



**HAL**  
open science

## Peut-on prédire la qualité d'impression de matrices alimentaires à partir de critères rhéologiques simples ?

Charlotte Dumoulin, Valérie Guénard-Lampron, Sophie Berland, Giana Almeida, Cassandre Leverrier

### ► To cite this version:

Charlotte Dumoulin, Valérie Guénard-Lampron, Sophie Berland, Giana Almeida, Cassandre Leverrier. Peut-on prédire la qualité d'impression de matrices alimentaires à partir de critères rhéologiques simples ?. 57ème Congrès du GFR, Oct 2023, Paris, France. hal-04282316

**HAL Id: hal-04282316**

**<https://universite-paris-saclay.hal.science/hal-04282316>**

Submitted on 13 Nov 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.

## INTRODUCTION

L'impression 3D alimentaire est une technologie de plus en plus étudiée, notamment pour le développement de produits de nutrition personnalisée [1]. À ce jour, il est encore difficile de **prédire la qualité d'impression** de matrices nouvellement formulées. On sait cependant que leurs caractéristiques rhéologiques sont très importantes dans l'obtention d'un produit imprimable [2], et que la qualité d'impression des matrices est entre autres évaluée par l'**extrudabilité** de la matrice imprimée et la **fidélité de la forme du produit obtenu par rapport au modèle** dans la littérature [3].

## OBJECTIF

Mettre en évidence :

- un critère **rhéologique et/ou texturométrique simple** permettant de **prédire l'extrudabilité** des produits imprimés
- un critère **rhéologique et/ou texturométrique simple** capable de **prédire la fidélité du produit obtenu par rapport au modèle**

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Ingrédients des matrices

35% de farine + 65% d'eau (Blé, Seigle, Châtaigne)

70% Purée de pommes de terre +20% eau +10% farine (PDT 70%)

80% Purée de pommes de terre +20% eau (PDT 80%)

Purées de brocoli, de pomme de terre (PDT 100%) et de marron

Purée de pomme de terre (PDT ST)

### Traitement mécanique (Kitchen Aid)



12 min à 120 rpm

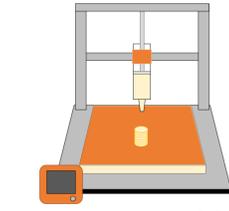
### Traitement thermo-mécanique (Thermomix)



85°C

13 min 30 à 100 rpm

### Impression 3D (prototype DAGOMA)

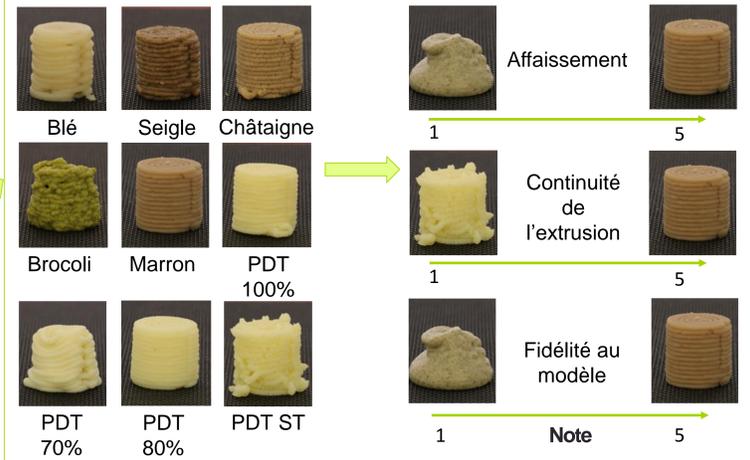


Diamètre de buse : 2,5 mm

Vitesse d'impression : 0,04 mm/s

Taux de remplissage : 90%

### Prise de photos à plusieurs angles de vue Évaluation visuelle par un panel de 12 personnes

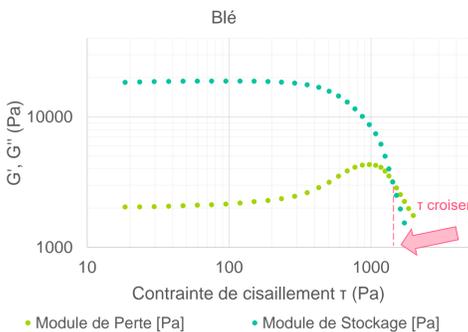


## Rhéologie

- ✓ Géométrie cône-plan
- ✓ Diamètre : 50 mm
- ✓ Angle : 4°
- ✓ Température: 20°C

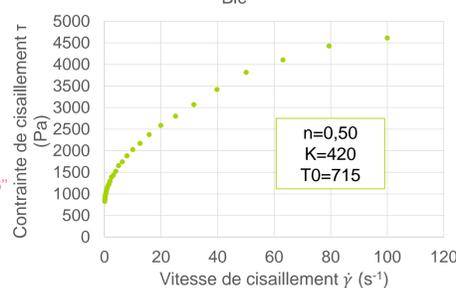
### Balayage en amplitude

- $\gamma = 0,01\% - 100\%$   $f = 1 \text{ Hz}$
- Relevé de  $\tau$  au croisement de  $G'$  et  $G''$



### Rampe de cisaillement

- $\dot{\gamma} = 0,1 \text{ s}^{-1}$  à  $100 \text{ s}^{-1}$
- Les matrices étudiées sont des **fluides rhéofluidifiants à seuil**



## Texturométrie

### Rétro-extrusion :

x3 répétitions  
Géométrie circulaire plane + gobelet en plastique de 40 mL  
Diamètre de la géométrie : 25 mm  
Température : 20°C

Profondeur d'enfoncement du piston : 20 mm  
Vitesse d'enfoncement : 1 mm/s

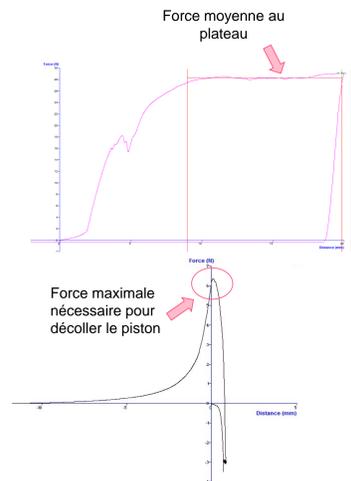
Relevé de la **force moyenne au plateau entre 8 et 20 mm**

### Collant :

x2 ou 3 répétitions  
Moule circulaire de 4 cm de diamètre et 3 mm d'épaisseur  
Température : 20°C

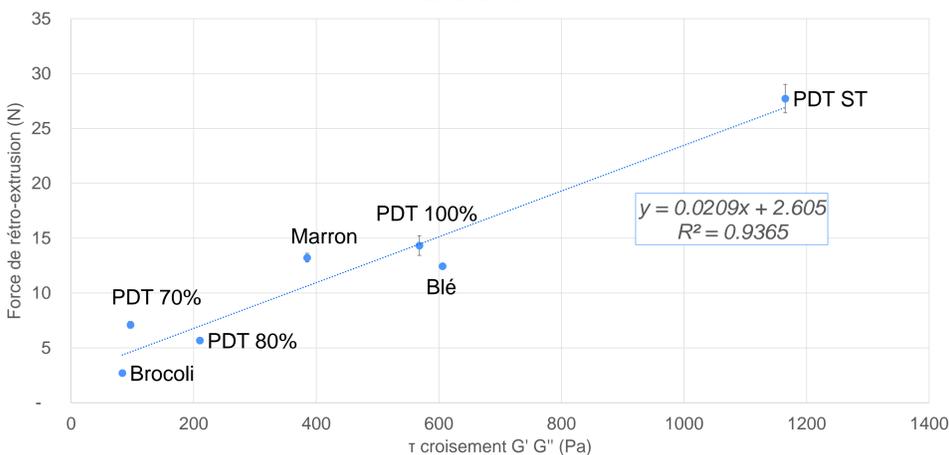
Application d'une force de 3 N pendant 30s  
Retrait du piston à 1 mm/s

Relevé de la **force maximale nécessaire pour décoller le piston**



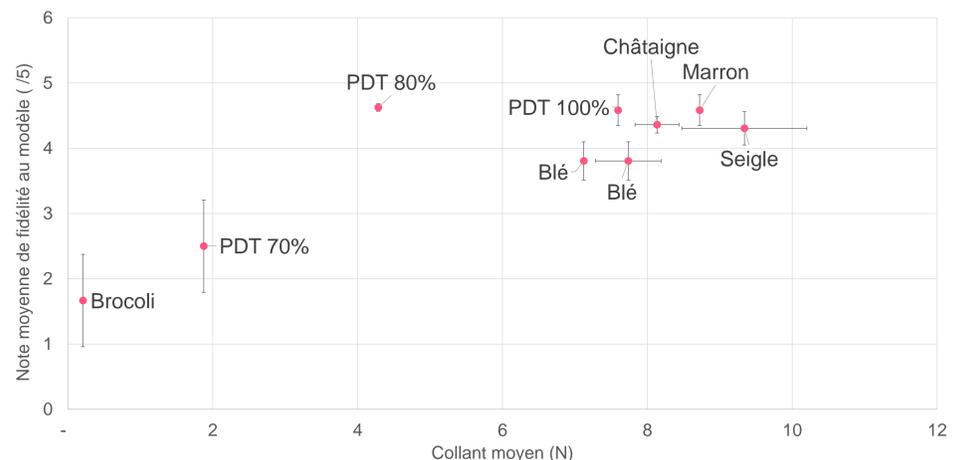
## RÉSULTATS

### Relation entre la force de rétro-extrusion et la contrainte au croisement de $G'$ et $G''$



Il semble y avoir une **relation linéaire** entre la **force de rétro-extrusion** et la **contrainte seuil correspondant au croisement des modules élastiques et visqueux**. Une relation similaire avait pu être mise en évidence entre la pression d'extrusion et la contrainte au croisement de  $G'$  et  $G''$ , dans le cas de matrices à base de purées de tomates [4].

### Relation entre le collant et la note de fidélité au modèle



Le **collant** semble avoir un impact sur la **qualité d'impression**. En effet plus la valeur de collant est importante, plus la note de fidélité au modèle augmente, celle-ci étant directement liée à la qualité de l'impression 3D. Néanmoins, **le lien entre le collant et la note de fidélité** est nettement **moins évident** que celui mis en évidence entre la force de rétro-extrusion et la contrainte au croisement de  $G'$  et  $G''$ . On peut s'interroger sur la **pertinence de ce critère** pour caractériser la qualité d'impression.

## CONCLUSION

Ces données préliminaires mettent en évidence une relation de **linéarité entre la force de rétro-extrusion mesurée et la contrainte correspondant au seuil d'écoulement des matrices** et suggèrent l'existence d'un **lien entre le caractère collant des matrices et la qualité d'impression 3D**. Ces éléments constituent des **pistes de réponse** à nos interrogations, et soulignent la **difficulté à trouver des critères rhéologiques et/ou texturométriques pertinents** pour prédire la qualité d'impression.

## REMERCIEMENTS

Thomas CHARREAU, Maïssa GHAMGUI et Nicolas SUAREZ SERRATO

## RÉFÉRENCES

- [1] Eswaran H., Ponnuswamy R. D., Kannapan R. P., 2023. Perspective Approaches of 3D Printed Stuffs for Personalized Nutrition: A Comprehensive Review. *Annals of 3D Printed Medicine*, 12 : 100125.
- [2] Liu Z., Zhang M., Bhandari B., Yang C., 2018. Impact of rheological properties of mashed potatoes on 3D printing. *Journal of Food Engineering*, 220 : 76-82.
- [3] Čukelj Mustač N., Pastor K., Kojić J., Voučko B., Čurić D., Rocha J. M., Novotni D., 2023. Quality Assessment of 3D-Printed Cereal-Based Products. *LWT*, 184 : 115065.
- [4] Zhu S., Stieger M. A., Van Der Goot A. J., Schutyser M. A. I., 2019. Extrusion-Based 3D Printing of Food Pastes: Correlating Rheological Properties with Printing Behaviour. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 58 : 102214.