

Projet PRW-fiche 203 : « Organo fromages wallons »
Dossier n° DQBEA-0655
Rapport final
9 décembre 2025

I. Identification du document :

Type de document	Rapport
Titre du document	Projet PRW-fiche 203 : Organo fromages wallons Dossier n° DQBEA-0655 Rapport final – 9 décembre 2025
Responsable de la préparation du document	Carole Gailly, Catherine Bauraind
Date de publication	9 décembre 2025
Validé par	Naomi Barbosa, Adeline Lefèvre, Mohamed Ayadi
Annexe(s)	Annexe 1. Résultats de la pré-enquête en ligne réalisée auprès de producteurs wallons Annexe 2. Définitions de chaque descripteur pour l'analyse sensorielle Annexe 3. Questionnaire complété avec les producteurs lors de la première campagne en été Annexe 4. Questionnaire complété avec les producteurs lors de la deuxième campagne en hiver Annexe 5. Tableau de réponses au questionnaire des différents producteurs Annexe 6. Résultats de l'analyse chromatographique des maquées issues de la campagne d'été Annexe 7. Résultats de l'analyse chromatographique des maquées issues de la campagne d'hiver Annexe 8. Résultats de l'analyse chromatographique des pâtes molles à croûte fleurie issues de la campagne d'été Annexe 9. Résultats de l'analyse chromatographique des pâtes molles à croûte fleurie issues de la campagne d'hiver Annexe 10. Résultats de l'analyse chromatographique des pâtes pressées non cuites issues de la campagne d'été Annexe 11. Résultats de l'analyse chromatographique des pâtes pressées non cuites issues de la campagne d'hiver Annexe 12. Résultats de l'analyse microbiologique lors des deux campagnes, été et hiver Annexe 13. Profil sensoriel (Ferme 1) – Aspects visuels et olfactifs

	Annexe 14. Profil sensoriel (Ferme 1) – Perceptions en bouche Annexe 15. Profil sensoriel (Ferme 2) – Aspects visuels et olfactifs Annexe 16. Profil sensoriel (Ferme 2) – Perceptions en bouche Annexe 17. Profil sensoriel (Ferme 3) – Aspects visuels et olfactifs Annexe 18. Profil sensoriel (Ferme 3) – Perceptions en bouche Annexe 19. Profil sensoriel (Ferme 4) – Aspects visuels et olfactifs Annexe 20. Profil sensoriel (Ferme 4) – Perceptions en bouche Annexe 21. Profil sensoriel (Ferme 7) – Aspects visuels et olfactifs Annexe 22. Profil sensoriel (Ferme 7) – Perceptions en bouche Annexe 23. Profil sensoriel (Ferme 10) – Aspects visuels et olfactifs Annexe 24. Profil sensoriel (Ferme 10) – Perceptions en bouche Annexe 25. Profil sensoriel (Ferme 11) – Aspects visuels et olfactifs Annexe 26. Profil sensoriel (Ferme 11) – Perceptions en bouche Annexe 27. Profil sensoriel (Ferme 13) – Aspects visuels et olfactifs Annexe 28. Profil sensoriel (Ferme 13) – Perceptions en bouche Annexe 29. Profil sensoriel (Ferme 14) – Aspects visuels et olfactifs Annexe 30. Profil sensoriel (Ferme 14) – Perceptions en bouche Annexe 31. Profil sensoriel (Ferme 15) – Aspects visuels et olfactifs Annexe 32. Profil sensoriel (Ferme 15) – Perceptions en bouche Annexe 33. Profil sensoriel (Ferme 18) – Aspects visuels et olfactifs Annexe 34. Profil sensoriel (Ferme 18) – Perceptions en bouche Annexe 35. Profil sensoriel (Ferme 20) – Aspects visuels et olfactifs Annexe 36. Profil sensoriel (Ferme 20) – Perceptions en bouche Annexe 37. Profil sensoriel (Ferme 21) – Aspects visuels et olfactifs Annexe 38. Profil sensoriel (Ferme 21) – Perceptions en bouche
--	--

II. Rappel de l'objectif du projet

Les **objectifs** poursuivis sont :

- De proposer un accompagnement sur la qualité organoleptique des fromages de producteurs wallons, afin de mettre en avant la typicité sensorielle de leurs produits au sein d'une même famille de fromages ;
- De proposer des pistes de solution pour atteindre cette typicité et contrer des défauts de fabrication rencontrés sur le terrain ;
- De renforcer l'offre fromagère en Wallonie en termes de qualité et de diversité, ainsi que de la communication autour de celle-ci.
-

III. Action 1 : coordination du projet et vulgarisation

1. Coordination et rapportage

- 12/07/2024 : COMAC de lancement du projet
- 20/08/2024 : Signature de la convention de collaboration entre SOCOPRO et DiversiFERM
- 05/12/2024 : Réunion préparatoire au lancement du projet
- 27/03/2025 : Réunion pour discuter sur les termes de la convention et de l'AGW
- 22/05/2025 : COMAC intermédiaire
- 09/12/2025 : COMAC de clôture

2. Coordination des appels à candidature pour sélectionner des transformateurs intéressés par un accompagnement renforcé

- **Définition des modalités d'appel à candidatures** : Le choix s'est porté sur les fromages au lait de vache et sur trois familles de fromages : maquée, à croûte fleurie et à pâte pressée non cuite. Une enquête ayant démontré leur prédominance chez les transformateurs fermiers wallons.
- **L'appel à candidature** a débuté à la mi-juillet sur les réseaux sociaux de DiversiFERM et du Collège des Producteurs, il a également été diffusé lors de la Foire de Libramont sur le stand des deux structures.
- **Nombre de candidatures reçues** : Sur les 23 candidatures reçues, 21 ont été retenues. De plus, une cinquantaine d'appels ont été passés pour recruter des candidats.
- **Typologie des candidatures retenues** (répartition géographique, nombre de types de fromages par ferme, ...) :

Tableau 1. Typologie des candidatures retenues

N° Ferme	Province	Région agricole	Maquée	Pâte molle	Pâte pressée
Ferme 1	Liège	Herbagère			X
Ferme 2	Hainaut	Fagne			X
Ferme 3	Hainaut	Limoneuse	X		X
Ferme 4	Hainaut	Limoneuse		X	X
Ferme 5	Liège	Herbagère	X		
Ferme 6	Namur	Condroz	X	X	
Ferme 7	Hainaut	Limoneuse	X		X
Ferme 8	Luxembourg	Jurassique	X	X	
Ferme 9	Hainaut	Limoneuse		X	
Ferme 10	Namur	Limoneuse			X
Ferme 11	Hainaut	Limoneuse	X		X
Ferme 12	Hainaut	Limoneuse	X	X	
Ferme 13	Liège	Herbagère		X	X
Ferme 14	Brabant wallon	Limoneuse			X
Ferme 15	Luxembourg	Jurassique		X	X
Ferme 16	Brabant wallon	Sablo-limoneuse	X		X
Ferme 17	Namur	Limoneuse	X	X	
Ferme 18	Namur	Famenne		X	X
Ferme 19	Liège	Herbagère		X	
Ferme 20	Liège	Herbagère	X		X
Ferme 21	Hainaut	Limoneuse	X	X	X

IV. Action 2 : Appui aux transformateurs pour améliorer la qualité organoleptique de leurs produits et faire ressortir la typicité et la diversité des fromages en Wallonie

1. Contexte

Le plan stratégique de développement de la filière laitière wallonne indique comme une de ses actions de renforcer l'encadrement de qualité en technologie fromagère pour la transformation à la ferme et la transformation artisanale.

Bien que les circuits courts aient perdu du terrain dans la vente de produits laitiers entre 2010 et 2020 (-11% en volume et -3% en valeur (Collège des Producteurs, 2022)), ils suscitent aujourd'hui un regain d'intérêt, tant chez les consommateurs que chez les professionnels de l'alimentation (crémiers, restaurateurs, gestionnaires de collectivités) qui souhaitent les intégrer à leur offre. Pour répondre à cette demande, il est nécessaire de renforcer les compétences technologiques des transformateurs afin d'augmenter l'offre des fromages wallons disponibles sur le marché, en quantité, qualité et diversité.

2. Objectif du projet

L'objectif de ce projet est d'aider les producteurs à comprendre comment leurs pratiques influencent la qualité organoleptique de leurs fromages, afin de renforcer l'identité sensorielle de leurs produits. Le projet propose des outils directement élaborés à partir des fromages wallons, permettant aux transformateurs fromagers de mieux comprendre et de valoriser la typicité de leurs produits, quel que soit le stade de leur projet.

L'accompagnement proposé aux candidats fromagers porte sur l'analyse sensorielle de leurs produits. Une étude de terrain sur les pratiques d'élevage (lait) et de fabrication (fromage) des transformateurs est également

réalisée afin d'établir des liens avec les étapes de production et la qualité organoleptique des fromages analysés, mais aussi d'identifier des pistes de solutions face aux défauts de fabrication observés chez les producteurs.

a. Lait cru en Wallonie – Production et spécificités

Le projet se focalise sur les fromages fermiers wallons au lait cru de vache. En Wallonie, la production laitière est très largement dominée par le lait de vache, qui constitue la quasi-totalité des volumes produits. En 2024, la Wallonie a produit environ 1.275 millions de litres de lait (Collègue des Producteurs, 2025). À titre de comparaison, la production annuelle de lait de chèvre ne s'élève qu'à environ 10,5 millions de litres (Apaq-W, s.d.). Quant à l'élevage ovin laitier, en 2022, la Wallonie comptait 587 éleveurs ovins professionnels, dont seulement 4,4% étaient orientés vers la production laitière, soit environ 26 exploitations (Celagri, 2023).

Par ailleurs, il apparaît que la grande majorité des fromageries artisanales wallonnes travaillent le lait cru : plus des ¾ d'entre elles transforment moins de 100.000 litres par an. Si environ ¼ des transformateurs pasteurisent une partie du lait, le travail du lait cru reste prédominant. Ces artisans produisent principalement des fromages affinés (à pâte pressée, pâte molle à croûte fleurie ou lavée), ainsi qu'une gamme variée de produits frais tels que fromages frais, yaourts et beurre (Collègue des Producteurs, 2022).

L'accent mis sur le fromage s'explique par le fait que la production de fromage en Belgique n'a cessé d'augmenter au fil des années. En 2024, la quantité de fromages produite (en tenant compte des fromages fondus) s'élève à 149.600 tonnes, contre 134.652 tonnes en 2023, soit une hausse de 11,1% (Statbel, 2024).

Finalement, comme le souligne Poncin (2020), la flore naturelle du lait cru permet de créer des fromages artisanaux aux profils sensoriels distincts, appréciés en circuits courts. En effet, le lait cru conserve la flore microbienne naturelle, ce qui favorise le développement de caractères organoleptiques typés dans les fromages (Montel *et al.*, 2014). Cette typicité constitue un levier important de valorisation pour les producteurs en circuits courts. En 2020, plus de 550 producteurs transformateurs laitiers en Wallonie transformaient leur propre lait cru de vache en fromages, yaourts ou beurre. Cela confirme la pertinence de se concentrer sur cette matière première dans la filière artisanale locale (Poncin, 2020).

Le projet se concentre sur les fromages fermiers wallons au lait cru de vache, matière première dominante en Wallonie par rapport au lait de chèvre ou de brebis. La plupart des fromageries artisanales travaillent le lait cru et produisent surtout des fromages affinés, ainsi que des fromages frais, yaourts et beurre. La production de fromage belge continue d'augmenter, atteignant 149.600 tonnes en 2024. La typicité des fromages au lait cru constitue un levier de valorisation pour les producteurs, notamment en circuits courts, avec plus de 550 producteurs laitiers en Wallonie.

b. Familles de fromages - Limites de la documentation en Wallonie

À ce jour, la Wallonie ne dispose pas de statistiques publiques détaillant la répartition des familles de fromages produits (maquée, pâte molle, pâte pressée, ...). Cette absence de données s'explique en partie par la structure même du secteur fromager wallon : petites fromageries artisanales, souvent fermière. Ces exploitations, aux volumes de production limités, adaptent leurs fabrications en fonction des saisons, de la demande, de l'alimentation du bétail ou même du prix du lait, rendant toute tentative de catégorisation difficile à généraliser à l'échelle régionale.

En conséquence, l'agrégation de données fiables à l'échelle régionale reste complexe. Les répertoires existants, comme le site de l'Apaq-W « Jecuisinelocal », constituent une base de référencement des producteurs et d'une description sommaire de leurs produits. Cependant, ces outils pourraient encore être enrichis afin de structurer l'information de manière statistique, par exemple selon les familles de fromages ou les procédés de fabrication. Par ailleurs, certaines données collectées à des fins internes (certifications, aides agricoles, ...) demeurent peu accessibles au public ou rarement valorisées dans des travaux scientifiques.

Face à l'absence de données publiques sur la répartition des types de fromages produits en Wallonie, une enquête en ligne a été réalisée au début de ce projet. Elle avait pour objectif de mieux caractériser la production fromagère régionale, tant en termes de types de fromages que de volumes transformés. Par ailleurs, bien que les concours fromagers wallons ne constituent pas des sources statistiques en tant que telles, certains événements, comme le Concours du Meilleur fromage fermier au lait cru de Wallonie organisé par le Collectif 5C, la FUGEA et la Bergerie d'Acremont ou le Concours des Fromages de chez nous offrent un aperçu qualitatif de la diversité des productions fromagères artisanales présentes sur le territoire. Il en ressort que les 3 familles de fromages étudiées dans ce projet semblent particulièrement fréquentes lors des concours, ce qui reflète, indirectement, les types de produits fabriqués, même si les volumes exacts ne sont pas connus.

La Wallonie ne dispose pas de données publiques détaillées sur la répartition des familles de fromages, en raison de la structure artisanale et fermière du secteur et de la variabilité des productions. Les répertoires existants recensent principalement les producteurs sans fournir de statistiques fiables sur les types de fromages ou les volumes. Pour pallier ce manque, une enquête en ligne a été réalisée afin de mieux connaître les productions et pratiques de transformation laitière. Les concours régionaux offrent par ailleurs un aperçu qualitatif de la diversité des fromages, révélant la fréquence des 3 familles étudiées et la richesse des goûts, textures et savoir-faire locaux.

c. Informations générales sur la qualité organoleptique

L'évaluation organoleptique permet d'apprécier les caractéristiques sensorielles du fromage : l'aspect visuel (couleur, croûte, homogénéité), la texture (fermeté, élasticité, dureté), le goût et l'arrière-goût (amer, acide, salé) et l'odeur (intensité, fruité). Ces critères, directement liés à la satisfaction du consommateur, résultent de nombreux facteurs interdépendants, tels que la composition du lait, l'alimentation des vaches, les ferments utilisés, le processus d'affinage, ... Leur maîtrise est essentielle pour garantir le profil sensoriel recherché (typicité, affinage, ...) et pour détecter rapidement d'éventuels défauts (amertume, acidité excessive, texture désagréable, ...). Elle est également déterminante pour assurer l'acceptabilité du produit par le consommateur, la reconnaissance des appellations d'origine protégée (AOP) et la différenciation entre fromages (Bord *et al.*, 2025).

Dans le cas des produits sous signe de qualité (AOP, IGP), l'analyse sensorielle joue un rôle central. Elle permet de contrôler la typicité du produit et sa conformité au cahier des charges, notamment lors d'examen organoleptique. Ainsi, des fromages AOP tels que le Comté (INAO, 2017), le Roquefort (INAO, 2017) ou le Reblochon (INAO, 2020) sont régulièrement soumis à des tests sensoriels encadrés (INAO, 2020). En Belgique, le fromage de Herve illustre également cette démarche. Fabriqué depuis le XVI^e siècle dans le Pays de Herve, il a obtenu en 1996 l'Appellation d'Origine Protégée (AOP), garantissant la protection de sa typicité et de sa zone de production. Cette reconnaissance s'appuie sur un cahier des charges précis, qui définit la zone géographique, les méthodes de production traditionnelle et les critères de qualité auxquels doivent se conformer les producteurs (Delcenserie *et al.*, 2014).

En parallèle, les analyses de laboratoire fournissent des données objectives sur la composition (pH, humidité, matière grasse, ...), la qualité microbiologique et la stabilité du produit. Mais elles ne suffisent pas à prédire l'acceptabilité ou la perception sensorielle du produit.

En complément de l'évaluation organoleptique et des analyses physico-chimiques classiques, l'étude des composés organiques volatils (COV) permet de relier de manière plus précise la perception sensorielle aux molécules responsables de l'arôme et du goût du fromage. Leur profil varie en fonction du type de lait, des ferments utilisés, du processus d'affinage, etc. et peut être analysé par des techniques telles que la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS). L'identification et la quantification de ces composés permettent de mieux comprendre les déterminants de la typicité aromatique et de détecter d'éventuelles anomalies (amertume, odeurs indésirables).

L'analyse sensorielle reste donc un complément indispensable aux données physico-chimiques et aux analyses des COV, car elle donne accès à ce que ressent réellement le consommateur final. Cette complémentarité permet aux fromagers d'adapter leurs pratiques, d'assurer une qualité optimale, de valoriser leur savoir-faire, de se distinguer face à la concurrence et de fidéliser leur clientèle en proposant des fromages sûrs, homogènes et agréables à déguster (Andriot *et al.*, 2024).

L'évaluation sensorielle permet d'apprécier les caractéristiques visuelles, texturales, gustatives et olfactives des fromages, essentielles à la satisfaction des consommateurs et à la reconnaissance des AOP. Dans ce cadre, les produits sous signe de qualité, comme le Comté, le Roquefort, le Reblochon ou le Herve, sont soumis à des examens organoleptiques encadrés afin de vérifier leur typicité et leur conformité au cahier des charges. En parallèle, les analyses physico-chimiques et l'étude des composés organiques volatils (COV) apportent des données objectives pour comprendre les déterminants aromatiques et détecter d'éventuels défauts. L'articulation entre analyses sensorielles, physico-chimiques et volatiles constitue ainsi un outil clé pour garantir la qualité, valoriser le savoir-faire des producteurs et assurer la fidélisation des consommateurs.

d. Qualité organoleptique - Situation en Europe

La valorisation des fromages européens repose sur de nombreux facteurs, notamment leur composition, la microflore, les méthodes de fabrication et l'affinage, qui influencent le goût, l'arôme et la texture. Pour étudier l'impact de ces facteurs sur la perception sensorielle, les chercheurs combinent aujourd'hui des analyses instrumentales (GC-MS, GC-olfactométrie, e-nose) avec des évaluations sensorielles descriptives ou dynamiques. Cette combinaison permet de caractériser la typicité des fromages, mais aussi de relier leurs caractéristiques aromatiques à leur origine géographique, contribuant ainsi à garantir leur authenticité et leur qualité organoleptique (Andriot *et al.*, 2024 ; Pillonel *et al.*, 2003).

L'article de Koppel & Chambers (2012), en utilisant les données sensorielles d'études antérieures, avait pour but de déterminer les principaux composants aromatiques (salé, sucré, acide, astringent, ...) de différents types de fromages (aussi bien des pâtes molles que des pâtes pressées que des pâtes persillées, ...) provenant de divers pays européens. De plus, il s'agissait de déterminer si une caractéristique sensorielle unique existait dans certains fromages de ces pays européens. Ils ont pu mettre en évidence que certains fromages de France et d'Estonie ont des caractéristiques sensorielles communes tandis que des fromages d'autres pays ne semblent pas avoir de thème sensoriel commun. Cependant, un seul fromage belge y est référencé, le Saint Feuillien.

L'importance des composés volatils dans la définition de l'identité aromatique d'un produit traditionnel est bien illustrée dans le cas du Serpa AOP (fromage portugais). Des molécules telles que l'acétoïne, le diacétyl et le 2,3-butanediol étaient étroitement associées à l'appréciation olfactive obtenue auprès d'un panel sensoriel accrédité, confirmant leur rôle dans la typicité du fromage et sa reconnaissance AOP. Ces composés ont été identifiés et quantifiés à l'aide de méthodes analytiques telles que la GC-MS, permettant de relier précisément la chimie des arômes à la perception humaine. Pour approfondir ces recherches, des études futures pourraient intégrer l'analyse des paramètres physico-chimiques, microbiologiques et des conditions de fabrication (Macedo *et al.*, 2025).

La valorisation des fromages européens s'appuie sur leur composition, la microflore, l'affinage, ... étudiés grâce à des analyses chimiques et sensorielles. Ces recherches montrent que certains pays (comme la France et l'Estonie) partagent des profils aromatiques communs, tandis que d'autres non. L'exemple du Serpa AOP illustre le rôle clé des composés volatils dans la typicité et la reconnaissance des fromages.

e. Qualité organoleptique - Situation en Belgique

L'étude de Van Leuven *et al.* sur la caractérisation aromatique des fromages belges de type Gouda met en évidence l'impact du type de lait et de l'affinage sur la qualité organoleptique du produit. Les résultats montrent que les fromages au lait cru et ceux au lait pasteurisé se distinguent nettement par leur profil aromatique, à la

fois en termes de composition qualitative des composés volatils et d'intensité des arômes. Dans le cas des fromages au lait pasteurisé, l'affinage joue un rôle déterminant en faisant progressivement évoluer l'arôme vers davantage de complexité. L'analyse sensorielle, corrélée aux données chimiques, confirme que les différences de composition volatile se traduisent en perceptions gustatives distinctes, allant de notes lactées et beurrées plus douces pour le lait pasteurisé à des arômes plus marqués, fruités et puissants pour le lait cru. Cette étude illustre ainsi la richesse organoleptique des fromages de type Gouda et souligne l'importance de la matière première et du processus d'affinage dans la construction de leur identité aromatique (Van Leuven *et al.*, 2008).

f. Qualité organoleptique - Situation en Wallonie

Le projet LaitHerbe, mené de 2010 à 2015, se penche sur l'effet de la qualité du lait sur les profils de goût et d'arôme du fromage de Herve (fromage à pâte molle à croûte lavée). Ce projet a travaillé sur un lait de qualité différenciée par microfiltration avec l'utilisation de levains aromatiques locaux issus de lait cru du Pays de Herve. Un lait de qualité se définit comme un lait propre, sûr, technologiquement apte à la transformation, et porteur de caractéristiques sensorielles et territoriales spécifiques à la filière ou au terroir dont il provient. Les tests analytiques, comprenant le sniffing et l'analyse sensorielle descriptive, démontrent que le lait de qualité, tel que défini dans un cahier des charges rigoureux, permet de conserver la typicité du fromage de Herve. En particulier, la microfiltration favorise un produit final plus goûteux (Parlement de Wallonie, 2013 ; CRA-W, 2017 ; Wagralim, 2016 ; Lehoux, 2013).

3. Positionnement du projet

La qualité organoleptique des fromages constitue un enjeu central pour la filière fromagère, tant au niveau local qu'europpéen. En Wallonie, malgré une tradition fromagère bien établie et une production significative de fromages fermiers au lait cru, les connaissances scientifiques sur les profils aromatiques et sensoriels des produits régionaux restent limitées. Cette situation s'explique par la structure artisanale du secteur, dominée par de petites exploitations adaptant leurs procédés selon les saisons, la demande, la qualité du lait ou l'alimentation du bétail et rendant difficile la standardisation et la collecte de données statistiques fiables.

À l'échelle européenne, de nombreuses recherches ont montré que la composition du lait, la microflore, les méthodes de fabrication et l'affinage déterminent la perception sensorielle et la typicité des fromages. L'évaluation combinée des composés volatils et des analyses sensorielles permet d'identifier les molécules clés de l'arôme et du goût, et de relier ces caractéristiques à l'origine géographique et aux procédés de fabrication. Ces connaissances sont essentielles pour valoriser les produits et répondre aux attentes du consommateur, étant largement concentrées sur des fromages bien connus ou protégés par des labels (AOP, IGP), avec peu de données disponibles pour les productions artisanales wallonnes.

Le manque d'informations détaillées sur la production et les profils aromatiques des fromages wallons souligne l'importance de poursuivre des recherches combinant analyses physiques, chimiques et évaluations sensorielles. Les petites fromageries artisanales, aux volumes limités et aux procédés adaptatifs, rendent difficile la collecte de données représentatives à l'échelle régionale. Or, la typicité aromatique et sensorielle constitue un levier essentiel pour la valorisation des produits, la différenciation sur le marché et la fidélisation des consommateurs. En associant la quantification des composés volatils (via des techniques comme la GC-MS) et les panels sensoriels, il devient possible d'identifier les molécules responsables des arômes caractéristiques, de relier la chimie des produits à leur perception humaine et de mettre en évidence les différences liées à l'affinage ou aux pratiques de fabrication. Ces informations permettraient d'établir des profils typiques pour chaque famille de fromage wallon, mais aussi de fournir aux producteurs des outils concrets pour optimiser leur savoir-faire, garantir la qualité de leurs produits et soutenir la reconnaissance régionale et nationale des fromages artisanaux. Enfin, la constitution de telles données contribuerait à combler une lacune scientifique et à renforcer la compétitivité des fromages wallons face à d'autres productions traditionnelles européennes mieux documentées.

Le projet s'inscrit donc à l'interface de plusieurs besoins : (2) pour aboutir à cet objectif, nous avons besoin de fournir aux producteurs locaux des outils pour valoriser la typicité de leurs produits et de mieux caractériser les fromages wallons en termes de profil sensoriel et chimique. Il permet ainsi de combler une lacune scientifique et pratique en fournissant des données objectives sur la qualité organoleptique et la typicité aromatique des fromages fermiers de Wallonie, renforçant à la fois la reconnaissance et la valorisation des produits locaux.

3. Méthodologie

a. Période et cadre du projet

Le Projet Organoleptique a débuté le 3 juin 2024 et prendra fin au 31 décembre 2025. Depuis le 3 juin 2024, différentes actions ont été menées. Une feuille de route reprenant ces actions a été établie :

Tableau 2. Feuille de route

	INDICATEURS																				
ACTIONS	Valeur à la date	2024								2025											
		Jun	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	
Création d'un questionnaire d'enquête	Fait (26/06/24)																				
Lancement d'un appel à candidatures																					
Création d'un questionnaire (sélection des participants)	Fait (9/07/24)																				
Diffusion de l'appel à candidatures	Fait (15/07/24)																				
1ère campagne d'analyse (été)																					
Formations & mise en place des protocoles de laboratoire	Fait (07/24)																				
Création d'un questionnaire (info ferme)	Fait (19/08/24)																				
Récolte des échantillons	Fait (24/10/24)																				
Réalisation des analyses en laboratoire	Fait (16/12/24)																				
Envoi d'une partie des résultats de laboratoire aux producteurs	Fait (23/01/25)																				
Identification de pistes d'amélioration pour la 2ème campagne d'analyses	Fait (01/02/25)																				
Analyse sensorielle																					
Formation - Analyse sensorielle	Fait (27 & 28/08/24)																				
Jury d'experts - Création des descripteurs (2x)	Fait (27/11/24)																				
Jury d'experts - Notation individuelle d'intensité (9x)	Fait (11/12/24)																				
Tri statistique	Fait (05/02/25)																				
Entraînement du jury (4x)	Fait (28/02/25)																				
Tests finaux (4x)	Fait (28/03/25)																				
Traitement des données	Fait (16/06/25)																				
Interprétation des résultats	Fait (15/09/25)																				
2ème campagne d'analyse (hiver)																					
Récolte des échantillons	Fait (26/03/25)																				
Réalisation des analyses en laboratoire	Fait (25/04/25)																				
Traitement des données	Fait (16/06/25)																				
Interprétation des résultats	Fait (15/09/25)																				
Valorisation des résultats																					
Formation Canva	Fait (15/04/25)																				
Fiches qualité par famille de produits (profil sensoriel, caractérisation de la diversité organoleptique, liens avec pratiques de fabrication, ...)	Fait (23/11/25)																				
Rapports de suivi pour les candidats fromagers	Fait (31/12/25)																				

Concernant le calendrier du projet, l'avancement est influencé par plusieurs facteurs, notamment les délais de relecture propres à chaque pôle, la coordination et les échanges nécessaires entre les différents pôles impliqués,

ainsi que les périodes de congés susceptibles de ralentir certaines étapes. À ce jour, la finalisation du projet est le 31 décembre 2025.

b. Résultats de l'enquête en ligne sur la diversité et la qualité des fromages wallons

L'objectif de cette enquête en ligne a été d'obtenir une représentation de la diversité des fromages en Wallonie. Il s'agissait ensuite de se faire une idée des problèmes technologiques et organoleptiques rencontrés chez les producteurs laitiers.

Il en est ressorti que les fromages wallons sont fabriqués majoritairement à partir de lait de vache. Le lait de brebis et de chèvres reste moins produit (Annexe 1). Cela s'explique aisément par la place plus importante de l'élevage bovin laitier en Wallonie.

Cette enquête nous a permis d'identifier les 3 familles les plus représentatives du fromage wallon (Annexe 1) :

- La maquée
- Le fromage à pâte molle (camembert, brie, ...)
- Le fromage à pâte pressée non cuite

Cela confirme le choix d'étudier ces 3 familles de fromages dans le cadre de ce projet.

Les Pôles Technologiques alimentaires des produits laitiers et le Pôle Qualité et Hygiène alimentaire de DiversiFERM ont également remarqué qu'au cours des années précédentes, la fabrication des 3 familles de fromages (maquée, pâte molle et pâte pressée non cuite) sont des techniques déjà bien ancrées dans les fermes et pour lesquelles il y a une demande d'amélioration organoleptique. L'enquête en ligne a révélé que la plupart des remarques des producteurs se trouvent au niveau des conditions d'affinage, de l'aspect des croûtes et du manque de goût.

L'ensemble des résultats de cette enquête en ligne est repris dans l'annexe 1.

c. Appel à candidatures pour la sélection des participants

Afin de réduire la variabilité des données lors des analyses statistiques au niveau des analyses en laboratoire et de l'analyse sensorielle, les producteurs, sur une base volontaire, ont dû répondre à certains critères pour être sélectionnés tels que :

- Transformer le lait de leur propre production
- Fabriquer du fromage à base de lait de vache
- Produire au moins une de ces 3 familles de fromage
 - Maquée
 - Pâte molle à croûte fleurie
 - Pâte pressée non cuite

Pour faciliter la récolte de données quant aux aspects liés à la production laitière, il a été décidé de faire appel à des producteurs qui transforment le lait de leur propre production. De plus, il a été choisi de limiter cette enquête sur des fromages à base de lait de vache car les chèvres et les brebis ont une période de lactation non continue sur l'année. En effet, il s'agit d'environ 6 mois pour les brebis et de 8 mois pour les chèvres. Avec les 2 campagnes d'échantillonnage et l'analyse sensorielle, il faut avoir à disposition du lait et du fromage pendant les deux campagnes.

Un appel à candidatures a été publié et diffusé via les réseaux de DiversiFERM ainsi que sur ceux de la SOCOPRO. Lors de la Petite Foire Paysanne et de la Foire de Libramont 2024, des flyers ont été affichés sur les comptoirs de DiversiFERM et de la SOCOPRO. De plus, à ces foires, des discussions ont eu lieu avec des producteurs-transformateurs laitiers. Afin de toucher le plus grand nombre de producteurs possible, l'appel a également été

envoyé aux transformateurs et producteurs laitiers connus de DiversiFERM fabriquant du fromage à base de lait de vache.

Au total, 21 fermes réparties sur l'ensemble du territoire wallon ont été retenues pour participer à l'étude. Leur localisation est illustrée ci-dessous sur la carte pédologique de la Wallonie.

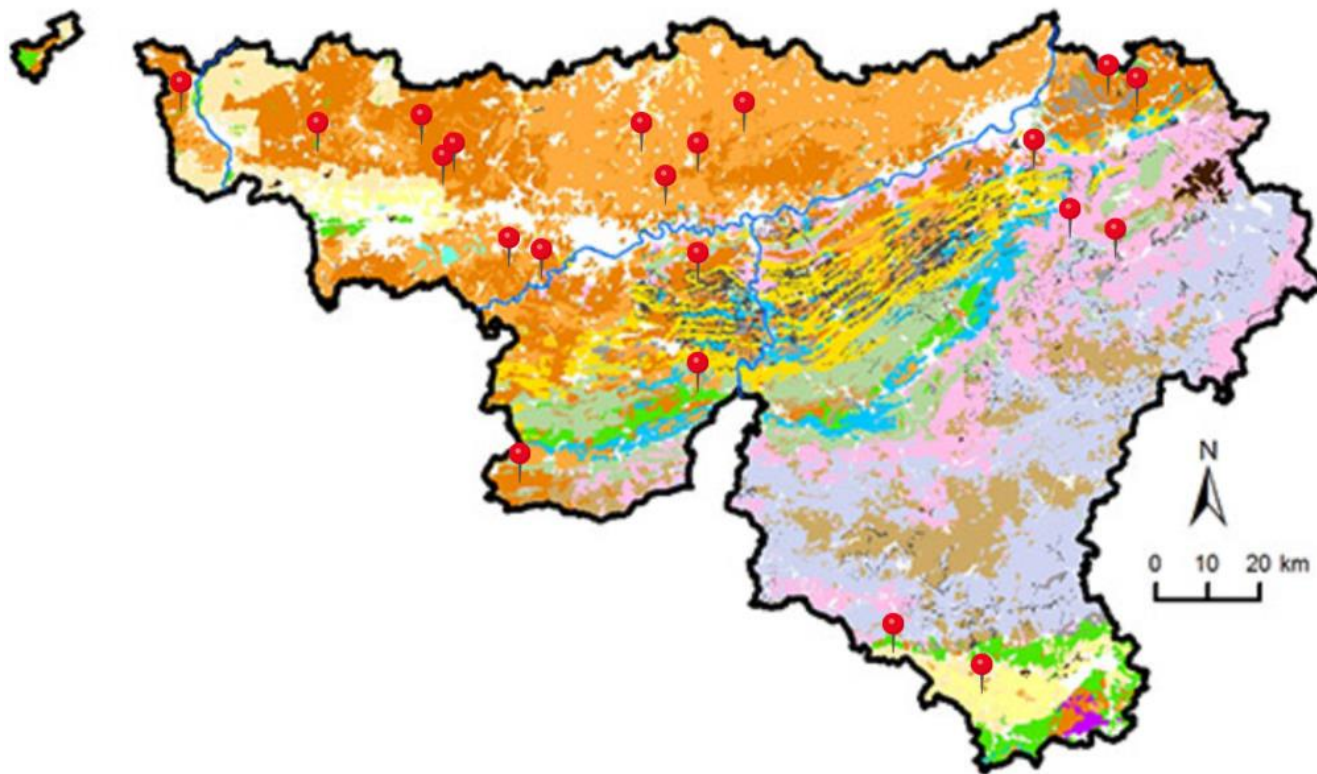


Figure 1. Distribution géographique des 21 fermes wallonnes sur la carte pédologique

Légende de la carte des sols :

- Sols tourbeux
- Sols sableux
- Sols sablo-limoneux
- Sols limoneux secs | humides
- Sols argileux
- Sols peu caillouteux
- Sols caillouteux à charge de :
 - Phyllades, quartzites, schistes et grès
 - Schistes et grès
 - Schistes
 - Grès micacés (psammites)
 - Calcaires
 - Cherts, silex, graviers
 - Grès argilo-calcaires (macignos)
 - Craies
- Sols artificialisés

Les régions non représentées, telles que la Hesbaye, le Condroz ou encore l'Ardenne, comptent peu d'exploitations laitières. L'Ardenne se distingue par une prédominance d'élevages bovins à vocation viandeuse, tandis que le Condroz est davantage marqué par des exploitations de type polyculture-élevage. En Hesbaye, les grandes cultures dominent (Service Public de Wallonie, 2024). Ces différences s'expliquent notamment par la nature des sols et, dans le cas du Condroz, par un relief plus accidenté.

d. Campagnes d'analyses et échantillonnage

Le choix s'est porté sur des familles de fromages déjà bien implantées en Wallonie, mais pour lesquelles il existe une demande d'amélioration et de caractérisation organoleptique. Les familles de fromages étudiées sont :

- Fromages frais de type Maquée
- Fromages à croûte fleurie
- Fromages à pâte pressée non cuite

Tel que décrit dans les actions menées, deux campagnes d'analyses ont été réalisées. Celles-ci ont été conduites sur 2 périodes différentes (été et hiver) et sur 10 fromages wallons de chacune des 3 familles de fromages. La campagne estivale s'est déroulée de septembre à octobre, tandis que celle d'hiver a eu lieu en mars. Lors du prélèvement des échantillons d'été, les vaches étaient encore au pâturage. Un objectif minimum de 20 exploitations différentes a été fixé et respecté. Cela a permis d'assurer la répétabilité des échantillons ainsi que d'offrir la possibilité d'améliorer les techniques d'analyses entre les deux campagnes. Initialement, le projet prévoyait au minimum 30 analyses x 3 répétitions x 2 campagnes = 180 analyses. Dans ce projet, plus de fromages ont été échantillonnés soit un total de 36 fromages provenant de 21 exploitations avec :

- 11 maquées
- 11 pâtes molles à croûte fleurie
- 14 pâtes pressées nature non cuites

Au total, cela revient à 36 analyses x 3 répétitions x 2 campagnes = 216 échantillons analysés.

e. Analyses sur le lait cru

Pour le lait cru, les paramètres tels que le pH, la matière grasse, les protéines, le lactose, les solides totaux et les sels ont été mesurés à l'aide d'un Lactoscan. Ces analyses sont essentielles pour évaluer la qualité de la matière première, qui conditionne en grande partie les propriétés du fromage. La mesure du pH, quant à elle, a été mesurée via une sonde et est un indicateur clé de la fraîcheur et de l'état microbiologique du lait.

Un total de 126 échantillons (21 laits x 3 répétitions x 2 campagnes) a été analysé pour chaque paramètre.

f. Analyses sur les fromages

La figure 3 regroupe l'ensemble des analyses réalisées sur les différents échantillons de fromages étudiés au cours de ce projet, mettant en évidence la diversité des paramètres évalués et des méthodes employées.

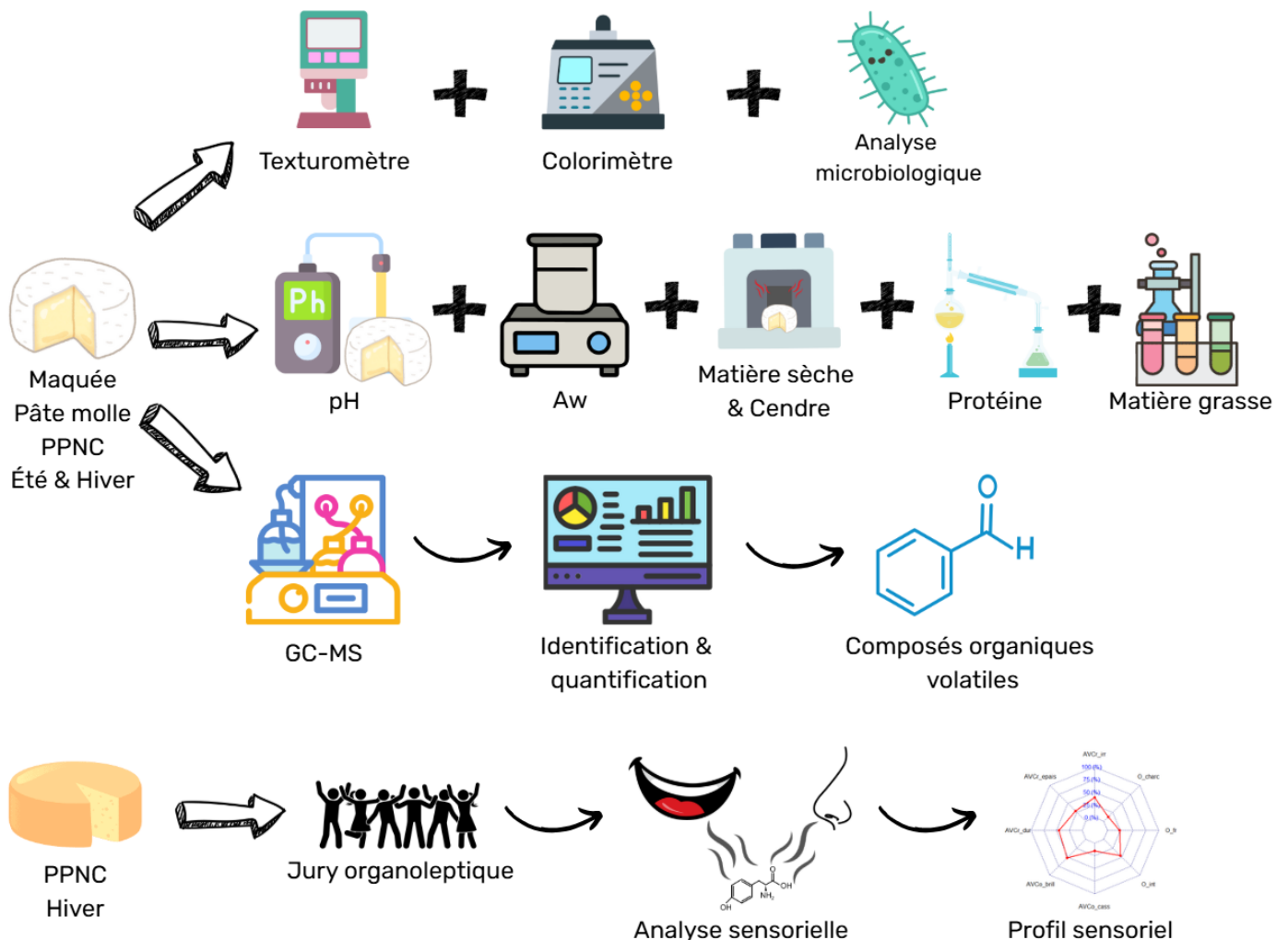


Figure 2. Schéma reprenant toutes les analyses réalisées sur les fromages

i. Mesures physiques (texture et couleur)

Un ensemble d'analyses complémentaires a été réalisé sur un large nombre d'échantillons de fromages. Les mesures physiques, effectuées à l'aide d'un texturomètre, fournissent des données objectives sur la texture, tandis que la couleur, évaluée par colorimétrie selon les indices L^* , a^* et b^* , renseigne sur l'aspect visuel, un critère déterminant pour la perception de qualité. Ces analyses ont été conduites sur des échantillons non congelés afin de garantir la fiabilité des résultats, la congélation pouvant altérer texture et couleur.

Le **Texture Profile Analysis (TPA)** permet d'évaluer la dureté, l'élasticité et le collant des fromages. Le test consiste à comprimer l'échantillon à deux reprises pour simuler la mastication, complété par un test de rupture mesurant la force nécessaire pour briser le fromage. Le protocole d'analyse a été adapté spécifiquement pour la campagne d'hiver.

Concernant la couleur, des mesures ont été réalisées à la fois sur le cœur et la croûte. Le colorimètre permet notamment de calculer l'**indice de jaunissement (Yi)**, afin de déterminer dans quelle mesure l'échantillon s'écarte de la couleur blanche. Cet indice est obtenu via le système colorimétrique CIELab, selon la formule proposée par Romani *et al.* (2002) :

$$Yi = 142,86 \frac{b^*}{L^*}$$

Où :

- b^* = Composante chromatique indiquant la position sur l'axe bleu-jaune (b^- = bleu, b^+ = jaune)
- L^* = Composante de luminosité, allant de 0 (noir) à 100 (blanc)

ii. Mesures chimiques

Les analyses chimiques, incluant la mesure du **pH**, de l'**activité de l'eau**, de la **matière sèche**, des **cendres**, des **protéines** et de la **matière grasse**, permettent de caractériser la composition et la stabilité des fromages, ainsi que de les décrire et de les classer. Le pH a été mesuré à l'aide d'un pHmètre, préalablement calibré avec 2 solutions tampons de pH 4 et 7. L'activité de l'eau a été évaluée au moyen de l'appareil AquaLab Model Series 3 TE, après avoir tempéré à 20°C, dans une cave à vin, des cupules remplies à moitié de fromage.

La matière sèche a été déterminée en plaçant des creusets contenant une masse définie de fromage dans une étuve pendant 4h. Les mêmes creusets, contenant alors la matière sèche, ont ensuite été chauffés dans un four à moufle à 550°C pendant 3h pour mesurer la teneur en cendres. La teneur en protéines a été quantifiée selon la méthode Kjeldahl. Cette méthode est largement reconnue pour son exactitude et sa fiabilité dans les produits laitiers. Enfin, la teneur en matière grasse a été analysée par la méthode Van Gulik.

Les **composés organiques volatils** (COV), responsables des arômes, ont été extraits et analysés par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS), permettant leur identification et quantification. Les fichiers bruts obtenus ont été convertis à l'aide de GC-MSD Translator afin d'être exploités dans le logiciel MassHunter Quantitative Analysis (Version B.08.00 / Build 8.0.598.0 – *Unknowns Analysis*, ©Agilent Technologies, 2016). L'analyse a été réalisée en mode TIC (Total Ion Chromatogram), avec identification des spectres de masse via la bibliothèque NIST17 et calibration des temps de rétention selon les indices de Kovats (hydrocarbures C6-C32). Les siloxanes, artefacts liés à la colonne ou à la fibre, ont été écartés.

Les données générées ont ensuite été exportées vers Excel, réorganisées et validées. Pour chaque pic chromatographique, l'identité proposée par MassHunter a été vérifiée en comparant les indices de rétention obtenus aux valeurs de référence du webbook.nist.gov. Seules les molécules présentant une pertinence biochimique documentée dans la littérature fromagère ont été retenues pour l'interprétation. Enfin, pour chaque répétition, l'abondance relative de chaque molécule a été déterminée en exprimant l'aire intégrale de son pic chromatographique en pourcentage de l'aire totale de tous les pics de la répétition.

L'analyse chromatographique réalisée au cours des deux campagnes a permis de détecter ces COV dans différents types de fromages. Ces composés sont essentiels pour l'analyse sensorielle, car ils sont directement liés aux perceptions olfactives et gustatives. Les résultats obtenus seront ensuite croisés avec les tests sensoriels et les analyses chimiques afin d'établir des corrélations précises entre le profil chimique et les caractéristiques sensorielles.

La plupart des analyses physiques, chimiques et chromatographiques ont été effectuées par des membres du Laboratoire QSPA.

iii. Mesures microbiologiques

Le fromage, obtenu par la coagulation du lait grâce à la présure et à l'action de bactéries spécifiques, développe ses arômes et sa texture par l'activité de ces micro-organismes. Les analyses microbiologiques permettent de contrôler la présence et le taux de certaines bactéries, ce qui influence directement la sécurité alimentaire et les caractéristiques organoleptiques du fromage, telles que le goût et l'odeur.

Lors de la campagne d'été, l'analyse microbiologique a ciblé plusieurs types de micro-organismes : les **coliformes**, ***Escherichia coli***, les **bactéries lactiques** et les **germes totaux**. Ces différentes populations peuvent être mises en relation pour évaluer la qualité microbiologique des fromages. Le rapport germes totaux/bactéries lactiques permet de vérifier si le type de des micro-organismes majoritaires contenus dans les fromages analysés sont des bactéries lactiques. Si ce n'est pas le cas, cela signifie que d'autres micro-organismes, potentiellement indésirables, tels que les coliformes peuvent être présents. L'analyse des *E. coli* permet de contrôler l'hygiène des procédés et d'expliquer un possible goût ou aspect visuel dans les fromages dus à leur présence.

Pour la campagne d'hiver, l'attention a été portée uniquement sur 2 paramètres : ***Escherichia coli*** et **Staphylocoques à coagulase positive**, compte tenu de leur impact sur la qualité sensorielle et de leur rôle d'indicateurs d'hygiène. Cette décision repose sur les résultats de la 1^{ère} campagne d'été, au cours de laquelle aucun problème n'avait été observé sur les rapports germes totaux/bactéries lactiques. Les staphylocoques à coagulase positive peuvent altérer le goût et l'odeur du fromage, justifiant un suivi ciblé.

iv. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle permet d'évaluer un produit en mobilisant les cinq sens humains : la vue, le toucher, l'odorat, l'ouïe et le goût. Elle apporte une compréhension des caractéristiques sensorielles perçues par l'être humain, ce qui est essentiel pour juger la qualité d'un produit, adapter sa formulation, ou encore garantir sa constance au fil du temps (Marques *et al.*, 2022).

Dans le cadre de ce projet sur les fromages wallons, l'analyse sensorielle descriptive (QDA) a été sélectionnée. Il existe par ailleurs une large variété de méthodes sensorielles applicables aux produits alimentaires et boissons :

- Sensory Descriptive Tests (Quantitative descriptive analysis, flash profiling, preferred attribute elicitation, ...)
- Sensory Discriminative Tests (Triangle test, Paired Comparison, Duo-trio test, ...)
- Sensory Hedonique Tests
- Temporal Tests (time-intensity, temporal dominance of sensations, ...)
- Instrumental Sensory Devices and Immersive Techniques (electronic nose, electronic tongue, ...) (Marques *et al.*, 2022 – An overview of sensory characterization techniques ...)

L'analyse sensorielle descriptive s'appuie, ici, sur un panel composé d'experts formés. Ce jury utilise une méthode rigoureuse pour décrire les goûts, odeurs, textures, aspects visuels et arrière-goûts des fromages. Ce choix méthodologique permet de caractériser l'identité sensorielle des produits avec précision, contrairement au panel consommateur, plus subjectif et basé sur des préférences personnelles. Pour rappel, l'objectif de ce projet est de caractériser l'identité des fromages wallons ce qui nécessite une description du produit via le jury d'experts avec la méthode descriptive. Par ailleurs, le choix s'est posé sur la réalisation d'un panel descriptif composé d'au moins 6 personnes, plutôt que sur un jury naïf nécessitant un minimum de 60 consommateurs, ce qui aurait impliqué une logistique plus contraignante en amont.

Une formation de gestionnaires d'un panel d'experts d'une durée de 2 jours, assurée par Claire Lehoux à l'Institut Meurice R&D à Bruxelles, a été suivie par 4 membres de l'équipe de DiversiFERM. Cette formation a eu pour but de former de futurs gestionnaires à la mise en place de l'analyse sensorielle en entreprise et à la gestion de panels spécialisés en fromagerie. Une deuxième formation d'une demi-journée a également été donnée à 11 autres membres de l'équipe de DiversiFERM (le Pôle Technologie alimentaire des produits laitiers et le Pôle Qualité et Hygiène alimentaire) et 2 membres du laboratoire Qualité et Sécurité des Produits Agro-alimentaires (QSPA) afin de former un panel d'experts. L'objectif de ces formations a pour ambition d'initier le personnel de DiversiFERM (17 personnes au total) à la réalisation de tests sensoriels sur le fromage et de pouvoir réaliser les jurys organoleptiques en interne.

Des normes ont été acquises pour l'analyse sensorielle. Celles-ci sont :

- **ISO 22935-1** (Lait et produits laitiers – Analyse sensorielle, Partie 1 : Recrutement, sélection, entraînement et contrôle des sujets)
- **ISO 22935-2** (Lait et produits laitiers – Analyse sensorielle, Partie 2 : Méthodes pour l'évaluation sensorielle)
- **ISO 13299** (Analyse sensorielle – Méthodologie – Directives générales pour l'établissement d'un profil sensoriel)

- **ISO 8589** (Analyse sensorielle – Directives générales pour la conception de locaux destinés à l’analyse)
- **ISO 11136** (Analyse sensorielle – Méthodologie – Lignes directrices générales pour la réalisation d’épreuves hédoniques effectuées avec des consommateurs dans un espace contrôlé)
- **ISO 5492** (Analyse sensorielle – Vocabulaire)

Pour des raisons organisationnelles et temporelles, l’analyse sensorielle est uniquement réalisée sur les pâtes pressées non cuites des producteurs de la campagne d’hiver. Des raisons telles que le nombre de descripteurs à caractériser, le peu de temps disponible, la conservation plus facile de ce type de fromage, sa valeur économique plus élevée, la disponibilité d’un panel tout au long des séances a été prise en compte. Dans ce projet, les pâtes pressées non cuites présentaient un temps d’affinage compris entre 1 mois et 4 mois. Toutefois, seuls les fromages affinés entre 4 et 7 semaines ont été retenus dans les résultats sensoriels, afin de permettre une comparaison homogène.

La première étape de l’analyse sensorielle consistait à générer individuellement des descripteurs. En novembre, les fromages ont été analysés pour leur aspect visuel (cœur et croûte), odeur (cœur), goût (cœur), texture en bouche (cœur) et arrière-goût (cœur). À l’issue de cette génération, plus de 300 descripteurs ont été identifiés par le panel. Un pré-tri a été effectué avant la 1^{ère} séance de Brainstorming pour aboutir à un total d’environ 120 descripteurs. Cette session de Brainstorming avec le personnel participant a permis de réduire le nombre de descripteurs par tri qualitatif. À la suite de ce Brainstorming, 70 descripteurs ont été retenus.

En décembre, plusieurs séances de notation individuelle d’intensité des descripteurs sélectionnés ont été menées. Cette notation a porté sur tous les fromages à pâte pressée non cuite. La liste de descripteurs s’est une nouvelle fois réduite par tri statistique. Une 2^{ème} séance de Brainstorming a eu lieu en janvier sur les descripteurs restants afin de sélectionner les descripteurs finaux (21 descripteurs). De plus, au cours de cette séance, une définition commune pour chaque descripteur (Annexe 2) a été validée par chaque membre du panel et une méthodologie de dégustation a été élaborée.

Afin d’entraîner le jury, des séances d’entraînements ont été organisées en février sur les fromages et la liste des descripteurs finaux afin de garantir leur répétabilité, leur reproductibilité, leur discrimination et leur cohérence. Ces entraînements ont été menés sur 4 des 13 fromages les plus extrêmes identifiés par analyse statistique. Chaque membre du jury a nécessité un maximum de 4 séances (et un minimum de 3 séances) pour étalonner les 4 mêmes fromages, distribués dans un ordre aléatoire.

Les tests finaux ont eu lieu en mars sur chacun des fromages à pâte pressée non cuite récoltés lors de la 2^{ème} campagne (hiver). La sélection des jurés pour ces tests n’a pu être réalisée à l’avance, car le calendrier était particulièrement contraint : les tests finaux ont été organisés très peu de temps après les séances d’entraînement, et la récolte des fromages se déroulait simultanément. Cette organisation ne permettait pas de réaliser les analyses statistiques nécessaires à la sélection préalable des jurés. En conséquence, la sélection finale des jurés a été différée afin de garantir le bon déroulement de l’étude.

Trois analyses statistiques ont permis d’identifier les six jurés finalement retenus. La première étape était d’évaluer la **répétabilité** (courbes de niveau), en calculant l’écart-type des notes attribuées par chaque juré pour un même fromage et un même descripteur entre les différents entraînements. La deuxième étape consistait à mesurer la **variance inter-produits**, afin de vérifier la capacité des jurés à discriminer correctement les fromages ; une variance supérieure à 2 indique une bonne discrimination. Enfin, le **consensus** a été calculé en comparant la moyenne d’un juré sur un descripteur à la moyenne de l’ensemble des jurés, une valeur proche de 0 traduisant un bon alignement avec le groupe.

La combinaison de ces trois analyses a permis de sélectionner six jurés, dont les évaluations ont servi à l’élaboration des profils sensoriels. Les données recueillies ont été traitées à l’aide du logiciel RStudio afin de

générer, pour chaque fromage, un profil sensoriel individuel. Chaque profil a ensuite été comparé à la moyenne générale calculée pour l'ensemble des fromages à pâte pressée non cuite étudiés (affinage compris entre 4 et 7 semaines), permettant ainsi de mettre en évidence les spécificités de chaque produit tout en les situant dans un référentiel global. Deux volets d'analyse ont été distingués : les aspects visuels et olfactifs d'une part, et les perceptions en bouche d'autre part.

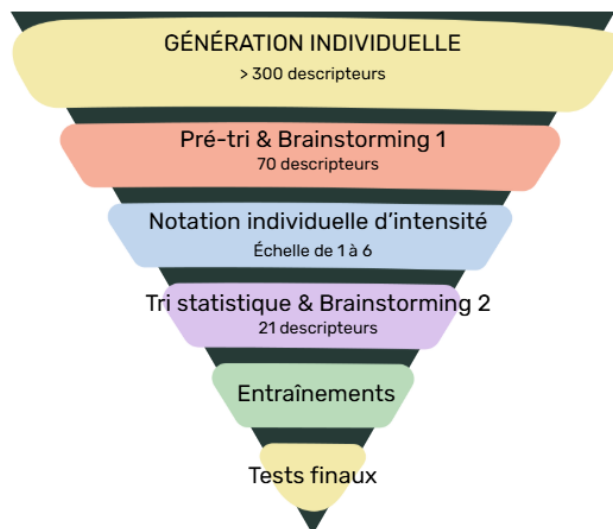


Figure 3. Récapitulatif des étapes de l'analyse sensorielle réalisée

Les analyses menées par le jury d'experts ont duré 5 mois (de novembre à mars). Cette longue durée s'explique par :

- Un grand nombre de fromages à analyser (13 fromages)
- Les prélèvements en fermes des fromages à chaque étape de l'analyse sensorielle
- La préparation des questionnaires en ligne
- La préparation en amont des séances de dégustation (découpe des fromages, identification anonyme de chaque morceau de fromage, ...)
- Un grand nombre de séances de notation individuelle d'intensité (9x) et d'entraînements (4x)
- Un espacement (dans la limite du possible) des séances de dégustation pour éviter de saturer le jury
- La disponibilité de chacun
- La mise sous vide & la transmission des fromages à déguster au CARAH et à l'EPASC
- Des analyses statistiques effectuées
- Plusieurs consultations avec Claire Lehoux (formatrice)

La méthodologie développée pour l'analyse sensorielle des fromages pourra être mise à profit chez DiversiFERM pour développer une compétence supplémentaire et être appliquée à d'autres types de fromages ou à la demande de certains transformateurs.

g. Analyse statistique

Les analyses statistiques sur les mesures physiques, chimiques et les composés organiques volatils ont été effectuées à l'aide du logiciel RStudio. Les données ont d'abord été soumises à une analyse de la variance à un facteur (ANOVA) afin d'évaluer l'existence de différences significatives entre les groupes. L'hypothèse nulle (H_0) supposait l'absence de variabilité significative entre les échantillons ($p > 0,05$), tandis que l'hypothèse alternative (H_1) considérait la présence de différences significatives ($p < 0,05$). La normalité des distributions et l'égalité des variances ont été supposées respectées pour la validité de l'ANOVA. Lorsque l'ANOVA indiquait une différence significative (H_1), un test post-hoc de Tukey a été appliqué afin d'identifier précisément quelles fermes présentaient

des écarts significatifs entre elles. Cette approche permet de comparer simultanément tous les groupes et de contrôler le risque d'erreur lors de multiples comparaisons.

5. Résultats – Questionnaires aux producteurs

Un premier questionnaire (campagne d'été) (Annexe 3) a été créé afin de connaître les pratiques d'élevage et de fabrication des fromages. Ce questionnaire a pour objectif de permettre de faire des liens entre les pratiques agricoles, les procédés de fabrication et les résultats obtenus sur les fromages analysés. Le questionnaire a été rempli lors de la première visite chez les producteurs. Des informations telles que la race de leur troupeau, la méthode de traite, le temps d'affinage de leurs fromages, les conditions de stockage (humidité et température), les ferments utilisés, etc. ont été obtenus. Les rations alimentaires données aux vaches ont également été relevées, car elles diffèrent d'une exploitation à l'autre et selon les saisons. Ces différences peuvent influencer la qualité du lait et sa composition, et par conséquent, les propriétés des fromages fabriqués.

Un deuxième questionnaire (Annexe 4) a été complété par les producteurs lors de la 2^{ème} campagne d'échantillonnage (campagne d'hiver) afin d'obtenir des informations supplémentaires telles que la présence ou non d'un robot de traite, le prix au kilo, la quantité de lait transformée, ...

Un tableau reprenant les réponses aux questionnaires des différentes exploitations est joint en annexe 5. Ce tableau présente comme données :

- Le numéro de la ferme
- La/Les famille(s) de fromage analysée(s)
- La/Les race(s) du troupeau
- La taille du troupeau
- La quantité de lait transformé par mois
- Présence ou non d'un robot de traite
- Le(s) type(s) de ferment(s) utilisé(s)
- La quantité de présure utilisée (mL/100L)
- Le temps (été & hiver), la température et l'humidité d'affinage
- La ration estivale et hivernale
- Le prix au kilo

6. Résultats & Interprétations

a. Analyses physico-chimiques du lait

Différentes analyses ont été réalisées en laboratoire, avec trois répétitions effectuées pour chaque échantillon de lait ou de fromage. Des améliorations méthodologiques ont été apportées entre les deux campagnes, ce qui a permis d'optimiser la qualité des analyses. Toutefois, ces ajustements ont parfois eu pour conséquence de ne pas permettre une comparaison directe et rigoureuse des résultats entre les 2 périodes.

Le tableau 3 présente les résultats des analyses de la campagne d'été (pH, lactose, protéine, matière grasse et solides totaux) et le tableau 4 ceux de la campagne d'hiver. Une note s'applique à ces tableaux : les différences significatives entre les valeurs sont signalées par des lettres différentes dans une même colonne ($P < 0,05$).

Tableau 3. Résultats des analyses de lait cru lors de la campagne d'été

Été	pH	Lactose (%)	Protéine (%)	Matière grasse (%)	Solides totaux (%)
Ferme 1	$6,85 \pm 0,01^{cde}$	$5,01 \pm 0,03^{def}$	$3,21 \pm 0,02^{defg}$	$2,91 \pm 0,03^f$	$11,49 \pm 0,03^{cg}$
Ferme 2	$6,86 \pm 0,01^{de}$	$5,13 \pm 0,02^b$	$3,29 \pm 0,01^{bc}$	$2,98 \pm 0,17^{ef}$	$11,78 \pm 0,14^d$
Ferme 3	$6,92 \pm 0,00^b$	$5,15 \pm 0,02^{bc}$	$3,30 \pm 0,02^b$	$3,56 \pm 0,11^i$	$12,40 \pm 0,07^{kl}$
Ferme 4	$6,87 \pm 0,00^{ae}$	$4,99 \pm 0,01^{ade}$	$3,20 \pm 0,01^{adf}$	$2,78 \pm 0,09^{af}$	$11,32 \pm 0,11^{gh}$
Ferme 5	$6,89 \pm 0,03^{ab}$	$5,12 \pm 0,03^{bc}$	$3,29 \pm 0,02^{bc}$	$4,17 \pm 0,10^{cd}$	$12,98 \pm 0,06^b$
Ferme 6	$6,78 \pm 0,00^{gh}$	$5,09 \pm 0,05^{bcf}$	$3,26 \pm 0,03^{bceg}$	$1,50 \pm 0,20^m$	$10,37 \pm 0,20^o$
Ferme 7	$6,85 \pm 0,01^{cde}$	$5,09 \pm 0,04^{bcf}$	$3,27 \pm 0,03^{bcg}$	$3,48 \pm 0,02^{ik}$	$12,21 \pm 0,05^{jl}$
Ferme 8	$6,98 \pm 0,01^f$	$5,12 \pm 0,00^{bc}$	$3,28 \pm 0,00^{bc}$	$2,05 \pm 0,04^j$	$10,81 \pm 0,05^m$
Ferme 9	$6,86 \pm 0,01^{de}$	$4,97 \pm 0,02^{ade}$	$3,18 \pm 0,02^{adf}$	$2,77 \pm 0,06^{af}$	$11,28 \pm 0,02^{agh}$
Ferme 10	$6,79 \pm 0,00^g$	$5,27 \pm 0,04^h$	$3,39 \pm 0,03^i$	$3,50 \pm 0,03^i$	$12,56 \pm 0,10^{ek}$
Ferme 11	$6,82 \pm 0,00^{ci}$	$4,95 \pm 0,02^{ad}$	$3,17 \pm 0,02^{ad}$	$3,25 \pm 0,05^{gk}$	$11,74 \pm 0,06^d$
Ferme 12	$6,75 \pm 0,02^h$	$5,04 \pm 0,04^{cef}$	$3,23 \pm 0,03^{cefg}$	$2,52 \pm 0,08^b$	$11,15 \pm 0,07^{ah}$
Ferme 13	$6,87 \pm 0,01^{ae}$	$5,43 \pm 0,01^i$	$3,46 \pm 0,01^j$	$0,00 \pm 0,00^l$	$9,18 \pm 0,01^n$
Ferme 14	$6,85 \pm 0,00^{cde}$	$4,91 \pm 0,01^a$	$3,15 \pm 0,01^a$	$2,65 \pm 0,01^{ab}$	$11,06 \pm 0,02^a$
Ferme 15	$6,89 \pm 0,01^{ab}$	$4,99 \pm 0,03^{ade}$	$3,20 \pm 0,02^{adef}$	$3,60 \pm 0,02^i$	$12,17 \pm 0,03^j$
Ferme 16	$6,96 \pm 0,00^f$	$5,01 \pm 0,03^{def}$	$3,22 \pm 0,02^{defg}$	$3,00 \pm 0,02^{ef}$	$11,59 \pm 0,03^{cd}$
Ferme 17	$6,79 \pm 0,00^{gi}$	$5,26 \pm 0,01^h$	$3,38 \pm 0,01^i$	$4,29 \pm 0,01^{cd}$	$13,34 \pm 0,03^p$
Ferme 18	$6,85 \pm 0,02^{cde}$	$5,01 \pm 0,04^{def}$	$3,22 \pm 0,02^{defg}$	$4,15 \pm 0,09^c$	$12,76 \pm 0,03^{be}$
Ferme 19	$6,85 \pm 0,00^{cde}$	$5,35 \pm 0,04^{hi}$	$3,43 \pm 0,03^{ij}$	$4,39 \pm 0,03^d$	$13,59 \pm 0,05^i$
Ferme 20	$6,84 \pm 0,00^{cde}$	$4,75 \pm 0,02^g$	$3,03 \pm 0,01^h$	$0,39 \pm 0,02^h$	$8,48 \pm 0,02^f$
Ferme 21	$6,83 \pm 0,00^{cd}$	$4,96 \pm 0,03^{ade}$	$3,18 \pm 0,02^{adf}$	$3,20 \pm 0,09^{eg}$	$11,70 \pm 0,06^{cd}$

Tableau 4. Résultats des analyses de lait cru lors de la campagne d'hiver

Hiver	pH	Lactose (%)	Protéine (%)	Matière grasse (%)	Solides totaux (%)
Ferme 1	6,82 ± 0,02 ^{abdh}	5,01 ± 0,03 ^{cdeg}	3,21 ± 0,02 ^{efgi}	2,96 ± 0,03 ⁱ	11,54 ± 0,07 ^f
Ferme 2	6,82 ± 0,01 ^{abh}	5,01 ± 0,03 ^{cdeg}	3,19 ± 0,02 ^{fghi}	0,00 ± 0,00 ^j	8,46 ± 0,06 ^j
Ferme 3	6,88 ± 0,01 ^{kl}	5,07 ± 0,02 ^{bcd}	3,25 ± 0,01 ^{cde}	3,74 ± 0,02 ^h	12,45 ± 0,02 ^h
Ferme 4	6,91 ± 0,00 ⁱ	4,92 ± 0,02 ^{fg}	3,16 ± 0,01 ^{hi}	4,39 ± 0,02 ^g	12,86 ± 0,02 ^g
Ferme 5	6,80 ± 0,00 ^{abc}	5,20 ± 0,02 ^a	3,33 ± 0,01 ^{ab}	1,53 ± 0,03 ^a	10,42 ± 0,01 ^a
Ferme 6	6,76 ± 0,00 ^{jm}	5,22 ± 0,01 ^a	3,36 ± 0,01 ^b	4,58 ± 0,02 ^m	13,57 ± 0,02 ^o
Ferme 7	6,85 ± 0,00 ^{def}	5,15 ± 0,01 ^{ab}	3,31 ± 0,01 ^{abc}	3,38 ± 0,02 ^b	12,22 ± 0,02 ^b
Ferme 8	6,83 ± 0,01 ^{dgh}	4,57 ± 0,04 ⁱ	2,93 ± 0,03 ^k	2,67 ± 0,04 ^d	10,50 ± 0,04 ^a
Ferme 9	6,73 ± 0,00 ^m	4,96 ± 0,04 ^{efg}	3,17 ± 0,02 ^{fhi}	0,86 ± 0,04 ^k	9,31 ± 0,03 ^l
Ferme 10	6,83 ± 0,00 ^{abdh}	5,45 ± 0,05 ^j	3,50 ± 0,03 ^l	3,69 ± 0,08 ^h	13,07 ± 0,01 ^k
Ferme 11	6,91 ± 0,01 ^{il}	5,02 ± 0,02 ^{cde}	3,24 ± 0,01 ^{deg}	6,75 ± 0,01 ^l	15,45 ± 0,03 ^m
Ferme 12	6,78 ± 0,01 ^c	4,66 ± 0,03 ^{hi}	2,98 ± 0,02 ^{jk}	1,39 ± 0,06 ^e	9,35 ± 0,12 ^l
Ferme 13	6,74 ± 0,01 ^m	6,06 ± 0,01 ^k	3,86 ± 0,01 ^m	0,00 ± 0,00 ^j	10,26 ± 0,01 ⁿ
Ferme 14	6,86 ± 0,00 ^{efk}	4,96 ± 0,05 ^{efg}	3,18 ± 0,03 ^{fhi}	2,72 ± 0,04 ^d	11,21 ± 0,05 ^d
Ferme 15	6,88 ± 0,01 ^{ek}	4,72 ± 0,03 ^h	3,02 ± 0,02 ^j	2,65 ± 0,02 ^d	10,73 ± 0,04 ⁱ
Ferme 16	6,96 ± 0,01 ^g	5,07 ± 0,02 ^{bcd}	3,26 ± 0,01 ^{cde}	5,44 ± 0,01 ^c	14,18 ± 0,02 ^c
Ferme 17	6,83 ± 0,01 ^{bgh}	4,98 ± 0,03 ^{defg}	3,17 ± 0,02 ^{hi}	0,00 ± 0,00 ^j	8,40 ± 0,06 ^j
Ferme 18	6,82 ± 0,01 ^{abh}	5,04 ± 0,01 ^{cde}	3,23 ± 0,00 ^{defg}	1,41 ± 0,06 ^e	10,02 ± 0,07 ^e
Ferme 19	6,78 ± 0,01 ^{cj}	5,09 ± 0,06 ^{bc}	3,27 ± 0,04 ^{acd}	3,70 ± 0,02 ^h	12,45 ± 0,09 ^h
Ferme 20	6,80 ± 0,02 ^{ac}	4,90 ± 0,02 ^f	3,14 ± 0,01 ^h	3,08 ± 0,02 ^f	11,47 ± 0,04 ^f
Ferme 21	6,83 ± 0,01 ^{dh}	4,97 ± 0,03 ^{efg}	3,19 ± 0,02 ^{fghi}	2,70 ± 0,03 ^d	11,21 ± 0,04 ^d

Les valeurs de pH mesurées pour le lait cru récolté dans les 21 fermes se situent entre 6,75±0,02 et 6,98±0,01 pour l'été et entre 6,73±0,00 et 6,96±0,01 pour l'hiver. Ces résultats apparaissent légèrement supérieurs à l'intervalle généralement rapporté dans la littérature (6,6 – 6,8) (Tsioulpas *et al.*, 2007). Cette différence reste toutefois faible et peut s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment les conditions expérimentales (température du lait, calibration de l'électrode de pH, ...) ainsi que la variabilité naturelle du lait (influence de l'alimentation, du stade de lactation, ...).

La ferme 13 (été comme hiver), la ferme 2 (hiver), la ferme 17 (hiver) et la ferme 20 (été) ont fourni un lait écrémé, comme en témoigne leur taux de matière grasse nul (0,00%). La ferme 9 (hiver) a procuré du lait partiellement écrémé. La ferme 5 (hiver), la ferme 6 (été), la ferme 12 (hiver) et la ferme 18 (hiver) ont livré un lait demi-écrémé. Or, dans le cadre de cette étude, tous les échantillons attendus devaient être du lait entier, ce qui révèle des écarts notables entre les laits analysés et les caractéristiques attendues.

La ferme 19 se distingue par la présence de vaches Jersey, dont le lait est naturellement plus riche en matière grasse que celui des autres races. Cela se reflète particulièrement en été, période durant laquelle cette ferme présente le taux de matière grasse le plus élevé. À l'inverse, le taux de protéines reste globalement plus stable d'une ferme à l'autre. Ces deux paramètres jouent un rôle déterminant dans la qualité fromagère : la matière grasse influence surtout le rendement, le goût et la texture, tandis que les protéines conditionnent la fermeté de la pâte et la capacité de coagulation.

b. Analyses des fromages

i. Maquée

La maquée est un produit laitier frais non affiné obtenu par coagulation lactique du lait sous l'action de ferments et généralement de présure. Ci-dessous le diagramme de fabrication de la maquée :

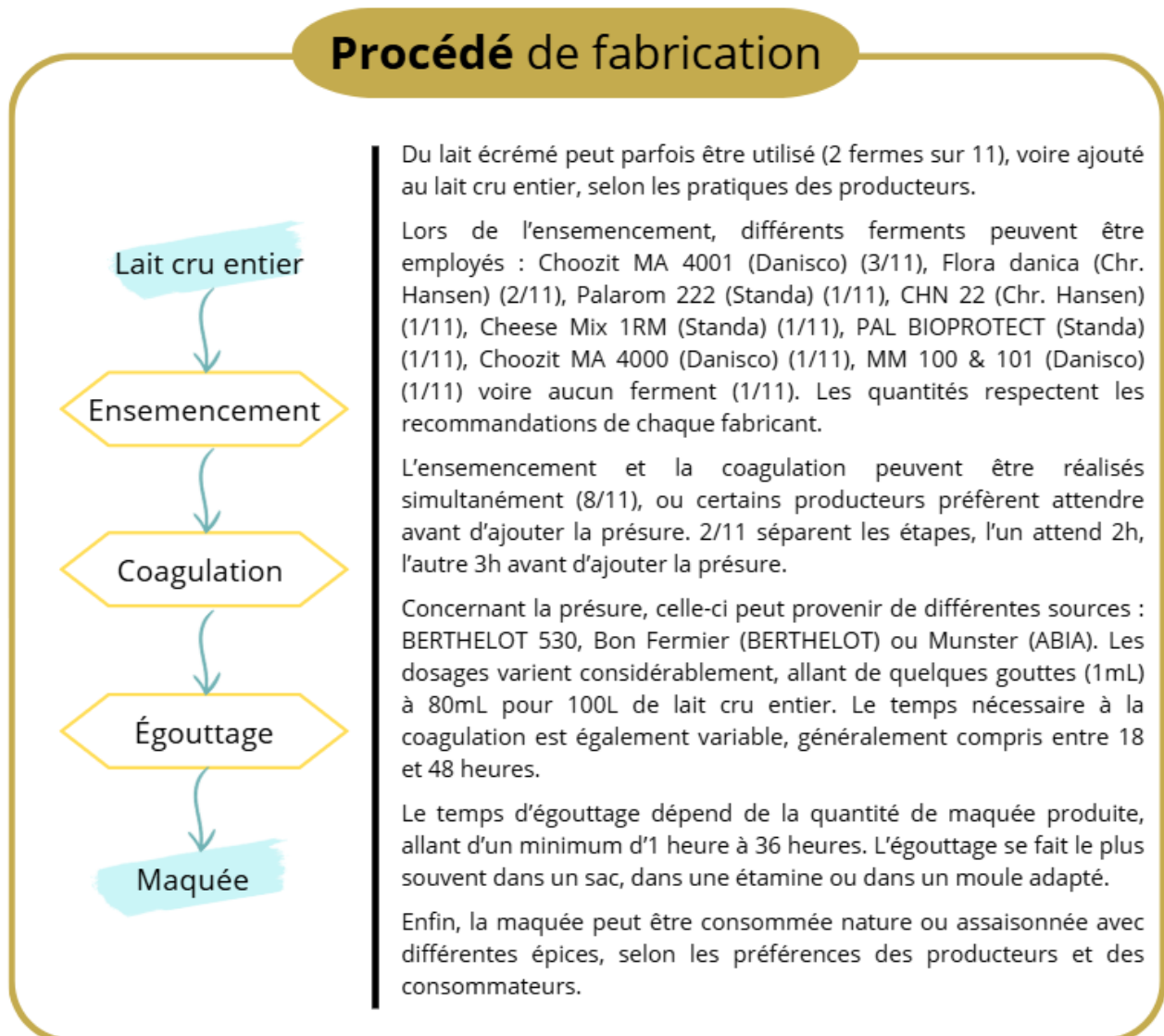


Figure 4. Diagramme de fabrication de la maquée

Le lait utilisé pour la préparation des maquées provenant des fermes 6 (été) et 12 (été et hiver) était exclusivement du lait écrémé. En revanche, le lait de la ferme 6 en hiver était probablement du lait demi-écrémé au vu des résultats. Il est important de préciser ce paramètre, car la composition du lait constitue un facteur déterminant dans le processus de transformation et les caractéristiques sensorielles des maquées.

i. Couleur & Texture

Le tableau 5 présente les résultats relatifs à l'indice de jaunissement ainsi qu'aux paramètres de texture (dureté et élasticité) pour les 11 fermes produisant de la maquée. Les mesures de texture n'ont pas pu être prises en compte pour la période estivale, en raison d'un changement de sonde. L'abréviation NE correspond à « Non Effectué ». Une note s'applique à ce tableau : les différences significatives entre les valeurs sont signalées par des lettres différentes dans une même colonne ($P < 0,05$).

Tableau 5. Résultats des analyses mécaniques des deux campagnes pour la maquée

N° Ferme	Indice de jaunissement		Texture			
	Cœur		Dureté (N)		Elasticité (%)	
	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver
Ferme 3	18,17 ± 0,07 ^e	18,53 ± 0,38 ^{de}	NE	0,52 ± 0,03 ^a	NE	82,37 ± 6,51 ^a
Ferme 5	25,22 ± 0,05 ^c	21,96 ± 0,55 ^b	NE	0,60 ± 0,15 ^a	NE	76,59 ± 9,26 ^a
Ferme 6	15,24 ± 0,02 ^g	17,30 ± 0,88 ^{ef}	NE	1,00 ± 0,38 ^a	NE	80,18 ± 9,67 ^a
Ferme 7	29,34 ± 0,14 ^a	21,36 ± 0,89 ^{ab}	NE	0,97 ± 0,09 ^a	NE	79,47 ± 7,04 ^a
Ferme 8	21,95 ± 0,02 ^b	19,62 ± 0,69 ^{cd}	NE	0,34 ± 0,06 ^a	NE	81,65 ± 3,81 ^a
Ferme 11	21,65 ± 0,36 ^b	16,44 ± 0,39 ^f	NE	0,47 ± 0,15 ^a	NE	86,04 ± 1,68 ^a
Ferme 12	22,88 ± 0,15 ^f	16,14 ± 0,29 ^f	NE	0,17 ± 0,03 ^a	NE	91,67 ± 7,89 ^a
Ferme 16	21,87 ± 0,20 ^b	20,69 ± 0,75 ^{bcd}	NE	0,74 ± 0,06 ^a	NE	88,40 ± 5,23 ^a
Ferme 17	20,43 ± 0,12 ^d	16,16 ± 0,53 ^f	NE	0,70 ± 0,19 ^a	NE	84,63 ± 7,04 ^a
Ferme 20	20,72 ± 0,10 ^d	18,29 ± 0,29 ^{de}	NE	0,24 ± 0,04 ^a	NE	92,44 ± 0,89 ^a
Ferme 21	24,82 ± 0,16 ^c	19,87 ± 0,25 ^{acd}	NE	2,19 ± 0,97 ^b	NE	92,89 ± 19,12 ^a

Une augmentation générale de l'indice de jaunissement a été observée pour la majorité des fromages durant la période estivale. Plus précisément, on observe de manière récurrente un jaunissement plus marqué en été qu'en hiver, bien que cette différence ne soit pas forcément perceptible à l'œil nu. Néanmoins, ce contraste colorimétrique met en évidence une évolution de la composition pigmentaire du lait, en lien avec le régime alimentaire des vaches.

En période de pâturage, les animaux consomment de l'herbe fraîche naturellement riche en bêta-carotène, pigment qui intensifie légèrement la coloration jaune des fromages (Conboy Stephenson *et al.*, 2021). En revanche, durant l'hiver, l'alimentation repose principalement sur des fourrages conservés dont la teneur en bêta-carotène est plus faible. Cette diminution résulte principalement de l'oxydation et de la dégradation du pigment sous l'effet de la lumière et de l'exposition à l'air lors de la conservation. Le foin, séché à l'air libre, en contient généralement moins que les ensilages ou enrubannages, où la conservation anaérobie limite mieux ces pertes (De La Torre-Santos *et al.*, 2020 ; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2021). Cette moindre disponibilité en bêta-carotène dans la ration hivernale se traduit par une couleur plus pâle des fromages, comme l'illustrent nos résultats. Au-delà de son effet colorant, le bêta-carotène constitue également un précurseur de la vitamine A et possède des propriétés antioxydantes, contribuant à la qualité nutritionnelle du lait et des produits laitiers (Conboy Stephenson *et al.*, 2021).

Cette variation saisonnière, bien que peu perceptible à l'œil nu, demeure significative d'un point de vue physico-chimique et pourrait influencer subtilement la perception sensorielle de la maquée. En effet, la teinte du produit contribue à la perception de fraîcheur et de typicité, et les consommateurs associent souvent une coloration plus soutenue aux productions estivales, perçues comme plus naturelles ou plus riches en saveurs (Conboy Stephenson *et al.*, 2021).

Concernant les résultats colorimétriques de l'hiver, les valeurs de l'indice de jaunissement, comprises entre 16,14 et 21,96, restent relativement homogènes entre échantillons. Cette faible variabilité pourrait s'expliquer par le fait que, bien que certains types de fourrages (ensilage d'herbe, maïs, foin, ...) soient fréquemment utilisés, chaque ferme constitue ses propres associations, qui diffèrent toujours d'une exploitation à l'autre. Par ailleurs, la diversité des pratiques de conservation (type et durée d'ensilage, conditions d'entreposage, proportion de légumineuses, ...) complique l'interprétation des résultats d'hiver (Nozière *et al.*, 2006).

Les légumineuses sont généralement plus riches en bêta-carotène que les graminées (Danielsson *et al.*, 2008 ; Lindqvist *et al.*, 2011). Toutefois, la conservation hivernale (ensilage, séchage, stockage) provoque des pertes importantes de ce pigment, susceptibles d'atténuer les différences initiales entre types de végétaux. Dans un ensilage bien fermenté, ces pertes peuvent cependant être limitées à moins de 20% (Nozière *et al.*, 2006). Ainsi,

les faibles écarts d'indices colorimétriques observés durant l'hiver pourraient résulter d'un appauvrissement global en caroténoïdes.

Concernant la texture, les résultats (tableau 15) indiquent qu'en hiver, les fromages présentent des valeurs de dureté et d'élasticité relativement homogènes, traduisant un produit standardisé, à la consistance régulière entre échantillons. Cette homogénéité résulte des procédés de fabrication similaires entre les fermes, réduisant les différences perceptibles en bouche.

Néanmoins, une exception mérite d'être soulignée. Pour la dureté de la maquée, la ferme 21 se distingue nettement du reste des producteurs. Cette différence peut être attribuée au fait que ses échantillons ont été congelés puis décongelés. Or, il est bien établi que ce type de traitement provoque des modifications entraînant généralement une augmentation de la fermeté perçue.

ii. Résultats physico-chimiques

Le tableau 6 présente les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur la maquée pour les deux campagnes, estivale et hivernale. Les paramètres évalués incluent le pH, l'activité de l'eau (Aw), la teneur en matière sèche (MS), la teneur en cendres par matière sèche (Cendres/MS), la teneur en protéines par matière sèche (Protéines/MS) et la teneur en matière grasse par matière sèche (MG/MS). Une note s'applique à ce tableau : les différences significatives entre les valeurs sont signalées par des lettres différentes dans une même colonne (P<0,05).

Tableau 6. Résultats des analyses physico-chimiques des deux campagnes pour la maquée

N° Ferme	pH Cœur		Aw		MS(%)		Cendres/MS (%)		Protéines/MS (%)		MG/MS (%)	
	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver
Ferme 3	4,61 ± 0,02 ^{bde}	4,53 ± 0,01 ^c	0,992 ± 0,00 ^{bc}	1,001 ± 0,00 ^{ab}	24,40 ± 0,88 ^{bcd}	23,61 ± 0,96 ^b	2,69 ± 0,20 ^d	2,18 ± 0,59 ^{ab}	32,91 ± 0,82 ^{ad}	32,45 ± 2,41 ^a	40,02 ± 1,85 ^b	49,55 ± 3,67 ^{bc}
Ferme 5	4,62 ± 0,02 ^{ba}	4,32 ± 0,01 ^a	0,995 ± 0,00 ^c	1,00 ± 0,00 ^a	20,80 ± 2,05 ^{ef}	26,84 ± 0,52 ^{de}	3,55 ± 0,03 ^b	2,59 ± 0,17 ^{ba}	27,34 ± 1,01 ^{ab}	33,20 ± 0,83 ^a	44,70 ± 0,00 ^{ab}	49,16 ± 1,86 ^{bc}
Ferme 6	4,58 ± 0,03 ^{de}	4,58 ± 0,02 ^b	0,988 ± 0,00 ^{abc}	0,997 ± 0,00 ^a	18,27 ± 0,36 ^a	23,38 ± 0,74 ^b	5,48 ± 0,07 ^f	4,23 ± 0,37 ^f	71,45 ± 4,03 ^a	61,62 ± 8,56 ^c	2,19 ± 0,00 ^d	19,82 ± 1,23 ^a
Ferme 7	4,81 ± 0,05 ^a	4,65 ± 0,00 ^a	0,984 ± 0,00 ^a	1,00 ± 0,00 ^{ab}	34,36 ± 1,86 ^a	33,06 ± 1,81 ^a	1,77 ± 0,56 ^a	1,79 ± 0,02 ^a	27,48 ± 0,99 ^{ab}	31,83 ± 0,92 ^a	44,92 ± 0,84 ^{ab}	57,27 ± 0,87 ^a
Ferme 8	4,49 ± 0,01 ^{def}	4,43 ± 0,01 ^d	0,99 ± 0,00 ^{abc}	1,004 ± 0,00 ^{ab}	25,86 ± 1,57 ^{bc}	25,07 ± 0,25 ^{bd}	2,97 ± 0,11 ^{cd}	2,64 ± 0,04 ^{ae}	26,00 ± 2,06 ^b	29,25 ± 2,25 ^a	40,08 ± 1,12 ^b	42,81 ± 3,22 ^c
Ferme 11	4,41 ± 0,01 ^{ef}	4,65 ± 0,00 ^a	0,996 ± 0,00 ^c	1,001 ± 0,00 ^{ab}	23,66 ± 0,46 ^{bcd}	20,00 ± 0,28 ^f	2,89 ± 0,02 ^{cd}	0,72 ± 0,17 ^d	39,28 ± 1,85 ^{cd}	31,10 ± 1,13 ^a	33,67 ± 2,44 ^a	34,00 ± 2,50 ^b
Ferme 12	4,53 ± 0,01 ^{def}	4,52 ± 0,03 ^c	0,989 ± 0,00 ^{abc}	1,009 ± 0,00 ^b	17,78 ± 0,16 ^a	13,85 ± 0,24 ^a	4,61 ± 0,11 ^a	3,81 ± 0,51 ^{ef}	66,58 ± 1,87 ^a	64,27 ± 0,91 ^c	1,69 ± 0,00 ^d	2,17 ± 0,00 ^d
Ferme 16	4,72 ± 0,01 ^{ab}	4,58 ± 0,01 ^b	0,992 ± 0,00 ^{bc}	0,996 ± 0,00 ^a	24,50 ± 0,78 ^{bc}	23,11 ± 0,50 ^b	3,17 ± 0,16 ^{bcd}	3,36 ± 0,07 ^{bc}	41,14 ± 0,80 ^c	50,04 ± 0,60 ^b	28,43 ± 1,18 ^c	31,58 ± 2,16 ^b
Ferme 17	4,79 ± 0,04 ^a	4,65 ± 0,01 ^a	0,989 ± 0,00 ^{abc}	0,998 ± 0,00 ^a	27,51 ± 1,11 ^c	28,91 ± 0,55 ^f	2,93 ± 0,11 ^{cd}	2,57 ± 0,01 ^{ab}	23,96 ± 1,76 ^b	33,23 ± 2,72 ^a	28,35 ± 1,82 ^c	51,07 ± 6,55 ^{ac}
Ferme 20	4,41 ± 0,01 ^c	4,45 ± 0,03 ^d	0,987 ± 0,00 ^{ab}	1,00 ± 0,01 ^{ab}	21,00 ± 1,36 ^{def}	24,16 ± 1,50 ^{bd}	3,41 ± 0,06 ^{bc}	2,40 ± 0,10 ^{ae}	33,21 ± 4,86 ^{ad}	27,81 ± 2,88 ^a	47,94 ± 1,10 ^f	52,56 ± 2,07 ^a
Ferme 21	4,72 ± 0,11 ^{ab}	4,52 ± 0,02 ^c	0,986 ± 0,00 ^{ab}	1,004 ± 0,00 ^{ab}	33,09 ± 0,51 ^a	36,54 ± 1,33 ^c	3,11 ± 0,03 ^{bcd}	0,93 ± 0,07 ^d	29,77 ± 0,53 ^{ab}	33,2 ± 0,10 ^a	46,23 ± 3,66 ^a	57,92 ± 3,44 ^a

Le pH de la maquée présente une variabilité limitée entre les saisons. En été, il atteint en moyenne 4,53 tandis qu'en hiver il s'élève légèrement à 4,61. Ces valeurs, relativement proches, indiquent une stabilité globale de l'acidité du produit malgré les changements saisonniers. Un tel pH, nettement acide, correspond parfaitement aux caractéristiques attendues de la maquée, dont l'identité sensorielle repose sur cette acidité marquée.

La teneur en matière sèche ne présente pas de différence notable entre l'été (26,13 %) et l'hiver (26,81 %). Contrairement à ce que l'on pourrait penser, elle n'apparaît pas non plus directement corrélée à l'intensité de l'égouttage.

Dans certaines fermes, des particularités technologiques expliquent des écarts marqués. C'est le cas de la ferme 6 et de la ferme 12 (été et hiver), où des teneurs élevées en protéines rapportées à la matière sèche, associées à de faibles teneurs en matières grasses, traduisent l'utilisation de lait écrémé pour la fabrication de la maquée. La ferme 6 se distingue, en plus, par des valeurs particulièrement élevées de cendres rapportées à la matière sèche, en été comme en hiver, en raison de l'ajout volontaire d'une pincée de sel lors de la préparation.

En excluant les deux fermes travaillant au lait écrémé (6 et 12), les moyennes de MG/MS atteignent 39,37 % en été contre 47,32 % en hiver, traduisant une nette augmentation saisonnière. Cette différence s'explique principalement par les changements alimentaires : en été, les vaches consomment l'herbe de pâturage, tandis qu'en hiver, elles consomment de l'ensilage d'herbe, maïs, foin, ... L'étude d'Elgersma *et al.* (2004) montre qu'après le passage d'une ration à base d'herbe fraîche à un régime ensilé, la teneur en matière grasse et le profil des acides gras du lait changent rapidement. Comme la maquée est directement issue du lait, ces variations se reflètent également dans

sa composition. Ce changement d'alimentation modifie la fermentation et la biochimie du rumen, favorisant la synthèse de triglycérides et contribuant ainsi à l'augmentation de la MG/MS en hiver.

Cependant, une teneur trop élevée en matière grasse peut ralentir l'égouttage, nécessitant un temps plus long. À cela peut s'ajouter l'effet du stress thermique estival, dès 25-26°C, qui réduit l'ingestion de matière sèche et accentue la baisse des taux (Bernabucci *et al.*, 1985). En hiver, la ration est généralement plus stable et mieux équilibrée sur le plan énergétique, ce qui, associé à l'absence de stress thermique, favorise le maintien ou l'augmentation des teneurs plus élevées en matière grasse et en protéines. Ainsi, la maquée analysée dans les 11 fermes wallonnes présente en moyenne 31,23 % de protéines/MS en été contre 33,57 % en hiver.

La teneur en matière grasse influence fortement l'appréciation des produits laitiers par les consommateurs, notamment lorsqu'elle représente une proportion élevée comme dans le cas des fromages. Elle contribue à l'expression de saveurs agréables ou non, car de nombreux composés volatils responsables des arômes sont solubles dans la phase lipidique. Un taux de matière grasse plus élevé est généralement associé à une texture plus onctueuse, douce et agréable en bouche, améliorant ainsi la perception globale de qualité du produit final (Alothman *et al.*, 2019).

Concernant les cendres, une tendance s'observe : dans 10 cas sur 11, la teneur en cendres rapportée à la matière sèche est plus élevée en été qu'en hiver. Cette différence s'explique par l'ingestion de terre lors du pâturage. En effet, lorsque les animaux pâturent, ils consomment plus facilement des particules de sol adhérant aux plantes ou prélevées au ras du sol contaminant le lait et, par conséquent, le fromage, ce qui augmente la teneur en cendres. En hiver, les animaux ne pâturent pas et reçoivent essentiellement des fourrages conservés, ce qui se traduit par des teneurs en cendres plus faibles (McConnachie *et al.*, 2024).

iii. Composés organiques volatiles

La composition moléculaire des produits laitiers transformés, tels que la maquée, est directement influencée par celle du lait dont ils sont issus. Or, l'étude de Rojas-Gómez *et al.* (2025), a montré que le métabolome du lait, constituant l'ensemble des métabolites, varie selon la saison, la race et la nature de la ration alimentaire des vaches. En été, le pâturage offre une alimentation plus diversifiée, qui enrichit le lait en une plus grande variété de molécules. En hiver, les rations sont plus homogènes, composées principalement de fourrages conservés et de concentrés, ce qui limite cette diversité moléculaire. Ces différences initiales se répercutent ensuite dans les produits transformés : au total, 109 molécules différentes ont été identifiées dans les maquées produites en été sur l'ensemble des 11 fermes, contre 65 en hiver, bien que toutes ces molécules ne soient pas présentes dans chaque ferme.

Les valeurs présentant un écart-type supérieur à 30% de la moyenne ont été écartées de l'analyse. En effet, une telle variabilité traduit une dispersion trop importante des données, ce qui compromet la fiabilité des résultats. De plus, les moyennes étant inférieures à 1 % ont également été écartées des tableaux caractéristiques et spécifiques. Ces valeurs n'ont donc pas été prises en considération dans l'interprétation des relations potentielles avec les pratiques de fabrication.

Afin d'obtenir une vue d'ensemble, diverses familles de composés chimiques ont été identifiées dans cette catégorie de fromages, la maquée. Parmi celles-ci figurent les alcools (odeur piquante (chaîne courte), arôme fruité et floral (chaîne longue)), les aldéhydes (notes herbacées), les acides (arôme de vinaigre), les cétones (arôme fruité, parfois piquant), les esters (arôme fruité, doux) ainsi que les composés sulfurés (odeur piquante) (Xing *et al.*, 2025).

Les composés organiques volatils (COV) identifiés ont été répartis en deux catégories :

- Tableaux caractéristiques : regroupant les molécules présentes dans les maquées de l'ensemble des fermes

- Tableaux spécifiques : regroupant les molécules détectées uniquement dans certaines fermes et absentes dans d'autres

Les tableaux 7 et 8 présentent les molécules caractéristiques des maquées wallonnes issues de la campagne d'été et d'hiver, respectivement. Les tableaux 9 et 10 répertorient quant à eux les molécules spécifiques identifiées pour ces deux mêmes périodes. L'ensemble de ces tableaux indique les abondances relatives de chaque molécule détectée dans les échantillons provenant des différentes fermes productrices de maquée, ainsi que leurs principales caractéristiques sensorielles (goût et/ou odeur) accompagnées des références bibliographiques correspondantes.

Une même note s'applique à l'ensemble de ces tableaux : les différences significatives entre les valeurs sont signalées par des lettres différentes sur une même ligne ($P < 0,05$).

L'ensemble des tableaux détaillés, comprenant la liste complète des molécules identifiées pour la maquée, est présenté en annexes 6 et 7.

Tableau 7. Molécules caractéristiques des maquées wallonnes lors de la campagne d'été

	Ferme 3	Ferme 5	Ferme 6	Ferme 7	Ferme 8	Ferme 11	Ferme 12	Ferme 16	Ferme 17	Ferme 20	Ferme 21	Caractéristiques	Bibliographie
Acids													
Acetic acid	32,61 ± 5,65 ^{cd}	50,19 ± 8,82 ^a	19,13 ± 6,80 ^{abc}	20,54 ± 0,64 ^{abc}	46,96 ± 7,59 ^{ab}	17,05 ± 15,50 ^{ab}	10,02 ± 1,70 ^{ab}	16,37 ± 2,82 ^{abc}	27,40 ± 5,01 ^{bcd}	5,59 ± 5,79 ^a	10,60 ± 0,40 ^{ab}	Piquant, odeur de vinaigre	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
Butanoic acid	3,83 ± 1,00 ^{bc}	3,29 ± 0,30 ^{bc}	2,17 ± 0,24 ^a	2,80 ± 0,21 ^a	1,98 ± 0,66 ^a	1,20 ± 1,11 ^a	1,69 ± 0,68 ^a	2,63 ± 0,05 ^a	8,81 ± 1,76 ^b	7,94 ± 4,96 ^{bc}	12,61 ± 0,40 ^b	Odeur rance	Curioni et al., 2002 ; Yang et al., 2024
Butanoic acid, 3-methyl-	0,47 ± 0,26 ^{ab}	0,11 ± 0,20 ^a	2,05 ± 0,80 ^{ab}	0,17 ± 0,06 ^a	0,11 ± 0,10 ^a	0,78 ± 0,36 ^{ab}	0,22 ± 0,02 ^a	2,97 ± 2,23 ^{ab}	0,32 ± 0,41 ^{ab}	6,68 ± 6,82 ^b	0,05 ± 0,09 ^a	Odeur de sueur, acide, rance	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
Hexanoic acid	9,90 ± 3,27 ^{bc}	7,91 ± 0,97 ^a	1,79 ± 1,07 ^a	3,32 ± 0,76 ^a	7,08 ± 0,45 ^a	1,54 ± 1,15 ^a	3,62 ± 0,58 ^a	3,38 ± 1,62 ^a	18,57 ± 3,60 ^{bc}	8,71 ± 8,14 ^a	23,34 ± 0,42 ^b	Rance	Yang et al., 2024
Octanoic acid	4,64 ± 1,61 ^{bd}	2,57 ± 0,42 ^{ab}	0,42 ± 0,32 ^a	1,57 ± 0,39 ^{ab}	1,41 ± 0,15 ^{ab}	0,36 ± 0,12 ^a	3,36 ± 0,61 ^{abd}	1,29 ± 0,48 ^a	6,50 ± 2,51 ^d	2,61 ± 2,05 ^{ab}	13,33 ± 0,37 ^c	Odeur de pourri, rance, sueur	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
Nonanoic acid	0,41 ± 0,09 ^a	0,53 ± 0,32 ^a	0,03 ± 0,06 ^a	1,20 ± 1,23 ^a	0,12 ± 0,12 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,37 ± 0,17 ^a	0,12 ± 0,06 ^a	0,97 ± 0,97 ^a	0,19 ± 0,22 ^a	1,02 ± 0,49 ^a	Cireux, lacté	Suffys et al., 2023
n-Decanoic acid	0,87 ± 0,22 ^{ab}	0,36 ± 0,11 ^{ab}	0,24 ± 0,11 ^a	0,41 ± 0,07 ^{ab}	0,37 ± 0,04 ^{ab}	0,19 ± 0,07 ^a	0,45 ± 0,11 ^{ab}	0,33 ± 0,04 ^{ab}	1,30 ± 0,87 ^b	0,77 ± 0,36 ^{ab}	1,08 ± 0,56 ^{ab}	Rance	Yang et al., 2024
Benzoic acid	1,49 ± 0,29 ^a	1,41 ± 0,45 ^a	1,06 ± 0,24 ^a	0,53 ± 0,11 ^a	3,98 ± 0,70 ^a	1,64 ± 0,52 ^a	0,96 ± 0,40 ^a	0,46 ± 0,04 ^a	1,75 ± 1,06 ^a	2,29 ± 1,32 ^{ab}	1,12 ± 0,55 ^a	Piquant, légèrement acide	Otero-Losada et al., 1999
Ketones													
2,3-Butanedione	18,96 ± 6,39 ^{bc}	6,19 ± 1,55 ^b	7,36 ± 1,28 ^b	20,51 ± 2,50 ^a	3,55 ± 0,65 ^b	9,81 ± 1,24 ^{bc}	26,84 ± 0,91 ^a	3,53 ± 1,60 ^b	7,80 ± 3,17 ^b	9,95 ± 6,56 ^{bc}	7,05 ± 1,13 ^b	Beurrée, caramel, sucré	Curioni et al., 2002
Acetoin	22,98 ± 16,91 ^{cd}	11,58 ± 2,14 ^{cde}	44,73 ± 4,49 ^b	43,15 ± 0,78 ^{ab}	2,20 ± 1,18 ^a	47,39 ± 4,89 ^b	12,54 ± 1,38 ^{cde}	15,46 ± 0,55 ^{cde}	10,72 ± 0,88 ^{cde}	5,54 ± 1,45 ^{de}	24,70 ± 0,28 ^{ac}	Lactée, beurre, crème	Curioni et al., 2002 ; Acree et al., 2004
S-Compounds													
Disulfide, dimethyl	0,00 ± 0,01 ^a	0,37 ± 0,21 ^a	0,79 ± 0,36 ^a	0,15 ± 0,04 ^a	0,97 ± 0,42 ^{ab}	0,17 ± 0,10 ^{ab}	0,33 ± 0,12 ^a	0,37 ± 0,35 ^a	2,32 ± 1,40 ^a	0,86 ± 0,42 ^a	0,33 ± 0,11 ^a	Sulfuré, oignon	Domingos et al., 2019
Dimethyl trisulfide	0,01 ± 0,02 ^a	0,24 ± 0,04 ^a	0,10 ± 0,01 ^a	0,06 ± 0,01 ^a	0,11 ± 0,06 ^a	0,06 ± 0,09 ^a	0,14 ± 0,06 ^a	0,15 ± 0,20 ^a	1,33 ± 1,01 ^b	0,11 ± 0,08 ^a	0,17 ± 0,07 ^a	Odeur sulfureuse et de viande	Yang et al., 2024

Tableau 8. Molécules caractéristiques des maquées wallonnes lors de la campagne d'hiver

	Ferme 3	Ferme 5	Ferme 6	Ferme 7	Ferme 8	Ferme 11	Ferme 12	Ferme 16	Ferme 17	Ferme 20	Ferme 21	Caractéristiques	Bibliographie
Aldehydes													
Benzaldehyde	0,05 ± 0,03 ^a	0,16 ± 0,07 ^a	0,48 ± 0,45 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,12 ± 0,07 ^a	0,60 ± 0,36 ^a	13,41 ± 15,37 ^a	4,68 ± 2,66 ^a	0,06 ± 0,02 ^a	0,48 ± 0,33 ^a	0,04 ± 0,05 ^a	Sucre brûlé, boisé, amande	Domingos et al., 2019
Acids													
Acetic acid	20,47 ± 2,13 ^{ac}	52,03 ± 9,01 ^d	4,07 ± 5,61 ^c	28,87 ± 1,19 ^{ab}	44,28 ± 13,71 ^{bd}	27,02 ± 12,35 ^{abc}	10,34 ± 2,84 ^{ac}	4,81 ± 8,34 ^c	10,23 ± 11,92 ^{ac}	9,08 ± 1,01 ^{ac}	14,75 ± 1,38 ^{ac}	Piquant, odeur de vinaigre	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
Butanoic acid	5,32 ± 0,43 ^{ab}	3,83 ± 0,17 ^{ab}	1,26 ± 0,43 ^b	4,30 ± 0,18 ^{ab}	1,16 ± 0,30 ^b	4,01 ± 0,91 ^{ab}	4,47 ± 1,60 ^{ab}	4,02 ± 5,83 ^{ab}	1,96 ± 1,35 ^b	8,72 ± 1,69 ^{bc}	12,51 ± 1,21 ^c	Odeur rance	Curioni et al., 2002 ; Yang et al., 2024
Hexanoic acid	14,21 ± 1,45 ^{cd}	9,76 ± 0,71 ^{abcd}	1,72 ± 2,97 ^a	7,79 ± 0,03 ^{abc}	2,05 ± 1,14 ^a	8,11 ± 2,42 ^{abc}	13,04 ± 7,20 ^{bcd}	3,51 ± 5,72 ^{ab}	3,57 ± 2,03 ^{ab}	17,11 ± 3,11 ^{cd}	18,13 ± 1,58 ^d	Rance	Yang et al., 2024
Octanoic acid	8,64 ± 0,71 ^{abc}	3,58 ± 1,53 ^a	0,16 ± 0,28 ^a	4,15 ± 0,16 ^a	0,60 ± 0,52 ^a	4,59 ± 1,05 ^{ab}	17,35 ± 9,44 ^c	1,05 ± 1,17 ^a	2,28 ± 0,71 ^a	7,38 ± 1,11 ^{ab}	13,08 ± 2,39 ^{bc}	Odeur de pourri, rance, sueur	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
Benzoic acid	2,99 ± 0,36 ^{ab}	2,58 ± 2,40 ^{ab}	0,19 ± 0,33 ^b	4,06 ± 1,50 ^{ab}	1,28 ± 1,74 ^b	0,39 ± 0,67 ^b	2,02 ± 1,39 ^b	6,60 ± 3,22 ^a	0,11 ± 0,19 ^a	2,59 ± 0,17 ^{ab}	0,64 ± 0,56 ^b	Piquant, légèrement acide	Otero-Losada et al., 1999
Ketones													
2,3-Butanedione	16,59 ± 2,55 ^c	5,77 ± 1,95 ^{ab}	3,06 ± 3,92 ^{ab}	7,75 ± 0,96 ^{abc}	7,94 ± 5,15 ^{abc}	13,61 ± 2,86 ^{ac}	2,13 ± 1,03 ^b	5,04 ± 2,44 ^{ab}	7,69 ± 7,58 ^{abc}	35,02 ± 4,66 ^d	4,89 ± 1,53 ^{ab}	Beurrée, caramel, sucré	Curioni et al., 2002
Acetoin	29,00 ± 0,83 ^{ab}	9,25 ± 3,90 ^b	15,69 ± 18,24 ^{ab}	40,89 ± 2,56 ^a	18,55 ± 7,94 ^{ab}	36,36 ± 5,87 ^a	8,46 ± 4,36 ^b	20,68 ± 8,94 ^{ab}	29,10 ± 16,52 ^{ab}	8,56 ± 3,81 ^b	18,15 ± 1,30 ^{ab}	Lactée, beurre, crème	Curioni et al., 2002 ; Acree et al., 2004
S-Compounds													
Disulfide, dimethyl	0,15 ± 0,07 ^{ab}	2,18 ± 0,24 ^c	0,10 ± 0,09 ^a	0,04 ± 0,07 ^a	0,09 ± 0,02 ^a	0,97 ± 0,30 ^{ab}	2,13 ± 0,95 ^c	0,66 ± 0,22 ^{ab}	0,27 ± 0,37 ^{ab}	1,11 ± 0,16 ^b	0,13 ± 0,05 ^{ab}	Sulfuré, oignon	Domingos et al., 2019
Dimethyl trisulfide	0,08 ± 0,04 ^a	0,78 ± 0,10 ^{ab}	0,05 ± 0,09 ^a	0,09 ± 0,03 ^a	0,09 ± 0,01 ^a	0,59 ± 0,15 ^{ab}	2,05 ± 2,14 ^a	0,18 ± 0,16 ^{ab}	0,28 ± 0,42 ^{ab}	0,58 ± 0,39 ^{ab}	0,04 ± 0,03 ^a	Odeur sulfureuse et de viande	Yang et al., 2024

Tableau 9. Molécules spécifiques des maquées wallonnes lors de la campagne d'été

	Ferme 3	Ferme 5	Ferme 6	Ferme 7	Ferme 8	Ferme 11	Ferme 12	Ferme 16	Ferme 17	Ferme 20	Ferme 21	Caractéristiques	Bibliographie
Alcohols													
1-Pentanol	0,27 ± 0,03 ^a	3,36 ± 0,40 ^b	0,61 ± 0,40 ^a	0,66 ± 0,20 ^a	3,19 ± 0,36 ^b	1,46 ± 0,11 ^{ac}	0,00 ± 0,00 ^a	0,24 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	2,58 ± 1,54 ^{bc}	0,05 ± 0,09 ^a	Fruité	Curioni et al., 2002
1-Butanol, 3-methyl-	0,09 ± 0,06 ^a	4,97 ± 6,72 ^{ac}	3,31 ± 1,31 ^{ac}	0,30 ± 0,25 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,89 ± 0,67 ^{ac}	22,95 ± 1,33 ^b	28,11 ± 2,07 ^b	4,11 ± 2,02 ^{ac}	14,91 ± 14,75 ^{bc}	0,00 ± 0,00 ^a	Fusel, fermenté, piquant	Suffys et al., 2023
1-Hexanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,02 ± 0,25 ^a	0,44 ± 0,40 ^{abc}	2,66 ± 0,22 ^a	0,78 ± 0,16 ^{bc}	0,30 ± 0,52 ^{abc}	0,01 ± 0,02 ^{ab}	0,19 ± 0,20 ^{ab}	0,49 ± 0,42 ^{abc}	0,00 ± 0,00 ^a	Vert, herbacé	Poveda et al., 2008 ; Domingos et al., 2019 ; Guarraasi et al., 2017
1-Hexanol, 2-ethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,16 ± 0,18 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Vert, herbacé	Poveda et al., 2008
4-Heptanol, 2,6-dimethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,50 ± 0,22 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Fermenté, levé	Sádecká et al., 2013
Phenylethyl Alcohol	0,01 ± 0,02 ^a	0,04 ± 0,08 ^a	0,80 ± 0,44 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,15 ^a	1,58 ± 1,50 ^{ab}	0,59 ± 0,06 ^a	3,37 ± 0,68 ^b	1,19 ± 1,68 ^{ab}	1,02 ± 1,11 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	Odeur florale	Wang et al., 2025
Aldehydes													
Butanal, 3-methyl-	0,10 ± 0,17 ^a	0,70 ± 0,54 ^a	2,19 ± 3,23 ^a	0,08 ± 0,10 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	5,69 ± 5,83 ^a	3,20 ± 1,51 ^a	13,14 ± 4,67 ^b	0,45 ± 0,71 ^a	1,38 ± 0,92 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Vert, malté, herbacé	Curioni et al., 2002
Hexanal	0,38 ± 0,18 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	2,28 ± 1,84 ^a	0,24 ± 0,22 ^a	10,18 ± 2,45 ^b	0,77 ± 0,27 ^a	0,31 ± 0,27 ^a	0,13 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,15 ± 0,27 ^a	0,14 ± 0,05 ^a	Grasse, herbacé, légèrement fruité	Yang et al., 2024 ; Curioni et al., 2002
Heptanal	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	7,56 ± 3,05 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Odeur de viande, d'herbe et de frais	Yang et al., 2024
2-Nonenal, (E)-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,40 ± 0,40 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Cartonné, vert	Curioni et al., 2002
Ketones													
2-Heptanone	0,55 ± 0,13 ^a	0,22 ± 0,39 ^a	1,30 ± 0,37 ^a	1,06 ± 0,54 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,34 ± 0,40 ^a	0,13 ± 0,04 ^a	0,22 ± 0,11 ^a	0,96 ± 0,44 ^a	6,18 ± 1,80 ^b	0,74 ± 0,42 ^a	Fruité, herbacé, floral	Yang et al., 2024 ; Curioni et al., 2002
Esters													
1-Butanol, 3-methyl-, acetate	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,18 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,06 ^a	2,98 ± 0,15 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	5,66 ± 8,78 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Odeur de banane	Lee et al., 2003
Hexanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,71 ± 0,24 ^a	0,06 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Vinicole, fruité, pomme	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
Octanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,60 ± 0,09 ^a	0,02 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Floral, fruité	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008

Tableau 10. Molécules spécifiques des maquées wallonnes lors de la campagne d'hiver

	Ferme 3	Ferme 5	Ferme 6	Ferme 7	Ferme 8	Ferme 11	Ferme 12	Ferme 16	Ferme 17	Ferme 20	Ferme 21	Caractéristiques	Bibliographie
Alcohols													
1-Butanol, 3-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	37,23 ± 17,98 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	2,65 ± 3,76 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,24 ^a	4,11 ± 0,29 ^a	22,86 ± 28,12 ^{ab}	1,10 ± 1,91 ^a	0,36 ± 0,63 ^a	Fusel, fermenté, piquant	Suffys et al., 2023
Phenylethyl Alcohol	0,00 ± 0,00 ^a	1,52 ± 1,57 ^{ab}	13,12 ± 8,19 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	2,52 ± 0,63 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	10,37 ± 9,49 ^{ab}	6,28 ± 6,80 ^{ab}	0,31 ± 0,54 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Odeur florale	Wang et al., 2025
Acids													
Propanoic acid	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,04 ± 0,08 ^a	0,41 ± 0,14 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,09 ^a	2,44 ± 0,64 ^a	0,03 ± 0,03 ^a	Sucré et noisette	Castada et al., 2015
Propanoic acid, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	4,07 ± 1,14 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,32 ± 0,55 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,82 ± 0,81 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Beurre périmé	Domingos et al., 2019
Butanoic acid, 3-methyl-	0,04 ± 0,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	2,35 ± 4,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,82 ± 0,86 ^a	1,72 ± 0,25 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	4,99 ± 3,06 ^{ab}	4,23 ± 3,69 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,15 ± 0,17 ^a	Odeur de sueur, acide, rance	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
Ketones													
2-Pentanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	3,54 ± 0,88 ^b	Sucré, fruité, écorce d'orange, floral	Yang et al., 2024 ; Curioni et al., 2002
2-Heptanone	0,20 ± 0,14 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,25 ± 0,44 ^a	0,16 ± 0,15 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,31 ± 0,10 ^a	1,54 ± 0,56 ^a	0,55 ± 0,49 ^a	0,26 ± 0,23 ^a	2,96 ± 0,87 ^{ab}	8,20 ± 6,59 ^b	Fruité, herbacé, floral	Yang et al., 2024 ; Curioni et al., 2002
2-Nonanone	0,25 ± 0,02 ^a	2,53 ± 2,62 ^a	0,82 ± 0,27 ^a	0,24 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,08 ^a	1,41 ± 0,36 ^a	0,76 ± 0,80 ^a	1,12 ± 0,39 ^a	0,96 ± 0,46 ^{ab}	1,26 ± 0,84 ^a	Sucré, fruité, floral	Yang et al., 2024 ; Curioni et al., 2002
2-Undecanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,49 ± 0,84 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,15 ± 0,34 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,16 ± 0,14 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Odeur de cuisson, moisi, floral fruité	Poveda et al., 2008 ; Curioni et al., 2002

Dans les maquées wallonnes, les composés volatils sont dominés par le diacétyle (2,3-butanedione) et l'acétoïne, responsables de notes de beurre caractéristiques. On retrouve également de l'acide acétique, produit par les bactéries lactiques, qui apporte des notes légèrement piquantes, ainsi que d'autres acides gras volatils, tels que l'acide butanoïque, hexanoïque et octanoïque, associés à des nuances rances. Des notes fruitées, herbacées et florales, provenant d'alcools volatils, sont observées mais seulement dans certaines fermes, probablement liées à des variations de la flore microbienne ou du lait. Par ailleurs, certaines cétones et esters fruités sont détectés, en particulier à la ferme 12, aussi bien en été qu'en hiver.

Certaines productions de maquées se distinguent par de légères nuances fruitées, florales ou herbacées. Ces caractéristiques sont principalement liées à la présence de composés volatils tels que les alcools, cétones et esters, issus de transformations biochimiques naturelles au sein de la matrice laitière. Leur abondance relative et leur équilibre influencent directement le profil sensoriel et la typicité du produit. La faible concentration de ces composés n'a toutefois pas permis de mettre en évidence une typicité aromatique marquée ni de particularités sensorielles clairement distinctives pour les maquées wallonnes analysées.

Acide acétique

Les fermes 12, 20 et 21 présentent les abondances relatives les plus faibles en acide acétique. Cette tendance peut s'expliquer par les types de ferments utilisés dans la production de la maquée. La ferme 20 utilise le ferment Palarom 222, composé majoritairement de bactéries homofermentaires, tandis que la ferme 21 ajoute le MA 4000, un ferment mésophile orienté vers l'acidification lactique. Ces caractéristiques conduisent à une fermentation essentiellement lactique, limitant ainsi la formation d'acide acétique. La ferme 12, en revanche, n'ajoute aucun ferment ; en l'absence de contrôle fermentaire, la production d'acide acétique peut varier librement.

En effet, les ferments homofermentaires transforment quasi exclusivement le lactose en acide lactique, tandis que les ferments hétérofermentaires génèrent plusieurs composés à partir du lactose, dont acide lactique mais aussi l'acide acétique, l'éthanol et le CO₂. La présence d'acide acétique confère alors aux produits des notes piquantes et une odeur vinaigrée (Akpogheli *et al.*, 2025).

Ainsi, pour limiter la production d'acide acétique, responsables des notes piquantes et de l'odeur de vinaigre, il serait pertinent de privilégier des ferments majoritairement homofermentaires.

Acides butanoïque, hexanoïque, octanoïque et nonanoïque

Les acides gras libres, notamment les acides butanoïque, hexanoïque, octanoïque et nonanoïque, se forment au cours de la lipolyse des triglycérides, catalysée par des lipases qui libèrent les acides gras à partir des matières grasses du lait. Cette lipolyse dépend à la fois de la composition du lait et de l'activité des micro-organismes. Dans les fromages non affinés, elle reste limitée, les bactéries lactiques étant généralement faiblement lipolytiques comparées à des espèces telles que *Penicillium* (McSweeney & Sousa, 2000). Ces acides confèrent à la maquée des odeurs rances ou pourries (Curioni *et al.*, 2002 ; Yang *et al.*, 2024).

La concentration d'acides gras libres peut varier en fonction de la composition du lait et les conditions de fabrication, ce qui entraîne des différences dans la proportion des acides gras. Néanmoins, les acides butanoïque, hexanoïque, octanoïque et nonanoïque sont présents dans toutes les maquées, été comme hiver.

Dans les produits laitiers frais comme la maquée, la production microbienne d'acide butanoïque par des bactéries butyriques telles que *Clostridium* est peu probable, ces bactéries nécessitent un affinage prolongé pour se développer (Cecere *et al.*, 2021).

Diacétyl et acétoïne

L'acétoïne et le diacétyl (2,3-butanedione) sont deux composés volatils d'origine microbienne couramment rencontrés dans les fromages. Bien que présents en quantité variable selon le type de fromage, le diacétyl se retrouve généralement en faibles concentrations, tandis que l'acétoïne est souvent présente à des niveaux 10 à 50 fois supérieurs (McSweeney et Sousa, 2000). Néanmoins, le diacétyl est perçu comme plus important pour la saveur beurrée, en raison de son seuil olfactif très bas (Le Bars et Yvon, 2008).

Ces composés sont produits par certaines bactéries lactiques à partir du citrate ou du pyruvate. Le diacétyl se forme principalement par oxydation de l'acétolactate, tandis que l'acétoïne résulte de la réduction de ce même intermédiaire. Cette voie a été documentée chez *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, *Leuconostoc* spp. et *Lactobacillus rhamnosus* (Lo *et al.*, 2008 ; Díaz-Muñiz *et al.*, 2006 ; Hugenholtz *et al.*, 1993 ; Jyoti *et al.*, 2003).

3-methylbutanal & 3-methylbutanol

La leucine, acide aminé présent naturellement dans le lait, joue un rôle central dans la formation des arômes des fromages : elle est d'abord transaminée en acide α -isocaproïque par les *Lactococcus* spp., puis certaines souches spécifiques de *Lactococcus lactis*, souvent d'origine non industrielle, sont capables de décarboxyler cet acide en 3-methylbutanal (Smit et al., 2005). Ce composé contribue fortement à des notes vertes et herbacées (Curioni et al., 2002). Il peut ensuite être réduit en 3-méthylbutanol par l'alcool déshydrogénase, une enzyme très active chez les levures mais généralement peu active chez les bactéries lactiques (Smit et al., 2009). Ainsi, l'équilibre aromatique dépend étroitement des capacités enzymatiques des souches utilisées et de la gestion de la microflore. De plus, certaines souches de *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* peuvent produire des niveaux élevés de 3-methylbutanal à partir de la leucine, renforçant l'importance du choix des souches et de la composition du lait dans la construction du profil aromatique final (Yvon, 1997 ; Smit et al., 2004).

Les plus fortes abondances relatives du 1-butanol, 3-méthyl ont été observées à la ferme 12 en été (22,95%) et à la ferme 16 (été 28,11% ; hiver 4,11%). La ferme 12 n'a utilisé aucun ferment ni en été ni en hiver, ce qui suggère que l'abondance élevée en été résulte de l'absence de contrôle microbien, tandis que la baisse en hiver reste difficile à expliquer. Sans ferment, il n'y a pas de contrôle de la production. À la ferme 16, aucun ferment n'a été ajouté en été, alors que le ferment MA 4001 a été utilisé en hiver, coïncidant avec une forte réduction du 1-butanol, 3-méthyl et indiquant que l'introduction de ce ferment peut moduler la production de ce composé. Les fermes 7 et 17 utilisent également MA 4001, mais ne présentent pas systématiquement de fortes abondances relatives. Seule la ferme 17 en hiver montre une moyenne élevée ($22,86 \pm 28,12\%$), mais la grande variabilité des mesures suggère que cette observation est peu robuste et reflète probablement des différences locales de microflore, de composition du lait ou de conditions de fabrication. Ces résultats pourraient indiquer que, en plus du ferment, d'autres facteurs – composition du lait, microflore indigène et conditions de fabrication – influencent également la production de ce composé.

Dimethyl disulfure & dimethyl trisulfure

Les composés soufrés détectés dans les échantillons de maquée, principalement le dimethyl disulfure et le dimethyl trisulfure, proviennent de la dégradation de la méthionine en méthanethiol par la flore du lait, essentiellement des bactéries lactiques et éventuellement de la flore adventice. Ces deux composés se forment ensuite par oxydation chimique du méthanethiol et leur importance relative est modulée par les conditions physico-chimiques du milieu (Chin et Lindsay, 1994 & Landaud *et al.*, 2008). Aucune variation saisonnière marquée de ces composés n'a été observée.

La composition aromatique des maquées résulte de l'interaction entre les micro-organismes présents initialement ou ajoutés et les conditions de production.

- L'acide acétique, responsable des notes piquantes et de l'odeur de vinaigre, peut être limité par l'utilisation de ferments homofermentaires.
- Pour obtenir un goût beurré, il est recommandé de privilégier des ferments contenant *Lactococcus lactis* biovar *diacetylactis*, *Leuconostoc* spp. et *Lactobacillus rhamnosus*.
- Afin de limiter les arômes rances et de pourris générés par les acides gras libres, l'usage de bactéries lactiques à faible activité lipolytique est conseillé.
- Pour préserver un goût vert et herbacé dans la maquée, on privilégiera également les bactéries lactiques, tandis que l'introduction de levures favorise la conversion de 3-methylbutanal en 3-méthylbutanol, conférant des notes fermentées et piquantes.
- En l'absence de ferments, il n'y a pas de contrôle sur la production et la composition aromatique du fromage.

Les maquées présentent une identité sensorielle globalement homogène entre les fermes. Cela s'explique par des profils aromatiques et texturaux similaires, dominé par des caractéristiques olfactives et gustatives comparables. Les principales notes perçues sont piquantes, beurrées, lactées et rances. Des notes secondaires fruitées, florales ou herbacées peuvent être observées selon les fermes, mais elles restent généralement peu marquées. Cette constance reflète des procédés de fabrication relativement standardisés entre les fermes, limitant les différences perceptibles en bouche. Ainsi, l'ensemble de ces éléments permet de conclure à l'existence d'une identité sensorielle commune à la maquée.

ii. Pâte molle à croûte fleurie

La pâte molle à croûte fleurie au lait cru entier est un fromage à pâte molle, affiné, dont la surface est recouverte d'une flore blanche caractéristique, formant une croûte fine, duveteuse et comestible.

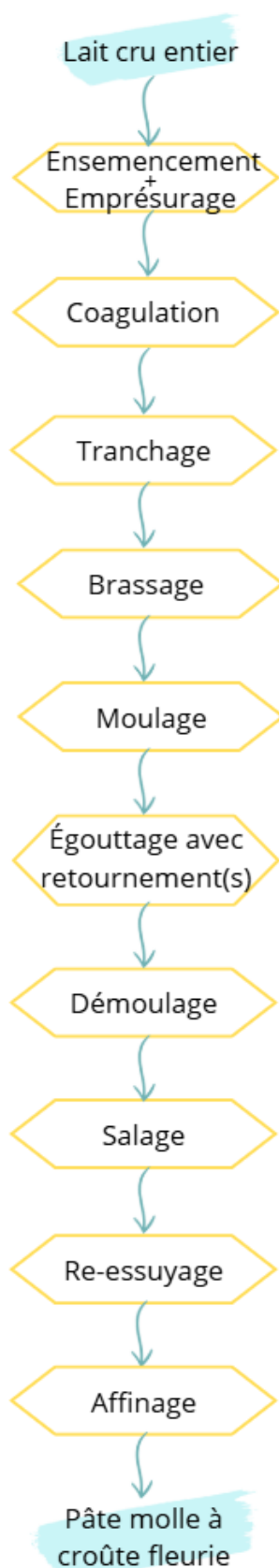
Les fromages à pâte molle à croûte fleurie considérés dans cette étude regroupent les fromages de type camembert, de type brie et ceux ayant une ressemblance au chaource. Leur fabrication repose sur un ensemble d'étapes techniques qui, si elles suivent une trame commune, peuvent varier sensiblement d'un producteur à l'autre. En effet, certaines opérations sont systématiques, tandis que d'autres sont propres à une exploitation particulière, reflétant un savoir-faire, une tradition ou encore une adaptation aux contraintes locales.

Il est donc important de souligner qu'il n'existe pas un procédé unique et universel de fabrication. Derrière un camembert, un brie ou un chaource, chaque producteur imprime sa marque, qu'il s'agisse du choix de la race de vache, des ferments ou encore des conditions d'affinage. Cette diversité contribue à la richesse et à la typicité des fromages.

Le procédé de fabrication présenté ci-après (Figure 5) est issu exclusivement des pratiques des producteurs wallons suivis dans le cadre de ce projet. Néanmoins, des repères techniques existent pour structurer et comprendre ces pratiques. À ce titre, l'ouvrage de Sébastien Roussel, *Les pâtes molles pas à pas*, constitue une référence précieuse : l'auteur y décrit de manière détaillée et pédagogique les différentes étapes permettant d'aboutir à plusieurs types de produits, qu'il s'agisse du camembert traditionnel ou moderne, du brie traditionnel ou moderne.



Procédé de fabrication



Du lait écrémé peut parfois être utilisé, voire ajouté au lait cru entier, selon les pratiques des producteurs wallons.

Lors de l'ensemencement, différents ferments peuvent être employés. Les ferments d'affinage : *Geotrichum candidum* (Danisco) (7/11) et *Penicillium neige* (Danisco) (6/11). Les autres ferments sont PAL 222 (Standa) (2/11), Flora danica (Chr. Hansen) (2/11), PAL KL DH (Standa) (2/11), PAL LC 705 (Chr. Hansen) (1/11), IOTA CA/3 DL1 (Coquard) (1/11), MA 4000 (Danisco) (1/11), MA 4001 (Danisco) (1/11), MA 4002 (Danisco) (1/11), SAM 3 (Danisco) (1/11), PAL 175 (Standa) (1/11), PAL B24 (Standa) (1/11), PAL 122 (Standa) (1/11), PAL STV (Standa) (1/11), Pecissain (Chr. Hansen) (1/11), et du yaourt (1/11). Les quantités respectent les recommandations de chaque fabricant.

L'ensemencement et la coagulation peuvent être réalisés simultanément, ou certains producteurs préfèrent attendre avant d'ajouter la présure. Ainsi, le temps de maturation peut être nul, ou s'étendre de 20 minutes à 3 heures.

Concernant la présure, celle-ci peut provenir de différentes sources : BERTHELOT 530, Bon Fermier (BERTHELOT) ou Munster (ABIA). Les dosages varient considérablement, allant de 1,5mL à 30mL pour 100L de lait cru entier. Le temps nécessaire à la coagulation est également variable, généralement compris entre 30 minutes et 36 heures.

Le tranchage n'est pas systématiquement réalisé par les producteurs mais lorsqu'il est, il varie de 1cm³ à 3cm³.

Très rarement effectué par les producteurs, l'étape de brassage peut, lorsqu'elle a lieu, durer de 10 à 20 minutes.

Lors de l'étape de moulage, le type de moule utilisé varie selon le fromage à pâte molle à croûte fleurie produit, permettant de donner au fromage sa forme caractéristique et d'assurer un égouttage adapté.

Le nombre de retournements varie selon les producteurs : certains n'en réalisent aucun, d'autres effectuent 3 retournements en 8 heures, 3 en 2 heures, ou encore 4 en une semaine, ...

Le salage, lorsqu'il est pratiqué, peut se faire de 2 manières : par saumurage en moyenne de 5-6h/kg, ou par salage manuel, effectué une ou plusieurs fois.

Un re-essuyage s'effectue 80% du temps chez les producteurs wallons.

L'affinage dure généralement de 10 et 15 jours mais peut aller jusqu'à 1 mois. Pendant cette période, les fromages sont habituellement retournés.

Figure 5. Diagramme de fabrication de la pâte molle à croûte fleurie

i. Couleur & Texture

Le tableau 11 présente les résultats relatifs à l'indice de jaunissement ainsi qu'aux paramètres de texture (rupture, dureté et élasticité) pour les 11 fermes produisant de la pâte molle à croûte fleurie. Les mesures de texture n'ont pas pu être prises en compte pour la période estivale, en raison d'un changement de sonde entre les 2 campagnes. Une note s'applique à ce tableau : les différences significatives entre les valeurs sont signalées par des lettres différentes dans une même colonne ($P < 0,05$). L'abréviation NE correspond à « Non Effectué » et l'abréviation NA correspond à « Non Applicable ».

Tableau 11. Résultats des analyses mécaniques des deux campagnes pour la pâte molle à croûte fleurie

N° Ferme	Indice de jaunissement				Texturomètre									
	Cœur		Croûte		Rupture (N)		Dureté (N)				Elasticité (%)			
							Cœur		Croûte		Cœur		Croûte	
	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver
Ferme 4	28,43 ± 0,23 ^{abd}	36,29 ± 0,90 ^b	10,59 ± 3,72 ^a	11,27 ± 3,70 ^{ab}	4,91 ± 1,00 ^b	4,70 ± 1,37 ^b	NE	2,68 ± 1,14 ^{bc}	NE	3,67 ± 1,21 ^b	NE	92,68 ± 3,43 ^a	NE	64,38 ± 71,84 ^a
Ferme 6	38,69 ± 3,53 ^{abc}	20,56 ± 1,13 ^c	NE	37,08 ± 1,49 ^d	NE	NE	NE	3,06 ± 0,76 ^{bc}	NE	3,78 ± 0,44 ^a	NE	88,01 ± 21,95 ^a	NE	121,08 ± 22,27 ^a
Ferme 8	23,01 ± 1,90 ^d	18,54 ± 1,12 ^{cd}	28,86 ± 7,09 ^f	9,38 ± 2,42 ^a	4,42 ± 0,22 ^b	12,56 ± 1,05 ^a	NE	9,05 ± 0,85 ^a	NE	12,16 ± 1,19 ^a	NE	115,99 ± 35,98 ^{ab}	NE	93,36 ± 3,96 ^b
Ferme 9	19,07 ± 8,15 ^d	17,08 ± 1,03 ^d	NE	17,90 ± 6,63 ^{bc}	4,60 ± 0,28 ^b	4,38 ± 0,77 ^b	NE	2,95 ± 0,86 ^{bc}	NE	5,37 ± 3,03 ^b	NE	96,30 ± 25,31 ^a	NE	114,67 ± 36,63 ^a
Ferme 12	27,49 ± 0,58 ^{bd}	24,85 ± 1,47 ^a	NE	24,50 ± 0,55 ^c	NE	NE	NE	1,54 ± 0,26 ^{bc}	NE	NE	NE	78,55 ± 6,52 ^a	NE	NE
Ferme 13	40,25 ± 0,47 ^c	29,34 ± 1,24 ^a	13,44 ± 5,19 ^{ab}	10,43 ± 1,11 ^{ab}	NE	3,67 ± 1,25 ^b	NE	2,63 ± 0,37 ^{bc}	NE	3,25 ± 0,54 ^a	NE	63,52 ± 13,87 ^a	NE	64,22 ± 9,76 ^a
Ferme 15	37,64 ± 0,06 ^{abc}	18,36 ± 1,39 ^{cd}	22,37 ± 1,02 ^{bcd}	21,95 ± 0,85 ^c	11,11 ± 0,35 ^d	2,77 ± 0,89 ^b	NE	3,42 ± 0,17 ^{bc}	NE	2,80 ± 0,77 ^b	NE	76,73 ± 13,85 ^a	NE	94,41 ± 14,05 ^a
Ferme 17	19,04 ± 1,52 ^d	19,80 ± 1,21 ^{cd}	25,56 ± 1,73 ^{cd}	34,38 ± 3,43 ^d	2,00 ± 0,24 ^c	NA	NE	1,09 ± 0,02 ^b	NE	3,32 ± 0,39 ^b	NE	79,61 ± 3,41 ^a	NE	66,43 ± 4,70 ^d
Ferme 18	36,64 ± 2,56 ^{abc}	30,05 ± 0,39 ^a	8,71 ± 0,49 ^a	8,44 ± 0,33 ^a	7,34 ± 0,96 ^a	11,3 ± 0,66 ^a	NE	7,20 ± 1,72 ^a	NE	9,17 ± 0,58 ^a	NE	149,96 ± 6,12 ^{ab}	NE	118,6 ± 6,83 ^a
Ferme 19	57,07 ± 1,33 ^a	21,50 ± 0,59 ^c	12,43 ± 2,52 ^{ab}	8,89 ± 0,83 ^a	NA	NA	NE	3,14 ± 1,23 ^{bc}	NE	4,72 ± 0,80 ^b	NE	199,26 ± 65,23 ^b	NE	87,51 ± 12,12 ^a
Ferme 21	39,61 ± 8,44 ^{ac}	21,07 ± 0,90 ^c	15,95 ± 2,19 ^{bd}	8,94 ± 1,06 ^a	NA	6,19 ± 2,17 ^b	NE	3,96 ± 1,48 ^c	NE	4,42 ± 0,96 ^b	NE	94,99 ± 78,95 ^a	NE	43,67 ± 38,02 ^d

On observe de manière récurrente un jaunissement plus marqué en été qu'en hiver. Néanmoins, ce contraste colorimétrique met en évidence une évolution de la composition pigmentaire du lait, en lien avec le régime alimentaire des vaches. En période de pâturage, les animaux consomment de l'herbe fraîche naturellement riche en β -carotène, pigment qui intensifie légèrement la coloration jaune des fromages (Conboy Stephenson *et al.*, 2021). En revanche, durant l'hiver, l'alimentation repose principalement sur des fourrages conservés dont la teneur en β -carotène est plus faible. Cette diminution résulte principalement de l'oxydation et de la dégradation du pigment sous l'effet de la lumière et de l'exposition à l'air lors de la conservation. Le foin, séché à l'air libre, en contient généralement moins que les ensilages ou enrubbannages, où la conservation anaérobie limite mieux ces pertes (De La Torre-Santos *et al.*, 2020 ; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2021). Cette moindre disponibilité en β -carotène dans la ration hivernale se traduit par une couleur plus pâle des fromages, comme l'illustrent nos résultats. Au-delà de son effet colorant, le β -carotène constitue également un précurseur de la vitamine A et possède des propriétés antioxydantes, contribuant à la qualité nutritionnelle du lait et des produits laitiers (Conboy Stephenson *et al.*, 2021).

Cette variation saisonnière pourrait influencer subtilement la perception sensorielle de la pâte molle à croûte fleurie. En effet, la teinte du produit contribue à la perception de fraîcheur et de typicité, et les consommateurs associent souvent une coloration plus soutenue aux productions estivales, perçues comme plus naturelles ou plus riches en saveurs (Conboy Stephenson *et al.*, 2021).

Parmi les échantillons analysés, la ferme 19 présente la valeur la plus élevée de l'indice de jaunissement mesuré dans le cœur des fromages produits en période estivale. La ferme 19 élève exclusivement des vaches de race Jersey. Ce résultat est cohérent avec les caractéristiques de la race Jersey, connue pour produire un lait naturellement plus riche en matière grasse que celui d'autres races laitières (Chitchyan et Grigoryan, 2016). La teneur en β -carotène, principal pigment liposoluble à l'origine de la coloration jaune du lait, est en effet directement liée à la fraction lipidique. Ainsi, une teneur plus élevée en matière grasse favorise le transport et le stockage de ce pigment, ce qui intensifie la couleur jaune du lait et, par conséquent, des fromages. Cette spécificité explique pourquoi les fromages issus de la ferme 19 présentent, en été, une coloration interne particulièrement marquée.

L'analyse du paramètre textural de rupture des fromages à pâtes molles à croûte fleurie met en évidence des différences entre le cœur et la croûte, ce qui confirme l'hétérogénéité attendue pour ce type de produit. La croûte

présente généralement une texture plus ferme que le cœur. De plus, l'élasticité varie fortement d'une ferme à l'autre, ce qui peut être attribué aux spécificités du procédé de fabrication. En l'absence de données estivales, aucune conclusion ne peut être tirée concernant une éventuelle différence entre les saisons. Ainsi, la diversité des pratiques fromagères apparaît comme le principal facteur expliquant les variations texturales observées entre fermes.

ii. Physico-chimie

Le tableau 12 présente les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur la pâte molle à croûte fleurie pour les deux campagnes, estivale et hivernale. Les paramètres évalués incluent le pH, l'activité de l'eau (Aw), la teneur en matière sèche (MS), la teneur en cendres par matière sèche (Cendres/MS), la teneur en protéines par matière sèche (Protéines/MS) et la teneur en matière grasse par matière sèche (MG/MS). Une note s'applique à ce tableau : les différences significatives entre les valeurs sont signalées par des lettres différentes dans une même colonne (P<0,05). L'abréviation NE correspond à « Non Effectué » et l'abréviation NA à « Non applicable ».

Tableau 12. Résultats des analyses physico-chimiques des deux campagnes pour la pâte molle à croûte fleurie

N° Ferme	pH				Aw		MS(%)		Cendres/MS (%)		Protéines/MS (%)		MG/MS (%)	
	Cœur		Croûte											
	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver
Ferme 4	4,91 ± 0,06 ^{bc}	6,30 ± 0,55 ^c	NE	7,37 ± 0,16 ^b	0,974 ± 0,00 ^{bc}	0,985 ± 0,00 ^{bcd}	46,33 ± 0,61 ^c	48,64 ± 1,60 ^{bcd}	4,84 ± 0,21 ^{cd}	5,99 ± 0,30 ^b	38,45 ± 2,07 ^a	35,38 ± 1,58 ^{ab}	48,56 ± 1,53 ^{ab}	64,07 ± 3,14 ^{bc}
Ferme 6	4,65 ± 0,02 ^b	4,54 ± 0,01 ^{de}	NE	4,64 ± 0,03 ^{cd}	0,972 ± 0,00 ^{ab}	0,98 ± 0,00 ^{bd}	40,92 ± 0,40 ^{cf}	45,10 ± 3,29 ^{bd}	7,36 ± 0,16 ^f	6,25 ± 0,07 ^{ab}	31,66 ± 0,81 ^{cf}	27,96 ± 2,17 ^a	42,61 ± 1,41 ^c	55,06 ± 2,79 ^{bd}
Ferme 8	4,75 ± 0,00 ^b	4,53 ± 0,03 ^{de}	NE	4,98 ± 0,28 ^{bd}	0,988 ± 0,00 ^d	0,993 ± 0,00 ^{de}	53,11 ± 3,25 ^a	56,79 ± 4,80 ^a	2,97 ± 0,20 ^e	2,99 ± 0,48 ^d	24,48 ± 1,13 ^c	28,75 ± 3,76 ^a	52,72 ± 1,88 ^{bd}	69,25 ± 2,83 ^b
Ferme 9	4,63 ± 0,05 ^b	4,49 ± 0,03 ^d	NE	5,01 ± 0,23 ^{bd}	0,97 ± 0,01 ^{ab}	0,998 ± 0,00 ^e	53,84 ± 0,26 ^{ab}	42,13 ± 0,65 ^{de}	4,32 ± 0,33 ^{de}	4,68 ± 0,72 ^c	31,48 ± 0,67 ^f	35,84 ± 2,16 ^{ab}	57,57 ± 1,86 ^{de}	57,75 ± 2,95 ^{cd}
Ferme 12	4,69 ± 0,04 ^b	5,51 ± 0,02 ^b	NE	NA	0,985 ± 0,00 ^{cd}	0,992 ± 0,00 ^{de}	37,92 ± 0,47 ^f	42,56 ± 1,75 ^{de}	5,18 ± 0,12 ^{cd}	5,87 ± 0,52 ^{bc}	36,47 ± 0,68 ^{abd}	38,30 ± 0,86 ^b	40,70 ± 4,03 ^c	51,69 ± 1,17 ^{bd}
Ferme 13	5,22 ± 0,05 ^{bc}	5,39 ± 0,17 ^b	NE	6,42 ± 0,19 ^e	0,975 ± 0,00 ^{bc}	0,98 ± 0,00 ^{bd}	59,33 ± 2,84 ^{bd}	53,29 ± 1,71 ^{bc}	4,16 ± 0,35 ^{de}	5,63 ± 0,23 ^{bc}	31,24 ± 1,10 ^f	30,19 ± 0,97 ^a	53,94 ± 0,00 ^{ade}	54,42 ± 0,94 ^{bd}
Ferme 15	4,72 ± 0,01 ^b	4,42 ± 0,01 ^d	NE	4,42 ± 0,04 ^c	0,968 ± 0,01 ^{ab}	0,989 ± 0,00 ^{bc}	69,39 ± 2,10 ^e	36,60 ± 1,11 ^e	3,72 ± 0,38 ^{de}	5,73 ± 0,42 ^{bc}	35,35 ± 0,27 ^{bd}	33,73 ± 1,79 ^{ab}	49,00 ± 0,00 ^f	51,64 ± 4,29 ^{bd}
Ferme 17	4,61 ± 0,02 ^b	5,53 ± 0,09 ^b	NE	5,98 ± 0,11 ^e	0,979 ± 0,00 ^{bcd}	0,983 ± 0,01 ^{bcd}	38,74 ± 0,29 ^f	46,36 ± 1,36 ^{cd}	6,10 ± 0,46 ^{de}	6,40 ± 0,05 ^{ab}	29,77 ± 0,07 ^f	46,7 ± 6,87 ^c	60,66 ± 1,29 ^f	50,69 ± 1,87 ^{bd}
Ferme 18	5,31 ± 0,12 ^a	5,10 ± 0,01 ^{ab}	NE	5,28 ± 0,06 ^a	0,959 ± 0,00 ^a	0,976 ± 0,00 ^a	53,47 ± 1,01 ^{ab}	56,52 ± 2,81 ^a	9,62 ± 0,26 ^{ab}	6,14 ± 0,50 ^{ab}	39,02 ± 0,84 ^a	35,44 ± 1,27 ^{ab}	50,19 ± 1,43 ^a	47,77 ± 2,65 ^a
Ferme 19	6,62 ± 0,27 ^d	4,72 ± 0,06 ^{ade}	NE	5,24 ± 0,15 ^a	0,972 ± 0,01 ^{ab}	0,985 ± 0,00 ^{bcd}	60,03 ± 1,39 ^d	51,35 ± 0,68 ^{bcd}	10,56 ± 0,78 ^a	5,39 ± 0,66 ^{bc}	34,38 ± 0,99 ^{bc}	34,29 ± 0,84 ^{ab}	42,75 ± 0,48 ^{bc}	53,55 ± 0,00 ^{bd}
Ferme 21	6,02 ± 0,19 ^e	5,02 ± 0,03 ^{abe}	NE	7,18 ± 0,10 ^b	0,969 ± 0,01 ^{ab}	0,98 ± 0,00 ^{bd}	56,07 ± 4,63 ^{bd}	51,29 ± 2,18 ^{bcd}	8,95 ± 1,31 ^b	7,29 ± 0,09 ^b	38,10 ± 0,05 ^{cd}	35,09 ± 1,31 ^{ab}	58,86 ± 0,89 ^{cf}	53,95 ± 2,03 ^{bd}

Le pH en surface (croûte) est généralement plus élevé que dans le cœur du fromage (Liu et al., 2005). Cette tendance se retrouve dans les données du projet : le pH mesuré dans la croûte est systématiquement supérieur à celui du cœur, confirmant que ce dernier demeure plus acide. En moyenne, le pH du cœur se situe entre 4,6 et 6. Toutefois, trois fermes s'écartent de cette plage : la ferme 4 (hiver), la ferme 19 (été) et la ferme 21 (été). Cette élévation du pH s'explique par l'évolution au cours de l'affinage : les fromages des fermes 4, 19 et 21, ayant été affinés respectivement pendant 18 jours, 7 semaines et 4 semaines, présentent des valeurs élevées (6,62 et 6,02), tandis que les autres fermes, sont souvent affinées sur 10 à 15 jours, conservent des pH plus faibles. Dans les fromages à pâte molle à croûte fleurie, le pH de surface peut d'ailleurs atteindre des valeurs supérieures à 7,5 (Monnet *et al.*, 2015). Cette augmentation progressive du pH au cours de l'affinage s'explique notamment par la consommation d'acide lactique par les micro-organismes de surface (levure et moisissure), ce qui fait monter le pH (Ramet, 2001).

Le pH joue également sur la texture. Un pH trop bas, < 4,5 au démoulage (acidité excessive), donnera une texture granuleuse et peut favoriser le développement de moisissures pendant l'affinage. À l'inverse, un pH trop haut (> 5,6) peut présenter une pâte friable et une texture grumeleuse, ce qui peut nuire à l'élasticité et à la fondance de la pâte molle. Il peut également poser des problèmes quant à la sécurité alimentaire (Bansal & Veena, 2022).

En ce qui concerne le taux de matière sèche, aucune relation directe n'a pu être mise en évidence avec la durée d'égouttage et de coagulation. En revanche, l'effet du temps d'affinage apparaît plus marqué. À l'exception de la ferme 19, les fromages à pâte molle à croûte fleurie présentent une variation notable du taux de matière sèche lorsque la durée d'affinage diffère de plus de cinq jours entre l'été et l'hiver. Ce phénomène est particulièrement observable dans les fermes 13, 15, 17 et 18.

Prenons pour exemple la ferme 15 : durant l'été, le temps d'affinage atteint 20 jours, contre seulement 10 jours en hiver. Cette différence de durée se traduit par une variation nette du taux de matière sèche, qui passe de 70% en été à 37% en hiver. Ce constat confirme qu'un affinage prolongé favorise une déshydratation progressive de la pâte, entraînant une concentration plus élevée en matière sèche. Autrement dit, plus le temps d'affinage est long, plus

le taux de matière sèche tend à augmenter, ce qui illustre l'impact direct de ce paramètre sur les caractéristiques physico-chimiques du fromage (Riahi *et al.*, 2007).

De plus, une corrélation nette se dessine pour les fermes 8 et 18 entre la dureté du cœur de la pâte molle et la teneur en matière sèche. Ces deux fermes se distinguent par les valeurs les plus élevées de dureté du cœur, conjointement à des taux de matière sèche également parmi les plus importants. Cette relation est cohérente d'un point de vue technologique. Une matière sèche plus élevée implique une proportion d'eau plus faible dans la matrice fromagère, ce qui a pour effet de densifier la structure et d'augmenter la fermeté. Les observations réalisées pour ces fermes illustrent ainsi comment la composition physico-chimique peut influencer directement les propriétés texturales du produit, et confirment le rôle déterminant de la matière sèche dans la consistance des fromages à pâte molle.

Concernant les teneurs en cendres, protéines et matières grasses rapportées à la matière sèche, aucune source bibliographique spécifique ni aucune corrélation statistique n'ont permis d'expliquer les valeurs observées dans ce projet.

iii. Composés organiques volatiles

Comme pour la maquée, la composition moléculaire de la pâte molle à croûte fleurie est directement influencée par celle du lait utilisé pour sa fabrication. Or, plusieurs études ont montré que le métabolome du lait varie selon la saison et la nature de la ration alimentaire des vaches. En été, le pâturage offre une alimentation plus diversifiée, qui enrichit le lait en une plus grande variété de molécules. En hiver, les rations sont plus homogènes, composées principalement de fourrages conservés et de concentrés, ce qui limite cette diversité moléculaire. Ces différences initiales se répercutent ensuite dans les produits transformés : au total, 128 molécules différentes ont été identifiées dans les fromages à pâte molle produites en été sur l'ensemble des 11 fermes, contre 97 en hiver, bien que toutes ces molécules ne soient pas présentes dans chaque ferme.

Les valeurs présentant un écart-type supérieur à 30% de la moyenne ont été écartées de l'analyse. En effet, une telle variabilité traduit une dispersion trop importante des données, ce qui compromet la fiabilité des résultats. De plus, les moyennes étant inférieures à 1 % ont également été écartées des tableaux caractéristiques et spécifiques. Ces valeurs n'ont donc pas été prises en considération dans l'interprétation des relations potentielles avec les pratiques de fabrication.

Les composés organiques volatils (COV) identifiés ont été répartis en deux catégories :

- Tableaux caractéristiques : regroupant les molécules présentes dans l'ensemble des maquées analysées.
- Tableaux spécifiques : regroupant les molécules détectées uniquement dans certaines fermes et absentes dans d'autres.

Afin d'obtenir une vue d'ensemble, plusieurs familles de composés chimiques ont été identifiées dans cette catégorie de fromages, la pâte molle à croûte fleurie. Parmi celles-ci figurent les alcools (odeur piquante (chaîne courte), arôme fruité et floral (chaîne longue)), les aldéhydes (notes herbacées), les alcanes (inodore), les acides (arôme de vinaigre), les cétones (arôme fruité, parfois piquant) et les esters (arôme fruité, doux) (Ouellette, 2015 ; Xing *et al.*, 2025).

Les tableaux 13 et 14 présentent les molécules caractéristiques des pâtes molles à croûte fleurie wallonnes issues des campagnes d'été et d'hiver, respectivement. Les tableaux 15 et 16 répertorient quant à eux les molécules spécifiques identifiées pour ces deux mêmes périodes.

L'ensemble de ces tableaux indique les abondances relatives de chaque molécule détectée dans les échantillons provenant des différentes fermes productrices de pâte molle à croûte fleurie, ainsi que leurs principales caractéristiques sensorielles (goût et/ou odeur) accompagnées des références bibliographiques correspondantes.

Une même note s'applique à l'ensemble de ces tableaux : les différences significatives entre les valeurs sont signalées par des lettres différentes dans une même ligne (P<0,05).

L'ensemble des tableaux détaillés, comprenant la liste complète des molécules identifiées pour la pâte molle à croûte fleurie, est présenté en annexes 8 et 9.

Tableau 13. Molécules caractéristiques des pâtes molles à croûte fleurie wallonnes lors de la campagne d'été

	Ferme 4	Ferme 6	Ferme 8	Ferme 9	Ferme 12	Ferme 13	Ferme 15	Ferme 17	Ferme 18	Ferme 19	Ferme 21	Caractéristiques	Bibliographie
Alcohols													
1-Butanol, 3-methyl-	3,57 ± 1,47 ^a	46,02 ± 5,10 ^b	11,04 ± 3,50 ^a	9,58 ± 0,31 ^a	38,03 ± 5,82 ^b	6,71 ± 7,58 ^a	6,54 ± 3,59 ^a	40,29 ± 5,48 ^b	11,79 ± 1,11 ^a	0,71 ± 0,82 ^a	3,83 ± 5,66 ^a	Fusel, fermenté, piquant	Suffys et al., 2023
Phenylethyl Alcohol	0,57 ± 0,13 ^{ab}	8,46 ± 2,96 ^c	3,23 ± 1,07 ^{abc}	4,30 ± 0,76 ^{abc}	5,45 ± 0,97 ^{abc}	1,92 ± 1,22 ^{ab}	1,78 ± 0,73 ^{ab}	7,00 ± 6,36 ^{bc}	0,28 ± 0,07 ^a	0,08 ± 0,07 ^a	0,12 ± 0,06 ^a	Odeur florale	Wang et al., 2025
Alkanes													
Octane	1,13 ± 0,99 ^a	0,96 ± 1,19 ^a	0,20 ± 0,20 ^a	0,39 ± 0,45 ^a	0,03 ± 0,02 ^a	0,76 ± 1,13 ^a	0,42 ± 0,38 ^a	1,00 ± 1,27 ^a	0,35 ± 0,43 ^a	0,04 ± 0,06 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	Odeur d'essence	ChemBK., 2023
Acids													
Butanoic acid	2,45 ± 1,98 ^a	0,72 ± 0,45 ^a	7,22 ± 1,20 ^{bc}	13,88 ± 4,37 ^{bc}	1,47 ± 0,38 ^a	5,18 ± 5,15 ^a	16,24 ± 3,16 ^b	4,71 ± 2,62 ^a	6,16 ± 0,92 ^a	0,45 ± 0,17 ^a	2,13 ± 1,47 ^a	Odeur rance	Curioni et al., 2002 ; Yang et al., 2024
Hexanoic acid	5,47 ± 3,23 ^{ab}	0,21 ± 0,23 ^a	15,50 ± 4,07 ^{bc}	21,63 ± 6,63 ^c	2,87 ± 0,62 ^a	7,28 ± 6,31 ^{ab}	21,30 ± 1,47 ^c	6,62 ± 4,92 ^{ab}	4,05 ± 2,18 ^a	1,06 ± 0,13 ^a	4,90 ± 3,77 ^a	Rance	Yang
Octanoic acid	2,63 ± 0,96 ^{ab}	0,14 ± 0,07 ^a	4,48 ± 2,45 ^{ab}	7,96 ± 5,79 ^b	0,92 ± 0,22 ^a	1,66 ± 1,67 ^{ab}	4,76 ± 3,26 ^{ab}	2,37 ± 0,72 ^{ab}	0,10 ± 0,12 ^a	0,21 ± 0,09 ^a	2,60 ± 0,90 ^{ab}	Odeur de pourri, rance, sueur	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
Ketones													
2-Heptanone	17,58 ± 8,61 ^{bc}	0,13 ± 0,09 ^d	5,95 ± 0,87 ^{cd}	7,07 ± 4,50 ^{cd}	0,57 ± 0,11 ^d	26,53 ± 9,58 ^{ab}	9,91 ± 2,18 ^{cd}	3,46 ± 4,31 ^d	23,85 ± 4,11 ^{ab}	35,27 ± 1,53 ^b	24,67 ± 1,53 ^{ab}	Fruité, herbacé, floral	Curioni et al., 2002 ; Yang et al., 2024
2-Nonanone	25,62 ± 4,66 ^a	0,56 ± 0,68 ^b	3,49 ± 0,64 ^b	4,92 ± 2,95 ^b	0,04 ± 0,06 ^b	12,66 ± 2,75 ^c	6,31 ± 2,00 ^{bc}	2,39 ± 0,90 ^b	20,97 ± 0,77 ^a	26,56 ± 1,94 ^a	21,46 ± 4,05 ^a	Sucré, fruité, floral	Curioni et al., 2002 ; Yang et al., 2024

Tableau 14. Molécules caractéristiques des pâtes molles à croûte fleurie wallonnes lors de la campagne d'hiver

	Ferme 4	Ferme 6	Ferme 8	Ferme 9	Ferme 12	Ferme 13	Ferme 15	Ferme 17	Ferme 18	Ferme 19	Ferme 21	Caractéristiques	Bibliographie
Aldehydes													
Benzaldehyde	0,07 ± 0,06 ^a	0,11 ± 0,13 ^a	0,03 ± 0,02 ^a	0,03 ± 0,01 ^a	0,16 ± 0,28 ^a	0,14 ± 0,07 ^a	2,49 ± 3,05 ^a	0,46 ± 0,49 ^a	0,15 ± 0,06 ^a	0,05 ± 0,06 ^a	0,14 ± 0,24 ^a	Sucre brûlé, boisé, amande	Domingos et al., 2019
Acids													
Acetic acid	0,13 ± 0,22 ^a	0,81 ± 1,25 ^a	2,54 ± 0,57 ^a	0,73 ± 0,54 ^a	62,00 ± 1,64 ^c	0,14 ± 0,24 ^a	19,18 ± 11,61 ^b	0,27 ± 0,47 ^a	1,43 ± 0,46 ^a	0,79 ± 0,22 ^a	0,89 ± 0,49 ^a	Piquant, odeur de vinaigre	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
Butanoic acid	2,53 ± 1,55 ^a	0,48 ± 0,51 ^a	10,90 ± 4,85 ^b	7,32 ± 2,62 ^{ab}	4,95 ± 0,88 ^{ab}	3,61 ± 5,56 ^{ab}	2,42 ± 0,40 ^a	1,55 ± 2,14 ^a	6,13 ± 3,28 ^{ab}	7,72 ± 2,12 ^{ab}	3,38 ± 2,29 ^{ab}	Odeur rance	Curioni et al., 2002 ; Yang et al., 2024
Hexanoic acid	6,55 ± 3,61 ^{ab}	0,21 ± 0,27 ^a	14,21 ± 5,23 ^b	13,64 ± 3,13 ^b	4,25 ± 1,01 ^{ab}	5,42 ± 8,43 ^{ab}	1,26 ± 1,10 ^a	1,50 ± 1,33 ^a	2,25 ± 0,92 ^a	10,76 ± 3,20 ^{ab}	5,21 ± 3,92 ^{ab}	Rance	Yang et al., 2024
Ketones													
2-Nonanone	30,35 ± 15,10 ^a	0,12 ± 0,11 ^c	6,52 ± 2,71 ^{bc}	14,89 ± 4,33 ^{abc}	0,42 ± 0,37 ^c	25,71 ± 8,80 ^a	1,28 ± 0,54 ^c	2,44 ± 2,27 ^c	18,04 ± 9,77 ^{abc}	24,77 ± 2,58 ^{ab}	21,94 ± 1,71 ^{ab}	Sucré, fruité, floral	Curioni et al., 2002 ; Yang et al., 2024

Tableau 15. Molécules spécifiques des pâtes molles à croûte fleurie wallonnes lors de la campagne d'été

	Ferme 4	Ferme 6	Ferme 8	Ferme 9	Ferme 12	Ferme 13	Ferme 15	Ferme 17	Ferme 18	Ferme 19	Ferme 21	Caractéristiques	Bibliographie
Alcohols													
1-Propanol, 2-methyl-	0,11 ± 0,04 ^a	4,88 ± 0,28 ^c	0,41 ± 0,06 ^a	0,34 ± 0,06 ^a	1,00 ± 0,18 ^b	0,36 ± 0,47 ^a	0,35 ± 0,16 ^a	1,31 ± 0,13 ^b	0,43 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,04 ^a	Plastique, pénétrant, semblable au vin, alcool de fusel	Curioni et al., 2002 ; Sáddecká et al., 2013
2-Pentanol	0,71 ± 0,54 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,04 ^a	4,46 ± 2,61 ^{bc}	0,00 ± 0,00 ^a	4,68 ± 3,36 ^{bc}	5,13 ± 1,14 ^c	0,15 ± 0,05 ^a	0,91 ± 0,61 ^{abc}	1,50 ± 1,30 ^{abc}	1,98 ± 1,23 ^{abc}	Frais, menthe, plastique, piquant	Curioni et al., 2002 ; Domingos et al., 2019 ; Hu et al., 2022
2-Heptanol	5,58 ± 4,21 ^{abd}	0,23 ± 0,05 ^c	0,79 ± 0,16 ^{bc}	4,72 ± 1,44 ^{abccc}	0,00 ± 0,00 ^c	8,36 ± 3,35 ^d	6,67 ± 0,46 ^{bd}	1,18 ± 0,50 ^{ac}	2,80 ± 0,75 ^{abc}	2,14 ± 1,15 ^{abc}	4,69 ± 1,46 ^{abccc}	Herbacé, terreux, champignon	Yang et al., 2024 ; Curioni et al., 2002 ; Poveda et al., 2008
2-Nonanol	2,11 ± 2,11 ^a	0,18 ± 0,06 ^a	0,16 ± 0,27 ^a	1,24 ± 0,17 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,37 ± 1,07 ^a	2,16 ± 1,08 ^a	0,19 ± 0,33 ^a	0,85 ± 0,18 ^a	0,74 ± 0,03 ^a	1,16 ± 0,58 ^a	Gras, herbacé	Curioni et al., 2002 ; Domingos et al., 2019
Aldehydes													
Butanal, 3-methyl-	0,18 ± 0,28 ^a	0,78 ± 0,70 ^a	0,42 ± 0,50 ^a	0,44 ± 0,20 ^a	1,56 ± 0,67 ^a	0,22 ± 0,24 ^a	0,20 ± 0,18 ^a	1,05 ± 0,27 ^a	1,57 ± 1,56 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,41 ± 0,70 ^a	Herbacé, malté, fermentée, âcre	Curioni et al., 2002 ; Sáddecká et al., 2013
Acids													
Acetic acid	0,43 ± 0,37 ^a	1,90 ± 1,28 ^a	2,87 ± 0,65 ^a	1,11 ± 0,25 ^a	15,42 ± 5,13 ^b	0,35 ± 0,54 ^a	0,19 ± 0,09 ^a	0,99 ± 0,64 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,12 ^a	0,12 ± 0,21 ^a	Piquant, odeur de vinaigre	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
Propanoic acid, 2-methyl-	0,10 ± 0,09 ^a	1,69 ± 0,51 ^c	1,28 ± 0,57 ^{bc}	1,12 ± 0,08 ^{bc}	0,76 ± 0,35 ^{abc}	0,04 ± 0,08 ^a	0,90 ± 0,54 ^{abc}	1,49 ± 0,09 ^{bc}	0,69 ± 0,37 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Beurre périmé	Domingos et al., 2019
Butanoic acid, 3-methyl-	1,06 ± 0,85 ^a	8,89 ± 3,21 ^b	9,40 ± 1,47 ^b	2,96 ± 0,54 ^a	0,40 ± 0,38 ^a	1,48 ± 1,00 ^a	2,33 ± 1,50 ^a	8,99 ± 1,32 ^b	2,34 ± 0,50 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,12 ± 0,21 ^a	Odeur de sueur, acide, rance	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
Ketones													
2-Pentanone	1,43 ± 0,34 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,88 ± 0,37 ^a	5,29 ± 4,18 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	10,13 ± 6,45 ^b	5,50 ± 1,65 ^{ab}	0,60 ± 0,74 ^a	5,55 ± 0,32 ^{ab}	20,88 ± 1,77 ^c	9,81 ± 3,50 ^b	Sucré, fruité, écorce d'orange, floral	Yang et al., 2024 ; Curioni et al., 2002
Acetoin	4,74 ± 6,29 ^{ab}	0,39 ± 0,17 ^a	6,48 ± 0,88 ^{ab}	0,40 ± 0,23 ^a	6,96 ± 3,25 ^b	0,49 ± 0,85 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	2,24 ± 1,17 ^{ab}	0,89 ± 1,54 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Lactée, beurre, crème	Curioni et al., 2002 ; Acree et al., 2004
2-Octanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,54 ± 0,57 ^{abc}	0,14 ± 0,15 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,89 ± 0,77 ^{bc}	1,18 ± 0,15 ^c	Odeur de moidi et d'humidité, fruité	Poveda et al., 2008 ; Curioni et al., 2002
8-Nonen-2-one	4,43 ± 1,19 ^{ab}	0,04 ± 0,06 ^c	0,66 ± 0,22 ^{cd}	0,61 ± 0,40 ^{cd}	0,00 ± 0,00 ^c	2,50 ± 1,09 ^{cd}	0,59 ± 0,21 ^{cd}	0,27 ± 0,10 ^{cd}	3,32 ± 0,88 ^{ab}	3,79 ± 1,27 ^{ab}	5,42 ± 1,32 ^b	Fruité, odeur de cuisson	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
2-Undecanone	2,19 ± 0,06 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,71 ± 0,64 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,36 ± 0,62 ^{ab}	0,45 ± 0,79 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	1,44 ± 0,96 ^{ab}	2,30 ± 2,03 ^{ab}	1,68 ± 0,78 ^{ab}	Odeur de cuisson, mois, floral fruité	Poveda et al., 2008 ; Curioni et al., 2002
Esters													
Butanoic acid, ethyl ester	0,18 ± 0,31 ^{ab}	1,97 ± 0,94 ^b	1,99 ± 0,43 ^b	0,68 ± 0,05 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	2,03 ± 1,80 ^b	0,64 ± 0,70 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Odeur fruité, banane, ananas	Yang et al., 2024 ; Roche et al., 2022
Methyl tiglate	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	8,23 ± 1,92 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Rhum éthéré	The Good Scents Company., s.d
Propanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,08 ± 0,28 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Piquant, éthéré, fruité	The Good Scents Company., s.d

Tableau 16. Molécules spécifiques des pâtes molles à croûte fleurie wallonnes lors de la campagne d'hiver

	Ferme 4	Ferme 6	Ferme 8	Ferme 9	Ferme 12	Ferme 13	Ferme 15	Ferme 17	Ferme 18	Ferme 19	Ferme 21	Caractéristiques	Bibliographie
Alcohols													
1-Propanol, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	2,76 ± 0,55 ^c	0,88 ± 0,54 ^b	0,09 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,16 ^a	0,12 ± 0,21 ^{ab}	0,62 ± 0,40 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,30 ± 0,45 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	Plastique, pénétrant, semblable au vin, alcool de fusel	Curioni et al., 2002 ; Sáddecká et al., 2013
1-Butanol, 3-methyl-	0,33 ± 0,31 ^a	54,22 ± 10,94 ^b	11,34 ± 5,27 ^a	3,41 ± 1,32 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	10,26 ± 8,43 ^a	4,03 ± 4,49 ^a	44,09 ± 4,45 ^b	2,15 ± 1,06 ^a	7,03 ± 10,31 ^a	6,95 ± 2,11 ^a	Fusel, fermenté, piquant	Suffys et al., 2023
2-Heptanol	3,49 ± 1,66 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	11,17 ± 4,50 ^c	8,24 ± 0,21 ^{bc}	0,00 ± 0,00 ^a	5,38 ± 4,53 ^{abc}	0,74 ± 1,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,49 ± 1,44 ^a	1,73 ± 1,95 ^a	2,46 ± 1,28 ^{ab}	Herbacé, terreux, champignon	Yang et al., 2024 ; Curioni et al., 2002 ; Poveda et al., 2008
2-Nonanol	1,39 ± 0,21 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	4,86 ± 5,49 ^a	3,61 ± 3,27 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,55 ± 2,69 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,02 ± 1,77 ^a	1,40 ± 0,78 ^a	1,26 ± 1,61 ^a	Gras, herbacé	Curioni et al., 2002 ; Domingos et al., 2019
Phenylethyl Alcohol	0,50 ± 0,04 ^a	18,76 ± 9,02 ^b	2,38 ± 0,33 ^a	2,61 ± 1,77 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,42 ± 0,38 ^a	0,04 ± 0,07 ^a	15,09 ± 10,22 ^b	0,06 ± 0,11 ^a	1,27 ± 1,11 ^a	0,32 ± 0,55 ^a	Florale	Wang et al., 2025
Acids													
Propanoic acid, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,80 ± 0,49 ^{ab}	1,05 ± 0,06 ^b	0,42 ± 0,13 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,99 ± 0,24 ^b	0,50 ± 0,87 ^{ab}	0,21 ± 0,19 ^{ab}	0,57 ± 0,22 ^{ab}	0,15 ± 0,26 ^{ab}	Beurre périmé	Domingos et al., 2019
Butanoic acid, 3-methyl-	0,77 ± 0,56 ^a	6,15 ± 1,43 ^c	3,38 ± 0,52 ^{abc}	2,65 ± 0,23 ^{abc}	0,00 ± 0,00 ^a	0,25 ± 0,43 ^a	1,41 ± 0,37 ^{ab}	5,53 ± 4,16 ^{bc}	2,02 ± 1,15 ^{abc}	2,80 ± 2,07 ^{abc}	0,93 ± 0,84 ^a	Sueur, acide, rance	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
Ketones													
2,3-Butanedione	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,08 ± 1,86 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	6,20 ± 0,93 ^a	1,25 ± 2,17 ^a	20,70 ± 5,02 ^b	0,87 ± 0,92 ^a	6,56 ± 6,15 ^a	0,73 ± 1,27 ^a	2,38 ± 0,76 ^a	Beurrée, caramel, sucré	Curioni et al., 2002
Acetoin	0,00 ± 0,00 ^c	0,42 ± 0,72 ^c	2,06 ± 3,57 ^{bc}	0,00 ± 0,00 ^c	19,80 ± 3,60 ^b	3,54 ± 3,19 ^{bc}	34,79 ± 10,37 ^d	4,80 ± 5,14 ^{bc}	14,45 ± 6,22 ^{ab}	3,29 ± 3,35 ^{bc}	7,87 ± 0,49 ^{abc}	Lactée, beurre, crème	Curioni et al., 2002 ; Acree et al., 2004
8-Nonen-2-one	5,31 ± 2,95 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^c	0,91 ± 0,49 ^{bc}	3,47 ± 1,18 ^{abc}	0,00 ± 0,00 ^c	3,33 ± 1,92 ^{abc}	0,02 ± 0,03 ^c	0,16 ± 0,28 ^c	3,35 ± 2,46 ^{abc}	3,91 ± 1,69 ^{abc}	5,53 ± 1,64 ^a	Fruité, odeur de cuisson	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
Esters													
Butanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,22 ± 0,38 ^a	2,66 ± 0,08 ^b	0,15 ± 0,25 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,19 ± 0,33 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,25 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Fruité, banane, ananas	Yang et al., 2024 ; Roche et al., 2022

Dans les pâtes molles à croûte fleurie, l’arôme résulte d’une dynamique complexe entre bactéries lactiques, levures et moisissures, tels que *Penicillium camemberti*, dont les interactions génèrent une grande diversité de composés volatils. Cette famille de fromages se caractérise principalement par la présence de 1-butanol, 3-methyl, responsables de notes piquantes et fermentées. On y retrouve également des cétones, telles que le 2-nonanone et le 2-heptanone, qui confèrent des arômes fruités et floraux. On observe aussi la présence d’acides butanoïque et hexanoïque, à l’origine de notes légèrement rances. Certaines productions se distinguent toutefois par des signatures aromatiques plus spécifiques : des notes florales attribuées au phenylethyl alcool, ou encore des arômes herbacés, terreux et fongiques liés à la présence de 2-heptanol.

Cependant, l'application des analyses en composés volatils axée sur le camembert et le brie, reste limitée en raison de leur structure complexe et de la variation de concentration de chaque composé. Ce manque de recherches spécifiques met en évidence une lacune méthodologique, suggérant que l'adoption de ces outils dans de futures études pourrait améliorer considérablement la compréhension entre la composition chimique et la perception sensorielle dans les fromages à croûte fleurie traditionnels tels que le camembert et le brie (Ramirez et al., 2025).

Le diméthyl disulfure et le diméthyl trisulfure donnant des notes sulfureuses, piquantes et ammoniacales de la croûte du camembert ne sont pas présentes dans les pâtes molles à croûte fleurie wallonnes (Ramirez et al., 2025).

En été, les fromages à pâte molle à croûte fleurie présentent peu, voire pas de notes beurrées. En effet, les abondances relatives de diacétyl et d'acétoïne y sont faibles, voire nulles dans certaines fermes. En revanche, en hiver, ces deux composés sont présents en plus grande abondance relative, ce qui suggère que les fromages développent alors des notes plus beurrées.

Acide acétique

Concernant l'acide acétique, il est nettement moins abondant dans les pâtes molles à croûte fleurie que dans les maquées. Une exception subsiste toutefois : dans la ferme 12, cet acide atteint une abondance relative de 62% en hiver, contre seulement 15% en été. Cet écart s'explique par l'absence de ferments dans le procédé de fabrication. Comme mentionné précédemment, sans contrôle fermentaire, la production d'acide acétique varie librement, entraînant d'importantes fluctuations saisonnières. Par ailleurs, l'usage de levures et de moisissures dans ce type de fromage modifie la microflore, ce qui peut réduire la proportion de bactéries lactiques hétéro-fermentaires et contribue ainsi à limiter la production d'acide acétique.

Diacétyl, 2-heptanone, 2-nonanone

G. candidum est une moisissure couramment présente dans les procédés de fabrication des fromages à pâte molle affinés. Dès les premiers jours d'affinage, il colonise la surface du fromage et forme une flore blanche typique, contribuant à l'apparence de la croûte. En présence excessive, il peut conduire à des défauts technologiques, tels que l'apparition d'une croûte glissante. Grâce à l'activité de ses enzymes, *G. candidum* joue un rôle essentiel dans l'affinage : il influence fortement la texture, notamment la cohésion et l'épaisseur de la croûte ainsi que l'onctuosité de la pâte. Selon les souches, il peut ainsi moduler la structure de surface et participer à l'évolution de la pâte durant l'affinage (Boutrou & Guéguen, 2005).

Cette moisissure contribue également à la formation du profil aromatique typique des fromages comme le camembert et le brie. Son activité diacétylréductase peut réduire la production de diacétyl, modulant ainsi l'intensité des notes beurrées. (Antinone & Ledford, 1993). De plus, *G. candidum* conduit à la formation du 2-heptanone et 2-nonanone par lipolyse et désamination (Ramirez et al., 2025).

En ce qui concerne la formation du 2-heptanone et du 2-nonanone par *G. candidum*, toutes les fermes en été et en hiver en contiennent, à l'exception de la ferme 6, chez laquelle le 2-heptanone est absent en hiver. Or, cette ferme utilise *G. candidum*, ce qui aurait normalement dû conduire à la production de ces deux composés. Il est également à noter que la teneur en 2-nonanone dans cette même ferme en hiver reste très faible, avec moins de 1% d'abondance relative. À l'inverse, les fermes 19 et 21, qui emploient *G. candidum*, présentent, dans l'ensemble, des concentrations particulièrement élevées de ces deux molécules, été comme hiver.

Ces effets se reflètent dans certaines productions observées, par exemple chez les fermes 15 et 18 en hiver. Ces deux fermes n'utilisent pas de *G. candidum*, et l'abondance relative du diacétyl y est la plus élevée, ce qui correspond au maintien des arômes beurrés et sucrés en l'absence de l'activité diacétylréductase. À l'inverse, les

fermes 6, 8, 9, 13, 17 et 19, qui emploient *G. candidum* comme ferment, présentent des niveaux de diacétyl très faibles, voire indétectables, en hiver.

Dans les fromages, les principales méthyl-cétones telles que la 2-heptanone et la 2-nonanone trouvent leur origine dans les acides gras libres de la matière grasse du lait, notamment l'acide octanoïque (C8) et l'acide décanoïque (C10) (Wang *et al.*, 2012). Ces acides gras sont libérés par la lipolyse, c'est-à-dire la dégradation enzymatique des triglycérides par les enzymes du lait et celles produites par les bactéries des ferments (McSweeney & Sousa., 2000).

Une fois libérés, les acides gras peuvent être transformés en méthyl-cétones par deux mécanismes principaux : soit par une dégradation directe de l'acide gras, soit par une β -oxydation successive, qui produit un acide β -cétonique, lequel subit ensuite une décarboxylation pour former la cétone. Ces transformations sont catalysées par les enzymes des bactéries présentes dans les ferments (Wang *et al.*, 2012).

La quantité et le type de méthyl-cétones formés dépendent de la souche bactérienne utilisée. Par exemple, différentes souches de *Streptococcus thermophilus* peuvent produire plus ou moins de 2-heptanone ou 2-nonanone selon leurs capacités enzymatiques. La souche *S. thermophilus* TM11 a présenté des teneurs plus élevées de ces deux cétones que la souche SP1.1 (Wang *et al.*, 2012). La souche *Lactocaseibacillus casei* ATCC-393 présente également le plus de cétones par rapport à d'autres souches de ferments (Kök Taş *et al.*, 2025).

Enfin, la longueur de la chaîne carbonée de la méthyl-cétone dépend de celle de l'acide gras précurseur : un acide gras plus long donne une cétone plus longue, moins un carbone en raison de la décarboxylation (Wang *et al.*, 2012).

En résumé, la lipolyse libère des acides gras qui sont ensuite transformés par des enzymes bactériennes en méthyl-cétones, et la nature et la quantité de ces cétones dépendent à la fois de l'acide gras de départ et des ferments utilisés.

Cependant, les informations sur les souches précises de *S. thermophilus* ou encore de *L. casei* employées par les producteurs dans leurs ferments ne sont pas disponibles.

Diacétyl et acétoïne

Les *Leuconostocs* spp., bactéries lactiques impliquées dans l'affinage des camemberts, participent à l'élaboration du bouquet aromatique en exploitant le citrate comme substrat. Cette activité mène notamment à la production de diacétyl et d'acétoïne, deux composés responsables de notes beurrées et qui renforce la richesse sensorielle du fromage. Par ailleurs, leur métabolisme peut générer de l'éthanol ainsi que divers acides organiques, contribuant à diversifier encore le profil aromatique (Ramirez *et al.*, 2025). Toutefois, la synthèse de diacétyl et d'acétoïne par les *Leuconostoc* spp. ne se produit qu'en présence de ferments lactiques acidifiants, comme *Lactococcus lactis*, qui abaissent le pH et modifient le métabolisme du citrate (McSweeney & Sousa, 2000)

La ferme 15 présente les taux les plus élevés d'acétoïne et de diacétyl en hiver. En revanche, en été, ces composés sont absents, malgré l'utilisation du ferment PAL 222 en été comme en hiver. Ce ferment contient à la fois des bactéries lactiques et des *Leuconostoc* spp. Une interprétation reste alors difficile à mettre en œuvre.

À l'inverse, certaines fermes, comme les fermes 6 et 8, ne possèdent ni bactéries lactiques ni *Leuconostoc*, mais uniquement des moisissures et des levures. Dans ce cas, les niveaux d'acétoïne et de diacétyl restent très faibles.

Phényléthyl alcool

Le phényléthyl alcool, composé aromatique aux notes florales, provient majoritairement du métabolisme de la phénylalanine, un acide aminé aromatique, naturellement présente dans le lait. Plusieurs micro-organismes

impliqués dans l'affinage peuvent contribuer à sa formation. *Geotrichum candidum* transforme la phénylalanine en divers intermédiaires métaboliques, dont l'acide phénylpyruvique, précurseur direct du phénylethyl alcool (Naz et al., 2013). Par ailleurs, la levure *Debaryomyces hansenii* est reconnue pour produire efficacement du phénylethyl alcool à partir de ce même acide aminé aromatique (Zhang et al., 2021).

Dans nos échantillons, les abondances relatives de phénylethyl alcool varient entre fermes. En été, les fermes 6, 9, 12 et 17 présentent les concentrations les plus élevées, tandis qu'en hiver, ce sont les fermes 6 et 17 qui montrent les valeurs les plus importantes. Ces différences peuvent s'expliquer à la fois par la teneur initiale en phénylalanine dans le lait et par la présence, l'abondance et l'activité spécifique des micro-organismes capables de cataboliser cet acide aminé au cours de l'affinage.

Acides butanoïque, hexanoïque et octanoïque

Les acides gras libres, notamment les acides butanoïque, hexanoïque et octanoïque, se forment au cours de la lipolyse des triglycérides, catalysée par des lipases qui libèrent les acides gras à partir des matières grasses du lait. Cette lipolyse dépend à la fois de la composition du lait et de l'activité des micro-organismes. Dans les fromages non affinés, elle reste limitée, les bactéries lactiques étant généralement faiblement lipolytiques comparées à des espèces telles que *Penicillium* (McSweeney & Sousa, 2000). Ces acides confèrent aux pâtes molles à croûte fleurie des odeurs rances ou pourries (Curioni et al., 2002 ; Yang et al., 2024).

Les abondances relatives les plus faibles de ces acides sont observées à la ferme 6, en été comme en hiver, ainsi qu'à la ferme 19 en été ; ces deux exploitations n'utilisent pas de *Penicillium* dans leurs ferments. À l'inverse, les plus fortes abondances relatives de ces acides sont relevées à la ferme 9 en été et à la ferme 8 en hiver, dont les ferments contiennent bien du *Penicillium*, ce qui soutient l'hypothèse d'un lien entre la présence de cette moisissure et la production de ces acides.

La concentration d'acides gras libres peut varier en fonction de la composition du lait et les conditions de fabrication, entraînant des différences dans la proportion des acides gras. Néanmoins, les acides butanoïque et hexanoïque sont présents dans toutes les pâtes molles à croûte fleurie, quelle que soit la saison. En revanche, l'acide octanoïque n'est pas systématiquement détecté en hiver, contrairement à l'été.

Dans les produits laitiers tels que les pâtes molles à croûte fleurie, la production microbienne d'acide butanoïque par des bactéries butyriques telles que *Clostridium* est peu probable, ces bactéries nécessitent un affinage prolongé pour se développer (Cecere et al., 2021).

La composition aromatique des pâtes molles à croûte fleurie résulte de l'interaction entre les micro-organismes présents initialement ou ajoutés (bactéries lactiques, levures et moisissures) et les conditions de production.

- Les notes beurrées apparaissent surtout lorsque les *Leuconostoc* spp., en présence de ferments acidifiants tels que *Lactococcus lactis*, métabolisent le citrate en diacétyle et acétoïne. À l'inverse, une forte présence de *Geotrichum candidum* limite ces arômes.

- Les notes fruitées et florales proviennent principalement des cétones et alcools produits par *G. candidum*, à condition que leur croissance soit bien maîtrisée. *G. candidum* et la levure, *Debaryomyces hansenii*, conduisent à la production de notes florales via le phénylethyl alcool.
- Les notes piquantes et de vinaigre sont limitées par l'usage de levures et de moisissures.
- Enfin, *G. candidum* joue un rôle clé dans la texture : il améliore l'onctuosité lorsqu'il est contrôlé, mais conduit à des défauts comme une croûte glissante s'il devient trop dominant.
- Afin de limiter les arômes rances et de pourris générés par les acides gras libres, il convient de surveiller le *Penicillium*, dont l'activité lipolytique est plus élevée que celle des bactéries lactiques.

Les pâtes molles à croûte fleurie étudiées montrent une grande diversité aromatique influencés par la microflore, les procédés et la saisonnalité du lait. Ainsi, elles ne présentent pas de typicité clairement identifiable. Les variations inter-fermes et saisonnières sont trop importantes pour définir un profil aromatique stable et représentatif de la tradition fromagère wallonne. Ainsi, ces fromages reflètent davantage la variabilité naturelle des productions artisanales que des caractéristiques typiques homogènes.

iii. Pâte pressée non cuite

La **pâte pressée non cuite** est un produit laitier affiné obtenu par coagulation lactique et/ou enzymatique du lait, suivi d'un pressage du caillé pour éliminer une partie du lactosérum, sans cuisson.

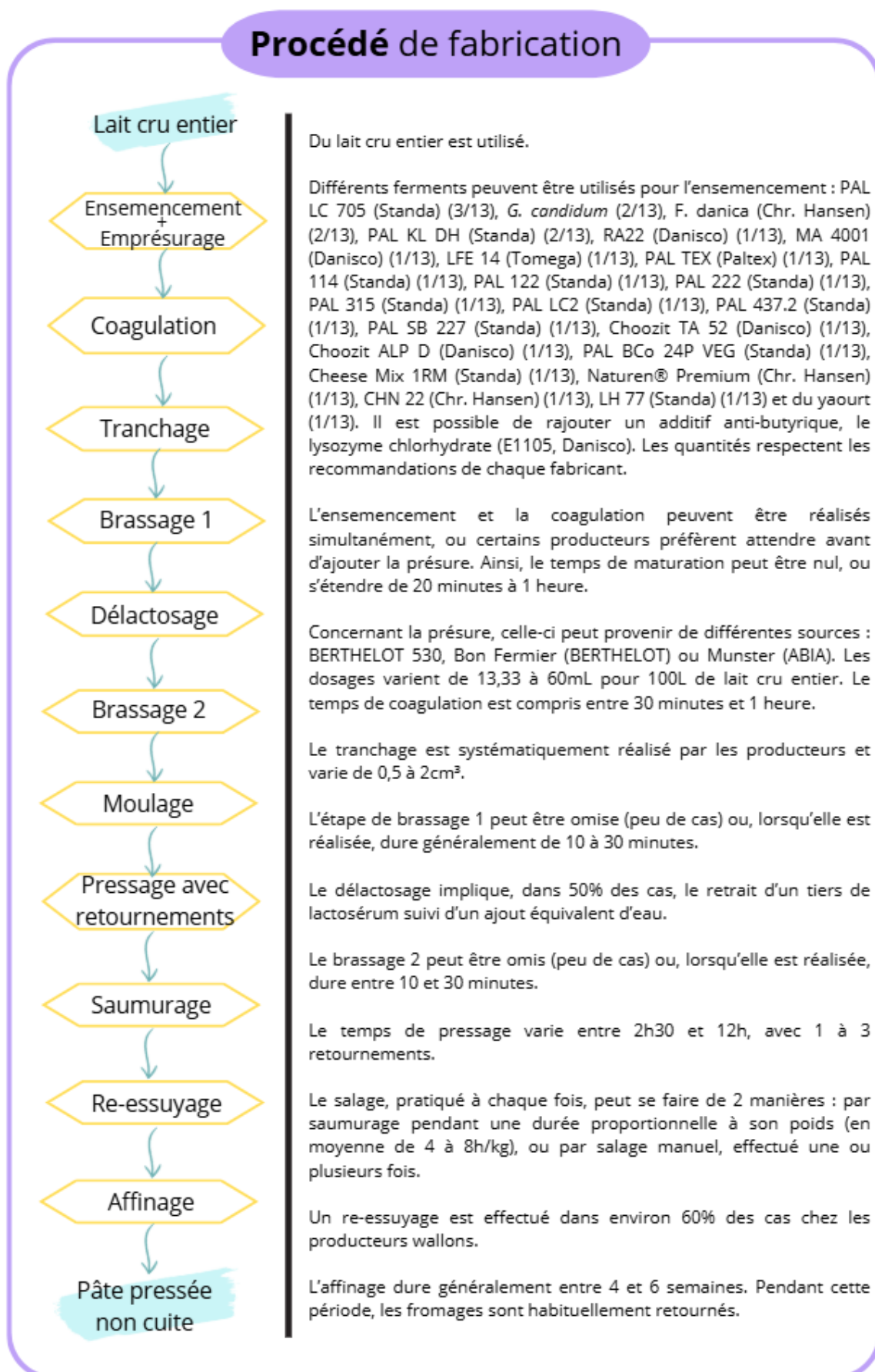


Figure 6. Diagramme de fabrication de la pâte pressée non cuite

i. Couleur & Texture

Le tableau 17 présente les résultats relatifs à l'indice de jaunissement ainsi qu'aux paramètres de texture (dureté et élasticité) pour les 13 fermes produisant de la pâte pressée non cuite. Les mesures de texture n'ont pas pu être prises en compte pour la période estivale, en raison d'un changement de sonde. Une note s'applique à ce tableau : les différences significatives entre les valeurs sont signalées par des lettres différentes dans une même colonne ($P < 0,05$). L'abréviation NE correspond à « Non Effectué ».

Tableau 17. Résultats des analyses mécaniques des deux campagnes pour la pâte pressée non cuite

N° Ferme	Indice de jaunissement				Texturométrie									
	Cœur		Croûte		Rupture (N)		Dureté (N)				Elasticité (%)			
							Cœur		Croûte		Cœur		Croûte	
	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver
Ferme 1	53,61 ± 0,64 ^b	33,50 ± 2,60 ^{bcd}	37,28 ± 0,28 ^{bcd}	50,92 ± 8,96 ^{bd}	36,79 ± 6,33 ^{bcd}	13,32 ± 0,43 ^d	NE	6,98 ± 0,93 ^{bc}	NE	10,95 ± 2,14 ^c	NE	125,03 ± 15,08 ^{bcd}	NE	113,38 ± 18,68 ^{bc}
Ferme 2	46,95 ± 0,84 ^{bcd}	41,50 ± 0,93 ^{be}	33,82 ± 12,32 ^{cd}	93,08 ± 4,31 ^{ef}	8,98 ± 0,85 ^{cd}	21,32 ± 0,98 ^d	NE	9,50 ± 0,23 ^c	NE	23,63 ± 0,22 ^{bc}	NE	117,46 ± 27,74 ^{bcd}	NE	85,16 ± 11,32 ^{ab}
Ferme 3	37,30 ± 1,04 ^a	30,10 ± 1,50 ^{cd}	76,90 ± 4,23 ^f	86,60 ± 8,64 ^a	27,55 ± 1,46 ^f	28,85 ± 1,58 ^{bd}	NE	5,19 ± 0,52 ^b	NE	26,38 ± 0,32 ^{bc}	NE	113,51 ± 36,43 ^{bcd}	NE	61,90 ± 8,04 ^a
Ferme 4	37,24 ± 0,42 ^a	41,11 ± 2,70 ^{de}	53,08 ± 14,13 ^{abdef}	31,98 ± 0,50 ^{bc}	10,43 ± 0,96 ^{abdef}	36,22 ± 2,21 ^{bd}	NE	7,60 ± 0,26 ^{bc}	NE	32,83 ± 2,90 ^{abc}	NE	168,39 ± 20,12 ^{abc}	NE	73,82 ± 15,63 ^{ab}
Ferme 7	51,97 ± 1,47 ^{abc}	39,36 ± 2,93 ^{ab}	41,82 ± 0,13 ^{abcd}	59,51 ± 2,59 ^a	24,27 ± 0,97 ^{ab}	55,25 ± 3,07 ^{abc}	NE	18,49 ± 2,52 ^a	NE	48,05 ± 7,47 ^{ab}	NE	249,09 ± 70,89 ^a	NE	88,52 ± 34,01 ^{ab}
Ferme 10	71,41 ± 6,50 ^f	46,27 ± 1,08 ^e	58,94 ± 15,06 ^{abef}	24,51 ± 0,83 ^c	18,25 ± 3,11 ^{abef}	15,76 ± 1,77 ^d	NE	4,19 ± 0,98 ^b	NE	14,38 ± 0,78 ^c	NE	121,71 ± 41,86 ^{bcd}	NE	71,50 ± 4,49 ^{ab}
Ferme 11	55,66 ± 0,93 ^b	34,77 ± 0,47 ^{bd}	111,56 ± 6,66 ^f	108,06 ± 11,85 ^f	25,02 ± 0,46 ^f	65,45 ± 3,03 ^f	NE	15,53 ± 0,76 ^{ab}	NE	62,75 ± 2,27 ^a	NE	153,48 ± 12,02 ^{bcd}	NE	94,62 ± 1,39 ^{abc}
Ferme 13	53,47 ± 0,55 ^{bc}	39,65 ± 3,22 ^{bd}	68,68 ± 10,13 ^{ef}	61,19 ± 1,93 ^b	31,28 ± 1,46 ^{ef}	34,89 ± 5,17 ^{abd}	NE	7,60 ± 0,33 ^{bc}	NE	20,08 ± 0,67 ^{bc}	NE	93,44 ± 4,30 ^{cd}	NE	69,99 ± 2,35 ^{ab}
Ferme 14	37,38 ± 0,42 ^a	30,32 ± 1,39 ^{cd}	64,75 ± 4,59 ^{def}	37,94 ± 2,27 ^{bcd}	15,56 ± 1,52 ^{def}	25,12 ± 1,77 ^d	NE	7,06 ± 1,98 ^{bc}	NE	25,88 ± 5,49 ^{bc}	NE	131,18 ± 28,66 ^{bcd}	NE	117,25 ± 17,72 ^{bc}
Ferme 15	41,93 ± 1,73 ^{de}	60,77 ± 0,21 ^f	25,53 ± 2,56 ^d	49,80 ± 7,90 ^{bd}	35,99 ± 7,77 ^d	225,56 ± 33,41 ^a	NE	14,38 ± 0,78 ^c	NE	221,76 ± 34,64 ^d	NE	71,50 ± 4,49 ^{ab}	NE	83,03 ± 29,06 ^{ab}
Ferme 18	39,04 ± 0,16 ^c	32,35 ± 0,98 ^{cd}	66,04 ± 2,71 ^{def}	48,46 ± 2,08 ^{abd}	18,86 ± 3,23 ^{bc}	31,77 ± 2,64 ^{abd}	NE	24,07 ± 1,19 ^d	NE	38,18 ± 4,55 ^{abc}	NE	135,45 ± 6,39 ^{bcd}	NE	110,88 ± 15,68 ^{bc}
Ferme 20	42,18 ± 3,73 ^{de}	33,64 ± 4,07 ^{bcd}	39,07 ± 4,72 ^{bcd}	36,86 ± 2,55 ^{bcd}	14,99 ± 0,92 ^{bcd}	59,45 ± 7,02 ^{bc}	NE	19,28 ± 2,65 ^a	NE	61,98 ± 1,60 ^a	NE	191,61 ± 34,06 ^{ab}	NE	137,95 ± 2,07 ^c
Ferme 21	46,20 ± 0,36 ^{bd}	27,55 ± 0,54 ^c	44,55 ± 9,75 ^{abcde}	32,62 ± 2,31 ^{bc}	48,20 ± 8,89 ^{abcde}	26,84 ± 1,44 ^{ad}	NE	6,92 ± 0,70 ^{bc}	NE	36,80 ± 4,67 ^{abc}	NE	127,52 ± 36,39 ^{bcd}	NE	97,99 ± 10,78 ^{bc}

On observe de manière récurrente un jaunissement plus marqué en été qu'en hiver au niveau du cœur des pâtes pressées non cuites. Néanmoins, ce contraste colorimétrique met en évidence une évolution de la composition pigmentaire du lait, en lien avec le régime alimentaire des vaches. En période de pâturage, les animaux consomment de l'herbe fraîche naturellement riche en β -carotène, pigment qui intensifie légèrement la coloration jaune des fromages (Conboy Stephenson *et al.*, 2021). En revanche, durant l'hiver, l'alimentation repose principalement sur des fourrages conservés dont la teneur en β -carotène est plus faible. Cette diminution résulte principalement de l'oxydation et de la dégradation du pigment sous l'effet de la lumière et de l'exposition à l'air lors de la conservation. Le foin, séché à l'air libre, en contient généralement moins que les ensilages ou enrubannages, où la conservation anaérobie limite mieux ces pertes (De La Torre-Santos *et al.*, 2020 ; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2021). Cette moindre disponibilité en β -carotène dans la ration hivernale se traduit par une couleur plus pâle des fromages, comme l'illustrent nos résultats. Au-delà de son effet colorant, le β -carotène constitue également un précurseur de la vitamine A et possède des propriétés antioxydantes, contribuant à la qualité nutritionnelle du lait et des produits laitiers (Conboy Stephenson *et al.*, 2021).

Parmi les échantillons analysés, on observe que la ferme 10 présente la valeur la plus élevée de l'indice de jaunissement mesuré dans le cœur des fromages produits en période estivale. La ferme 10 élève exclusivement des vaches de race Jersey, dont le lait est reconnu pour sa teneur naturellement plus élevée en matière grasse (Chitchyan et Grigoryan, 2016), ce qui est cohérent avec l'intensité du jaunissement observée. En période hivernale, la tendance se maintient : la ferme 10 affiche encore l'un des indices les plus élevés, se situant juste derrière la ferme 15 (18 semaines d'affinage). À l'inverse, en période hivernale, les fermes 3, 14 et 21, dont les troupeaux sont composés de vaches Holstein, race produisant un lait généralement moins riche en matière grasse, présentent les indices de jaunissement les plus faibles dans le cœur des fromages. La teneur en β -carotène, principal pigment liposoluble à l'origine de la coloration jaune du lait, est en effet directement liée à la fraction lipidique. Ainsi, une teneur plus élevée en matière grasse favorise le transport et le stockage de ce pigment, ce qui intensifie la couleur jaune du lait et, par conséquent, des fromages.

Les indices de jaunissement de la croûte particulièrement élevés observés pour la ferme 11 s'expliquent par l'application d'une couche de parafilm de protection sur les fromages. Ce revêtement, initialement de teinte jaune opaque, peut évoluer vers un ton jaune-orangé au cours de l'affinage, ce qui justifie la valeur chromatique mesurée. Outre son impact visuel, ce parafilm joue un rôle essentiel dans la conservation et la maturation : il

forme une barrière protectrice contre le développement microbien indésirable, limite les pertes d'humidité et contribue à une évolution plus homogène des qualités sensorielles du fromage (Bagheripoor et al., 2018).

En hiver, les fromages de la ferme 15 présentent des valeurs particulièrement élevées de rupture et de dureté de la croûte, ce qui s'explique par la durée d'affinage prolongée, atteignant 18 semaines. Un affinage aussi long favorise en effet la formation d'une croûte plus sèche, plus compacte et donc plus résistante. À l'inverse, les fromages affinés sur des durées courtes affichent les valeurs de rupture les plus faibles. En été, les fermes 2 et 4, dont les fromages n'ont été affinés que 3 semaines, présentent les ruptures minimales. La même tendance est observée en hiver : avec un affinage limité à 4 semaines, les fermes 1 et 10 montrent les plus faibles valeurs de rupture et de dureté de croûte.

Pour un même temps d'affinage, la dureté et la rupture présentent des variabilités relativement faibles, traduisant une certaine homogénéité structurale des fromages. En revanche, l'élasticité montre une plus forte variabilité, indiquant qu'il s'agit du paramètre textural le plus sensible aux conditions de production.

ii. Physico-chimie

Le tableau 18 présente les résultats des analyses physico-chimiques réalisées sur la pâte pressée non cuite pour les deux campagnes, estivale et hivernale. Les paramètres évalués incluent le pH, l'activité de l'eau (Aw), la teneur en matière sèche (MS), la teneur en cendres par matière sèche (Cendres/MS), la teneur en protéines par matière sèche (Protéines/MS) et la teneur en matière grasse par matière sèche (MG/MS). Une note s'applique à ce tableau : les différences significatives entre les valeurs sont signalées par des lettres différentes dans une même colonne (P<0,05). L'abréviation NE correspond à « Non Effectué ».

Il convient toutefois de préciser que, durant la campagne estivale, les analyses en laboratoire ont été réalisées à la fois sur le cœur et sur la croûte des fromages. En revanche, pour la campagne hivernale, les analyses ont porté uniquement sur le cœur, afin de rester cohérent avec le protocole appliqué lors de l'analyse sensorielle de cette période.

Tableau 18. Résultats des analyses physico-chimiques des deux campagnes pour la pâte pressée non cuite

N° Ferme	pH														Aw		MS(%)		Cendres/MS (%)		Protéines/MS (%)		MG/MS (%)	
	Cœur		Croûte																					
	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver	Été	Hiver								
Ferme 1	5,40 ± 0,01 ^{abc}	5,12 ± 0,09 ^a	NE	5,38 ± 0,01 ^{abc}	0,958 ± 0,00 ^a	0,982 ± 0,00 ^c	77,55 ± 2,59 ^{de}	57,39 ± 2,31 ^b	4,59 ± 0,08 ^{de}	5,14 ± 0,45 ^a	30,76 ± 1,69 ^{cd}	34,61 ± 1,11 ^{bc}	43,41 ± 0,37 ^{cd}	52,86 ± 1,81 ^{bcde}										
Ferme 2	5,19 ± 0,02 ^{bcd}	5,47 ± 0,11 ^{abdef}	NE	5,98 ± 0,12 ^f	0,976 ± 0,00 ^d	0,973 ± 0,00 ^{abc}	60,14 ± 1,90 ^b	61,68 ± 0,61 ^{de}	4,83 ± 0,27 ^{abcde}	5,23 ± 0,11 ^a	38,85 ± 1,06 ^b	36,12 ± 0,71 ^{ab}	46,56 ± 0,00 ^{bcd}	51,88 ± 0,81 ^{abcde}										
Ferme 3	5,50 ± 0,05 ^a	5,50 ± 0,02 ^{def}	NE	5,73 ± 0,07 ^e	0,965 ± 0,00 ^{cd}	0,98 ± 0,00 ^{bc}	69,91 ± 0,10 ^{cd}	57,70 ± 0,16 ^b	5,15 ± 0,14 ^{abcde}	5,19 ± 0,09 ^a	35,45 ± 3,27 ^{abcd}	33,50 ± 0,63 ^{cd}	43,63 ± 1,01 ^{de}	59,03 ± 0,87 ^f										
Ferme 4	5,32 ± 0,17 ^{abc}	5,34 ± 0,03 ^{bc}	NE	5,47 ± 0,02 ^{bc}	0,963 ± 0,00 ^a	0,97 ± 0,00 ^{abc}	51,63 ± 1,27 ^e	53,44 ± 0,4 ^e	7,06 ± 0,12 ^d	7,05 ± 0,27 ^c	45,61 ± 2,71 ^a	41,41 ± 0,37 ^f	45,19 ± 1,12 ^{de}	49,40 ± 1,49 ^e										
Ferme 7	5,31 ± 0,03 ^{abc}	5,35 ± 0,02 ^{abcd}	NE	5,40 ± 0,01 ^{abc}	0,962 ± 0,00 ^a	0,973 ± 0,00 ^{abc}	63,06 ± 0,79 ^{ab}	65,91 ± 0,68 ^a	5,07 ± 0,14 ^{abc}	5,04 ± 0,11 ^a	36,92 ± 2,05 ^{ab}	36,91 ± 0,79 ^a	42,02 ± 1,12 ^e	49,05 ± 0,88 ^e										
Ferme 10	5,46 ± 0,09 ^a	5,21 ± 0,05 ^{ch}	NE	5,25 ± 0,05 ^{bd}	0,958 ± 0,00 ^a	0,983 ± 0,00 ^c	77,46 ± 0,50 ^{def}	59,39 ± 1,35 ^{de}	3,90 ± 0,07 ^b	4,88 ± 0,62 ^{ab}	29,56 ± 0,13 ^c	31,46 ± 0,51 ^a	45,62 ± 1,34 ^{bcde}	56,13 ± 1,94 ^{bcde}										
Ferme 11	5,48 ± 0,02 ^a	5,56 ± 0,03 ^f	NE	5,75 ± 0,11 ^e	0,965 ± 0,00 ^{cd}	0,959 ± 0,01 ^b	71,11 ± 1,84 ^{def}	63,55 ± 0,73 ^{cd}	4,65 ± 0,01 ^{bcde}	5,61 ± 0,26 ^a	39,47 ± 0,44 ^b	34,82 ± 0,39 ^{cd}	46,41 ± 0,00 ^{bcde}	57,96 ± 1,20 ^f										
Ferme 13	5,52 ± 0,02 ^a	5,49 ± 0,05 ^{efg}	NE	5,97 ± 0,03 ^f	0,968 ± 0,00 ^{cd}	0,976 ± 0,00 ^{abc}	71,26 ± 1,14 ^{def}	60,25 ± 0,37 ^{de}	4,41 ± 0,08 ^{de}	5,09 ± 0,08 ^a	39,26 ± 0,95 ^b	34,63 ± 0,05 ^{bc}	49,59 ± 0,81 ^e	54,77 ± 0,00 ^{bcde}										
Ferme 14	5,55 ± 0,21 ^a	5,41 ± 0,02 ^{abde}	NE	5,44 ± 0,08 ^{bc}	0,969 ± 0,00 ^{cd}	0,966 ± 0,00 ^{abc}	68,77 ± 3,65 ^{de}	65,65 ± 0,88 ^a	4,01 ± 0,26 ^{ab}	4,98 ± 0,39 ^{ab}	38,84 ± 2,61 ^{ab}	34,69 ± 0,83 ^{bc}	50,53 ± 0,51 ^e	50,27 ± 0,00 ^{cd}										
Ferme 15	5,02 ± 0,02 ^d	5,52 ± 0,04 ^{de}	NE	5,52 ± 0,04 ^c	0,926 ± 0,01 ^c	0,923 ± 0,02 ^d	77,47 ± 1,19 ^{def}	72,87 ± 0,80 ^f	6,15 ± 0,48 ^e	8,08 ± 0,14 ^d	35,10 ± 0,55 ^{abcd}	36,06 ± 0,43 ^{ab}	49,05 ± 0,00 ^{cd}	48,72 ± 1,19 ^e										
Ferme 18	5,10 ± 0,05 ^{bd}	4,96 ± 0,03 ^c	NE	5,07 ± 0,06 ^d	0,958 ± 0,00 ^a	0,96 ± 0,00 ^{ab}	68,34 ± 2,86 ^{de}	76,07 ± 0,53 ^c	5,27 ± 0,43 ^{ab}	4,11 ± 0,02 ^b	38,70 ± 1,98 ^b	31,82 ± 0,06 ^{cd}	47,80 ± 0,42 ^{bcde}	49,74 ± 0,38 ^{de}										
Ferme 20	5,16 ± 0,04 ^{bd}	5,34 ± 0,05 ^{bc}	NE	5,30 ± 0,06 ^{ab}	0,958 ± 0,00 ^a	0,978 ± 0,00 ^{abc}	73,48 ± 2,70 ^{def}	64,06 ± 1,32 ^{de}	5,34 ± 0,06 ^b	5,58 ± 0,37 ^a	29,44 ± 0,95 ^c	34,83 ± 0,30 ^{cd}	49,22 ± 1,04 ^e	54,38 ± 1,19 ^{de}										
Ferme 21	5,47 ± 0,09 ^a	5,35 ± 0,01 ^{abc}	NE	5,38 ± 0,02 ^{abc}	0,941 ± 0,01 ^b	0,97 ± 0,00 ^{abc}	80,86 ± 3,11 ^c	58,51 ± 0,36 ^b	5,07 ± 0,19 ^{abc}	5,64 ± 0,27 ^a	32,94 ± 0,50 ^{cd}	35,34 ± 0,38 ^{cd}	46,58 ± 0,71 ^{bcd}	55,55 ± 0,85 ^{bc}										

Le pH du cœur de la pâte pressée non cuite présente une bonne stabilité au cours de l'année. En période estivale, il se maintient dans une plage étroite comprise entre 5,02 et 5,55, tandis qu'en hiver, il évolue dans des valeurs proches, de 4,96 à 5,56. Cette constance témoigne d'un équilibre chimique relativement robuste au sein de la pâte. En revanche, le pH mesuré au niveau de la croûte présente une amplitude légèrement plus large, s'étendant de 5,07 à 5,98, ce qui reflète l'influence de phénomènes locaux, tels que l'activité microbienne de surface, les échanges avec l'air ambiant et les variations d'humidité.

Activité de la flore de surface (dégradation de l'acide lactique)

En été, l'activité de l'eau (Aw) tend à diminuer lorsque le temps d'affinage augmente. Cela se vérifie notamment pour les fermes 15 et 21, qui présentent les valeurs d'Aw les plus faibles en été, avec respectivement 12 et 20 semaines d'affinage. À l'inverse, la ferme 2, dont les fromages ne sont affinés que 3 semaines, affiche l'activité de l'eau la plus élevée. En hiver, la même tendance est observée : la ferme 15, dont les fromages sont affinés pendant 18 semaines, présente également l'activité de l'eau la plus basse. Ces résultats s'expliquent facilement par le fait que l'affinage prolongé entraîne une perte progressive d'humidité, ce qui réduit mécaniquement l'activité de l'eau dans le fromage.

Concernant la matière sèche, les valeurs les plus faibles observées en été correspondent à des temps d'affinage courts, tandis que la valeur la plus élevée est associée à un affinage prolongé. Bien que les mesures aient été réalisées différemment selon les campagnes, la même tendance apparaît en hiver : le pourcentage de matière sèche le plus élevé est également lié à un temps d'affinage long. Ce phénomène s'explique par la perte progressive d'eau au cours de l'affinage : plus le fromage mûrit longtemps, plus il se déshydrate, ce qui concentre la matière sèche.

La ferme 10, dont le troupeau est exclusivement composé de vaches Jersey, présente un taux de matière grasse particulièrement élevé sur la matière sèche. Cette observation est cohérente avec les caractéristiques de la race Jersey, reconnue pour produire un lait naturellement riche en lipides par rapport à d'autres races laitières, comme les Holstein et les Montbéliarde.

Cependant, pour les valeurs de protéines et de matières grasses, les données restent relativement stables en hiver entre les fermes. Aucune corrélation significative n'a pu être mise en évidence avec les paramètres technologiques étudiés, tels que le temps de pressage, la durée d'affinage, le salage, le dé lactosage ou encore le temps de coagulation.

iii. Composés organiques volatiles

Pour les pâtes pressées non cuites, les résultats relatifs aux composés organiques volatils (COV) obtenus en été et en hiver ne sont pas directement comparables. En été, les analyses ont porté conjointement sur le cœur et la croûte des fromages, tandis que, pour les échantillons d'hiver, seul le cœur a été examiné. Cette différence méthodologique limite la possibilité d'établir une comparaison rigoureuse entre les deux saisons. Néanmoins, on peut relever qu'en été, l'analyse du cœur et de la croûte permet d'identifier un nombre nettement plus élevé de molécules (115 molécules), alors qu'en hiver, l'examen du cœur seul n'en révèle qu'environ la moitié (61 molécules). Il convient toutefois de tenir compte des différences de rations entre les deux périodes. En été, le pâturage offre une alimentation plus diversifiée, enrichissant le lait en une plus large variété de molécules. En hiver, les rations sont plus homogènes, composées principalement de fourrages conservés et de concentrés, ce qui limite cette diversité moléculaire.

Les valeurs présentant un écart-type supérieur à 30% de la moyenne ont été écartées de l'analyse. En effet, une telle variabilité traduit une dispersion trop importante des données, ce qui compromet la fiabilité des résultats. De plus, les moyennes étant inférieures à 1 % ont également été écartées des tableaux caractéristiques et spécifiques. Ces valeurs n'ont donc pas été prises en considération dans l'interprétation des relations potentielles avec les pratiques de fabrication.

Les composés organiques volatils (COV) identifiés ont été répartis en deux catégories :

- Tableaux caractéristiques : regroupant les molécules présentes dans l'ensemble des maquées analysées

- Tableaux spécifiques : regroupant les molécules détectées uniquement dans certaines fermes et absentes dans d'autres.

Afin d’obtenir une vision d’ensemble, plusieurs familles de composés chimiques ont été identifiées dans cette catégorie de fromages, la pâte pressée non cuite. Parmi celles-ci, on retrouve : les alcools (odeur piquante (chaîne courte), arôme fruité et floral (chaîne longue)), les aldéhydes (notes herbacées), les alcanes (inodore), les acides (arôme de vinaigre), les cétones (arôme fruité, parfois piquant), les esters (arôme fruité, doux), les composés azotés (notes grillées ou de noisettes voire parfois à des nuances désagréables), ainsi que les lactones (notes fruitées et crémeuses fermentées) (Ziino et al., 2005 ; Ouellette, 2015 ; Fan et al., 2025 ; Xing et al., 2025).

Les tableaux 19 et 20 présentent les molécules caractéristiques des pâtes pressées non cuites wallonnes issues de la campagne d’été et d’hiver, respectivement. Les tableaux 21 et 22 répertorient quant à eux les molécules spécifiques identifiées pour ces deux mêmes périodes.

L’ensemble de ces tableaux indique les abondances relatives de chaque molécule détectée dans les échantillons provenant des différentes fermes productrices de pâte pressée non cuite, ainsi que leurs principales caractéristiques sensorielles (goût et/ou odeur) accompagnées des références bibliographiques correspondantes.

Une même note s’applique à l’ensemble de ces tableaux : les différences significatives entre les valeurs sont signalées par des lettres différentes dans une même ligne (P<0,05).

L’ensemble des tableaux détaillés, comprenant la liste complète des molécules identifiées, est présenté en annexes 10 et 11.

Tableau 19. Molécules caractéristiques des pâtes pressées non cuites wallonnes lors de la campagne d'été

	Ferme 1	Ferme 2	Ferme 3	Ferme 4	Ferme 7	Ferme 10	Ferme 11	Ferme 13	Ferme 14	Ferme 15	Ferme 18	Ferme 20	Ferme 21	Caractéristiques	Bibliographie
Alcohol															
1-Butanol, 3-methyl-	1,70 ± 0,66 ^{ab}	8,59 ± 0,38 ^{bc}	0,90 ± 0,22 ^{ab}	1,70 ± 1,10 ^{ab}	0,67 ± 0,27 ^a	0,24 ± 0,17 ^a	0,44 ± 0,08 ^a	1,11 ± 0,44 ^{ab}	11,36 ± 9,14 ^c	1,28 ± 0,17 ^{ab}	0,76 ± 0,38 ^{ab}	1,93 ± 2,29 ^{ab}	0,21 ± 0,07 ^a	Fusel, fermenté, piquant	Suffys et al., 2023
Phenylethyl Alcohol	0,01 ± 0,02 ^a	0,81 ± 0,52 ^{ab}	0,17 ± 0,09 ^a	0,22 ± 0,13 ^a	0,05 ± 0,03 ^a	0,60 ± 0,26 ^{ab}	0,26 ± 0,09 ^a	0,98 ± 0,08 ^{ab}	1,06 ± 0,97 ^{ab}	1,59 ± 0,53 ^b	0,17 ± 0,02 ^a	0,81 ± 0,96 ^{ab}	0,06 ± 0,02 ^a	Odeur florale	Wang et al., 2025
Alkanes															
Octane	0,02 ± 0,01 ^a	0,04 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,02 ^a	0,08 ± 0,12 ^a	0,09 ± 0,10 ^a	0,02 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,01 ^a	0,27 ± 0,37 ^a	0,01 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,06 ^a	0,08 ± 0,03 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	Odeur d'essence	ChemBK., 2023
Acids															
Acetic acid	19,57 ± 2,56 ^a	7,56 ± 5,29 ^{abc}	13,69 ± 1,16 ^{cdm}	6,86 ± 2,98 ^{abc}	3,42 ± 0,84 ^{ab}	6,86 ± 1,31 ^{abc}	15,05 ± 2,00 ^{ab}	0,36 ± 0,28 ^b	3,77 ± 2,72 ^{ab}	3,35 ± 1,04 ^{ab}	10,00 ± 4,08 ^{abcd}	0,56 ± 0,32 ^b	6,01 ± 0,41 ^{ab}	Piquant, odeur de vinaigre	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
Propanoic acid, 2-methyl-	0,88 ± 0,16 ^{abcd}	1,84 ± 0,32 ^a	1,18 ± 0,06 ^{abcd}	3,41 ± 1,15 ^a	0,38 ± 0,10 ^{abcd}	0,08 ± 0,07 ^b	0,92 ± 0,16 ^{abcd}	0,33 ± 0,15 ^{ab}	0,53 ± 0,18 ^{abc}	1,87 ± 0,31 ^a	1,62 ± 0,29 ^{cd}	0,59 ± 0,20 ^{abcd}	0,71 ± 0,05 ^{abc}	Beurre périmé	Domingos et al., 2019
Butanoic acid	19,28 ± 1,57 ^{def}	11,70 ± 4,26 ^{cd}	7,55 ± 0,60 ^{cd}	5,76 ± 1,84 ^c	12,73 ± 0,43 ^{abcd}	11,19 ± 1,35 ^{abcd}	14,30 ± 2,04 ^{abcd}	6,09 ± 2,39 ^c	11,67 ± 4,74 ^{abcd}	25,54 ± 2,43 ^f	15,96 ± 2,60 ^{abcd}	7,18 ± 1,64 ^c	21,30 ± 0,97 ^{ef}	Odeur rance	Curioni et al., 2002 ; Yang et al., 2024
Butanoic acid, 3-methyl-	3,56 ± 0,60 ^{ab}	5,12 ± 0,98 ^{ad}	13,10 ± 1,41 ^c	15,15 ± 3,22 ^c	3,30 ± 0,93 ^{ab}	0,49 ± 0,05 ^a	4,89 ± 1,30 ^{ad}	1,11 ± 0,32 ^{ab}	2,58 ± 0,82 ^{ab}	8,79 ± 1,87 ^d	15,80 ± 1,34 ^c	1,86 ± 1,63 ^{ab}	3,85 ± 0,33 ^{ab}	Odeur de sueur, acide, rance	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
Hexanoic acid	13,38 ± 2,70 ^a	6,10 ± 5,35 ^{abcd}	4,10 ± 0,21 ^{abcd}	4,52 ± 1,23 ^{abcd}	5,67 ± 2,91 ^{abcd}	10,22 ± 1,05 ^{abcd}	7,71 ± 1,07 ^{abcd}	1,25 ± 0,50 ^d	11,59 ± 0,98 ^{def}	13,41 ± 0,94 ^a	8,50 ± 0,81 ^{abcd}	3,09 ± 1,91 ^{cd}	11,95 ± 1,05 ^{ef}	Rance	Yang et al., 2024
Octanoic acid	0,66 ± 0,60 ^{abc}	0,36 ± 0,45 ^{bc}	0,59 ± 0,08 ^{abc}	1,04 ± 0,58 ^{abc}	0,53 ± 0,31 ^{abc}	1,96 ± 0,56 ^{ad}	0,60 ± 0,13 ^{abc}	0,16 ± 0,10 ^c	1,98 ± 0,79 ^{ad}	2,88 ± 0,95 ^d	0,45 ± 0,05 ^c	0,35 ± 0,29 ^{bc}	1,75 ± 0,42 ^{abcd}	Odeur de pourri, rance, sueur	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
Ketones															
2-Butanone	0,14 ± 0,14 ^a	14,33 ± 3,74 ^c	0,10 ± 0,04 ^a	8,20 ± 0,26 ^b	0,03 ± 0,03 ^a	15,88 ± 1,29 ^c	8,82 ± 1,61 ^b	0,08 ± 0,01 ^a	0,43 ± 0,15 ^a	0,99 ± 0,30 ^a	0,56 ± 0,28 ^a	0,59 ± 0,53 ^a	0,08 ± 0,02 ^a	Sucré, fruité, floral, caramel au beurre	Yang et al., 2024 ; Curioni et al., 2002
2-Heptanone	2,72 ± 1,87 ^b	1,96 ± 2,42 ^b	0,26 ± 0,03 ^c	4,37 ± 4,88 ^{ab}	25,70 ± 3,10 ^{ab}	10,27 ± 3,23 ^{abc}	1,71 ± 0,14 ^b	30,02 ± 1,67 ^b	10,12 ± 3,93 ^{abc}	12,61 ± 2,97 ^{ab}	14,25 ± 6,88 ^c	40,53 ± 0,92 ^d	16,78 ± 0,71 ^{ac}	Fruité, herbacé, floral	Yang et al., 2024 ; Curioni et al., 2002
Acetoin	23,99 ± 4,35 ^{de}	22,76 ± 7,44 ^{de}	42,96 ± 0,58 ^f	26,03 ± 3,49 ^a	15,01 ± 7,41 ^{abc}	0,59 ± 0,52 ^d	24,77 ± 1,30 ^{de}	6,14 ± 2,72 ^{ad}	21,47 ± 2,34 ^{abc}	4,17 ± 1,60 ^{ad}	10,55 ± 1,89 ^{abcd}	7,64 ± 3,66 ^{ad}	7,49 ± 0,61 ^{ad}	Lactée, beurre, crème	Curioni et al., 2002 ; Acree et al., 2004
Lactones															
2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6-pentyl-	0,07 ± 0,02 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,09 ± 0,01 ^a	0,10 ± 0,02 ^{ab}	0,06 ± 0,01 ^{ab}	0,06 ± 0,01 ^a	0,22 ± 0,02 ^b	0,04 ± 0,02 ^a	0,05 ± 0,04 ^a	0,04 ± 0,01 ^a	0,08 ± 0,02 ^a	0,06 ± 0,01 ^a	0,06 ± 0,01 ^a	Crèmeux, coco	The Good Scents Company., s.d.

Tableau 20. Molécules caractéristiques des pâtes pressées non cuites wallonnes lors de la campagne d’hiver

	Ferme 1	Ferme 2	Ferme 3	Ferme 4	Ferme 7	Ferme 10	Ferme 11	Ferme 13	Ferme 14	Ferme 15	Ferme 18	Ferme 20	Ferme 21	Caractéristiques	Bibliographie
Aldehydes															
Benzaldehyde	0,53 ± 0,67 ^{ab}	1,00 ± 0,50 ^{ab}	0,62 ± 0,10 ^{ab}	0,51 ± 0,30 ^{ab}	0,17 ± 0,29 ^{ab}	1,31 ± 0,17 ^a	0,49 ± 0,43 ^{ab}	0,13 ± 0,07 ^a	0,54 ± 0,22 ^{ab}	0,79 ± 0,70 ^{ab}	0,40 ± 0,18 ^{ab}	0,15 ± 0,17 ^a	1,00 ± 0,48 ^{ab}	Sucre brûlé, boisé, amande	Domingos et al., 2019
Acids															
Acetic acid	8,23 ± 6,58 ^{cd}	10,40 ± 2,17 ^{acd}	17,47 ± 3,09 ^{bcd}	5,61 ± 2,07 ^a	24,10 ± 1,67 ^{ab}	13,24 ± 1,89 ^{abc}	27,20 ± 3,45 ^b	4,12 ± 2,08 ^a	13,75 ± 0,87 ^{abcd}	15,23 ± 4,26 ^{abcd}	20,11 ± 11,57 ^{ab}	15,61 ± 2,66 ^{abcd}	16,19 ± 7,90 ^{abcd}	Piquant, odeur de vinaigre	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
Propanoic acid, 2-methyl-	1,98 ± 1,44 ^{abc}	4,25 ± 0,04 ^b	1,17 ± 0,12 ^{ac}	3,19 ± 0,46 ^{bc}	0,22 ± 0,22 ^a	4,49 ± 0,34 ^b	2,35 ± 1,50 ^{abcd}	0,43 ± 0,03 ^a	0,67 ± 0,10 ^{ac}	0,15 ± 0,25 ^a	3,94 ± 2,30 ^b	0,60 ± 0,66 ^{ac}	0,29 ± 0,28 ^a	Beurre périlmé	Domingos et al., 2019
Butanoic acid	3,82 ± 2,18 ^d	8,24 ± 0,29 ^{abcd}	6,21 ± 1,57 ^{cd}	10,83 ± 1,38 ^{abcd}	19,43 ± 2,14 ^a	8,99 ± 1,73 ^{abcd}	11,11 ± 0,66 ^{abcd}	7,30 ± 1,55 ^{cd}	11,94 ± 6,11 ^{abcd}	19,04 ± 1,49 ^{ab}	7,83 ± 0,86 ^{bcd}	33,75 ± 9,69 ^a	15,25 ± 6,17 ^{abc}	Odeur rance	Curioni et al., 2002 ; Yang et al., 2024
Butanoic acid, 3-methyl-	6,37 ± 3,86 ^{abcd}	13,97 ± 0,36 ^{ae}	15,74 ± 3,59 ^a	9,82 ± 1,66 ^{bcd}	1,90 ± 0,44 ^{ab}	10,66 ± 1,57 ^{abc}	9,56 ± 6,65 ^{abcd}	1,90 ± 0,18 ^{ab}	1,83 ± 0,30 ^{ab}	0,99 ± 0,26 ^a	8,59 ± 5,21 ^{abcde}	2,12 ± 2,65 ^{abd}	1,03 ± 0,6 ^a	Odeur de sueur, acide, rance	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
Hexanoic acid	1,22 ± 1,10 ^c	4,09 ± 0,27 ^{abc}	4,12 ± 1,49 ^{abc}	3,55 ± 1,41 ^{ac}	6,45 ± 0,66 ^{bc}	2,38 ± 1,46 ^a	4,66 ± 0,13 ^{abc}	1,78 ± 0,59 ^a	8,60 ± 2,31 ^{ab}	8,69 ± 0,78 ^{ab}	3,09 ± 1,72 ^{ac}	3,25 ± 1,71 ^{ac}	9,68 ± 5,76 ^b	Rance	Yang et al., 2024
Ketones															
2-Butanone	14,38 ± 2,98 ^{df}	18,10 ± 2,75 ^d	7,79 ± 2,32 ^c	20,23 ± 1,90 ^{de}	5,49 ± 0,80 ^{abc}	5,13 ± 0,53 ^{abc}	0,49 ± 0,43 ^a	26,13 ± 1,97 ^a	10,56 ± 0,99 ^{cd}	7,28 ± 5,11 ^{bc}	0,09 ± 0,16 ^a	4,33 ± 0,59 ^{abc}	1,11 ± 0,62 ^{ab}	Sucré, fruité, floral, caramel au beurre	Curioni et al., 2002 ; Yang et al., 2024
Acetoin	28,50 ± 6,89 ^{bc}	10,58 ± 3,36 ^{ade}	33,58 ± 1,85 ^c	8,76 ± 1,87 ^{ab}	22,47 ± 1,44 ^{abc}	29,56 ± 2,65 ^{bc}	33,73 ± 7,82 ^c	26,83 ± 1,07 ^{bc}	14,43 ± 4,49 ^{cd}	0,75 ± 0,65 ^a	14,64 ± 6,42 ^{ad}	19,94 ± 1,68 ^{abcd}	19,81 ± 3,16 ^{abc}	Lactée, beurre, crème	Curioni et al., 2002 ; Acree et al., 2004
2-Nonanone	0,76 ± 0,31 ^a	0,10 ± 0,09 ^a	0,74 ± 0,39 ^a	3,96 ± 1,58 ^{ab}	0,73 ± 0,12 ^a	2,24 ± 1,18 ^{ab}	0,34 ± 0,34 ^a	0,75 ± 0,16 ^a	3,93 ± 0,34 ^{ab}	1,01 ± 0,90 ^{ab}	2,34 ± 0,37 ^{ab}	0,29 ± 0,26 ^a	7,04 ± 7,13 ^b	Sucré, fruité, floral	Curioni et al., 2002 ; Yang et al., 2024

Tableau 21. Molécules spécifiques des pâtes pressées non cuites wallonnes lors de la campagne d’été

	Ferme 1	Ferme 2	Ferme 3	Ferme 4	Ferme 7	Ferme 10	Ferme 11	Ferme 13	Ferme 14	Ferme 15	Ferme 18	Ferme 20	Ferme 21	Caractéristiques	Bibliographie
Alcohol															
Isopropyl Alcohol	0,09 ± 0,02 ^a	0,16 ± 0,28 ^a	0,45 ± 0,07 ^a	0,17 ± 0,15 ^a	0,06 ± 0,04 ^a	0,52 ± 0,48 ^a	1,85 ± 0,49 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,02 ^a	Alcoolique doux, quelque peu désagréable	ChemBK., 2023
2-Butanol	0,00 ± 0,00 ^a	3,19 ± 1,60 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	1,11 ± 0,49 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	15,34 ± 1,94 ^c	7,88 ± 1,84 ^d	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,01 ^a	0,18 ± 0,22 ^a	0,11 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Amande douce sucrée	Domingos et al., 2019 ; The Good Scents Company., s.d.
2-Pentanol	0,16 ± 0,15 ^{ab}	0,07 ± 0,07 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b	0,13 ± 0,04 ^b	1,31 ± 0,18 ^c	0,00 ± 0,00 ^a	0,35 ± 0,10 ^{ab}	0,17 ± 0,03 ^{ab}	0,55 ± 0,08 ^a	1,07 ± 0,23 ^c	0,54 ± 0,42 ^a	1,19 ± 0,20 ^c	Frais, menthe, plastique, piquant	Curioni et al., 2002 ; Domingos et al., 2019 ; Hu et al., 2022
2-Heptanol	0,50 ± 0,07 ^{ab}	0,42 ± 0,20 ^{bc}	0,00 ± 0,00 ^{ab}	0,17 ± 0,11 ^{ab}	0,31 ± 0,11 ^a	2,76 ± 0,13 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,88 ± 0,23 ^{ab}	0,69 ± 0,18 ^c	1,66 ± 0,19 ^{ab}	1,69 ± 0,68 ^{ab}	1,24 ± 0,71 ^{ab}	0,91 ± 0,24 ^a	Herbacé, terreux, champignon	Yang et al., 2024 ; Curioni et al., 2002 ; Poveda et al., 2008
Aldehydes															
Butanal, 3-methyl-	0,81 ± 0,76 ^a	2,98 ± 2,47 ^a	0,19 ± 0,11 ^a	1,20 ± 0,86 ^a	0,12 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,08 ± 0,10 ^a	0,85 ± 0,50 ^a	1,93 ± 2,29 ^a	0,29 ± 0,06 ^a	0,21 ± 0,05 ^a	0,60 ± 0,55 ^a	0,12 ± 0,04 ^a	Herbacé, malté, fermentée, âcre	Curioni et al., 2002 ; Sádecká et al., 2013
Ketones															
2-Pentanone	0,22 ± 0,17 ^a	0,21 ± 0,25 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,55 ± 0,81 ^a	12,40 ± 0,54 ^{ab}	3,71 ± 1,94 ^{def}	0,49 ± 0,09 ^a	14,09 ± 3,73 ^b	2,13 ± 0,54 ^{df}	6,13 ± 1,72 ^{df}	7,16 ± 2,64 ^{cd}	11,26 ± 2,43 ^{abc}	8,22 ± 1,20 ^{abcd}	Sucré, fruité, écorce d’orange, floral	Yang et al., 2024 ; Curioni et al., 2002
2,3-Butanedione	6,78 ± 2,39 ^a	3,79 ± 1,11 ^{abc}	13,38 ± 1,90 ^d	11,86 ± 2,73 ^d	6,58 ± 0,83 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	5,05 ± 1,20 ^{cd}	1,30 ± 2,25 ^{bc}	2,36 ± 0,89 ^{abc}	1,44 ± 1,30 ^{bc}	3,66 ± 1,00 ^{abc}	1,03 ± 1,78 ^{bc}	3,92 ± 1,66 ^{abc}	Beurre, caramel, sucré	Curioni et al., 2002
2-Nonanone	2,80 ± 0,21 ^{de}	0,58 ± 0,93 ^{de}	0,00 ± 0,00 ^a	3,65 ± 2,26 ^{cd}	8,89 ± 2,95 ^{abc}	8,26 ± 1,77 ^{abc}	1,28 ± 0,33 ^{de}	23,74 ± 1,88 ^d	5,48 ± 1,76 ^{cd}	6,81 ± 3,18 ^{abcd}	4,78 ± 2,71 ^{cd}	12,68 ± 4,03 ^b	9,20 ± 1,00 ^{ab}	Sucré, fruité, floral	Yang et al., 2024 ; Curioni et al., 2002
8-Nonen-2-one	0,27 ± 0,03 ^a	0,06 ± 0,10 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,61 ± 0,48 ^a	1,61 ± 0,56 ^a	0,88 ± 0,36 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	4,67 ± 0,77 ^b	0,72 ± 0,16 ^a	0,88 ± 0,53 ^a	0,75 ± 0,66 ^a	3,58 ± 1,42 ^b	1,34 ± 0,16 ^a	Fruité, cuisson	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
2-Undecanone	0,44 ± 0,38 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,74 ± 0,64 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	4,10 ± 0,76 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,55 ± 0,18 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,27 ± 0,46a	0,52 ± 0,06 ^a	Floral	Curioni et al., 2002
Esters															
Butanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^b	2,05 ± 0,55 ^c	0,00 ± 0,00 ^b	0,07 ± 0,06 ^b	0,58 ± 0,39 ^{ab}	0,91 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,70 ± 0,18 ^{ab}	0,74 ± 0,01 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	1,30 ± 0,19 ^{ac}	Fruité, banane, ananas	Yang et al., 2024 ; Roche et al., 2022
Butanoic acid, 1-methylpropyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	3,36 ± 0,29 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Fruité, baie, pomme, poire	ChemBK., 2023
Hexanoic acid, ethyl ester	0,49 ± 0,07 ^{ab}	2,08 ± 0,24 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,14 ± 0,07 ^{ab}	0,35 ± 0,27 ^{ab}	0,49 ± 0,13 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,08 ^b	1,20 ± 0,40 ^d	1,05 ± 0,21 ^{cd}	0,08 ± 0,02 ^b	0,11 ± 0,02 ^b	0,66 ± 0,13 ^{bc}	Vinicole, fruité, pomme	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008
N-Compounds															
Pyridine	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,00 ^a	0,60 ± 0,09 ^f	0,09 ± 0,08 ^{ab}	1,27 ± 0,12 ^d	0,03 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,23 ± 0,16 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	Brûlé, aigre, poissonneux	The Good Scents Company., s.d. ; Hong et al., 2022

Tableau 22. Molécules spécifiques des pâtes pressées non cuites wallonnes lors de la campagne d’hiver

	Ferme 1	Ferme 2	Ferme 3	Ferme 4	Ferme 7	Ferme 10	Ferme 11	Ferme 13	Ferme 14	Ferme 15	Ferme 18	Ferme 20	Ferme 21	Caractéristiques	Bibliographie
Alcohols															
2-Butanol	7,38 ± 4,47 ^{abc}	20,25 ± 6,77 ^c	0,00 ± 0,00 ^a	15,96 ± 1,28 ^{bc}	5,37 ± 2,86 ^{ab}	0,08 ± 0,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	14,94 ± 1,43 ^{bc}	12,66 ± 2,66 ^{abc}	14,27 ± 13,15 ^{bc}	0,00 ± 0,00 ^a	0,47 ± 0,50 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Amande douce sucrée	Domingos et al., 2019 ; The Good Scents Company., s.d.
2-Pentanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,75 ± 0,26 ^b	0,24 ± 0,18 ^{ab}	0,05 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,98 ± 0,20 ^d	2,85 ± 0,65 ^c	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	Frais, menthe, plastique, piquant	Curioni et al., 2002 ; Domingos et al., 2019 ; Hu et al., 2022
1-Butanol, 3-methyl-	2,10 ± 3,09 ^a	0,15 ± 0,13 ^a	2,21 ± 0,47 ^a	1,58 ± 0,41 ^a	0,30 ± 0,26 ^a	1,53 ± 0,75 ^a	0,07 ± 0,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,49 ± 0,13 ^a	0,26 ± 0,23 ^a	15,98 ± 5,79 ^b	0,11 ± 0,19 ^a	0,16 ± 0,28 ^a	Fusel, fermenté, piquant	Suffys et al., 2023
1-Butanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,12 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,50 ± 0,39 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,28 ± 0,24 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Aigre, solvant, sucré	Curioni et al., 2002 ; Domingos et al., 2019
2-Heptanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,38 ± 0,15 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,24 ^{ab}	1,35 ± 0,36 ^c	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	Herbacé, terreux, champignon	Yang et al., 2024 ; Curioni et al., 2002 ; Poveda et al., 2008
Acids															
Propanoic acid	0,00 ± 0,00 ^a	4,68 ± 0,27 ^d	0,00 ± 0,00 ^a	1,14 ± 0,35 ^b	0,24 ± 0,42 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,10 ± 0,17 ^a	0,14 ± 0,12 ^a	2,57 ± 0,50 ^d	0,07 ± 0,12 ^a	0,75 ± 0,42 ^{ab}	0,47 ± 0,47 ^{ab}	Sucré et noisette	Castada et al., 2015
Ketones															
2-Pentanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	2,02 ± 0,85 ^a	0,08 ± 0,14 ^a	3,70 ± 0,58 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	5,66 ± 0,21 ^a	12,83 ± 18,28 ^a	1,15 ± 0,24 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	4,88 ± 2,13 ^a	Sucré, fruité, écorce d’orange, floral	Yang et al., 2024 ; Curioni et al., 2002
2-Heptanone	0,99 ± 0,56 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,60 ± 0,53 ^{abcd}	3,52 ± 1,10 ^{ab}	0,62 ± 0,31 ^a	3,57 ± 0,15 ^{ab}	0,58 ± 0,13 ^a	1,43 ± 0,84 ^a	5,07 ± 1,80 ^{ab}	1,54 ± 1,29 ^a	3,05 ± 1,04 ^a	0,38 ± 0,34 ^a	8,98 ± 6,12 ^a	Fruité, herbacé, floral	Yang et al., 2024 ; Curioni et al., 2002
2,3-butanedione	16,70 ± 5,56 ^c	3,49 ± 1,20 ^{bd}	8,74 ± 7,25 ^{abcd}	2,39 ± 1,18 ^{bd}	10,17 ± 0,71 ^{abc}	9,32 ± 4,90 ^{abcd}	8,46 ± 1,76 ^{abcd}	13,93 ± 1,56 ^{bc}	5,76 ± 1,20 ^{abcd}	0,00 ± 0,00 ^a	6,24 ± 1,53 ^{abcd}	17,01 ± 3,87 ^a	10,03 ± 4,04 ^{abcd}	Beurre, caramel, sucré	Curioni et al., 2002
Esters															
Hexanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,39 ± 0,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,32 ± 0,14 ^a	0,73 ± 0,11 ^a	0,28 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,33 ± 0,13 ^a	3,24 ± 0,83 ^b	0,06 ± 0,11 ^a	0,05 ± 0,08 ^a	0,67 ± 0,58 ^a	Vinicole, fruité, pomme	Yang et al., 2024 ; Poveda et al., 2008

Les pâtes pressées non cuites wallonnes se caractérisent par une forte présence d’acides, notamment l’acide acétique, l’acide butanoïque, le 3-méthylbutanoïque et l’acide hexanoïque, qui contribuent à des notes piquantes, rances et acidulées. Par ailleurs, les cétones sont également bien représentées, apportant des arômes fruités,

floraux ainsi que des nuances lactées, beurrées et crémeuses. Parmi les principales cétones identifiées figurent l'acétoine, le diacétyle, le 2-butanone et le 2-nonanone.

Certaines productions se démarquent en outre par des notes d'amande douce et sucrée liées au 2-butanol, ainsi que par des arômes fruités (écorce d'orange), floraux et sucrés conférés par le 2-pentanone.

Acétoine & diacétyle

Dans les fromages à pâte pressée non cuite, l'acétoine est le composé le plus abondant, avec des concentrations généralement 10 à 50 fois supérieures à celle du diacétyle, comme décrit par McSweeney et Sousa (2000). Le diacétyle reste toutefois un contributeur aromatique important en raison de son seuil olfactif extrêmement bas (Le bars et Yvon, 2008).

Ces composés sont produits par certaines bactéries lactiques à partir du citrate ou du pyruvate. Le diacétyle se forme principalement par oxydation de l'acétolactate, tandis que l'acétoine résulte de la réduction de ce même intermédiaire. Cette voie a été documentée chez *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, *Leuconostoc* spp. et *Lactobacillus rhamnosus* (Lo et al., 2008 ; Díaz-Muñiz et al., 2006 ; Hugenholtz et al., 1993 ; Jyoti et al., 2003).

Ces observations sont cohérentes avec les résultats obtenus pour la ferme 11 qui présente les concentrations d'acétoine les plus élevées. Ce fromage est en effet élaboré avec un ferment contenant *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* ainsi que des *Leuconostocs* spp, deux groupes bactériens reconnus pour leur capacité à produire l'acétoine et le diacétyle.

Acide acétique

L'acide acétique produit également en abondance dans les pâtes pressées non cuites présente des notes piquantes et une odeur vinaigrée. Les ferments homofermentaires transforment quasi exclusivement le lactose en acide lactique, tandis que les ferments hétérofermentaires génèrent plusieurs composés à partir du lactose, dont l'acide lactique mais aussi l'acide acétique, l'éthanol et le CO₂. La présence d'acide acétique confère alors aux produits des notes piquantes et une odeur vinaigrée (Akpogheli et al., 2025).

Les deux fermes affichant la plus forte production d'acide acétique, la ferme 7 et la ferme 11 en période hivernale, sont caractérisées par une dominance de ferments hétérofermentaires. Cette composition microbienne explique en grande partie la production élevée de cette molécule, les micro-organismes hétérofermentaires étant connus pour leur capacité à générer de l'acide acétique lors de la fermentation.

Ainsi, pour limiter la production d'acide acétique, responsables des notes piquantes et de l'odeur de vinaigre, il serait pertinent de privilégier des ferments majoritairement homofermentaires.

Acides butanoïque, hexanoïque & octanoïque

Les acides gras libres, notamment les acides butanoïque, hexanoïque et octanoïque, se forment au cours de la lipolyse des triglycérides, catalysée par des lipases qui libèrent les acides gras à partir des matières grasses du lait. Cette lipolyse dépend à la fois de la composition du lait et de l'activité des micro-organismes, notamment des

bactéries lactiques généralement faiblement lipolytiques (McSweeney & Sousa, 2000). Ces acides confèrent aux pâtes pressées non cuites des odeurs rances ou pourries (Curioni *et al.*, 2002 ; Yang *et al.*, 2024).

Concernant l'acide butanoïque, il peut également être produit par des bactéries butyriques lors de l'affinage des pâtes pressées non cuites. Toutefois, cette origine doit être interprétée avec prudence : les bactéries butyriques se développent généralement après 4 à 6 semaines d'affinage ou davantage, et les fromages étudiés ne présentaient pas de signes marqués de contamination butyrique (gonflements importants ou défauts organoleptiques) (Brändle *et al.*, 2016 ; Podrzaj *et al.*, 2020). Ainsi, si la présence de spores butyriques ne peut être totalement exclue, leur contribution à la production d'acide butanoïque demeure hypothétique. L'hypothèse la plus probable reste donc celle déjà évoquée pour la maquée et les pâtes molles à croûte fleurie : une lipolyse d'origine majoritairement enzymatique et microbienne non butyrique.

La concentration d'acides gras libres peut varier en fonction de la composition du lait et les conditions de fabrication, entraînant des différences dans la proportion des acides gras. Néanmoins, les acides butanoïque et hexanoïque sont présents dans toutes les pâtes pressées non cuites, quelle que soit la saison. En revanche, l'acide octanoïque n'est pas systématiquement détecté en hiver, contrairement à l'été.

2-butanone, 2-pentanone, 2-heptanone & 2-nonanone

Dans les fromages, les principales méthyl-cétones telles que la 2-heptanone et la 2-nonanone trouvent leur origine dans les acides gras libres de la matière grasse du lait, notamment l'acide octanoïque (C8) et l'acide décanoïque (C10) (Wang *et al.*, 2012). Ces acides gras sont libérés par la lipolyse, c'est-à-dire la dégradation enzymatique des triglycérides par les enzymes du lait et celles produites par les bactéries des ferments (McSweeney & Sousa., 2000).

Une fois libérés, les acides gras peuvent être transformés en méthyl-cétones par deux mécanismes principaux : soit par une dégradation directe de l'acide gras, soit par une β -oxydation successive, qui produit un acide β -cétonique, lequel subit ensuite une décarboxylation pour former la cétone. Ces transformations sont catalysées par les enzymes des bactéries présentes dans les ferments (Wang *et al.*, 2012).

La quantité et le type de méthyl-cétones formés dépendent de la souche bactérienne utilisée. Par exemple, différentes souches de *Streptococcus thermophilus* peuvent produire plus ou moins de 2-heptanone ou 2-nonanone selon leurs capacités enzymatiques. La souche *S. thermophilus* TM11 a présenté des teneurs plus élevées de ces deux cétones que la souche SP1.1 (Wang *et al.*, 2012). La souche *Lactocaseibacillus casei* ATCC-393 présente également le plus de cétones par rapport à d'autres souches de ferments (Kök Taş *et al.*, 2025).

Enfin, la longueur de la chaîne carbonée de la méthyl-cétone dépend de celle de l'acide gras précurseur : un acide gras plus long donne une cétone plus longue, moins un carbone en raison de la décarboxylation (Wang *et al.*, 2012).

En résumé, la lipolyse libère des acides gras qui sont ensuite transformés par des enzymes bactériennes en méthyl-cétones, et la nature et la quantité de ces cétones dépendent à la fois de l'acide gras de départ et des ferments utilisés.

Cependant, les informations sur les souches précises de *S. thermophilus* ou encore de *L. casei* employées par les producteurs dans leurs ferments ne sont pas disponibles.

3-methylbutanol

La leucine, acide aminé présent naturellement dans le lait, joue un rôle central dans la formation des arômes des fromages : elle est d'abord transaminée en acide α -isocaproïque par les *Lactococcus spp.*, puis certaines souches spécifiques de *Lactococcus lactis*, souvent d'origine non industrielle, sont capables de décarboxyler cet acide en 3-methylbutanal (Smit et al., 2005). Il peut ensuite être réduit en 3-méthylbutanol par l'alcool déshydrogénase, une enzyme très active chez les levures mais généralement peu active chez les bactéries lactiques (Smit et al., 2009). Ainsi, l'équilibre aromatique dépend étroitement des capacités enzymatiques des souches utilisées et de la gestion de la microflore. De plus, certaines souches de *Lactococcus lactis subsp. cremoris* peuvent produire des niveaux élevés de 3-methylbutanal à partir de la leucine, renforçant l'importance du choix des souches et de la composition du lait dans la construction du profil aromatique final (Yvon, 1997 ; Smit et al., 2004).

Ici, les fermes 15 et 21 utilisent une levure comme ferment, mais la faible abondance relative de 3-methylbutanol ne permet pas de justifier l'appui sur la référence bibliographique dans ce cas. Ces résultats suggèrent que, en plus du type de ferment, d'autres facteurs – tels que la composition du lait, la microflore indigène et les conditions de fabrication – influencent également la production de ce composé.

2-butanol

Le 2-butanol génère des notes d'amande douce sucrée (Domingos et al., 2019). Cet alcool se forme par réduction du 2-butanone, réaction qui peut être catalysée par différentes souches microbiennes, notamment *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus brevis* (Ghiaci et al., 2014 ; Speranza et al., 1997) et *Pediococcus acidilactici* (Guarrasi et al., 2017 ; Eugster et al., 2019).

La ferme 4, qui présente l'abondance relative la plus élevée de 2-butanol en hiver, ne possède aucune de ces souches dans ses ferments. De même, la ferme 10, qui affiche également la plus forte abondance en 2-butanol en été, ne contient pas ces souches non plus.

La composition aromatique des pâtes pressées non cuites résulte de l'interaction entre les micro-organismes présents initialement ou ajoutés (bactéries lactiques, levures et moisissures) et les conditions de production.

- Les notes beurrées apparaissent surtout lorsque les *Leuconostoc spp.*, en présence de ferments acidifiants tels que *Lactococcus lactis*, métabolisent le citrate en diacétyle et acétoïne. À l'inverse, une forte présence de *Geotrichum candidum* limite ces arômes.
- L'acide acétique, responsable des notes piquantes et de l'odeur de vinaigre, peut être limité par l'utilisation de ferments homofermentaires.
- Afin de limiter les arômes rances et de pourris générés par les acides gras libres, l'usage de bactéries lactiques à faible activité lipolytique est conseillé.
- La nature et la concentration des cétones, responsables de notes fruitées et florales dépendent à la fois de la longueur de la chaîne carbonée des acides gras précurseurs et des souches microbiennes utilisées. *Lactocaseibacillus casei* et certaines souches de *S. thermophilus* produisant des quantités plus élevées de cétones.
- Pour préserver un goût vert et herbacé, on privilégiera également les bactéries lactiques, tandis que l'introduction de levures favorise la conversion de 3-methylbutanal en 3-méthylbutanol, conférant des notes fermentées et piquantes.
- Pour générer des notes d'amande douce sucrée, certaines bactéries peuvent réduire le 2-butanone en 2-butanol. Parmi les souches susceptibles de catalyser cette réaction figurent *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus brevis* et *Pediococcus acidilactici*.

Peu de différences sensorielles marquées sont observables entre les pâtes pressées non cuites (3 à 8 semaines d'affinage) issues des différentes fermes. Les analyses chromatographiques mettent en évidence une prédominance de notes lactées, beurrées, fruitées, florales, piquantes et rances, communes à l'ensemble des échantillons. Dans certaines fermes, des notes d'amandes douces sucrées peuvent également apparaître, venant s'intégrer aux notes aromatiques principales. Dans cet intervalle d'affinage, le profil aromatique des pâtes pressées non cuites apparaît avec une variabilité relativement faible entre les fermes et avec une dominance de composés communs.

iv. Analyse sensorielle

Afin de garantir l'homogénéité de la comparaison statistique, seules les pâtes pressées non cuites ayant bénéficié d'un affinage compris entre 4 et 7 semaines ont été retenues pour le calcul des moyennes, les analyses de variance et les tests post-hoc de Tukey. Par conséquent, les productions des fermes 2, 14 et 15, dont la durée d'affinage était supérieure à 7 semaines, n'ont pas été intégrées dans ces analyses, leur profil sensoriel pouvant refléter un stade d'affinage sensiblement différent et non directement comparable. Les profils sensoriels de l'ensemble des fromages sont présentés en annexes 26 à 51 : les lettres de significativité sont indiquées uniquement pour les fromages affinés entre 4 et 7 semaines, et non pour ceux au-delà de 7 semaines.

Chaque ferme correspondant à un fromage distinct, la moyenne globale des fermes n'est pas considérée comme un groupe expérimental à part entière mais comme une valeur de référence. Les profils sensoriels des fermes ont donc été comparés à cette moyenne globale en utilisant la moyenne $\pm$ l'erreur standard (ECT) de chaque ferme. Cette comparaison est descriptive et vise à illustrer les écarts potentiels entre un fromage donné et le profil moyen des fermes, en complément du test de Tukey utilisé pour identifier les différences significatives entre produits.

Les Figures 7 et 8, ainsi que les annexes 13 à 38 présentent les profils sensoriels des fromages pour chaque ferme (courbe bleue), comparés à la moyenne globale de l'ensemble des fromages (courbe rouge). Les écarts potentiels entre une ferme et la moyenne globale sont indiqués par un astérisque (*). En orange figurent les écarts-types, qui illustrent la variabilité entre fromages pour chaque descripteur.

Il est important de noter que la moyenne globale sert uniquement de valeur de référence : elle ne constitue pas un groupe expérimental. Le profil sensoriel moyen, comprenant les aspects visuels et olfactifs, est présenté ci-dessous.

Profil Sensoriel (Moyenne des échantillons) - Aspects visuels et olfactifs

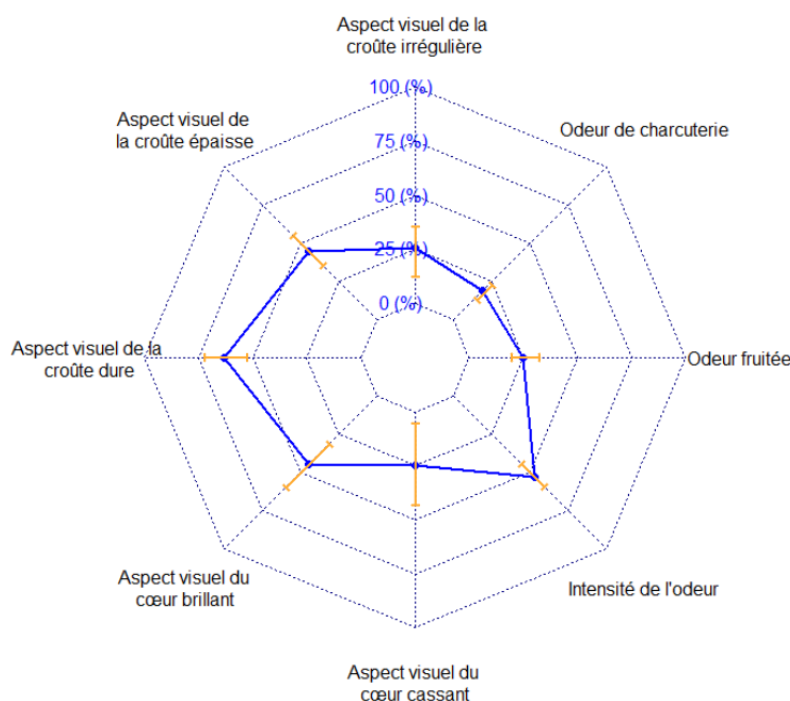


Figure 7. Profil sensoriel moyen des pâtes pressées non cuites en Wallonie – Aspects visuels et olfactifs

Le profil sensoriel moyen des échantillons de fromages wallons met en évidence un équilibre globalement modéré entre les aspects visuels et olfactifs, avec en particulier une croûte dure et une intensité de l'odeur élevée.

Sur le plan visuel, les fromages présentent une croûte dure et légèrement épaisse. En revanche, l'irrégularité de la croûte reste faible, suggérant des produits bien formés et homogènes. L'aspect visuel du cœur, qu'il soit brillant ou cassant, présente une variabilité modérée. Cela suggère une hétérogénéité moyenne de la texture interne entre les fromages, certains présentant un cœur plus friable ou sec que d'autres.

Sur le plan olfactif, l'intensité de l'odeur est globalement modérée, et l'écart-type relativement faible indique que les fromages présentent une intensité olfactive assez homogène. Il existe donc peu de différences aromatiques entre les échantillons. Les odeurs fruitées et de charcuterie sont très peu marquées dans l'ensemble des fromages. Les faibles écarts-types montrent qu'elles sont également stables d'un fromage à l'autre, ce qui indique l'absence de profils aromatiques différenciés sur ces notes.

Le profil sensoriel moyen se constituant des perceptions en bouche est présenté ci-dessous.

Profil Sensoriel (Moyenne des échantillons) - Perceptions en bouche

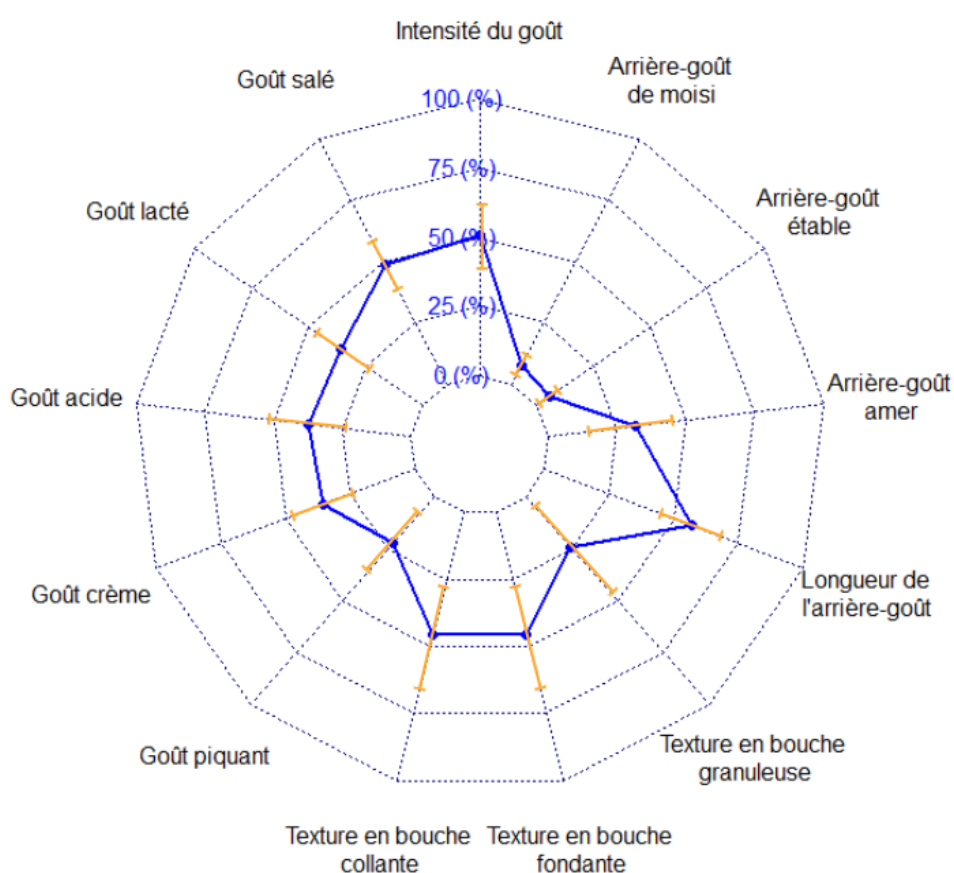


Figure 8. Profil sensoriel moyen des pâtes pressées non cuites en Wallonie – Perceptions en bouche

Le goût salé est le descripteur gustatif le plus marqué et le plus homogène : tous les fromages présentent une salinité comparable. Les autres descripteurs du goût (acide, lacté, crème, piquant) ont des intensités modérées et de légères variabilités, ce qui indique qu'ils contribuent de manière variable au profil gustatif selon le fromage. Aucun d'eux ne domine clairement le profil sensoriel global.

Les descripteurs de texture en bouche présentent de plus fortes variabilités, illustrant des différences marquées entre les fromages selon les paramètres de collant, de fondant et de granulosité. Cette dispersion reflète des différences importantes entre les fermes.

La longueur de l'arrière-goût est nettement marquée, ce qui indique une bonne persistance aromatique. La variabilité modérée montre toutefois que certains fromages sont plus persistants que d'autres. L'arrière-goût amer est peu intense dans l'ensemble des fromages, mais il présente une variabilité notable, indiquant que certains échantillons développent une légère amertume tandis que d'autres n'en présentent presque pas. Les arrière-goûts de moisi et d'étable restent faibles.

Lien entre analyse sensorielle et analyses en laboratoire

L'analyse sensorielle montre une bonne corrélation entre la dureté de la croûte (texture) et les notes d'aspect visuel attribuées par les jurés pour la croûte dure. En effet, les fermes 11, 15 et 18 présentant les valeurs de dureté les plus élevées s'écartent nettement de la moyenne des pâtes pressées non cuites, avec une valeur supérieure à 75%. La ferme 1 ayant la dureté la plus faible se distingue par une valeur nettement inférieure à la moyenne, inférieure à 50%.

Concernant le goût crème, les résultats des analyses sensorielles et des analyses des composés organiques volatiles (COV) présentent une bonne cohérence. En effet, lorsque les jurés perçoivent plus intensément le goût crémeux, on observe simultanément une abondance relative plus élevée en acétoïne, molécule caractéristique des notes crémeuses, lactées et beurrées. À l'inverse, une perception moindre du goût crème s'accompagne d'une teneur plus faible en acétoïne.

De plus, l'expression sensorielle de l'acétoïne pourrait être atténuée ou masquée par la présence d'autres composés volatils, ce qui explique que le caractère crémeux soit perçu de manière modérée ou moyenne par le jury dans certaines conditions, notamment en raison des notes rances apportées par les acides. Il convient également de noter que, les goûts lactés et crémeux ayant été évalués sur une même échelle sensorielle, leur perception par les jurés est très similaire, témoignant d'une proximité marquée entre ces deux descripteurs.

Concernant le goût piquant, celui-ci se manifeste de manière plus marquée dans certaines fermes et est principalement attribué à l'acide acétique. De la même manière que pour l'acétoïne et son goût crémeux, l'intensité perçue du goût piquant dépend de l'abondance relative de l'acide acétique ainsi que de l'influence éventuelle d'autres composés volatils pouvant moduler ou masquer cette perception.

Il convient de noter également que certaines molécules aromatiques présentes dans les fromages ne se traduisent pas nécessairement par une perception gustative ou olfactive prononcée, ce qui peut expliquer que certains profils chimiques ne soient pas toujours détectés lors de l'analyse sensorielle. À titre d'exemple, la ferme 13 (annexes 27 et 28) est généralement caractérisée par des notes fruitées, florales, ainsi que beurrées, lactées et crémeuses, lesquelles ont été retrouvées dans l'analyse des composés organiques volatils, confirmant leur présence chimique. Cependant, ces caractéristiques n'ont pas été mises en évidence lors de l'analyse sensorielle réalisée dans ce projet : les profils correspondant à ces notes n'ont pas été perçus comme significativement supérieurs à la moyenne des fromages de Wallonie.

Dans l'ensemble, les fromages wallons à pâte pressée non cuite étudiés se distinguent par une bonne régularité visuelle, une croûte bien formée et équilibrée, et un profil olfactif doux, peu fruité et légèrement charcutier. Sur le plan gustatif, ils présentent des notes modérément salées, accompagnées de saveurs lactées, crémeuses et acides. Leur texture se distingue par une pâte homogène et souple, tandis que l'arrière-goût doux reflète des produits jeunes à mi-affinés. Ces résultats témoignent d'un savoir-faire maîtrisé et d'une orientation vers des fromages équilibrés et accessibles.

7. Conclusion

Le projet Organo avait pour ambition de renforcer la qualité organoleptique des fromages fermiers wallons, de mettre en évidence leur typicité sensorielle et de fournir aux producteurs des outils concrets pour améliorer leurs pratiques. Les actions menées ont permis de caractériser 3 familles représentatives (maquée, pâte molle à croûte fleurie et pâte pressée non cuite), à travers des analyses physico-chimiques, microbiologiques, chromatographiques et sensorielles.

Les maquées présentent une identité sensorielle globalement homogène. Cela s'explique par un profil aromatique assez similaire, dominé par des caractéristiques olfactives et gustatives comparables. Les principales notes perçues sont piquantes, beurrées, lactées et rances. Des notes secondaires fruitées, florales ou herbacées peuvent être observées selon les fermes, mais elles restent généralement peu marquées. Sur le plan textural, une homogénéité est observée, en particulier pour la dureté et élasticité. Cette constance reflète des procédés de fabrication relativement standardisés entre les fermes, limitant les différences perceptibles en bouche. Ainsi, l'ensemble de ces éléments permet de conclure à l'existence d'une identité sensorielle commune à la maquée.

Les pâtes molles à croûte fleurie (type camembert ou brie) présentent une plus grande variabilité sensorielle inter-fermes. Celle-ci s'explique notamment par un nombre plus élevé de molécules aromatiques identifiées, reflet de procédés de fabrication différenciés. Bien que certaines notes soient systématiquement observées - florales, fruitées, piquantes et rances – leur intensité varie fortement selon les fermes. Dans certains cas, des notes spécifiques deviennent prépondérantes et peuvent surpasser les profils généralement rencontrés. Il s'agit notamment de notes herbacées, terreuses, lactées ou beurrées, qui peuvent constituer les caractéristiques principales de certains fromages. L'analyse de la texture met également en évidence une hétérogénéité. En particulier, l'élasticité varie fortement d'une ferme à l'autre, traduisant des différences dans les procédés de fabrication. L'ensemble de ces éléments confirme l'existence d'une hétérogénéité sensorielle au sein des pâtes molles à croûte fleurie.

Peu de différences sensorielles marquées sont observables entre les pâtes pressées non cuites (3 à 8 semaines d'affinage) issues des différentes fermes. À ce stade d'affinage, les arômes mis en évidence par l'analyse sensorielle sont principalement salés, crémeux, lactés, acides, traduisant une faible complexité aromatique. Les analyses chromatographiques mettent en évidence une prédominance de notes lactées, beurrées, fruitées, florales, piquantes et rances, communes à l'ensemble des échantillons. Dans certaines fermes, des notes d'amandes douces sucrées peuvent également apparaître, venant s'intégrer aux notes aromatiques principales. Dans cet intervalle d'affinage, le profil aromatique des pâtes pressées non cuites apparaît avec une variabilité relativement faible entre les fermes et avec une dominance de composés communs.

Cependant, pour un même temps d'affinage, la dureté et la rupture présentent des variabilités relativement faibles, traduisant une certaine homogénéité structurale des fromages entre les fermes. En revanche, l'élasticité montre une variabilité plus marquée. Cette tendance est également mise en évidence par l'analyse sensorielle, qui révèle une plus grande variabilité de la texture par rapport aux autres paramètres évalués.

Ce n'est qu'au fil de l'affinage que les composés volatils issus des réactions enzymatiques s'accumulent, modifiant progressivement le profil sensoriel du fromage. Les variations significatives des concentrations de composés volatils entre échantillons à différents stades de maturation indiquent que le temps d'affinage joue un rôle crucial dans la formation des caractéristiques aromatiques (You et al., 2024). Avec le temps, l'affinage enrichit le profil aromatique du fromage, en amplifiant sa complexité et son intensité gustative. Les spécificités sensorielles propres à chaque fabrication tendent à s'affirmer au fur et à mesure de la maturation (Sperat-Czar et al., 2020). Ainsi, de 4 à 7 semaines d'affinage, les fromages étudiés peuvent être considérés comme encore jeunes. La majeure partie du potentiel aromatique tend à se développer au cours de la maturation ultérieure.

Les producteurs suivis ont généralement pour habitude de commercialiser leurs fromages à un stade d'affinage relativement court, typiquement compris entre 3 et 6 semaines. Cette pratique est courante dans les fermes

wallonnes, où de nombreux fromagers privilégient la vente de fromages jeunes afin de répondre à la demande locale pour des produits frais et aromatiquement doux. Cette stratégie permet aux producteurs de proposer des fromages accessibles rapidement après la production tout en conservant les caractéristiques typiques des fromages à pâte pressée non cuite.

8. Délivrables

Les livrables sont la rédaction de fiches sur la qualité organoleptique des 3 familles de fromages étudiés, diffusables à d'autres producteurs. Sur base des résultats obtenus via les différentes méthodes d'analyse, il a été possible de définir les profils aromatiques de chaque famille de fromages et de refléter la diversité observée au sein d'une même catégorie.

Les résultats de ce projet pourront par la suite être valorisés via des actions de communication envers les consommateurs (APAQ-W). La méthode de suivi organoleptique développée pourra en outre être intégrée à l'offre d'accompagnement proposée par les technologues et conseillers de terrain de DiversiFERM.

Finalement, un rapport individuel sera fourni à chaque producteur, contenant toutes les données qui auront pu être mesurées.

Une formation à l'utilisation de Canva (logiciel de conception graphique en ligne), a été suivie grâce au soutien de l'Université de Liège. Cette formation permet de créer en interne des documents visuellement attractifs et professionnels, sans devoir recourir aux services d'un graphiste. Les fiches ont pu ainsi bénéficier d'une mise en page soignée.

9. Bibliographie

Acree, T. E., & Arn, H. (2004). *Flavornet and human odor space*. Flavornet., (05/09/2025).

Akpogheli, P. O., Edo, G. I., Ali, A. B. M., Yousif, E., Zainulabdeen, K., Owheruo, J. O., Isoje, E. F., Igbuku, U. A., Essaghah, A. E. A., Makia, R. S., Ahmed, D. S., Umar, H., & Alamiery, A. A. (2025). *Lactic acid bacteria: Nature, characterization, mode of action, products and applications*. *Process Biochemistry*. Advance online publication. DOI : 10.1016/j.procbio.2025.02.010

Allothman, M., Hogan, S. A., Hennessy, D., Dillon, P., Kilcawley, K. N., O'Donovan, M., Tobin, J., Fenelon, M. A., & O'Callaghan, T. F. (2019). The "Grass-Fed" milk story: Understanding the impact of pasture feeding on the composition and quality of bovine milk. *Foods*, 8(8), Article 350. DOI : 10.3390/foods8080350

Antinone, M. J., & Ledford, R. A. (1993). Reduction of diacetyl in cottage cheese by *Geotrichum candidum*. *Cultured Dairy Products Journal*, 28, 26–30.

Apaq-W. (s.d.). *Types de laits*. <https://www.apaqw.be/fr/types-de-laits>, (27/08/2025).

Api, A. M., Belmonte, F., Belsito, D., Biserta, S., Botelho, D., Bruze, M., Burton, G. A., Buschmann, J., Cancellieri, M. A., Dagli, M. L., Date, M., Dekant, W., Deodhar, C., Fryer, A. D., Gadhia, S., Jones, L., Joshi, K., Lapczynski, A., Lavelle, M., Liebler, D. C., Na, M., O'Brien, D., Patel, A., Penning, T. M., Ritacco, G., Rodriguez-Ropero, F., Romine, J., Sadekar, N., Salvito, D., Schultz, T. W., Sipes, I. G., Sullivan, G., Thakkar, Y., Tokura, Y., & Tsang, S. (2020). *RIFM fragrance ingredient safety assessment, 2-pentanol, CAS Registry Number 6032-29-7*. *Food and Chemical Toxicology*, 138, Article 111175. DOI : 10.1016/j.fct.2020.111175

Bagheripoor, N., Khoshgozaran-Abras, S., Sohrabvandi, S., Khorshidian, N., Mortazavian, A. M., MollaKhalili, N., & Jazaeri, S. (2018). Application of active edible coatings to improve the shelf-life of cheese. *Food Science and Technology Research*, 24(6), 949-962. DOI : 10.3136/fstr.24.949

Bansal, V., & Veena, N. (2022). Understanding the role of pH in cheese manufacturing: General aspects of cheese quality and safety. *Journal of Food Science and Technology*, 61(1), 16-26. DOI : 10.1007/s13197-022-05631-w

- Bassit, N., Boquien, C. Y., Picque, D., & Corrieu, G. (1993). Effect of initial oxygen concentration on diacetyl and acetoin production by *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*. *Applied and Environmental Microbiology*, 59(5), 1893–1897. DOI : 10.1128/aem.59.5.1893-1897.1993
- Batty, D., Waite-Cusic, J. G., & Meunier-Goddik, L. (2019). *Influence of cheese-making recipes on the composition and characteristics of Camembert-type cheese*. *Journal of Dairy Science*, 102(1), 164–176. DOI : 10.3168/jds.2018-14964
- Bokharaeian, M., Toghdory, A., Ghoorchi, T., Ghassemi Nejad, J., & Janghorban Esfahani, I. (2023). Quantitative associations between season, month, and temperature-humidity index with milk yield, composition, somatic cell counts, and microbial load: A comprehensive study across ten dairy farms over an annual cycle. *Animals*, 13(20), Article 3205. DOI : 10.3390/ani13203205
- Bord, C., Lenoir, L., Benoit, J., Guérinon, D., Dechambre, G., Chassard, C., & Coelho, C. (2025). Characterization of Cantal and Salers Protected Designation of Origin Cheeses Based on Sensory Analysis, Physicochemical Characteristics and Volatile Compounds. *Applied Sciences*, 15(2), 961. DOI : 10.3390/app15020961
- Boutrou, R., & Guéguen, M. (2005). *Interests in Geotrichum candidum for cheese technology*. *International Journal of Food Microbiology*, 102(1), 1–20. DOI : 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.12.028
- Brändle, J., Domig, K. J., & Kneifel, W. (2016). Relevance and analysis of butyric acid producing clostridia in milk and cheese. *Food Control*, 67, 96–113. DOI : 10.1016/j.foodcont.2016.02.038
- Burtscher, J., Rudavsky, T., Zitz, U., Neubauer, V., & Domig, K. J. (2023). Importance of pre-milking udder hygiene to reduce transfer of clostridial spores from teat skin to raw milk. *Microorganisms*, 11(5), 1337. DOI : 10.3390/microorganisms11051337
- Castada, H. Z., Park, C., Harper, W. J., & Barringer, S. A. (2016). Suppression of propanoic acid, acetic acid and 3-methylbutanoic acid production by other volatiles in a Swiss cheese curd slurry system. *International Dairy Journal*, 54, 29-32. DOI : 10.1016/j.idairyj.2015.10.007
- Cecere, P., Gatto, F., Cortimiglia, C., Bassi, D., Lucchini, F., Cocconcelli, P. S., & Pompa, P. P. (2021). Colorimetric point-of-care detection of Clostridium tyrobutyricum spores in milk samples. *Biosensors*, 11(9), 293. DOI : 10.3390/bios11090293
- Celagri. (2023). *[Chiffres clés] L'élevage ovin en Wallonie*. Celagri. <https://www.celagri.be/chiffres-cles-lelevage-ovin-en-wallonie/>
- ChemBK. (2023). Isobutyl butyrate. ChemBK. <https://www.chembk.com/en/chem/Isobutylbutyrate>, (05/09/2025).
- ChemBK. (2023). Isopropyl Alcohol. ChemBK. <https://www.chembk.com/en/chem/Isopropylalcohol>, (05/09/2025).
- ChemBK. (2023). Octane. ChemBK. <https://www.chembk.com/en/chem/Octane>, (05/09/2025)
- Chin, H.-W., & Lindsay, R. C. (1994). Ascorbate and transition-metal mediation of methanethiol oxidation to dimethyl disulfide and dimethyl trisulfide. *Food Chemistry*, 49(4), 387–392. DOI : 10.1016/0308-8146(94)90009-4
- Chitchyan, Z., & Grigoryan, R. (2016). *Yield and quality of brine-ripened cheeses: Production from the milk of Jersey and Simmental cows*. In *14th International Conference on Agriculture & Horticulture*. Advances in Crop Science and Technology.

Collège des Producteurs. (2025). *Évolution de la filière laitière wallonne en 2024*.

Collège des Producteurs. (2022). *Filière laitière wallonne*. Service public de Wallonie. <https://etat-agriculture.wallonie.be/contents/indicatorsheets/EAW-E2a.html>, (27/08/2025).

Collège des Producteurs. (2022). *Plan de développement stratégique 2019–2030 : Commission Bovins laitiers – Mise à jour de novembre 2022*. https://collegedesproducteurs.be/wp-content/uploads/2022/06/Plan_strategique_bovinslait_juin2019.pdf

Conboy Stephenson, R., Ross, R. P., & Stanton, C. (2021). Carotenoids in milk and the potential for dairy based functional foods. *Foods*, 10(6), 1263. DOI : 10.3390/foods10061263

CRA-W. (2017). *Marguerite Happy Cow*. Centre wallon de Recherches Agronomiques. Récupéré de <https://www.cra.wallonie.be/fr/marguerite-happy-cow>

Curioni, P. M. G., & Bosset, J. O. (2002). Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography-olfactometry. *International Dairy Journal*, 12(12), 959-984. DOI : 10.1016/S0958-6946(02)00124-3

Danielsson, H., Nadeau, E., Gustavsson, A.-M., Jensen, S. K., Sørengaard, K., & Nilsdotter-Linde, N. (2008). *Contents of alpha-tocopherol and beta-carotene in grasses and legumes harvested at different maturities*. *European Grassland Federation. Proceedings of the General Meeting*, 13, 432–434.

De La Torre-Santos, S., Vázquez-Añón, M., & González, J. (2020). The mode of grass supply to dairy cows impacts on fatty acid composition and antioxidant capacity of milk. *Foods*, 9(9), 1256. DOI : 10.3390/foods9091256

Delcenserie, V., Taminiau, B., Delhalle, L., Nezer, C., Doyen, P., Crevecoeur, S., Roussey, D., Korsak, N., & Daube, G. (2014). Microbiota characterization of a Belgian protected designation of origin cheese, Herve cheese, using metagenomic analysis. *Journal of Dairy Science*, 97(10), 6046–6056. DOI : 10.3168/jds.2014-8225

Díaz-Muñiz, I., Banavara, D. S., Budinich, M. F., Rankin, S. A., Dudley, E. G., & Steele, J. L. (2006). *Lactobacillus casei* metabolic potential to utilize citrate as an energy source in ripening cheese: A bioinformatics approach. *Journal of Applied Microbiology*, 101(4), 872-882. DOI : 10.1111/j.1365-2672.2006.02965.x

Domingos, L. D., de Souza, H. A. L., Barros Mariutti, L. R., de Toledo Benassi, M., Bragagnolo, N., & Viotto, W. H. (2019). *Fat reduction and whey protein concentrate addition alter the concentration of volatile compounds during Prato cheese ripening*. *Food Research International*, 119, 793-804. DOI : 10.1016/j.foodres.2018.10.062

Eugster, E., Fuchsmann, P., Schlichtherle-Cerny, H., Bütikofer, U., & Irmeler, S. (2019). Formation d'alanine, d'α-aminobutyrate, d'acétate et de 2-butanol au cours de l'affinage du fromage par *Pediococcus acidilactici* FAM18098. *International Dairy Journal*, 96, 21-28. DOI : 10.24451/arbor.7859

Fan, W., Che, X., Ma, P., Chen, M., & Huang, X. (2025). *Aroma Formation, Release, and Perception in Aquatic Products Processing: A Review*. *Foods*, 14(15), 2651. DOI : 10.3390/foods14152651

Ghiaci, P., Lameiras, F., Norbeck, J., & Larsson, C. (2014). Production of 2-butanol through meso-2,3-butanediol consumption in lactic acid bacteria. *FEMS Microbiology Letters*, 360(1), 70–75. DOI : 10.1111/1574-6968.12590

Guarrasi, V., Sannino, C., Moschetti, M., Bonanno, A., Di Grigoli, A., & Settanni, L. (2017). The individual contribution of starter and non-starter lactic acid bacteria to the volatile organic compound composition of Caciocavallo Palermitano cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 259, 35–42. DOI : 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.07.022

Hong, S. J., Jeong, H., Yoon, S., Jo, S. M., Lee, Y., Park, S.-S., & Shin, E. C. (2022). A comprehensive study for taste and odor compounds using electronic tongue and nose in broccoli stem with different thermal processing. *Food Science and Biotechnology*, 31(2), 191-201. DOI : 10.1007/s10068-021-01029-0

Hughenoltz, J., Perdon, L., & Abee, T. (1993). *Growth and energy generation by Lactococcus lactis subsp. lactis biovar diacetylactis during citrate metabolism*. *Applied and Environmental Microbiology*, 59(12), 4216-4222. DOI : 10.1128/aem.59.12.4216-4222.1993

Institut National de l'Origine et de la Qualité (INAO). (2017). *Cahier des charges de l'appellation d'origine « Comté »*. INAO.

Institut National de l'Origine et de la Qualité (INAO). (2020). *Cahier des charges de l'appellation d'origine protégée « Reblochon » / « Reblochon de Savoie »*. INAO

Institut National de l'Origine et de la Qualité (INAO). (2017). *Cahier des charges de l'appellation d'origine « Roquefort »*. INAO.

Jyoti, B. D., Suresh, A. K., & Venkatesh, K. V. (2003). Diacetyl production and growth of *Lactobacillus rhamnosus* on multiple substrates. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 19(5), 509514. DOI : 10.1023/A:1025170630905

Kök Taş, T., Duran, F. E., Özdemir, N., & Çubuk Demiralay, E. (2025). Functional component production capabilities in milk fermentation of some featured lactic acid bacteria species for use in different food processes. *Fermentation*, 11(4), 165. DOI : 10.3390/fermentation11040165

Landaud, S., Helinck, S., & Bonnarme, P. (2008). Formation of volatile sulfur compounds and metabolism of methionine and other sulfur compounds in fermented food. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 77(6), 1191–1205. DOI : 10.1007/s00253-007-1288-y

Le Bars, D., & Yvon, M. (2008). *Formation of diacetyl and acetoin by Lactococcus lactis via aspartate catabolism*. *Journal of Applied Microbiology*, 104(1), 171–177. DOI : 10.1111/j.13652672.2007.03539.x

Lehoux, C. (2013). *Incidence de la qualité du lait sur les profils aromatiques et sensoriels du fromage de Herve* [Présentation PowerPoint]. SlideShare. <https://fr.slideshare.net/slideshow/claire-lehoux-incidence-de-la-qualit-du-lait-sur-les-profils-aromatiques-et-sensoriels-du-fromage-de-herve/82808560>

Lindqvist, H., Nadeau, E., & Jensen, S. K. (2011). Effects of wilting, ensiling and type of additive on α -tocopherol and β -carotene contents in legume–grass mixtures. *Grass and Forage Science*, 66(1), 119–128. DOI : 10.1111/j.1365-2494.2010.00788.x

Liu, C., Yang, P., Wang, H., & Song, H. (2022). Identification of odor compounds and odor-active compounds of yogurt using DHS, SPME, SAFE, and SBSE/GC-O-MS. *LWT – Food Science and Technology*, 154, 112689. DOI : 10.1016/j.lwt.2021.112689

- Lo, R., Ho, V. T. T., Bansal, N., & Turner, M. S. (2018). The genetic basis underlying variation in production of the flavour compound diacetyl by *Lactobacillus rhamnosus* strains in milk. *International Journal of Food Microbiology*, 265, 30-39. DOI : 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.10.029
- Macedo, A., Carvalho, M. J., Mecha, E., Costa, L., Ferreira, A., Inácio, R. S., & Bronze, M. d. R. (2025). Matching the sensory analysis of Serpa PDO cheese with the volatile profiles—A preliminary study. *Foods*, 14(9), Article 1509. DOI : 10.3390/foods14091509
- Marques, C., Correia, E., Dinis, L.-T., & Vilela, A. (2022). An overview of sensory characterization techniques: From classical descriptive analysis to the emergence of novel profiling methods. *Foods*, 11(3), 255. DOI : 10.3390/foods11030255
- McConnachie, S., Clayton, E., Arundell, E., Dominiak, B. C., & Brock, P. (2024). *How much soil do cattle ingest? A review*. *Animal Production Science*, 64, Article AN24130. DOI : 10.1071/AN24130
- McSweeney, P. L. H., & Sousa, M. J. (2000). *Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review*. *Lait*, 80(3), 293-324. DOI : 10.1051/lait:2000127
- Monnet, C., Landaud, S., Bonnarne, P., & Swennen, D. (2015). Growth and adaptation of microorganisms on the cheese surface. *FEMS Microbiology Letters*, 362(1), 1-9. DOI : 10.1093/femsle/fnu025
- Montel, M.-C., Buchin, S., Mallet, A., Delbes-Paus, C., Vuitton, D. A., Desmasures, N., & Berthier, F. (2014). Traditional cheeses: Rich and diverse microbiota with associated benefits. *International Journal of Food Microbiology*, 177, 136–154. DOI : 10.1016/j.ijfoodmicro.2014.02.019
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2021). *Nutrient requirements of dairy cattle: Eighth revised edition*. The National Academies Press. DOI : 10.17226/25806
- Naz, S., Guéguen-Minerbe, M., Cretenet, M., & Vernoux, J.-P. (2013). Aromatic amino acids as precursors of antimicrobial metabolites in *Geotrichum candidum*. *FEMS Microbiology Letters*, 344(1), 39–47. DOI : 10.1111/1574-6968.12152
- Nozière, P., Glasser, F., & Sauvant, D. (2006). *Carotenoids* for ruminants: From forages to dairy products. *Animal Feed Science and Technology*, 131(3–4), 201–212.
- Otero-Losada, M. E. (1999). A kinetic study on benzoic acid pungency and sensory attributes of benzoic acid. *Chemical Senses*, 24(3), 245-253. DOI : 10.1093/chemse/24.3.245
- Ouellette, R. J., & Rawn, J. D. (2015). Alkanes and cycloalkanes. In *Principles of Organic Chemistry* (pp. 65–94). Elsevier. DOI : 10.1016/B978-0-12-802444-7.00003-3
- Parlement de Wallonie. (2013). *Réponse à la question parlementaire relative au projet LaitHerbe*. Récupéré de <https://www.parlement-wallonie.be/pwpages?iddoc=63819&p=interp-questions-voir&type=28>
- Poncin, M. (2020). *Le lait cru : quels bénéfices et limites pour la santé ?* Célagri. <https://www.celagri.be/lait-cru-sante/>, (27/08/2025).
- Poveda, J. M., Sánchez-Palomo, E., Pérez-Coello, M. S., & Cabezas, L. (2008). Volatile composition, olfactometry profile and sensory evaluation of semi-hard Spanish goat cheeses. *Dairy Science & Technology*, 88(3), 355-367. DOI : 10.1051/dst:2007021
- Ramet, J.-P. (2001). The technology of making cheese from camel milk (*Camelus dromedarius*) (FAO Animal Production and Health Paper No. 113). Food & Agriculture Organization of the United Nations.

Ramirez, B. F. D., Martins, G. A., Bicas, J. L., & Maróstica Júnior, M. R. (2025). Formation and Characterization of Aroma Compounds in Camembert Cheese. *Compounds*, 5(2), Article 19. DOI : 10.3390/compounds5020019

Riahi, M. H., Trelea, I. C., Leclercq-Perlat, M. N., Picque, D., & Corrieu, G. (2007). Model for changes in weight and dry matter during the ripening of a smear soft cheese under controlled temperature and relative humidity. *International Dairy Journal*, 17(8), 946-953. DOI : 10.1016/j.idairyj.2006.11.002

Roche, A., Mejean Perrot, N., & Thomas-Danguin, T. (2022). OOPS, the Ontology for Odor Perceptual Space: From molecular composition to sensory attributes of odor objects. *Molecules*, 27(22), 7888. DOI : 10.3390/molecules27227888

Rojas-Gómez, P., Pariyani, R., McCarthy, N. A., Bateman, L. M., O'Mahony, J. A., & O'Callaghan, T. F. (2025). The milk metabolome and its potential utilisation for enhanced dairy processing. *International Journal of Dairy Technology*, 78(3), 1–14. DOI : 10.1111/1471-0307.70058

Romani, S., Sacchetti, G., Pinnavaia, G. G., & Rosa, M. D. (2002). Physical, chemical, textural and sensorial changes of portioned Parmigiano Reggiano cheese packed under different conditions. *Food Chemistry*, 78(3), 329–335. DOI : 10.1016/S0308-8146(02)00110-4

Sádecká, J., Kolek, E., Pangallo, D., Valík, L., & Kuchta, T. (2014). Principal volatile odorants and dynamics of their formation during the production of May Bryndza cheese. *Food Chemistry*, 150, 301-306. DOI : 10.1016/j.foodchem.2013.10.163

Service public de Wallonie (SPW). (2024, 05 décembre). *Orientations technico-économiques – Fiche thématique*. État de l'Agriculture Wallonne. https://etat-agriculture.wallonie.be/contents/indicatorsheets/EAW_C1a.html

Smit, B. A. (2004). Formation of amino acid derived cheese flavour compounds (Thèse de doctorat, Wageningen University). Wageningen University & Research

Smit, B. A., van Hylckama Vlieg, J. E. T., Engels, W. J. M., Meijer, L., Wouters, J. T. M., & Smit, G. (2005). Identification, cloning, and characterization of a *Lactococcus lactis* branched-chain α -keto acid decarboxylase involved in flavor formation. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(1), 143-152. DOI : 10.1128/AEM.71.1.303-311.2005

Smit, B. A., Engels, W. J. M., Wouters, J. T. M., & Smit, G. (2004). Diversity of l-leucine catabolism in various microorganisms involved in dairy fermentations, and identification of the rate-controlling step in the formation of the potent flavour component 3-methylbutanal. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 64(3), 396–402. DOI : 10.1007/s00253-003-1447-8

Smit, B. A., Engels, W. J. M., & Smit, G. (2009). *Branched chain aldehydes: production and breakdown pathways and relevance for flavour in foods*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 81(6), 987–999. DOI : 10.1007/s00253-008-1758-x

Speranza, G., Corti, S., Fontana, G., Manitto, P., Galli, A., Scarpellini, M., & Chialva, F. (1997). Conversion du méso-2,3-butanédiol en 2-butanol par les lactobacilles : aspects stéréochimiques et enzymatiques. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(9), 3476-3480. DOI : 10.1021/jf970103+

Sperat-Czar, A., Roustel, S., & Pereira, D. (2020). *Le guide de l'affinage*. Profession Fromager. Éditions ADS. ISBN 978-2-9562686-0-4.

SPW Agriculture, Ressources naturelles et Environnement. (2024). *EAW-E2a – Volume de lait collecté et transformé en Wallonie*. État de l'agriculture wallonne. <https://etat-agriculture.wallonie.be/contents/indicatorsheets/EAW-E2a.html>

Statbel, 2024. Les entreprises laitières belges accroissent leur production de fromage et de crème en 2023. *StatBel*. <https://statbel.fgov.be/fr/nouvelles/les-entreprises-laitieres-belges-accroissent-leur-production-de-fromage-et-de-creme-en>, (18/11/2024).

Suffys, S., Richard, G., Burgeon, C., Werrie, P.-Y., Haubruge, E., Fauconnier, M.-L., & Goffin, D. (2023). Characterization of aroma active compound production during kombucha fermentation: Towards the control of sensory profiles. *Foods*, 12(8), Article 1657. DOI : 10.3390/foods12081657

The Good Scents Company. (s.d.). 2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6-pentyl-. In *The Good Scents Company Database*. <https://www.thegoodscentscompany.com/data/rw1006591.html>, (05/09/2025).

The Good Scents Company. (s.d.). Methyl tiglate. In *The Good Scents Company Database*. <https://www.thegoodscentscompany.com/data/rw1052961.html>, (05/09/2025).

The Good Scents Company. (s.d.). Propanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester. In *The Good Scents Company Database*. <https://www.thegoodscentscompany.com/data/rw1000751.html>, (05/09/2025).

The Good Scents Company. (s.d.). Pyridine. In *The Good Scents Company Database*. <https://www.thegoodscentscompany.com/data/rw1009251.html>, (05/09/2025).

Tsioulpas, A., Lewis, M. J., & Grandison, A. S. (2007). A study of the pH of individual milk samples. *International Journal of Dairy Technology*, 60(2), 96-97.

Van Leuven, I., Van Caelenberg, T., & Dirinck, P. (2008). Aroma characterisation of Gouda-type cheeses. *International Dairy Journal*, 18(8), 790–800. DOI : 10.1016/j.idairyj.2008.01.001

Wagralim. (2016). *Valorisation du projet LaitHerbe : création d'une coopérative*. Récupéré de <https://www.wagralim.be/valorisation-du-projet-laitherbe-creation-dune-cooperative/>

Wang, J., Zhang, C., Qian, J., Wang, S., Fan, W., Shi, Q., Mao, J., Xie, J., Zhang, Q., & Chai, G. (2025). Structure-threshold relationship in food aroma molecules: Insights from S-curve method, molecular docking, and dynamics simulations. *Current Research in Food Science*, 10, Article 101073. DOI : 10.1016/j.crfs.2025.101073

Wang, W. J., Zhang, L. W., & Li, Y. (2012). *Production of volatile compounds in reconstituted milk reduced-fat cheese and the physicochemical properties as affected by exopolysaccharide-producing strain*. *Molecules*, 17(12), 14 393–14 408. DOI : 10.3390/molecules171214393

Xing, Y., Teng, H., San, Y., Zheng, L., Li, B., Wang, Z., & Regenstein, J. M. (2025). *Flavor substances of plant foods: A review of structural properties, biogenic flavor mechanisms, and challenges*. *Journal of Food Science*, 90(7), e70437. DOI : 10.1111/1750-3841.70437

Yang, Z., Wang, J., Wang, B., & Cao, Y. (2025). *Characterization of volatile compounds in mozzarella cheeses made from bovine and buffalo milk by different aroma extraction and identification methods*. *Journal of Dairy Science*, 108(4), 3214-3233. DOI : 10.3168/jds.2024-25705

Yvon, M., Thirouin, S., Rijnen, L., Fromentier, D., & Gripon, J. C. (1997). An aminotransferase from *Lactococcus lactis* initiates conversion of amino acids to cheese flavor compounds. *Applied and Environmental Microbiology*, 63(2), 414–419

Zhang, L., Huang, C., Johansen, P. G., Petersen, M. A., Poojary, M. M., Lund, M. N., Jespersen, L., & Arneborg, N. (2021). The utilisation of amino acids by *Debaryomyces hansenii* and *Yamadazyma triangularis* associated with cheese. *International Dairy Journal*, 121, 105135. DOI : 10.1016/j.idairyj.2021.105135

Ziino M., Condurso C., Romeo V., Giuffrida D. & Verzera A. (2005). *Characterization of “Provola dei Nebrodi”, a typical Sicilian cheese, by volatiles analysis using SPME-GC/MS. International Dairy Journal*, 15(6), 585-593. DOI : 10.1016/j.idairyj.2004.07.024

V. Difficultés rencontrées

Lors du jury organoleptique, l'une des difficultés a été de pouvoir comparer des échantillons semblables. Il a été demandé, en amont, à chaque producteur d'avoir un fromage avec un mois d'affinage pour ces tests. Cependant, il faut faire face à la réalité du terrain et à la taille des exploitations, tous les producteurs ne produisent pas tous les jours et avec de grande quantité de lait. Il est donc difficile d'avoir précisément un mois d'affinage pour tous, c'est pourquoi la durée d'affinage pour le jury d'experts oscillera entre 20 jours et 1 mois et demi.

Plusieurs paramètres humains sont entrés en jeu. Explication des allergies de Naomi pour les dégustations, Mohamed ramadan (en raison d'un manque de disponibilités et à la période du ramadan) + Dame enceinte (Ferme 16) pour PPNC. Ces éléments illustrent l'importance de la composante humaine dans la mise en œuvre d'une analyse sensorielle, et la nécessité d'adapter l'organisation en fonction des situations individuelles.

Une autre difficulté concerne le manque de temps. Initialement, le projet avait été déposé pour se dérouler sur 12 mois (du 1^{er} juin 2024 au 31 mai 2025). Ce manque de temps s'explique notamment par la durée importante requise pour certaines étapes clés, telles que le traitement d'un grand nombre de données analytiques et l'analyse sensorielle. Cette dernière a exigé près de 5 mois de travail rigoureux nécessaires au développement d'une nouvelle expertise en interne et à l'obtention des résultats fiables et exploitables. À cela s'ajoute le traitement de données issues de la spectrométrie de masse (GC-MS), dont les fichiers générés contiennent des milliers de lignes de données brutes. Ces données doivent être soigneusement triées, nettoyées et analysées, un processus particulièrement chronophage. Ainsi, la densité des tâches techniques, combinée à des délais initiaux serrés, a constitué un frein majeur à l'avancement du projet dans le temps imparti.

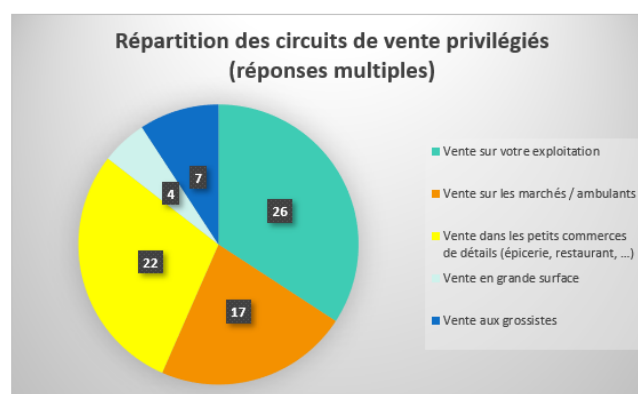
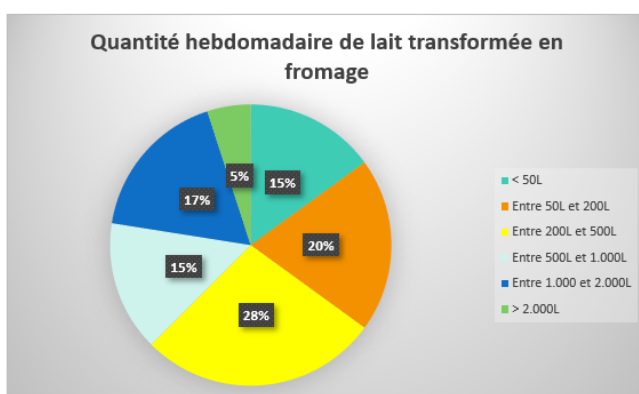
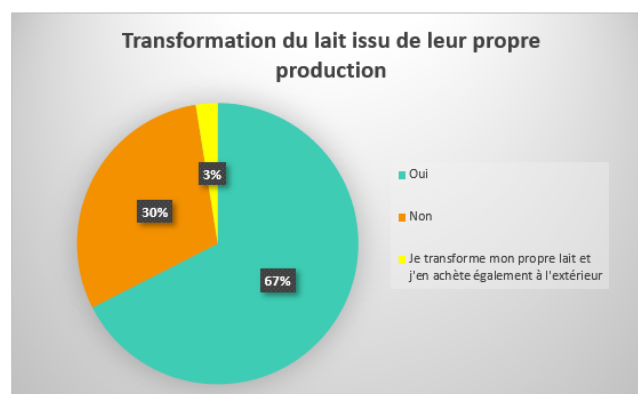
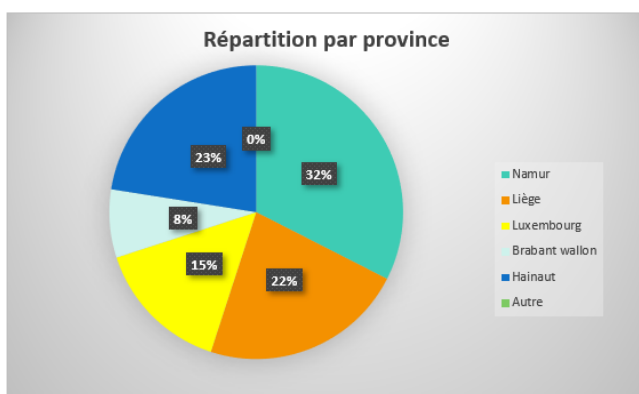
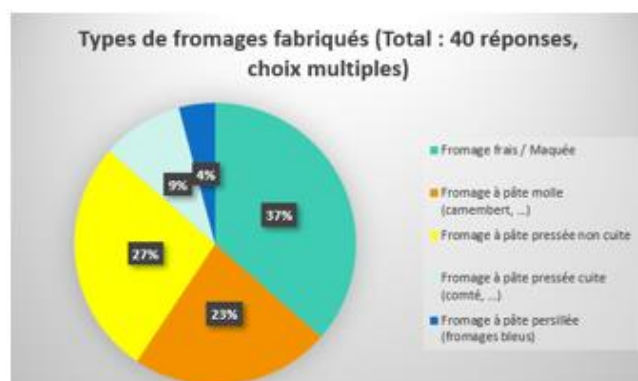
À ce stade du projet, nous disposons d'une base de données très riche, qui a permis de réaliser de nombreuses analyses ainsi que divers croisements pertinents entre les informations recueillies. Le temps supplémentaire accordé a rendu possible l'élaboration de premières interprétations des résultats, sans toutefois permettre d'en approfondir pleinement la portée. En effet, avec davantage de temps, une comparaison des analyses effectuées avec un jury d'appréciation aurait pu apporter des éclairages supplémentaires. Par ailleurs, des études plus poussées sur certains ferments susceptibles de produire certaines molécules auraient permis de confirmer ou d'infirmer certaines hypothèses.

VI. Etat de la subvention

À la date du 6 mai 2025, environ 75% du budget alloué au Laboratoire QSPA (DiversiFERM) pour ce projet a été dépensé. Ces dépenses ont permis de payer les frais de personnel liés à l'engagement de Carole Gailly, les frais de déplacements pour les différentes missions de terrain, les frais de gestion de l'ULiège et les premières dépenses liées aux analyses. La plus grosse part des frais des analyses doit encore être réglé.

VII. Annexes

Annexe 1. Résultats de la pré-enquête en ligne réalisée auprès de producteurs wallons



Annexe 2. Définitions de chaque descripteur pour l'analyse sensorielle

Aspect visuel croûte de forme irrégulière (AVCr_irr) = Aspect visuel qui n'est pas régulier dans son relief (sans schéma/motif répété). Ne pas juger la couleur.

Aspect visuel croûte épais (AVCr_epais) = Hauteur de la croûte.

Aspect visuel croûte dur (AVCr_dur) = Apparence rigide et résistante.

Aspect visuel cœur brillant (AVCo_brill) = Cœur lisse, éclatant et qui reflète la lumière.

Aspect visuel cœur cassant (AVCo_cass) = Cœur friable, sec et susceptible de se briser net.

Odeur intensité (O_int) = Force avec laquelle les composés aromatiques du fromage se dégagent et sont perçus par l'odorat.

Odeur fruitée (O_fr) = Perception olfactive qui évoque une note fruitée. Ex : Comté

Odeur charcuterie (O_charc) = Perception olfactive qui rappelle les produits de viandes transformées (rappelant la peau de saucisson), souvent perçus comme fumés ou légèrement épicés (référence à l'odeur de souris).

Goût intensité (G_int) = Force perçue du goût.

Goût salé (G_salé) = Perception gustative associée à la présence de sels minéraux.

Goût lacté (G_lacté) = Perception gustative douce, crémeuse et légèrement sucrée, souvent associée au lait.

Goût acide (G_acide) = Perception gustative qui évoque une sensation de sûr généralement associée à la présence de molécules telles que l'acide lactique et l'acide citrique. Peut entraîner la salivation. Ex : Citron.

Goût crème (G_crème) = Perception gustative douce, riche et onctueuse, rappelant la crème fraîche entière ou le beurre.

Goût piquant (G_piq) = Qualifie la sensation qui se manifeste dans la bouche par des picotements. Cette sensation se ressent dans toute la bouche y compris au palais et sur la langue. Sensation fréquemment rencontrée avec le poivre, le radis frais ou le wasabi.

Texture en bouche collante (T_coll) = Adhérence aux dents, au palais ou à la langue lors de la mastication.

Texture en bouche fondante (T_fond) = Rapidement dissout dans la bouche.

Texture en bouche granuleuse (T_gran) = Sensation rugueuse ou granuleuse en bouche.

Longueur en bouche de l'arrière-goût (AG_long) = Durée pendant laquelle les saveurs et les arômes restent perceptibles après avoir avalé le fromage.

Arrière-goût amer (AG_amer) = Saveur âpre, rude qui persiste à l'arrière de la bouche après avoir ingéré le fromage. Ex : Chicon, pamplemousse.

Arrière-goût étable (AG_étable) = Saveur animale souvent associée à des notes de fumier se manifestant après ingestion du fromage.

Arrière-goût moisi (AG_mois) = Saveur de cave humide, souvent associée à un goût de champignon ou de terre humide.

Annexe 3. Questionnaire complété avec les producteurs lors de la première campagne en été

Numéro de ferme attribué :



Questionnaire 1 – Campagne d’été

Nom, Prénom : Province :
E-mail : Adresse de la ferme :
N° de téléphone : Nom de la ferme :
Type de fromage : Maquée – PM – PPNC Date de visite :

Quelques questions afin d’en savoir plus sur votre processus de fabrication de fromages :

Depuis **combien de temps** fabriquez-vous du fromage ?

Comment assurez-vous la **commercialisation** de vos fromages et en quelle quantité ?

- Vente sur votre exploitation -%
- Vente sur les marchés -%
- Vente dans les petits commerces de détails (épicerie, restaurants, ...) -%
- Vente en grande surface -%
- Vente aux grossistes -%
- Autres ?

Quel type d’emballage utilisez-vous ?

Quelles sont les **conditions de stockage** de vos fromages (humidité, température, hygiène, ...) ?

.....
.....

Quel(s) **paramètre(s)** en termes de **qualité-fromage** souhaiteriez-vous améliorer ?

.....
.....

Rencontrez-vous éventuellement des **problèmes** au niveau de la production de vos fromages ?

.....
.....
.....

Questionnaire 1 – Campagne d'été

Quelles sont vos **conditions d'affinage** (durée et jusqu'à quand, humidité, température, hygiène, ...) ?

.....

.....

.....

La **fréquence de traite** : matin – soir – quand elles veulent

Le **nombre de vaches en lactation** :

Autres informations qui vous semblent importantes à ajouter ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Date de la prise des fromages :

Info lors de la prise des fromages :

Date de fabrication de la Maquée :

Date de fabrication du fromage à pâte molle :

Date de fabrication du fromage à pâte pressée non cuite :

Combien de temps les avez-vous laissés en affinage ?

- Pour la Maquée :
- Pour le fromage à pâte molle :
- Pour le fromage à pâte pressée non cuite :

Le **troupeau** :

La **ration estivale** donnée :

La **ration hivernale** donnée :

Annexe 4. Questionnaire complété avec les producteurs lors de la deuxième campagne en hiver

Numéro de ferme attribuée :



Questionnaire 2 – Campagne d’hiver

Nom, Prénom : Province :
E-mail : Adresse de la ferme :
N° de téléphone : Nom de la ferme :
Type de fromage : Maquée – PM – PP

Info lors de la prise des fromages :

Date de la prise des fromages :
Date de fabrication de la Maquée :
Date de fabrication de la pâte molle :
Date de fabrication de la pâte pressée non cuite :
Temps d’affinage :

- Maquée :
- Pâte molle :
- Pâte pressée non cuite :

Si prise de PM : Demander si leur idée est de faire plutôt un CAMEMBERT ou un BRIE

Fromages :

Un changement par rapport à la 1^{ère} campagne (été) ?
.....
.....
Ration estivale (à confirmer) :
Ration hivernale :
Si tourteau, demander la composition :
Robot de traite ? OUI – NON
Prix au kilo :

- Maquée entière nature :
- Pâte molle nature :
- Pâte pressée non cuite nature :

Lait :

Durée de conservation du lait pour la fabrication ?
Tout le lait est transformé après la traite ? OUI – NON
Si NON, que font-ils du surplus de lait ?
Quantité de lait transformée par type de fromage :

- Maquée entière nature :
- Pâte molle nature :
- Pâte pressée non cuite nature :

Annexe 5. Tableaux de réponses au questionnaire des différents producteurs

Ferme	Famille fromage	Race	Taille troupeau	Qtt lait transformé (/mois)	Robot de traite	Ferments utilisés	Quantité presure (mL/100L)	Temps d'affinage souhaité	Temps d'affinage été	Temps d'affinage hiver	T° d'affinage	Humidité cave d'affinage (%)	Ration estivale	Ration hivernale	Prix au kilo
Ferme 1	Pâte pressée	Holstein (pie noire, pie rouge) & montbéliarde	115	1 000L	NON	CHOOZIT RA22	30	3 semaines	8 semaines	4 semaines	11-13°C	95	Pâturage, foin	Ensilage sec (20kg) voir foin	23€/kg
Ferme 2	Pâte pressée	Holstein (pie noire)	66	1 400L	NON	LFE14, Yaourt, Pal TEX, Pal 315, Pal LC2, Pal 437,2, Pal KL DH, Pal SB 227	35	3-4 semaines	3 semaines	12 semaines	13°C	100	Pâturage, maïs, préfané, correcteur azoté, drèches, pulpes de betteraves, minéraux	17kg herbe silo 1ère coupe, 16kg maïs ensilage, 5kg pulpes betteraves, 2,5kg drèches, 2kg correcteur azoté	22€/kg
Ferme 3	Maquée	Holstein	170	?	OUI	MN 100-101	15	-	-	-	-	-	Maïs (50%), préfané luzerne-raygrass (25%), concentrés pour le reste sur MS	Ensilage maïs, ensilage luzerne, dactyle, ray-grass, céréales, tourteau (soja)	9€/kg
	Pâte pressée			?		TA052, EZAL, MN 100-101, nitrate de soude	60	4-6 semaines	6 semaines	6 semaines	14°C	-			18,9€/kg
Ferme 4	Pâte molle	Vaches normandes (+ quelques PNH)	36	1 200L	NON	P. neige, yaourt, IOTA CA/3 DL1	30	3 semaines	15 jours	18 jours	14°C	90	Maïs (25%), préfané (25%), herbe (50%)	Maïs (33%), préfané (67%)	19,5€/kg
	Pâte pressée			2 400L		Chlorhydrate, Choozit ALP D	30	4 semaines	3,5 semaines	5 semaines	14°C	88			16,9€/kg
Ferme 5	Maquée	Holstein	30	800L	NON	Palarome 222	33,3	-	-	-	-	-	Herbe (prairie), silo de foin et grain	Silo de foin, grain, concentré de production à 16% de protéines	11,2€/kg
Ferme 6	Maquée	Holstein (2/3) & Jersey (1/3)	65	600L	NON	Flora danica	7	-	-	-	-	-	Herbe (prairie), maïs ensilage, préfané, tourteau correcteur (soja), ray-grass, trèfle	Ensilage herbe, ensilage maïs, lin, correcteur azoté, froment aplati	10€/kg
	Pâte molle			400L		Flora danica & G. candidum	8	10 jours	10 jours	10 jours	12-13°C	93			18,7€/kg
Ferme 7	Maquée	Croisement Holstein x Jersey	35	400L	NON	MA4001	50	-	-	-	-	-	Pâturage + 10kg d'enrubanné herbe	Ensilage herbes (75%), maïs + colza + tourteau de soja (25%)	15€/kg
	Pâte pressée			4 000L		Pal KL-DH, AROM Bco 24P VEG, CHEESE MIX	13	3 semaines ou plus	4 semaines	5 semaines	14°C	99			21€/kg
Ferme 8	Maquée	PNH	28	200L	NON	Flora danica	30	-	-	-	-	-	Pâturage (85%), foin (10%), céréales aplaties (féverole (20%), seigle (80%) -5%)	Foin, ensilage d'herbe, préfané, céréales aplaties (féverole (20%), seigle (80%) -5%), minéraux	10€/kg
	Pâte molle			200L		F. danica, G. candidum x P. neige	8	10 jours	11 jours	2 semaines	12°C	-			20€/kg
Ferme 9	Pâte molle	Holstein	60	240L	OUI	MA4002, PC SAM 3 & GEO 68	10	10 jours	12 jours	12 jours	14°C	-	33kg ensilage herbe, 11kg maïs épi broyé, 1,5kg déchets légumes, 2kg tourteau de production (Lacto Omega 21-G)	20kg maïs ensilage, 20kg ensilage herbe, 10kg betteraves fourragères & 2,5kg tourteau de soja	20€/kg
Ferme 10	Pâte pressée	Jersey	150	250L	NON	F. danica	30	5 semaines	6 semaines	4 semaines	12-14°C	98,5	50% herbe, 50% maïs + 2,5kg de concentré	Ensilage herbe, maïs, préfané, tourteaux	19€/kg
Ferme 11	Maquée	Holstein	70	280L	NON	CHN22	1	-	-	-	-	-	Pâturage jour & nuit + 29kg de compléments (préfané 40%, maïs 50%, pulpe de betteraves 10%)	Préfané (50%), maïs épi broyé (50%)	7,25€/kg
	Pâte pressée			16 800L		Naturen® Premium, CHN 22 / Nisine	25	4 semaines	8 semaines	6 semaines	15°C	80			13€/kg

Ferme	Famille fromage	Race	Taille troupeau	Qtt lait transformé (/mois)	Robot de traite	Ferments utilisés	Quantité presure (mL/100L)	Temps d'affinage souhaité	Temps d'affinage été	Temps d'affinage hiver	T° d'affinage	Humidité cave d'affinage (%)	Ration estivale	Ration hivernale	Prix au kilo
Ferme 12	Maquée	Normandes (85%), montbéliarde, PRH	55	2 400L	NON	-	1	-	-	-	-	-	Pâturage + 10kg maïs & tourteau (lin, colza, escourgeon, soja)	25kg maïs, 5kg foin, 1kg complément (tourteau et paille)	12,7€/kg
	Pâte molle			1 200L		-	1,5	-	-	-	-	-			15,9€/kg
Ferme 13	Pâte molle	Holstein x Montbéliarde	65	600L	NON	Pal LC 705 & G. candidum	30	10 jours	20 jours	15 jours	11,5-12°C	95	Pâturage jour & nuit + 4,5kg de tourteaux (luzerne, soja, céréales), maïs	Ensilage herbe (42%MS), luzerne déshydratée (4-5kg), drèche d'avoine (1,5kg), tourteau (5kg)	24,50€/kg
	Pâte pressée			2 000L		Pal LC 705	30	35-40 jours	5 semaines	6 semaines	11,5-12°C	95			25,50€/kg
Ferme 14	Pâte pressée	PNH	230	500L	OUI	F. danica	30	35-40 jours	5 semaines	12 semaines	12°C	-	13kg herbe, 20kg maïs & 8kg pulpes	Idem estivale, pas de prairies	20€/kg
Ferme 15	Pâte molle	Simmental	45	1 200L	NON	Pal 222 & Palaram B24	30	30 jours	18 jours	10 jours	12°C	88	Pâturage, foin, préfané bien sec	Foin (100%)	22€/kg
	Pâte pressée			5 000L		Pal 114, G. candidum	20	120 jours max	12 semaines	18 semaines	12°C	88			22€/kg
Ferme 16	Maquée	Montbéliarde & normandes	15	400L	NON	Été: / Hiver: Choozit MA 4001	6	-	-	-	-	-	Herbes fraîches (légumineuses, foin - 80%), herbes enrubannées (20%), céréales	Ensilage herbe, trèfle/luzerne, graminées, épi broyé (6-7kg), céréales	13€/kg
	Pâte pressée			1 600L		CHOOZIT MA 4001	50	3 semaines	3 semaines	NA	14°C	-			20€/kg
Ferme 17	Maquée	Holstein	35	600L	NON	MA4001	10	-	-	-	-	-	Herbe (prairies), maïs, pulpe	Ensilage d'herbe, maïs et pulpe	8€/kg
	Pâte molle			6 000L		Pal 222, Pal STV, KL DH, G. candidum & P. neige	10	10-15 jours	10 jours	2 semaines	12°C	90			19€/kg
Ferme 18	Pâte molle	Holstein & Montbéliarde	40	240L	NON	P. neige & MA 4001	4	12 jours	20 jours	2 semaines	12-13°C	80	20kg de MS (6kg de luzerne, 2kg de céréales et 12kg d'herbe)	20kg de MS (6kg de luzerne, 4kg de céréales, 1kg de correcteur azoté et 9kg de foin)	26€/kg
	Pâte pressée			600L		Pal 222	30	4-5 semaines	5 semaines	5 semaines	12-13°C	80			24,20€/kg
Ferme 19	Pâte molle	Jersey	24	800L	NON	STVD, KHL, Geo 68, Pal 175, Pal LC 705, Pecissain & Pal 222	20	7-10 jours + 30 jours	7 semaines	3 semaines	10°C	-	Herbe et tourteau (4kg)	Maïs (10kg), foin (7-8kg), tourteau (4kg)	20€/kg
Ferme 20	Maquée	Holstein	43	160L	NON	Standa Cheese Mix 1RM & PalBioProtect	10	-	-	-	-	-	Pâturage (prairies), immunoenergie 13 (8kg)	Foin (20kg), immunoenergie 13 (8kg), pulpes de betteraves séchées (1kg)	12€/kg
	Pâte pressée			4 000L		Pal 122, Pal LC 705, LH 77	60	4 semaines	4 semaines	4 semaines	12-14°C	84			25€/kg
Ferme 21	Maquée	Holstein	30	50L	NON	MA4000	80	-	-	-	-	-	Herbe pâturage, herbe 2024 février 2025, maïs 1 2024, paille de froment, pulpes pressées, SUBLIME 23/4, SUBLIME 23/4, sel, ProLac Balance, ProLac Super 19	Herbe 2024 février 2025, maïs 1 2024, paille de froment, pulpes pressées, SUBLIME 23/4, sel, ProLac Balance, ProLac Super 19	8,80€/kg
	Pâte molle			100L		Pied de cuve, MA4000, GEO68 & P. neige	25	15-20 jours	4 semaines	4 semaines	12-14°C	95			18,70€/kg
	Pâte pressée			100L		MA4000, GEO 68, Pal LC 705	30	6 semaines	20 semaines	7 semaines	10-14°C	95			15,40€/kg

Annexe 6. Résultats de l'analyse chromatographique des maquées issues de la campagne d'été

	Ferme 3	Ferme 5	Ferme 6	Ferme 7	Ferme 8	Ferme 11	Ferme 12	Ferme 16	Ferme 17	Ferme 20	Ferme 21
Alcohols											
Isopropyl Alcohol	0,11 ± 0,04 ^a	0,07 ± 0,08 ^a	0,37 ± 0,21 ^{ab}	0,51 ± 0,26 ^{ab}	0,63 ± 0,30 ^{ab}	1,18 ± 0,69 ^b	0,06 ± 0,11 ^a	0,29 ± 0,50 ^a	0,69 ± 0,28 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,40 ± 0,08 ^{ab}
2-Butanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,10 ^b	0,08 ± 0,03 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Propanol, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,78 ± 0,21 ^b	1,00 ± 0,28 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,11 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Penten-3-ol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,10 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Butanol, 3-methyl-	0,09 ± 0,06 ^a	4,97 ± 6,72 ^{ac}	3,31 ± 1,31 ^{ac}	0,30 ± 0,25 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,89 ± 0,67 ^{ac}	22,95 ± 1,33 ^b	28,11 ± 2,07 ^b	4,11 ± 2,02 ^{ac}	14,91 ± 14,75 ^{bc}	0,00 ± 0,00 ^a
1-Pentanol	0,27 ± 0,03 ^a	3,36 ± 0,40 ^b	0,61 ± 0,40 ^a	0,66 ± 0,20 ^a	3,19 ± 0,36 ^b	1,46 ± 0,11 ^{ac}	0,00 ± 0,00 ^a	0,24 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	2,58 ± 1,54 ^{bc}	0,05 ± 0,09 ^a
trans-3-Penten-2-ol	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Prenol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
3-Pentanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,15 ± 0,26 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Heptanol, 4-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,16 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Heptanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,54 ± 0,07 ^c	0,06 ± 0,10 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,29 ± 0,05 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
4-Heptanol, 3-methyl-	0,04 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Pentanol, 3-methyl	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,49 ± 0,84 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Hexanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,02 ± 0,25 ^c	0,44 ± 0,40 ^{abc}	2,66 ± 0,22 ^d	0,78 ± 0,16 ^{bc}	0,30 ± 0,52 ^{abc}	0,01 ± 0,02 ^{ab}	0,19 ± 0,20 ^{ab}	0,49 ± 0,42 ^{abc}	0,00 ± 0,00 ^a
1-Octen-3-ol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,19 ± 0,17 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,04 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a
1-Heptanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,09 ^a	0,10 ± 0,17 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Hexanol, 2-ethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,16 ± 0,18 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
7-Octen-2-ol, 2,6-dimethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,03 ^b
4-Heptanol, 2,6-dimethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,50 ± 0,22 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Octanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,33 ± 0,30 ^{bc}	0,00 ± 0,00 ^a	0,54 ± 0,14 ^c	0,15 ± 0,05 ^{ab}	0,14 ± 0,01 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,08 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a
1-Nonanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,20 ± 0,03 ^c	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,04 ^a	0,11 ± 0,02 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Phenylethyl Alcohol	0,01 ± 0,02 ^a	0,04 ± 0,08 ^a	0,80 ± 0,44 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,15 ^a	1,58 ± 1,50 ^{ab}	0,59 ± 0,06 ^a	3,37 ± 0,68 ^b	1,19 ± 1,68 ^{ab}	1,02 ± 1,11 ^a	0,02 ± 0,03 ^a
Aldehydes											
Propanal, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,31 ± 0,54 ^a	0,74 ± 0,65 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanal, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,15 ± 0,17 ^a	0,37 ± 0,64 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,32 ± 0,42 ^a	0,19 ± 0,09 ^a	0,41 ± 0,18 ^a	0,13 ± 0,22 ^a	0,17 ± 0,16 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanal, 3-methyl-	0,10 ± 0,17 ^a	0,70 ± 0,54 ^a	2,19 ± 3,23 ^a	0,08 ± 0,10 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	5,69 ± 5,83 ^a	3,20 ± 1,51 ^a	13,14 ± 4,67 ^b	0,45 ± 0,71 ^a	1,38 ± 0,92 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Hexanal	0,38 ± 0,18 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	2,28 ± 1,84 ^a	0,24 ± 0,22 ^a	10,18 ± 2,45 ^b	0,77 ± 0,27 ^a	0,31 ± 0,27 ^a	0,13 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,15 ± 0,27 ^a	0,14 ± 0,05 ^a
Heptanal	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	7,56 ± 3,05 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Hexenal	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,28 ± 0,25 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
4-Heptanal, (Z)-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,17 ± 0,16 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
cis-4-Decenal	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,13 ± 0,22 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Octanal	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,34 ± 0,08 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Heptenal	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,31 ± 0,13 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Octenal, (E)-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,37 ± 0,10 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2,4-Heptadienal, (E,E)-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Benzaldehyde	0,05 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,40 ± 0,69 ^a	0,42 ± 0,70 ^a	0,12 ± 0,09 ^a	0,42 ± 0,73 ^a	0,49 ± 0,53 ^a	0,12 ± 0,07 ^a	0,05 ± 0,08 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Nonenal, (E)-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,40 ± 0,40 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Decenal, (E)-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,35 ± 0,30 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Benzeneacetaldehyde	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,57 ± 2,71 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,73 ± 0,81 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Benzaldehyde, 4-ethyl	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,01 ± 0,02 ^a
2-Undecenal	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2,4-Nonadienal, (E,E)-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Cinnamaldehyde, (E)-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Pentadecanal	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Hexadecanal	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a

Note : Différence significative entre les données avec des lettres différentes dans la même ligne (P<0,05)

	Ferme 3	Ferme 5	Ferme 6	Ferme 7	Ferme 8	Ferme 11	Ferme 12	Ferme 16	Ferme 17	Ferme 20	Ferme 21
Alkanes											
Pentane	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,38 ± 0,54 ^b	0,00 ± 0,00 ^a
n-Hexane	0,00 ± 0,00 ^a	1,33 ± 1,18 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,81 ± 0,21 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Heptane	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,19 ± 0,07 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,14 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a
Octane	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,24 ± 0,05 ^c	0,04 ± 0,04 ^{ab}	0,21 ± 0,01 ^c	0,07 ± 0,03 ^b	0,09 ± 0,03 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,19 ± 0,01 ^c	0,00 ± 0,00 ^a
Decane, 5-propyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Dodecane, 2,6,10-trimethyl-	0,04 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Alkenes											
2-Hexene	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,04 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acids											
4-Methyl-2-oxovaleric acid	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,57 ± 0,03 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acetic acid	32,61 ± 5,65 ^{cde}	50,19 ± 8,82 ^e	19,13 ± 6,80 ^{abc}	20,54 ± 0,64 ^{abc}	46,96 ± 7,59 ^{de}	17,05 ± 15,50 ^{abc}	10,02 ± 1,70 ^{ab}	16,37 ± 2,82 ^{abc}	27,40 ± 5,01 ^{bcd}	5,59 ± 5,79 ^a	10,60 ± 0,40 ^{ab}
Propanoic acid	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,13 ± 0,19 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,41 ± 1,23 ^b	0,00 ± 0,00 ^a
Propanoic acid, 2-methyl-	0,03 ± 0,05 ^a	0,45 ± 0,60 ^{ab}	0,66 ± 0,26 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,45 ± 0,34 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	2,36 ± 2,19 ^b	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid	3,83 ± 1,00 ^{ac}	3,29 ± 0,30 ^{ac}	2,17 ± 0,24 ^a	2,80 ± 0,21 ^a	1,98 ± 0,66 ^a	1,20 ± 1,11 ^a	1,69 ± 0,68 ^a	2,63 ± 0,05 ^a	8,81 ± 1,76 ^b	7,94 ± 4,96 ^{bc}	12,61 ± 0,40 ^b
Hexanoic acid, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,46 ± 0,80 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,60 ± 1,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, 3-methyl-	0,47 ± 0,26 ^{ab}	0,11 ± 0,20 ^a	2,05 ± 0,80 ^{ab}	0,17 ± 0,06 ^a	0,11 ± 0,10 ^a	0,78 ± 0,36 ^{ab}	0,22 ± 0,02 ^a	2,97 ± 2,23 ^{ab}	0,32 ± 0,41 ^{ab}	6,68 ± 6,82 ^b	0,05 ± 0,09 ^a
Pentanoic acid	0,13 ± 0,06 ^a	0,15 ± 0,14 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,15 ± 0,03 ^a	0,04 ± 0,08 ^a	0,02 ± 0,04 ^a	0,08 ± 0,07 ^a	0,36 ± 0,41 ^a	0,21 ± 0,20 ^a	0,31 ± 0,08 ^a
Hexanoic acid	9,90 ± 3,27 ^{ac}	7,91 ± 0,97 ^a	1,79 ± 1,07 ^a	3,32 ± 0,76 ^a	7,08 ± 0,45 ^a	1,54 ± 1,15 ^a	3,62 ± 0,58 ^a	3,38 ± 1,62 ^a	18,57 ± 3,60 ^{bc}	8,71 ± 8,14 ^a	23,34 ± 0,42 ^b
Hexanoic acid, 2-ethyl-	0,01 ± 0,02 ^a	0,05 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,13 ± 0,23 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,09 ± 0,07 ^a
Heptanoic acid	0,29 ± 0,10 ^{abc}	0,24 ± 0,07 ^{abc}	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,09 ^a	0,24 ± 0,03 ^{abc}	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,05 ^{ab}	0,06 ± 0,06 ^a	0,61 ± 0,45 ^c	0,12 ± 0,20 ^{ab}	0,60 ± 0,17 ^{bc}
Octanoic acid	4,64 ± 1,61 ^{bd}	2,57 ± 0,42 ^{ab}	0,42 ± 0,32 ^a	1,57 ± 0,39 ^{ab}	1,41 ± 0,15 ^{ab}	0,36 ± 0,12 ^a	3,36 ± 0,61 ^{abd}	1,29 ± 0,48 ^a	6,50 ± 2,51 ^d	2,61 ± 2,05 ^{ab}	13,33 ± 0,37 ^c
Nonanoic acid	0,41 ± 0,09 ^a	0,53 ± 0,32 ^a	0,03 ± 0,06 ^a	1,20 ± 1,23 ^a	0,12 ± 0,12 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,37 ± 0,17 ^a	0,12 ± 0,06 ^a	0,97 ± 0,97 ^a	0,19 ± 0,22 ^a	1,02 ± 0,49 ^a
n-Decanoic acid	0,87 ± 0,22 ^{ab}	0,36 ± 0,11 ^{ab}	0,24 ± 0,11 ^a	0,41 ± 0,07 ^{ab}	0,37 ± 0,04 ^{ab}	0,19 ± 0,07 ^a	0,45 ± 0,11 ^{ab}	0,33 ± 0,04 ^{ab}	1,30 ± 0,87 ^b	0,77 ± 0,36 ^{ab}	1,08 ± 0,56 ^{ab}
9-Decenoic acid	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,10 ^a
Benzoic acid	1,49 ± 0,29 ^a	1,41 ± 0,45 ^a	1,06 ± 0,24 ^a	0,53 ± 0,11 ^a	3,98 ± 0,70 ^a	1,64 ± 0,52 ^a	0,96 ± 0,40 ^a	0,46 ± 0,04 ^a	1,75 ± 1,06 ^a	2,29 ± 1,32 ^{ab}	1,12 ± 0,55 ^a
Ketones											
2-Butanone	1,23 ± 0,41 ^c	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,12 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,42 ± 0,11 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,01 ^a	1,01 ± 0,41 ^{bc}	0,08 ± 0,14 ^a	0,53 ± 0,13 ^{ab}
2-Pentanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,08 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,28 ± 0,17 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,42 ± 0,10 ^b	0,04 ± 0,06 ^a
2,3-Butanedione	18,96 ± 6,39 ^{ac}	6,19 ± 1,55 ^b	7,36 ± 1,28 ^b	20,51 ± 2,50 ^a	3,55 ± 0,65 ^b	9,81 ± 1,24 ^{bc}	26,84 ± 0,91 ^a	3,53 ± 1,60 ^b	7,80 ± 3,17 ^b	9,95 ± 6,56 ^{bc}	7,05 ± 1,13 ^b
2,3-Pentanedione	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,11 ± 0,12 ^{ab}	0,19 ± 0,11 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Heptanone	0,55 ± 0,13 ^a	0,22 ± 0,39 ^a	1,30 ± 0,37 ^a	1,06 ± 0,54 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,34 ± 0,40 ^a	0,13 ± 0,04 ^a	0,22 ± 0,11 ^a	0,96 ± 0,44 ^a	6,18 ± 1,80 ^b	0,74 ± 0,42 ^a
Acetoin	22,98 ± 16,91 ^{cd}	11,58 ± 2,14 ^{cde}	44,73 ± 4,49 ^b	43,15 ± 0,78 ^{ab}	2,20 ± 1,18 ^c	47,39 ± 4,89 ^b	12,54 ± 1,38 ^{cde}	15,46 ± 0,55 ^{cde}	10,72 ± 0,88 ^{cde}	5,54 ± 1,45 ^{de}	24,70 ± 0,28 ^{ac}
3-Hydroxy-3-methyl-2-butanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,16 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
5-Hepten-2-one, 6-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,05 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,02 ^b
3-Nonanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,10 ± 0,09 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Nonanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,75 ± 0,71 ^a	3,36 ± 3,96 ^a	1,40 ± 1,05 ^a	0,42 ± 0,40 ^a	1,48 ± 0,91 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,03 ± 0,04 ^a	0,28 ± 0,09 ^a	3,74 ± 1,72 ^a	0,66 ± 0,67 ^a
8-Nonen-2-one	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,09 ^a	0,18 ± 0,15 ^a	0,09 ± 0,16 ^a	0,05 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,65 ± 0,32 ^b	0,15 ± 0,10 ^a
2-Undecanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,04 ^a

Note : Différence significative entre les données avec des lettres différentes dans la même ligne (P<0,05)

	Ferme 3	Ferme 5	Ferme 6	Ferme 7	Ferme 8	Ferme 11	Ferme 12	Ferme 16	Ferme 17	Ferme 20	Ferme 21
Esters											
Ethyl Acetate	0,07 ± 0,13 ^a	0,99 ± 1,18 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,10 ± 0,09 ^a	0,97 ± 0,16 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,98 ± 1,70 ^a	0,91 ± 0,81 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Propanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Butanol, 3-methyl-, acetate	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,18 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,06 ^a	2,98 ± 0,15 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	5,66 ± 8,78 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Isobutyl acetate (Ester)	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,73 ± 0,12 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Butanol, 3-methyl- propanoate	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,65 ± 1,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acetic acid, pentyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,15 ± 0,25 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,14 ± 1,20 ^b	0,00 ± 0,00 ^a
Hexanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,71 ± 0,24 ^a	0,06 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acetic acid, hexyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,11 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acetic acid, heptyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Octanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,60 ± 0,09 ^b	0,02 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Decanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,30 ± 0,52 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acetic acid, 2-phenylethyl ester	0,01 ± 0,02 ^a	0,02 ± 0,02 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,07 ± 0,07 ^a	0,04 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,50 ± 0,45 ^a	0,89 ± 1,37 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Dodecanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,01 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Methyl tiglate	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Ethyl 9-decanoate	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,12 ± 0,02 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
S-Compounds											
Methanethiol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Dimethyl sulfide	0,15 ± 0,03 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,18 ± 0,10 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Disulfide, dimethyl	0,00 ± 0,01 ^a	0,37 ± 0,21 ^a	0,79 ± 0,36 ^a	0,15 ± 0,04 ^a	0,97 ± 0,42 ^{ab}	0,17 ± 0,10 ^{ab}	0,33 ± 0,12 ^a	0,37 ± 0,35 ^a	2,32 ± 1,40 ^b	0,86 ± 0,42 ^a	0,33 ± 0,11 ^a
Dimethyl trisulfide	0,01 ± 0,02 ^a	0,24 ± 0,04 ^a	0,10 ± 0,01 ^a	0,06 ± 0,01 ^a	0,11 ± 0,06 ^a	0,06 ± 0,09 ^a	0,14 ± 0,06 ^a	0,15 ± 0,20 ^a	1,33 ± 1,01 ^b	0,11 ± 0,08 ^a	0,17 ± 0,07 ^a
Methional	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,24 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
3(2H)-Thiophenone, dihydro-2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,01 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Dimethyl sulfone	0,04 ± 0,07 ^a	0,29 ± 0,16 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,04 ^a	0,16 ± 0,05 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,05 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Phenols											
Phenol	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,06 ^a	0,06 ± 0,06 ^a	0,02 ± 0,03 ^a
p-Cresol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,15 ± 0,02 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Phenol, 4-ethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,15 ± 0,02 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Terpenes											
Limonene	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,75 ± 0,68 ^b	0,20 ± 0,03 ^{ab}
Eucalyptol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,44 ± 0,13 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,06 ^a
Lactone											
2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6-pentyl-	0,20 ± 0,08 ^{bc}	0,13 ± 0,02 ^{abc}	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,05 ^{abc}	0,10 ± 0,09 ^{abc}	0,08 ± 0,07 ^{abc}	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,01 ^{ab}	0,13 ± 0,11 ^{abc}	0,23 ± 0,09 ^c	0,17 ± 0,03 ^{abc}
N-Compound											
Indole	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,16 ± 0,19 ^a

Note : Différence significative entre les données avec des lettres différentes dans la même ligne (P<0,05)

Annexe 7. Résultats de l'analyse chromatographique des maquées issues de la campagne d'hiver

	Ferme 3	Ferme 5	Ferme 6	Ferme 7	Ferme 8	Ferme 11	Ferme 12	Ferme 16	Ferme 17	Ferme 20	Ferme 21
Alcohols											
1-Propanol, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,22 ± 0,75 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,54 ± 0,80 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Butanol, 3-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	37,23 ± 17,98 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	2,65 ± 3,76 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,24 ^a	4,11 ± 0,29 ^a	22,86 ± 28,12 ^{ab}	1,10 ± 1,91 ^a	0,36 ± 0,63 ^a
1-Pentanol	0,08 ± 0,13 ^a	2,18 ± 1,07 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,68 ± 1,18 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Heptanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,42 ± 0,72 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Nonanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,20 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Octanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	8,03 ± 13,91 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Phenylethyl Alcohol	0,00 ± 0,00 ^a	1,52 ± 1,57 ^{ab}	13,12 ± 8,19 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	2,52 ± 0,63 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	10,37 ± 9,49 ^{ab}	6,28 ± 6,80 ^{ab}	0,31 ± 0,54 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Aldehydes											
Propanal, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,20 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanal, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,15 ± 0,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,41 ± 0,70 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanal, 3-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,50 ± 0,56 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,53 ± 1,81 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,41 ± 0,50 ^a	12,80 ± 7,18 ^b	0,96 ± 0,45 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,29 ± 0,51 ^a
Hexanal	0,49 ± 0,03 ^a	1,34 ± 0,53 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,10 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,21 ± 0,48 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,27 ± 0,10 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Heptanal	0,00 ± 0,00 ^a	0,24 ± 0,21 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Octanal	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	2,93 ± 5,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Hexenal	0,00 ± 0,00 ^a	0,74 ± 0,47 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Benzaldehyde	0,05 ± 0,03 ^a	0,16 ± 0,07 ^a	0,48 ± 0,45 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,12 ± 0,07 ^a	0,60 ± 0,36 ^a	13,41 ± 15,37 ^a	4,68 ± 2,66 ^a	0,06 ± 0,02 ^a	0,48 ± 0,33 ^a	0,04 ± 0,05 ^a
Benzeneacetaldehyde	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1 ± 0,74 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	12,36 ± 14,63 ^a	0,23 ± 0,39 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,12 ± 0,20 ^a
Hexadecanal	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,83 ± 0,92 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Alkanes											
Octane	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,09 ^a	0,02 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acids											
Acetic acid	20,47 ± 2,13 ^{ac}	52,03 ± 9,01 ^d	4,07 ± 5,61 ^c	28,87 ± 1,19 ^{ab}	44,28 ± 13,71 ^{bd}	27,02 ± 12,35 ^{abc}	10,34 ± 2,84 ^{ac}	4,81 ± 8,34 ^c	10,23 ± 11,92 ^{ac}	9,08 ± 1,01 ^{ac}	14,75 ± 1,38 ^{ac}
Propanoic acid	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,04 ± 0,08 ^a	0,41 ± 0,14 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,09 ^a	2,44 ± 0,64 ^b	0,03 ± 0,03 ^a
Propanoic acid, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	4,07 ± 1,14 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,32 ± 0,55 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,82 ± 0,81 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid	5,32 ± 0,43 ^{ab}	3,83 ± 0,17 ^{ab}	1,26 ± 0,43 ^b	4,30 ± 0,18 ^{ab}	1,16 ± 0,30 ^b	4,01 ± 0,91 ^{ab}	4,47 ± 1,60 ^{ab}	4,02 ± 5,83 ^{ab}	1,96 ± 1,35 ^b	8,72 ± 1,69 ^{ac}	12,51 ± 1,21 ^c
Hexanoic acid, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	10,13 ± 8,80 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,31 ± 0,54 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,66 ± 0,58 ^b	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, 3-methyl-	0,04 ± 0,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	2,35 ± 4,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,82 ± 0,86 ^a	1,72 ± 0,25 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	4,99 ± 3,06 ^{ab}	4,23 ± 3,69 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,15 ± 0,17 ^a
Hexanoic acid	14,21 ± 1,45 ^{cd}	9,76 ± 0,71 ^{ab}	1,72 ± 2,97 ^a	7,79 ± 0,03 ^{abc}	2,05 ± 1,14 ^a	8,11 ± 2,42 ^{abc}	13,04 ± 7,20 ^{bcd}	3,51 ± 5,72 ^{ab}	3,57 ± 2,03 ^{ab}	17,11 ± 3,11 ^{cd}	18,13 ± 1,58 ^d
Hexanoic acid, 2-ethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,24 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Heptanoic acid	0,47 ± 0,05 ^{bc}	0,07 ± 0,09 ^{ac}	0,00 ± 0,00 ^a	0,41 ± 0,06 ^{abc}	0,00 ± 0,00 ^a	0,19 ± 0,33 ^{ac}	0,49 ± 0,27 ^{bc}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,15 ± 0,27 ^{ac}	0,67 ± 0,12 ^b
Octanoic acid	8,64 ± 0,71 ^{abc}	3,58 ± 1,53 ^a	0,16 ± 0,28 ^a	4,15 ± 0,16 ^a	0,60 ± 0,52 ^a	4,59 ± 1,05 ^{ab}	17,35 ± 9,44 ^c	1,05 ± 1,17 ^a	2,28 ± 0,71 ^a	7,38 ± 1,11 ^{ab}	13,08 ± 2,39 ^{bc}
Nonanoic acid	0,42 ± 0,72 ^a	0,11 ± 0,18 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,34 ± 0,25 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,51 ± 0,89 ^a	0,75 ± 0,41 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,39 ± 0,16 ^a
n-Decanoic acid	0,44 ± 0,20 ^a	0,09 ± 0,15 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,26 ± 0,23 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	2,60 ± 1,98 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,30 ± 0,26 ^a
Benzoic acid	2,99 ± 0,36 ^{ab}	2,58 ± 2,40 ^{ab}	0,19 ± 0,33 ^b	4,06 ± 1,50 ^{ab}	1,28 ± 1,74 ^b	0,39 ± 0,67 ^b	2,02 ± 1,39 ^b	6,60 ± 3,22 ^a	0,11 ± 0,19 ^b	2,59 ± 0,17 ^{ab}	0,64 ± 0,56 ^b

Note : Différence significative entre les données avec des lettres différentes dans la même ligne (P<0,05)

	Ferme 3	Ferme 5	Ferme 6	Ferme 7	Ferme 8	Ferme 11	Ferme 12	Ferme 16	Ferme 17	Ferme 20	Ferme 21
Ketones											
2-Butanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,20 ± 0,34 ^a	0,36 ± 0,01 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,44 ± 0,04 ^{abc}	1,29 ± 0,76 ^{bc}	1,40 ± 0,66 ^c	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,60 ± 0,37 ^{abc}
2-Pentanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	3,54 ± 0,89 ^b
2,3-Butanedione	16,59 ± 2,55 ^c	5,77 ± 1,95 ^{ab}	3,06 ± 3,92 ^{ab}	7,75 ± 0,96 ^{abc}	7,94 ± 5,15 ^{abc}	13,61 ± 2,86 ^{ac}	2,13 ± 1,03 ^b	5,04 ± 2,44 ^{ab}	7,69 ± 7,58 ^{abc}	35,02 ± 4,66 ^d	4,89 ± 1,53 ^{ab}
2,3-Pentanedione	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,08 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Hexanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,07 ^b
2-Heptanone	0,20 ± 0,14 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,25 ± 0,44 ^a	0,16 ± 0,15 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,31 ± 0,10 ^a	1,54 ± 0,56 ^a	0,55 ± 0,49 ^a	0,26 ± 0,23 ^a	2,96 ± 0,87 ^{ab}	8,20 ± 6,59 ^b
Acetoin	29,00 ± 0,83 ^{ab}	9,25 ± 3,90 ^b	15,69 ± 18,24 ^{ab}	40,89 ± 2,56 ^a	18,55 ± 7,94 ^{ab}	36,36 ± 5,87 ^a	8,46 ± 4,36 ^b	20,68 ± 8,94 ^{ab}	29,10 ± 16,52 ^{ab}	8,56 ± 3,81 ^b	18,15 ± 1,30 ^{ab}
2-Acetoxy-3-butanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,21 ± 0,37 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,41 ± 2,14 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,07 ^a
5-Hepten-2-one, 6-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Nonanone	0,25 ± 0,02 ^a	2,53 ± 2,62 ^a	0,82 ± 0,27 ^a	0,24 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,08 ^a	1,41 ± 0,36 ^a	0,76 ± 0,80 ^a	1,12 ± 0,39 ^a	0,96 ± 0,46 ^{ab}	1,26 ± 0,84 ^a
8-Nonen-2-one	0,00 ± 0,00 ^a	0,10 ± 0,17 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,12 ± 0,11 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,28 ± 0,34 ^a
2-Undecanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,49 ± 0,84 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,15 ± 0,34 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,16 ± 0,14 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Esters											
Acetic acid, diethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,18 ± 0,31 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Ethyl Acetate	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,24 ± 0,21 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	12,16 ± 15,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	2,60 ± 3,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,04 ± 1,30 ^a
Propanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,17 ± 0,29 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Isobutyl acetate	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Butanol, 3-methyl-, acetate	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	2,02 ± 3,36 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,21 ± 2,10 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,04 ^a
Acetic acid, pentyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,15 ± 0,25 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Hexanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,04 ^a
Acetic acid, 2-phenylethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,08 ^a	0,13 ± 0,22 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,57 ± 0,58 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,00 ± 0,86 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,05 ^a
S-Compounds											
Methanethiol	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,07 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^{ab}	0,06 ± 0,06 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Dimethyl sulfide	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Disulfide, dimethyl	0,15 ± 0,07 ^{ab}	2,18 ± 0,24 ^c	0,10 ± 0,09 ^a	0,04 ± 0,07 ^a	0,09 ± 0,02 ^a	0,97 ± 0,30 ^{ab}	2,13 ± 0,95 ^c	0,66 ± 0,22 ^{ab}	0,27 ± 0,37 ^{ab}	1,11 ± 0,16 ^b	0,13 ± 0,05 ^{ab}
Dimethyl trisulfide	0,08 ± 0,04 ^a	0,78 ± 0,13 ^{ab}	0,05 ± 0,09 ^a	0,09 ± 0,03 ^a	0,09 ± 0,01 ^a	0,59 ± 0,15 ^{ab}	2,05 ± 2,14 ^b	0,18 ± 0,16 ^{ab}	0,28 ± 0,42 ^{ab}	0,58 ± 0,39 ^{ab}	0,04 ± 0,03 ^a
Methional	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,08 ^a	0,07 ± 0,12 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Dimethyl sulfone	0,04 ± 0,04 ^a	0,06 ± 0,10 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,13 ^a	0,43 ± 0,32 ^b	0,06 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Phenols											
Phenol	0,04 ± 0,04 ^a	0,08 ± 0,14 ^a	0,27 ± 0,03 ^b	0,08 ± 0,01 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,02 ^a
Terpenes											
Limonene	0,04 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,08 ^a	0,05 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,20 ^a	0,20 ± 0,14 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,09 ^a
Eucalyptol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,31 ± 0,12 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a
Lactone											
H-Pyran-2-one, tetrahydro-6-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,03 ^a
H-Pyran-2-one, tetrahydro-6-pentyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,09 ^a
Furannes											
Furan, 2-ethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,43 ± 0,74 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,12 ± 0,12 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Furan, 2-pentyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a

Note : Différence significative entre les données avec des lettres différentes dans la même ligne (P<0,05)

Annexe 8. Résultats de l'analyse chromatographique des pâtes molles à croûte fleurie issues de la campagne d'été

	Ferme 4	Ferme 6	Ferme 8	Ferme 9	Ferme 12	Ferme 13	Ferme 15	Ferme 17	Ferme 18	Ferme 19	Ferme 21
Alcohols											
Isopropyl Alcohol	0,08 ± 0,07 ^{ab}	0,62 ± 0,40 ^c	0,07 ± 0,06 ^{ab}	0,39 ± 0,01 ^{abc}	0,14 ± 0,18 ^{ab}	0,51 ± 0,20 ^{bc}	0,26 ± 0,12 ^{abc}	0,27 ± 0,09 ^{abc}	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,01 ^a
2-Octanol, (S)-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,48 ± 0,83 ^a	0,14 ± 0,24 ^a	0,57 ± 0,57 ^a
2-Butanol	0,07 ± 0,12 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,67 ± 0,44 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Propanol	0,43 ± 0,74 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Propanol, 2-methyl-	0,11 ± 0,04 ^a	4,88 ± 0,28 ^c	0,41 ± 0,06 ^a	0,34 ± 0,06 ^a	1,00 ± 0,18 ^b	0,36 ± 0,47 ^a	0,35 ± 0,16 ^a	1,31 ± 0,13 ^b	0,43 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,04 ^a
2-Pentanol	0,71 ± 0,54 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,04 ^a	4,46 ± 2,61 ^{bc}	0,00 ± 0,00 ^a	4,68 ± 3,36 ^{bc}	5,13 ± 1,14 ^c	0,15 ± 0,05 ^a	0,91 ± 0,61 ^{abc}	1,50 ± 1,30 ^{abc}	1,98 ± 1,23 ^{abc}
1-Butanol	0,46 ± 0,70 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Butanol, 3-methyl-	3,57 ± 1,47 ^a	46,02 ± 5,10 ^b	11,04 ± 3,50 ^a	9,58 ± 0,31 ^a	38,03 ± 5,82 ^b	6,71 ± 7,58 ^a	6,54 ± 3,59 ^a	40,29 ± 5,48 ^b	11,79 ± 1,11 ^a	0,71 ± 0,82 ^a	3,83 ± 5,66 ^a
2-Hexanol	0,11 ± 0,10 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,06 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,17 ± 0,09 ^b	0,10 ± 0,02 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,05 ± 0,05 ^{ab}
1-Pentanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,35 ± 0,34 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,42 ± 0,73 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Heptanol	5,58 ± 4,21 ^{bd}	0,23 ± 0,05 ^c	0,79 ± 0,16 ^{ac}	4,72 ± 1,44 ^{abcd}	0,00 ± 0,00 ^c	8,36 ± 3,35 ^d	6,67 ± 0,46 ^{bd}	1,18 ± 0,50 ^{ac}	2,80 ± 0,75 ^{abc}	2,14 ± 1,15 ^{abc}	4,69 ± 1,46 ^{abcd}
3-Octanol, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,11 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Hexanol	0,39 ± 0,48 ^a	0,19 ± 0,18 ^a	0,10 ± 0,17 ^a	0,09 ± 0,08 ^a	0,45 ± 0,51 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,20 ± 0,03 ^a	0,55 ± 0,14 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Octanol	0,15 ± 0,14 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,05 ^{ab}	0,03 ± 0,05 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Octen-3-ol	0,20 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,83 ± 0,17 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,23 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,28 ± 0,28 ^a	0,04 ± 0,06 ^a
1-Heptanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,10 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Hexanol, 2-ethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
7-Octen-2-ol, 2,6-dimethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,01 ^b
4-Heptanol, 2,6-dimethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,88 ± 0,82 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Nonanol	2,11 ± 2,11 ^a	0,18 ± 0,06 ^a	0,16 ± 0,27 ^a	1,24 ± 0,17 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,37 ± 1,07 ^a	2,16 ± 1,08 ^a	0,19 ± 0,33 ^a	0,85 ± 0,18 ^a	0,74 ± 0,03 ^a	1,16 ± 0,58 ^a
7-Octen-2-ol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Nonanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,01 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Undecanol	0,03 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Phenylethyl Alcohol	0,57 ± 0,13 ^{ab}	8,46 ± 2,96 ^c	3,23 ± 1,07 ^{abc}	4,30 ± 0,76 ^{abc}	5,45 ± 0,97 ^{abc}	1,92 ± 1,22 ^{ab}	1,78 ± 0,73 ^{ab}	7 ± 6,36 ^{bc}	0,28 ± 0,07 ^a	0,08 ± 0,07 ^a	0,12 ± 0,06 ^a
Aldehydes											
Butanal, 2-methyl-	0,01 ± 0,02 ^a	0,16 ± 0,27 ^a	0,03 ± 0,06 ^a	0,05 ± 0,09 ^a	0,20 ± 0,23 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,06 ^a	0,04 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,04 ^a
Butanal, 3-methyl-	0,18 ± 0,28 ^a	0,78 ± 0,70 ^a	0,42 ± 0,50 ^a	0,44 ± 0,20 ^a	1,56 ± 0,67 ^a	0,22 ± 0,24 ^a	0,20 ± 0,18 ^a	1,05 ± 0,27 ^a	1,57 ± 1,56 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,41 ± 0,70 ^a
Hexanal	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,10 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Benzaldehyde	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,11 ^a	0,08 ± 0,02 ^a	0,05 ± 0,04 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,08 ± 0,05 ^a	0,13 ± 0,02 ^a	0,04 ± 0,06 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,32 ± 0,55 ^a
Benzeneacetaldehyde	0,00 ± 0,00 ^a	0,96 ± 0,20 ^b	0,41 ± 0,71 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,50 ± 0,74 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,13 ± 0,23 ^{ab}
Benzaldehyde, 4-ethyl	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Nonenal, (E)-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Alkanes											
n-Hexane	0,78 ± 0,68 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,23 ± 0,40 ^a	0,37 ± 0,60 ^a	0,03 ± 0,03 ^a
Heptane	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,20 ± 0,31 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,13 ± 0,15 ^a	3,57 ± 6,19 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Octane	1,13 ± 0,99 ^a	0,96 ± 1,19 ^a	0,20 ± 0,20 ^a	0,39 ± 0,45 ^a	0,03 ± 0,02 ^a	0,76 ± 1,13 ^a	0,42 ± 0,38 ^a	1 ± 1,27 ^a	0,35 ± 0,43 ^a	0,04 ± 0,06 ^a	0,01 ± 0,02 ^a

Note : Différence significative entre les données avec des lettres différentes dans la même ligne (P<0,05)

	Ferme 4	Ferme 6	Ferme 8	Ferme 9	Ferme 12	Ferme 13	Ferme 15	Ferme 17	Ferme 18	Ferme 19	Ferme 21
Acids											
Acetic acid, diethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acetic acid	0,43 ± 0,37 ^a	1,90 ± 1,28 ^a	2,87 ± 0,65 ^a	1,11 ± 0,25 ^a	15,42 ± 5,13 ^b	0,35 ± 0,54 ^a	0,19 ± 0,09 ^a	0,99 ± 0,64 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,12 ^a	0,12 ± 0,21 ^a
Propanoic acid	0,05 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,16 ± 0,10 ^a	0,04 ± 0,04 ^a	0,03 ± 0,03 ^a	0,03 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,21 ± 0,20 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,12 ^a
Propanoic acid, 2-methyl-	0,10 ± 0,09 ^a	1,69 ± 0,51 ^c	1,28 ± 0,57 ^{bc}	1,12 ± 0,08 ^{bc}	0,76 ± 0,35 ^{abc}	0,04 ± 0,08 ^a	0,90 ± 0,54 ^{abc}	1,49 ± 0,09 ^{bc}	0,69 ± 0,37 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid	2,45 ± 1,98 ^a	0,72 ± 0,45 ^a	7,22 ± 1,20 ^{ac}	13,88 ± 4,37 ^{bc}	1,47 ± 0,38 ^a	5,18 ± 5,15 ^a	16,24 ± 3,16 ^b	4,71 ± 2,62 ^a	6,16 ± 0,92 ^a	0,45 ± 0,17 ^a	2,13 ± 1,47 ^a
Hexanoic acid, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,51 ± 0,88 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,16 ^a
Butanoic acid, 3-methyl-	1,06 ± 0,85 ^a	8,89 ± 3,21 ^b	9,40 ± 1,47 ^b	2,96 ± 0,54 ^a	0,40 ± 0,38 ^a	1,48 ± 1,00 ^a	2,33 ± 1,50 ^a	8,99 ± 1,32 ^b	2,34 ± 0,50 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,12 ± 0,21 ^a
Pentanoic acid	0,03 ± 0,05 ^{bc}	0,00 ± 0,00 ^b	0,19 ± 0,05 ^{ac}	0,26 ± 0,09 ^{ad}	0,02 ± 0,04 ^{bc}	0,10 ± 0,07 ^{abc}	0,41 ± 0,09 ^d	0,07 ± 0,06 ^{bc}	0,24 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,05 ± 0,06 ^{bc}
Pentanoic acid, 4-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Hexanoic acid	5,47 ± 3,23 ^{ab}	0,21 ± 0,23 ^a	15,50 ± 4,07 ^{bc}	21,63 ± 6,63 ^c	2,87 ± 0,62 ^a	7,28 ± 6,31 ^{ab}	21,30 ± 1,47 ^c	6,62 ± 4,92 ^{ab}	4,05 ± 2,18 ^a	1,06 ± 0,13 ^a	4,90 ± 3,77 ^a
(R)-(-)-4-Methylhexanoic acid	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,05 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Hexanoic acid, 2-ethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,02 ^{ac}	0,16 ± 0,06 ^c	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,02 ^{ac}	0,33 ± 0,14 ^b	0,02 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,05 ± 0,02 ^{ac}
Heptanoic acid	0,15 ± 0,07 ^{abc}	0,00 ± 0,00 ^a	0,13 ± 0,11 ^{abc}	0,30 ± 0,16 ^c	0,04 ± 0,04 ^{ab}	0,08 ± 0,10 ^{abc}	0,27 ± 0,08 ^{bc}	0,13 ± 0,08 ^{abc}	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,13 ± 0,05 ^{bc}
Octanoic acid	2,63 ± 0,96 ^{ab}	0,14 ± 0,07 ^a	4,48 ± 2,45 ^{ab}	7,96 ± 5,79 ^b	0,92 ± 0,22 ^a	1,66 ± 1,67 ^{ab}	4,76 ± 3,26 ^{ab}	2,37 ± 0,72 ^{ab}	0,10 ± 0,12 ^a	0,21 ± 0,09 ^a	2,60 ± 0,90 ^{ab}
Nonanoic acid	0,24 ± 0,09 ^b	0,01 ± 0,02 ^{ac}	0,06 ± 0,06 ^{acd}	0,05 ± 0,05 ^{acd}	0,11 ± 0,05 ^{abcd}	0,10 ± 0,05 ^{abcd}	0,08 ± 0,02 ^{abcd}	0,17 ± 0,12 ^{bcd}	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,02 ^{abcd}	0,18 ± 0,04 ^{bd}
n-Decanoic acid	0,66 ± 0,18 ^{ab}	0,08 ± 0,03 ^{ab}	1,09 ± 0,58 ^b	1,01 ± 0,85 ^{ab}	0,15 ± 0,05 ^{ab}	0,18 ± 0,07 ^{ab}	0,46 ± 0,40 ^{ab}	0,64 ± 0,28 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,02 ^a	0,34 ± 0,15 ^{ab}
9-Decenoic acid	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,07 ^b	0,10 ± 0,10 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Benzoic acid	0,04 ± 0,04 ^a	0,17 ± 0,05 ^a	0,21 ± 0,02 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,75 ± 0,34 ^a	0,03 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,03 ^a	0,07 ± 0,03 ^a
Ketones											
2-Butanone	0,04 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,12 ± 0,04 ^a	0,73 ± 0,46 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,09 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,21 ± 0,09 ^a	0,09 ± 0,02 ^a
2-Pentanone	1,43 ± 0,34 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,88 ± 0,37 ^a	5,29 ± 4,18 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	10,13 ± 6,45 ^b	5,50 ± 1,65 ^{ab}	0,60 ± 0,74 ^a	5,55 ± 0,32 ^{ab}	20,88 ± 1,77 ^c	9,81 ± 3,50 ^b
2-Pentanone, 3-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a
2,3-Butanedione	0,47 ± 0,81 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,74 ± 0,15 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	1,43 ± 0,86 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,56 ± 0,56 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Hexanone	0,12 ± 0,10 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,39 ± 0,23 ^b	0,13 ± 0,05 ^{ab}	0,05 ± 0,08 ^{ab}	0,19 ± 0,02 ^{ab}	0,69 ± 0,09 ^c	0,23 ± 0,10 ^{ab}
4-Heptanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Heptanone	17,58 ± 8,61 ^{ac}	0,13 ± 0,09 ^d	5,95 ± 0,87 ^{cd}	7,07 ± 4,50 ^{cd}	0,57 ± 0,11 ^d	26,53 ± 9,58 ^{ab}	9,91 ± 2,18 ^{cd}	3,46 ± 4,31 ^d	23,85 ± 4,11 ^{ab}	35,27 ± 1,53 ^b	24,67 ± 1,53 ^{ab}
Acetoin	4,74 ± 6,29 ^{ab}	0,39 ± 0,17 ^a	6,48 ± 0,88 ^{ab}	0,40 ± 0,23 ^a	6,96 ± 3,25 ^b	0,49 ± 0,85 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	2,24 ± 1,17 ^{ab}	0,89 ± 1,54 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Octanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,54 ± 0,57 ^{abc}	0,14 ± 0,15 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,89 ± 0,77 ^{bc}	1,18 ± 0,15 ^c
5-Hepten-2-one, 6-methyl-	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Nonanone	25,62 ± 4,66 ^a	0,56 ± 0,68 ^b	3,49 ± 0,64 ^b	4,92 ± 2,95 ^b	0,04 ± 0,06 ^b	12,66 ± 2,75 ^c	6,31 ± 2 ^{bc}	2,39 ± 0,90 ^b	20,97 ± 0,77 ^a	26,56 ± 1,94 ^a	21,46 ± 4,05 ^a
5-Nonen-2-one	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0 ± 0,01 ^a
8-Nonen-2-one	4,43 ± 1,19 ^{ab}	0,04 ± 0,06 ^c	0,66 ± 0,22 ^{cd}	0,61 ± 0,40 ^{cd}	0,00 ± 0,00 ^c	2,50 ± 1,09 ^{ad}	0,59 ± 0,21 ^{cd}	0,27 ± 0,10 ^{cd}	3,32 ± 0,88 ^{ab}	3,79 ± 1,27 ^{ab}	5,42 ± 1,32 ^b
2-Decanone	0,29 ± 0,04 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,24 ± 0,10 ^b	0,17 ± 0,15 ^{ab}	0,23 ± 0,10 ^b
2-Undecanone	2,19 ± 0,06 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,71 ± 0,64 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,36 ± 0,62 ^{ab}	0,45 ± 0,79 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	1,44 ± 0,96 ^{ab}	2,30 ± 2,03 ^{ab}	1,68 ± 0,78 ^{ab}
2-Tridecanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a
(Z)-Undec-6-en-2-one	0,14 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,19 ± 0,16 ^{ab}	0,22 ± 0,19 ^{ab}	0,30 ± 0,16 ^b

Note : Différence significative entre les données avec des lettres différentes dans la même ligne (P<0,05)

	Ferme 4	Ferme 6	Ferme 8	Ferme 9	Ferme 12	Ferme 13	Ferme 15	Ferme 17	Ferme 18	Ferme 19	Ferme 21
Esters											
Ethyl Acetate	0,29 ± 0,50 ^a	9,98 ± 4,43 ^b	0,07 ± 0,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	9,86 ± 4,09 ^b	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,87 ± 1,92 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a
Propanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,33 ± 0,57 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,33 ± 0,30 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Butanol, 3-methyl-, acetate	0,00 ± 0,00 ^a	3,60 ± 2,55 ^a	0,03 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	6,67 ± 7,97 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,08 ± 0,88 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, ethyl ester	0,18 ± 0,31 ^{ab}	1,97 ± 0,94 ^b	1,99 ± 0,43 ^b	0,68 ± 0,05 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	2,03 ± 1,80 ^b	0,64 ± 0,70 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, methyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,52 ± 0,50 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,03 ^a	0,70 ± 0,14 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, 2-methyl-, methyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,87 ± 0,24 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, 3-methyl-, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,10 ± 0,17 ^a	2,35 ± 0,73 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, 3-methyl-, 1-methylethyl este	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,03 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Butenoic acid, ethyl ester, (E)-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,27 ± 0,03 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Butenoic acid, methyl ester, (E)-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,36 ± 0,39 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Butenoic acid, 3-methyl-, methyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,31 ± 0,07 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, propyl ester	0,09 ± 0,15 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Ethyl 3-hydroxy-3-methylbutanoate	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,02 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Isopentyl hexanoate	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acetic acid, pentyl ester	0,12 ± 0,20 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,11 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	4,35 ± 1,03 ^b	0,14 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Hexanoic acid, methyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,39 ± 0,67 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, 1-methylbutyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,15 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Hexanoic acid, ethyl ester	0,12 ± 0,20 ^a	0,98 ± 0,56 ^{bc}	0,00 ± 0,00 ^a	0,25 ± 0,21 ^{ac}	0,08 ± 0,03 ^a	0,14 ± 0,13 ^a	1,21 ± 0,63 ^b	0,37 ± 0,24 ^{ac}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,02 ^a
Isobutyl acetate	0,00 ± 0,00 ^a	0,42 ± 0,33 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,11 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Methyl isovalerate	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,07 ± 0,37 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Methyl tiglate	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	8,23 ± 1,92 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Propanoic acid, 2-methyl-, 3-methylbutyl est	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a
Butanoic acid, 3-methylbutyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,22 ± 0,16 ^{bc}	0,28 ± 0,08 ^b	0,06 ± 0,05 ^{ac}	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,01 ^{ac}	0,03 ± 0,03 ^a	0,11 ± 0,10 ^{abc}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acetic acid, hexyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,12 ± 0,08 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,06 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Heptanol, acetate	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a
Acetic acid, heptyl ester	0,24 ± 0,35 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,09 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	4,80 ± 2,49 ^b	0,08 ± 0,08 ^a	0,09 ± 0,08 ^a
Octanoic acid, ethyl ester	0,05 ± 0,09 ^{ab}	0,09 ± 0,16 ^{ab}	0,53 ± 0,07 ^c	0,17 ± 0,04 ^{ab}	0,14 ± 0,12 ^{ab}	0,05 ± 0,09 ^{ab}	0,33 ± 0,18 ^{bc}	0,27 ± 0,07 ^{abc}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Decanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,27 ± 0,47 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Ethyl 9-decenoate	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Propanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,08 ± 0,28 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acetic acid, 2-phenylethyl ester	0,07 ± 0,12 ^a	1,56 ± 1 ^a	0,02 ± 0,04 ^a	0,11 ± 0,09 ^a	2,88 ± 3,31 ^a	0,70 ± 0,47 ^a	0,08 ± 0,09 ^a	1,90 ± 1,41 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Triacetin	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Thioesters											
Hexanethioic acid, S-methyl ester	0,27 ± 0,46 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,18 ± 0,09 ^a
Octanethioic acid, S-methyl ester	0,04 ± 0,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a

Note : Différence significative entre les données avec des lettres différentes dans la même ligne (P<0,05)

	Ferme 4	Ferme 6	Ferme 8	Ferme 9	Ferme 12	Ferme 13	Ferme 15	Ferme 17	Ferme 18	Ferme 19	Ferme 21
S-Compounds											
Methanethiol	3,95 ± 1,96 ^b	0,45 ± 0,79 ^a	0,05 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,57 ± 2,63 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,89 ± 0,21 ^a
Dimethyl sulfide	2,67 ± 1,99 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,40 ± 0,33 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,75 ± 2,88 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,36 ± 0,09 ^a
Disulfide, dimethyl	3,99 ± 2,71 ^b	0,31 ± 0,27 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,20 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,04 ^a	0,10 ± 0,11 ^a	0,07 ± 0,05 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,28 ± 0,27 ^a	5,24 ± 1,75 ^b
Dimethyl trisulfide	0,61 ± 0,64 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	1,13 ± 0,59 ^b
Disulfide, methyl (methylthio)methyl	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,10 ± 0,09 ^b
Dimethyl sulfone	0,09 ± 0,03 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,13 ± 0,06 ^b	0,01 ± 0,02 ^a	0,03 ± 0,03 ^{ab}	0,10 ± 0,07 ^{ab}	0,06 ± 0,02 ^{ab}	0,04 ± 0,04 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,02 ^{ab}	0,09 ± 0,03 ^{ab}
3-(Methylthio)propyl acetate	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Phenols											
Benzene, 1-methoxy-4-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Benzene, 1-ethyl-4-methoxy-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,05 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Phenol	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,28 ± 0,11 ^a	0,02 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,02 ^a	0,34 ± 0,46 ^a
p-Cresol	0,00 ± 0,00 ^a	0,21 ± 0,02 ^b	0,03 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,01 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Terpenes											
Limonene	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,10 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,28 ± 0,49 ^a
Eucalyptol	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,02 ^a	0,24 ± 0,42 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,06 ^a	0,06 ± 0,03 ^a
Caryophyllene	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Linalool	0,02 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,03 ^a
Lactone											
2(3H)-Furanone, 5-ethylidihydro-	0,03 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,13 ± 0,12 ^a	0,19 ± 0,23 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,06 ^a	0,12 ± 0 ^a	0,17 ± 0,15 ^a
2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2(3H)-Furanone, 5-butyldihydro-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a
2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6-pentyl-	0,11 ± 0,02 ^d	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,01 ^{bce}	0,06 ± 0,02 ^{bce}	0,07 ± 0,02 ^{de}	0,02 ± 0,02 ^{abce}	0,07 ± 0,03 ^{bde}	0,01 ± 0,02 ^{ac}	0,02 ± 0,03 ^{abc}	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,02 ^{bce}
.delta.-Dodecalactone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a
.gamma.-Dodecalactone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
N-Compounds											
Pyridine	0,00 ± 0,00 ^a	0,59 ± 0,22 ^b	0,08 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,70 ± 0,41 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Indole	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,36 ± 2,25 ^a
Phenylpropanoids											
Estragole	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a

Note : Différence significative entre les données avec des lettres différentes dans la même ligne (P<0,05)

Annexe 9. Résultats de l'analyse chromatographique des pâtes molles à croûte fleurie issues de la campagne d'hiver

	Ferme 4	Ferme 6	Ferme 8	Ferme 9	Ferme 12	Ferme 13	Ferme 15	Ferme 17	Ferme 18	Ferme 19	Ferme 21
Alcohols											
Isopropyl Alcohol	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,14 ^a	0,05 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Butanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,16 ± 0,27 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Propanol	0,22 ± 0,39 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Propanol, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	2,76 ± 0,55 ^c	0,88 ± 0,54 ^b	0,09 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,16 ^a	0,12 ± 0,21 ^{ab}	0,62 ± 0,40 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,30 ± 0,45 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a
2-Butanol, 3-methyl	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,74 ± 1,29 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Pentanol	1,63 ± 0,73 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	2,66 ± 1,77 ^b	1,16 ± 1,01 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	1,15 ± 0,83 ^{ab}	0,04 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,56 ± 0,54 ^{ab}	0,06 ± 0,10 ^a	0,22 ± 0,39 ^a
1-Butanol	0,13 ± 0,23 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Butanol, 3-methyl-	0,33 ± 0,31 ^a	54,22 ± 10,94 ^b	11,34 ± 5,27 ^a	3,41 ± 1,32 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	10,26 ± 8,43 ^a	4,03 ± 4,49 ^a	44,09 ± 4,45 ^b	2,15 ± 1,06 ^a	7,03 ± 10,31 ^a	6,95 ± 2,11 ^a
2-Heptanol	3,49 ± 1,66 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	11,17 ± 4,50 ^c	8,24 ± 0,21 ^{bc}	0,00 ± 0,00 ^a	5,38 ± 4,53 ^{abc}	0,74 ± 1,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,49 ± 1,44 ^a	1,73 ± 1,95 ^a	2,46 ± 1,28 ^{ab}
1-Hexanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,34 ± 0,59 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,15 ± 0,68 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Octen-3-ol	0,14 ± 0,24 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Heptanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,27 ± 0,33 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Hexanol, 2-ethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,15 ± 0,26 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Nonanol	1,39 ± 0,21 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	4,86 ± 5,49 ^a	3,61 ± 3,27 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,55 ± 2,69 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,02 ± 1,77 ^a	1,40 ± 0,78 ^a	1,26 ± 1,61 ^a
1-Octanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,38 ± 0,66 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Nonanol	0,05 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Phenylethyl Alcohol	0,50 ± 0,04 ^a	18,76 ± 9,02 ^b	2,38 ± 0,33 ^a	2,61 ± 1,77 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,42 ± 0,38 ^a	0,04 ± 0,07 ^a	15,09 ± 10,22 ^b	0,06 ± 0,11 ^a	1,27 ± 1,11 ^a	0,32 ± 0,55 ^a
Aldehydes											
Butanal, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,03 ± 0,06 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,61 ± 0,64 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanal, 3-methyl-	0,17 ± 0,02 ^a	0,23 ± 0,21 ^a	0,17 ± 0,13 ^a	0,18 ± 0,22 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,43 ± 0,17 ^a	1,02 ± 1,04 ^a	7,68 ± 7,33 ^b	1,58 ± 0,60 ^{ab}	0,20 ± 0,28 ^a	0,27 ± 0,46 ^a
Hexanal	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,43 ± 0,54 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Nonenal, (E)-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,18 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Benzaldehyde	0,07 ± 0,06 ^a	0,11 ± 0,13 ^a	0,03 ± 0,02 ^a	0,03 ± 0,01 ^a	0,16 ± 0,28 ^a	0,14 ± 0,07 ^a	2,49 ± 3,05 ^a	0,46 ± 0,49 ^a	0,15 ± 0,06 ^a	0,05 ± 0,06 ^a	0,14 ± 0,24 ^a
Benzeneacetaldehyde	0,00 ± 0,00 ^a	0,45 ± 0,29 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,46 ± 0,49 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,71 ± 2,24 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,27 ± 0,46 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Alkanes											
Octane	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,21 ± 0,37 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,21 ± 0,36 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acids											
Acetic acid	0,13 ± 0,22 ^a	0,81 ± 1,25 ^a	2,54 ± 0,57 ^a	0,73 ± 0,54 ^a	62,00 ± 1,64 ^c	0,14 ± 0,24 ^a	19,18 ± 11,61 ^b	0,27 ± 0,47 ^a	1,43 ± 0,46 ^a	0,79 ± 0,22 ^a	0,89 ± 0,49 ^a
Propanoic acid	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,09 ± 0,16 ^a	0,04 ± 0,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,09 ^a	0,25 ± 0,22 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,35 ± 0,61 ^a	0,13 ± 0,14 ^a	0,36 ± 0,31 ^a
Propanoic acid, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,80 ± 0,49 ^{ab}	1,05 ± 0,06 ^b	0,42 ± 0,13 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,99 ± 0,24 ^b	0,50 ± 0,87 ^{ab}	0,21 ± 0,19 ^{ab}	0,57 ± 0,22 ^{ab}	0,15 ± 0,26 ^{ab}
Butanoic acid	2,53 ± 1,55 ^a	0,48 ± 0,51 ^a	10,90 ± 4,85 ^b	7,32 ± 2,62 ^{ab}	4,95 ± 0,88 ^{ab}	3,61 ± 5,56 ^{ab}	2,42 ± 0,40 ^a	1,55 ± 2,14 ^a	6,13 ± 3,28 ^{ab}	7,72 ± 2,12 ^{ab}	3,38 ± 2,29 ^{ab}
Hexanoic acid, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,03 ± 1,78 ^a
Butanoic acid, 3-methyl-	0,77 ± 0,56 ^a	6,15 ± 1,43 ^c	3,38 ± 0,52 ^{abc}	2,65 ± 0,23 ^{abc}	0,00 ± 0,00 ^a	0,25 ± 0,43 ^a	1,41 ± 0,37 ^{ab}	5,53 ± 4,16 ^{bc}	2,02 ± 1,15 ^{abc}	2,80 ± 2,07 ^{abc}	0,93 ± 0,84 ^a
Pentanoic acid	0,08 ± 0,14 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,20 ± 0,34 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,1 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Hexanoic acid	6,55 ± 3,61 ^{ab}	0,21 ± 0,27 ^a	14,21 ± 5,23 ^b	13,64 ± 3,13 ^b	4,25 ± 1,01 ^{ab}	5,42 ± 8,43 ^{ab}	1,26 ± 1,10 ^a	1,50 ± 1,33 ^a	2,25 ± 0,92 ^a	10,76 ± 3,20 ^{ab}	5,21 ± 3,92 ^{ab}
Hexanoic acid, 2-ethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Heptanoic acid	0,05 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Octanoic acid	2,18 ± 3,77 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	1,07 ± 0,62 ^{ab}	6,19 ± 5,24 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,10 ± 0,11 ^a	1,17 ± 2,02 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	1,26 ± 1,27 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a
n-Decanoic acid	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Benzoic acid	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,28 ± 0,48 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a

Note : Différence significative entre les données avec des lettres différentes dans la même ligne (P<0,05)

	Ferme 4	Ferme 6	Ferme 8	Ferme 9	Ferme 12	Ferme 13	Ferme 15	Ferme 17	Ferme 18	Ferme 19	Ferme 21
Ketones											
2-Butanone	0,16 ± 0,14 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,72 ± 1,27 ^a	4,03 ± 4,67 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,24 ± 0,42 ^a
2-Pentanone	6,67 ± 2,61 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	2,66 ± 1,72 ^a	6,53 ± 2,86 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	5,50 ± 5 ^a	0,41 ± 0,51 ^a	0,24 ± 0,27 ^a	6,44 ± 5,81 ^a	3,78 ± 3,19 ^a	3,18 ± 2,10 ^a
2-Pentanone, 3-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,01 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2,3-Butanedione	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,08 ± 1,86 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	6,20 ± 0,93 ^a	1,25 ± 2,17 ^a	20,70 ± 5,02 ^b	0,87 ± 0,92 ^a	6,56 ± 6,15 ^a	0,73 ± 1,27 ^a	2,38 ± 0,76 ^a
2,3-Pentanedione	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,11 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Hexanone	0,19 ± 0,16 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,04 ^a	0,37 ± 0,35 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,50 ± 0,86 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,12 ^a	0,15 ± 0,16 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Heptanone	18,67 ± 7,02 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	10,10 ± 9,35 ^{ab}	17,86 ± 10,03 ^{ab}	0,76 ± 0,80 ^a	26,83 ± 14,08 ^b	4,17 ± 1,99 ^a	3,52 ± 4,53 ^a	18,24 ± 5,55 ^{ab}	16,86 ± 5,93 ^{ab}	16,11 ± 4,94 ^{ab}
5-Hepten-2-one, 6-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,24 ± 0,42 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,16 ± 0,27 ^a
Acetoin	0,00 ± 0,00 ^c	0,42 ± 0,72 ^c	2,06 ± 3,57 ^{ac}	0,00 ± 0,00 ^c	19,80 ± 3,60 ^b	3,54 ± 3,19 ^{ac}	34,79 ± 10,37 ^d	4,80 ± 5,14 ^{ac}	14,45 ± 6,22 ^{ab}	3,29 ± 3,35 ^{ac}	7,87 ± 0,49 ^{abc}
2-Octanone	1,62 ± 1,14 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,15 ± 0,69 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,08 ± 1,18 ^{ab}	0,20 ± 0,35 ^{ab}
2-Nonanone	30,35 ± 15,10 ^a	0,12 ± 0,11 ^c	6,52 ± 2,71 ^{bc}	14,89 ± 4,33 ^{abc}	0,42 ± 0,37 ^c	25,71 ± 8,80 ^a	1,28 ± 0,54 ^c	2,44 ± 2,27 ^c	18,04 ± 9,77 ^{abc}	24,77 ± 2,58 ^{ab}	21,94 ± 1,71 ^{ab}
8-Nonen-2-one	5,31 ± 2,95 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^c	0,91 ± 0,49 ^{bc}	3,47 ± 1,18 ^{abc}	0,00 ± 0,00 ^c	3,33 ± 1,92 ^{abc}	0,02 ± 0,03 ^c	0,16 ± 0,28 ^c	3,35 ± 2,46 ^{abc}	3,91 ± 1,69 ^{abc}	5,53 ± 1,64 ^a
2-Decanone	0,62 ± 0,44 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,17 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,10 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,59 ± 0,59 ^a	0,53 ± 0,33 ^a	0,50 ± 0,52 ^a
trans-3-Nonen-2-one	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
3-Nonen-2-one	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Undecanone	2,72 ± 1,43 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,77 ± 1,34 ^a	1,96 ± 1,25 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	2,50 ± 1,81 ^a	0,22 ± 0,38 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	7,62 ± 7,87 ^a	7,31 ± 5,09 ^a	6,93 ± 3,56 ^a
2-Tridecanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Esters											
Ethyl Acetate	0,05 ± 0,09 ^a	7,13 ± 9,13 ^a	1,19 ± 1,94 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,16 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,15 ± 0,26 ^a	0,25 ± 0,27 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Propanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,40 ± 0,69 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Isobutyl acetate	0,00 ± 0,00 ^a	0,34 ± 0,59 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,22 ± 0,38 ^a	2,66 ± 0,08 ^b	0,15 ± 0,25 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,19 ± 0,33 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,25 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, 2-methyl-, ethyl este	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, 3-methyl-, ethyl este	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Methyl thiolacetate	0,21 ± 0,36 ^a	0,04 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,23 ± 0,26 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,18 ^a
1-Butanol, 3-methyl-, acetate	0,00 ± 0,00 ^a	2,61 ± 4,51 ^a	0,08 ± 0,14 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, propyl ester	0,03 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acetic acid, pentyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,18 ± 0,31 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,24 ± 0,41 ^a	0,09 ± 0,10 ^a	1,29 ± 2,23 ^a
Butanoic acid, 2-methylpropyl este	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,04 ^b	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, 1-methylbutyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Triacetin	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,12 ± 0,20 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Hexanoic acid, ethyl ester	0,07 ± 0,13 ^a	0,54 ± 0,93 ^a	2,42 ± 2,88 ^a	0,43 ± 0,74 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,15 ± 0,25 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, 3-methylbutyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,39 ± 0,22 ^b	0,16 ± 0,28 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,06 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a
Hexanoic acid, propyl ester	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Formic acid, hexyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,22 ± 0,38 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acetic acid, heptyl ester	0,05 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,12 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,60 ± 0,86 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,71 ± 1,09 ^a	0,56 ± 0,43 ^a	3,25 ± 4,66 ^a
Octanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,60 ± 0,75 ^a	0,26 ± 0,42 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Decanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,29 ± 0,51 ^a	0,37 ± 0,64 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acetic acid, 2-phenylethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,97 ± 1,04 ^b	0,13 ± 0,13 ^{ab}	0,09 ± 0,09 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,23 ± 0,17 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,07 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a

Note : Différence significative entre les données avec des lettres différentes dans la même ligne (P<0,05)

	Ferme 4	Ferme 6	Ferme 8	Ferme 9	Ferme 12	Ferme 13	Ferme 15	Ferme 17	Ferme 18	Ferme 19	Ferme 21
S-Compounds											
Methanethiol	1,59 ± 1,35 ^o	0,22 ± 0,29 ^{ao}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,52 ± 0,89 ^{ao}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,17 ± 0,29 ^{ao}
Dimethyl sulfide	1,16 ± 1,20 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,17 ± 0,30 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,87 ± 0,98 ^a
Disulfide, dimethyl	5,44 ± 8,06 ^a	0,25 ± 0,30 ^{ao}	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,02 ^a	0,49 ± 0,43 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,36 ± 0,32 ^a	1,28 ± 0,78 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	4,72 ± 6,67 ^a
Dimethyl trisulfide	2,89 ± 4,33 ^a	0,06 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,01 ^a	0,21 ± 0,36 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,24 ± 0,09 ^a	0,32 ± 0,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,40 ± 0,69 ^a
Hexanethioic acid, S-methyl ester	0,52 ± 0,89 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,83 ± 1,44 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,08 ^a
2,4-Dithiapentane	0,53 ± 0,74 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,50 ± 0,87 ^a
Octanethioic acid, S-propyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,16 ± 0,28 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Octanethioic acid, S-methyl ester	0,12 ± 0,21 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Disulfide, methyl (methylthio)methyl	0,29 ± 0,51 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Propanol, 3-(methylthio)-	0,00 ± 0,00 ^a	0,69 ± 0,44 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,18 ± 0,32 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Dimethyl sulfone	0,08 ± 0,03 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,06 ^a	0,06 ± 0,10 ^a
Phenols											
Phenol	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,32 ± 0,55 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
p-Cresol	0,00 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,12 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Terpenes											
gamma-Terpinene	0,00 ± 0,00 ^a	0,17 ± 0,29 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Limonene	0,00 ± 0,00 ^a	0,12 ± 0,11 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Eucalyptol	0,00 ± 0,00 ^a	0,33 ± 0,18 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Lactone											
2H-Pyran-2-one, tetrahydro-4-methyl	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,10 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6-propyl	0,05 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2(3H)-Furanone, 5-ethylidihydro-	0,12 ± 0,12 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,08 ^a	0,18 ± 0,17 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Furannes											
Furan, 2-ethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,91 ± 0,16 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Furan, 2-pentyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
N-Compounds											
Indole	0,08 ± 0,14 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,43 ± 0,51 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a

Note : Différence significative entre les données avec des lettres différentes dans la même ligne (P<0,05)

Annexe 10. Résultats de l'analyse chromatographique des pâtes pressées non cuites issues de la campagne d'été

	Ferme 1	Ferme 2	Ferme 3	Ferme 4	Ferme 7	Ferme 10	Ferme 11	Ferme 13	Ferme 14	Ferme 15	Ferme 18	Ferme 20	Ferme 21
Alcohol													
Isopropyl Alcohol	0,09 ± 0,02 ^a	0,16 ± 0,28 ^a	0,45 ± 0,07 ^a	0,17 ± 0,15 ^a	0,06 ± 0,04 ^a	0,52 ± 0,48 ^a	1,85 ± 0,49 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,02 ^a
2-Butanol	0,00 ± 0,00 ^a	3,19 ± 1,60 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	1,11 ± 0,49 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	15,34 ± 1,94 ^c	7,88 ± 1,84 ^d	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,01 ^a	0,18 ± 0,22 ^a	0,11 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Propanol, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,40 ± 0,06 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,01 ^a	0,36 ± 0,30 ^b	0,05 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Pentanol	0,16 ± 0,15 ^{ab}	0,07 ± 0,07 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b	0,13 ± 0,04 ^b	1,31 ± 0,18 ^c	0,00 ± 0,00 ^b	0,35 ± 0,10 ^{ab}	0,17 ± 0,03 ^{ab}	0,55 ± 0,08 ^a	1,07 ± 0,23 ^c	0,54 ± 0,42 ^a	1,19 ± 0,20 ^c
1-Butanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a
1-Butanol, 3-methyl-	1,70 ± 0,66 ^{ab}	8,59 ± 0,38 ^{bc}	0,90 ± 0,22 ^{ab}	1,70 ± 1,10 ^{ab}	0,67 ± 0,27 ^a	0,24 ± 0,17 ^a	0,44 ± 0,08 ^a	1,11 ± 0,44 ^{ab}	11,36 ± 9,14 ^c	1,28 ± 0,17 ^{ab}	0,76 ± 0,38 ^{ab}	1,93 ± 2,29 ^{ab}	0,21 ± 0,07 ^a
2-Hexanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,01 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Pentanol	0,03 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,12 ± 0,06 ^a	0,07 ± 0,12 ^a	0,06 ± 0,10 ^a	0,04 ± 0,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,22 ± 0,26 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Heptanol	0,50 ± 0,07 ^{ab}	0,42 ± 0,20 ^{bc}	0,00 ± 0,00 ^{ab}	0,17 ± 0,11 ^{ab}	0,31 ± 0,11 ^a	2,76 ± 0,13 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,88 ± 0,23 ^{ab}	0,69 ± 0,18 ^c	1,66 ± 0,19 ^{ab}	1,69 ± 0,68 ^{ab}	1,24 ± 0,71 ^{ab}	0,91 ± 0,24 ^a
3-Pentanol, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
3-Pentanol, 3-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
3-Pentanol, 2-4-dimethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,14 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
3-Pentanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,10 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Hexanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Octanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,01 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,01 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Octen-3-ol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,13 ± 0,12 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Hexanol, 2-ethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,06 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
4-Heptanol, 2,6-dimethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Propyl-1-pentanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Nonanol	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b	0,07 ± 0,13 ^{ab}	0,12 ± 0,06 ^{ab}	0,73 ± 0,15 ^d	0,00 ± 0,00 ^b	0,47 ± 0,10 ^{cd}	0,00 ± 0,00 ^b	0,75 ± 0,32 ^d	0,19 ± 0,08 ^{abc}	0,00 ± 0,00 ^b	0,38 ± 0,09 ^{ac}
1-Octanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Nonanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Phenylethyl Alcohol	0,01 ± 0,02 ^a	0,81 ± 0,52 ^{ab}	0,17 ± 0,09 ^a	0,22 ± 0,13 ^a	0,05 ± 0,03 ^a	0,60 ± 0,26 ^{ab}	0,26 ± 0,09 ^a	0,98 ± 0,08 ^{ab}	1,06 ± 0,97 ^{ab}	1,59 ± 0,53 ^b	0,17 ± 0,02 ^a	0,81 ± 0,96 ^{ab}	0,06 ± 0,02 ^a
Aldehydes													
Butanal, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,24 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,06 ^a	0,13 ± 0,23 ^a	0,10 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,12 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanal, 3-methyl-	0,81 ± 0,76 ^a	2,98 ± 2,47 ^a	0,19 ± 0,11 ^a	1,20 ± 0,86 ^a	0,12 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,08 ± 0,10 ^a	0,85 ± 0,50 ^a	1,93 ± 2,29 ^a	0,29 ± 0,06 ^a	0,21 ± 0,05 ^a	0,60 ± 0,55 ^a	0,12 ± 0,04 ^a
2-Pentenal, (E)-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Benzaldehyde	0,03 ± 0,04 ^a	0,08 ± 0,09 ^a	0,13 ± 0,23 ^a	0,03 ± 0,04 ^a	0,02 ± 0,04 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,11 ± 0,18 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,22 ± 0,02 ^a	0,09 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Benzeneacetaldehyde	0,00 ± 0,00 ^a	0,20 ± 0,34 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,34 ± 0,59 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,24 ± 0,41 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,20 ± 0,35 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Benzaldehyde, 4-ethyl	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,01 ^a	0,01 ± 0,01 ^a
Alkanes													
Pentane	0,03 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
n-Hexane	0,26 ± 0,04 ^b	0,07 ± 0,12 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,10 ± 0,17 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,12 ± 0,12 ^{ab}	0,01 ± 0,02 ^a
Heptane	0,00 ± 0,01 ^a	0,06 ± 0,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Octane	0,02 ± 0,01 ^a	0,04 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,02 ^a	0,08 ± 0,12 ^a	0,09 ± 0,10 ^a	0,02 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,01 ^a	0,27 ± 0,37 ^a	0,01 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,06 ^a	0,08 ± 0,03 ^a	0,01 ± 0,01 ^a

Note : Différence significative entre les données avec des lettres différentes dans la même ligne (P<0,05)

	Ferme 1	Ferme 2	Ferme 3	Ferme 4	Ferme 7	Ferme 10	Ferme 11	Ferme 13	Ferme 14	Ferme 15	Ferme 18	Ferme 20	Ferme 21
Acids													
Acetic acid, diethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,16 ± 0,09 ^{bc}	0,14 ± 0,14 ^{abc}	0,02 ± 0,04 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,26 ± 0,07 ^c	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acetic acid	19,57 ± 2,56 ^a	7,56 ± 5,29 ^{abc}	13,69 ± 1,16 ^{cde}	6,86 ± 2,98 ^{abc}	3,42 ± 0,84 ^{ab}	6,86 ± 1,31 ^{abc}	15,05 ± 2,00 ^{de}	0,36 ± 0,28 ^b	3,77 ± 2,72 ^{ab}	3,35 ± 1,04 ^{ab}	10,00 ± 4,08 ^{acd}	0,56 ± 0,32 ^b	6,01 ± 0,41 ^{ab}
Propanoic acid	0,00 ± 0,00 ^a	0,91 ± 0,30 ^d	0,00 ± 0,01 ^a	0,54 ± 0,19 ^c	0,01 ± 0,01 ^{ab}	0,01 ± 0,02 ^{abc}	0,02 ± 0,02 ^a	0,03 ± 0,03 ^a	0,10 ± 0,09 ^{ab}	0,17 ± 0,03 ^{ab}	0,10 ± 0,11 ^a	0,49 ± 0,23 ^{bc}	0,15 ± 0,03 ^{ab}
Propanoic acid, 2-methyl-	0,88 ± 0,16 ^{abcd}	1,84 ± 0,32 ^d	1,18 ± 0,06 ^{acd}	3,41 ± 1,15 ^e	0,38 ± 0,10 ^{acd}	0,08 ± 0,07 ^b	0,92 ± 0,16 ^{abcd}	0,33 ± 0,15 ^{ab}	0,53 ± 0,18 ^{abc}	1,87 ± 0,31 ^d	1,62 ± 0,29 ^{cd}	0,59 ± 0,20 ^{abc}	0,71 ± 0,05 ^{abc}
Butanoic acid	19,28 ± 1,57 ^{bef}	11,70 ± 4,26 ^{cde}	7,55 ± 0,60 ^{cd}	5,76 ± 1,84 ^c	12,73 ± 0,43 ^{abcd}	11,19 ± 1,35 ^{acd}	14,30 ± 2,04 ^{abde}	6,09 ± 2,39 ^c	11,67 ± 4,74 ^{acd}	25,54 ± 2,43 ^f	15,96 ± 2,60 ^{abe}	7,18 ± 1,64 ^c	21,30 ± 0,97 ^{ef}
Hexanoic acid, 2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,93 ± 1,61 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, 3-methyl-	3,56 ± 0,60 ^{ab}	5,12 ± 0,98 ^{ad}	13,10 ± 1,41 ^c	15,15 ± 3,22 ^c	3,30 ± 0,93 ^{ab}	0,49 ± 0,05 ^b	4,89 ± 1,30 ^{ad}	1,11 ± 0,32 ^{ab}	2,58 ± 0,82 ^{ab}	8,79 ± 1,87 ^d	15,80 ± 1,34 ^c	1,86 ± 1,63 ^{ab}	3,85 ± 0,33 ^{ab}
Pentanoic acid	0,23 ± 0,03 ^{abdf}	0,13 ± 0,11 ^{abcd}	0,10 ± 0,00 ^{acd}	0,09 ± 0,08 ^{cd}	0,13 ± 0,04 ^{abcd}	0,31 ± 0,03 ^{ef}	0,15 ± 0,04 ^{abcd}	0,00 ± 0,00 ^c	0,22 ± 0,06 ^{abdf}	0,40 ± 0,02 ^e	0,26 ± 0,08 ^{bef}	0,06 ± 0,06 ^c	0,26 ± 0,03 ^{abef}
Pentanoic acid, 4-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Hexanoic acid	13,38 ± 2,70 ^e	6,10 ± 5,35 ^{abcdf}	4,10 ± 0,21 ^{acd}	4,52 ± 1,23 ^{acd}	5,67 ± 2,91 ^{abcd}	10,22 ± 1,05 ^{abef}	7,71 ± 1,07 ^{abcef}	1,25 ± 0,50 ^d	11,59 ± 0,98 ^{bef}	13,41 ± 0,94 ^e	8,50 ± 0,81 ^{abcef}	3,09 ± 1,91 ^{cd}	11,95 ± 1,05 ^{ef}
Hexanoic acid, 2-ethyl-	0,05 ± 0,04 ^a	0,02 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,02 ^a
Heptanoic acid	0,14 ± 0,13 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,11 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,21 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,18 ± 0,12 ^a	0,20 ± 0,05 ^a	0,12 ± 0,12 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,15 ± 0,03 ^a
4-Methyl-2-oxovaleric acid	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
(R)-(-)-4-Methylhexanoic acid	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,01 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Octanoic acid	0,66 ± 0,60 ^{abc}	0,36 ± 0,45 ^{bc}	0,59 ± 0,08 ^{abc}	1,04 ± 0,58 ^{abc}	0,53 ± 0,31 ^{abc}	1,96 ± 0,56 ^{cd}	0,60 ± 0,13 ^{abc}	0,16 ± 0,10 ^c	1,98 ± 0,79 ^{cd}	2,88 ± 0,95 ^d	0,45 ± 0,05 ^{bc}	0,35 ± 0,29 ^{bc}	1,75 ± 0,42 ^{abd}
Nonanoic acid	0,24 ± 0,23 ^a	0,10 ± 0,10 ^a	0,19 ± 0,12 ^a	0,61 ± 0,77 ^a	0,06 ± 0,06 ^a	0,09 ± 0,06 ^a	0,06 ± 0,10 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,19 ± 0,11 ^a	0,02 ± 0,02 ^a	0,15 ± 0,02 ^a	0,04 ± 0,07 ^a	0,12 ± 0,05 ^a
n-Decanoic acid	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,01 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,04 ^{ab}	0,27 ± 0,11 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,27 ± 0,20 ^b	0,27 ± 0,12 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,04 ^a	0,09 ± 0,08 ^{ab}
Benzoic acid	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,04 ^a	0,05 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Ketones													
2-Butanone	0,14 ± 0,14 ^a	14,33 ± 3,74 ^c	0,10 ± 0,04 ^a	8,20 ± 0,26 ^b	0,03 ± 0,03 ^a	15,88 ± 1,29 ^c	8,82 ± 1,61 ^b	0,08 ± 0,01 ^a	0,43 ± 0,15 ^a	0,99 ± 0,30 ^a	0,56 ± 0,28 ^a	0,59 ± 0,53 ^a	0,08 ± 0,02 ^a
2-Pentanone	0,22 ± 0,17 ^a	0,21 ± 0,25 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,55 ± 0,81 ^a	12,40 ± 0,54 ^{ab}	3,71 ± 1,94 ^{def}	0,49 ± 0,09 ^a	14,09 ± 3,73 ^b	2,13 ± 0,54 ^{ef}	6,13 ± 1,72 ^{df}	7,16 ± 2,64 ^{cd}	11,26 ± 2,43 ^{abc}	8,22 ± 1,20 ^{acd}
2-Pentanone, 3-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,04 ± 0,04 ^a	0,04 ± 0,02 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,04 ± 0,01 ^a	0,06 ± 0,01 ^a
2,3-Butanedione	6,78 ± 2,39 ^a	3,79 ± 1,11 ^{abc}	13,38 ± 1,90 ^d	11,86 ± 2,73 ^d	6,58 ± 0,83 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	5,05 ± 1,20 ^{bc}	1,30 ± 2,25 ^{bc}	2,36 ± 0,89 ^{abc}	1,44 ± 1,30 ^{bc}	3,66 ± 1,00 ^{abc}	1,03 ± 1,78 ^{bc}	3,92 ± 1,66 ^{abc}
2-Hexanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,05 ^{de}	0,35 ± 0,03 ^a	0,17 ± 0,06 ^{bcd}	0,00 ± 0,00 ^a	0,36 ± 0,07 ^a	0,10 ± 0,11 ^{de}	0,16 ± 0,04 ^{bcd}	0,15 ± 0,09 ^{cde}	0,27 ± 0,02 ^{abc}	0,31 ± 0,04 ^{ab}
2-Heptanone	2,72 ± 1,87 ^{fe}	1,96 ± 2,42 ^{fe}	0,26 ± 0,03 ^f	4,37 ± 4,88 ^{efg}	25,70 ± 3,10 ^{ab}	10,27 ± 3,23 ^{ceg}	1,71 ± 0,14 ^{fe}	30,02 ± 1,67 ^b	10,12 ± 3,93 ^{ceg}	12,61 ± 2,97 ^{ce}	14,25 ± 6,88 ^c	40,53 ± 0,92 ^d	16,78 ± 0,71 ^{ac}
2-Octanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,26 ± 0,46 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acetoin	23,99 ± 4,35 ^{ce}	22,76 ± 7,44 ^{ce}	42,96 ± 0,58 ^f	26,03 ± 3,49 ^e	15,01 ± 7,41 ^{abc}	0,59 ± 0,52 ^d	24,77 ± 1,30 ^{ce}	6,14 ± 2,72 ^{ad}	21,47 ± 2,34 ^{bce}	4,17 ± 1,60 ^{ad}	10,55 ± 1,89 ^{abd}	7,64 ± 3,66 ^{ad}	7,49 ± 0,61 ^{ad}
2-Hydroxy-3-pentanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,13 ± 0,23 ^a	0,16 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,05 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Nonanone	2,80 ± 0,21 ^{cde}	0,58 ± 0,93 ^{de}	0,00 ± 0,00 ^e	3,65 ± 2,26 ^{acde}	8,89 ± 2,95 ^{abc}	8,26 ± 1,77 ^{abc}	1,28 ± 0,33 ^{de}	23,74 ± 1,88 ^f	5,48 ± 1,76 ^{acde}	6,81 ± 3,18 ^{abcd}	4,78 ± 2,71 ^{acde}	12,68 ± 4,03 ^b	9,20 ± 1,00 ^{ab}
4-Hepten-3-one, 5-ethyl-4-methyl	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
5-Nonen-2-one	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
8-Nonen-2-one	0,27 ± 0,03 ^a	0,06 ± 0,10 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,61 ± 0,48 ^a	1,61 ± 0,56 ^a	0,88 ± 0,36 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	4,67 ± 0,77 ^b	0,72 ± 0,16 ^a	0,88 ± 0,53 ^a	0,75 ± 0,66 ^a	3,58 ± 1,42 ^b	1,34 ± 0,16 ^a
2-Decanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,10 ± 0,03 ^c	0,00 ± 0,00 ^a	0,26 ± 0,02 ^d	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,02 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,05 ^{bc}	0,03 ± 0,03 ^{ab}
3-Nonen-2-one	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Undecanone	0,44 ± 0,38 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,74 ± 0,64 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	4,10 ± 0,76 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,55 ± 0,18 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,27 ± 0,46 ^a	0,52 ± 0,06 ^a
(Z)-Undec-6-en-2-one	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,44 ± 0,19 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,10 ± 0,12 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Tridecanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,01 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a

Note : Différence significative entre les données avec des lettres différentes dans la même ligne (P<0,05)

	Ferme 1	Ferme 2	Ferme 3	Ferme 4	Ferme 7	Ferme 10	Ferme 11	Ferme 13	Ferme 14	Ferme 15	Ferme 18	Ferme 20	Ferme 21
Esters													
Ethyl Acetate	0,09 ± 0,08 ^a	0,31 ± 0,11 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,06 ± 0,03 ^a	0,09 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,02 ^a
sec-Butyl acetate	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,10 ± 0,17 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Propanoic acid, 1-methylpropyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Butanol, 3-methyl-, acetate	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,36 ± 0,12 ^c	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,03 ^b	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^b	2,05 ± 0,55 ^c	0,00 ± 0,00 ^b	0,07 ± 0,06 ^b	0,58 ± 0,39 ^{ab}	0,91 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b	0,70 ± 0,18 ^{ab}	0,74 ± 0,01 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b	1,30 ± 0,19 ^{ac}
Butanoic acid, methyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,92 ± 0,94 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Butenoic acid, 3-methyl-, methyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, pentyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,01 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, 1-methylpropyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	3,36 ± 0,29 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Hexanoic acid, methyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	2,35 ± 0,93 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Methyl tiglate	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,34 ± 0,09 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Hexanoic acid, ethyl ester	0,49 ± 0,07 ^{ab}	2,08 ± 0,24 ^e	0,00 ± 0,00 ^b	0,14 ± 0,07 ^{ab}	0,35 ± 0,27 ^{ab}	0,49 ± 0,13 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^b	0,04 ± 0,08 ^b	1,20 ± 0,40 ^d	1,05 ± 0,21 ^{cd}	0,08 ± 0,02 ^b	0,11 ± 0,02 ^b	0,66 ± 0,13 ^{ac}
ropanoic acid, 2-methyl-, 2-methylbutyl est	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
ropanoic acid, 2-methyl-, 3-methylbutyl est	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,06 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, 3-methylbutyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,07 ^a	0,16 ± 0,07 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,01 ^a
Hexanoic acid, 2-methylpropyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Hexanoic acid, butyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Hexanoic acid, propyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acetic acid, heptyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,12 ± 0,12 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, 1-methylhexyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Octanoic acid, ethyl ester	0,06 ± 0,10 ^{ab}	0,24 ± 0,05 ^c	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b	0,10 ± 0,03 ^{ab}	0,10 ± 0,03 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^b	0,02 ± 0,02 ^b	0,25 ± 0,06 ^c	0,26 ± 0,05 ^c	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b	0,15 ± 0,02 ^{ac}
Propanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
n-Capric acid isobutyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acetic acid, 2-phenylethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,09 ^{ab}	0,03 ± 0,03 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,13 ± 0,07 ^{ab}	0,02 ± 0,03 ^{ab}	0,22 ± 0,21 ^b	0,00 ± 0,01 ^a	0,12 ± 0,04 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
S-Compounds													
Methanethiol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a
Dimethyl sulfide	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Disulfide, dimethyl	0,03 ± 0,03 ^{ab}	0,05 ± 0,04 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,23 ± 0,07 ^{cd}	0,01 ± 0,02 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,32 ± 0,12 ^c	0,00 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,05 ^{bd}	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,04 ^{ab}	0,07 ± 0,03 ^{ab}	0,02 ± 0,02 ^{ab}
Dimethyl trisulfide	0,03 ± 0,03 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,04 ^b	0,00 ± 0,01 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,01 ^{ab}	0,04 ± 0,05 ^{ab}	0,03 ± 0,03 ^{ab}
Methional	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
3(2H)-Thiophenone, dihydro-2-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Dimethyl sulfone	0,12 ± 0,04 ^c	0,04 ± 0,01 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,05 ± 0,01 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Phenols													
Phenol	0,02 ± 0,02 ^a	0,04 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,16 ± 0,07 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,04 ^a
p-Cresol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a

Note : Différence significative entre les données avec des lettres différentes dans la même ligne (P<0,05)

	Ferme 1	Ferme 2	Ferme 3	Ferme 4	Ferme 7	Ferme 10	Ferme 11	Ferme 13	Ferme 14	Ferme 15	Ferme 18	Ferme 20	Ferme 21
Terpenes													
D-Limonene	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Limonene	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
3-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Lactones													
2(3H)-Furanone, 5-ethylidihydro-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,11 ^{ab}	0,19 ± 0,03 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,06 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,13 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,18 ± 0,05 ^b	0,04 ± 0,08 ^{ab}
2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6-methyl-	0,03 ± 0,03 ^{ab}	0,04 ± 0,03 ^{ab}	0,07 ± 0,01 ^b	0,04 ± 0,01 ^{ab}	0,03 ± 0,01 ^{ab}	0,06 ± 0,01 ^{ab}	0,05 ± 0,01 ^{ab}	0,01 ± 0,02 ^a	0,05 ± 0,04 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,02 ^{ab}	0,02 ± 0,03 ^{ab}	0,01 ± 0,01 ^{ab}
2(3H)-Furanone, 5-butylidihydro-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,03 ^c	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,02 ^b	0,00 ± 0,00 ^a
2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6-propyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,05 ^{ab}	0,11 ± 0,01 ^b	0,03 ± 0,05 ^{ab}	0,04 ± 0,03 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,03 ± 0,03 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a
2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6-pentyl-	0,07 ± 0,02 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,09 ± 0,01 ^a	0,10 ± 0,02 ^{ab}	0,06 ± 0,01 ^{ab}	0,06 ± 0,01 ^a	0,22 ± 0,02 ^b	0,04 ± 0,02 ^a		0,04 ± 0,01 ^a	0,08 ± 0,02 ^a	0,06 ± 0,01 ^a	0,06 ± 0,01 ^a
N-Compounds													
Pyridine	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,00 ^a	0,60 ± 0,09 ^c	0,09 ± 0,08 ^{ab}	1,27 ± 0,12 ^d	0,03 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,23 ± 0,16 ^b	0,00 ± 0,00 ^a
Pyrazine, trimethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,05 ^a
Pyrazine, tetramethyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,20 ± 0,18 ^b
Indole	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,17 ± 0,21 ^a

Note : Différence significative entre les données avec des lettres différentes dans la même ligne (P<0,05)

Annexe 11. Résultats de l'analyse chromatographique des pâtes pressées non cuites issues de la campagne d'hiver

	Ferme 1	Ferme 2	Ferme 3	Ferme 4	Ferme 7	Ferme 10	Ferme 11	Ferme 13	Ferme 14	Ferme 15	Ferme 18	Ferme 20	Ferme 21
Alcohols													
2-Butanol	7,38 ± 4,47 ^{abc}	20,25 ± 6,77 ^c	0,00 ± 0,00 ^a	15,96 ± 1,28 ^{bc}	5,37 ± 2,86 ^{ab}	0,08 ± 0,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	14,94 ± 1,43 ^{bc}	12,66 ± 2,66 ^{abc}	14,27 ± 13,15 ^{bc}	0,00 ± 0,00 ^a	0,47 ± 0,50 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Propanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,20 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,24 ± 0,25 ^a	0,38 ± 0,34 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,16 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Propanol, 2-methyl-	0,08 ± 0,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,57 ± 0,08 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Pentanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,75 ± 0,26 ^b	0,24 ± 0,18 ^{ab}	0,05 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,98 ± 0,20 ^d	2,85 ± 0,65 ^c	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a
1-Butanol, 3-methyl-	2,10 ± 3,09 ^a	0,15 ± 0,13 ^a	2,21 ± 0,47 ^a	1,58 ± 0,41 ^a	0,30 ± 0,26 ^a	1,53 ± 0,75 ^a	0,07 ± 0,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,49 ± 0,13 ^a	0,26 ± 0,23 ^a	15,98 ± 5,79 ^b	0,11 ± 0,19 ^a	0,16 ± 0,28 ^a
1-Butanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,12 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,50 ± 0,39 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,28 ± 0,24 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Pentanol	0,09 ± 0,16 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Heptanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,38 ± 0,15 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,24 ^{ab}	1,35 ± 0,36 ^c	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Phenylethyl Alcohol	3,45 ± 5,88 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,38 ± 0,34 ^a	1,83 ± 1,52 ^a	0,12 ± 0,11 ^a	0,70 ± 0,29 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,21 ± 0,37 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	2,27 ± 2,56 ^a	0,49 ± 0,84 ^a	0,09 ± 0,16 ^a
3-Pentanol, 2-methyl-	0,06 ± 0,11 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,13 ± 0,11 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Hexanol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,55 ± 0,16 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
1-Hexanol, 2-ethyl-	0,08 ± 0,08 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,11 ± 0,11 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Aldehydes													
Propanal, 2-methyl-	0,42 ± 0,73 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,1 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,37 ± 0,43 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanal, 2-methyl-	0,36 ± 0,63 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,17 ± 0,30 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,56 ± 0,50 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanal, 3-methyl-	1,60 ± 2,77 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,32 ± 0,56 ^a	1,77 ± 1,58 ^a	0,28 ± 0,48 ^a	1,30 ± 1,15 ^a	0,41 ± 0,35 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,16 ± 0,28 ^a	0,40 ± 0,49 ^a	7,09 ± 2,25 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,11 ^a
Hexanal	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,13 ± 0,11 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Benzaldehyde	0,53 ± 0,67 ^{ab}	1,00 ± 0,50 ^{ab}	0,62 ± 0,10 ^{ab}	0,51 ± 0,30 ^{ab}	0,17 ± 0,29 ^{ab}	1,31 ± 0,17 ^b	0,49 ± 0,43 ^{ab}	0,13 ± 0,07 ^a	0,54 ± 0,22 ^{ab}	0,79 ± 0,70 ^{ab}	0,40 ± 0,18 ^{ab}	0,15 ± 0,17 ^a	1 ± 0,48 ^{ab}
Benzeneacetaldehyde	0,69 ± 1,20 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,49 ± 0,50 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,20 ± 0,35 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,22 ± 0,38 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Alkanes													
Pentane	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,02 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
n-Hexane	0,16 ± 0,28 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,06 ^a	0,04 ± 0,07 ^a
Heptane	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Octane	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,03 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acids													
Acetic acid	8,23 ± 6,58 ^{cd}	10,40 ± 2,17 ^{acd}	17,47 ± 3,09 ^{abcd}	5,61 ± 2,07 ^d	24,10 ± 1,67 ^{ab}	13,24 ± 1,89 ^{abcd}	27,20 ± 3,45 ^b	4,12 ± 2,08 ^d	13,75 ± 0,87 ^{abcd}	15,23 ± 4,26 ^{abcd}	20,11 ± 11,57 ^{abc}	15,61 ± 2,66 ^{abcd}	16,19 ± 7,90 ^{abcd}
Propanoic acid	0,00 ± 0,00 ^a	4,68 ± 0,27 ^d	0,00 ± 0,00 ^a	1,14 ± 0,35 ^b	0,24 ± 0,42 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,10 ± 0,17 ^a	0,14 ± 0,12 ^a	2,57 ± 0,50 ^c	0,07 ± 0,12 ^a	0,75 ± 0,42 ^{ab}	0,47 ± 0,47 ^{ab}
Propanoic acid, 2-methyl-	1,98 ± 1,44 ^{abc}	4,25 ± 0,04 ^b	1,17 ± 0,12 ^{ac}	3,19 ± 0,46 ^{bc}	0,22 ± 0,22 ^a	4,49 ± 0,34 ^b	2,35 ± 1,50 ^{abc}	0,43 ± 0,03 ^a	0,67 ± 0,10 ^{ac}	0,15 ± 0,25 ^a	3,94 ± 2,30 ^b	0,60 ± 0,66 ^{ac}	0,29 ± 0,28 ^a
Butanoic acid	3,82 ± 2,18 ^d	8,24 ± 0,29 ^{abcd}	6,21 ± 1,57 ^{cd}	10,83 ± 1,38 ^{abcd}	19,43 ± 2,14 ^a	8,99 ± 1,73 ^{abcd}	11,11 ± 0,66 ^{abcd}	7,30 ± 1,55 ^{cd}	11,94 ± 6,11 ^{abcd}	19,04 ± 1,49 ^{ab}	7,83 ± 0,86 ^{bcd}	33,75 ± 9,69 ^a	15,25 ± 6,17 ^{abc}
Butanoic acid, 3-methyl-	6,37 ± 3,86 ^{abcd}	13,97 ± 0,36 ^{ce}	15,74 ± 3,59 ^e	9,82 ± 1,66 ^{bcde}	1,90 ± 0,44 ^{ab}	10,66 ± 1,57 ^{cde}	9,56 ± 6,65 ^{abcde}	1,90 ± 0,18 ^{ab}	1,83 ± 0,30 ^{ab}	0,99 ± 0,26 ^a	8,59 ± 5,21 ^{abcde}	2,12 ± 2,65 ^{abd}	1,03 ± 0,6 ^a
Pentanoic acid	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,18 ± 0,16 ^a	0,10 ± 0,18 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,37 ± 0,10 ^a	0,11 ± 0,20 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,22 ± 0,39 ^a
Hexanoic acid	1,22 ± 1,10 ^c	4,09 ± 0,27 ^{abc}	4,12 ± 1,49 ^{abc}	3,55 ± 1,41 ^{bc}	6,45 ± 0,66 ^{abc}	2,38 ± 1,46 ^c	4,66 ± 0,13 ^{abc}	1,78 ± 0,59 ^c	8,60 ± 2,31 ^{ab}	8,69 ± 0,78 ^{ab}	3,09 ± 1,72 ^{ac}	3,25 ± 1,71 ^{ac}	9,68 ± 5,76 ^b
Octanoic acid	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,51 ± 0,88 ^a

Note : Différence significative entre les données avec des lettres différentes dans la même ligne (P<0,05)

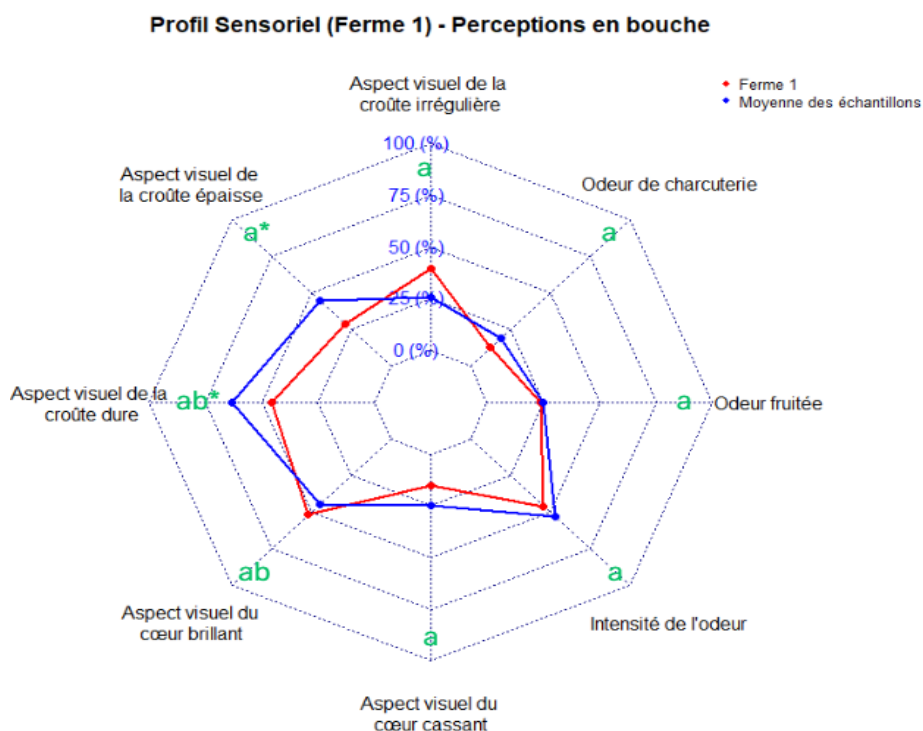
	Ferme 1	Ferme 2	Ferme 3	Ferme 4	Ferme 7	Ferme 10	Ferme 11	Ferme 13	Ferme 14	Ferme 15	Ferme 18	Ferme 20	Ferme 21
Ketones													
2-Butanone	14,38 ± 2,98 ^{df}	18,10 ± 2,75 ^d	7,79 ± 2,32 ^c	20,23 ± 1,90 ^{de}	5,49 ± 0,80 ^{abc}	5,13 ± 0,53 ^{abc}	0,49 ± 0,43 ^a	26,13 ± 1,97 ^e	10,56 ± 0,99 ^{cf}	7,28 ± 5,11 ^{bc}	0,09 ± 0,16 ^a	4,33 ± 0,59 ^{abc}	1,11 ± 0,62 ^{ab}
2-Pentanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	2,02 ± 0,85 ^a	0,08 ± 0,14 ^a	3,70 ± 0,58 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	5,66 ± 0,21 ^a	12,83 ± 18,28 ^a	1,15 ± 0,24 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	4,88 ± 2,13 ^a
2,3-Butanedione	16,70 ± 5,56 ^c	3,49 ± 1,20 ^{bd}	8,74 ± 7,25 ^{abcd}	2,39 ± 1,18 ^{bd}	10,17 ± 0,71 ^{abc}	9,32 ± 4,90 ^{abcd}	8,46 ± 1,76 ^{abcd}	13,93 ± 1,56 ^{ac}	5,76 ± 1,20 ^{abd}	0,00 ± 0,00 ^a	6,24 ± 1,53 ^{abd}	17,01 ± 3,87 ^c	10,03 ± 4,04 ^{abcd}
2-Butanone, 3-methyl	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Heptanone	0,99 ± 0,56 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,60 ± 0,53 ^{abcd}	3,52 ± 1,10 ^{ab}	0,62 ± 0,31 ^a	3,57 ± 0,15 ^{ab}	0,58 ± 0,13 ^a	1,43 ± 0,84 ^a	5,07 ± 1,80 ^{ab}	1,54 ± 1,29 ^a	3,05 ± 1,04 ^a	0,38 ± 0,34 ^a	8,98 ± 6,12 ^b
2-Hydroxy-3-pentanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,12 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2-Acetoxy-3-butanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Acetoin	28,50 ± 6,89 ^{bc}	10,58 ± 3,36 ^{ade}	33,58 ± 1,85 ^c	8,76 ± 1,87 ^{de}	22,47 ± 1,44 ^{abc}	29,56 ± 2,65 ^{bc}	33,73 ± 7,82 ^c	26,83 ± 1,07 ^{bc}	14,43 ± 4,49 ^{ad}	0,75 ± 0,65 ^e	14,64 ± 6,42 ^{ad}	19,94 ± 1,68 ^{abd}	19,81 ± 3,16 ^{abd}
2-Nonanone	0,76 ± 0,31 ^a	0,10 ± 0,09 ^a	0,74 ± 0,39 ^a	3,96 ± 1,58 ^{ab}	0,73 ± 0,12 ^a	2,24 ± 1,18 ^{ab}	0,34 ± 0,34 ^a	0,75 ± 0,16 ^a	3,93 ± 0,34 ^{ab}	1,01 ± 0,90 ^{ab}	2,34 ± 0,37 ^{ab}	0,29 ± 0,26 ^a	7,04 ± 7,13 ^b
8-Nonen-2-one	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,48 ± 0,27 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,38 ± 0,16 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,26 ± 0,03 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,05 ± 0,09 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	1,18 ± 1,85 ^a
2-Decanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,09 ^a
2-Undecanone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,24 ± 0,26 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,24 ± 0,41 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,25 ± 0,21 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,11 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,72 ± 1,25 ^a
Esters													
Ethyl Acetate	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,23 ± 0,11 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
sec-Butyl acetate	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,28 ± 0,12 ^a	0,20 ± 0,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,16 ± 0,27 ^a	2,76 ± 4,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,37 ± 0,33 ^a	0,41 ± 0,36 ^a
Butanoic acid, propyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,56 ± 0,10 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Butanoic acid, 1-methylpropyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Hexanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,39 ± 0,13 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,32 ± 0,14 ^a	0,73 ± 0,11 ^a	0,28 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,33 ± 0,13 ^a	3,24 ± 0,83 ^b	0,06 ± 0,11 ^a	0,05 ± 0,08 ^a	0,67 ± 0,58 ^a
Propanoic acid, 2-methyl-, 3-methylbutyl est	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Hexanoic acid, propyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,16 ± 0,04 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Octanoic acid, ethyl ester	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,37 ± 0,06 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,12 ^a
Triacetin	0,02 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,14 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
S-Compounds													
Methanethiol	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,02 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Dimethyl sulfide	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,02 ^c	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,01 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Disulfide, dimethyl	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,04 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,07 ^a	0,02 ± 0,04 ^a	0,12 ± 0,10 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,03 ^a	0,04 ± 0,05 ^a	0,08 ± 0,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Dimethyl trisulfide	0,00 ± 0,00 ^a	0,08 ± 0,08 ^a	0,07 ± 0,12 ^a	0,12 ± 0,10 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,10 ± 0,18 ^a	0,04 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Methional	0,04 ± 0,08 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Dimethyl sulfone	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,04 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,09 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,15 ± 0,14 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Phenols													
Phenol	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,05 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
Lactone													
2(3H)-Furanone, 5-ethylidihydro-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,03 ^b	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6-methyl-	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,03 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,03 ± 0,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,04 ^a

Note : Différence significative entre les données avec des lettres différentes dans la même ligne (P<0,05)

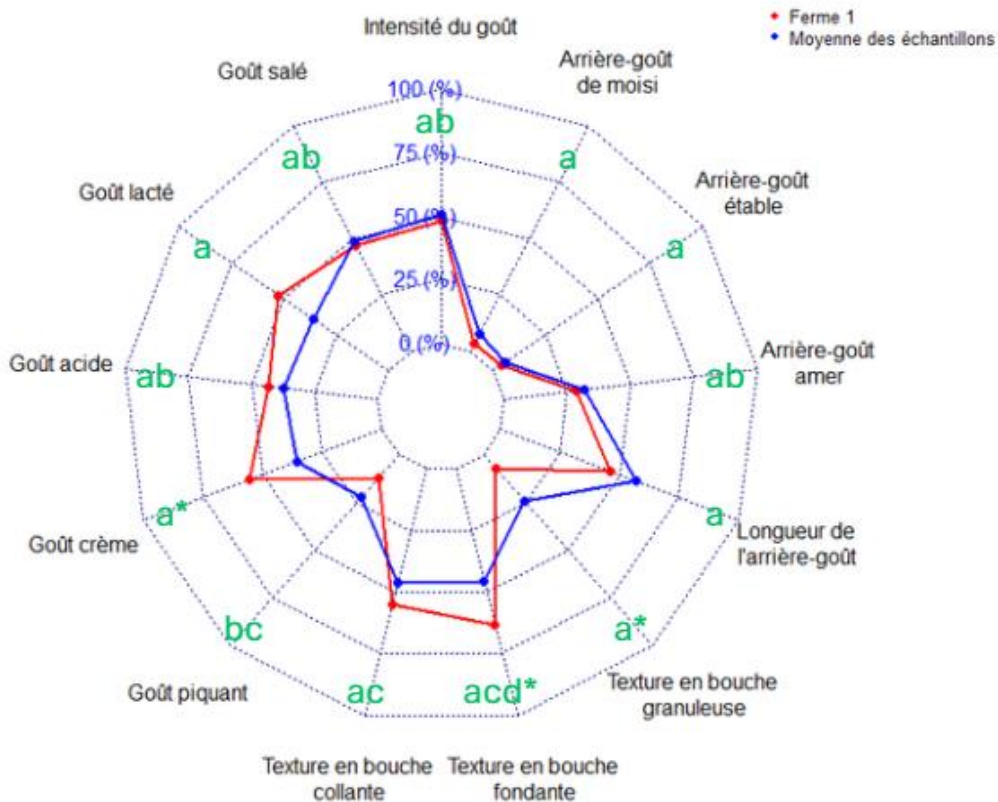
Annexe 12. Résultats de l'analyse microbiologique lors des deux campagnes, été et hiver

µBIO	Maquée				Pâte molle			Pâte pressée non cuite		
	Été	Hiver			Été	Hiver		Été	Hiver	
	EC	EC	Staph	pH	EC	EC	Staph	EC	EC	Staph
	cfu/g	cfu/g	cfu/g	cfu/g	cfu/g	cfu/g	cfu/g	cfu/g	cfu/g	cfu/g
Ferme 1								< 10	< 10	16 000
Ferme 2								200	< 10	< 10
Ferme 3	< 10	< 10	170					< 10	60	< 10
Ferme 4					17 500	3 400	7 800	2 000	260	5 000
Ferme 5	< 10	< 10	< 10	4,7						
Ferme 6	< 10	7 400	< 10	4,6	< 10	10	< 10			
Ferme 7	< 10	10	10 000	5,5				< 10	< 10	< 10
Ferme 8	< 10	40	< 10	4,1	< 10	< 10	10			
Ferme 9					6 700	600	< 10			
Ferme 10								< 10	10	< 10
Ferme 11	1 250	43 000	110 000					30 700	970	460
Ferme 12	< 10	< 10	< 10	4,6	54 250	320	4 200			
Ferme 13					< 10	10	50	< 10	< 10	34 000
Ferme 14								4 800	< 10	9 800
Ferme 15					< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Ferme 16	1 800	50	< 10	4,5				< 10		
Ferme 17	< 10	960	15 000		< 10	31 000	< 10			
Ferme 18					< 10	< 10	7000	< 10	60	< 10
Ferme 19					< 10	60	< 10			
Ferme 20	< 10	< 10	4 200	4,4				< 10	< 10	
Ferme 21	< 10	< 100	< 100		< 10	9 000	< 1 000	< 10	< 100	< 1 000

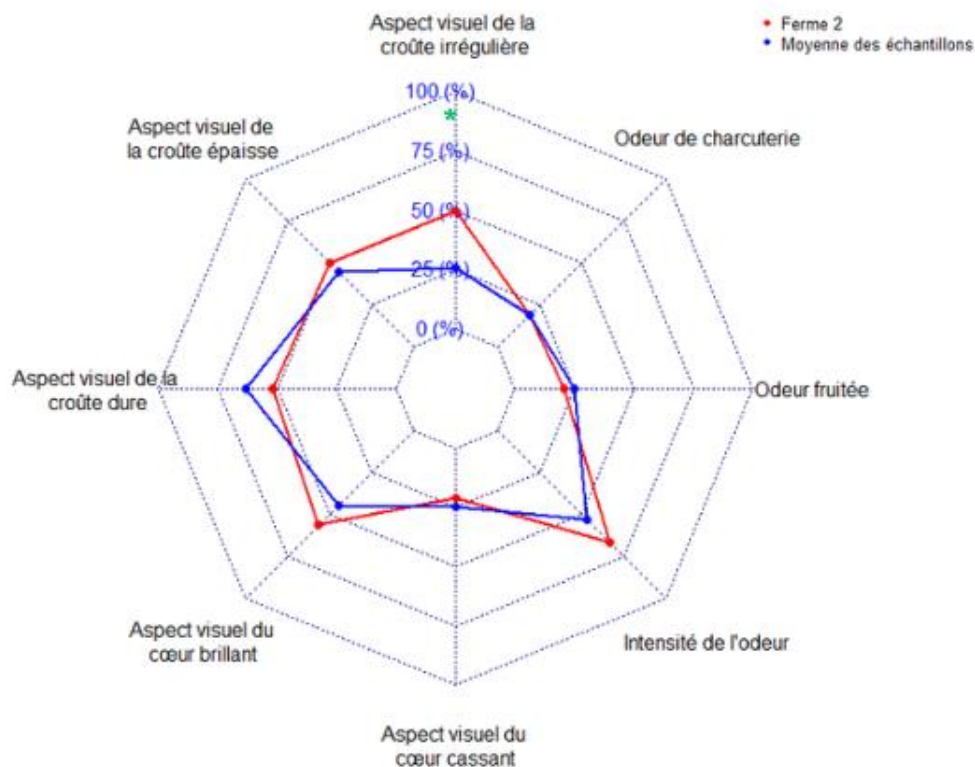
Annexe 13. Profil sensoriel (Ferme 1) – Aspects visuels et olfactifs



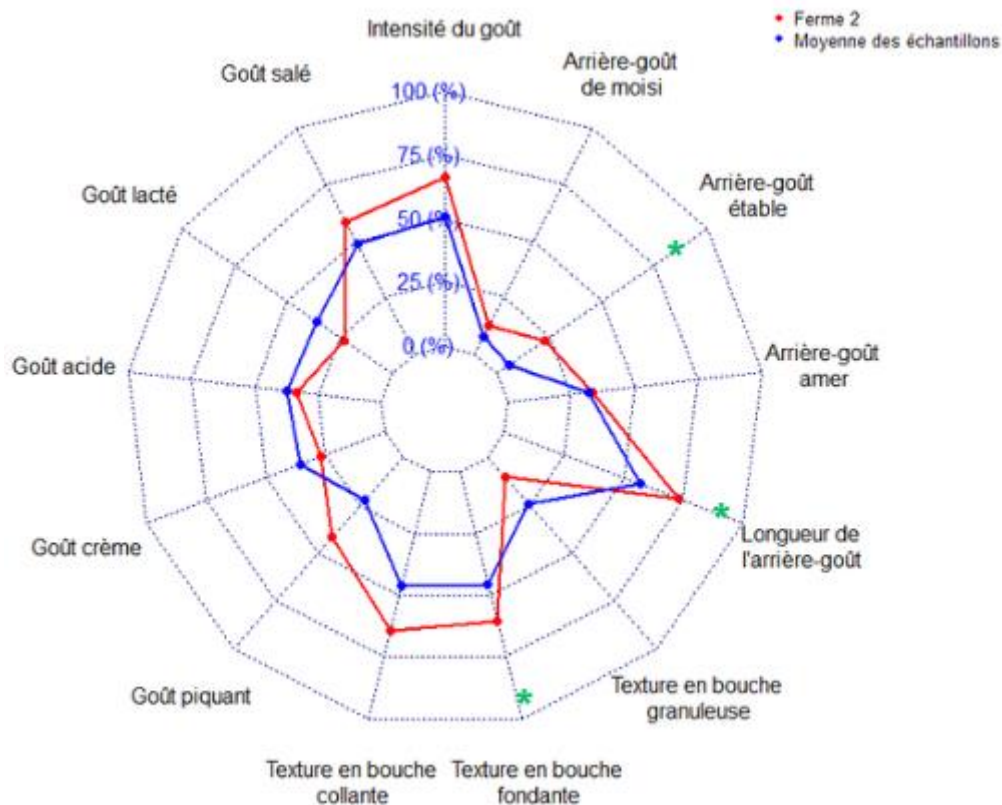
Annexe 14. Profil sensoriel (Ferme 1) – Perceptions en bouche



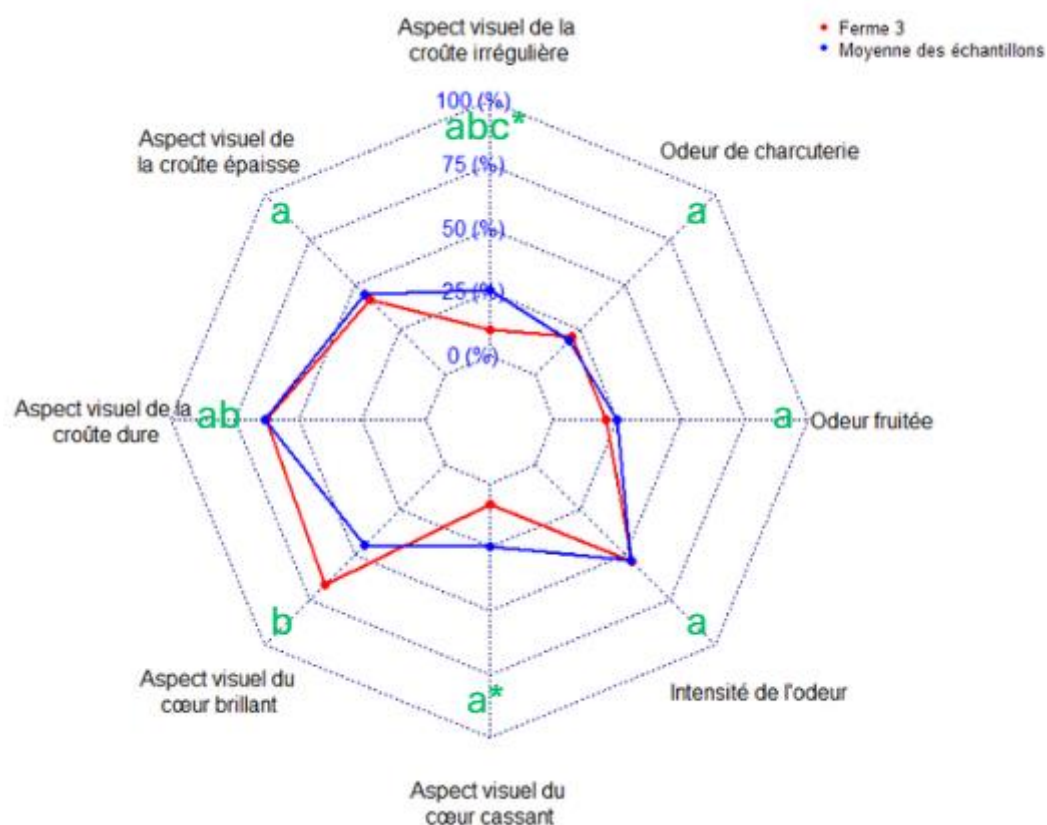
Annexe 15. Profil sensoriel (Ferme 2) – Aspects visuels et olfactifs



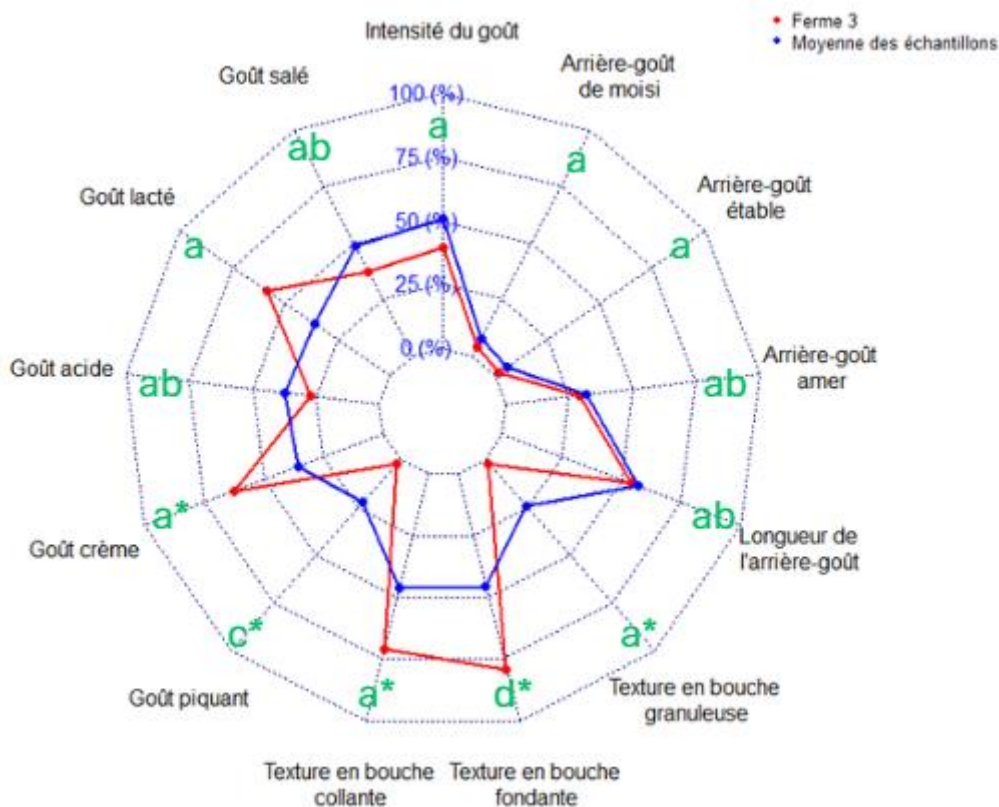
Annexe 16. Profil sensoriel (Ferme 2) – Perceptions en bouche



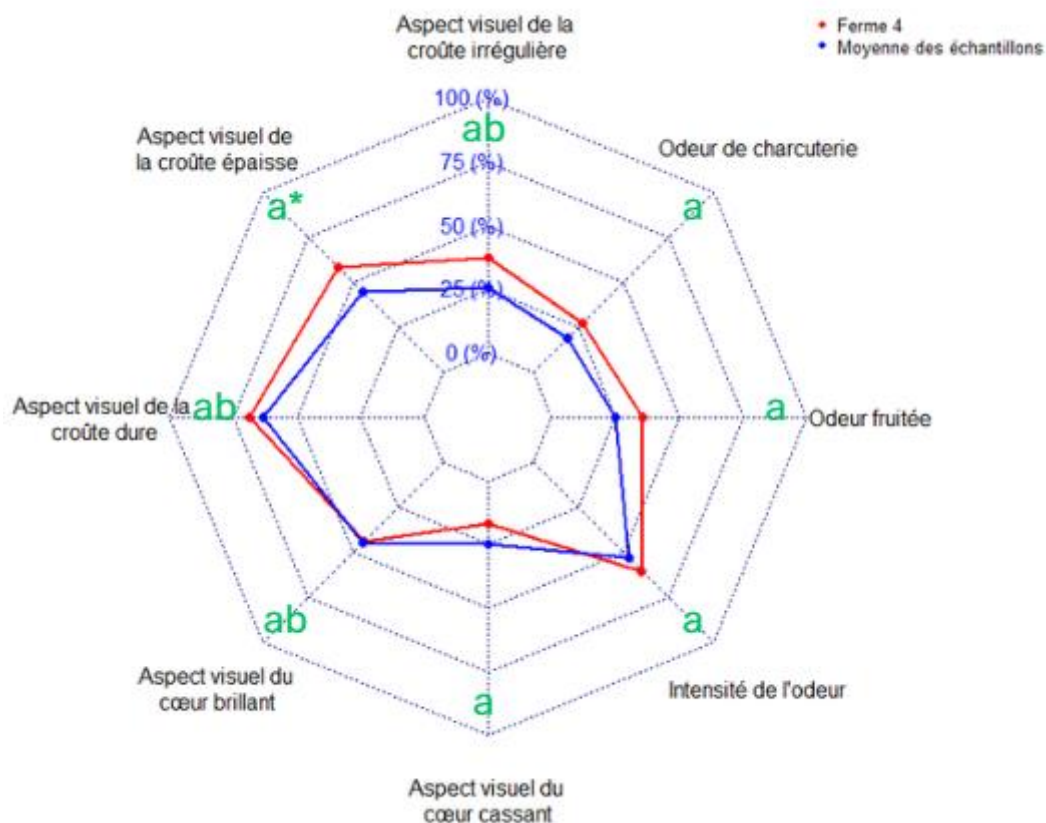
Annexe 17. Profil sensoriel (Ferme 3) – Aspects visuels et olfactifs



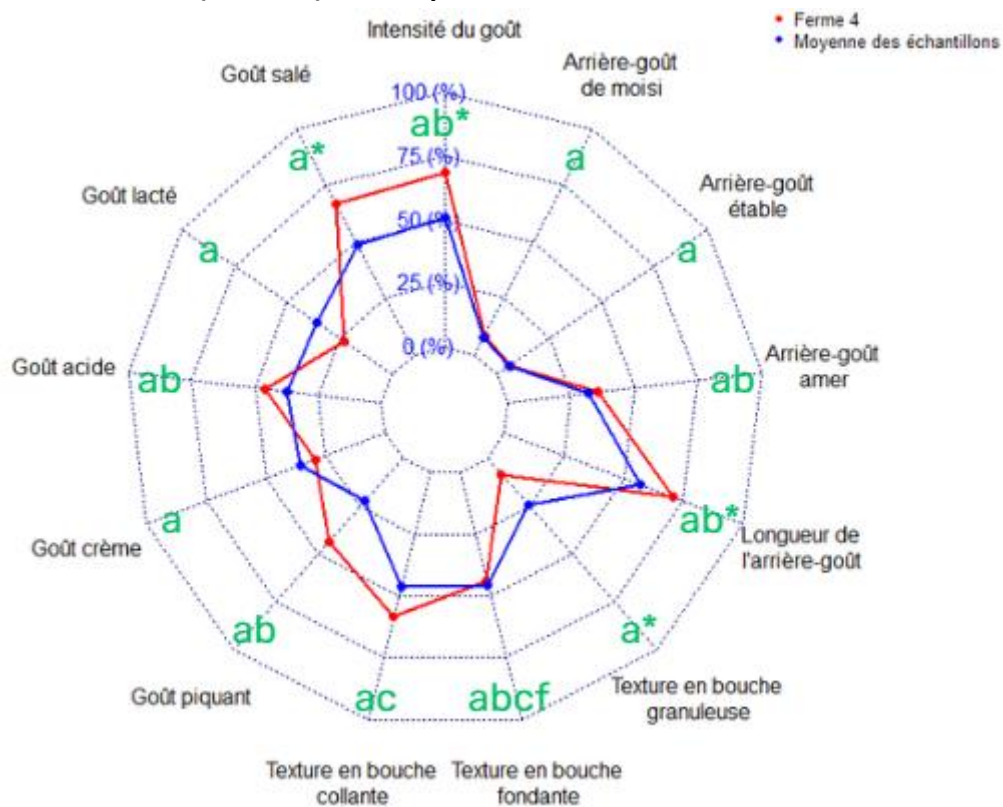
Annexe 18. Profil sensoriel (Ferme 3) – Perceptions en bouche



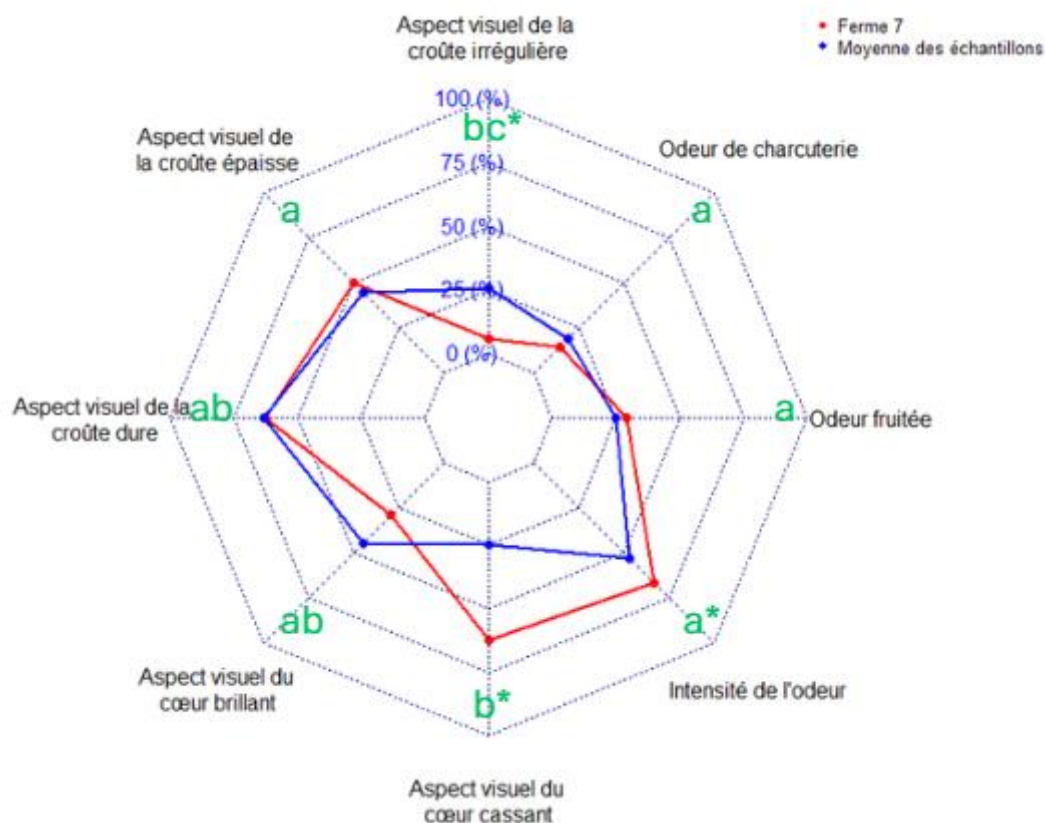
Annexe 19. Profil sensoriel (Ferme 4) – Aspects visuels et olfactifs



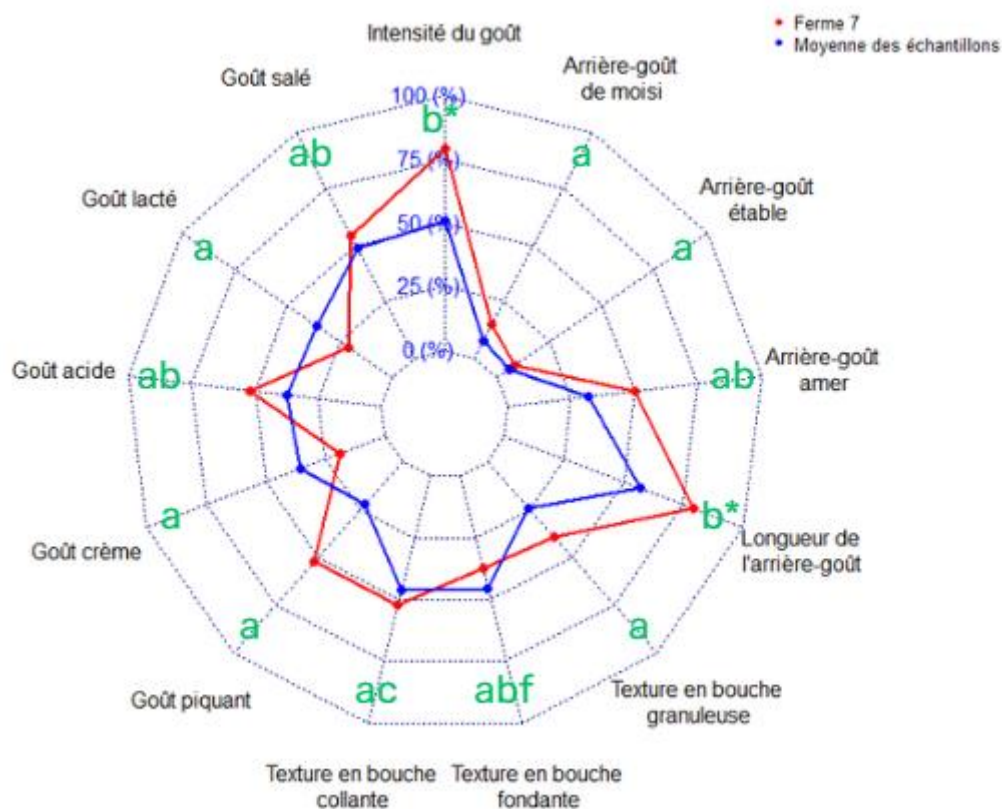
Annexe 20. Profil sensoriel (Ferme 4) – Perceptions en bouche



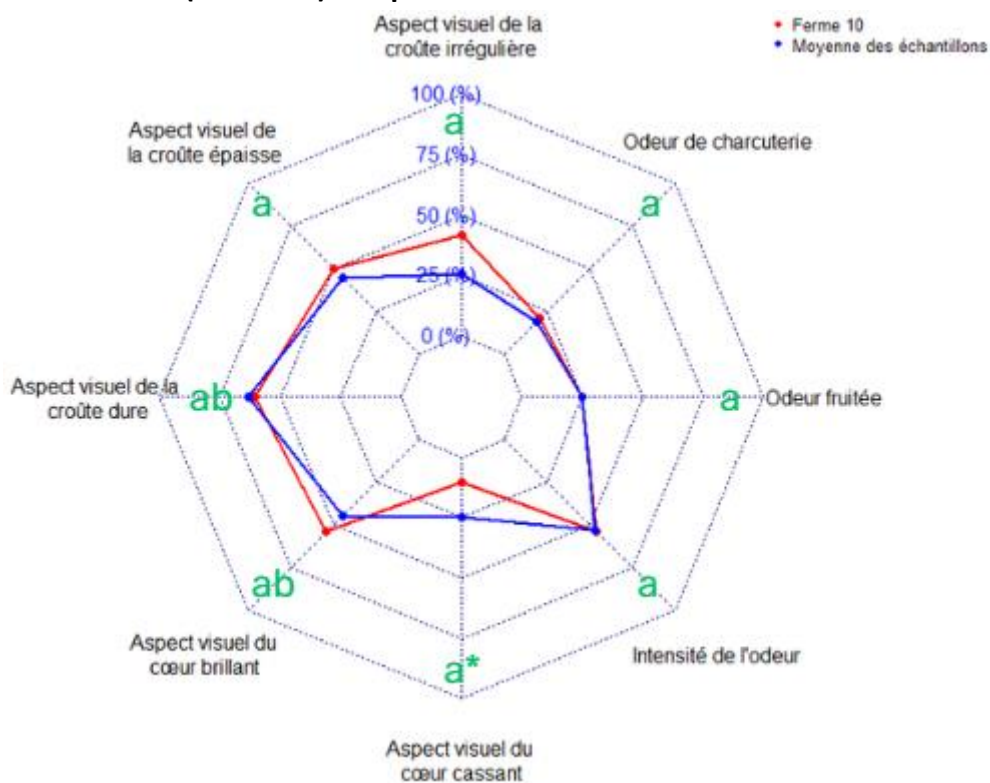
Annexe 21. Profil sensoriel (Ferme 7) – Aspects visuels et olfactifs



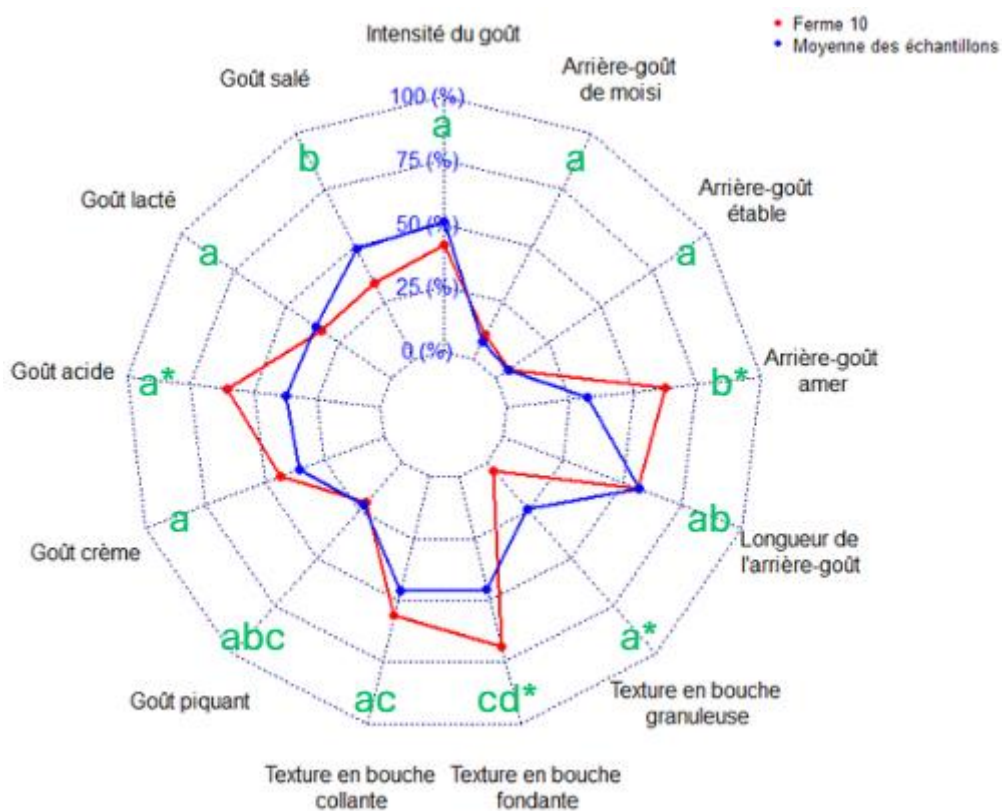
Annexe 22. Profil sensoriel (Ferme 7) – Perceptions en bouche



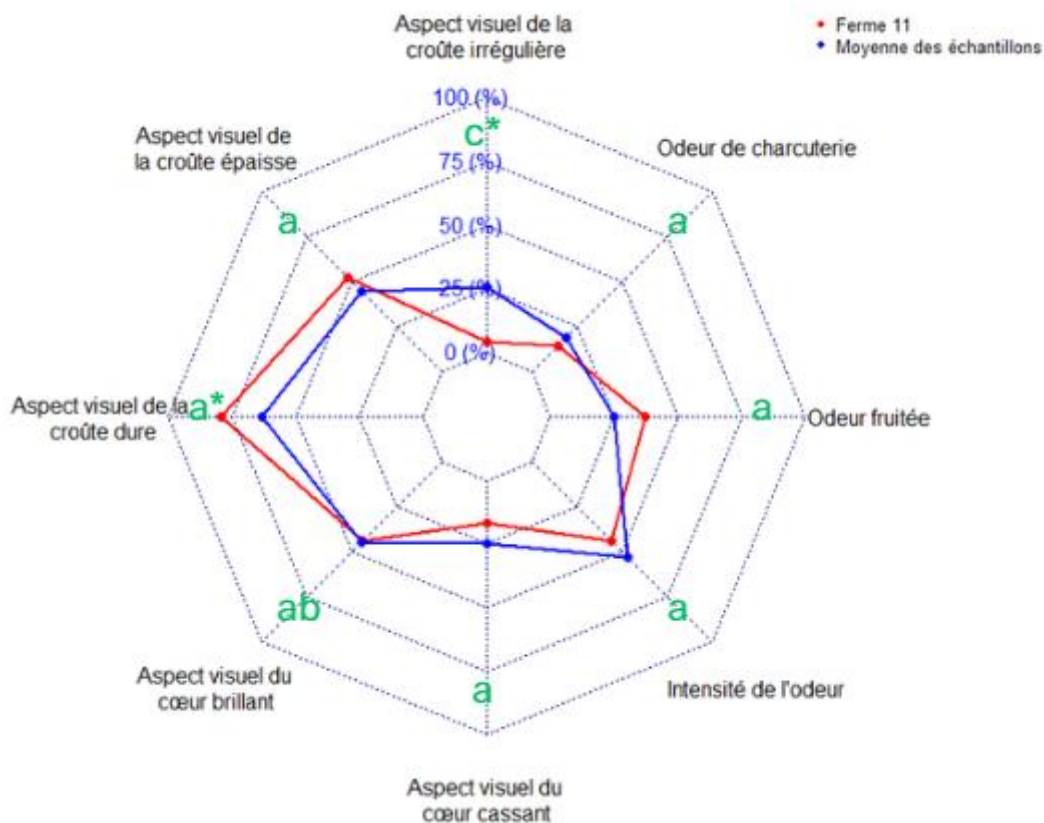
Annexe 23. Profil sensoriel (Ferme 10) – Aspects visuels et olfactifs



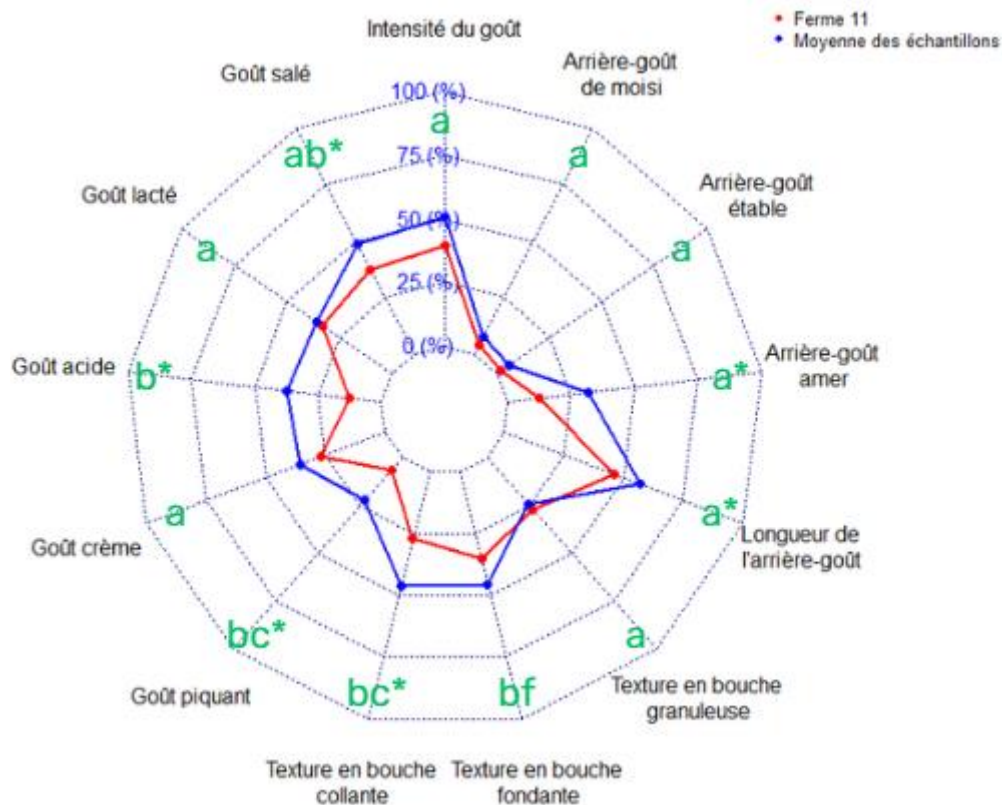
Annexe 24. Profil sensoriel (Ferme 10) – Perceptions en bouche



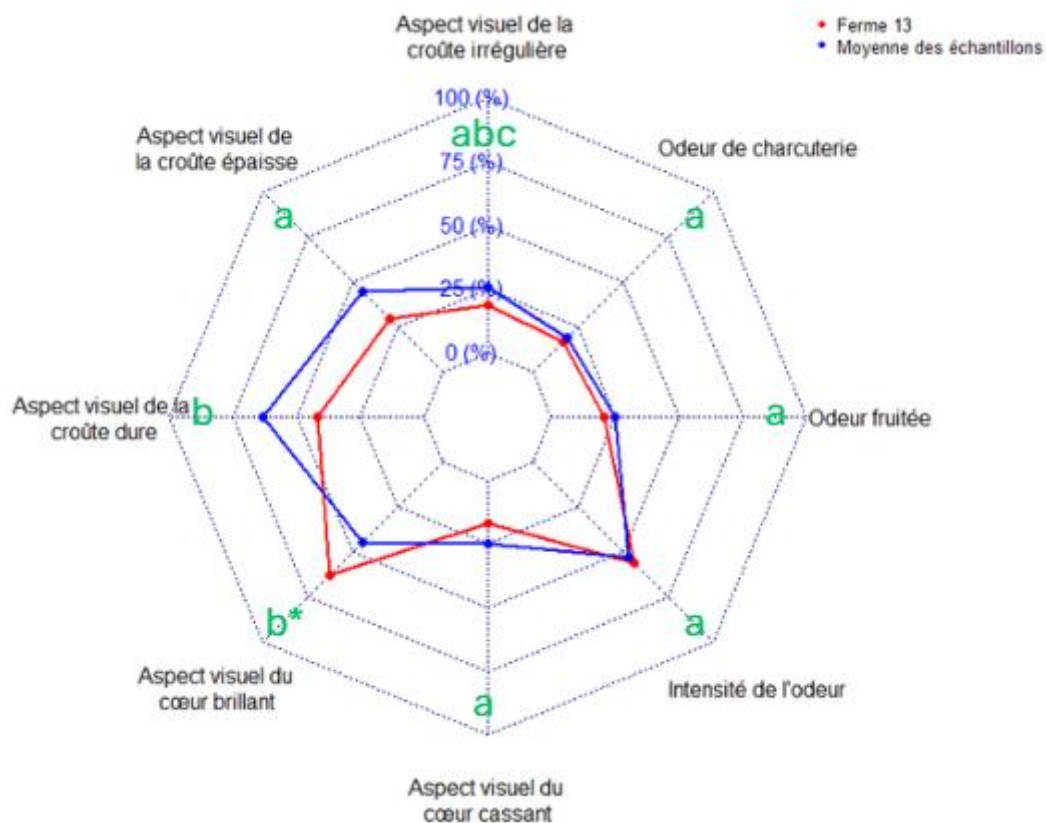
Annexe 25. Profil sensoriel (Ferme 11) – Aspects visuels et olfactifs



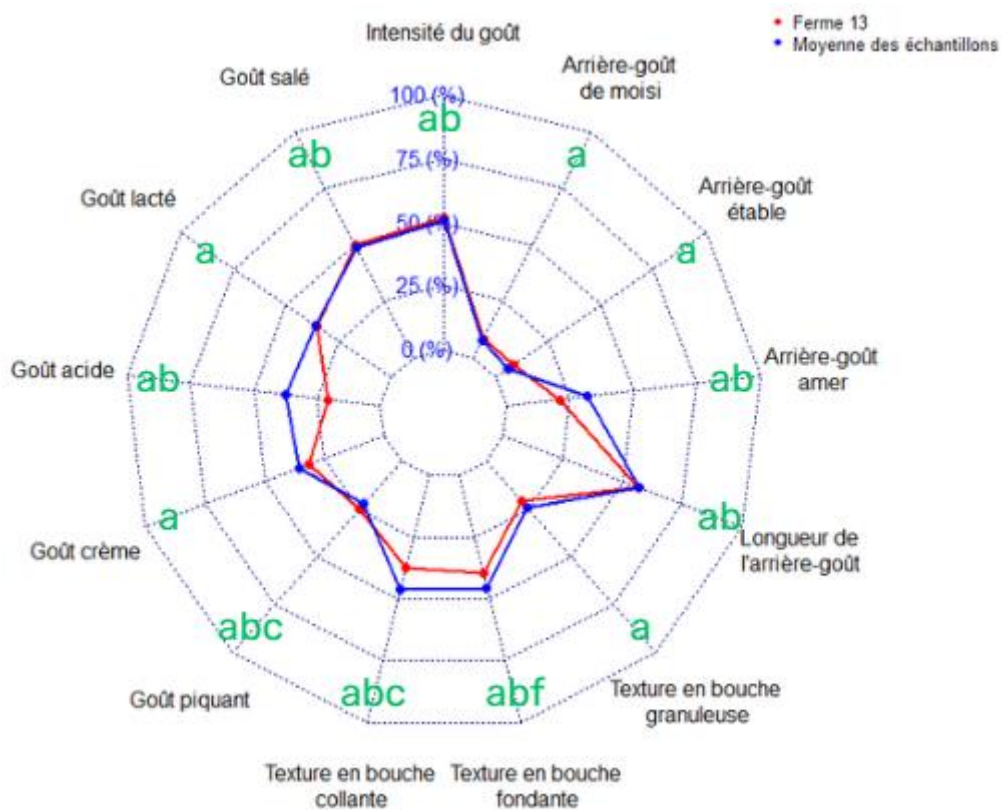
Annexe 26. Profil sensoriel (Ferme 11) – Perceptions en bouche



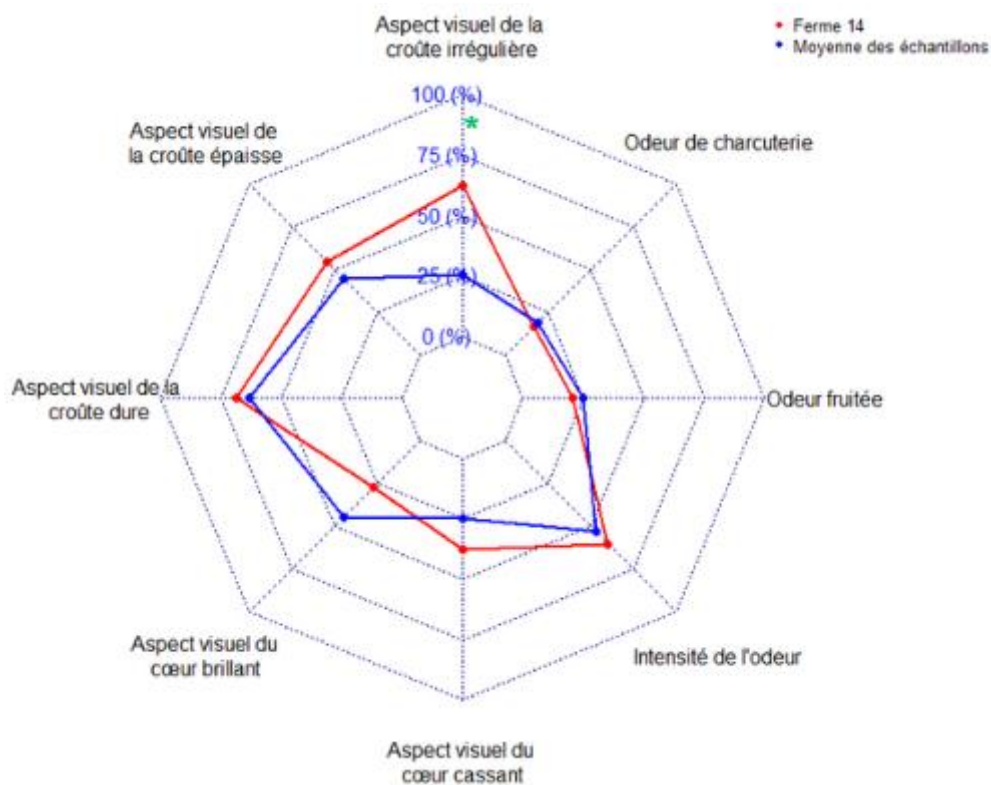
Annexe 27. Profil sensoriel (Ferme 13) – Aspects visuels et olfactifs



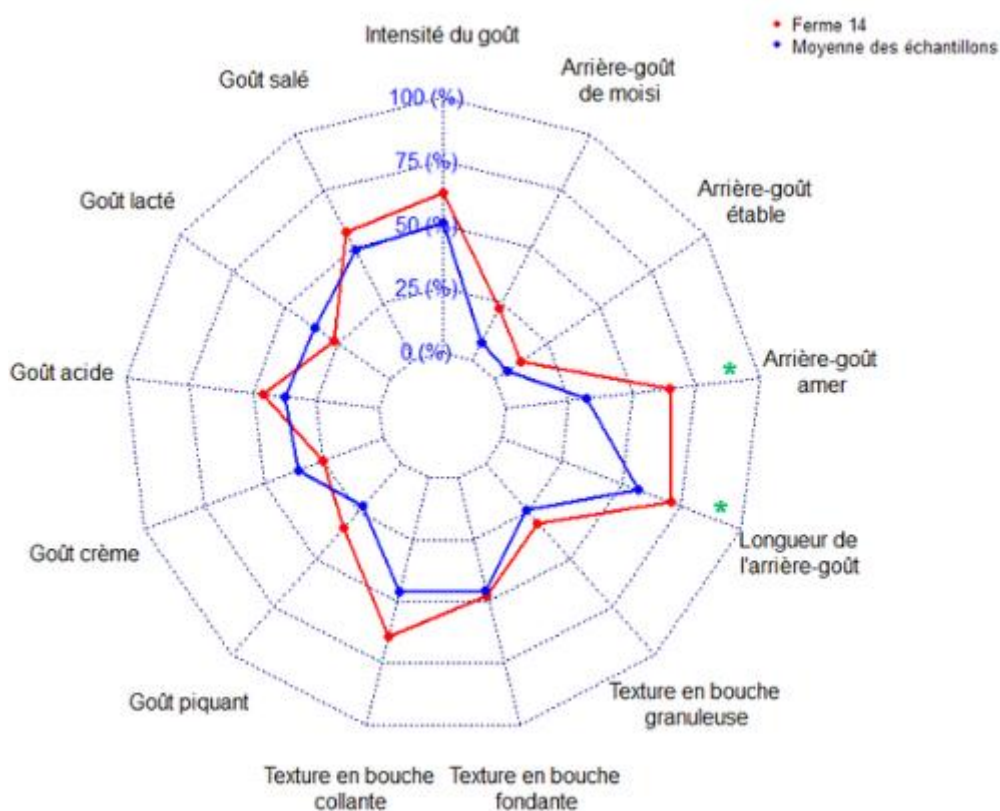
Annexe 28. Profil sensoriel (Ferme 13) – Perceptions en bouche



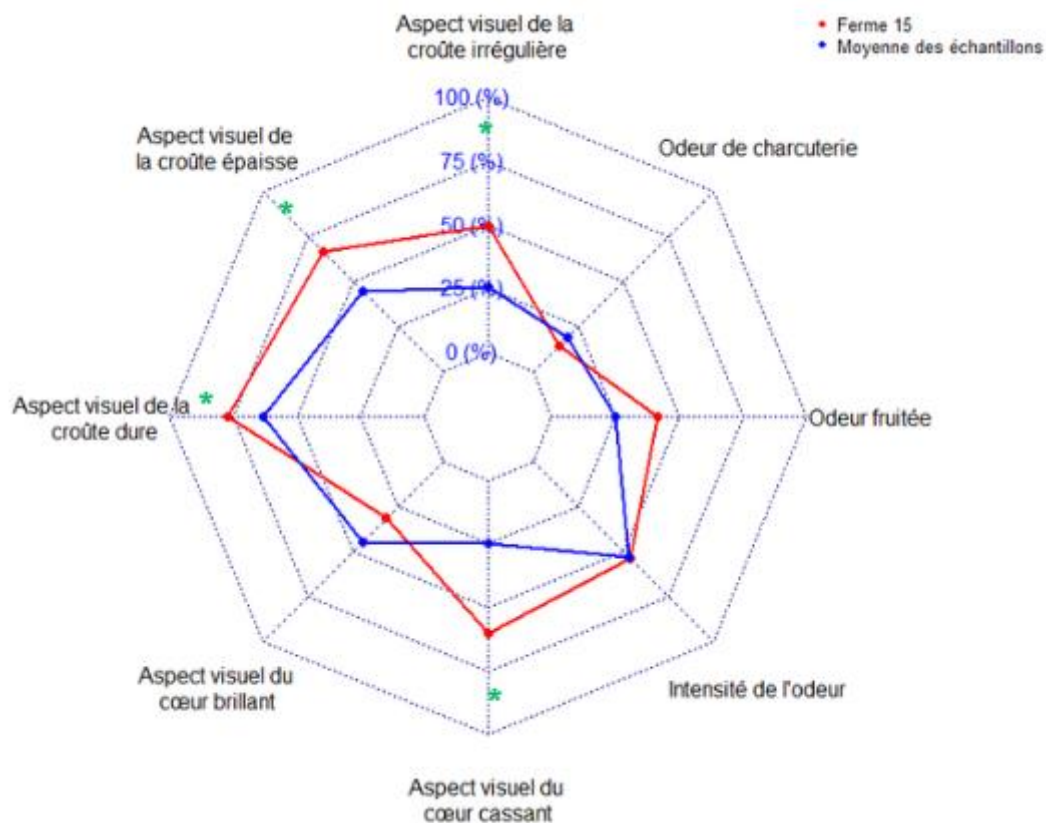
Annexe 29. Profil sensoriel (Ferme 14) – Aspects visuels et olfactifs



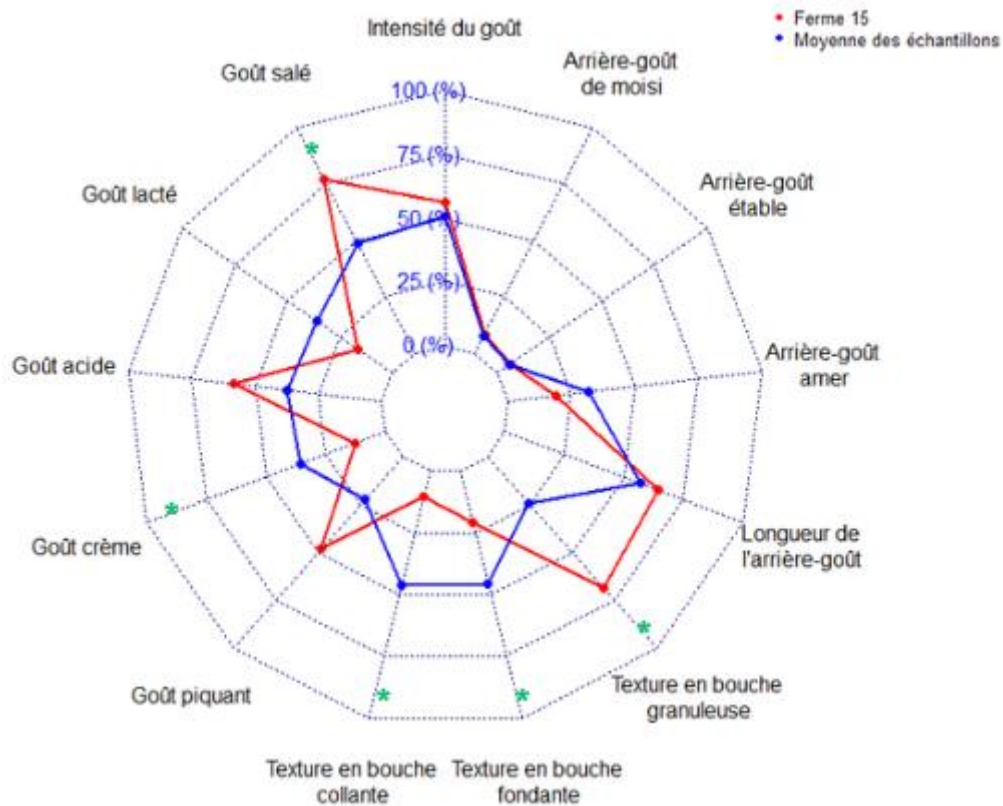
Annexe 30. Profil sensoriel (Ferme 14) – Perceptions en bouche



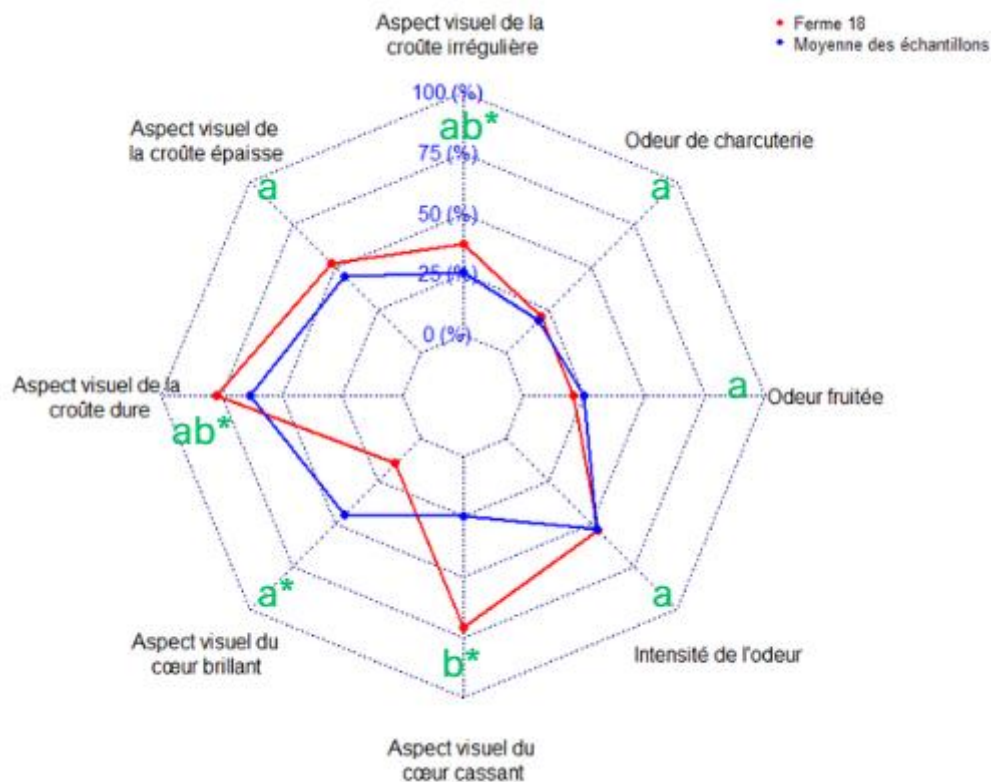
Annexe 31. Profil sensoriel (Ferme 15) – Aspects visuels et olfactifs



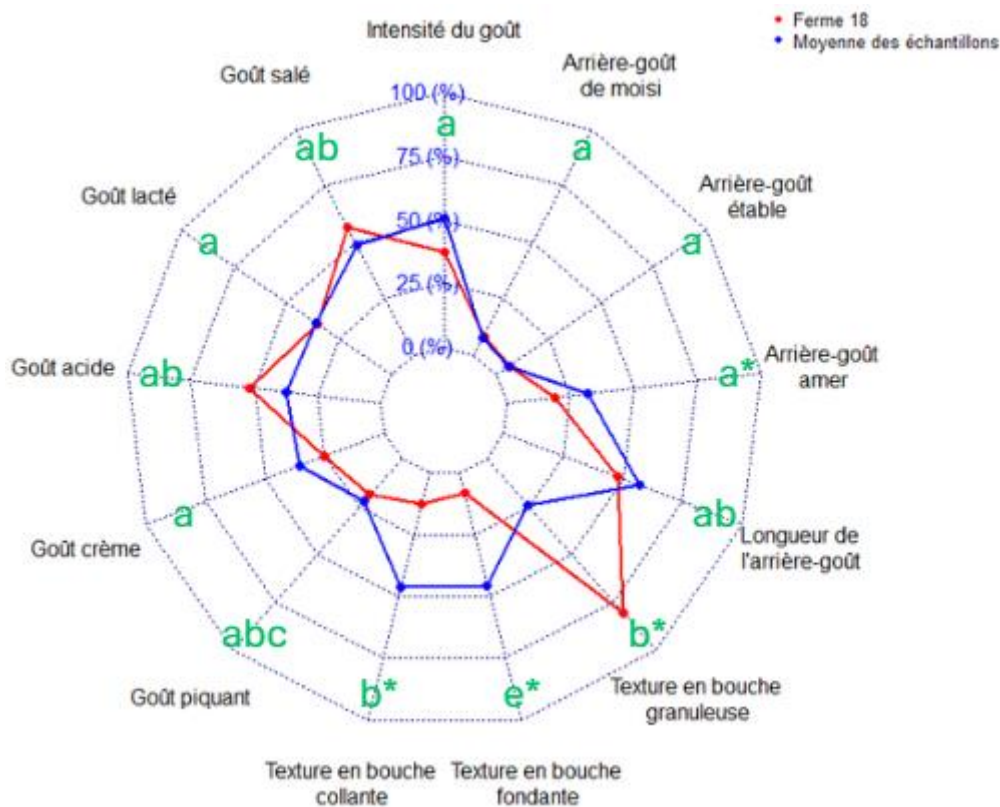
Annexe 32. Profil sensoriel (Ferme 15) – Perceptions en bouche



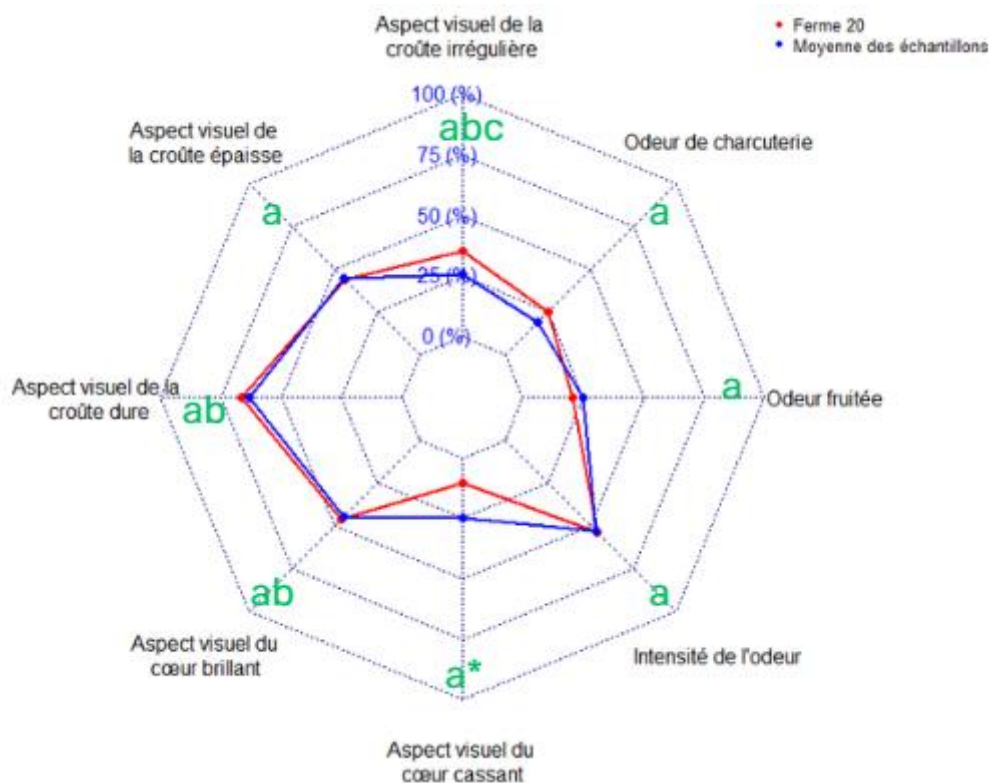
Annexe 33. Profil sensoriel (Ferme 18) – Aspects visuels et olfactifs



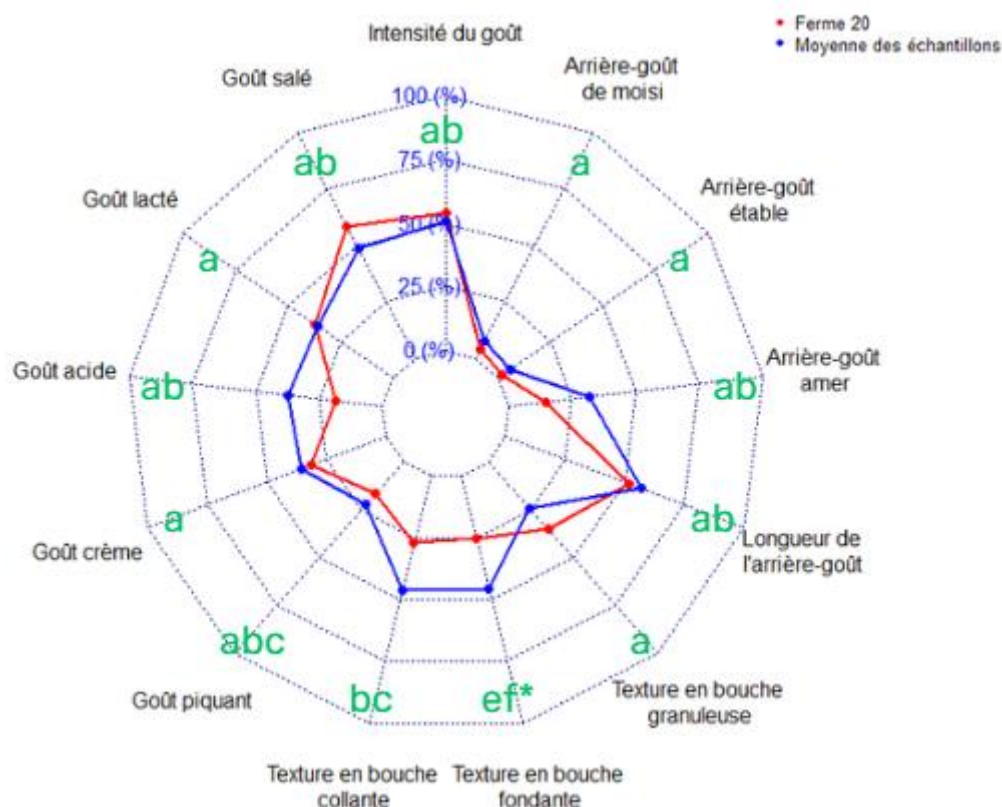
Annexe 34. Profil sensoriel (Ferme 18) – Perceptions en bouche



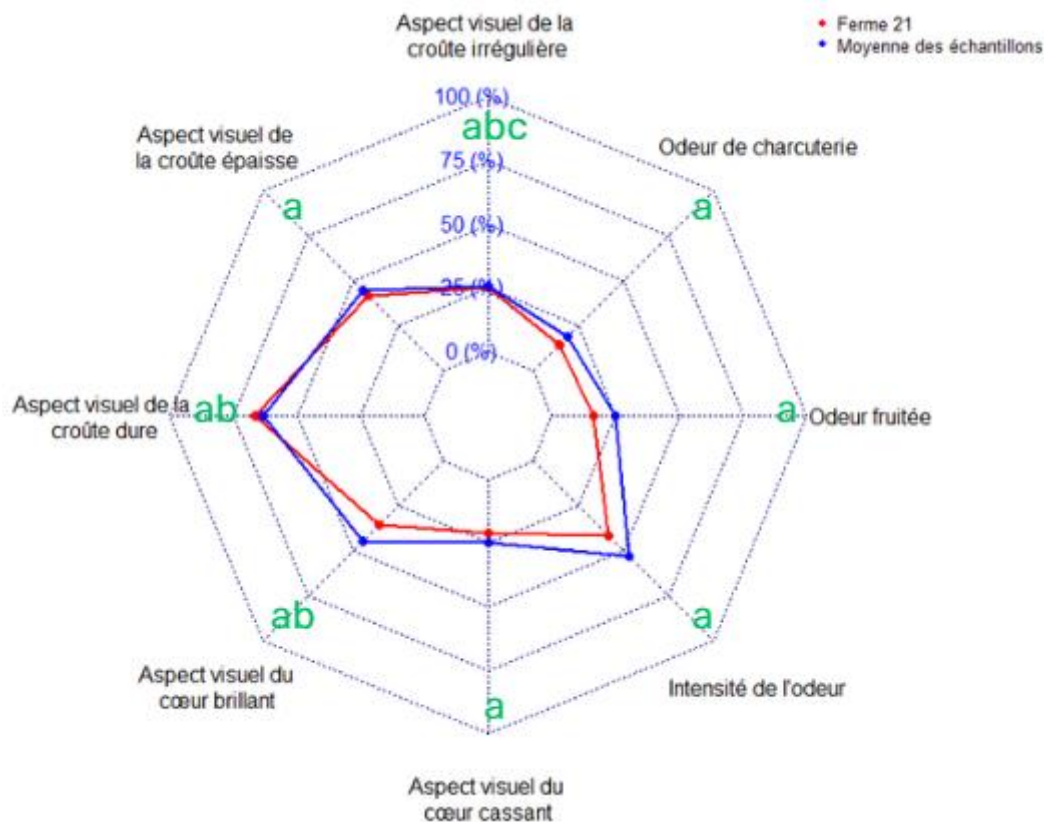
Annexe 35. Profil sensoriel (Ferme 20) – Aspects visuels et olfactifs



Annexe 36. Profil sensoriel (Ferme 20) – Perceptions en bouche



Annexe 37. Profil sensoriel (Ferme 21) – Aspects visuels et olfactifs



Annexe 38. Profil sensoriel (Ferme 21) – Perceptions en bouche

