. Cependant, en travaillant avec des niveaux d'incorporation de sorgho dans les rations plus faibles que ces auteurs, nous n'avons pas observé de baisse de la production laitière. De plus, dans beaucoup de cas, l'ajout de sorgho BMR dans les rations a permis l'amélioration des taux cellulaires des animaux (Figure 6) et a conduit à l'amélioration des résultats de reproduction. Lors de l'incorporation de sorgho dans les rations, nous constatons également la plupart du temps une diminution du nombre de boiteries.

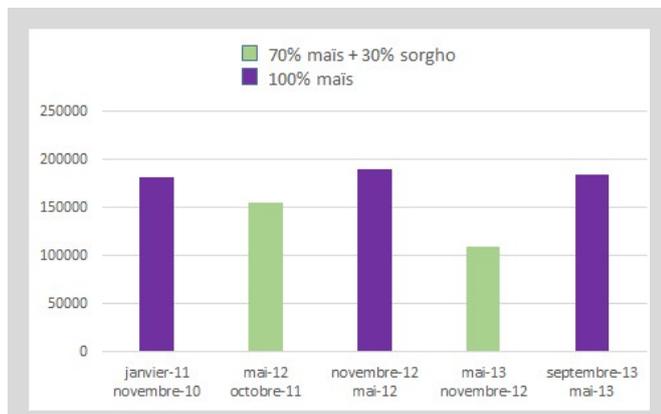


FIGURE 6 : Evolution du taux cellulaire de l'EARL le sorbier (85) en fonction du type de ration

Figure 6 : Changes in cell counts of livestock as a function of ration type at the EARL Le Sorbier farm (85)

L'amélioration des résultats de reproduction, cellulaires et de boiteries constatées dans les élevages ayant incorporé du sorgho fourrager BMR dans la ration des vaches laitières s'explique par un meilleur équilibre de la ration grâce à l'incorporation d'un fourrage pauvre en amidon et riche en cellulose très digestible.

Les sorghos fourragers BMR se caractérisent aussi par une très bonne conservation permise par une quantité de sucres importante, un faible pouvoir tampon et un tassage du fourrage facilité par sa faible matière sèche. Au bout de 3 semaines, les silos sont bien stabilisés avec des températures beaucoup plus basses que n'importe quel autre ensilage. Certains de nos adhérents étalent même une couche de sorgho sur les silos de maïs pour améliorer la conservation de ces derniers.

Conclusion

Les atouts du sorgho, en alternative à une partie du maïs, sont multiples : meilleure adaptation à des disponibilités en eau limitées, bonne valeur alimentaire, bénéfiques sur la santé animale, ... Cependant il est important de se repérer dans la grande famille des sorghos entre les fourragers, les grains, les biomasses, les mono-coupes, les multi-coupes, les BMR... De plus, la conduite agronomique du sorgho fourrager BMR est plus difficile à réussir que celle d'un maïs. L'itinéraire technique doit être respecté à la lettre : choix du précédent, des variétés, mode de semis, dose et profondeur de semis, fumure, désherbage, binage, conduite de l'irrigation (quand elle est présente), organisation de la récolte... Ces difficultés peuvent conduire à des échecs et décourager.

Depuis plus de 10 ans, SEENOVIA a accompagné des dizaines d'éleveurs sur la culture du sorgho et aujourd'hui, environ 150 élevages sur la Vendée et la Charente Maritime produisent du sorgho fourrager pour nourrir leurs animaux. Une petite partie des éleveurs a arrêté le sorgho à cause de l'itinéraire cultural tout en regrettant les bénéfices que le sorgho apportait dans leur ration. Le sorgho peut difficilement être le fourrage principal d'un système fourrager mais il apporte une réelle plus-value dans les rations (taux butyreux et état sanitaire) et il est une des réponses à l'adaptation des systèmes fourragers au réchauffement climatique grâce à son moindre besoin en eau et à sa faculté à repartir en végétation après un stress hydrique.

Article accepté pour publication le 22 décembre 2020

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

- Brunschwig P., Lamy JM., (2008). « Évaluation des mélanges de céréales-légumineuses immatures et des ensilages de sorgho pour l'alimentation des vaches laitières en situation sèche ». 15e Journées 3R Rencontres Recherches Ruminants, Paris, 205-208
- CNIEL, ARVALIS, BPL, les Chambres d'Agriculture, L'INRA, l'IDEL et Météo France (2018). « Etude CLIMALAIT Pour l'adaptation des élevages laitiers au changement climatique ». (en accès libre sur <http://www.idel.fr>).
- Ferard A., Chauveau H., (2018). « Sorghos fourragers : différents types pour différentes valorisations », *journée technique fourrages*, Rennes
- Lemaire G., Charrier X., Hebert Y., (1996). « Nitrogen uptake capacities of maize and sorghum crops in different nitrogen and water supply conditions ». *Agronomie* 16, 231-246.
- Lemaire G., (2008). « Sécheresse et production fourragère », *Innovations Agronomiques* (2008) 2, 107-123
- Manteaux J.P., Tresh P., Bouchage C., Chevalier J.P., (2018) « Assolements sécurisés et rations diversifiées ; témoignage sur la réussite de l'introduction de la double culture méteil-sorgho fourrager monocoupe dans le Nord Drôme », *Journée AFFF 2018*
- METEO France « Le réchauffement climatique observé à l'échelle du globe et en France ». (en accès libre sur <http://www.meteofrance.fr>)