

Influence de l'affouragement des vaches avec du tourteau de colza sur la qualité du Gruyère AOP

Auteur

John Haldemann

Partenaires

Interprofession du Gruyère (IPG)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

Impressum

| | |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Éditeur | Agroscope Rte de la Tioleyre 4, Case postale 64 1725 Posieux www.agroscope.ch |
| Renseignements | John Haldemann |
| Relecture | Elise Frioud |
| Mise en page | John Haldemann |
| Photo de couverture | Jean-Luc Oberson, John Haldemann |
| Download | www.agroscope.ch/transfer/fr |
| Copyright | © Agroscope 2025 |
| ISSN | 2296-7230 (online) |

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 |
| 1 Introduction et but de l'essai | 5 |
| 1.1 But de l'essai | 5 |
| 1.2 Introduction | 5 |
| 2 Matériel et méthode | 7 |
| 2.1 Déroulement de l'essai | 7 |
| 2.2 Affouragement du colza | 8 |
| 2.3 Livraison du lait | 8 |
| 2.4 Fabrication du fromage | 8 |
| 2.5 Analyses microbiologiques, chimiques et biochimiques | 9 |
| 2.6 Analyse sensorielle | 10 |
| 3 Résultats | 12 |
| 3.1 Composition du tourteau de colza | 12 |
| 3.2 Analyse du lait | 13 |
| 3.3 Analyses du fromage | 15 |
| 4 Conclusion | 24 |
| 5 Bibliographie | 25 |
| 6 Remerciements | 25 |

Résumé

Le tourteau de colza est une source de protéine idéale et locale pour l'alimentation des vaches laitières. Sa quantité est limitée à 0,5 kg par jour par vache selon le cahier des charges de l'IPG, contrairement au tourteau de soja importé. Cette restriction repose sur d'anciens risques de goût indésirable dans le lait, liés à des composés (acide érucique, glucosinolate) absents des variétés actuelles de colza. Des études suggèrent qu'une complémentation basée uniquement sur du tourteau de colza pourrait maintenir de bonnes performances animales et améliorer la teneur en oméga-3 du lait. Il reste à vérifier si cela affecterait la qualité du Gruyère AOP, notamment en termes de goût, texture et couleur dans le fromage affiné.

Durant l'hiver 2024, trois producteurs de lait ont affouragé leurs vaches avec un apport de tourteau de colza en trois phases, en complément d'une ration à base de foin et regain. Tout d'abord avec 0,5 kg pendant 15 jours, puis ils ont augmenté à 1,3 kg pendant une semaine et, enfin, lors de la dernière phase, les vaches ont reçu 2,0 kg de tourteau de colza à la crèche pendant une semaine. Lors des deux derniers jours de chaque phase, le lait des trois producteurs a été collecté séparément dans une cuve puis transformé en Gruyère. En parallèle, le lait du reste des producteurs a été transformé dans une autre cuve afin d'obtenir un Gruyère de référence. Tous les fromages ont été ensuite affinés ensemble à la cave de la fromagerie pendant 3-4 mois, puis chez l'affineur jusqu'à l'âge de 8 mois.

L'essai s'est déroulé correctement lors de toutes les étapes: de l'affouragement des vaches à la collecte du lait, puis la fabrication des Gruyère et leur affinage. Malgré un peu de réticence au début, les vaches ont montré une très bonne appétence pour le tourteau de colza. Aucun impact négatif sur la qualité du lait n'a été relevé. Les Gruyère «colza» présentaient un pH légèrement plus bas et une protéolyse un peu moins marquée que les Gruyère de référence, mais sans effet négatif sur la qualité sensorielle. Cependant, en ce qui concerne la composition de la graisse, les Gruyère du groupe «colza» présentaient des valeurs significativement plus élevées au niveau de la part d'acide gras à longues chaînes ainsi d'acides gras poly-insaturés. Ces composants sont bénéfiques pour la santé ainsi que la qualité de la pâte. L'analyse des composés aromatiques actifs a permis d'exclure une augmentation des composés soufrés dans les fromages «colza» même avec l'affouragement maximal de 2 kg par jour par vache. Au niveau de l'analyse sensorielle, l'augmentation de la proportion de tourteau de colza dans la ration s'est traduite par une pâte légèrement plus élastique et moins ferme. En revanche, aucune différence significative n'a été observée concernant l'arôme, l'amertume ou la couleur entre les différentes variantes.

Dans cet essai, l'ajout d'une quantité importante de tourteau de colza dans la ration des vaches n'a eu aucun effet négatif sur la qualité du Gruyère AOP.

1 Introduction et but de l'essai

1.1 But de l'essai

L'objectif de cet essai était d'évaluer les effets d'un affouragement des vaches laitières avec des quantités de tourteau de colza supérieures à 0,5 kg / vache / jour sur la qualité du lait, sa transformabilité en fromage et les propriétés sensorielles du fromage.

1.2 Introduction

La durabilité de la production est au cœur des réflexions dans les filières agro-alimentaires. Pour ce qui est de l'Interprofession de Gruyère (IPG), l'affouragement des vaches laitières est un pilier du cahier des charges, mais aussi un garant de la qualité du lait, ce qui va influencer la qualité du Gruyère AOP. Le tourteau de colza représente la seule source protéique indigène disponible en quantités importantes (50 000 tonnes par an) pour compléter les besoins des vaches laitières.

Actuellement la plupart des rations des vaches laitières nécessitent une complémentation protéique, qui se fait soit à partir de tourteau pur (soja, colza) ou souvent, d'un mélange de différents tourteaux. Toutefois le cahier des charges de l'IPG spécifie que la quantité de tourteau de colza maximale autorisée est de 0,5 kg par vache et par jour, alors que le tourteau de soja n'est soumis à aucune restriction quantitative.

Cette limitation est-elle toujours justifiée au vu des variétés double zéro (sans acide érucique ni glucosinolate) semées en Suisse depuis le début des années 2000? En effet, ces deux composants, encore présents dans les variétés de colza des années 1990, pouvaient donner au lait des odeurs et des goûts de crucifères, dommageables pour la qualité du fromage.

Pourrait-on compléter les rations des vaches laitières uniquement avec du tourteau de colza, en vue d'améliorer la durabilité de la production?

Certains essais réalisés à l'étranger (Heuzé et al. 2023; Hurtaud et al. 2014; Tormo et Rouillé 2020) montrent qu'il est techniquement possible de compléter des rations de vaches laitières avec du tourteau de colza et des céréales, avec des résultats zootechniques semblables. Une légère augmentation du taux protéique et une légère diminution du taux butyreux ont été observées dans la plupart des cas. Les teneurs en acides gras oméga-3 du tourteau de colza peuvent également faire augmenter la teneur en oméga-3 du lait (Gresset F, 2003).

Afin de garantir une qualité irréprochable du produit final, il sera nécessaire de vérifier si la qualité du fromage s'en trouve modifiée. Agroscope avait montré en 2001 que l'affouragement de graines de colza entières avait amélioré la qualité de la pâte du fromage Emmental (Stoll et al. 2001). Un suivi sur 8 mois des fromages produits permettra de vérifier l'évolution à long terme du goût, de la texture et de la couleur de la pâte du Gruyère AOP.

1.2.1 Clients & partenaires

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'un mandat et avec le soutien financier de l'Interprofession du Gruyère (IPG).

Les autres partenaires étaient:

- DGAV-DAGRI ferme de Grange-Verney (Carole Labie)
- DGAV-DAGRI (Frédéric Brand)
- Pascal Rufer et Jean-Luc Oberson, Proconseil
- Georges Michaud, fromager à Combremont-le-Grand
- Julien Ney, producteur de lait à Combremont-le-Grand
- Gabriel Hoffmann, producteur de lait à Combremont-le-Grand
- Serge Pernet, président de la société laiterie de Combremont-le-Grand
- Gilles Margot, affineur, Margot SA
- Nicolas Genoud, conseiller, ARQHA

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé. Leur implication a permis le bon déroulement de cet essai.

1.2.2 Agroscope

Les laboratoires suivants d'Agroscope ont participé à cette étude :

- Laboratoire des arômes (Pascal Fuchsmann), Agroscope Liebefeld
- Laboratoire de chimie (Charlotte Fleuti), Agroscope Liebefeld
- Laboratoire de biochimie (Charlotte Egger), Agroscope Liebefeld
- Laboratoire de biologie moléculaire (Hélène Berthoud) Agroscope Liebefeld
- Laboratoire d'analyse sensorielle (Edith Beutler et Jonas Inderbitzin), Agroscope Liebefeld

2 Matériel et méthode

2.1 Déroulement de l'essai

Les producteurs de lait Ney et Hoffmann (Combrement-le-Grand) ainsi que l'exploitation de Grange-Verney (Moudon) ont affouragé leurs vaches avec 0,5 kg / vache / jour de tourteau de colza et 0,5 kg de soja dès le 1^{er} février 2024 puis avec 1,3 kg / vache / jour dès le 16.2.24 et ensuite avec 2,0 kg / vache / jour dès le 23.2.24. Les laits de ces trois producteurs ont été transformés dans une cuve séparée à la fromagerie de Combrement-le-Grand les 8, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 27, 28 et 29 février 2024. Le tableau 2 présente les essais sélectionnés pour les analyses en laboratoire.

Tableau 1: dates des trois phases de l'essai avec les différentes quantités de tourteaux de colza (TC)

| Activité | Date | Tourteau de colza [kg/vache/ jour] | Tourteau de soja* [kg/vache/ jour] | Jour |
|-----------------------------------------|----------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------|
| Début affouragement préparatoire | 1.2.24 | 0.5 | 0.5 | J1-14 |
| Fabrication du fromage (adaptation) | 8.2.24 | 0.5 | 0.5 | J8 |
| Fabrication du fromage (adaptation) | 13.2.24 | 0.5 | 0.5 | J13 |
| Fabrication du fromage 1 | 14.2.24 | 0.5 | 0.5 | J14 |
| Fabrication du fromage 2 | 15.2.24 | 0.5 | 0.5 | J15 |
| Début affouragement TC 1,3kg | 16.2.24 | 1.3 | 0 | J16 |
| Fabrication du fromage (adaptation) | 20.2.24 | 1.3 | 0 | J20 |
| Fabrication du fromage 3 | 21.2.24 | 1.3 | 0 | J21 |
| Fabrication du fromage 4 | 22.2.24 | 1.3 | 0 | J22 |
| Augmentation TC 2 kg | 23.2.24 | 2 | 0 | J23 |
| Fabrication du fromage (adaptation) | 27.2.24 | 2 | 0 | J27 |
| Fabrication du fromage 5 | 28.2.24 | 2 | 0 | J28 |
| Fabrication du fromage 6 | 29.2.24 | 2 | 0 | J29 |

*la quantité de tourteau de soja a été adaptée chez certains producteurs

Tableau 2: variantes de l'essai sélectionnées pour les analyses.

Les laits et les fromages sont numérotés de 1 à 12.

| EH | Variante | Date | Jour | Variante colza/soja |
|----|-----------------|---------|------|---------------------|
| 1 | Essai 1: 0.5 kg | 14.2.24 | J14 | 0.5/0.5 |
| 2 | Référence 1 | 14.2.24 | J14 | 0.5/0.5 |
| 3 | Essai 2: 0.5 kg | 15.2.24 | J15 | 0.5/0.5 |
| 4 | Référence 2 | 15.2.24 | J15 | 0.5/0.5 |
| 5 | Essai 3: 1.3 kg | 21.2.24 | J21 | 1.3/0 |
| 6 | Référence 3 | 21.2.24 | J21 | 1.3/0 |
| 7 | Essai 4: 1.3 kg | 22.2.24 | J22 | 1.3/0 |
| 8 | Référence 4 | 22.2.24 | J22 | 1.3/0 |
| 9 | Essai 5: 2.0 kg | 28.2.24 | J29 | 2/0 |
| 10 | Référence 5 | 28.2.24 | J28 | 2/0 |
| 11 | Essai 6: 2.0 kg | 29.2.24 | J29 | 2/0 |
| 12 | Référence 6 | 29.2.24 | J29 | 2/0 |

2.2 Affouragement du colza

Pour les trois producteurs, l'essai s'est déroulé comme prévu. Le tourteau de colza a été distribué à la crèche et il a fallu trouver la bonne puisette pour respecter les quantités de 0,5 kg, 1,3 kg et 2,0 kg. Un producteur a remarqué qu'au début les vaches montraient peu d'appétence pour ce «nouveau» fourrage, mais qu'au fil des jours, il était devenu très appétant. Il a également remarqué que les bouses étaient tendanciellement plus fermes.

2.3 Livraison du lait

Le lait a été livré matin et soir à la fromagerie de Combremont-le-Grand. L'exploitation de Grange-Verney, qui est affiliée à la fromagerie de Moudon, a exceptionnellement livré son lait à la fromagerie de Combremont-le-Grand.

2.4 Fabrication du fromage

Les jours d'essai officiels (14, 15, 21, 22, 28 et 29 février 2024), le fromager fabriquait entre cinq et six meules de fromage par cuve. Les deux cuves ont été fabriqués de la même manière avec les mêmes quantités de cultures et présure. Le fromager n'a pas relevé de différence lors de la fabrication ni d'odeur particulière.

2.5 Analyses microbiologiques, chimiques et biochimiques

Les tableaux suivants décrivent les méthodes d'analyse utilisées par les différents laboratoires dans le cadre de cet essai.

Tableau 3: méthodes d'analyses chimiques pour le tourteau de colza effectuées par Agroscope à Posieux

| Analyses | Informations | Méthode |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Minéraux | Minéraux dans les aliments pour animaux, minéralisation, ICP-OES | 13.4.ME.057 |
| Matière sèche et cendres | Matière sèche et cendres brutes dans les aliments pour animaux, thermogravimétrie | 13.4.ME.057 |
| Analyses élémentaires C, N, S | Analyses élémentaires C, N, S dans les aliments pour animaux, DUMAS | 13.4.ME.067 |
| Fibres insolubles dans détergents acides | Fibres insolubles dans détergents acides dans aliments pour animaux, gravimétrie Van Soest | 13.4.ME.009 |
| Fibres insolubles dans détergents neutres | Fibres insolubles dans détergents neutres dans aliments pour animaux, gravimétrie Van Soest | 13.4.ME.069 |
| Graisse brute | Graisse brute dans aliments pour animaux, selon Berntrop | 13.4.ME.068 |
| Acides gras | Acides gras dans les fourrages secs, transestérification, dérivatisation, GC-FID | 13.4.ME.051 |
| Cellulose brute | Cellulose brute dans aliments pour animaux, gravimétrie selon Van Soest | 13.4.ME.048 |

Tableau 4: méthodes d'analyses chimiques effectuées au 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 |

Tableau 5: méthodes d'analyses chimiques et biochimiques effectuées par Agroscope à Liebefeld

| Analyses | Informations | Méthode |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Acide lactique | Détermination des lactates D et L ainsi que l'acide lactique totale dans le fromage, les cultures et les autres produits laitiers (Gallery) | 13.6.ME.072 |
| Acides carboxyliques volatils | Acides carboxyliques volatils dans le fromage, GC-HS-Direct | 13.8.ME.103 |
| Citrate | Détermination du citrate, par voie enzymatique avec Gallery Analyzer | 13.6.ME.078 |
| Composition de la graisse | Acides gras à haute résolution dans la matière grasse du lait, GC-FID | 13.8.ME.028 |
| NaCl | Chlorure dans le fromage par argentométrie | 13.8.ME.012 |
| Teneur en eau | Perte à la dessiccation (eau) ou matière sèche, par gravimétrie | 13.8.ME.068 |
| Valeur LAP | LAP dans le fromage & cultures (Spectramax) | 13.6.ME.038 |
| Valeur OPA | Acides aminés libres (valeur OPAt) avec Gallery Analyzer | 13.6.ME.020 |
| Composés volatils | Extraction dynamique de l'espace de tête et analyse par chromatographie gazeuse et spectrométrie de masse (DHS-GCMS) | |

2.6 Analyse sensorielle

2.6.1 Gruyère 4 mois

Une première évaluation sensorielle a eu lieu dans un local du restaurant de Combremont-le-Grand. Les douze Gruyère ont été prélevés le matin même dans la cave de Margot Fromages à Yverdon. Chaque sonde a été conditionnée dans un tube fermé hermétiquement directement après le prélèvement. Les douze panelistes étaient composés de deux taxateurs et deux membres du bureau de l'IPG, des trois producteurs de lait, du fromager, de deux conseillers agricoles et d'un conseiller en fromagerie.



Figure 1: dégustation des Gruyère à 4 mois

Dégustation des Gruyère de Combremont-le-Grand, essai tourteau de colza (23-22-73) Combremont-le-Grand, le 08.07.24

| Fermeté de la pâte | | | | | Sablonneux | | | | | Intensité d'arôme | | | | | défaut d'arôme | | | | | Nom: | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|--|--|--|--|
| tendre | | | | | onctueux, fondante | | | | | faible | | | | | impure, atypique | | | | | sali | | | | | autres | | | | | remerques | | | | |
| 1 2 3 4 5 | | | | | 1 2 3 4 5 | | | | | 1 2 3 4 5 | | | | | 1 2 3 4 5 | | | | | 1 2 3 4 5 | | | | | 1 2 3 4 5 | | | | | | | | | |
| 165 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 165 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 165 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 165 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 165 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 165 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | |
| 467 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 467 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 467 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 467 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 467 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 467 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | |
| 391 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 391 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 391 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 391 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 391 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 391 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | |
| 245 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 245 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 245 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 245 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 245 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 245 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | |
| 621 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 621 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 621 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 621 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 621 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 621 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | |
| 128 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 128 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 128 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 128 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 128 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 128 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | |
| 190 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 190 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 190 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 190 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 190 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 190 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | |
| 576 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 576 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 576 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 576 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 576 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 576 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | |
| 974 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 974 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 974 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 974 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 974 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 974 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | |
| 382 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 382 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 382 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 382 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 382 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 382 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | |
| 523 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 523 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 523 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 523 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 523 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 523 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | |
| 771 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 771 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 771 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 771 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 771 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 771 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | |

en cas d'erreur, la case la plus foncée sera valable

Figure 2: feuille de dégustation des Gruyère à 4 mois

2.6.2 Gruyère 8 mois

Les fromages ont été affinés jusqu'à 8 mois dans la cave de Margot fromages à Yverdon. Un morceau d'environ 3 kg a été prélevé dans les fromages à la sortie de la cave, puis conditionné directement sous vacuum et conservé à 4°C jusqu'à la dégustation.

Une analyse sensorielle descriptive a été réalisée à Liebefeld avec 18 panélistes d'Agroscope formés, qui ont évalué les échantillons dans des cabines séparées et semi-ouvertes. La procédure de dégustation a suivi un principe monadique¹, dans lequel chaque échantillon a été évalué individuellement par chaque panéliste dans un design de Williams², afin de garantir que tous les échantillons ont été évalués dans un ordre équilibré et randomisé. Chaque échantillon a été identifié par un code aléatoire à trois chiffres afin de préserver l'anonymat et de minimiser les biais.

Pour chaque attribut sensoriel (tableau 6), une échelle linéaire non structurée de 10 cm avec des points d'extrémité étiquetés a été utilisée pour enregistrer l'intensité des perceptions. En plus des évaluations sur l'échelle linéaire, les panélistes ont été invités à cocher tous les attributs applicables dans une liste au format CATA (Check-All-That-Apply), comme décrit ci-dessous (tableau 7).

Les dégustations ont été effectuées les 29 et 31 octobre puis répétées les 5 et 7 novembre 2024. Les produits ont été évalués à température ambiante dans un environnement contrôlé, les participants ayant pour consigne de neutraliser leur palais entre les échantillons afin d'éviter les effets de report et de garantir la fiabilité de leurs évaluations.

Toutes les analyses statistiques ont été effectuées avec R version 4.4.1 (2024-06-14).

¹ monadique : méthode dans laquelle les sujets sont exposés successivement aux différents produits et les évaluent de manière isolée. Cette méthode minimise les effets contextuels et permet une évaluation indépendante de chaque stimulus.

² Conception de Williams : conception expérimentale qui contrôle les effets d'ordre et de position en s'assurant que chaque stimulus apparaît à la même fréquence dans chaque position et ordre.

Tableau 6: attributs utilisés avec une échelle linéaire

| Modalité | Attribut |
|----------|----------------------|
| Texture | Élasticité |
| | Fermeté |
| | Sèche, sablonneuse |
| | Crémeuse |
| Goût | Acide |
| | Amer |
| | Doucereux |
| Arôme | Chou, soufré |
| | Intensité de l'arôme |
| | Défaut d'arôme |

Tableau 7: listes au format CATA des attributs description et défaut d'arôme

| Attributs pour la description de l'arôme | Attributs pour le défaut d'arôme |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| lait frais umami fruité noix caramel oignon mûr, épicé floral autres, comme... | piquant/brûlant acide butyrique rance à la graisse étable métallique chimique étouffé atypique, comme ... |

3 Résultats

3.1 Composition du tourteau de colza

Un échantillon du tourteau de colza a été analysé après réception du lot pour l'essai. La teneur en matière grasse était conforme aux valeurs décrites par le fournisseur avec 77 g/kg. La teneur en matière azotée se situait également dans la valeur référencée avec 329 g/kg. La teneur en cellulose brute était légèrement plus élevée à 126 g/kg contre les 90 g/kg annoncé mais au profit de moins de cendres (65 g/kg) que les valeurs limites supérieures fixées à 95 g/kg. Le profil des acides gras était proportionnel à la teneur en matière grasse par rapport aux profils référencés dans les tables des valeurs nutritives Feedbase et conforme aux attentes pour ce paramètre.

Du côté organoleptique, les éleveurs ont relevé une très bonne appétence de ce tourteau de colza. Les vaches n'ont donc pas eu besoin d'adaptation importante pour consommer les quantités distribuées durant l'essai. Toutes les quantités planifiées ont pu être distribuées et ingérées par les vaches.

Tableau 8: composition du tourteau de colza

| Paramètres | Unité | Valeurs |
|-----------------------------------------------|-------|---------|
| Matière sèche | g/kg | 910.3 |
| Protéines brutes | g/kg | 329.0 |
| Fibres brutes | g/kg | 126.0 |
| Fibres insolubles dans les détergents acides | g/kg | 186.0 |
| Fibres insolubles dans les détergents neutres | g/kg | 242.0 |
| Cendres brutes | g/kg | 65.1 |
| Calcium | g/kg | 6.8 |
| Cuivre | mg/kg | 5.4 |
| Fer | mg/kg | 120.0 |
| Magnésium | g/kg | 4.0 |
| Manganèse | mg/kg | 55.4 |
| Phosphore | g/kg | 11.0 |
| Potassium | g/kg | 13.4 |
| Sodium | g/kg | <0.05 |
| Soufre | g/kg | 6.8 |
| Zinc | mg/kg | 60.4 |
| Matières grasses brutes | g/kg | 77.4 |
| Acides gras saturés | g/kg | 7.4 |
| Acides gras sous forme de triglycérides | g/kg | 88.6 |
| Acides gras polyinsaturés | g/kg | 26.0 |
| Acides gras monoinsaturés | g/kg | 51.3 |
| Acides gras inconnus | g/kg | 0.1 |
| Acides gras totaux | g/kg | 84.8 |
| Oméga-3 | g/kg | 5.7 |
| Oméga-6 | g/kg | 20.3 |

3.2 Analyse du lait

3.2.1 Teneurs et cellules du lait de cuve

Le lait de mélange des producteurs remplissant la cuve de référence présentait une teneur en cellules et en acides gras libres significativement plus élevée. Aucun de ces effets n'est en lien avec l'affouragement de colza. La teneur en protéines a augmenté durant le mois de février dans les deux cuves.

Tableau 9: teneurs en protéines, caséines, graisse, acides gras libres et cellules

| EH | Date de prélèv. | Protéines | Caséine | MG | Acides gras libres | Cellules |
|-----------------------------|-----------------|-----------|---------|--------|--------------------|-----------|
| | | g/100g | g/100g | g/100g | mmol/10kg | k cell/ml |
| 1 | 14.02.24 | 3.34 | 2.57 | 3.66 | 2.46 | 91 |
| 2 | 14.02.24 | 3.35 | 2.56 | 3.75 | 2.67 | 94 |
| 3 | 15.02.24 | 3.46 | 2.67 | 3.76 | 2.10 | 45 |
| 4 | 15.02.24 | 3.37 | 2.59 | 3.68 | 2.71 | 82 |
| 5 | 22.02.24 | 3.40 | 2.62 | 3.65 | 2.60 | 67 |
| 6 | 22.02.24 | 3.42 | 2.62 | 3.78 | 3.13 | 91 |
| 7 | 23.02.24 | 3.45 | 2.67 | 3.84 | 2.51 | 35 |
| 8 | 23.02.24 | 3.40 | 2.59 | 3.86 | 2.69 | 76 |
| 9 | 28.02.24 | 3.45 | 2.65 | 3.83 | 2.54 | 48 |
| 10 | 28.02.24 | 3.46 | 2.63 | 3.78 | 2.99 | 98 |
| 11 | 29.02.24 | 3.45 | 2.66 | 3.78 | 2.10 | 48 |
| 12 | 29.02.24 | 3.45 | 2.63 | 3.86 | 3.39 | 81 |
| Effet colza | | ns | ns | ns | ↓↓ | ↓↓ |
| Effet quantité colza | | ns | ns | ns | ns | ns |

Test de Student : ns = non significatif, ↑ = légèrement significatif, ↑↑ = significatif, ↑↑↑ = hautement significatif (↑augmentation ; ↓diminution avec le colza)

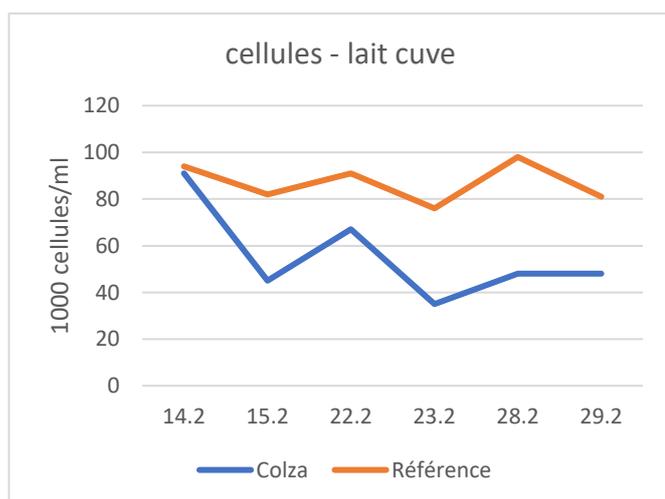


Figure 3: teneur en cellules des laits des deux cuves

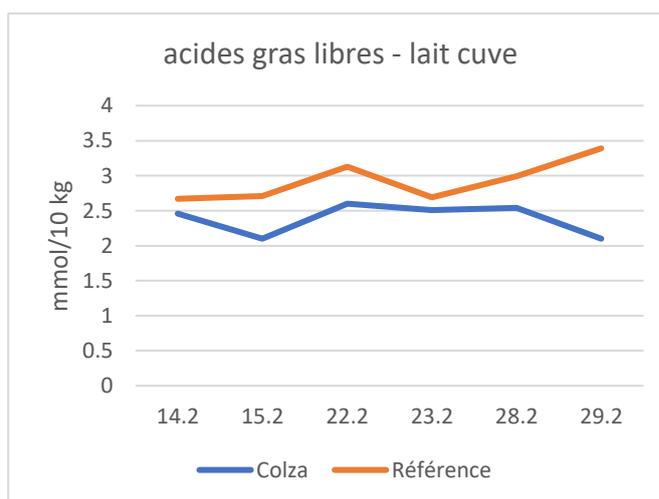


Figure 4: teneur en acides gras libres des laits des deux cuves

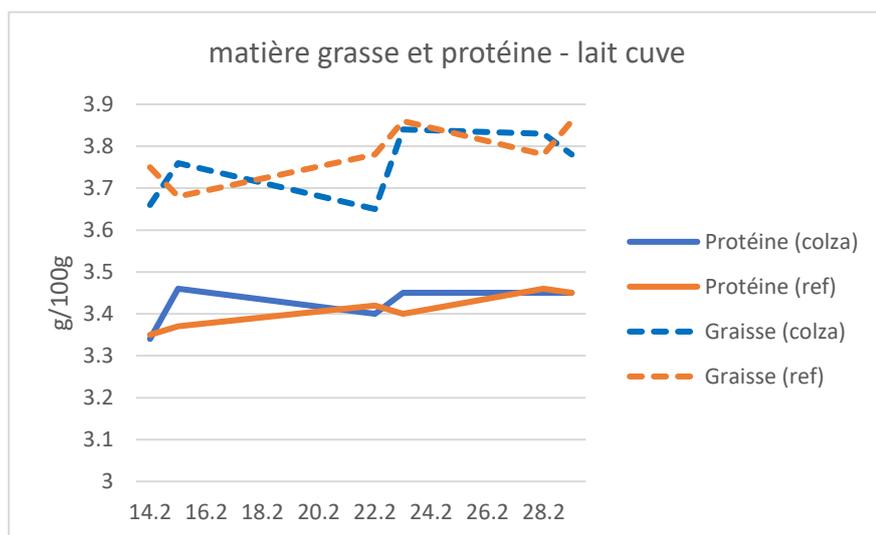


Figure 5: teneur en matière grasse et protéine des laits des deux cuves

3.2.2 Acides caproïque et butyrique

Les valeurs en acides caproïque et butyrique n'augmentaient pas avec l'affouragement du colza. Au contraire, elles tendaient à diminuer lorsque l'affouragement avait atteint 2 kg.

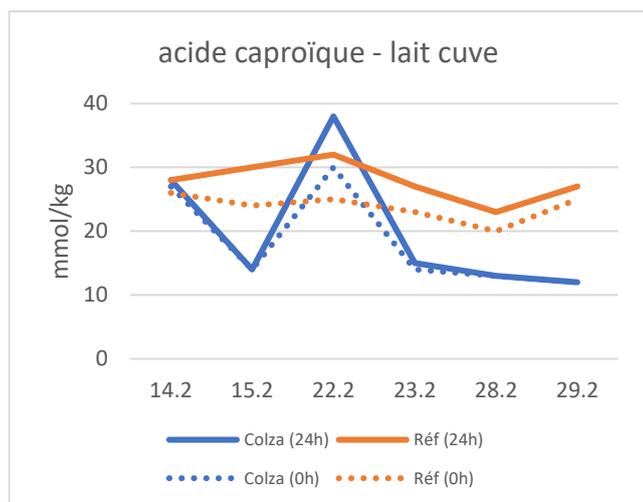


Figure 7: acide caproïque dans les laits de cuve

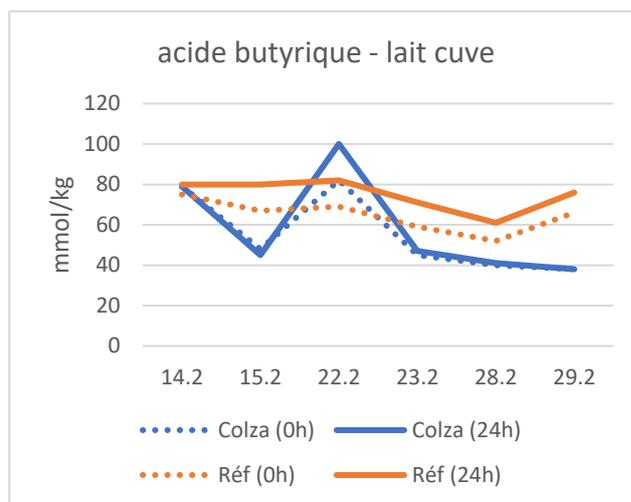


Figure 6: acide butyrique dans les laits de cuve

3.3 Analyses du fromage

3.3.1 Teneur en eau

Les Gruyère des cuves «colza» du 14.2.24 et du 28.2 présentent des teneurs en eau plus élevée à 24 heures (>380 g/kg), à 4 mois et également à 8 mois (>365 g/kg). La teneur en eau des Gruyère de la cuve de référence du 23.2 était également élevée à 4 et 8 mois. Par contre, elle était faible dans les fromages du 14.2.24 et 28.2.24.

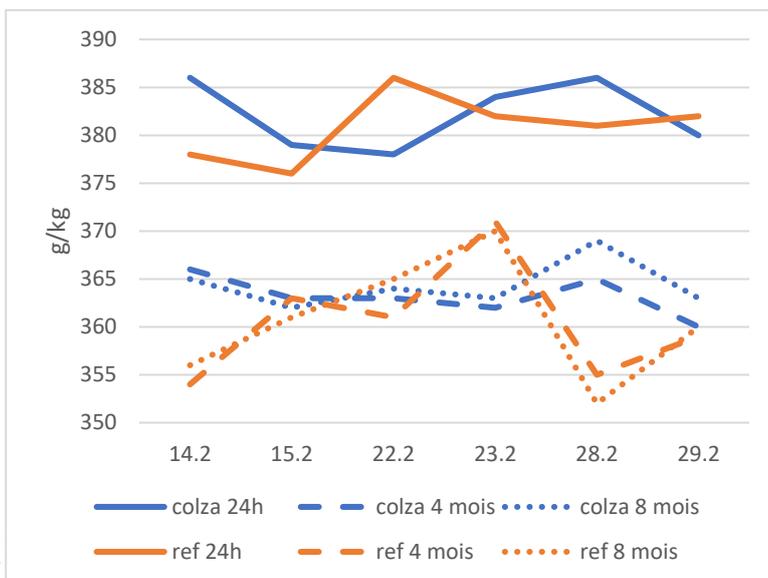


Figure 8: teneur en eau des Gruyère à 24h, 4 mois et 8 mois

3.3.2 Teneur en eau dans le fromage dégraissé (TEFD), matière grasse dans l'extrait sec (G/S)

Toutes les valeurs se situaient au-dessus des normes du Gruyère à la taxation (G/S: 490-530 g/kg; TEFD: 501-540 g/kg). Le fromage de référence du 23.2.24 avait une teneur en eau (370 g/kg) et en TEFD (558 g/kg) particulièrement élevée.

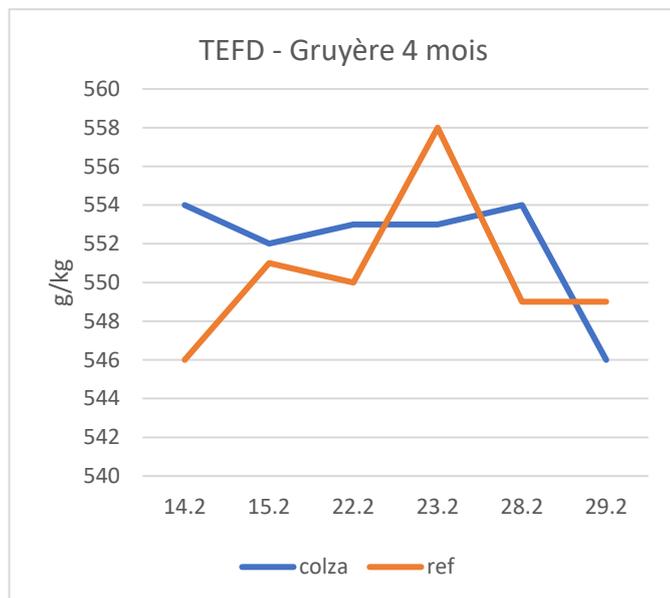


Figure 10: TEFD dans les Gruyère de 4 mois «colza» et référence

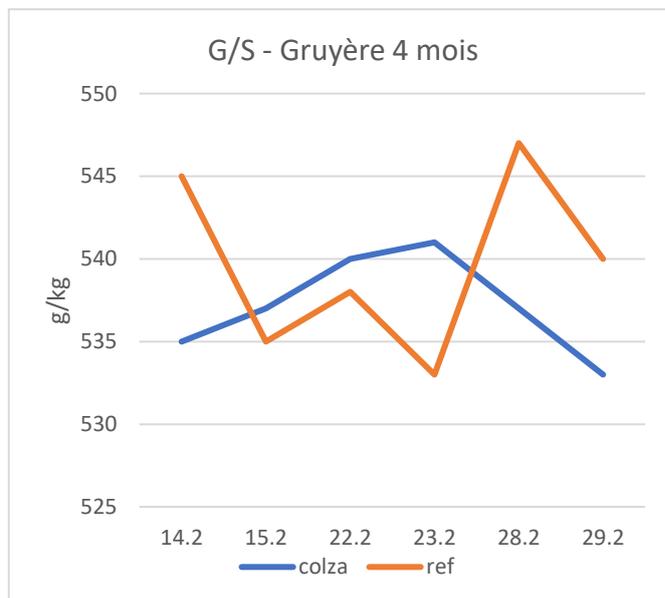


Figure 9: teneur en gras sur sec dans les Gruyère de 4 mois «colza» et référence

3.3.3 Valeur pH et protéolyse

La valeur de la leucine aminopeptidase (LAP) mesurée dans le fromage à 24h était similaire pour les deux cuves. Cependant, la cuve de référence montrait une valeur en o-phthalaldéhyde - plus communément appelé valeur OPA - plus élevée à 8 mois. Dans les fromages de référence, le pH à 24h est descendu entre 5.21 et 5.28 contre 5.15 et 5.22 pour les fromages d'essai. Les Gruyère «colza» étaient plus acides à 24h et à 8 mois ce qui explique la protéolyse ralentie par rapport au Gruyère de référence. Cependant, cette différence semble être due à la flore du lait et la méthode de fabrication plutôt qu'à l'affouragement du colza, puisqu'il n'y a aucune différence entre les périodes 0,5 kg, 1,3 kg et 2,0 kg.

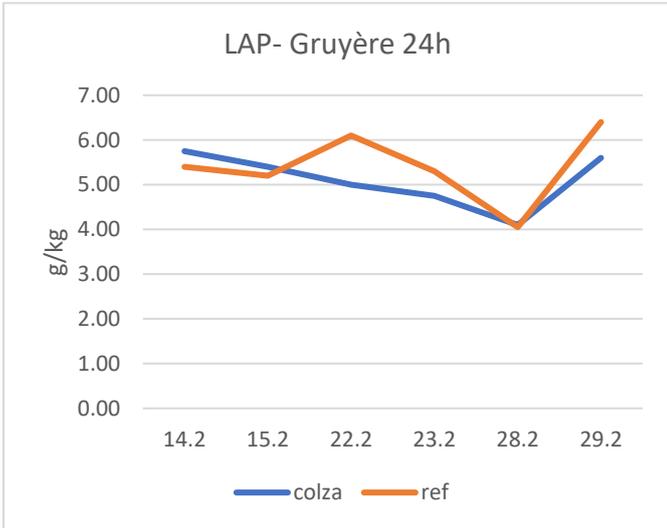


Figure 14: valeur LAP dans le Gruyère à 24h

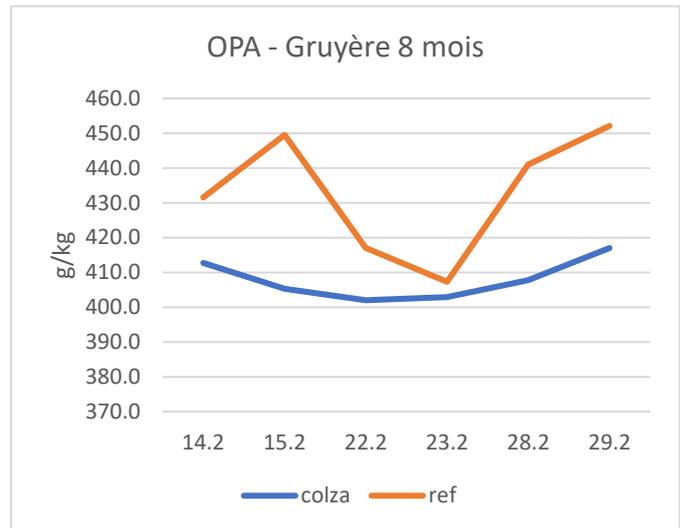


Figure 13: valeur OPA dans le Gruyère à 8 mois

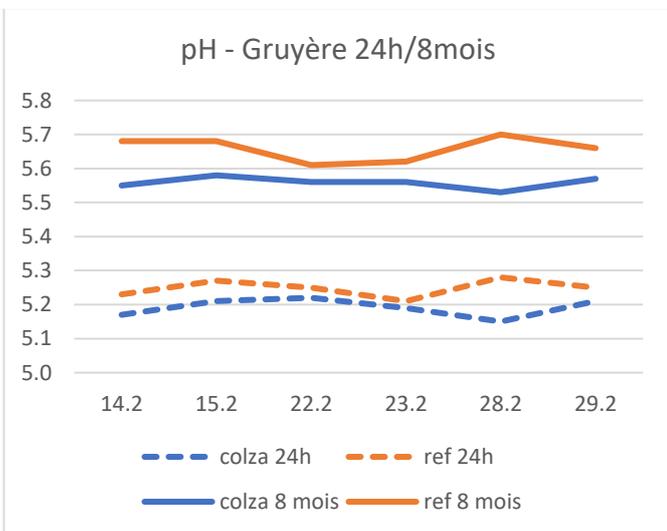


Figure 11: pH du Gruyère à 24h et 8 mois

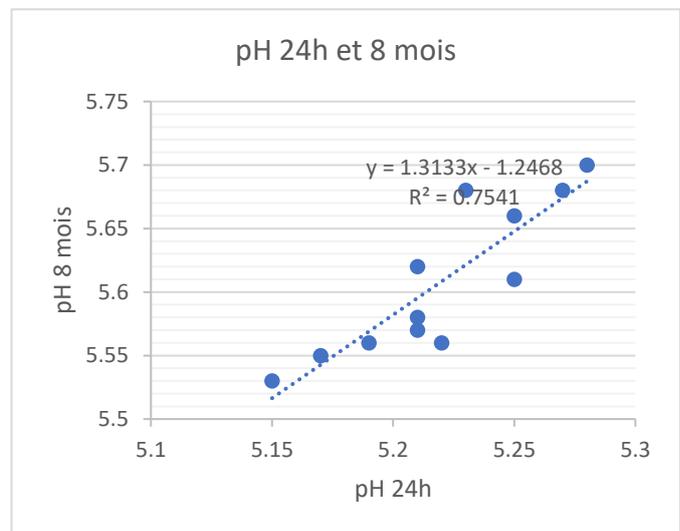


Figure 12: corrélation entre le pH à 24h et 8 mois

3.3.4 Acides carboxyliques volatils

Les résultats de la chromatographie en phase gazeuse montrent que les fromages n'ont pas subi de fermentations indésirables telles que butyrique ou propionique. La teneur en acide caproïque était basse dans les deux cuves, ce qui montre qu'il n'y avait pas non plus de lipolyse avancée. Cependant, on ne remarque pas de corrélation entre l'acide caproïque mesuré dans le lait et celui mesuré dans le fromage.

Bien que dans la norme (2.0 mmol/kg), l'acide formique était significativement plus élevé dans la cuve 1 (colza). L'acide formique peut être formé par différentes bactéries de la flore du lait telles que les bactéries hétérofermentaires facultatives ou obligatoires, mais également par des entérobactéries ou des entérocoques.

Tableau 10: acides carboxyliques volatils dans les Gruyère de 8 mois (mmol/kg)

| Fabrication | Période | Acide formique C1 | Acide acétique C2 | Acide propioni. C3 | Acide iso-buty. i-C4 | Acide butyrique C4 | Acide iso-valérique C5 | Acide caproïque C6 | Total |
|-------------|---------|-------------------|-------------------|--------------------|----------------------|--------------------|------------------------|--------------------|-------|
| colza 0.5 | 1 | 1.2 | 11.4 | 1.3 | 0.3 | 0.8 | 0.3 | 0.14 | 15.4 |
| ref | 1 | 0.8 | 9.6 | 0.3 | 0.2 | 0.8 | 0.2 | 0.16 | 12.1 |
| colza 1.3 | 2 | 1.3 | 10.3 | 0.8 | 0.3 | 0.7 | 0.3 | 0.13 | 13.7 |
| ref | 2 | 0.9 | 9.7 | 0.5 | 0.2 | 0.8 | 0.2 | 0.16 | 12.6 |
| colza 2.0 | 3 | 1.2 | 10.2 | 0.5 | 0.2 | 0.6 | 0.2 | 0.13 | 13.0 |
| ref | 3 | 0.9 | 8.5 | 0.2 | 0.1 | 0.7 | 0.1 | 0.15 | 10.7 |

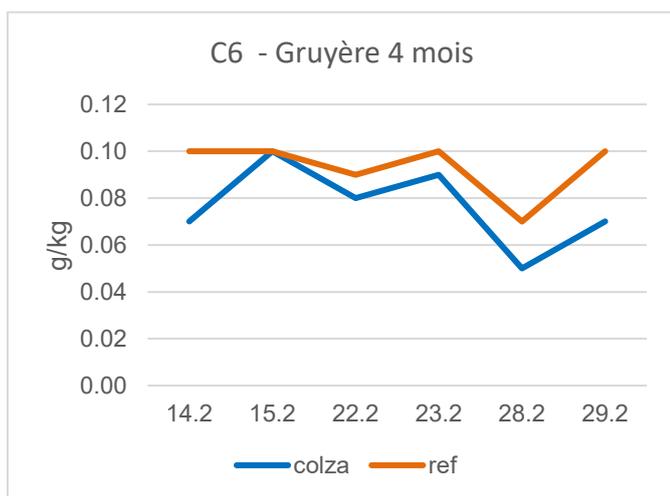


Figure 16: acide caproïque dans les Gruyère de 4 mois

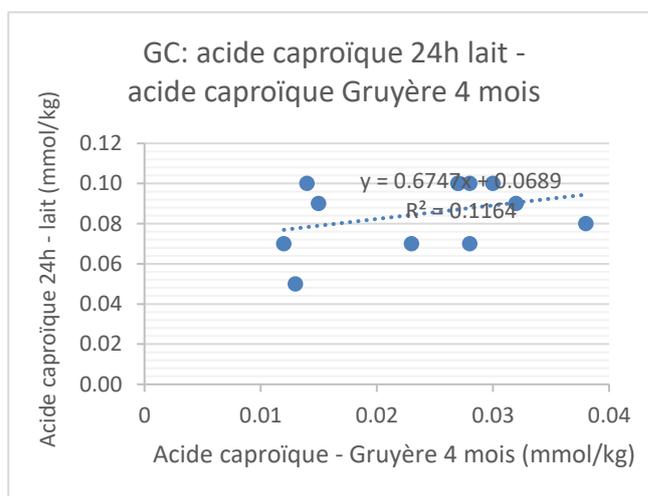


Figure 15: corrélation de l'acide caproïque mesuré dans le lait de cuve et dans le fromage à 4 mois

3.3.5 Composition de la graisse

Le tableau 11 montre que l'affouragement de tourteau de colza a provoqué une augmentation significative des acides gras à longues chaînes ainsi que des acides gras poly-insaturés. Bien que ces deux valeurs augmentent également avec la quantité de tourteau de colza affouragé, la différence n'est pas significative.

Dans le tableau 12, on remarque que les acides oléique-trans (C18:1), linoléique-trans (18:2) ainsi que les acides linoléiques conjugués (CLA) et les oméga-6 augmentaient significativement avec l'affouragement de tourteau de colza. De plus, la valeur en oméga-6 s'élevait de manière significative avec l'augmentation de la quantité de colza.

Tableau 11: sommes des groupes d'acides gras dans le Gruyère de 8 mois (g/100 g de graisse)

| Fabrication | Période | courtes chaînes | moyennes chaînes | longues chaînes | saturés | insaturés | mono insaturés | poly insaturés |
|-----------------------------|---------|-----------------|------------------|-----------------|---------|-----------|----------------|----------------|
| colza 0.5 | 1 | 7.7 | 43.2 | 26.3 | 67.7 | 21.6 | 18.9 | 2.6 |
| ref | 1 | 7.7 | 44.5 | 23.4 | 67.8 | 20.0 | 17.6 | 2.4 |
| colza 1.3 | 2 | 7.6 | 40.9 | 27.6 | 65.8 | 22.4 | 19.6 | 2.7 |
| ref | 2 | 8.3 | 46.2 | 25.5 | 70.7 | 21.4 | 18.9 | 2.5 |
| colza 2.0 | 3 | 7.4 | 40.1 | 28.9 | 65.3 | 23.2 | 20.5 | 2.7 |
| ref | 3 | 7.8 | 43.9 | 23.7 | 67.5 | 20.1 | 17.6 | 2.4 |
| <i>Effet colza</i> | | ns | ↓ | ↑↑ | ↓ | ↑ | ↑ | ↑↑ |
| <i>Effet quantité colza</i> | | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |

Test de Student (niveau de signifiante 0.05):

ns = non significatif, ↑ = légèrement significatif, ↑↑ = significatif, ↑↑↑ = hautement significatif

Tableau 12: acides gras dans le Gruyère de 8 mois (g/100 g de graisse)

| Fabrication | Période | n-C12 n-C14 n-C16 | C18:1 | C18:2 | C18:1t | C18:2t avec CLA t | CLA | Trans avec CLA t | Omega 3 | Omega 6 |
|-----------------------------|---------|-------------------------|-------|-------|--------|-------------------------|------|------------------------|------------|------------|
| colza 0.5 | 1 | 38.2 | 15.7 | 1.90 | 1.75 | 0.63 | 0.54 | 2.48 | 0.67 | 1.55 |
| ref | 1 | 39.5 | 14.2 | 1.74 | 1.35 | 0.55 | 0.46 | 1.99 | 0.61 | 1.45 |
| colza 1.3 | 2 | 36.2 | 16.5 | 2.01 | 1.91 | 0.67 | 0.57 | 2.65 | 0.65 | 1.65 |
| ref | 2 | 41.0 | 15.3 | 1.85 | 1.52 | 0.58 | 0.48 | 2.17 | 0.61 | 1.56 |
| colza 2.0 | 3 | 35.4 | 17.4 | 2.01 | 1.99 | 0.66 | 0.56 | 2.73 | 0.65 | 1.70 |
| ref | 3 | 39.0 | 14.3 | 1.78 | 1.36 | 0.56 | 0.48 | 2.00 | 0.58 | 1.44 |
| <i>Effet colza</i> | | ↓ | ↑↑ | ↑↑ | ↑↑↑ | ↑↑↑ | ↑↑↑ | ↑↑↑ | ↑ | ↑↑ |
| <i>Effet quantité colza</i> | | ns | ns | ns | ↑ | ns | ns | ↑ | ns | ↑↑ |

Test de Student (niveau de signifiante 0.05):

ns = non significatif, ↑ = légèrement significatif, ↑↑ = significatif, ↑↑↑ = hautement significatif

3.3.6 Composés aromatiques actifs

Les principaux composés aromatiques détectés dans les fromages de 8 mois ont été normalisés dans la figure 19. Certains composés aromatiques se révèlent significativement plus élevés dans les fromages de la cuve «colza» comme l'acide acétique, l'acide propanoïque, l'acide 2-Méthyl propanoïque, le 2-undécanone, l'acide butanoïque, l'acide 3-Méthyl butanoïque, l'acétophénone ainsi que l'acide hexanoïque. Il faut noter que l'analyse des acides carboxyliques volatils montrait également des valeurs significativement plus élevées des acides formique, acétique et propionique pour les fromages «colza». Les fromages de la cuve de référence présentent des valeurs significativement plus élevées en pyridine et pyrrole. Aucun des composés n'augmente ou ne diminue de manière significative avec l'augmentation de l'affouragement du tourteau de colza. Ainsi, les différences constatées entre les deux cuves sont dues principalement aux différentes flores du lait des producteurs. De plus, le seuil de perception des différents composés n'a pas été pris en considération. Il se peut donc que les quantités détectées n'affectent pas l'arôme du fromage. Il faut également noter qu'aucun composé soufré n'a pu être mis en évidence dans les fromages des deux cuves. Comme les analyses sensorielles n'ont pas montré de différences, on considère que l'équilibre aromatique n'est pas affecté par ces différentes molécules.

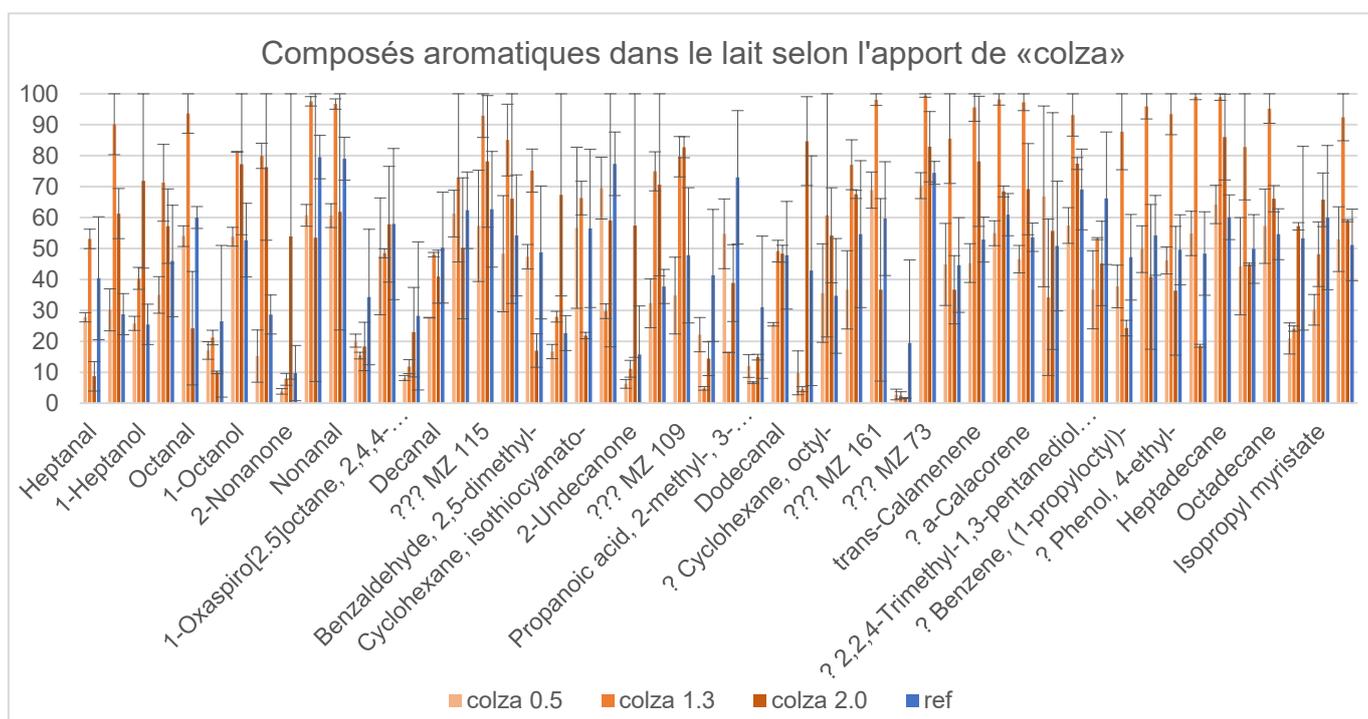


Figure 17: les valeurs des composés aromatiques ont été normalisées (valeur la plus élevée à 100), puis la moyenne et l'écart-type ont été calculés.

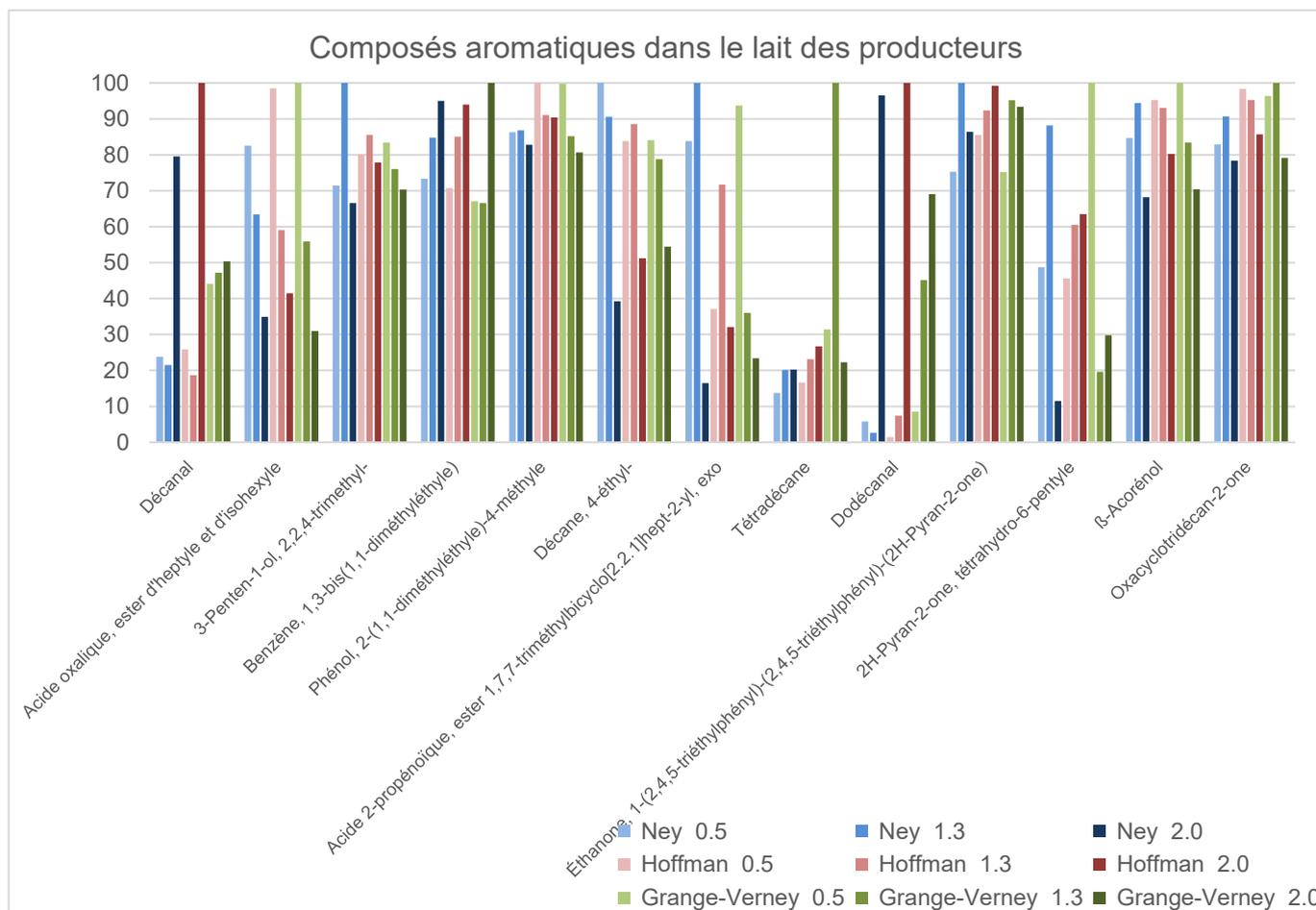


Figure 19: la moyenne des composés aromatiques des trois mesures par variante a été calculée puis normalisée (valeur la plus élevée à 100)

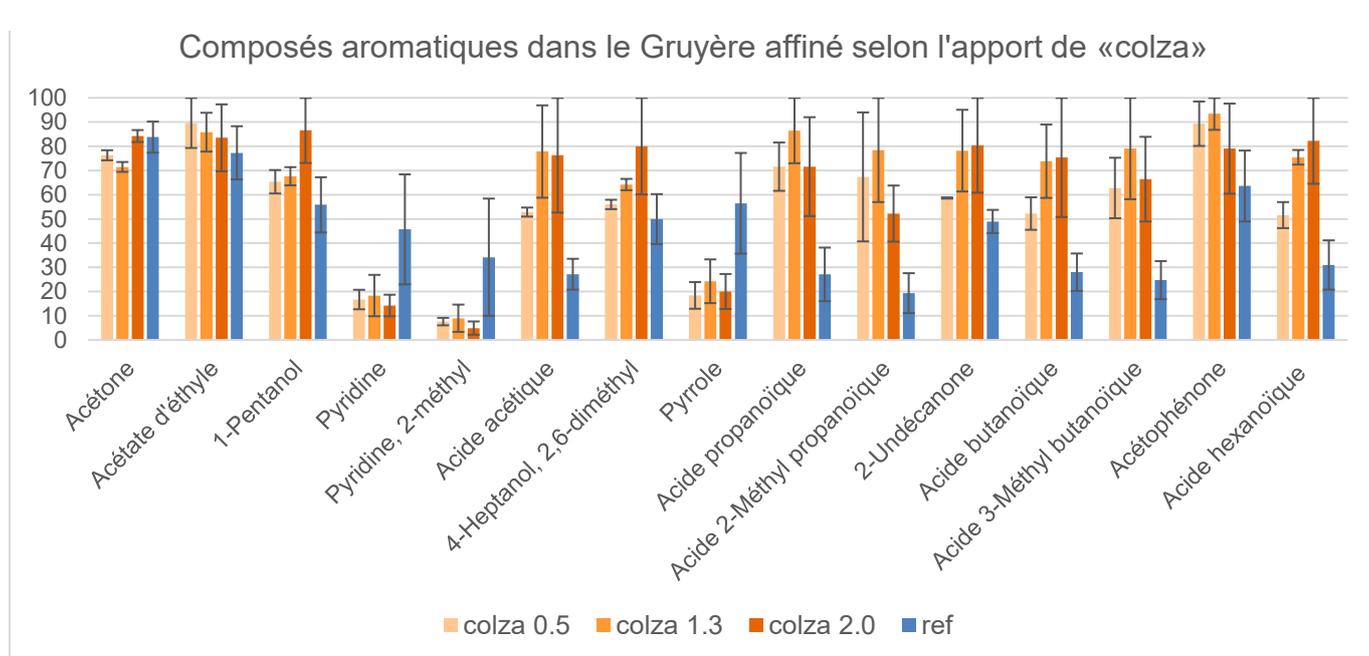


Figure 18: composés aromatiques mesurés dans les Gruyère de 8 mois, les valeurs ont été normalisées (valeur la plus élevée à 100) puis la moyenne et l'écart-type ont été calculés

3.3.7 Analyse sensorielle

Les fromages ont été dégustés par un panel entraîné. Les résultats montrent que les panélistes ont trouvé des différences significatives au niveau de la consistance des fromages. Les Gruyère de référence et les Gruyère «colza 1,3 kg» ont été jugés légèrement plus crémeux que les Gruyère «colza 0,5 kg». L'élasticité de la pâte a augmenté significativement entre les Gruyère de référence et les Gruyère «colza 1,3 kg» et de manière hautement significative entre les Gruyère de référence et les Gruyère «colza 2,0 kg». Les Gruyère de référence ont également été jugés légèrement plus fermes que les Gruyère «colza 2,0 kg».

Tableau 13: différences significatives constatées entre les variantes selon les critères sensoriels par les panélistes

| | Texture | | | | Goût | | | | Arôme | | |
|-----------------|------------|---------|--------------------|---------|-------|------|------|---------|--------------|-----------|--------|
| | élasticité | fermeté | sec/ sablonneux | crémeux | acide | salé | amer | douceux | chou/souffré | intensité | défaut |
| 0.5 kg → ref. | ns | ns | ns | ↓ | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| 1.3 kg → ref | ↑ | (↓) | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| 2.0 kg → ref | ↑↑ | ↓ | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| 0.5 kg → 1.3 kg | ns | ns | ns | ↓ | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| 0.5 kg → 2.0 kg | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| 1.3 kg → 2.0 kg | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |

Test de Tukey (niveau de signification 0.05): ns = non significatif, (↑) = tendance, ↑ = légèrement significatif, ↑↑ = significatif, ↑↑↑ = hautement significatif

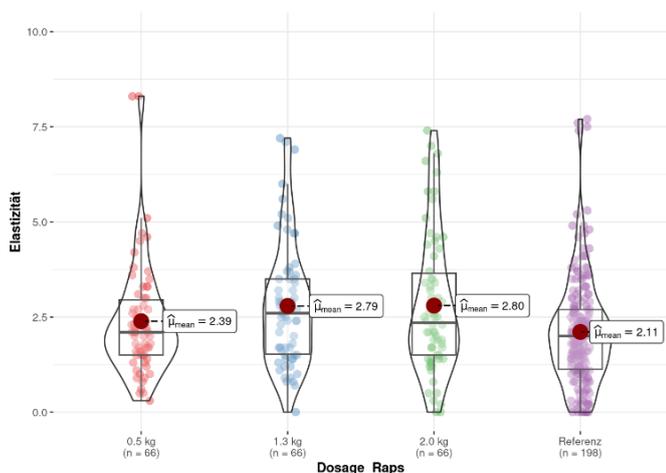


Figure 21: élasticité, différence significative entre 1,3 kg et la référence et haut. significative entre 2,0 kg et la référence (niveau de signification 0.05)

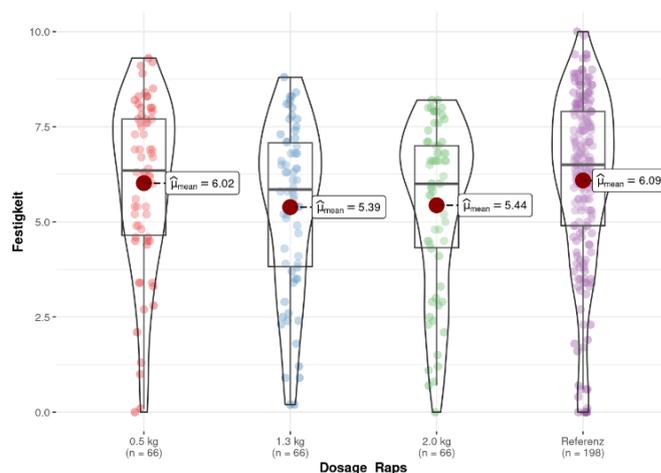


Figure 20: fermeté, différence légèrement significative entre 2,0 kg et la référence (niveau de signification 0.05)

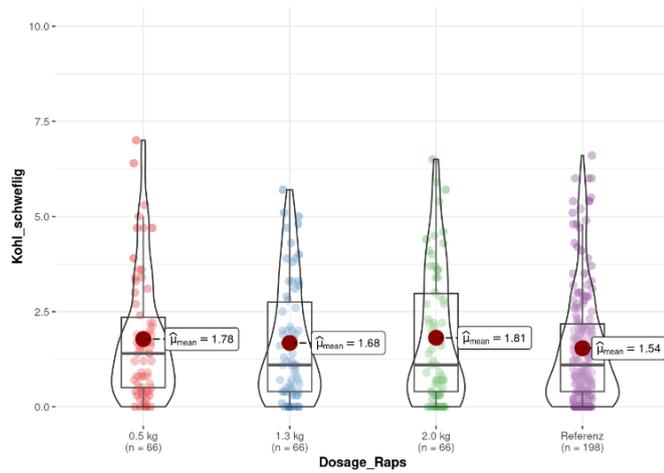


Figure 23: arôme chou, soufré, aucune différence significative (niveau de signification 0.05)

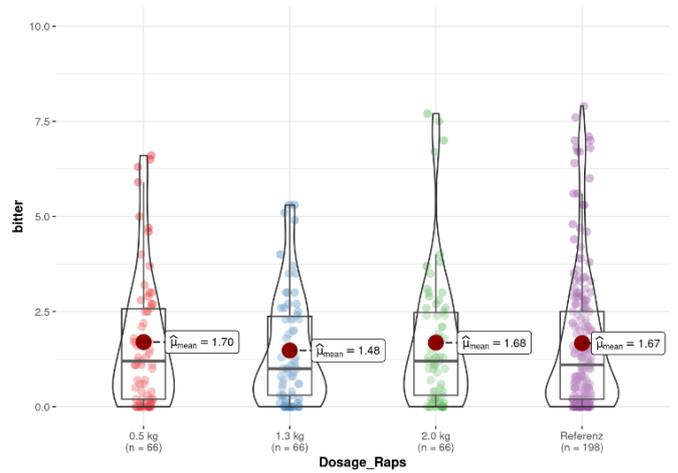


Figure 22: amertume, aucune différence significative (niveau de signification 0.05)

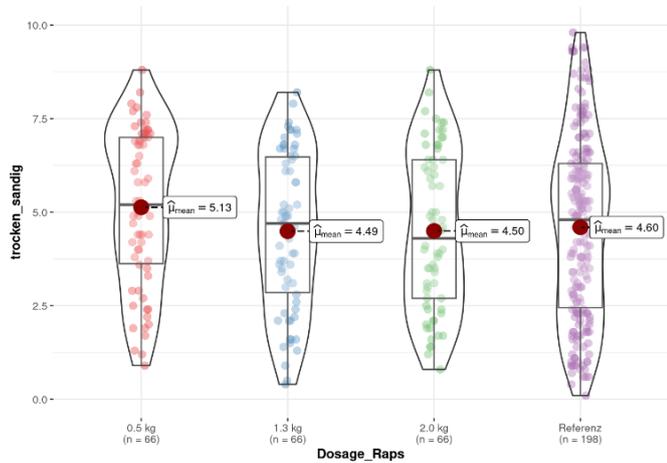


Figure 25: sablonneux/sec, aucune différence significative (niveau de signification 0.05)

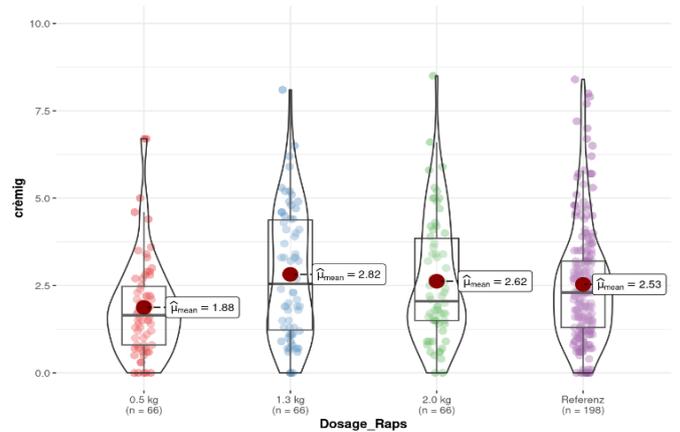


Figure 24: attribut crémeux, différence légèrement significative entre 0,5 et 1,3 kg ainsi qu'entre 0,5 kg et la réf. (niveau de signification 0.05)

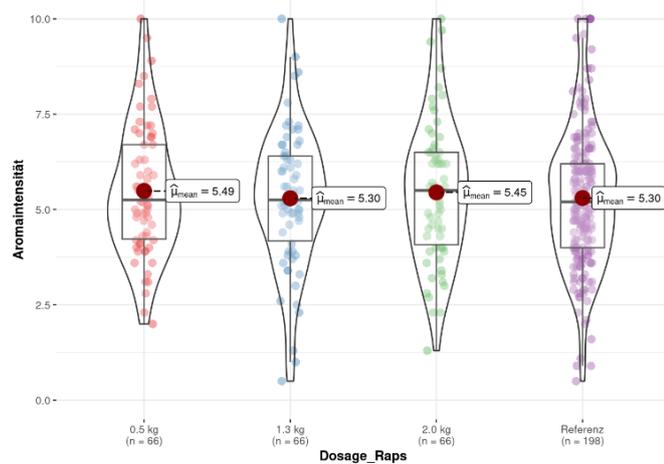


Figure 26: intensité de l'arôme, aucune différence significative (niveau de signification 0.05)

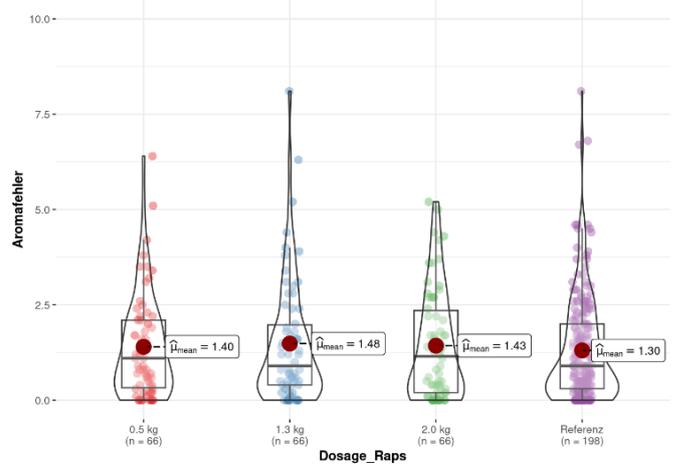


Figure 27: défaut d'arôme, aucune différence significative (niveau de signification 0.05)

3.3.8 Coupe des fromages

L'affouragement de tourteau de colza n'a influencé ni la couleur de la pâte ni l'ouverture des fromages. Les photos de coupe montrent que les deux Gruyère fabriqués le 14.2.25 présentent un bec (petite fissure). L'épaisseur de la croûte était similaire dans toutes les variantes.

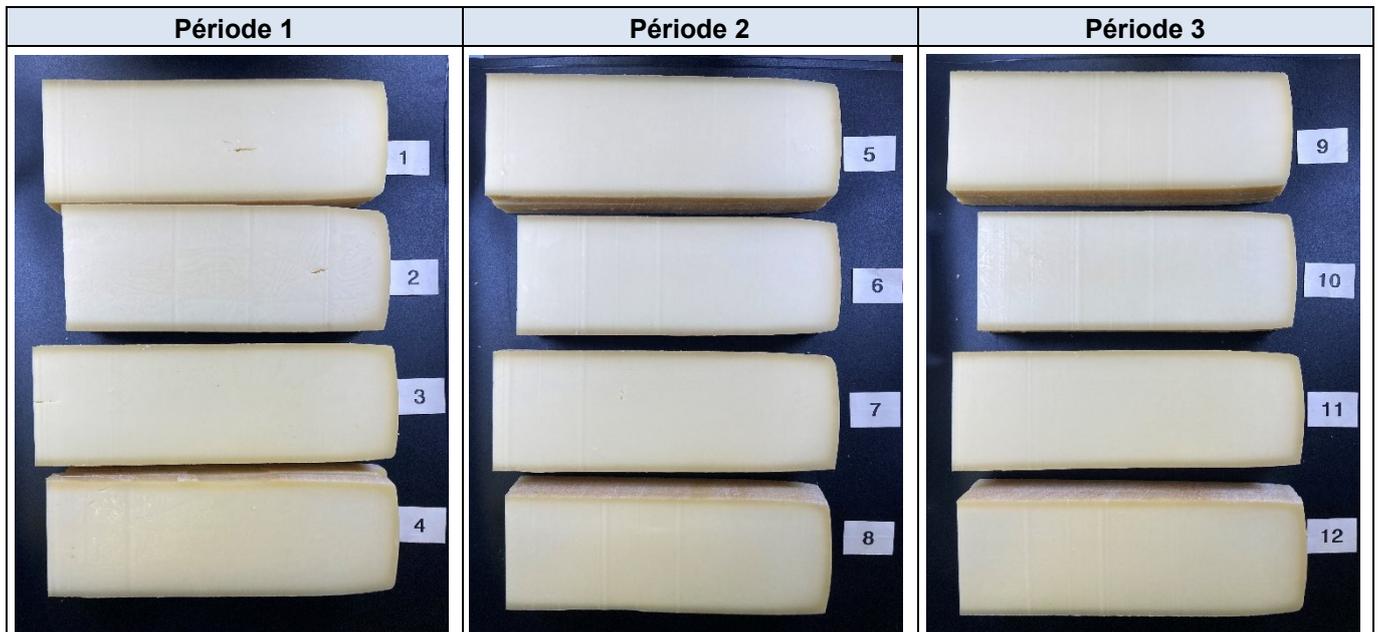


Figure 28: photos de coupe des Gruyère de l'essai à 8 mois d'affinage (nombres pairs: référence)

4 Conclusion

Cet essai s'est déroulé comme planifié, aussi bien au niveau de l'affouragement des vaches, de la collecte du lait, de la fabrication des Gruyère que de leur affinage. Les échantillons ont été prélevés de manière représentative, transportés et analysés dans les règles de l'art sans rencontrer le moindre problème.

Bien qu'un peu réticentes au début, les vaches ont montré une très bonne appétence pour le tourteau de colza. La composition de ce dernier correspondait aux valeurs décrites par le fournisseur. L'apport de tourteau de colza en complément de la ration de base n'a pas eu d'impact négatif sur la qualité du lait. Les Gruyère fabriqués avec le lait «colza» présentaient un pH plus bas à 24h et à 8 mois et, de ce fait, une protéolyse (valeur OPA) légèrement moins marquée que les fromages de référence.

En ce qui concerne la matière grasse, les Gruyère du groupe «colza» présentaient des valeurs significativement plus élevées au niveau de la part d'acide gras à longues chaînes, ainsi que d'acides gras poly-insaturés. De plus, avec l'augmentation de la proportion de tourteau de colza, divers acides gras tels que les acides oléiques-trans (C18:1), linoléiques-trans (18:2) ainsi que les acides linoléiques conjugués (CLA) et les oméga-6 ont également augmenté de manière significative. Ces acides gras sont tous bénéfiques pour la qualité de la pâte.

L'analyse des composés aromatiques actifs a permis d'exclure une augmentation des composés soufrés dans les fromages «colza». En effet, même avec une alimentation maximale de 2 kg par jour et par vache, aucune molécule soufrée n'a montré de taux supérieur.

Au niveau de l'analyse sensorielle, quelques différences ont été relevées au niveau de la consistance. Avec l'augmentation de tourteau de colza dans la ration, la pâte s'est avérée plus élastique et moins ferme.

Les panélistes n'ont cependant trouvé aucune différence significative au niveau de l'arôme ou de l'amertume. L'arôme de chou/soufré, qui a été jugé séparément, n'était pas plus marqué dans les fromages fabriqués avec du tourteau de colza. Enfin, l'affouragement de colza n'a affecté ni la couleur, ni l'ouverture des Gruyère.

En conclusion, cet essai n'a montré aucun impact négatif de l'affouragement de tourteau de colza aux vaches laitières sur la qualité du Gruyère AOP.

5 Bibliographie

- Gresset F., Python P. et Reviron S., 2015. Comment améliorer le profil des acides gras du lait ? Agridea.
- Heuzé V., Tran G. et Rouillé B., 2023. Tourteau de colza. Institut d'élevage Idele.
- Hurtaud C., Peyronnet C., Lamy J.M., Duboz G., Buchin S., Berodier F., Beuvier E., Brunschwig P., 2014. Effets du tourteau de colza sur la composition du lait de vache et la qualité du fromage. INRA, France.
- Münger A., 1998. Tourteau de presse de colza dans la ration de la vache laitière, Agrarforschung 5 (3) :105-108, 1998.
- Stoll, W., Sollberger H., Schaeren W., 2001. Graines de colza dans l'alimentation de la vache laitière. Berne, Revue suisse Agric. 33 (5): 207-212.
- Tormo E. et Rouillé B., 2020. Pratiques d'utilisation des tourteaux pour les vaches laitières. Terres Univia et Institut d'élevage Idele.

6 Remerciements

Nous remercions chaleureusement l'**Interprofession du Gruyère** pour le mandat et le soutien financier accordés à cette étude. Nous remercions également les personnes suivantes pour leur collaboration active et constructive.

- Pascal Rufer et Jean-Luc Oberson de Proconseil
- Georges Michaud, fromager à Combremont-le-Grand
- Carole Labie, responsable de la ferme et productrice de lait à Grange-Verney
- Julien Ney, producteur de lait à Combremont-le-Grand
- Gabriel Hoffmann, producteur de lait à Combremont-le-Grand
- Serge Pernet, président de la société laiterie de Combremont-le-Grand
- Nicolas Genoud, ARQHA
- Margot SA à Yverdon