

GALALITHE

Transformer une ressource laitière écartée en matériau protéique

Fiche du projet

Nature	Synthèse scientifique publique
Périmètre	Extraction de la caséine, preuve ATR-FTIR et développement d'un matériau biosourcé
Version	2 août 2026
Responsabilité	Association CHEMIX, Sorbonne Université

Document autonome de présentation scientifique. Les résultats correspondent au système, aux hypothèses et aux méthodes explicités dans le texte.

Table des matières

1	Résumé scientifique	1
2	Le système : du lait à la caséine	1
2.1	Une matière première complexe	1
2.2	Pourquoi l'ATR-FTIR ?	1
3	Méthodologie mise en œuvre	2
3.1	Extraction et préparation des solides	2
3.2	Acquisition et lecture spectrale	2
4	Résultats expérimentaux	2
4.1	Une signature protéique confirmée	2
4.2	Une différence de composition utile	3
5	Du solide protéique au matériau	3
6	Limites et perspectives	4
7	Conclusion	4

1 Résumé scientifique

Galalithe étudie la valorisation de lait écarté de la consommation en une matière riche en caséines, susceptible d'être mise en forme. Le projet repose sur une chaîne simple à énoncer mais exigeante à démontrer : séparer la fraction protéique, vérifier sa nature chimique, puis relier la formulation aux propriétés du matériau obtenu.

Résultat principal

Une extraction acide a effectivement fourni un solide, et les spectres ATR-FTIR acquis dans le projet présentent les bandes amide caractéristiques d'une matrice protéique riche en caséines. La comparaison met aussi en évidence un signal lipidique relatif plus marqué pour deux échantillons issus de lait périmé que pour la référence CHEMIX. Ces résultats valident la **preuve de concept d'extraction et d'identification** ; ils ne suffisent pas encore à démontrer la pureté de la caséine ni les performances d'un plastique.

Le projet a reçu le prix du Concours d'innovation du FabLab Sorbonne Université 2025–2026. Cette reconnaissance souligne sa pertinence pédagogique et environnementale ; la qualification du matériau, elle, dépend des mesures exposées dans ce document.

2 Le système : du lait à la caséine

2.1 Une matière première complexe

Le lait est une dispersion multiphasique contenant eau, protéines, lipides, lactose et sels minéraux. Les caséines représentent une famille de phosphoprotéines — principalement α_{s1} -, α_{s2} -, β - et κ -caséines — organisées en particules colloïdales associées au phosphate de calcium. Ces micelles sont hétérogènes et dynamiques ; le modèle d'une surface enrichie en κ -caséine aide à comprendre leur stabilité, sans réduire leur structure à un assemblage unique et figé.

Au voisinage du point isoélectrique des caséines, vers $\text{pH} \approx 4,6$, leur charge nette et les répulsions électrostatiques diminuent. L'agrégation devient favorable et une phase solide peut être séparée. Ce solide peut cependant retenir eau, lipides, lactose et minéraux : « précipité » ne signifie donc pas « caséine pure ».

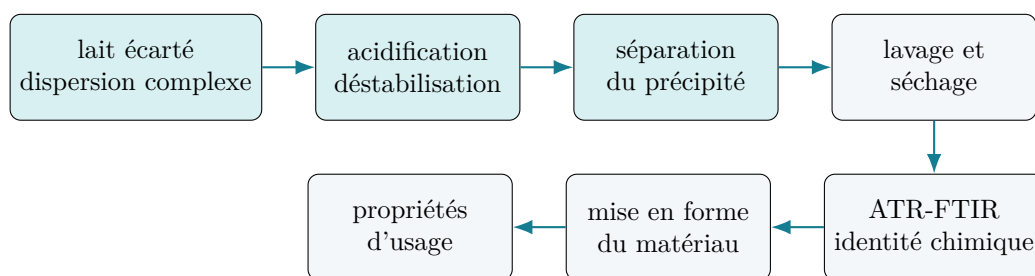


Figure 1 – Chaîne scientifique de Galalithe : valoriser une matière laitière suppose de distinguer extraction, identification et performance.

2.2 Pourquoi l'ATR-FTIR ?

La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier en réflexion totale atténuée (ATR-FTIR) mesure l'absorption associée aux vibrations moléculaires. Pour une protéine, les régions amide A, amide I et amide II fournissent une empreinte robuste du squelette peptidique [1]. Les bandes de chaînes aliphatiques, de phosphates et de glucides apportent en parallèle des indices sur les constituants résiduels.

L'ATR-FTIR identifie des familles de liaisons ; il ne fournit pas, à lui seul, une pureté massique. Les intensités dépendent notamment du contact avec le cristal, de l'humidité, de la ligne de base et de la normalisation.

3 Méthodologie mise en œuvre

3.1 Extraction et préparation des solides

Le corpus décrit une acidification contrôlée du lait, suivie d’une séparation du coagulum, d’un lavage et d’un séchage. Cette séquence exploite la précipitation isoélectrique. Les produits secs sont ensuite comparés par spectroscopie à une référence préparée par CHEMIX. La synthèse publique retient le principe expérimental et les observations ; les paramètres opératoires restent dans les cahiers de laboratoire.

3.2 Acquisition et lecture spectrale

Les spectres ont été traités pour faciliter la comparaison des positions et intensités relatives. L’interprétation repose sur quatre zones :

Table 1 – Bandes utiles à la lecture des spectres du projet. Les attributions sont des plages indicatives.

Région observée	Attribution principale	Information apportée
$\sim 3290\text{ cm}^{-1}$	amide A, étirement N–H et contribution O–H	présence d’une matrice hydrogénée/protéique
$\sim 2920\text{ cm}^{-1}$ et 2855 cm^{-1}	étirements C–H aliphatiques	contribution relative des chaînes lipidiques
$\sim 1620\text{--}1645\text{ cm}^{-1}$	amide I, principalement $\nu(\text{C}=\text{O})$ peptidique	signature majeure de la protéine
$\sim 1535\text{--}1540\text{ cm}^{-1}$	amide II	confirmation complémentaire du squelette peptidique
$\sim 1060\text{--}1080\text{ cm}^{-1}$	contributions phosphate/glucides	environnement minéral et constituants résiduels

4 Résultats expérimentaux

4.1 Une signature protéique confirmée

Les trois courbes présentent une large bande autour de 3290 cm^{-1} , une bande amide I entre environ 1623 cm^{-1} et 1641 cm^{-1} , ainsi qu’une bande amide II proche de 1536 cm^{-1} . Leur co-présence est compatible avec une fraction riche en protéines de type caséine. Le déplacement modéré des maxima entre échantillons peut refléter des différences d’hydratation, de conformation, de composition ou de traitement ; il ne doit pas être interprété isolément.

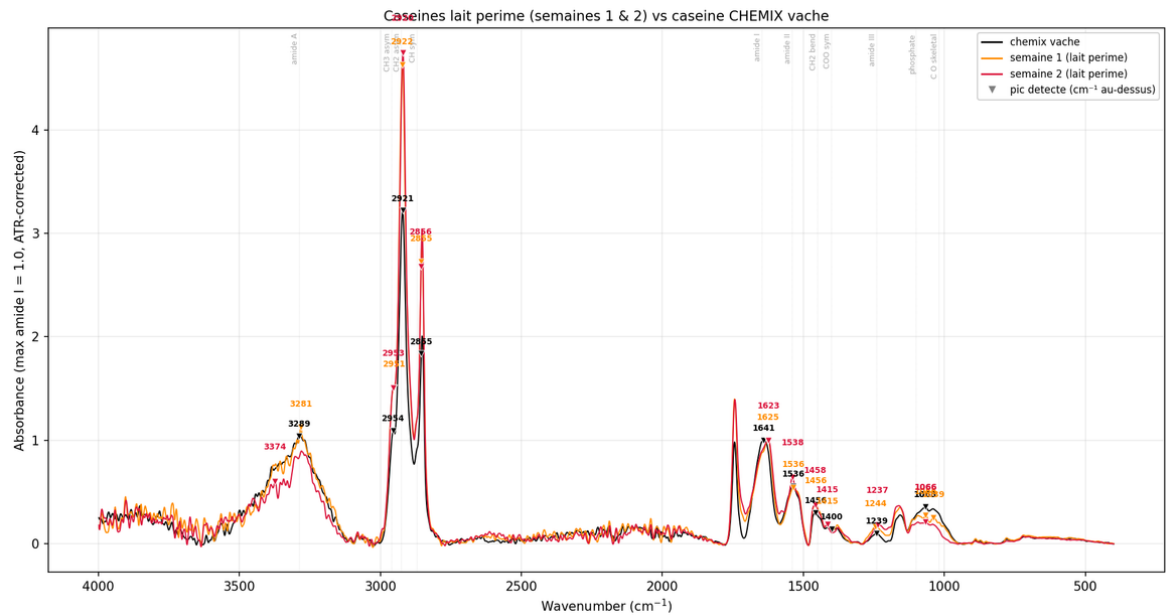


Figure 2 – Spectres ATR-FTIR normalisés de la référence CHEMIX (noir) et de deux fractions extraites de lait périmé (orange et rouge). Les bandes amide attestent la nature protéique ; les signaux C–H plus intenses dans les échantillons périmés indiquent une contribution lipidique relative supérieure.

4.2 Une différence de composition utile

Les échantillons « semaine 1 » et « semaine 2 » montrent des bandes aliphatiques vers 2922 cm⁻¹ et 2855 cm⁻¹ plus intenses que la référence CHEMIX après normalisation sur l’amide I. L’observation est cohérente avec davantage de lipides co-extraits ou résiduels. Elle identifie donc un axe concret d’amélioration — la séparation et le lavage — sans permettre de choisir entre variation du lait initial, co-précipitation ou efficacité du procédé.

Table 2 – Lecture scientifique des résultats disponibles.

Observation	Conclusion soutenue	Conclusion non soutenue
Bandes amide A, I et II	solide contenant une matrice protéique riche en caséines	caséine chimiquement pure
Bandes C–H plus marquées pour les deux laits périmés	signal lipidique relatif supérieur à la référence	teneur massique exacte en lipides
Extraction acide reproductible au moins comme geste de preuve de concept	faisabilité de récupérer un solide protéique	rendement industriel ou bilan matière complet
Mise en forme explorée dans le projet	potentiel de transformation de la caséine	résistance, imperméabilité ou biodégradabilité démontrées

5 Du solide protéique au matériau

La caséine peut former des films continus. Leur comportement dépend du taux d’eau, du plastifiant, de la réticulation, du séchage et des interactions protéine–protéine. La littérature montre qu’une amélioration de la résistance peut s’accompagner d’une perte d’allongement ou

d'une modification de la sensibilité à l'eau [2, 3]. Il n'existe donc pas une « galalithe » optimale en soi : la formulation doit répondre à un usage précis.

Pour rester scientifiquement juste, le terme *biosourcé* décrit l'origine de la fraction protéique. Il ne démontre automatiquement ni biodégradation, ni innocuité, ni avantage sur l'ensemble du cycle de vie [4]. Ces propriétés doivent être mesurées dans des conditions définies.

6 Limites et perspectives

La preuve actuelle est forte sur l'identité protéique, mais trois informations restent nécessaires pour qualifier le matériau :

1. **bilan matière et pureté** : matière sèche initiale, masse sèche récupérée, humidité, protéines, lipides et cendres sur plusieurs lots ;
2. **reproductibilité** : répétitions indépendantes, référence commerciale, blanc de procédé et conservation des spectres bruts ;
3. **propriétés d'usage** : traction ou flexion, absorption d'eau, stabilité thermique et vieillissement selon le cahier des charges choisi.

La perspective prioritaire est donc de relier la chimie de l'extraction à la performance : optimiser la réduction des lipides résiduels, comparer des voies de mise en forme sûres, puis rechercher une relation quantitative entre composition, structure et propriétés. Les stratégies contemporaines de fonctionnalisation de caséinates offrent des pistes pour améliorer les films tout en évitant de reprendre sans évaluation les réticulants historiques les plus préoccupants [5, 6].

7 Conclusion

Galalithe a franchi une étape expérimentale décisive : un solide protéique a été isolé et identifié par une signature ATR-FTIR cohérente avec les caséines. La spectroscopie révèle en même temps un enjeu de purification, puisque les fractions issues de lait périmé conservent un signal lipidique relatif plus élevé. Le projet possède ainsi une base scientifique réelle et une question de développement claire : transformer cette preuve d'identité en une relation reproductible entre matière première, procédé, composition et propriétés du matériau.

Références

- [1] Andreas BARTH. « Infrared Spectroscopy of Proteins ». In : *Biochimica et Biophysica Acta – Bioenergetics* 1767 (2007), p. 1073-1101. DOI : [10.1016/j.bbabbio.2007.06.004](https://doi.org/10.1016/j.bbabbio.2007.06.004).
- [2] « Influence of Plasticizers and Crosslinking on the Properties of Biodegradable Films Made from Sodium Caseinate ». In : *European Polymer Journal* 41 (2005), p. 1934-1942. DOI : [10.1016/j.eurpolymj.2005.02.023](https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2005.02.023).
- [3] « Effect of Cross-Linking on Microstructure and Physical Performance of Casein Protein ». In : *Biomacromolecules* (2009). DOI : [10.1021/bm801341x](https://doi.org/10.1021/bm801341x).
- [4] OCDE. *Global Plastics Outlook : Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options*. OECD Publishing, 2022. DOI : [10.1787/de747aef-en](https://doi.org/10.1787/de747aef-en).
- [5] Paolo D'INCECCO et al. « Functionalization of Sodium Caseinate for Production of Neat Films with Improved Functional Properties ». In : *Foods* 14 (2025), p. 2764. DOI : [10.3390/foods14162764](https://doi.org/10.3390/foods14162764).
- [6] AGENCE EUROPÉENNE DES PRODUITS CHIMIQUES. *Preventing cancer : formaldehyde and carcinogenic substances*. URL : <https://echa.europa.eu/hot-topics/preventing-cancer> (visité le 02/08/2026).