

Rendement en sucres du millet perlé et du sorgho sucrés et ensilabilité du résidu fourrager

AMÉLIA DOS PASSOS BERNARDES¹, ANNE VANASSE¹, GAËTAN TREMBLAY²,
GILLES BÉLANGER² ET PHILIPPE SEGUIN³

¹Département de phytologie, Université Laval, 2425 rue de l'agriculture, Québec (Québec) G1V 0A6

²Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 2560 Boulevard Hochelaga, Québec (Québec) G1V 2J3

³Department of Plant Science, Université McGill, Campus Macdonald, 2111 Lakeshore Road, Sainte-Anne-de-Bellevue (Québec) H9X 3V9

Courriel : amelia.dos-passos-bernardes.1@ulaval.ca

Mots clés : *Pennisetum glaucum* (L.) R.Br, *Sorghum bicolor* L., dates de récolte, valeur nutritive

Introduction

Parmi les cultures potentielles pour la filière énergétique, le millet perlé sucré et le sorgho sucré présentent beaucoup d'avantages. Ces cultures possèdent un rendement élevé en biomasse dans l'est du Canada (AERC, 2007; Bouchard et al., 2011), elles sont riches en sucres facilement fermentescibles et elles ont une bonne tolérance à la sécheresse et aux sols peu fertiles (Andrews et Kumar, 1992). Le millet perlé et le sorgho sucrés peuvent être considérés comme des cultures à double vocation, soit pour la production d'un jus sucré pouvant servir à la fabrication d'éthanol et pour la production d'un résidu fourrager obtenu après le pressage de la biomasse et utilisé en alimentation animale. Le moment de la récolte a une grande influence sur la production et la valeur nutritive de la biomasse du millet perlé et du sorgho sucrés. Des travaux réalisés avec le millet perlé sucré (Leblanc et al., 2011) ont montré que les récoltes effectuées de la fin août jusqu'à la fin septembre entraînent une augmentation du rendement en biomasse et en sucres, tandis que celles effectuées au début du mois d'août permettent d'obtenir un fourrage de meilleure valeur nutritive. La longueur du délai entre le hachage et le pressage de la biomasse peut avoir des effets sur la teneur en sucres du jus extrait; ces effets ne sont pas connus et ils représentent une information importante pour la filière. Dans ce contexte, ce projet vise à préciser les effets de l'espèce, de la date de récolte et du délai entre le hachage et le pressage de la biomasse du millet perlé sucré et du sorgho sucré sur la concentration en glucides non structuraux (GNS), le rendement en matière sèche et en GNS, ainsi que sur la valeur nutritive du fourrage et de l'ensilage de résidu fourrager pressé.

Méthodologie

Cet essai a été réalisé en 2010 à deux sites, soit à Saint-Augustin-de-Desmaures (Saint-Augustin; 2300 à 2500 UTM) et à Sainte-Anne-de-Bellevue (Sainte-Anne; 2900 à 3100 UTM). Les deux cultures ont été semées sur un sol léger (loam sableux) au début de juin, à un écartement entre les rangs de 18 cm et à une dose de semis de 10 kg/ha. En tenant compte d'un apport de 25 kg N/ha du précédent cultural de soya, la fertilisation azotée était de 75 kg N/ha (50 kg N/ha au semis et 25 kg N/ha au tallage) au site de Saint-Augustin alors qu'elle était de 100 kg N/ha (50 kg N/ha au semis et 50 kg N/ha au tallage) au site de Sainte-Anne. La fertilisation en phosphore et en potassium respectait la grille de fertilisation recommandée pour la culture du millet et du sorgho fourrager.

L'arrangement factoriel des traitements a été répété 3 fois dans un dispositif expérimental en tiroirs avec les espèces en parcelles principales (millet perlé et sorgho sucrés), les dates de récoltes (mi-août et début-septembre à Saint-Augustin; fin-août et mi-septembre à Ste-Anne) en sous-parcelles, et les délais (0,5, 2, 4 et 6 heures entre le hachage et le pressage) en mesures répétées. Le hachage a été effectué à l'aide d'une ensileuse à maïs, alors que le pressage a été effectué à l'aide d'une presse à vis sans fin de type CP6. Des échantillons de sève ont été recueillis à la sortie de la presse, congelés et ensuite analysés pour leur teneur en GNS. À partir du résidu fourrager pressé, des mini-silos ont été fabriqués et ouverts après 90 jours. Les échantillons de fourrage et d'ensilage du résidu fourrager pressé ont été analysés pour leurs teneurs en GNS. Les échantillons d'ensilage du résidu fourrager pressé ont aussi été analysés pour leurs teneurs en azote total (N), fibres ADF et NDF, azote ammoniacal (N-NH₃), lactate et acides gras volatils (AGV), de même que pour leurs digestibilités *in vitro* de la MS (DIVMS) et de la fibre NDF (dNDF).

Résultats et Discussion

Les deux espèces avaient des rendements moyens en fourrage similaires au site de Saint-Augustin (15 t MS/ha) alors qu'à Sainte-Anne le rendement du millet perlé sucré (26 t MS/ha) était plus élevé que celui du sorgho sucré (16 t MS/ha). De faibles densités de peuplement du sorgho sucré ont été observées à ce dernier site, ce qui expliquerait les différences de rendements entre les espèces. Le rendement en jus était similaire pour les deux espèces à Saint-Augustin (41604 L/ha), alors qu'à Sainte-Anne, il était plus élevé pour le millet perlé sucré (59950 L/ha) que pour le sorgho sucré (48650 L/ha). En moyenne pour les deux sites, les teneurs en GNS du fourrage et du jus étaient plus élevées pour le sorgho sucré (242 g/kg MS et 62 g/L) que pour le millet perlé sucré (127 g/kg MS et 43 g/L). À Sainte-Anne, le rendement en sucres du jus était similaire pour les deux espèces (3,1 t GNS/ha) alors qu'à Saint-Augustin, il était plus élevé pour le sorgho sucré (2,5 t GNS/ha) que pour le millet perlé sucré (1,3 t GNS/ha). La qualité de conservation des ensilages fabriqués à partir du résidu fourrager pressé des deux espèces était jugée bonne (pH < 4,2; N-NH₃ < 80 g/kg N; lactate > 30 g/kg MS; AGV < 20 g/kg MS). Les teneurs en GNS de l'ensilage des deux espèces étaient similaires (80 g/kg MS).

Le retard de la récolte a causé une augmentation moyenne du rendement en fourrage des deux espèces de 7,5 t MS/ha à Saint-Augustin et de 6,5 t MS/ha à Sainte-Anne. Le rendement en jus n'a pas été affecté par la date de récolte à Saint-Augustin, alors qu'à Sainte-Anne, il était 18% supérieur à la date de récolte plus hâtive. Le retard de la récolte a aussi causé une augmentation de la teneur en GNS du fourrage (+61% à Saint-Augustin et +80% à Sainte-Anne). La teneur en GNS du jus a doublé avec la date de récolte plus tardive. Le fait de retarder la récolte a causé une augmentation du rendement en GNS du fourrage (1,5 vs. 4,2 t/ha à Saint-Augustin et 2,4 vs. 5,9 t/ha à Sainte-Anne) et du rendement en GNS du jus (1,2 vs. 2,6 t/ha à Saint-Augustin et 2,2 vs. 4,0 t/ha à Sainte-Anne). Le retard de la récolte a causé une baisse de la teneur en azote total et de la dNDF du fourrage. La teneur en GNS de l'ensilage n'a pas été affectée par les dates de récolte mais la teneur en fibres ADF était plus élevée alors que la DIVMS et la dNDF étaient plus faibles à la récolte plus tardive, et ce, aux deux sites.

Le délai entre le hachage et le pressage n'a pas affecté les teneurs et les rendements en GNS du fourrage et du jus des deux espèces au site de Saint-Augustin ainsi que la teneur et les rendements en GNS du jus au site de Sainte-Anne. À ce dernier site, la teneur en GNS du fourrage augmentait en moyenne de 30 g/kg MS lorsque le délai passait de 0,5 à 6 heures. Le délai n'a eu aucun effet sur la valeur nutritive et sur la teneur en GNS de l'ensilage du résidu fourrager.

Conclusion

Le sorgho sucré représente une meilleure source de sucres puisqu'il a une teneur en GNS dans le fourrage et dans le jus plus élevée que le millet perlé sucré. La récolte de ces deux espèces effectuée en août permet d'obtenir un fourrage et un ensilage de meilleure valeur nutritive, alors que celle effectuée en septembre permet de maximiser le rendement en GNS. Le délai entre le hachage et le pressage du fourrage des deux espèces n'a pas eu d'impact significatif sur les teneurs en GNS du jus. Les ensilages fabriqués à partir des résidus fourragers des deux espèces se sont bien conservés. Toutefois, les teneurs en fibres de ces ensilages de résidus fourragers pressés demeurent plus élevées que celles d'un ensilage de graminées récoltées à maturité ou d'un ensilage de maïs. Alors que la valorisation de l'ensilage de fourrage entier de millet perlé sucré a déjà été démontrée avec des bovins laitiers (Amer et Mustafa, 2010), d'autres essais *in vivo* sont nécessaires afin de confirmer la valeur alimentaire des ensilages de fourrages et de résidus fourragers de millet perlé et de sorgho sucré.

Références

- AERC (Agriculture Environmental Renewal Canada). 2007. Canadian sweet sorghum hybrid (CSSH 45). (En ligne). Disponible à <http://www.aerc.ca/CSSH45Englishmarch182007.doc>. (Vérifié le 23 janvier 2012).
- Amer, S. et Mustafa, A. F. 2010. Short communication: Effects of feeding pearl millet silage on milk production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93:5921-5925.
- Andrews, D.J. et Kumar, K.A. 1992. Pearl millet for food, feed, and forage. *Adv. Agron.* 48: 89-139.
- Bouchard, A., Vanasse, A., Seguin, P. et Bélanger, G. 2011. Yield and composition of sweet pearl millet as affected by row spacing and seeding rate. *Agron. J.* 103: 995-1001.
- Leblanc, V., Vanasse, A., Seguin, P. et Bélanger, G. 2011. Sugar yield and forage nutritive value of sweet pearl millet as influenced by fertilization and harvest dates. *Agron. J.* (sous presse)



Agriculture and
Agri-Food Canada

Agriculture et
Agroalimentaire Canada



UNIVERSITÉ
LAVAL



Rendement en sucres du millet perlé sucré et du sorgho sucré et ensilabilité du résidu fourrager

Amélia Bernardes



Millet perlé sucré et sorgho sucré

Hybrides adaptés aux conditions de l'est du Canada (AERC, 2011)

Présentent beaucoup d'intérêt :

- **Métabolisme C4**
- **Rendement en biomasse élevé** (AERC, 2007; Bouchard et coll., 2011)
- **Riches en sucres** (Chamberland, 1976; Bouchard et coll., 2011)
- **Bonne tolérance :**
 - À la sécheresse et aux sols peu fertiles (Andrews et Kumar, 1992)
- **Fourrage et ensilage de bonne valeur nutritive**

(Reddy et coll., 2003; Leblanc et coll., 2011; Mustafa et Amer, 2010)



Millet perlé sucré et sorgho sucré



Date de récolte

Millet perlé sucré

- fin août - fin septembre : ↑ rendement en fourrage et en sucres
- début août : fourrage de meilleure qualité

(Leblanc et coll., 2011)

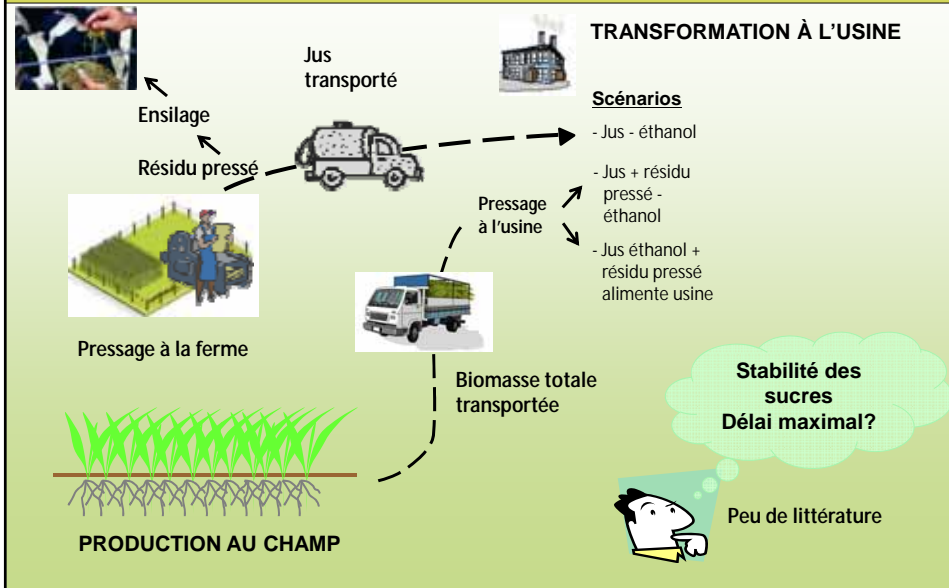
Sorgho sucré

- peu de littérature

Ensilage du résidu pressé : aucune information



Délai entre hachage et pressage



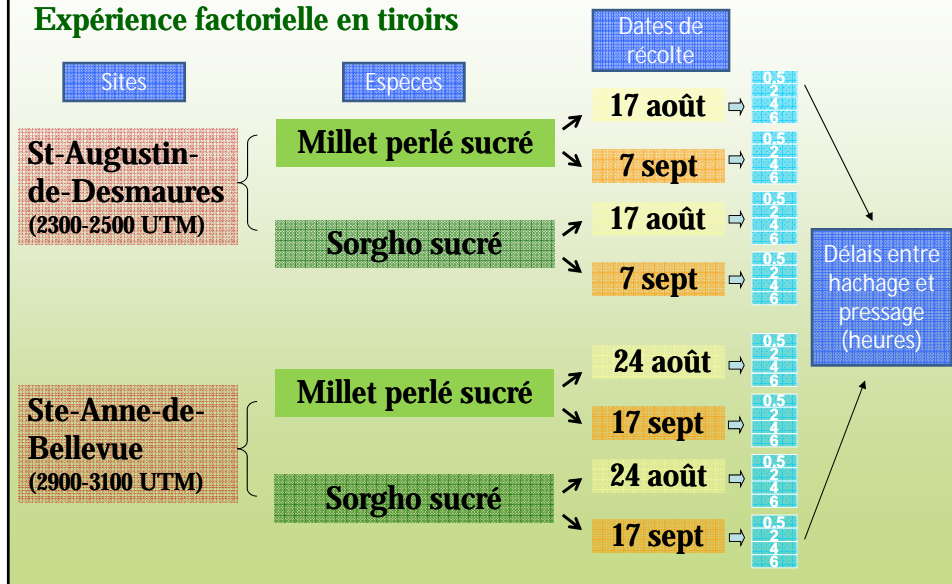
Objectifs

Comparer les espèces et préciser les effets de la date de récolte et du délai entre le hachage et le pressage du fourrage de millet perlé et sorgho sucrés sur leur :

- rendement et teneur en sucres
- valeur nutritive de l'ensilage de résidu pressé

Méthodologie

Expérience factorielle en tiroirs



Méthodologie

Semis

- **Dates de semis :**
 - Saint-Augustin : 28 mai 2010
 - Sainte-Anne : 11 juin 2010
- **Espacement entre rangs : 18 cm**
- **Dose de semis : 10 kg/ha**
- **Fertilisation azotée**
 - Saint-Augustin : 75 kg N/ha (retour de soya)
 - Sainte-Anne : 100 kg N/ha (retour de canola)



Méthodologie

- **Biomasse hachée**
 - Ensileuse à maïs
- **Divisée en 4 contenants** (délais)
- **Presse à vis**



Méthodologie

Mise en silo



Résidu pressé



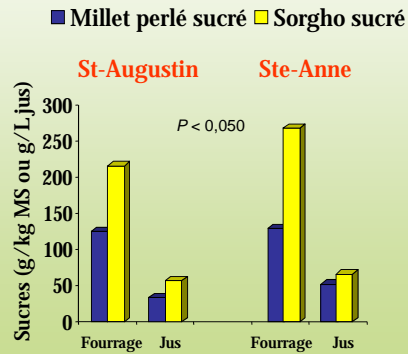
Presse (1200 kPa)



Mini-silo

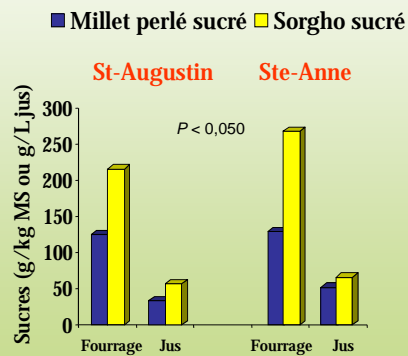
Millet perlé sucré vs sorgho sucré

TENEUR EN SUCRES

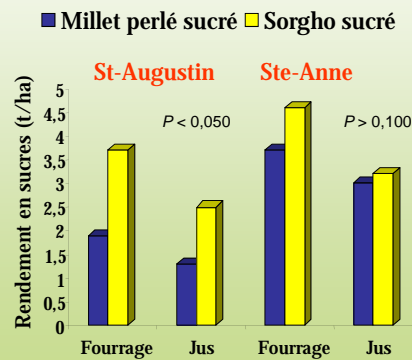


Millet perlé sucré vs sorgho sucré

TENEUR EN SUCRES

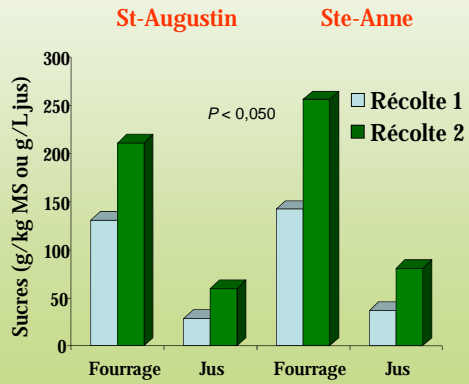


RENDEMENT EN SUCRES



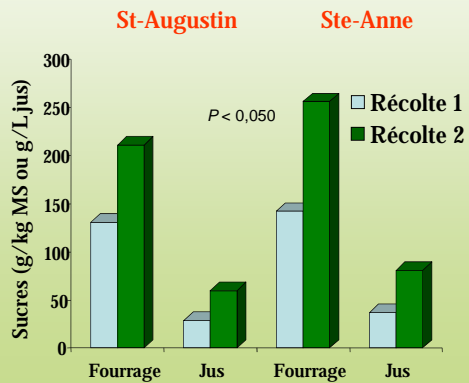
Dates de récolte

TENEUR EN SUCRES

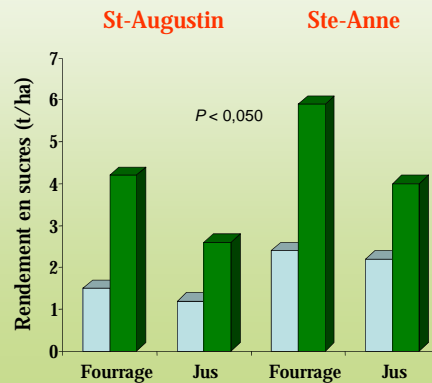


Dates de récolte

TENEUR EN SUCRES

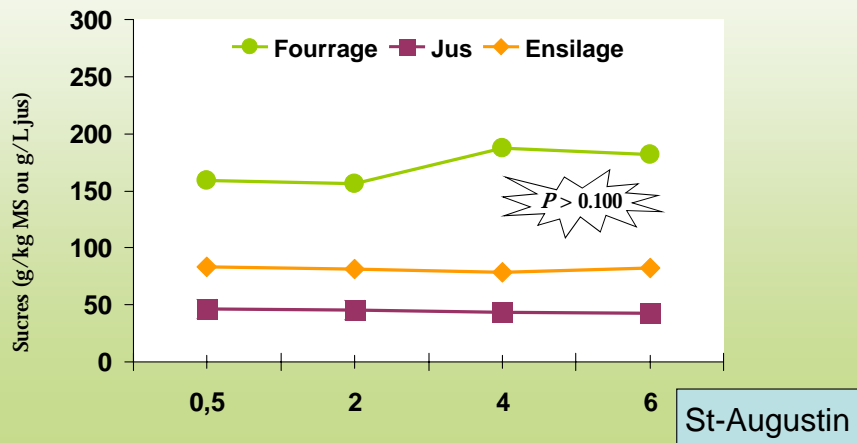


RENDEMENT EN SUCRES



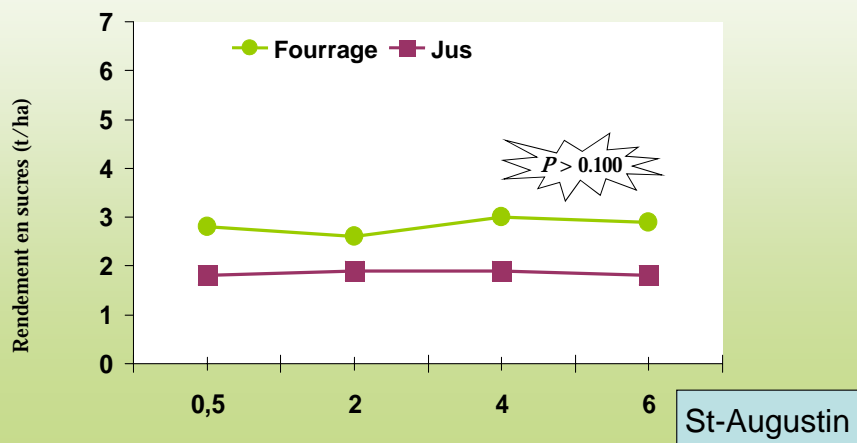
Délai

TENEUR EN SUCRES



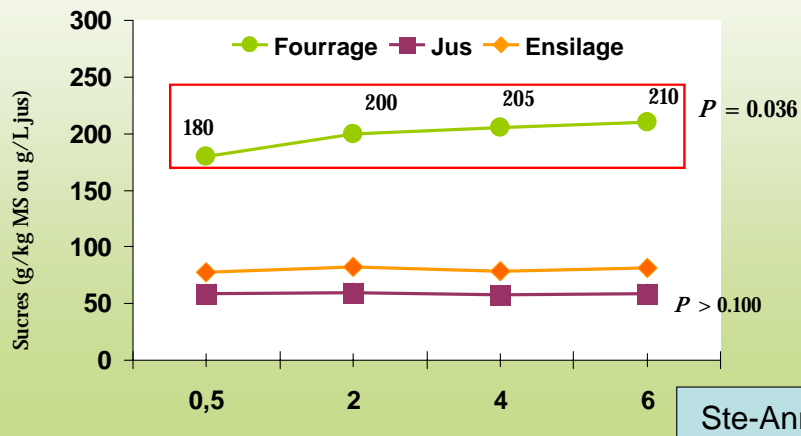
Délai

RENDEMENT EN SUCRES



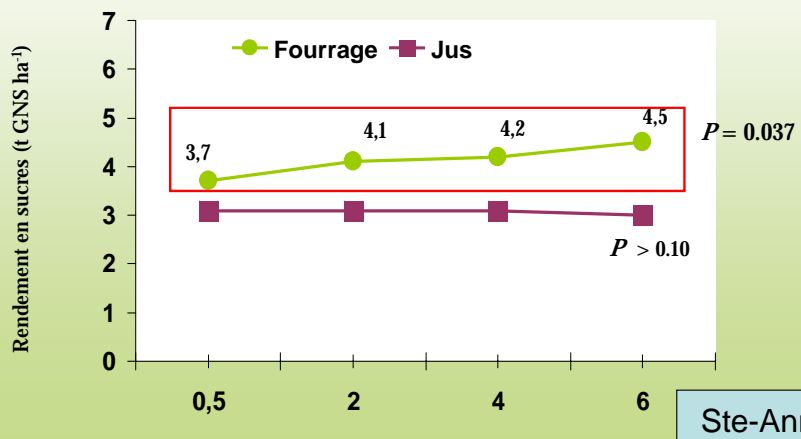
Délai

TENEUR EN SUCRES



Délai

RENDEMENT EN SUCRES



Millet perlé sucré vs sorgho sucré

VALEUR NUTRITIVE : ENSILAGE DU RÉSIDU PRESSÉ

| Espèces | N _{total} | ADF | NDF | DIVMS | dNDF |
|-----------------------------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|
| | g/kg MS | | | | g/kg NDF |
| St-Augustin | | | | | |
| Millet | 10,5 | 492 | 754 | 691 | 590 |
| Sorgho | 10,4 | 486 | 748 | 689 | 584 |
| (E) | ns | 0,019 | ns | ns | ns |
| Ste-Anne | | | | | |
| Millet | 10,4 | 492 | 753 | 688 | 586 |
| Sorgho | 10,6 | 487 | 748 | 691 | 586 |
| (E) | ns | ns | ns | ns | ns |
| Moyenne pour les 2 espèces | 10,5 | 489 | 751 | 690 | 587 |

Millet perlé sucré vs sorgho sucré

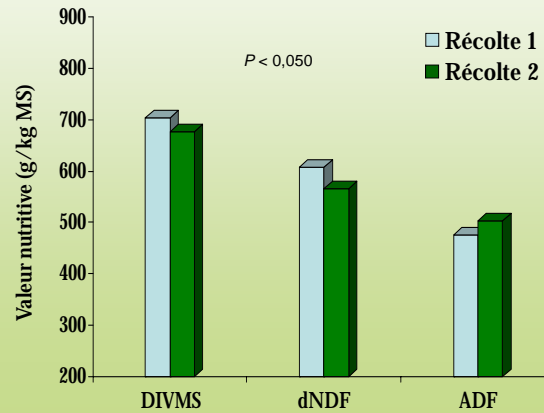
VALEUR NUTRITIVE : ENSILAGE DU RÉSIDU PRESSÉ

| Espèces | N _{total} | ADF | NDF | DIVMS | dNDF | Conservation | | | | |
|----------------------------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|-------------------------|-------------------|----------------|----------------|--|
| | | | | | | pH | N-NH ₃ | Lactate | AGV | |
| | | g/kg MS | | | g/kg NDF | g/kg N _{total} | -g/kg MS- | | | |
| St-Augustin | | | | | | | | | | |
| Millet | 10,5 | 492 | 754 | 691 | 590 | 4,0 | 79,6 | 42,9 | 13,9 | |
| Sorgho | 10,4 | 486 | 748 | 689 | 584 | 3,9 | 57,5 | 33,2 | 14,9 | |
| (E) | ns | 0,019 | ns | ns | ns | ns | 0,001 | <0,001 | ns | |
| Ste-Anne | | | | | | | | | | |
| Millet | 10,4 | 492 | 753 | 688 | 586 | 4,0 | 82,3 | 36,7 | 12,3 | |
| Sorgho | 10,6 | 487 | 748 | 691 | 586 | 3,9 | 53,6 | 30,0 | 12,2 | |
| (E) | ns | ns | ns | ns | ns | ns | <0,001 | <0,001 | ns | |
| Ensilage de bonne qualité | 10,5 | 489 | 751 | 690 | 587 | < 4,2 | < 83 | > 30 | < 20 | |

Dates de récolte

VALEUR NUTRITIVE DE L'ENSILAGE DU RÉSIDU PRESSÉ

Moyenne pour deux sites



Conclusions

- **Le sorgho sucré : meilleure source en sucres**
 - rendement en sucres : 4,2 \approx 2,8 t/ha (fourrage); 2,9 \approx 2,5 t/ha (jus)
- **La récolte en septembre permet de maximiser (double ou plus) les rendements en sucres**
- **Le délai n'affecte pas les teneurs et les rendements en sucres du jus et du fourrage**
 - la voie à deux alternatives
 - essais sous les conditions de délais plus longs

Conclusions

- **L'ensilage fabriqué à partir du résidu pressé des deux espèces s'est bien conservé**
- **La récolte en août permet d'obtenir un ensilage du résidu pressé de meilleure valeur nutritive**
- **Essais avec des bovins de boucherie afin de confirmer la valeur alimentaire**

Merci aux partenaires

- **Programme de soutien à l'innovation en agroalimentaire (MAPAQ)**
- **Centre de recherche et de développement technologique agricole de l'Outaouais (CREDETAO)**
- **Centre de recherche et développement sur les sols et grandes cultures (AAC)**
- **AERC inc.**

QUESTIONS?



Conclusions

| | ADF | NDF % MS | PB |
|----------------------------|-------|-------------|----|
| Foin de graminée mi-mature | 32-38 | 62 | 13 |
| Fourrage de sorgho sucré | 37 | 58 | 12 |

| | ADF | NDF % MS | PB |
|--------------------------------|------|-------------|----|
| Foin de graminée mature | >38% | 67 | 11 |
| Fourrage de millet perlé sucré | 43 | 66 | 8 |

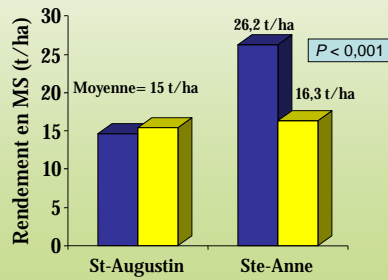
| | ADF | NDF % MS | PB |
|--|-----|-------------|----|
| Ensilage de graminée | >38 | 67 | 14 |
| Ensilage du résidu pressé de millet perlé et sorgho sucrés | 46 | 76 | 7 |

Résultats

Millet perlé sucré vs sorgho sucré

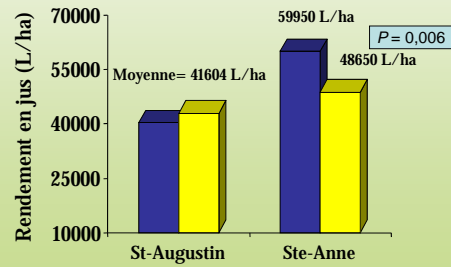
RENDEMENT EN BIOMASSE

■ Millet perlé sucré ■ Sorgho sucré



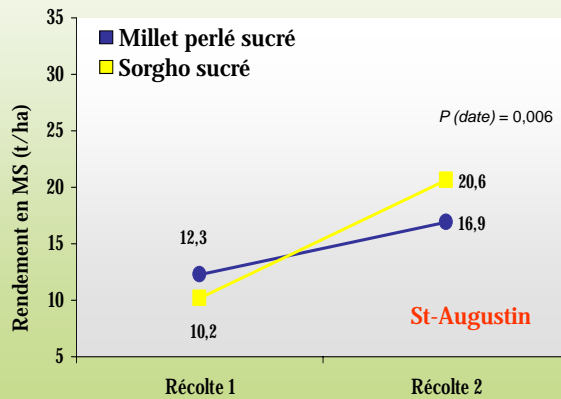
RENDEMENT EN JUS

■ Millet perlé sucré ■ Sorgho sucré



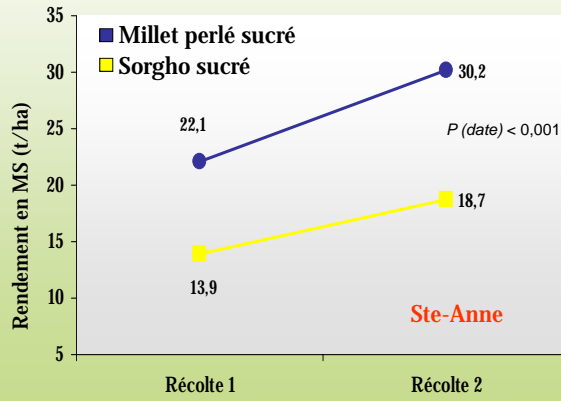
Dates de récolte

RENDEMENT EN BIOMASSE



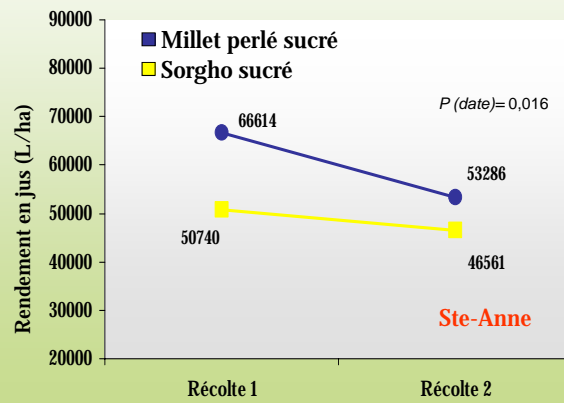
Dates de récolte

RENDEMENT EN BIOMASSE



Dates de récolte

RENDEMENT EN JUS



ⓑ Le peuplement, la verse et la hauteur du millet perlé sucré et sorgho sucré aux deux sites.

| Espèce | | Saint-Augustin-de-Desmaures | | | Sainte-Anne-de-Bellevue | | |
|-----------------------------|---------|-----------------------------|--------|---------|-------------------------|--------|---------|
| | | Peuplement | Verse | Hauteur | Peuplement | Verse | Hauteur |
| | | plantes/m | 0-10 | m | plantes/m | 0-10 | m |
| Millet perlé | | 22 | 5 | 2,32 | 13 | 3 | 2,67 |
| Sorgho | | 11 | 4 | 2,38 | 7 | 0 | 2,47 |
| SEM _(n-6, d-1) † | | | | | | | |
| Récolte | 1 | - | 1 | 2,04 | - | 2 | 2,21 |
| | 2 | - | 7 | 2,66 | - | 2 | 2,93 |
| SEM _(n-6, d-1) | | | | | | | |
| Espèce | Récolte | | | | | | |
| Millet perlé | 1 | - | 2 | 2,02 | - | 3 | 2,30 |
| | 2 | - | 7 | 2,62 | - | 4 | 3,04 |
| Sorgho | 1 | - | 0 | 2,05 | - | 0 | 2,12 |
| | 2 | - | 7 | 2,70 | - | 0 | 2,83 |
| SEM _(n-6, d-1) | | | | | | | |
| Source de variation | df | Valeur de F | | | | | |
| Espèce (E) | 1 | <0,001 | 0,007 | ns | <0,001 | <0,001 | 0,036 |
| Récolte (R) | 1 | ns | <0,001 | <0,001 | ns | ns | <0,001 |
| E-R | 1 | ns | 0,007 | ns | ns | ns | ns |

Tableau 5. Teneurs en sucres du jus extrait du millet perlé sucré et du sorgho sucré mesurés à différents moments de la journée aux deux sites en 2010.

| | Teneur en sucres (degré Brix ‰) | Teneur en sucres (g/kg) | Teneur en sucres (mg/mL) | | | |
|-------------------------|------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------|----------|------------------------|
| | | | Sucrose | Glucose | Fructose | Sucres solubles totaux |
| | | | Saint-Augustin-de-Desmaures | | | |
| <u>Espèces</u> | | | | | | |
| Millet perlé sucré | 9,9 b | 56,3 b | 2,0 b | 29,5 a | 27,6 a | 59,0 b |
| Sorgho sucré | 14,3 a | 104,7 a | 66,1 a | 24,7 b | 19,9 b | 110,6 a |
| <u>Moments</u> | | | | | | |
| A.M. | 11,6 b | 76,1 b | 32,0 | 25,9 | 22,6 b | 80,4 b |
| P.M. | 12,6 a | 84,9 a | 36,1 | 28,2 | 24,9 a | 89,2 a |
| Sainte-Anne-de-Bellevue | | | | | | |
| <u>Espèces</u> | | | | | | |
| Millet perlé sucré | 7,9 b | 40,8 b | 0,7 | 20,9 b | 20,3 b | 41,9 b |
| Sorgho sucré | 8,8 a | 50,4 a | 1,4 | 32,7 a | 26,8 a | 60,9 a |
| <u>Moments</u> | | | | | | |
| A.M. | 8,3 | 47,1 | 0,9 | 26,6 | 23,2 | 50,8 |
| P.M. | 8,5 | 50,1 | 1,2 | 27,1 | 23,9 | 52,0 |