



**HAL**  
open science

## **La structure des protéines dans les préparations pour nourrisson impacte leur digestion in vitro.**

Lucile Chauvet, Alexy Brunel, Olivia Ménard, Yann Le Gouar, Julien Jardin,  
Thomas Croguennec, Isabelle Luron Le Huërou-Luron, Didier Dupont, Marion  
Lemaire, Amélie Deglaire

### ► **To cite this version:**

Lucile Chauvet, Alexy Brunel, Olivia Ménard, Yann Le Gouar, Julien Jardin, et al.. La structure des protéines dans les préparations pour nourrisson impacte leur digestion in vitro.. Congrès des Sociétés de Pédiatrie, Jun 2022, Lille, France. 2023. hal-04158758

**HAL Id: hal-04158758**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04158758v1>**

Submitted on 11 Jul 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# LA STRUCTURE DES PROTÉINES DANS LES PRÉPARATIONS POUR NOURRISSON IMPACTE LEUR DIGESTION IN VITRO.

Lucile Chauvet<sup>abc</sup>, Olivia Ménard<sup>a</sup>, Yann Le Gouar<sup>a</sup>, Julien Jardin<sup>a</sup>, Marie Henriet<sup>d</sup>, Thomas Croguennec<sup>a</sup>, Marieke Van Audenhaege<sup>c</sup>, Didier Dupont<sup>a</sup>, Marion Lemaire<sup>c</sup>, Amélie Deglaire<sup>a</sup>

<sup>a</sup> UMR STLO, INRAE, Institut Agro-Agrocampus Ouest, Rennes

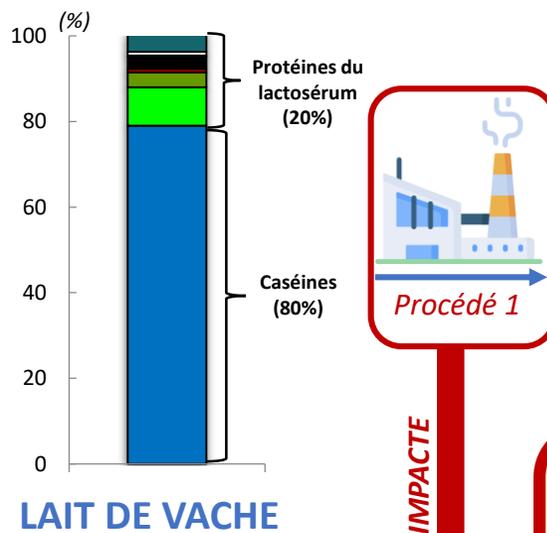
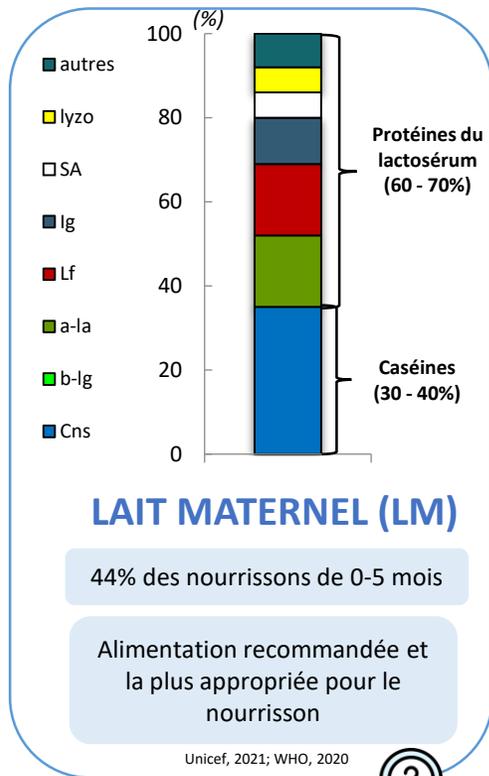
<sup>b</sup> Institut NuMeCan, INRAE, INSERM, Univ Rennes, Saint Gilles, France

<sup>c</sup> SODIAAL International, Centre Recherche & Innovation, Rennes

<sup>d</sup> Université de Toulouse, Institut National Polytechnique de Toulouse – Ecole d'ingénieur de Purpan, Département Sciences Agronomique et Agroalimentaire, Toulouse.



## CONTEXTE & OBJECTIFS



IMPACTE

Protéines laitières + Huiles végétales + Lactose + Vitamines + Minéraux

Procédé 2

**Structure des PS**

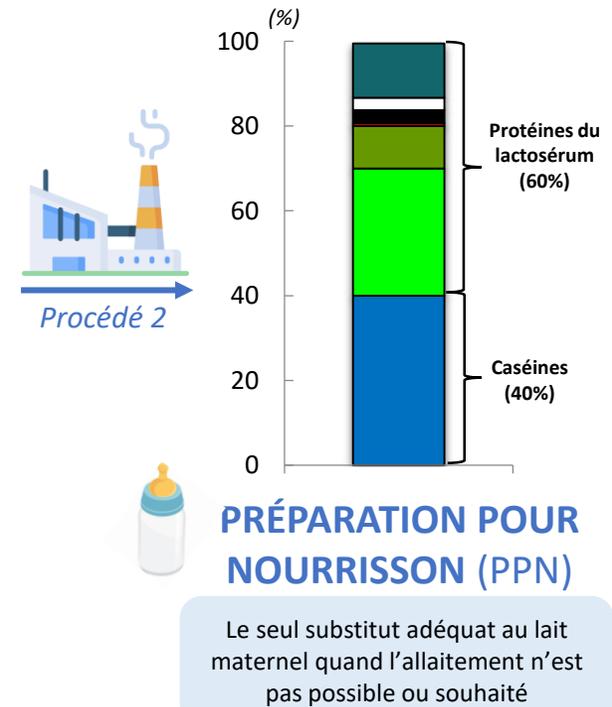
- Agrégation
- Dénaturation
- Glycation

(Hendricks *et al.*, 2014; Halabi *et al.*, 2022)

**Organisation des caséines**

- Micellaire
- Non-micellaire

(Wang *et al.*, 2018; Huppertz *et al.*, 2020)



1<sup>er</sup> - 3 juin 2022 | Lille

**Comment la structure et la composition des fractions protéiques ont un impact sur la structure des PPN et leur digestion ?**

Congrès des Sociétés de Pédiatrie

# MÉTHODES



1,45g protéines / 100 mL

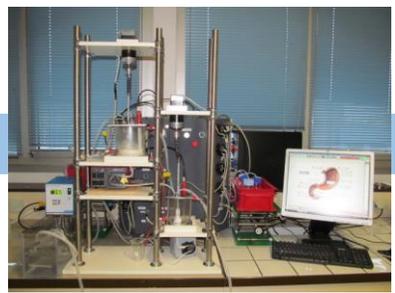
## Production semi-industrielle de 4 PPN

- Ingrédients sériques commerciaux de structures différentes
- Caséines de structures différentes
- Procédé de fabrication représentatif de l'industrie

→ Préparations pour nourrisson commercialisables

## Digestion *in vitro* dynamique

Modèle : nourrisson âgé de 4 semaines  
Ménard et al. (2015) and De Oliveira et al. (2016)



DIDGI®

## DIGESTA

### Structure

- Microscopie confocale (CLSM)
- Granulométrie

### Protéolyse

- Semi-quantification des protéines résiduelles intactes (SDS-PAGE)
- Degré d'hydrolyse (OPA)
- Identification et quantification des peptides (LC-MS/MS)
- Bioaccessibilité des acides aminés (Chromatographie échangeuse d'ions)

### Lipolyse (GC-MS)

## RESULTATS (avant digestion)

	PPN A	PPN B	PPN C	PPN D
<b>Protéines du lactosérum (PL)</b> <small>GMP = Glycomacropeptides</small>	Sérum de fromagerie (GMP), PL dénaturées et glyquées	Sérum de fromagerie (GMP), PL natives et peu glyquées	Sérum idéal, PL peu dénaturées et peu glyquées	
<b>Caséines</b>	Micellaires	Micellaires	Micellaires	Modifiées (majorité de non-micellaires)
<b>Fabrication</b>	Composition nutritionnelle similaire, formulation iso-azotée, même procédé de fabrication (homogénéisation, traitements thermiques, séchage)			
<b>Structure de la PPN</b> (microscopie confocale et électronique)  Lipides Protéines ■ ■	<p>Structures lipoprotéiques étoilées Agréats protéiques</p>	<p>Pas de forme ou taille particulières des structures lipoprotéiques</p>	<p>Pas de forme ou taille particulières des structures lipoprotéiques</p>	<p>Grandes structures lipoprotéiques couvertes par de nombreuses structures caséiques</p>

Les différences de structures des ingrédients se perpétuent après fabrication des PPN → La structure des ingrédients a donc un impact sur la structure des PPN.

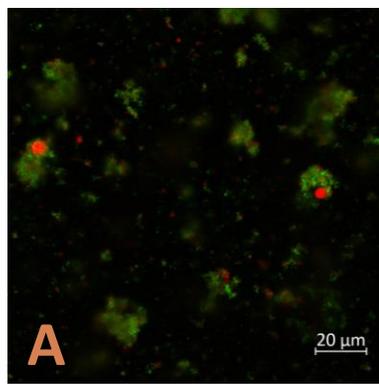
# RESULTATS

(après digestion)

40 minutes de phase gastrique

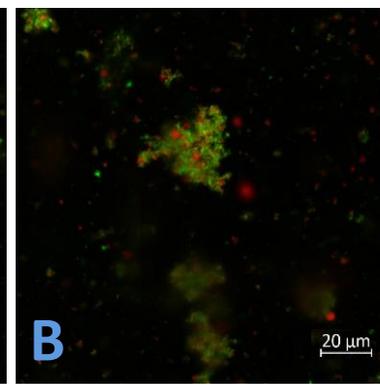
pH = 5,6

 Lipides  
 Protéines



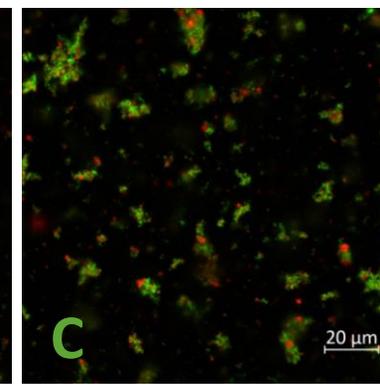
A

20  $\mu$ m



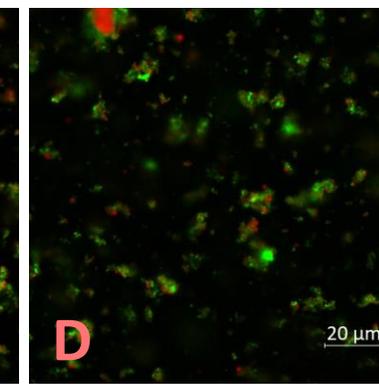
B

20  $\mu$ m



C

20  $\mu$ m



D

20  $\mu$ m

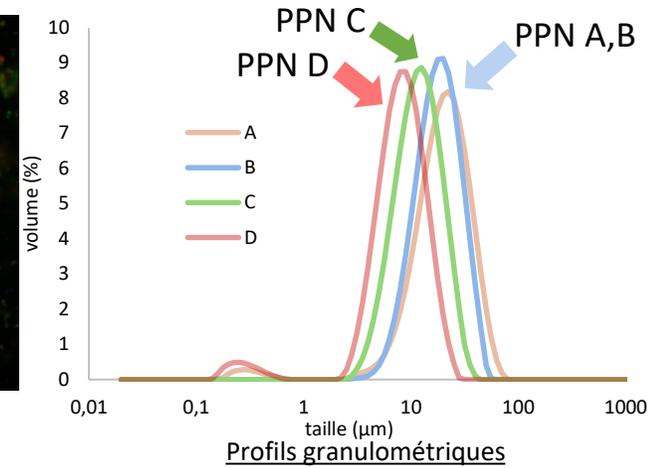
Diamètre modal

= 17,4  $\pm$  3  $\mu$ m

20,2  $\pm$  1  $\mu$ m

13,2  $\pm$  2  $\mu$ m

9,2  $\pm$  1  $\mu$ m



Des **différences de structure** sont visibles à **40 min de digestion gastrique** et sont directement liées à l'hydrolyse. Les PPN A et B présentent de **larges structures** résultant de la **coagulation des micelles de caséines** sous l'action de la pepsine. La PPN C a un **réseau dense de petites structures lipoprotéiques**. La PPN D a les plus **petites structures** qui peuvent être directement liées à une **coagulation moindre** de par la présence de caséines sous forme non micellaires.

La PPN A (aux protéines plus dénaturées et glyquées) tend à être plus hydrolysée en fin de digestion que les PPN C et D (OPA). La bioaccessibilité de ses acides aminés non-essentiels et essentiels tend également à être plus élevée en début de phase intestinale (20 min).

La bioaccessibilité de la méthionine est plus élevée pour les PPN C et D au cours de la phase intestinale en comparaison des formules A et B :

- Différence d'accessibilité des enzymes au résidu selon la protéine mère et sa structure suite aux différents procédés de fabrication
- Lait maternel cru relâche plus de méthionine que le lait maternel pasteurisé  $\rightarrow$  effet traitement thermique (De Oliveira *et al.*, 2016)

La cinétique de relargage des peptides (notamment bioactifs) est également différente selon la PPN :

- **Plus forte abondance de peptides** issus de la LF pour les PPN A et B au temps de demi-vidange gastrique  $\rightarrow$  plus forte hydrolyse ?
- **Plus forte abondance** de peptides issus des caséines pour la formule D  $\rightarrow$  structure des caséines ?
- **Plus forte abondance** de peptides issus de l'ALA, BLG et BSA pour la PPN C et D (très peu de peptides détectés pour les PPN A et B  $\rightarrow$  déjà hydrolysés en peptides < 6 AA ?)  $\rightarrow$  plus forte résistance de l'ALA, BLG et BSA pour la PPN C et D ?



La structure et la composition des fractions protéiques tendent à moduler la protéolyse des PPN.

BSA : Albumine sérique bovine ; LF : Lactoferrine ; ALA :  $\alpha$ -lactalbumine ; BLG :  $\beta$ -lactoglobuline

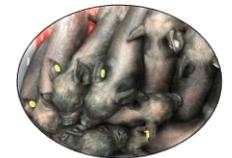
## PERSPECTIVES

2 études *in vivo* sur des mini-porcelots Yucatan :

- **Etude 1 = Impact de la consommation des PPN sur la cinétique plasmatique post-prandiale en acides aminés** (et secondairement en insuline, glucose, lipides, calcium). Est-ce que les différences observées *in vitro* sont observées sur un modèle animal et comment se traduisent-elles ?
- **Etude 2 = Impact de la consommation prolongée** (de 2 à 21 jours de vie) d'une des préparations pour nourrisson sur la maturation intestinale et la composition et l'activité du microbiote.



Mini-porcelet Yucatan



Modèle du nourrisson humain