



Influence de l'affouragement des vaches avec du sorgho sur la qualité du fromage à pâte dure

Auteurs

John Haldemann
Pierre Aeby

Partenaire

Grangeneuve

Impressum

Éditeur	Agroscope Schwarzenburgstrasse 161 3003 Berne Suisse www.agroscope.ch
Renseignements	john.haldemann@agroscope.admin.ch
Rédaction	John Haldemann, Pierre Aeby
Mise en page	John Haldemann
Photos	
Photo de couverture	Pierre Aeby, Institut Agricole de l'État de Fribourg, Grangeneuve
Download	www.agroscope.ch/science
Copyright	© Agroscope 2024
ISSN	2296-729X
DOI	https://doi.org/10.34776/as196f

Exclusion de responsabilité

Les informations contenues dans cette publication sont destinées uniquement à l'information des lectrices et lecteurs. Agroscope s'efforce de fournir des informations correctes, actuelles et complètes, mais décline toute responsabilité à cet égard. Nous déclinons toute responsabilité pour d'éventuels dommages en lien avec la mise en œuvre des informations contenues dans les publications. Les lois et dispositions légales en vigueur en Suisse s'appliquent aux lectrices et lecteurs; la jurisprudence actuelle est applicable.

Table des matières

Résumé	4
Zusammenfassung	4
Sintesi	5
Summary	5
1 Introduction	7
1.1 But de l'essai	7
1.2 Rapport sur la culture et l'affouragement du sorgho ainsi que la production du lait	7
1.3 Clients & partenaires	7
2 Matériel et méthodes	8
2.1 Déroulement général de l'essai	8
2.2 Mise en place de la culture du sorgho	9
2.3 Constitution des lots de vaches	9
2.4 Périodes de pâture	9
2.5 Composition botanique du pâturage « herbe »	10
2.6 Tableau des variantes de l'essai	10
2.7 Fabrication du fromage	10
2.8 Prélèvement des échantillons	11
2.9 Analyses microbiologiques, chimiques et biochimiques	11
2.10 Analyse sensorielle	12
3 Résultats et discussions	13
3.1 Teneur en matière sèche, hauteur et rendement des fourrages	13
3.2 Valeurs nutritives des fourrages	13
3.3 Besoins en surfaces d'herbe et de sorgho	14
3.4 Ration des vaches	15
3.5 Poids des vaches	16
3.6 Production de lait	17
3.7 Teneur en acide cyanhydrique (HCN-) dans les fourrages	18
3.8 Valeur en thiocyanate	20
3.9 Analyses du lait	20
3.10 Analyses du fromage à 24h	23
3.11 Analyses du fromage à 9 mois	23
3.12 Analyses sensorielles	28
3.13 Apparence des fromages	30
4 Conclusion	31
4.1 Culture et l'affouragement du sorgho ainsi que la production du lait	31
4.2 Conclusion sur l'impact d'un affouragement des vaches avec du sorgho sur la qualité du Gruyère AOP	31
5 Annexes	32
5.1 Contrôle de fabrication	32
5.2 Analyses microbiologiques, chimiques et biochimiques dans le lait et le fromage	33
5.3 Mesure du thiocyanate par le laboratoire d'analyse des arômes	37
5.4 Composés aromatiques actifs	38
6 Bibliographie	39

Résumé

Ces dernières années, les régions productrices de lait pour le Gruyère AOP ont souffert d'un climat plus chaud et plus sec. Pour respecter l'exigence selon laquelle 70 % de la ration de fourrage doit provenir de l'exploitation, les producteurs doivent trouver des solutions. Ils se tournent donc vers des plantes peu gourmandes en eau et plus tolérantes à la chaleur comme les sorghos. Cette famille de plantes contient de la dhurrine, un glucoside cyanogène, en concentration variable qui se transforme en acide cyanhydrique, potentiellement toxique pour les animaux. Agroscope et Grangeneuve ont uni leurs forces pour mener ce projet. Le troupeau de 24 vaches de Grangeneuve a été divisé en deux groupes. Une partie des vaches a pâturé le sorgho et l'autre de l'herbe. Bien que les valeurs nutritives du sorgho étaient inférieures à celles d'une bonne herbe, aucune modification des performances laitières ou du poids des vaches n'a été constatée.

Le lait de ces deux groupes de vaches a été transformé en fromage à pâte dure à la fromagerie de recherche de Agroscope Liebefeld. Diverses analyses ont été effectuées sur le lait, le fromage à 24h et les fromages affinés. Une méthode a été développée afin d'analyser la concentration en acide cyanhydrique dans le fourrage et de thiocyanate (composé issu de la métabolisation de l'acide cyanhydrique) dans le sang et le lait des vaches. Les résultats ont révélé que lorsque les vaches ont commencé à pâturer du sorgho, cela avait provoqué une légère augmentation du thiocyanate dans le sang, mais sans répercussion dans le lait.

Les analyses de lait ont indiqué que le sorgho n'a pas eu d'impact négatif sur la teneur en protéines. Les analyses sur les fromages affinés ont révélé que le type de fourrage utilisé a eu une influence sur le taux de certains acides aminés, mais sans impact sur la qualité du fromage. Au niveau de l'analyse sensorielle, les panelistes n'ont pas perçu de différences significatives entre les fromages « herbe » et « sorgho ». Cela démontre que l'ajout de sorgho pour l'alimentation des vaches n'a pas été perceptible d'un point de vue sensoriel dans les fromages à pâte dure. En termes d'apparence, les fromages ne présentaient pas non plus de défaut visuel.

Le sorgho pourrait offrir une bonne alternative comme fourrage complémentaire aux rations à base d'herbe fraîche ou conservée en périodes chaudes et sèches, car dans les conditions de l'essai, il n'a pas influencé la qualité du fromage à pâte dure au lait cru.

Zusammenfassung

In den letzten Jahren litten die Regionen, in denen Milch für den Gruyère (Le Gruyère AOP) produziert wird, unter wärmeren und trockeneren Bedingungen. Damit die Produzenten die Anforderung erfüllen können, dass 70 % der Futterration aus dem eigenen Betrieb stammen, müssen sie nach neuen Lösungen suchen. Als Alternativen kommen Pflanzen mit grösserer Hitzetoleranz und geringem Wasserbedarf, wie Sorghumhirse, in Frage. Pflanzen der Gattung Sorghum enthalten in unterschiedlichen Konzentrationen das cyanogene Glycosid Dhurrin, aus dem die für Tiere giftige Blausäure entsteht. Das Projekt wurde gemeinsam von Agroscope und dem Kompetenzzentrum Grangeneuve durchgeführt. Die 24 Kühe zählende Herde von Grangeneuve wurde in zwei Gruppen aufgeteilt. Ein Teil der Kühe weidete auf Sorghum und der andere Teil auf Gras. Obwohl Sorghum schlechtere Nährwerte als gutes Gras aufweist, wurden keine Unterschiede bezüglich der Milchleistung oder des Gewichts der Kühe festgestellt.

Die Milch der beiden Gruppen von Kühen wurde in der Forschungskäserei von Agroscope Liebefeld zu Hartkäse verarbeitet. Es wurden verschiedene Analysen der Milch, des frischen Käses (nach 24 Stunden) und des gereiften Käses durchgeführt. Dabei wurde eine Methode entwickelt, mit der die Konzentration von Cyanwasserstoff (Blausäure) im Futter und von Thiocyanat (ein Abbauprodukt der Blausäure) im Blut und in der Milch von Kühen analysiert werden kann. Die Ergebnisse zeigten, dass die Beweidung von Sorghum einen leichten Anstieg von Thiocyanat im Blut der Kühe, nicht aber in der Milch zur Folge hatte.

Die Milchanalysen deuteten darauf hin, dass Sorghum keinen negativen Einfluss auf den Proteingehalt hatte. Die Analysen des gereiften Käses wiederum ergaben, dass die Art des verwendeten Futters den Gehalt bestimmter Aminosäuren beeinflusste, dies jedoch keine Auswirkungen auf die Qualität des Käses hatte. Bei der sensorischen Analyse stellten die Verkostungspanels keine signifikanten Unterschiede zwischen den Käseprodukten nach der Fütterung mit Gras bzw. Sorghum fest. Dies zeigt, dass die Fütterung der Kühe mit ergänzendem Sorghum keine

eindeutigen sensorischen Auswirkungen auf den daraus hergestellten Hartkäse hat. Auch in Bezug auf das Aussehen wiesen die Käsesorten keine visuellen Mängel auf.

Sorghumhirse könnte sich also in heißen und trockenen Perioden als gute Ergänzung einer Ration mit frischem oder konserviertem Gras erweisen, da es unter den Versuchsbedingungen keinen Einfluss auf die Qualität von Hartkäse aus Rohmilch hatte.

Sintesi

Negli scorsi anni le regioni in cui si produce latte per il formaggio Gruyère (Le Gruyère AOP) hanno sofferto di un aumento delle temperature e della siccità. I produttori devono cercare nuove soluzioni per soddisfare il requisito che il 70 % della razione di foraggio provenga dalla propria azienda. Tra le possibili alternative si valutano specie vegetali con una maggiore tolleranza al calore e un minore fabbisogno idrico, tra cui il sorgho. Le piante del genere sorgho contengono concentrazioni variabili della durrina, un glicoside cianogenico che si degrada in acido cianidrico, tossico per gli animali. Il progetto è stato realizzato da Agroscope in collaborazione con il centro di competenze Grangeneuve. La mandria composta di 24 vacche di Grangeneuve è stata suddivisa in due gruppi. Una parte brucava sorgho, l'altra erba. Sebbene il sorgho presenti valori nutrizionali inferiori a quelli dell'erba di buona qualità, non sono state constatate differenze nella produzione di latte o nel peso degli animali.

Il latte dei due gruppi di vacche è stato trasformato in formaggio a pasta dura nel caseificio di ricerca di Agroscope Liebefeld. Sono state svolte diverse analisi del latte, del formaggio fresco (dopo 24 ore) e del formaggio maturato. È stato sviluppato un metodo per analizzare la concentrazione di acido cianidrico (o acido prussico) nel foraggio e di tiocianato, un prodotto di degradazione dell'acido cianidrico, nel sangue e nel latte delle vacche. Dai risultati ottenuti è emerso che il sorgho nel pascolamento comporta un leggero aumento di tiocianato nel sangue delle vacche, ma non nel latte.

Le analisi del latte hanno provato che il sorgho non ha un'influenza negativa sul tenore proteico. Infine, le analisi condotte sul formaggio maturato hanno evidenziato che il tipo di mangime utilizzato influenza il tenore di determinati aminoacidi, tuttavia senza ripercussioni sulla qualità del formaggio. Nell'analisi sensoriale i panel di assaggio non hanno riscontrato differenze significative nei prodotti caseari tra l'alimentazione con erba o con sorgho. Ciò dimostra che il foraggiamento delle vacche con l'aggiunta di sorgho non ha effetti sensoriali evidenti sul formaggio a pasta dura prodotto. Anche in riferimento all'aspetto, i tipi di formaggio non hanno presentato difetti visivi.

Il sorgho potrebbe dunque dimostrarsi un valido complemento a una razione di erba fresca o conservata in periodi caldi e secchi, poiché nelle condizioni degli esperimenti non ha avuto alcuna influenza sulla qualità del formaggio a pasta dura ricavato dal latte crudo.

Summary

In recent years, regions producing milk for Swiss Gruyere PDO have had to contend with a hotter, drier climate. To comply with the requirement that 70% of the forage ration come from the farm itself, producers will need to find solutions. For this reason, they are turning to more water-efficient and heat-tolerant crops such as the sorghums. This family of plants contains varying concentrations of dhurrin, a cyanogenic glycoside that is converted into hydrogen cyanide, which is potentially toxic for animals. The project was jointly conducted by Agroscope and Grangeneuve. Grangeneuve's herd of 24 cows was divided into two groups, with one group grazed on sorghum and the other on grass. Although the nutritional values of the sorghum were lower than those of a good grass, no change in milk productivity or weight of the cows was noted.

The milk of these two groups of cows was made into hard cheeses at Agroscope Liebefeld's research dairy. Various analyses were performed on the milk, on the cheese at 24h, and on the ripened cheeses. A method was developed to analyse the concentration of hydrogen cyanide in the forage and of thiocyanate (a compound produced by the metabolism of hydrogen cyanide) in the blood and milk of the cows. The results revealed that when the cows first

began grazing on the sorghum this caused a slight increase in their blood thiocyanate levels, but with no knock-on effects in the milk.

The milk analyses indicated that there was no negative impact on protein content from the sorghum. The analyses of the ripened cheeses revealed that the type of forage used influenced the levels of certain amino acids but did not impact cheese quality. Regarding the sensory analysis, no significant differences between the 'grass' and 'sorghum' cheeses were perceived by the panelists, demonstrating that the addition of sorghum to the cows' diet did not have a perceptible impact on the organoleptic characteristics of the hard cheeses. Moreover, in terms of appearance, the cheeses exhibited no visual defects.

Given that the sorghum did not influence the quality of the raw-milk hard cheese under the experimental conditions, it appears that it might offer a good alternative as a supplementary forage for rations based on fresh or preserved grass during hot, dry spells.

1 Introduction

Les derniers étés se sont avérés très chauds et certaines régions productrices de lait pour le Gruyère AOP ont souffert d'un climat sec. Ces conditions obligent les producteurs à trouver des alternatives aux fourrages habituels s'ils veulent garantir les 70 % de la ration calculée en matière sèche (MS) de fourrage provenant de l'exploitation. Le sorgho bicolore, l'herbe du Soudan, le moha ou encore le millet sont des plantes peu gourmandes en eau et pourraient donc constituer une alternative pour l'alimentation des vaches laitières. Elles peuvent pousser durant une période chaude et sèche.

Le sorgho peut être cultivé en monocoupe généralement avec des variétés de l'espèce *Sorghum bicolor* ou en multcoupe avec des variétés de l'espèce *Sorghum sudanense* ou des hybrides des 2 espèces. Le premier peut être ensilé avant d'être affouragé aux vaches ou fauché avec un bec à maïs et affouragé en vert à la crèche. Le second peut également être affouragé en vert à la crèche ou pâturé par les bovins. Le multcoupe offre donc une possibilité aux producteurs de lait de Gruyère de compenser un éventuel manque de fourrage durant les mois de juillet à septembre. Ils doivent cependant attendre que la plante ait atteint au moins 40 cm de hauteur avec les variétés de *Sorghum sudanense* (Herbe du Soudan), et au moins 60 cm pour tous les autres types y compris les hybrides, sans quoi le taux d'acide cyanhydrique présent dans la plante peut être mortel pour la vache (Macolino et al. 2024). Une hauteur trop élevée (> 1,00 mètre) rend la pâture difficile et il y a un risque de piétinement et de gaspillage de fourrage.

Le présent essai consiste à observer si l'affouragement des vaches avec du sorgho influence la qualité du Gruyère. La partie du projet consacrée à la culture, à l'alimentation et à la production laitière a été réalisée par Grangeneuve.

1.1 But de l'essai

Le but de l'essai était d'examiner l'impact d'un affouragement des vaches avec du sorgho sur la qualité du fromage Gruyère AOP. Les questions suivantes présentaient un intérêt particulier :

- Est-ce que l'acide cyanhydrique ou ses dérivés passent de la plante dans le lait et dans le fromage ?
- Si oui, influencent-ils la fabrication du Gruyère ?
- Est-ce que le sorgho provoque une modification de la composition des acides gras saturés dans le lait ?
- Est-ce que l'affouragement des vaches majoritairement avec du sorgho influence négativement la qualité organoleptique du Gruyère ?

1.2 Rapport sur la culture et l'affouragement du sorgho ainsi que la production du lait

Un rapport complet sur les étapes de la culture et l'affouragement du sorgho ainsi que la production du lait réalisées par Grangeneuve se trouve dans les annexes. Une partie des informations y font référence dans ce rapport. Elles sont mentionnées comme «Rapport Aeby 2021».

1.3 Clients & partenaires

Le mandant était l'Interprofession du Gruyère (IPG).

Les autres partenaires étaient:

- Pierre Aeby, responsable herbages, Grangeneuve
- La ferme école de Grangeneuve
- Gaël Niquille, responsable de la fromagerie de Grangeneuve

Autres personnes de contact

- Ueli Wyss, Agroscope Posieux (essai ensilage sorgho)
- Fredy Schori, Agroscope Posieux (comportement vaches)
- Tiziana Vonlanthen, Agroscope Reckenholz (essai diverses variétés de sorgho)
- Pascal Rufer, Proconseil (spécialiste essai sorgho, terrain)

2 Matériel et méthodes

2.1 Déroulement général de l'essai

Un troupeau de 24 vaches de Grangeneuve a été divisé en deux groupes. Une partie des vaches a pâture le sorgho et l'autre de l'herbe. A l'origine, il était prévu qu'après deux périodes d'alimentation de même durée, le lait de mélange de 12 vaches soit transformé en fromage à chaque fois.

Le premier essai de transformation du lait en fromage aurait dû avoir lieu en juillet 2021. Malheureusement, des conditions météorologiques très humides ont rendu la pâture du sorgho très difficile voire impossible pour les 12 vaches sélectionnées. L'alimentation a donc dû être interrompue et aucun fromage n'a été fabriqué à la première date prévue.

Un mois d'août plus chaud et plus sec que le mois de juillet a permis de réaliser l'essai les 24, 25 et 26 août 2021. Le groupe « sorgho » a pâture du 19 au 26 août une prairie de sorgho (variété Piper, type Herbe du Soudan – *Sorghum sudanense*) semée le 2 juin 2021 à 40 kg/ha. Lors des 3 jours d'essai, une partie du lait des 6 traites du lait « sorgho » et des traites du lait « herbe » a été conditionnée dans des boilles. Le lait du soir a été refroidi à 12°C à la fromagerie de Grangeneuve à l'aide d'un pasteurisateur à charge et le lait du matin a été directement transporté à Liebefeld. Les laits du soir et du matin ont été mélangés à part égale afin d'obtenir 90 litres par jour de fabrication par variante. La fabrication s'est déroulée selon la recette habituelle des fromages à pâte dure dans la fromagerie de recherche d'Agroscope à Liebefeld. Les fromages ont été affinés dans la cave de Liebefeld (14.5°C, 92 % humidité relative) pendant 9 mois. Arrivés à maturité, les 6 fromages ont été dégustés par un panel externe composé de personnes impliquées dans le projet et d'un panel entraîné interne d'Agroscope. Diverses analyses ont été effectuées sur les laits, les fromages à 24h et les fromages à 9 mois.

Les détails concernant la culture du sorgho, la composition des groupes de vaches, les périodes d'alimentation et la composition de la ration d'herbe sont décrits dans les chapitres 2.2 à 2.5 ci-dessous.

Au niveau analytique, une méthode a été développée afin de pouvoir analyser la concentration du thiocyanate (décomposition de l'acide cyanhydrique). En effet, l'acide cyanhydrique est toxique et très réactif. Il va être rapidement dégradé en divers composants comme le thiocyanate. C'est cette substance qui a été mesurée dans le fourrage, le sang et le lait des vaches afin d'avoir une information indirecte sur la présence de l'acide dans les échantillons.

Tableau 1: Périodes de déroulement général de l'essai

Période	Date	Remarques
1 ^{ère}	5-15 juillet 2021	lait pour fabrication de fromages les 13, 14 et 15 juillet 2021 <i>essai arrêté le 13.7. au soir</i>
2 ^e	19-26 août 2021	lait pour fabrication de fromages les 24, 25 et 26 août 2021 essai Liebefeld
3 ^e	26-31 août 2021	<i>tous les animaux ont été réunis sur la parcelle de sorgho située à côté de la laiterie.</i>

2.2 Mise en place de la culture du sorgho

La variété utilisée était Piper, de type Herbe du Soudan. Trois parcelles ont été semées :

Tableau 2: mise en place de la culture sorgho dans 3 parcelles

Parcelle	Surface	Mise en place	Remarques
Tioleyre 2A	31.43 ares	semis 10.05.2021, à 40 kg/ha	après labour en semis combiné, 40 m ³ lisier dilué
Tioleyre 2B	22.18 ares	semis 02.06.2021, à 40 kg/ha	Après chisel, herse à disque, roulage, en semis combiné, 40 m ³ lisier dilué, herbicide Bandur en prélevée
Laiterie	150.0 ares	semis 11.06.2021, à 40 kg/ha	Destruction chimique 04.06, puis herse à disque 10.06, semis combiné et roulage 11.06, herbicide 1.5 l/ha Bandur en prélevée 16.06

Intervalle entre 1^{er} semis et 1^{ère} utilisation à environ 60 cm de hauteur = 56 jours, soit 401 degrés jours sur base 8°C (ou 297 en base 10°C)

Intervalle entre 1^{ère} utilisation et 2^{ème} utilisation à 50cm de hauteur = 37 jours, soit 438 degrés jours sur base 8°C (ou 348 en base 10°C).

2.3 Constitution des lots de vaches

Les vaches ont été séparées en 2 lots. Voir en annexe les listes de vaches dans chaque lot.

Durant la 1^{ère} période, les lots ont été établis sur la base de paires de vaches équivalentes en termes de stade de lactation, de performances et de teneurs. Jours moyens de lactation des 12 vaches en paires le 5 juillet 2021 :

- Groupe Herbe = 154 jours.
- Groupe Sorgho = 147 jours.

Durant la 2^{ème} période, les lots ont été établis sur des paires équivalentes en fonction des teneurs en cellules du lait, mais pas des performances ou stades de lactation. Jours moyens de lactation des 12 vaches en paires le 19 août 2021 :

- Groupe Herbe = 185 jours.
- Groupe Sorgho = 234 jours.

2.4 Périodes de pâture

Deux périodes de pâture ont servi de base pour les mesures, ainsi qu'une troisième hors essai :

- **Période 1** : du 05.07 au 13.07.2021, avec prévision de prélèvement du lait pour fabrication de fromages les 13+14+15.07.2021. Essai arrêté le 13.07 à cause des conditions de sol trop humide.
- **Période 2** : du 19.08 au 26.08.2021, avec prélèvement du lait pour fabrication de fromages les 24 + 25 + 26.08.2021.
- **Période 3** : une troisième période est considérée dans ce rapport, entre le 26 et le 31.08.2021, là où tous les animaux ont été réunis sur la parcelle de sorgho « laiterie ».

La pâture durant la période de juillet a dû être interrompue à cause d'une météo trop humide : les vaches se trouvaient en situation très défavorable dans la parcelle de sorgho. Quelques mesures pertinentes ont pu être réalisées, mais il n'y a pas eu de collecte du lait en vue d'une éventuelle fabrication de fromage.

Cette situation a été péjorée par le fait que les vaches étaient rentrées pour la première fois le 29 juin 2021 dans la toute nouvelle stabulation. Et également dans la mesure où les vaches du lot sorgho découvraient ce nouveau fourrage : il y a eu beaucoup de gaspillage durant les 2 premiers jours, d'autant que les conditions étaient très humides. Le 3^{ème} jour, les animaux se sont habitués à consommer cette nouvelle plante fourragère, jusqu'au bas.

Dès la 1^{ère} période passée, tous les sorghos non pâturés ont été fauchés, pour assurer une repousse régulière.

2.5 Composition botanique du pâturage « herbe »

Le relevé botanique a été effectué sur la parcelle Trey-Foliez, le 24 novembre 2021. La parcelle est de type GR « riche en graminées, avec dominance de ray-grass ».

Tableau 3: Part des espèces en pourcent de recouvrement du sol

Graminées		Légumineuses		Autres dicotylédones	
Ray-grass anglais	55	Trèfle blanc	13	Dent-de-lion	6
Pâturin commun	2	Trèfle violet	1	Grand plantain	1
Pâturin des prés	10			Capselle bourse à pasteur	2
Dactyle	6			Porcelle	1
Fléole	2			Pâquerette	1
Total graminées	75	Total légumineuses	14	Total autres dicotylédones	11

2.6 Tableau des variantes de l'essai

La transformation du lait en fromage a eu lieu durant 3 jours lors de la 2^e période de pâture du sorgho. Chaque jour, un fromage « lait herbe » et un fromage « lait sorgho » a été fabriqué. Les numéros pairs sont les fromages fabriqués avec du lait « sorgho ».

Tableau 4: Numéro des variantes et dates de fabrication de fromage

Provenance			Grangeneuve	Grangeneuve
Fourrage (lot)			Herbe	Sorgho
Lait			Lait soir et matin	Lait soir et matin
2 ^e période	mardi	24.8.2021	1	2
	mercredi	25.8.2021	3	4
	jeudi	26.8.2021	5	6

2.7 Fabrication du fromage

Les fromages ont été fabriqués à la halle pilote de Liebefeld selon la recette de Gruyère modèle (Ø30 cm) . Pour chaque fromage, 90 l de lait ont été utilisés. La moitié du lait provenait de la traite du soir et l'autre moitié de celle du matin.

2.8 Prélèvement des échantillons

Durant l'essai, les prélèvements de sang ont été effectués sur l'exploitation de Grangeneuve. Les prélèvements du lait de vache individuelle ont été réalisés durant la traite. Les prélèvements des laits de mélange et des fromages à 24 heures et 9 mois ont été effectués à Liebefeld.

2.9 Analyses microbiologiques, chimiques et biochimiques

Tableau 5: Méthodes d'analyses microbiologiques et chimiques effectuées sur le lait par LAAF à Grangeneuve

Analyses	Méthode
Matière grasse	FIL-IDF 141C/IR
Acides gras libres	FIL-IDF 141C/IR ISO 13366-2/FIL-IDF 148-2
Protéines, caséines	FIL-IDF 141C/IR
Cellules	FIL-IDF 141C/IR
Enterobactéries	ISO 21528 -1, 21528-2
Germes aérob. mésophiles	ISO 4833
Germes étrangers	Agroscope/LAAF/FALL
Hétéroferm. fac.	Agroscope/LAAF/FALL
Propioniques	Agroscope/LAAF/FALL
Spores butyriques	MPN / Méthode interne
Tolérant le sel	Agroscope/LAAF/FALL

Tableau 6: Méthodes d'analyses chimiques et biochimiques effectuées dans le fromage à Liebefeld

Analyses	Informations	Méthode Agroscope Liebefeld
Acide lactique	Bestimmung von D-Lactat, L-Lactat und Gesamtmilchsäure in Käse, Kulturen und anderen Milchprodukten (Gallery)	13.6.ME.072
Acides aminés	Freie Aminosäuren - Käse - HPLC – UPLC	13.6.ME.019
Acides carboxyliques volatils	Flüchtige Carbonsäure in Käse, GC-HS-Direkt	13.8.ME.103
Citrate	Citratbestimmung, enzymatisch mit Gallery Analyzer	13.6.ME.078
Composition de la graisse	Fettsäuren hochauflösend in Milchfett, GC-FID	13.8.ME.028
Galactose	D-Galactose enzymatisch (Gallery)	13.6.ME.073
NaCl	Chlorid in Käse, argentimetrisch	13.8.ME.012
Teneur en eau	Trocknungsverlust in Käse, gravimetrisch	13.8.ME.068
Thiocyanate	GC-MS	
Valeur LAP	LAP in Käse & Kulturen (Spectramax)	13.6.ME.038
Valeur OPA	Freie Aminosäure (OPA-Wert) mit Gallery Analyzer	13.6.ME.020

2.10 Analyse sensorielle

L'évaluation sensorielle des fromages s'est déroulée dans le laboratoire de la «Sensorik » à Liebefeld. Elle a été effectuée d'une part avec un panel externe (n=6), composé de collaborateurs d'Agroscope Posieux et de Grangeneuve, et d'autre part avec le panel interne formé de Liebefeld (n=12). Les fromages ont été coupés en cubes d'environ 1.5 cm de côté et stockés à 14°C, recouverts d'un film plastique jusqu'à la dégustation.

Tous les échantillons de fromage ont été codés avec des nombres aléatoires à trois chiffres et dégustés à température ambiante avec une lumière naturelle. L'évaluation des fromages a été effectuée à l'aide du test Duo Trio. L'échantillon déviant a été demandé. Le panel externe a évalué une fois les échantillons tandis qu'il a été évalué à double par le panel interne. Les deux types de fromages ont été utilisés comme référence. Les panélistes devaient définir quel échantillon était différent de la référence puis choisir dans une liste les attributs (ci-après) qui décrivent le mieux cette différence positivement ou négativement comme le montre la figure ci-dessous. Toutes les données ont été saisies électroniquement (FIZZ, Biosystèmes, F). L'évaluation des données a été effectuée avec FIZZ (Biosystèmes, F).

Pâte dure

Veuillez déguster les 9 fromages. Cochez le numéro qui est différent du fromage **R**.
Cochez dans la liste ci-dessous les attributs qui différencient les échantillons.
Merci de vous rincer la bouche avec du thé ou de l'eau entre chaque échantillon.

R 735 282

<input type="checkbox"/> moins brûlant	<input type="checkbox"/> plus brûlant
<input type="checkbox"/> moins piquant	<input type="checkbox"/> plus piquant
<input type="checkbox"/> moins salé	<input type="checkbox"/> plus salé
<input type="checkbox"/> moins amer	<input type="checkbox"/> plus amer
<input type="checkbox"/> moins acide	<input type="checkbox"/> plus acide
<input type="checkbox"/> moins animale	<input type="checkbox"/> plus animale
<input type="checkbox"/> moins fruité	<input type="checkbox"/> plus fruité
<input type="checkbox"/> moins ferme	<input type="checkbox"/> plus ferme
<input type="checkbox"/> moins herbes/foin	<input type="checkbox"/> plus herbes/foin
<input type="checkbox"/> moins sableuse	<input type="checkbox"/> plus sableuse
<input type="checkbox"/> moins rance	<input type="checkbox"/> plus rance
<input type="checkbox"/> moins avancé	<input type="checkbox"/> plus avancé
<input type="checkbox"/> autres	<input type="checkbox"/> aucune idée

Figure 1: aperçu de de la feuille d'analyse sensorielle pour les panelistes

3 Résultats et discussions

3.1 Teneur en matière sèche, hauteur et rendement des fourrages

La teneur en matière sèche (MS) du sorgho était très faible au 1er passage par rapport à l'herbe, et équivalente lors du 2ème passage. Le rendement disponible cumulé du sorgho était de 46.6 dt MS/ha sur les 2 pousses exploitées. Le rendement de la 3ème pousse n'a pas été mesuré, mais il était inférieur à chacune des deux premières pousses : finalement le rendement total annuel du sorgho n'a donc pas dû dépasser les 65 dt MS/ha.

Tableau 7: Teneur en matière sèche (MS), hauteur et rendement des fourrages

Période	Fourrage	Teneur MS	Hauteur entrée	Hauteur sortie	Rendement sur pied	Rendement valorisé
		<i>en %</i>	<i>cm (sorgho) ou clics (herbe)</i>		<i>dt MS/ha</i>	<i>dt MS/ha</i>
1	sorgho	13.9	73.24	Non mesurable	22.82	Non mesurable
	herbe	19.4	19.9	17.9 (à 80.1 kg MS/ha/clic)	15.92	1.6 après 2 jours
2	sorgho	17.7	67.05	--	23.80	17.1
	herbe	17.2	13.9	--	11.12	--
	maïs vert	21.3	--	--	--	--

3.2 Valeurs nutritives des fourrages

Les teneurs en protéines de l'herbe pâturée étaient équivalentes aux tables de références, contrairement à celles en énergie qui étaient inférieures. Les teneurs du sorgho étaient relativement faibles : la teneur en MAT était de 120 g/kg MS. À la première pousse, la teneur en sucres du sorgho était inférieure d'un tiers à celle de l'herbe et à un niveau comparable à la seconde utilisation. Les conditions difficiles durant la première période étaient également perceptibles au travers des teneurs en cendres, plutôt supérieures aux valeurs tolérées. À noter qu'il n'existe pas encore de régressions officielles pour le calcul de la valeur alimentaire du sorgho, par exemple pour les NEL (énergie nette pour la lactation).

Tableau 8: valeurs nutritives des fourrages analysé par le laboratoire UFAG

		Période 1 (05.07.21)			Période 2 (19.08.21)	
		Herbe Treyfoliez4	Sorgho 1A	Sorgho 2A	Sorgho 1B	Sorgho 2B
Cendres	g/kg MS	95	111	108	89	82
MAT	g/kg MS	195	123	123	119	113
CB	g/kg MS	206	252	257	287	298
Sucres	g/kg MS	119	76	82	34	35
MOD	g/kg MS	637	571	570	558	549
PAIN	g/kg MS	108	83	83	81	78
PAIE	g/kg MS	126	78	78	75	74
NEL	MJ/kg MS	5.7	4.9	4.8	4.7	4.6
NEV	MJ/kg MS	5.7	4.7	4.7	4.5	4.4
PME	g/kg MS	77	71	71	69	68

MAT : matière azotée totale

CB : cellulose brute

MOD : matière organique digestible

PAIN : protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de la matière azotée dégradée

PAIE : protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de l'énergie disponible

NEL : énergie nette pour la production laitière

NEV : énergie nette pour la production de viande

PME : protéines microbiennes synthétisées à partir de l'énergie fermentescible

3.3 Besoins en surfaces d'herbe et de sorgho

En pâture d'herbe, une surface de 40 m²/VL/jour a été nécessaire durant la période 1, et 47.6 m²/VL/jour durant la deuxième période d'août.

En pâture de sorgho, une surface de 47 m²/VL/jour a été nécessaire durant la période 1, et 38 m²/VL/jour durant la deuxième période d'août. Les relevés sont disponibles en annexe.

En résumé, il a fallu un peu plus de surfaces par vache dans le sorgho que dans l'herbe, malgré des rendements sur pied plus importants. La technique de pâture du sorgho doit encore être améliorée sur deux axes : sol plus portant (pas de labour), et entrée dans le parc avec un sorgho (Herbe du Soudan) plus court (40-60 cm).

Le détail des relevés se trouve dans les annexes.

3.4 Ration des vaches

Le détail de la ration des deux périodes d'essai a été établi sur la base de pesages. Certaines données sont incomplètes (quantités de sorgho dans la période 1 et de foin dans la période 2). Les données manquantes sont estimées, et les différentes sources sont indiquées dans les graphiques.

Dans l'ensemble, les rations n'étaient pas tout à fait équivalentes entre les 2 lots, notamment sur les parts de foin dans la période 1, et de maïs vert, de concentrés et d'herbe/sorgho dans la période 2.

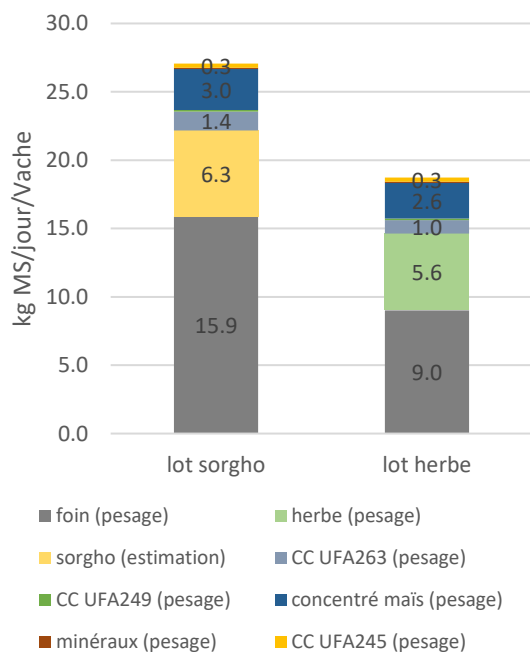


Figure 2: période 1, ration des 2 lots de vaches

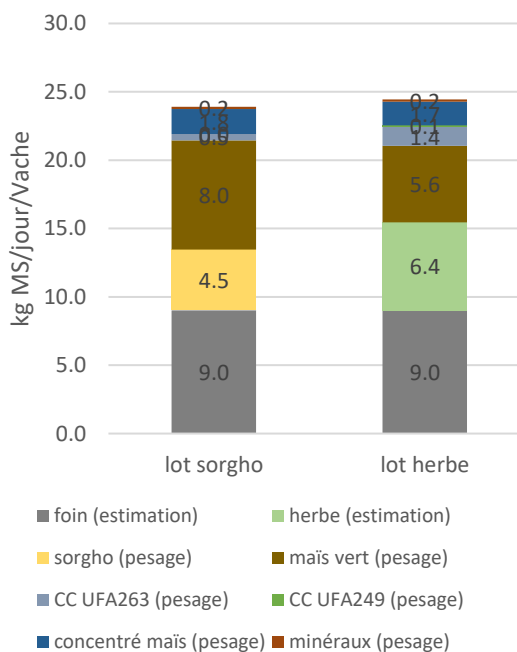


Figure 3: période 2, ration des 2 lots de vaches

Période 2 - Quantité de concentrés distribués

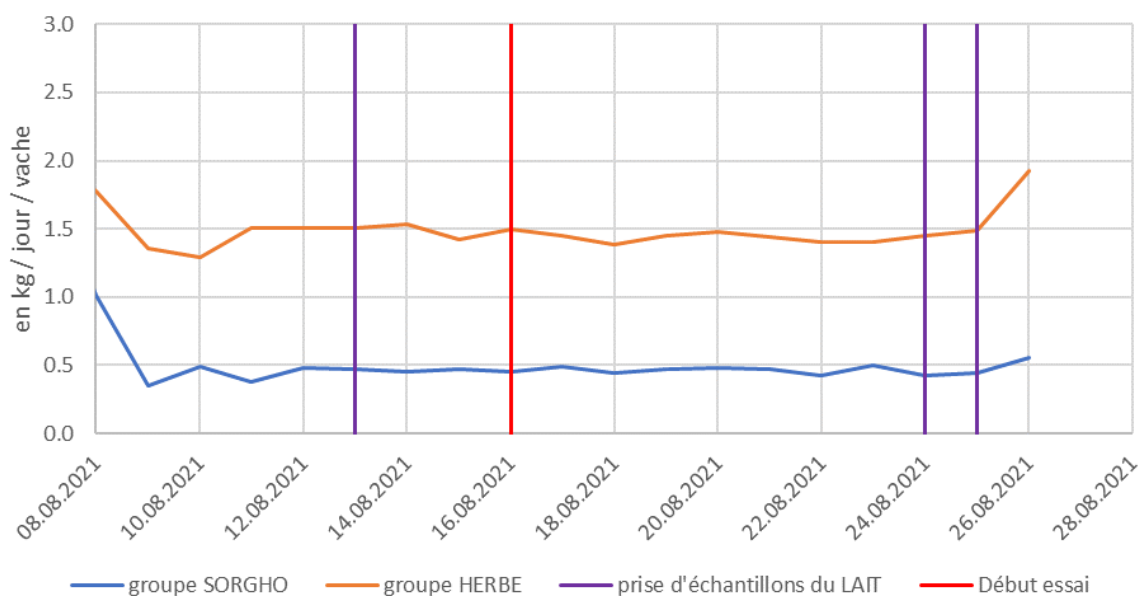


Figure 4: quantité de concentrés distribué par le distributeur automatiques de concentrés (DAC) durant la période 2 (2x12 vaches)

Période 2 - Quantité de maïs distribué

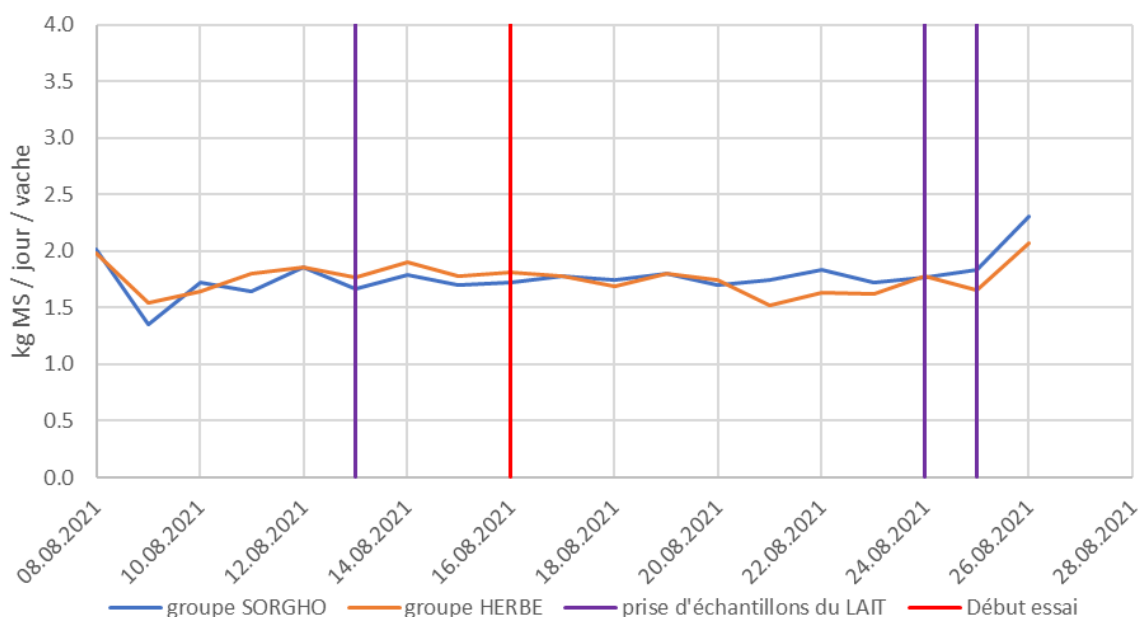


Figure 5: période 2 – quantité de maïs distribué durant la période 2 (2x12 vaches)

3.5 Poids des vaches

Durant la **période 1**, les vaches du lot sorgho ont pris +28 kg poids vif (PV) par vaches laitières (VL) en moyenne durant la phase de pâture, contre +1 kg pour les vaches du lot Herbe. La complémentation en foin semble être la principale explication.

Durant la **période 2**, le changement de poids des vaches des deux lots était équivalent et elles ont perdu 3 et resp. 2 kg PV/VL.

Tableau 9: Moyenne du poids des vaches des 2 lots (en kg PV/VL) durant la période 1

Période 1	groupe Sorgho (n=12)	groupe Herbe (n=12)
moyenne des 5 jours précédant l'essai	670	633
moyenne des 6 jours de l'essai (05.07- 10.07)	698	634
différence	+28	+1

Tableau 10: Moyenne du poids des vaches des 2 lots (en kg PV/VL) durant la période 2

Période 2	groupe Sorgho (n=12)	groupe Herbe (n=12)
moyenne des 5 jours précédant l'essai	671	656
moyenne des 8 jours de l'essai (19.08-26.08)	668	654
différence	-3	-2

3.6 Production de lait

Période 1 : Les vaches des deux lots étaient très homogènes en production de lait avant l'essai. Le lot sorgho a moins perdu de production de lait durant la première phase de pâture du sorgho. La production du lait du lot Herbe a été plus perturbée durant cette première phase de séparation des lots. Puis durant les 4 derniers jours de l'essai, les productions ont atteint les mêmes niveaux.

Tableau 11: moyennes de la production laitière (en kg lait/vache/jour) de la période 1

Période 1	Groupe Sorgho (n=12)	Groupe Herbe (n=12)	Différence (Sorgho – Herbe)
moyenne des 5 jours précédant l'essai	27.93	27.90	0.03
moyenne des 5 premiers jours de l'essai	25.40	24.61	0.80
moyenne des 4 derniers jours de l'essai	27.30	27.10	0.20

Période 2 : les 2 lots n'étaient pas homogènes en production avant l'essai. Durant la période de pâture, les 2 lots ont maintenu leur production de façon équivalente.

Tableau 12: moyennes de la production laitière (en kg lait/vache/jour) de la période 2 – sans les vaches 5, 14, 24 et 34

Période 2	Groupe Sorgho (n=12)	Groupe Herbe (n=12)	Différence (Sorgho – Herbe)
moyenne des 5 jours précédant l'essai	20.20	22.06	-1.86
moyenne des 8 jours de l'essai (19-26.08)	20.69	22.37	-1.69

Période 3 : les 2 lots ont été réunis le 26 août pour pâturer ensemble la parcelle de sorgho de la laiterie jusqu'au 31 août 2021. Cela correspond à 6 demi-journées.

Durant cette période, les vaches du lot Herbe, qui n'avaient jamais consommé de sorgho, ont augmenté leur production laitière (+0.7 kg/VL/j). Le sorgho a eu une capacité laitière intéressante, malgré des teneurs plutôt faibles.

Tableau 13: moyennes de la production laitière (en kg lait/vache/jour) de la période 3 – sans les vaches 5, 14, 24 et 34

Période 3	Groupe Sorgho (n=12)	Groupe Herbe (n=12)	Différence (Sorgho – Herbe)
moyenne des 5 jours précédant l'essai	20.20	22.06	-1.86
moyenne des 8 jours de l'essai (19-26.08)	20.69	22.37	-1.69

3.7 Teneur en acide cyanhydrique (HCN-) dans les fourrages

Des échantillons de sorgho, herbe du pâturage témoin, et du foin affouragé dans la stabulation pendant les deux périodes d'essais ont été prélevés pour l'analyse des teneurs en acide cyanhydrique. Les échantillons de sorgho ont été prélevés 3 fois au cours de la première période, et 4 fois au cours de la deuxième période de l'essai, sur trois parcelles de sorgho : la partie A (Tioleyre 2A), la partie B (Tioleyre 2B) et la parcelle « Laiterie ». Les deux échantillons de foin ont été constitué par un pool d'échantillons journaliers de la semaine de prélèvements. La teneur en matière sèche (MS) des échantillons de fourrage a été déterminé par séchage à 105°C pendant 24 heures. Pour l'analyse de l'acide cyanhydrique les échantillons ont été hachés, réfrigérés, et ensuite lyophilisés pour éviter les pertes d'acide cyanhydrique par évaporation pendant le séchage et en suite moulu (<1 mm). Les concentrations d'acide cyanhydrique sont exprimés en mg/kg de MS. Les concentrations de HCN- sont affichés dans la Figure 11.

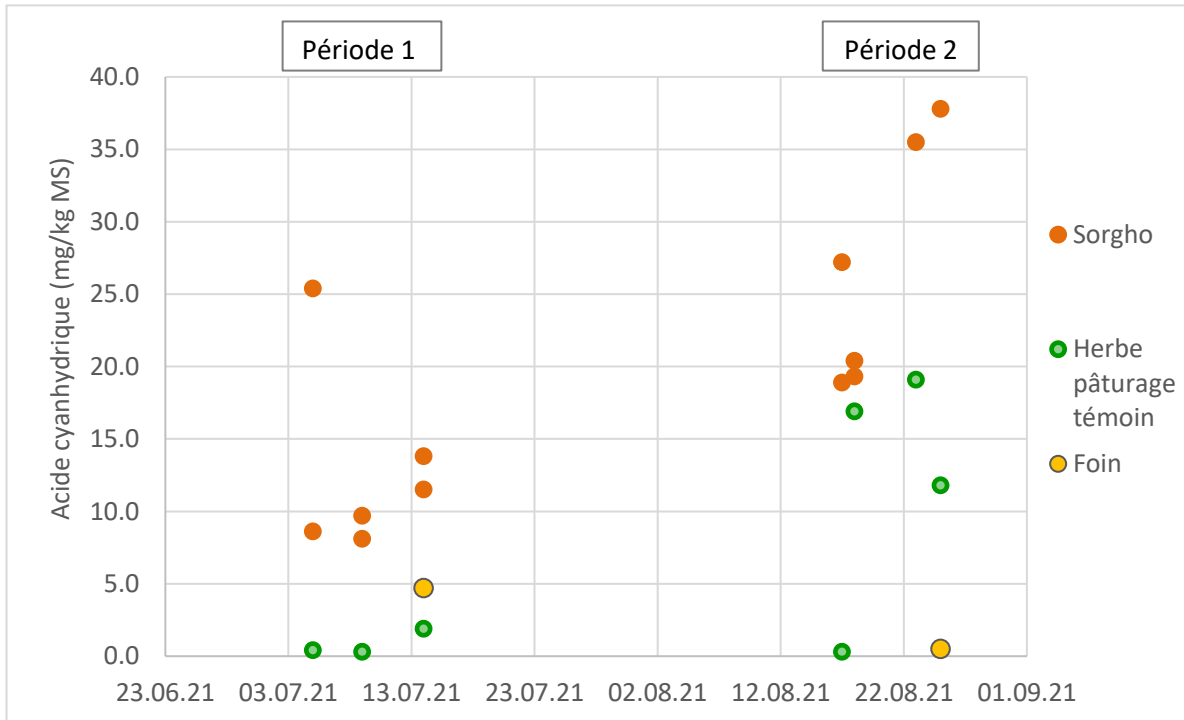


Figure 6: Teneurs en acide cyanhydrique dans les fourrages (mg/kg MS). Un point correspond à un échantillon.

La proportion de trèfle blanc, qui contient aussi des composés cyanogènes, dans l'herbe du pâturage témoin a été déterminée sur les échantillons du 9 juillet (Période 1), et du 17 et 23 août 2021 (Période 2). La proportion de trèfle blanc était respectivement de 1.6% (9 juillet), 2.9% (17 août) et 7.5% (23 août) de la MS. En moyenne, les teneurs en acide cyanhydrique dans le sorgho étaient légèrement plus élevés en août qu'en juillet. Cela pourrait être en lien avec plusieurs facteurs difficiles à déterminer sur la base de ce dispositif expérimental (stade de la plante à la 2^{ème} utilisation et conditions environnementales différentes entre les deux périodes par exemple). Les teneurs en acide cyanhydrique dans l'herbe du pâturage témoin ont légèrement augmenté en août par rapport aux valeurs analysées en juillet, peut-être en lien avec la part légèrement plus élevée (+3% en moyenne) de trèfle blanc dans le pâturage témoin. Néanmoins, les teneurs en HCN dans les fourrages analysés dans cet essai n'ont pas dépassé la limite autorisée des 50 ppm (mg/kg) pour un aliment standardisé à 88% de MS c'est-à-dire à ~56.8 mg/kg MS. La toxicité orale aiguë (DL50) est de 2 mg/kg de poids vif donc 1200 mg d'ingestion en peu de temps pour une vache de 600 kg, la vitesse d'ingestion jouant un rôle important (Salkowski et Peney, 1995).

Tableau 14: Teneurs d'acide cyanhydrique (HCN) en matière sèche (MS) dans les fourrages (mg/kg MS).

	Période	Parcelle	Date	MS (%)	HCN (mg/kg MS)
Sorgho	1	Tioleyre 2A	05.07.2021	13.50	25.4
Sorgho	1	Tioleyre 2B	05.07.2021	14.09	8.6
Sorgho	1	Tioleyre 2A	09.07.2021	12.70	9.7
Sorgho	1	Tioleyre 2B	09.07.2021	12.77	8.1
Sorgho	1	Tioleyre 2A	09.07.2021*	12.70	23.5*
Sorgho	1	Tioleyre 2B	09.07.2021*	12.77	31.4*
Sorgho	1	Tioleyre 2A	14.07.2021	14.53	13.8
Sorgho	1	Tioleyre 2B	14.07.2021	16.21	11.5
Sorgho	2	Tioleyre 2A	17.08.2021	16.20	18.9
Sorgho	2	Tioleyre 2B	17.08.2021	15.10	27.2
Sorgho	2	Tioleyre 2A	18.08.2021	18.80	20.4
Sorgho	2	Tioleyre 2B	18.08.2021	16.80	19.3
Sorgho	2	Laiterie	23.08.2021	14.46	35.5
Sorgho	2	Laiterie	25.08.2021	12.30	37.8
Herbe témoin	1		05.07.2021	20.33	0.4
Herbe témoin	1		09.07.2021	20.05	0.3
Herbe témoin	1		14.07.2021	17.81	1.9
Herbe témoin	2		17.08.2021	15.20	0.3
Herbe témoin	2		18.08.2021	19.20	16.9
Herbe témoin	2		23.08.2021	16.88	19.1
Herbe témoin	2		25.08.2021	16.99	11.8
Foin Pool	1		14.07.2021		4.7
Foin Pool	2		25.08.2021		0.5

*Les échantillons du 09.07.21 ont été analysés en double. Les valeurs des deux répétitions de l'analyse sont présentées dans le tableau.

3.8 Valeur en thiocyanate

La valeur en thiocyanate a été mesurée respectivement dans le sang et le lait des 12 vaches avant et après l'introduction du 2^e lot vache dans la pâture du sorgho. En juillet, la valeur en thiocyanate a diminué lors du passage des vaches dans le champ de sorgho. Ceci peut s'expliquer en partie par des conditions météorologiques défavorables n'encourageant pas la consommation de sorgho. En août, l'introduction des vaches dans le champ de sorgho a provoqué une légère augmentation du thiocyanate dans le sang. Ceci n'a cependant pas eu de répercussion dans le lait. Ces analyses permettent également de constater que l'herbe contenait d'autres plantes que le sorgho qui induisaient une teneur en thiocyanate détectable et quantifiable dans le sang et le lait.

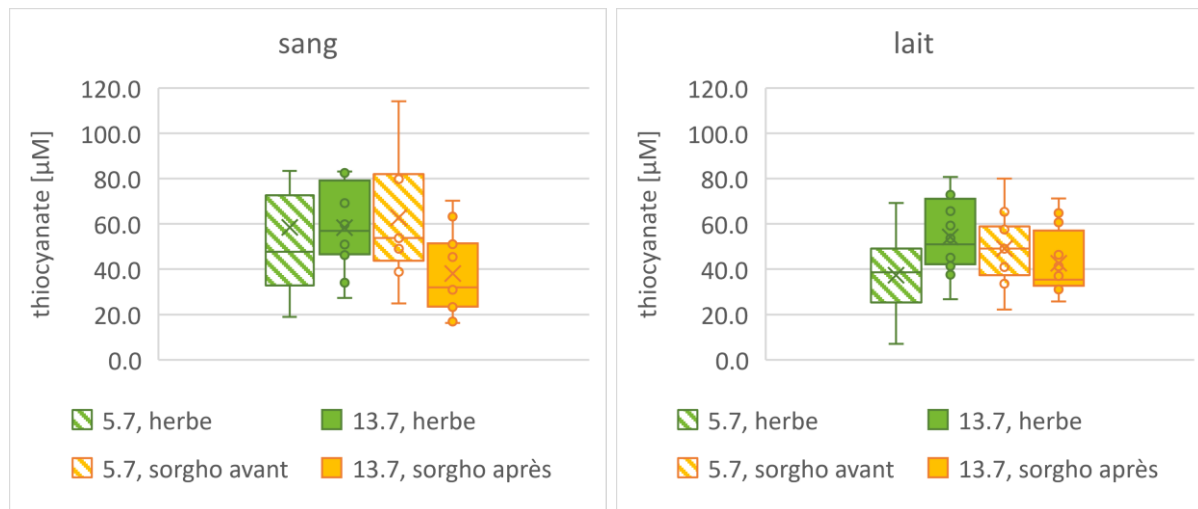


Figure 7: teneur en thiocyanate avant et après la pâture du sorgho en juillet dans le sang (à g.) et le lait (à d.); La boîte représente le 50 % des valeurs (1^{er} au 3^e quartile); le trait au centre: la médiane ; la croix: la moyenne; les moustaches: 1.5 fois l'espace interquartile.

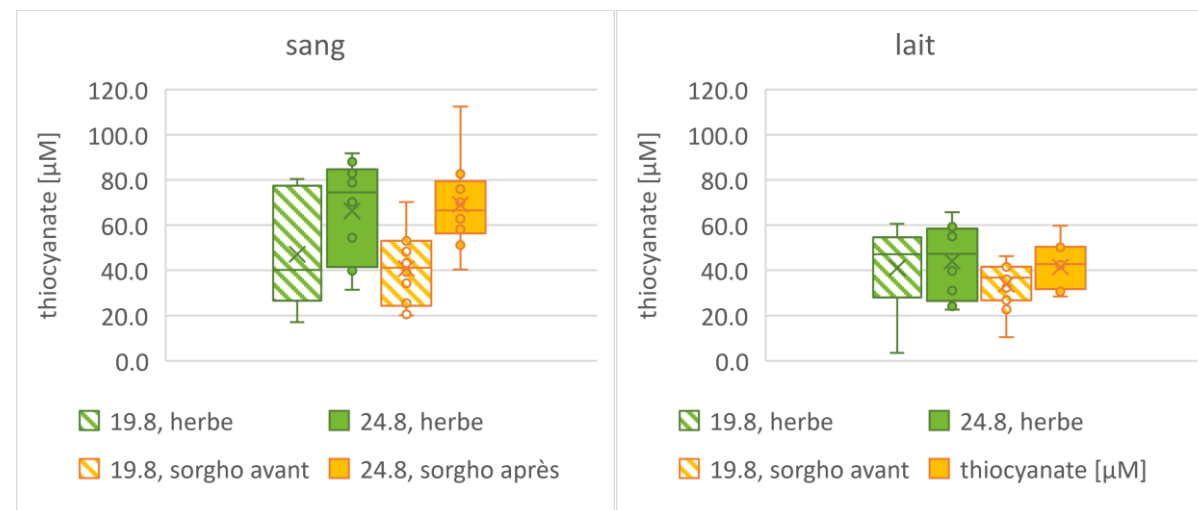


Figure 8: teneur en thiocyanate avant et après la pâture du sorgho en août dans le sang (à g.) et le lait (à d.)

3.9 Analyses du lait

La teneur en protéine était plus élevée dans le troupeau de vaches pâturent le sorgho même si celui-ci ne représente que 18.8 % de la ration sèche (voir Rapport Aeby 2021). Cette augmentation confirme les analyses du lait effectuées par la ferme de Grangeneuve sur ce troupeau avant et après la pâture du sorgho. Le sorgho n'avait donc pas d'impact négatif sur la teneur en protéine. Au contraire, il semble être bénéfique. La teneur en cellules était significativement plus élevée dans le lait « herbe » bien que les deux troupeaux avaient présenté un taux de cellules similaire au début de l'essai.

Au niveau microbiologique, seul le taux de spores butyriques, lors de la lecture à 3 jours d'incubation, présentait des valeurs significativement plus élevées dans le lait « sorgho ». Ces valeurs, qui dépendent principalement de l'hygiène de traite, restaient relativement faibles.

Tableau 15: moyennes (n= 4), écart-types et Test T des analyses effectuées sur le lait

		herbe		sorgho		Test T	signifiante
		moyenne	écart-type	moyenne	écart-type		
Matière grasse	g/100g	3.94	0.48	3.79	0.23	0.62	
Acides gras libres	mmol/10kg	1.20	0.71	0.65	0.00	0.22	
Protéines	g/100g	3.47	0.05	3.65	0.02	0.002	**
Caséine	g/100g	2.74	0.04	2.87	0.03	0.003	**
Cellules	k Cell/ml	637	273	168	45	0.04	*
Entérobactéries	UFC/g	<10	124	140	215	0.57	
G. aérob. mésophiles	UFC/g	3'025	3'924	1'380	1'725	0.66	
G. étrangers	UFC/g	76'175	149'217	79'570	147'003	0.98	
Hétéroferm. fac.	UFC/g	<10	-	<10	-		
Propioniques	UFC/g	<10	-	<10	-		
Spores butyriques	Spor./l	57	61	98	53	0.24	
Spores: pré-lecture	Spor./l	<53	-	91	29	0.003	**
Tolérant le sel	UFC/g	855	435	618	432	0.37	

* p<0.05=significatif; ** p<0.01=hautement significatif; *** p<0.001=très hautement significatif

UFC : unité formant des colonies

Lors du deuxième essai, les 2 lots présentaient des teneurs en cellules, caséine, matière grasse et protéines équivalentes au début de l'essai. Les teneurs en cellules du lot « herbe » ont augmenté durant la période d'essai. Les taux de protéines et de caséine ont augmenté dans le lot « sorgho » durant la période d'essai. La matière grasse est restée équivalente entre les 2 lots pendant la période d'essai.

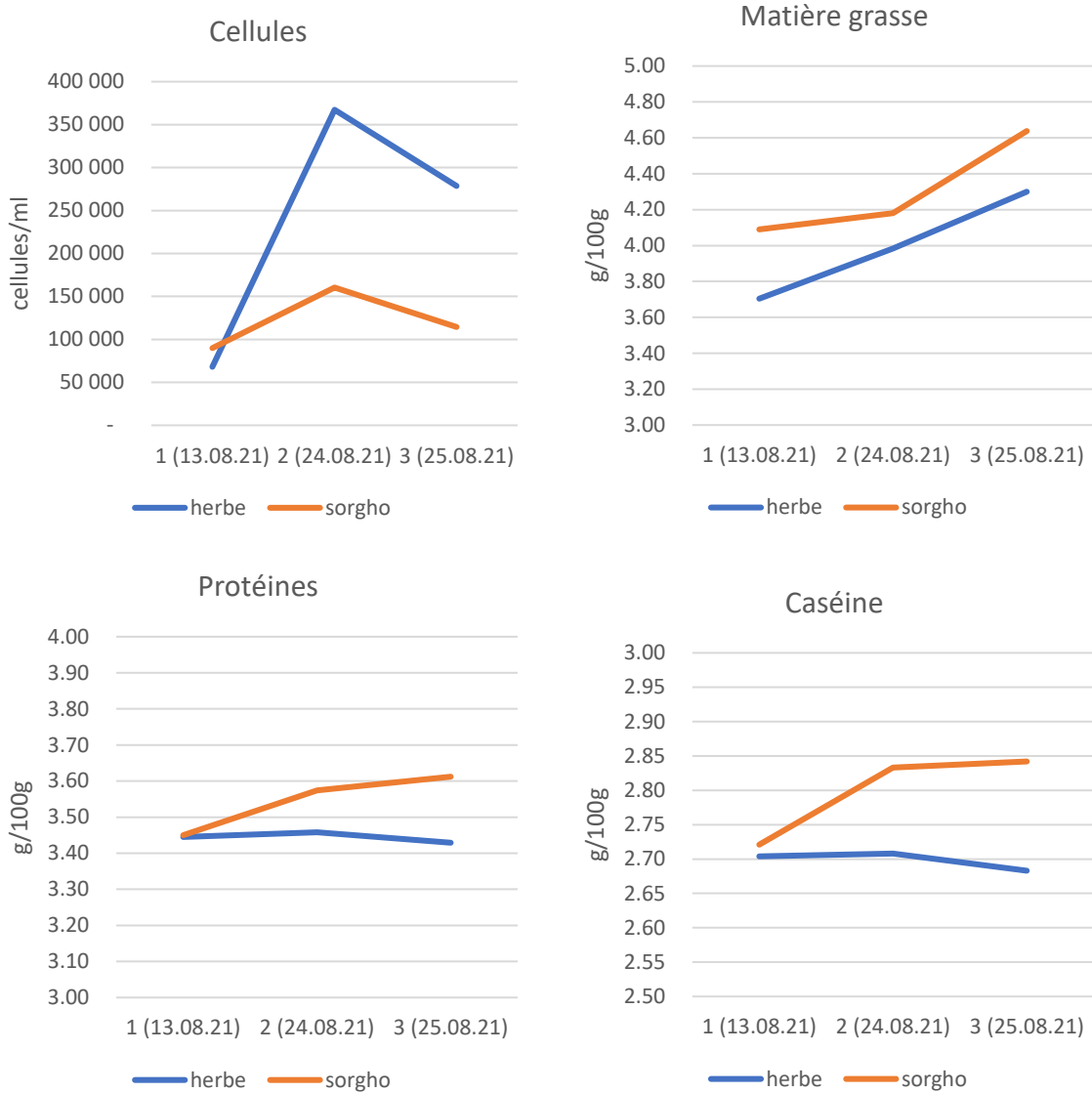


Figure 9 : évolution des cellules et des teneurs du lait des vaches du groupe « sorgho » et « herbe » durant les périodes de l'essai

3.10 Analyses du fromage à 24h

Aucune différence significative n'a été relevée dans les analyses des fromages à 24h. Pour tous les 6 fromages, les valeurs en acide lactique, en galactose, en LAP, en citrate et en pH se trouvaient dans les valeurs cibles d'un fromage à pâte dure fabriqué à Liebefeld. Malgré qu'elles n'étaient pas significativement différentes, les teneurs en eau étaient plus élevées dans les fromages « sorgho » lors des 3 jours de production.

Tableau 16: moyennes, écart-types et Test T des analyses effectuées sur le fromage à 24h

		herbe		sorgho		Test T	signifiante
		moyenne	écart-type	moyenne	écart-type		
Teneur en eau	g/kg	376	5	383	7	0.23	
Acide lactique D(-)	mmol/kg	87	1	85	2	0.25	
Acide lactique L(+)	mmol/kg	63	3	67	3	0.19	
Acide lactique Total	mmol/kg	150	3	152	3	0.41	
Proportion de L(+)	%	42	2	44	1	0.16	
Galactose	mmol/kg	0	0	0	0		
Valeur LAP	IU/kg	2.9	0.8	1.8	0.5	0.14	
Citrate	mmol/kg	7.2	0.8	6.7	0.3	0.37	
Valeur pH	-	5.21	0.02	5.23	0.01	0.20	

* p<0.05=significatif; ** p<0.01=hautement significatif; *** p<0.001=très hautement significatif

3.11 Analyses du fromage à 9 mois

Contrairement aux analyses de 24h, les fromages « herbe » présentaient une teneur en eau significativement plus élevées à 9 mois. Le type de fourrage a influencé significativement le taux de certains acides aminés comme la glutamine, l'histidine, l'arginine et l'isoleucine. Mais ces différences n'avaient pas impacter la qualité du fromage. En ce qui concerne la composition de la matière grasse, aucune différence significative était à relever dans la proportion de la longueur des chaînes acides gras, dans le taux de CLA (acide linoléique conjugué), d'oméga 3 et d'oméga 6. Le fourrage n'avait pas non plus un impact significatif sur le ratio acides oléique/palmitique. Celui-ci est le rapport entre les deux principaux acides gras présents dans la graisse laitière soit l'acide oléique (C18:1) qui provoque une graisse tendre et l'acide palmitique (acide hexadécanoïque ou C16:0) qui provoque une graisse plus dure à cause de la saturation des atomes de carbone en hydrogène. Dans cet essai, ce ratio était étonnamment faible pour un lait d'été. Les seules différences significatives observées dans la composition de la graisse se trouvaient dans la somme des acides gras trans avec et sans CLA. Ces valeurs restaient anecdotiques. Au niveau des composants aromatiques actifs, quelques molécules se différenciaient significativement comme le 3-Hexen-1-ol, formate (arôme vert, melon pas mûr), l'acide butanoïque, ester éthylique (Ethyl butanoate) (fruité, multi fruit), l'acide butanoïque (fromage rance) et le 2-Hydroxy-3-pentanone (brûlé caramel). Cependant, les différences restaient axées sur une seule molécule appartenant à une famille d'arôme et ces composés ne corrèlent pas avec un défaut relevé par les panelistes.

Tableau 17: moyennes, écart-types et Test T des valeurs chimiques et des acides carboxyliques volatils sur les fromages à 9 mois

		herbe		sorgho		Test T	Signifiante
		moyenne	écart-type	moyenne	écart-type		
Teneur en eau	g/kg	359	2	352	1	0.02	*
NaCl	g/kg	25	3	22	2	0.17	
Matière grasse	g/kg	335	5	322	10	0.13	
Valeur pH	-	5.57	0.04	5.58	0.05	0.73	
Valeur OPA	mmol/kg	264	13	259	18	0.70	
Acide citrique	mmol/kg	7.3	0.9	6.9	0.4	0.6	
Acide formique	mmol/kg	0.7	0.1	0.6	0.0	0.24	
Acide acétique	mmol/kg	5.6	0.2	5.5	0.1	0.62	
Acide propionique	mmol/kg	0.1	0.0	0.0	0.0	0.21	
Acide i-butyrique	mmol/kg	0.2	0.1	0.1	0.0	0.22	
Acide n-butyrique	mmol/kg	0.7	0.1	0.5	0.0	0.06	
Acide i-valérique	mmol/kg	0.2	0.1	0.1	0.0	0.09	
Acide i-caproïque	mmol/kg	0.0	0.0	0.0	0.0		
Acide n-caproïque	mmol/kg	0.2	0.0	0.1	0.0	0.06	
Acides volatils totaux	mmol/kg	7.7	0.6	7.1	0.1	0.20	

* p<0.05=significatif; ** p<0.01=hautement significatif; *** p<0.001=très hautement significatif

Tableau 18: moyennes, écart-types et Test T des acides aminés sur les fromages à 9 mois

		herbe		sorgho		Test T	Signifiante
		moyenne	écart-type	moyenne	écart-type		
Phosphosérine	mg/kg	25	6	23	3	0.68	
Acide aspartique	mg/kg	579	21	531	22	0.05	
Acide glutamique	mg/kg	5787	349	5883	499	0.80	
Asparagine	mg/kg	1387	121	1410	140	0.84	
Sérine	mg/kg	825	37	780	59	0.33	
Glutamine	mg/kg	701	36	587	47	0.03	*
Histidine	mg/kg	1223	21	985	97	0.05	*
Glycine	mg/kg	573	43	563	54	0.81	
Thréonine	mg/kg	872	61	831	34	0.38	
Citrulline	mg/kg	875	58	805	62	0.23	
Arginine	mg/kg	39	7	79	18	0.04	*
Alanine	mg/kg	554	46	602	62	0.35	
Acide γ-aminobutyrique	mg/kg	231	181	97	50	0.33	
Tyrosine	mg/kg	796	19	748	71	0.36	
Acide α-aminobutyrique	mg/kg	10	6	6	1	0.37	
Valine	mg/kg	2233	58	2160	193	0.58	
Méthionine	mg/kg	901	59	935	34	0.44	
Tryptophane	mg/kg	132	4	122	12	0.28	
Phénylalanine	mg/kg	1917	67	1843	199	0.60	
Isoleucine	mg/kg	1550	44	1333	86	0.03	*
Ornithine	mg/kg	425	75	453	157	0.80	
Leucine	mg/kg	3170	95	3073	313	0.65	
Lysine	mg/kg	3467	131	3597	258	0.49	
Proline	mg/kg	0	0	0	0		
Cystine	mg/kg	0	0	0	0		
Σ acides aminés libres	mg/kg	28300	854	27467	2183	0.59	
Azote total	g/kg	40.0	1.3	42.9	1.1	0.04	*

* p<0.05=significatif; ** p<0.01=hautement significatif; *** p<0.001=très hautement significatif

Tableau 19: moyennes, écart-types et Test T des composants de la graisse sur les fromages à 9 mois

		herbe		sorgho		Test T	signifiante
		moyenne	écart-type	moyenne	écart-type		
Σ AG courte chaîne	g/100g MG	8.5	0.3	9.0	0.3	0.15	
Σ me AG moyenne chaîne	g/100g MG	44.9	0.9	45.3	0.1	0.45	
Σ AG longue chaîne	g/100g MG	33.9	2.0	33.0	0.6	0.49	
Σ AG saturés	g/100g MG	72.2	0.7	73.0	0.3	0.17	
n-C12, n-C14 & n-C16	g/100g MG	39.5	0.8	39.7	0.2	0.68	
Σ C18:1 (acide oléique)	g/100g MG	19.8	1.2	18.9	0.3	0.30	
Σ C18:2	g/100g MG	2.5	0.1	2.6	0.1	0.10	
Σ AG insaturés	g/100g MG	27.3	1.2	26.5	0.2	0.34	
Σ AG mono-insaturés	g/100g MG	23.7	1.2	22.7	0.2	0.27	
Σ AG poly-insaturés	g/100g MG	3.6	0.0	3.7	0.1	0.05	
Σ C18:1t	g/100g MG	2.5	0.2	2.8	0.1	0.06	
Σ C18:2t avec CLA t	g/100g MG	0.9	0.1	1.1	0.1	0.06	
Σ CLA	g/100g MG	0.8	0.1	0.9	0.1	0.12	
Σ C18:2t sans CLA t	g/100g MG	0.2	0.0	0.3	0.0	0.00	**
Σ AG trans sans CLA t	g/100g MG	2.8	0.2	3.2	0.1	0.04	*
Σ AG trans avec CLA t	g/100g MG	3.5	0.3	4.1	0.2	0.05	*
Σ Oméga 3	g/100g MG	1.0	0.0	1.0	0.0	0.85	
Σ Oméga 6	g/100g MG	1.8	0.1	1.8	0.0	0.14	
Rapport oléique/palmitique		0.73	0.06	0.71	0.01	0.62	

* p<0.05=significatif; ** p<0.01=hautement significatif; *** p<0.001=très hautement significatif

Tableau 20: moyennes, écart-types et Test T des composants aromatiques actifs les fromages à 9 mois

	normal		sorgho		Test T	significiance
	moyenne	écart-type	moyenne	écart-type		
2-Propenal	9841	7313	17007	3828	0.23	
Ethyl Acetate	2183834	1010676	3623716	1446264	0.24	
2-Butanone	396327	117239	364599	86075	0.73	
Butanal, 3-methyl-	100465	11522	80495	9596	0.08	
Methyl vinyl ketone	30285	10519	34946	10188	0.61	
2,3-Butanedione	12837074	6382570	17916100	6210686	0.38	
2-Pentanone, 3-methyl-	18476	3007	20523	1615	0.37	
3-Hexen-1-ol, formate, (Z)-	3950	859	7310	687	0.01	**
Butanoic acid, ethyl ester (Ethyl butanoate)	69686	10823	46110	7683	0.04	*
2-Butenal	40048	32602	15602	7236	0.32	
2,3-Pentanedione	82581	38112	121254	41012	0.30	
Isobutyl acetate	8312	1905	9202	769	0.51	
Disulfide, dimethyl	163115	64097	192160	118604	0.73	
3-Penten-2-one	16021	1348	15520	2378	0.77	
1-Butanol	153875	3435	151459	8980	0.70	
3,4-Hexanedione, 2,2,5-trimethyl-	4806	1983	8827	6925	0.42	
2-Heptanone	1944401	956175	1589523	158743	0.59	
Pyrazine	36549	14897	36085	4273	0.96	
Hexanoic acid, ethyl ester	89090	43407	49056	21271	0.25	
Acetoin	14624626	3164327	17919164	3212801	0.27	
2-Propanone, 1-hydroxy-	133906	52641	160590	65303	0.61	
Acetic acid, methyl ester	134110	49232	161474	59785	0.57	
Pyrazine, 2,6-dimethyl-	16326	7707	7811	2755	0.19	
2-Hydroxy-3-pentanone	320587	26206	403902	52845	0.09	
2-Nonanone	517741	106365	561649	71727	0.59	
Pyrazine, trimethyl-	56197	31875	35488	9915	0.38	
Acetic acid	10244558	5967987	12343134	4790007	0.66	
2,5-Furandione, 3-methyl-	33660	19432	47260	31346	0.56	
Propanoic acid	115295	27564	128564	34640	0.63	
Benzaldehyde	41879	7648	42199	7439	0.96	
Propanoic acid, 2-methyl-	1404350	348097	1158300	159450	0.35	
2-Undecanone	80594	24716	91542	22060	0.60	
Butanoic acid	9514457	1428757	6281371	1025299	0.04	*
Butanoic acid, 3-methyl-	4586144	1283090	2989605	345315	0.16	
2-Furanmethanol	23070	4060	12473	4415	0.04	*
1-Hexanone, 5-methyl-1-phenyl-	15655	12097	28549	21194	0.42	
Benzyl methyl ketone	36023	20354	24481	8637	0.44	
Pentanal, 2-methyl-	12974	4299	13574	3965	0.87	
Hexanoic acid	1467709	622392	1105769	472989	0.47	
2-Propanol, 2-methyl-	6999	3976	7119	1614	0.96	
Dimethyl sulfone	60948	28006	72787	15979	0.57	
Phenol	145389	177702	201024	164229	0.71	
Octanoic acid	70427	59491	37704	4423	0.44	
Pentanoic acid	14292	2398	10403	3485	0.20	
2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6-pentyl-	49978	9107	45467	11900	0.63	

* p<0.05=significatif; ** p<0.01=hautement significatif; *** p<0.001=très hautement significatif

3.12 Analyses sensorielles

Comme le montre le tableau 21, le panel externe n'a pas perçu de différences significatives dans les trois comparaisons. L'une des raisons est probablement le faible nombre de panélistes (n=6). La comparaison des deux fromages 5 contre 6 (3^e jour de production) a montré le plus grand nombre de réponses correctes.

Le panel interne a montré la même tendance que le panel externe. Dans les deux séries de tests (tableau 22 et 23), le nombre le plus élevé de réponses correctes a été observé pour la comparaison des deux fromages 5 contre 6 (3^e jour de production). Dans la première série de tests, cette comparaison était significative avec 10 réponses correctes. Il faut également préciser que le fromage 5 présentait quelques ouvertures (voir figure 11: photo de coupe des fromages) et une pâte plus cassante qui a certainement facilité la perception de la différence des deux morceaux.

Tableau 21: Résultat des 3 tests duo-trio pour le panel externe

Jour de fab.	Variantes	Nombre de panelistes	Réponses justes	P Wert	Significatif
1 ^{er}	herbe contre sorgho	6	2	0.8906	non
2 ^e	herbe contre sorgho	6	4	0.3438	non
3 ^e	herbe contre sorgho	6	4	0.3438	Non

Tableau 22: Résultat des 3 tests duo-trio pour la première série de tests du panel interne

Jour de fab.	Variantes	Nombre de panelistes	Réponses justes	P Wert	Significatif
1 ^{er}	herbe contre sorgho	12	5	0.8062	non
2 ^e	herbe contre sorgho	12	5	0.8062	non
3 ^e	herbe contre sorgho	12	10	0.0193	oui

Tableau 23: Résultat des 3 tests duo-trio pour la deuxième série de tests du panel interne

Jour de fab.	Variantes	Nombre de panelistes	Réponses justes	P Wert	Significatif
1 ^{er}	herbe contre sorgho	12	7	0.3872	non
2 ^e	herbe contre sorgho	12	2	0.9968	non
3 ^e	herbe contre sorgho	12	8	0.1938	non

Pour les deux panels, il n'a pas été possible d'observer une tendance claire selon laquelle une caractéristique bien précise serait « responsable » de la différence perçue. De nombreux attributs ont été cités comme étant à l'origine de la différence perçue, tant pour les fromages « herbe » que « sorgho ». Cela démontre que l'ajout de sorgho pour l'alimentation des vaches n'est pas perceptible d'un point de vue sensoriel dans les fromages de type Gruyère.

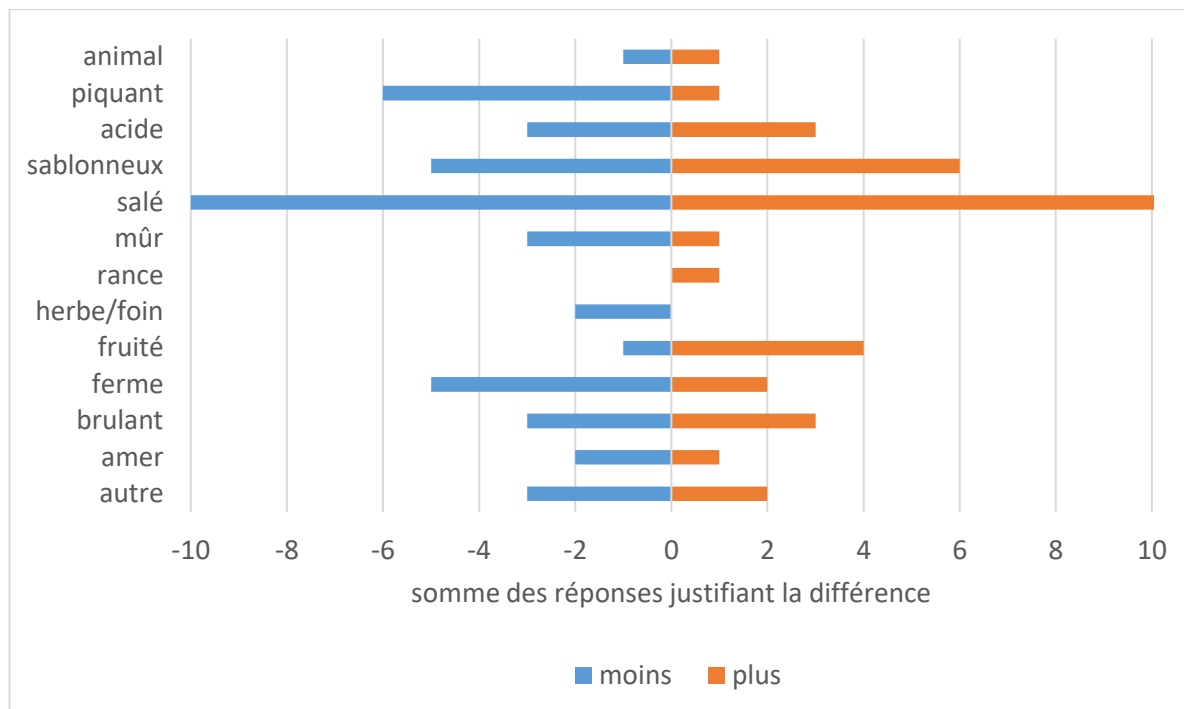


Figure 10: attributs justifiant le choix des réponses correctes des panelistes (exemple pour l'attribut «amer» : 3 panelistes ont trouvé le fromage « sorgho » moins amer et un paneliste l'a trouvé plus amer.)

3.13 Apparence des fromages

Les fromages ne présentaient pas de défaut visuel majeur. Seul le fromage 5 (3^e jour avec du lait «herbe») présentait quelques défauts d'ouverture. Les photos montrent, cependant, que les fromages «sorgho» sont légèrement plus épais ce qui confirme un meilleur rendement dû à une teneur en protéine plus élevée.



Figure 11: coupe de fromage, 1, 3, et 5 lait de vache «pâturage» ; 2, 4 et 6: lait de vache «sorgho»



Figure 12: apparence des fromages après 9 mois d'affinage, à droite 1, 3, et 5 lait de vache «herbe» ; à gauche 2, 4 et 6 : lait de vache «sorgho»

4 Conclusion

4.1 Culture et l'affouragement du sorgho ainsi que la production du lait

L'année 2021 ne correspondait pas à une année favorable au sorgho ou à l'Herbe du Soudan utilisé dans cet essai : températures fraîches et précipitations régulières, tout le contraire de ses exigences. Le semis précoce a souffert du froid durant la levée, et les désherbages mécaniques ont été compliqués. Les pluies continues et inhabituelles en début d'été ont rendu la pâture extrêmement délicate dans la période d'essai de juillet : les vaches se sont retrouvées dans une gadoue profonde, imposant d'arrêter l'essai. Cette mauvaise portance a été accentuée par le fait que la parcelle utilisée avait été labourée pour la mise en place.

La deuxième période de pâture en août s'est mieux déroulée, sur les deux parcelles non labourées. Les vaches ont eu besoin de 2 repas pour s'habituer à consommer cette herbe.

Les analyses de sorgho présentent des valeurs nutritives plutôt médiocres, inférieures à celles d'une bonne herbe. Pourtant, il n'a pas été constaté de modifications des performances laitières des vaches ayant pâturé ce fourrage : cela laisse supposer soit que l'ingestion est plus élevée, soit que les régressions de calculs des valeurs sont inadaptées.

Aucun impact positif ou négatif du sorgho n'a été mesuré sur le poids des animaux durant les 2 périodes – sur une durée peut-être trop courte pour y voir quelque chose –, ni sur les teneurs habituelles du lait – il y a peut-être même un impact positif –, ni même sur les teneurs particulières en acide cyanhydrique ou thiocyanates. Tout cela donne plutôt un bon signal pour cette herbe.

Le point plutôt négatif est le rendement : toute la mise en place de cette culture sert finalement pour 2 à 3 utilisations. Le sorgho reste un appoint précieux en fourrage vert en cas de météo chaude et sèche, mais il ne peut pas servir de pilier unique dans l'affouragement.

Dans un avenir climatique plus chaud et parfois plus sec, le sorgho multi-coupes et l'herbe du Soudan en particulier, présentent un intérêt tout à fait valable dans les zones basses de Suisse. L'aspect agronomique mérite d'être encore mieux exploré : hauteur d'utilisation - dans la mesure où les teneurs en acide cyanhydrique et thiocyanates ont été faibles avec les 60 cm appliqués cette année -, ingestion, valeur alimentaire, nombre d'utilisations possibles, mélange avec une légumineuse, etc. Les essais doivent être poursuivis.

4.2 Conclusion sur l'impact d'un affouragement des vaches avec du sorgho sur la qualité du Gruyère AOP

Le thiocyanate est le composant potentiellement mesurable dans le lait et le sang provenant de l'acide cyanhydrique. Ce dernier étant instable et rapidement dégradé en d'autres composés. L'apport de sorgho du type Herbe du Soudan n'avait pas provoqué une augmentation significative, ni dans le sang des vaches, ni dans le lait produit par celle-ci. Même une proportion élevée de sorgho dans la ration ne montrait pas de concentration plus élevée de thiocyanate dans le lait.

Lors de la fabrication du fromage, le processus n'a pas été affecté par le type de lait. Les analyses effectuées sur le lait, le fromage frais et le fromage affiné ont montré quelques différences significatives mais aucune n'a affecté la qualité sensorielle et visuelle finale du fromage. Lors de l'analyse sensorielle, seule une différence de texture dans une des paires d'échantillons a été perçue par un groupe de panelistes. Dans toutes les autres paires, aucune différence significative entre les fromages « herbe » et « sorgho » n'a été identifiée par les panelistes. Les attributs justifiant ces différences n'étaient pas significatifs de telle sorte qu'aucun caractère particulier décrivant les fromages « sorgho » n'est ressorti.

En conclusion, le sorgho du type Herbe du Soudan pourrait offrir une bonne alternative comme fourrage lors de saisons sèches car il ne semble pas influencer la qualité du fromage à pâte dure au lait cru.

5 Annexes

5.1 Contrôle de fabrication

Tableau 24: contrôle de fabrication des 6 fromages

Objekt	Kessi	K1	K2	K3	K4	K5	K6
	Datum	24.8.	24.8.	25.8.	25.8.	26.8.	26.8.
Einheitsnummer	EH	1	2	3	4	5	6
Abendmilch	L	37.4	37.3	42.6	42.0	41.5	41.9
Morgenmilch	L	53.3	53.1	48.4	48.3	48.5	48.2
Kessimilchmenge Total	L	90.7	90.4	91.0	90.3	90	90.1
Kupferlösung	MI	9	9	9	9	9	9
Kultur 1 Typ		291	291	291	291	291	291
Vorreifen vor Einlaben	Min	30	30	30	30	30	30
Menge	mL	70	70	70	70	70	70
Kultur 2 Typ		291	291	291	291	291	291
Vorreifen vor Einlaben	Min	30	30	30	30	30	30
Menge	mL	70	70	70	70	70	70
Labextrakt	mL	15	15	12	12	12	12
Gerinnung							
Temperatur	°C	32.2	32.3	32.3	32.3	32.4	32.3
Gerinnung bis Vorkäsen	Min	26	27	33	35	31	34
Wärmen	°C	56	56	56	56	56	56
Dauer	Min	30	30	30	30	30	30
Ausrühren Dauer	Min	10	10	10	10	10	10
Ausziehtemperatur	°C	56	56	56	56	56	56

Tableau 25: analyses effectuées durant le processus de fabrication

Einheitsnummer	EH	1	2	3	4	5	6
Abendmilch	pH			6.70	6.73	6.69	6.70
Morgenmilch	pH			6.66	6.71	6.67	6.68
Kessimilchmenge Total	pH			6.68	6.72	6.68	6.70
Kessimilch Fettgehalt	%	0	0	0	0	4.26	3.77
Kultur 1		291	291	291	291	291	291
Bebt.-Dauer	h	5	5	5	5	5	5
pH-Wert		4.78	4.78	4.78	4.78	4.78	4.78
Kultur 2		291	291	291	291	291	291
Bebt.-Dauer	h	12	12	12	12	12	12
pH-Wert		4.12	4.12	4.12	4.12	4.12	4.12
pH-Wert vor Einlaben				6.60	6.64	6.61	6.59
pH-Petit-lait sortie				6.45	6.51	6.47	6.46
pH-Wert 4 h		5.98	6.00	6.01	6.04	6.02	6.04
pH-Wert 24 h		5.21	5.22	5.20	5.21	5.07	5.17

5.2 Analyses microbiologiques, chimiques et biochimiques dans le lait et le fromage

Tableau 26: analyses microbiologiques, chimiques et biochimiques dans le lait et le fromage

			EH1	EH3	EH5	EH2	EH4	EH6
			herbe	herbe	herbe	sorgho	sorgho	sorgho
			24.08.21	25.08.21	26.08.21	24.08.21	25.08.21	26.08.21
Analyses chimiques et biochimiques du lait								
	Unité							
Matière grasse	g/100g	Lait matin (LM)	p.a.	3.26	4.25	p.a.	3.50	3.96
Matière grasse	g/100g	Lait soir (LS)	p.a.	4.32	3.92	p.a.	4.00	3.71
Acides gras libres	mmol/10kg	LM	p.a.	0.65	1.35	p.a.	0.65	0.65
Acides gras libres	mmol/10kg	LS	p.a.	2.14	0.65	p.a.	0.65	0.65
Protéines	g/100g	LM	p.a.	3.46	3.47	p.a.	3.62	3.66
Protéines	g/100g	LS	p.a.	3.42	3.53	p.a.	3.64	3.66
Caséine	g/100g	LM	p.a.	2.72	2.74	p.a.	2.84	2.90
Caséine	g/100g	LS	p.a.	2.69	2.79	p.a.	2.85	2.88
Cellules	k Cell/ml	LM	p.a.	269	892	p.a.	165	110
Cellules	k Cell/ml	LS	p.a.	786	599	p.a.	219	177
Analyses microbiologiques du lait								
Enterobactéries	UFC/g	LM	<10	<10	<10	<10	<10	330
Enterobactéries	UFC/g	LS	160	300	<10	<10	490	<10
G. aérob. mésophiles	UFC/g	LM	250			160		
G. aérob. mésophiles	UFC/g	LS	5800			2600		
G. étrangers	UFC/g	LM	p.a.	1 300	1 400	p.a.	880	300 000
G. étrangers	UFC/g	LS	p.a.	300 000	2 000	p.a.	10 000	7 400
Hétéroferm. fac.	UFC/g	LM	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Hétéroferm. fac.	UFC/g	LS	<10	<10	<10	10	<10	<10
Propioniques	UFC/g	LM	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Propioniques	UFC/g	LS	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Spoires butyriques	Spor./l	LM	53	<53	<53	180	110	110
Spoires butyriques	Spor./l	LS	180	<53	<53	53	110	<53
Spoires: pré-lecture	Spor./l	LM	<53	<53	<53	110	110	110
Spoires: pré-lecture	Spor./l	LS	<53	<53	<53	53	110	53
Tolérant le sel	UFC/g	LM	660	510	260	280	380	1 000
Tolérant le sel	UFC/g	LS	1 300	1 200	1 200	1 000	1 000	50
Analyses chimiques et biochimiques des fromages à 24h								
Teneur en eau	g/kg	24h	371	377	380	375	387	386
Acide lactique D(-)	mmol/kg	24h	87.5	87.5	85.6	85.4	83.0	86.8
Acide lactique L(+)	mmol/kg	24h	62.7	59.7	66.6	64.0	67.9	69.2
Acide lactique Total	mmol/kg	24h	150.2	147.2	152.2	149.5	150.9	156.1
Proportion de L(+)	%	24h	41.8	40.6	43.8	42.8	45.0	44.4
Galactose	mmol/kg	24h	0	0	0	0	0	0
Valeur LAP	IU/kg	24h	3.1	2.0	3.6	2.4	1.7	1.4
Citrate	mmol/kg	24h	8.1	7.1	6.5	7.0	6.5	6.6
Valeur pH	-	24h	5.21	5.23	5.20	5.22	5.23	5.24
Analyses chimiques et biochimiques des fromages à 9 mois								
Teneur en eau	g/kg	9m	358	357	361	352	351	353
NaCl	g/kg	9m	23.6	23.7	28.3	22.3	20.4	23.5
Matière grasse	g/kg	9m	340	330	335	332	321	313
Valeur pH	-	9m	5.58	5.6	5.53	5.63	5.59	5.53
Valeur OPA	mmol/kg	9m	267.2	274.8	250.3	272.6	265.7	238.2
Azote total	g/kg	9m	39.6	41.4	38.9	41.7	43.1	43.8
Acide citrique	mmol/kg	9m	8.2	7.1	6.5	6.5	6.9	7.3

Acides carboxyliques volatils des fromages à 9 mois								
Acide formique	mmol/kg	9m	0.7	0.7	0.8	0.6	0.6	0.6
Acide acétique	mmol/kg	9m	5.4	5.5	5.8	5.6	5.6	5.5
Acide propionique	mmol/kg	9m	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
Acide i-butyrique	mmol/kg	9m	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
Acide n-butyrique	mmol/kg	9m	0.7	0.7	0.9	0.6	0.5	0.5
Acide i-valérique	mmol/kg	9m	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1
Acide i-caproïque	mmol/kg	9m	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Acide n-caproïque	mmol/kg	9m	0.18	0.19	0.24	0.17	0.12	0.11
Acides gras volatils totaux	mmol/kg	9m	7.3	7.4	8.4	7.2	7.1	7.0
Acides aminés des fromages à 9 mois								
Phosphosérine	mg/kg	9m	30	19	27	23	26	21
Acide aspartique	mg/kg	9m	568	566	603	551	536	507
Acide glutamique	mg/kg	9m	5880	6080	5400	6300	6020	5330
Asparagine	mg/kg	9m	1430	1480	1250	1550	1410	1270
Sérine	mg/kg	9m	832	858	785	839	779	722
Glutamine	mg/kg	9m	730	712	661	635	586	541
Histidine	mg/kg	9m	1200	1240	1230	1060	1020	876
Glycine	mg/kg	9m	569	618	533	612	572	506
Thréonine	mg/kg	9m	903	911	802	870	817	807
Citrulline	mg/kg	9m	817	875	933	741	810	865
Arginine	mg/kg	9m	31	45	41	60	95	82
Alanine	mg/kg	9m	539	606	518	662	605	538
Acide γ-aminobutyrique	mg/kg	9m	152	102	438	64	72	155
Tyrosine	mg/kg	9m	808	807	774	794	784	666
Acide α-aminobutyrique	mg/kg	9m	7	6	16	5	6	7
Valine	mg/kg	9m	2200	2300	2200	2330	2200	1950
Méthionine	mg/kg	9m	877	968	857	966	941	899
Tryptophane	mg/kg	9m	132	136	128	130	128	109
Phénylalanine	mg/kg	9m	1860	1990	1900	2000	1910	1620
Isoleucine	mg/kg	9m	1530	1520	1600	1410	1350	1240
Ornithine	mg/kg	9m	463	474	339	610	452	296
Leucine	mg/kg	9m	3120	3280	3110	3360	3120	2740
Lysine	mg/kg	9m	3480	3590	3330	3830	3640	3320
Proline	mg/kg	9m	0	0	0	0	0	0
Cystine	mg/kg	9m	0	0	0	0	0	0
Σ des acides aminés libres	mg/kg	9m	28200	29200	27500	29400	27900	25100
Acides gras des fromages à 9 mois								
Butans. C4	g/100g MG	9m	2.53	2.82	2.71	2.55	2.73	2.76
Pentans. C5	g/100g MG	9m	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Hexans. C6	g/100g MG	9m	1.64	1.81	1.75	1.79	1.80	1.88
Heptans. C7	g/100g MG	9m	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
Octans. C8	g/100g MG	9m	1.12	1.16	1.11	1.18	1.18	1.22
Decans. C10	g/100g MG	9m	2.53	2.64	2.52	2.75	2.77	2.95
Decens. C10:1 ω1	g/100g MG	9m	0.33	0.35	0.39	0.36	0.39	0.40
Dodecans. C12	g/100g MG	9m	2.70	2.87	2.83	3.05	3.09	3.31
Dodecans., 11-Methyl C13 iso	g/100g MG	9m	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
Dodecens. C12:1 u	g/100g MG	9m	0.08	0.08	0.10	0.09	0.10	0.10
Tridecans. C13+Dodecens. C12:1 u2	g/100g MG	9m	0.14	0.15	0.17	0.17	0.18	0.19
Tridecans., 12-Methyl C14 iso	g/100g MG	9m	0.11	0.10	0.11	0.13	0.13	0.12
Tetradecans. C14	g/100g MG	9m	9.47	9.72	9.38	9.92	9.95	10.06
Tetradecans., 13-Methyl C15 iso	g/100g MG	9m	0.27	0.24	0.27	0.33	0.31	0.30
Tetradecens. C14:1 θ (ω5)	g/100g MG	9m	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Tetradecans., 12-Methyl C15 iso	g/100g MG	9m	0.46	0.46	0.55	0.56	0.56	0.55
Tetradecens. C14:1 c9 (ω5)	g/100g MG	9m	0.93	0.94	1.11	0.96	1.00	0.98
Pentadecans. C15	g/100g MG	9m	0.99	0.98	1.08	1.18	1.20	1.20
Pentadecans., 14-Methyl C16 iso	g/100g MG	9m	0.23	0.24	0.24	0.27	0.25	0.24
Hexadecans. C16	g/100g MG	9m	26.47	27.58	27.55	26.60	26.77	26.47

Hexadecans, 15-Methyl C17 iso	g/100g MG	9m	0.39	0.35	0.37	0.39	0.40	0.39
Hexadecans. C16:1 t9 (w7)	g/100g MG	9m	0.08	0.08	0.08	0.10	0.07	0.08
Hexadecans. C16:1 u1	g/100g MG	9m	0.16	0.17	0.18	0.19	0.21	0.21
Hexadecans., 14-Methyl C17 aiso	g/100g MG	9m	0.39	0.36	0.39	0.41	0.40	0.40
Hexadecans. C16:1 c9 (w7)	g/100g MG	9m	1.63	1.55	1.67	1.45	1.45	1.44
Heptadecans. C17	g/100g MG	9m	0.60	0.55	0.58	0.61	0.59	0.61
Hexadecans. C16:1 u2	g/100g MG	9m	0.06	0.08	0.07	0.11	0.09	0.09
Heptadecans., 16-Methyl C18 iso	g/100g MG	9m	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06
Heptadecans. C17:1 c10 (w7)	g/100g MG	9m	0.25	0.22	0.22	0.22	0.21	0.22
Octadecans. C18	g/100g MG	9m	9.30	8.47	7.76	8.60	8.03	8.08
Octadecans. C18:1 t6-9	g/100g MG	9m	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27	0.27
Octadecans. C18:1 t10-11	g/100g MG	9m	1.51	1.59	1.76	1.82	1.93	1.98
Octadecans. C18:1 t12 (w6)	g/100g MG	9m	0.14	0.18	0.19	0.19	0.19	0.18
Octadecans. C18:1 t13+c6+c7+u	g/100g MG	9m	0.39	0.44	0.42	0.40	0.45	0.43
Octadecans. C18:1 c9 (w9)	g/100g MG	9m	17.89	15.63	15.61	15.56	14.88	15.11
Octadecans. C18:1 c11 (w7)	g/100g MG	9m	0.56	0.49	0.48	0.49	0.44	0.46
Octadecans. C18:1 c12 (w6)	g/100g MG	9m	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08
Octadecans. C18:1 c13 (w5)	g/100g MG	9m	0.06	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04
Octadecans. C18:1 u1	g/100g MG	9m	0.21	0.23	0.22	0.20	0.23	0.22
Nonadecans. C19	g/100g MG	9m	0.08	0.06	0.06	0.09	0.08	0.08
Octadecans. C18:1 c15 (w3)	g/100g MG	9m	0.05	0.07	0.07	0.06	0.07	0.06
Somme Octadecadiens. C18:2 u1	g/100g MG	9m	0.07	0.07	0.08	0.11	0.12	0.12
Octadecadiens. C18:2 t12 (w6)	g/100g MG	9m	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01
Octadecadiens. C18:2 u2	g/100g MG	9m	0.14	0.15	0.15	0.14	0.19	0.14
Octadecadiens. C18:2 u3	g/100g MG	9m	0.16	0.16	0.14	0.16	0.18	0.12
Octadecadiens. C18:2 t9c12 (w6) + u	g/100g MG	9m	0.14	0.16	0.17	0.22	0.25	0.25
Octadecadiens. C18:2 c9c12 (w6)	g/100g MG	9m	1.23	1.16	1.09	1.03	0.96	0.96
Eicosans. C20	g/100g MG	9m	0.13	0.12	0.11	0.14	0.13	0.13
Octadecatriens. C18:3 c6c9c12 (w6)	g/100g MG	9m	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
Eicosans. C20:1 t11 + c5	g/100g MG	9m	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
Eicosans. C20:1 c8 + c9	g/100g MG	9m	0.11	0.10	0.11	0.12	0.14	0.11
Eicosans. C20:1 c11 (w9)	g/100g MG	9m	0.05	0.04	0.03	0.04	0.06	0.03
Octadecatriens. C18:3 c9c12c15 (w3)	g/100g MG	9m	0.63	0.66	0.62	0.62	0.63	0.61
Octadecadiens. C18:2 c9t11 (w7) + u	g/100g MG	9m	0.62	0.61	0.82	0.75	0.84	0.86
Octadecadiens. C18:2 t10c12 (w6)	g/100g MG	9m	0.06	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
Octadecadiens. C18:2 c9c11 (w7) + u	g/100g MG	9m	0.05	0.03	0.03	0.05	0.05	0.06
Octadecadiens. C18:2 t11 (w7)	g/100g MG	9m	0.04	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
Octadecatetraens. C18:4 c6c9c12c15 (w3)	g/100g MG	9m	0.05	0.05	0.05	0.08	0.06	0.06
Eicosadiens. C20:2 c11c14 (w6)	g/100g MG	9m	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03
Docosans. C22	g/100g MG	9m	0.04	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05
Eicosatriens. C20:3 c8c11c14 (w6)	g/100g MG	9m	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Eicosatriens. C20:3 c11c14c17 (w3)	g/100g MG	9m	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01
Eicosatetraens. C20:4 c5c8c11c14 (w6)	g/100g MG	9m	0.09	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09
Eicosatetraens. C20:4 c8c11c14c17 (w3)	g/100g MG	9m	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Eicosapent. C20:5 c5,c8,c11,c14,c17 (EPA) (w3)	g/100g MG	9m	0.07	0.08	0.07	0.08	0.07	0.07
Docosapent. C22:5 c7,c10,c13,c16,c19 (DPA) (w3)	g/100g MG	9m	0.08	0.08	0.08	0.10	0.09	0.09
Docosahexa. C22:6 c4,c7,c10,c13,c16,c19 (DHA) (w3)	g/100g MG	9m	0.02	0.02	<0.03	0.03	<0.03	<0.03
Somme AG courte chaîne	g/100g MG	9m	8.18	8.82	8.51	8.67	8.92	9.27
Somme AG moyenne chaîne	g/100g MG	9m	43.84	45.27	45.45	45.16	45.41	45.40
Somme AG longue chaîne	g/100g MG	9m	36.23	33.01	32.55	33.59	32.57	32.71
Somme AG saturés	g/100g MG	9m	71.73	72.99	71.84	72.94	72.76	73.31
n-C12, n-C14 & n-C16	g/100g MG	9m	38.64	40.17	39.76	39.56	39.82	39.85
Somme C18:1	g/100g MG	9m	21.18	19.06	19.17	19.12	18.60	18.85
Somme C18:2	g/100g MG	9m	2.52	2.41	2.55	2.56	2.69	2.60
Somme AG insaturés	g/100g MG	9m	28.69	26.41	26.94	26.69	26.32	26.42
Somme AG mono-insaturés	g/100g MG	9m	25.05	22.86	23.33	22.97	22.51	22.75

Somme AG poly-insaturés	g/100g MG	9m	3.59	3.51	3.56	3.67	3.76	3.63
Somme C18:1t	g/100g MG	9m	2.31	2.49	2.64	2.67	2.84	2.86
Somme C18:2t avec CLA t	g/100g MG	9m	0.87	0.83	1.05	1.06	1.18	1.21
Somme CLA	g/100g MG	9m	0.76	0.68	0.90	0.86	0.96	1.00
Somme C18:2t sans CLA t	g/100g MG	9m	0.16	0.19	0.18	0.25	0.28	0.27
Somme AG trans sans CLA t	g/100g MG	9m	2.59	2.78	2.94	3.05	3.21	3.25
Somme AG trans avec CLA t	g/100g MG	9m	3.31	3.43	3.81	3.86	4.12	4.19
Somme Oméga 3	g/100g MG	9m	0.96	1.03	0.95	1.02	1.00	0.94
Somme Oméga 6	g/100g MG	9m	1.90	1.85	1.78	1.80	1.76	1.73
Rapport oléique/palmitique		9m	0.80	0.69	0.70	0.72	0.69	0.71
Composés aromatiques des fromages à 9 mois								
2-Propenal			18234	6443	4845	20435	17711	12876
Ethyl Acetate (ester éthylique)			3288657	1956985	1305861	3846480	2078995	4945674
2-Butanone			414538	503395	271048	422599	405497	265699
Butanal, 3-methyl-			92335	95411	113650	69552	84460	87473
Methyl vinyl ketone			35551	37131	18172	42415	39083	23340
2,3-Butanedione			17571043	15361853	5578326	20327316	22559607	10861376
2-Pentanone, 3-methyl-			21673	15704	18050	19825	19374	22370
3-Hexen-1-ol, formate, (Z)-			4669	2999	4183	6527	7813	7589
Butanoic acid, ethyl ester			80222	58597	70240	50012	37259	51059
2-Butenal			77690	20810	21643	12595	10355	23856
2,3-Pentanedione			112925	95013	39806	120147	162808	80807
Isobutyl acetate			8698	9994	6243	9348	9887	8370
Disulfide, dimethyl			115887	137379	236081	278837	240649	56994
3-Penten-2-one			17461	15813	14789	17977	13230	15354
1-Butanol			152152	157831	151643	161573	144425	148379
3,4-Hexanedione, 2,2,5-trimethyl-			5481	6363	2574	4896	16824	4762
2-Heptanone			3038839	1523378	1270987	1683610	1678714	1406245
Pyrazine			53690	29234	26723	40766	35094	32394
Hexanoic acid, ethyl ester			99889	41303	126077	50486	27105	69576
Acetoin			16277475	16620265	10976140	19414636	20111626	14231231
2-Propanone, 1-hydroxy-			125806	190128	85785	214493	179302	87973
Acetic acid, methyl ester			121825	188321	92183	209861	179922	94639
Pyrazine, 2,6-dimethyl-			24620	9386	14973	10991	6133	6311
2-Hydroxy-3-pentanone			343289	326564	291909	393152	461295	357258
2-Nonanone			605333	548504	399385	554820	636546	493580
Pyrazine, trimethyl-			90074	26798	51719	37011	24900	44553
Acetic acid			11670469	15370434	3692771	14680853	15515410	6833137
2,5-Furandione, 3-methyl-			55361	17873	27745	30448	27906	83425
Propanoic acid			125142	136583	84159	168552	107753	109389
Benzaldehyde			50125	35018	40493	47084	33637	45874
Propanoic acid, 2-methyl-			1008640	1663289	1541120	1277198	1220597	977106
2-Undecanone			94183	95535	52066	91763	113490	69372
Butanoic acid			8065437	10922051	9555884	7297498	6299475	5247139
Butanoic acid, 3-methyl-			3121480	5125115	5511837	3374747	2886430	2707639
2-Furanmethanol			19474	22264	27472	17532	10490	9397
1-Hexanone, 5-methyl-1-phenyl-			10141	7298	29527	30474	6458	48716
Benzyl methyl ketone			59389	26534	22146	25709	32437	15295
Pentanal, 2-methyl-			14387	16389	8147	14465	17018	9239
Hexanoic acid			891880	1383216	2128032	674028	1031953	1611326
2-Propanol, 2-methyl-			8817	9741	2438	7270	8653	5435
Dimethyl sulfone			70525	82909	29409	70685	89713	57962
Phenol			57398	349918	28850	216251	357110	29712
Octanoic acid			139094	37760	34427	42757	34531	35823
Pentanoic acid			16309	14926	11641	10440	13868	6899
2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6-pentyl-			60257	46759	42917	59176	37795	39431

5.3 Mesure du thiocyanate par le laboratoire d'analyse des arômes

Appareil et condition d'analyse:

Verwendetes Gerät: GC-MS Agilent 7890B/5977b (ID 106312)
GC-MS Methoden : 20210910_CIS_inj_liq_sim.M
Syringe: 10 ul, injection 1ul
GC parameters: Injector: CIS, 250°C, splitless
Oven ramp temperature: 80 °C, 5 min, 10°C/min -> 100, 20°C/min -> 300°C, 5min, runtime 22 min
GC-column: HP-5MS, 30 m x 0.25 mm x 0.25 µm, Nr. intern 53.613
MS-Parameter: sim mode,
Group 1, from 7.5 min, ion 157, 188, 207
Group 2, from 10.0 min, ion 181, 211, 239
Group 3, from 11.5 min, ion 74, 235, 314
FID-Parameter: on

5.4 Composés aromatiques actifs

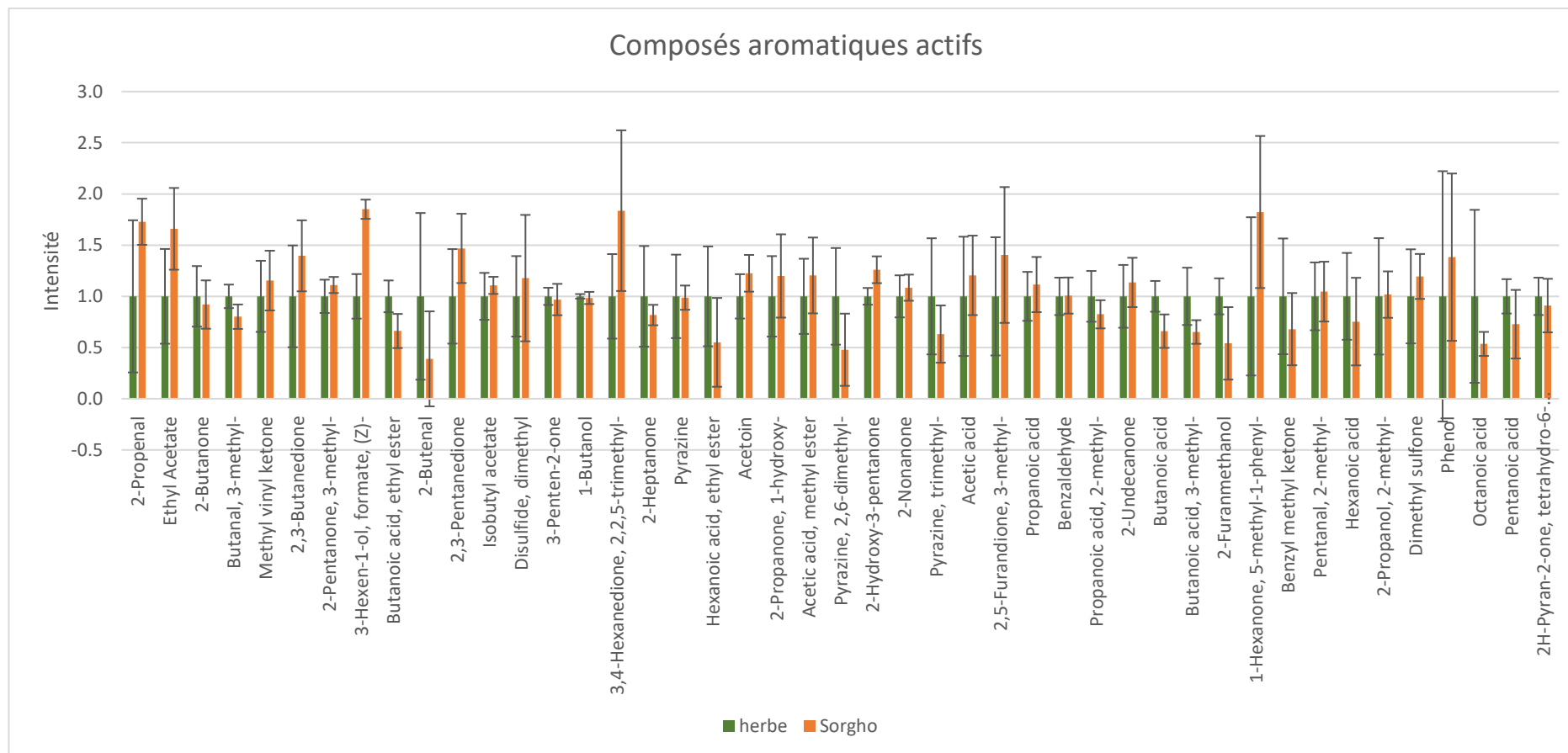


Figure 13: composés aromatiques détectés dans les fromages « herbe » et « sorgho »

6 Bibliographie

Genovese and al., 2019, Volatile Organic Compound and Fatty Acid Profile of Milk from Cows and Buffaloes Fed Mycorrhizal or Nonmycorrhizal Ensiled Forage, *Molecules* 2019, 24.

Khosravi and al., 2018, Total replacement of corn silage with sorghum silage improves milk fatty acid profile and antioxidant capacity of Holstein dairy cows, *Journal of Dairy Science*, Volume 101, Issue 12, December 2018, Pages 10953-10961.

Lehmann and al., 1990, Sollen stark blausäurehaltige Weisskleearten in Gras-Weissklee-Mischungen eingesetzt werden? *Landwirtschaft Schweiz*, 1990, 559-565.

[Macolino](#) et al. 2024. Dhurrin content and biomass yield in sorghum hybrids throughout plant growth cycle. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, Volume 7, Issue 1Mar 2024.

Mathieu and al., 2010, Le sorgho dans l'alimentation du troupeau laitier, Document rédigé par le groupe alimentation des Pays de la Loire.

Salkowski and Peney, 1995, Metabolic, cardiovascular, and neurologic aspects of acute cyanide poisoning in the rat, *Toxicology Letters*, Volume 75, Issues 1–3, January 1995, Pages 19-27.

Uzun and al., 2018, The inclusion of fresh forage in the lactating buffalo diet affects fatty acid and sensory profile of mozzarella cheese, *Journal of Dairy Science* Vol. 101 No. 8, 2018, 6752–6761.

Zeise and Fritz, 2012, Sorghum als Energiepflanze, Technologie- und Förderzentrum (TFZ) im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing.