



HAL
open science

Broyage de graines de pois jaunes Analyse multimodale de la distribution granulométrique des poudres générées

Valérie Lullien-Pellerin, Laurene Koegel, Adrien Reau, Reine Barbar, Bernard Cuq

► **To cite this version:**

Valérie Lullien-Pellerin, Laurene Koegel, Adrien Reau, Reine Barbar, Bernard Cuq. Broyage de graines de pois jaunes Analyse multimodale de la distribution granulométrique des poudres générées. 4. Rencontres francophones sur les légumineuses - RFL#4, Jan 2024, Saly, Sénégal. <hal-04466778>

HAL Id: hal-04466778

<https://hal.inrae.fr/hal-04466778v1>

Submitted on 19 Feb 2024

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.



HAL Authorization

Broyage de graines de pois jaunes

Analyse multimodale de la distribution granulométrique des poudres générées

Valérie LULLIEN-PELLERIN¹, Laurène KOËGEL³, Adrien RÉAU¹, Reine BARBAR² et Bernard CUQ²



CONTEXTE

Dans le contexte des transitions alimentaires et agroécologiques, le développement des aliments à base de farines de légumineuses nécessite de maîtriser les opérations de broyage des graines. Alors que la mouture des grains de blé a été largement étudiée et est maîtrisée, le **broyage des graines de légumineuses** et les mécanismes sous-jacents restent encore mal connus (Thakur et al., 2019). L'objectif des travaux présentés est de décrire les caractéristiques granulométriques et la microstructure des poudres issues du broyage des graines de légumineuses. Ces travaux contribuent à l'étude des **mécanismes de fragmentation** de graines de pois jaunes au cours du broyage.

DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE

Les expérimentations ont été réalisées sur des **graines de pois jaune décortiquées** de la variété Kameleon. Les graines ont été broyées avec un broyeur à billes (MM400, Retsch®) et un micro-broyeur à cylindres (Pujol et al., 2000). Les expérimentations de broyage ont été réalisées sous différentes conditions : en fonction de la durée du broyage et avec une grande diversité de réglages pour les 2 broyeurs.

Les poudres générées par le broyage de pois ont été caractérisées par la **distribution granulométrique** à l'aide d'un granulomètre laser (LS 13-320XR, Beckmann Coulter®).

La **microstructure de surface** des particules a été caractérisée par microscopie électronique à balayage (Phenom ProX, Phenom - World BV, Eindhoven, Pays-Bas).

Broyeur à bille(s) MM400 (Retsch®)
Solicitation par impact majoritaire

Paramètres variables :

- ❖ Durée de broyage
- ❖ Diamètre de la bille
- ❖ Fréquence de broyage
- ❖ Masse de produit dans le bol

Broyeur à cylindres (Pujol et al., 2000)
Solicitation par compression/cisaillement

Paramètres variables :

- ❖ Cylindres (lisses ou cannelés)
- ❖ Écartement des cylindres
- ❖ Vitesse rotation cylindre rapide
- ❖ Différentiel de vitesse

RÉSULTATS

Structure cellulaire des cotylédons de pois jaunes

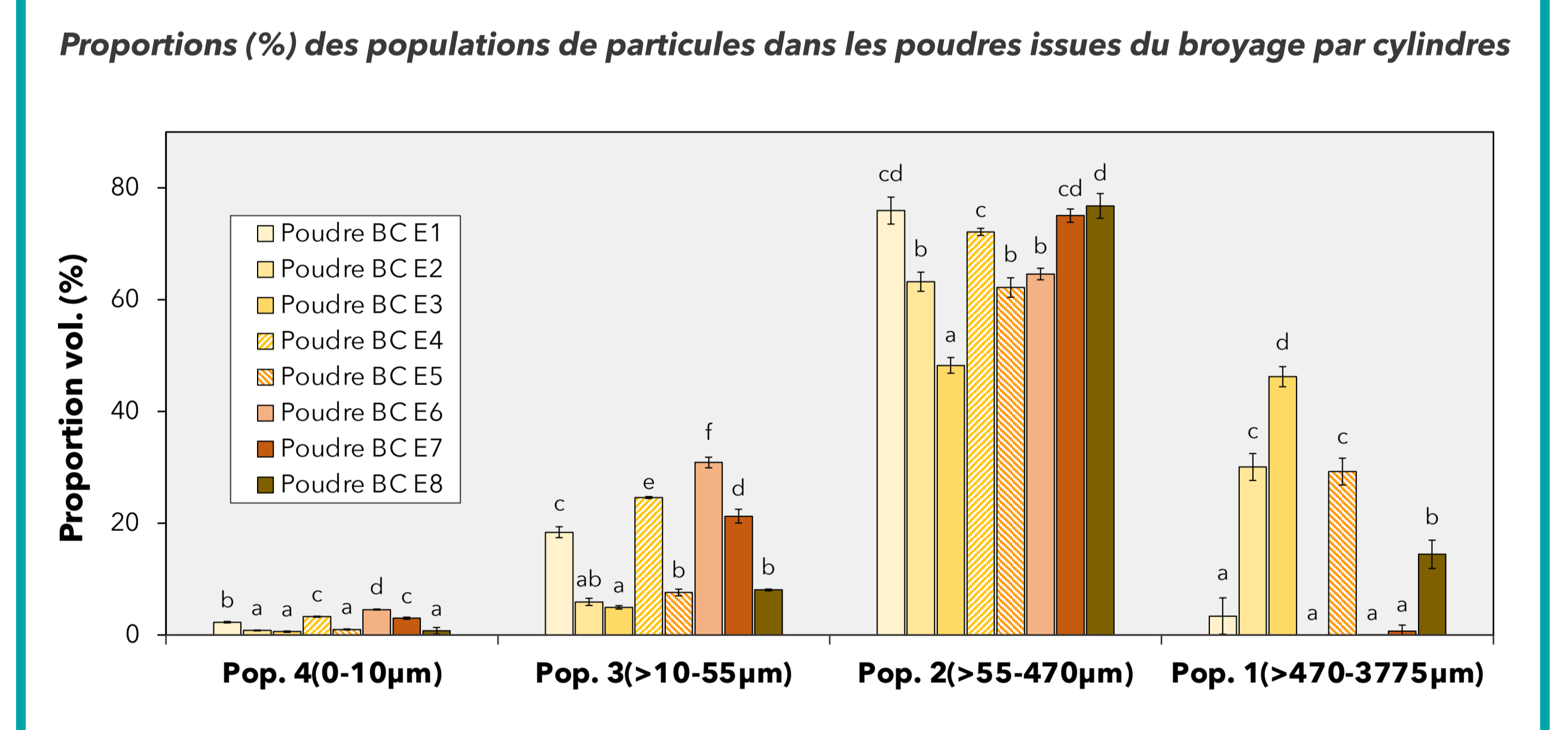
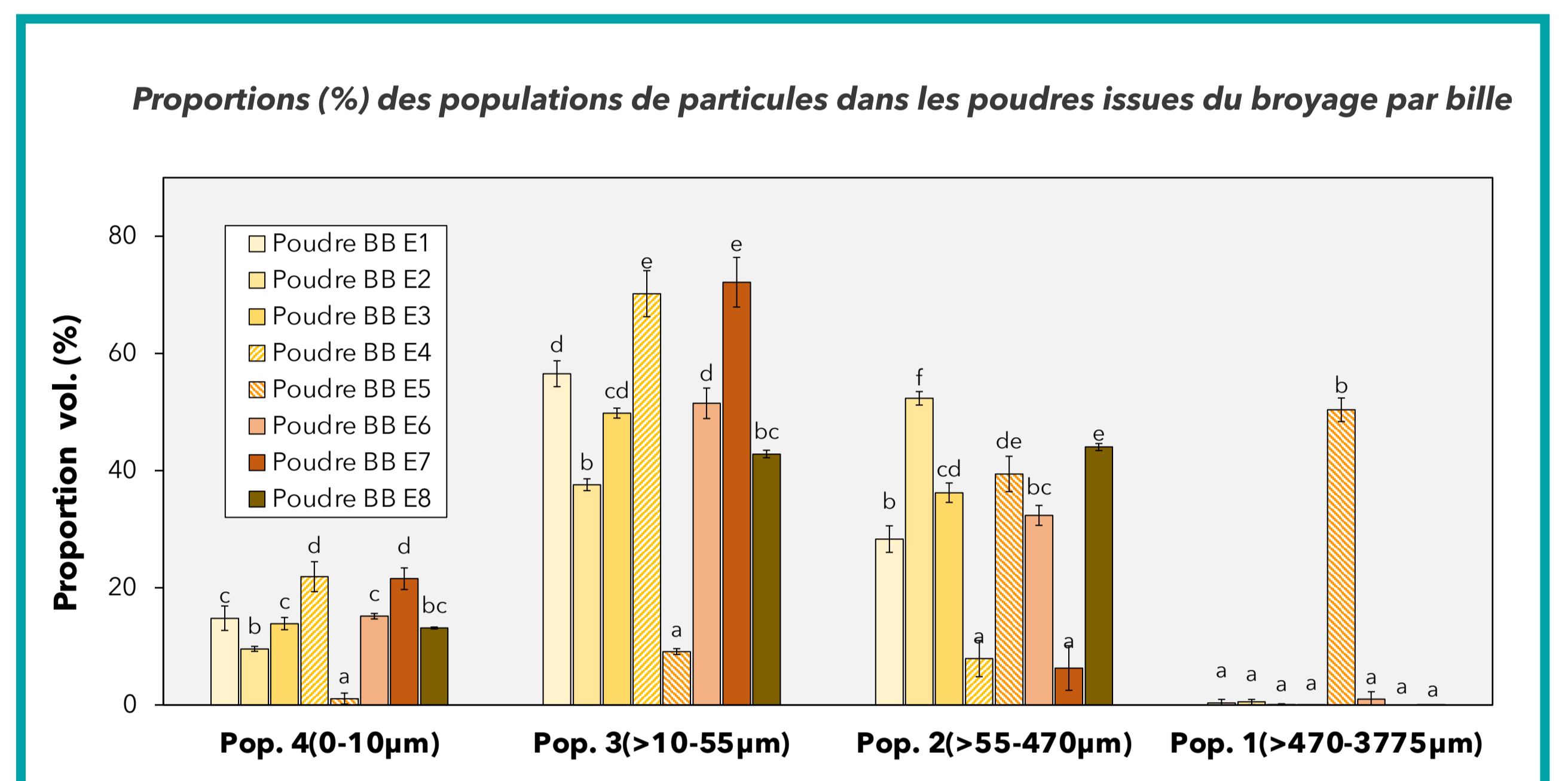
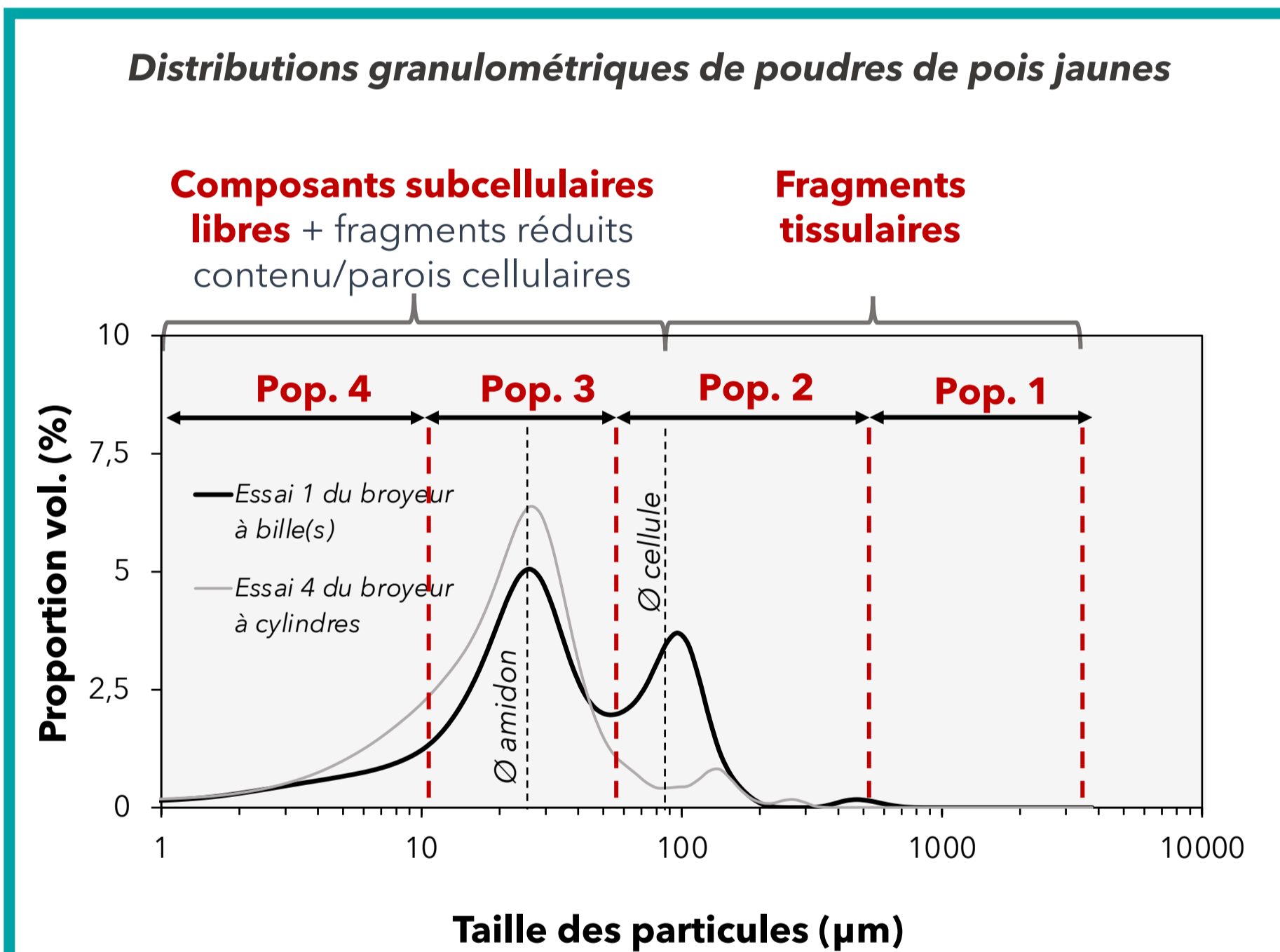
Structure cellulaire, Cotylédons de pois, Structure cotylédon, Paroi cellulaire, Corpuscule protéique, Granule d'amidon (Ø = 24 ± 7 µm, n=70), Cellule de cotylédon de pois (Ø = 84 ± 13 µm, n=20), Poudre

Le broyage des cotylédons de pois jaunes, quels que soient le type et les modalités de broyage, permet de générer des poudres caractérisées par une **distribution granulométrique multimodale**.

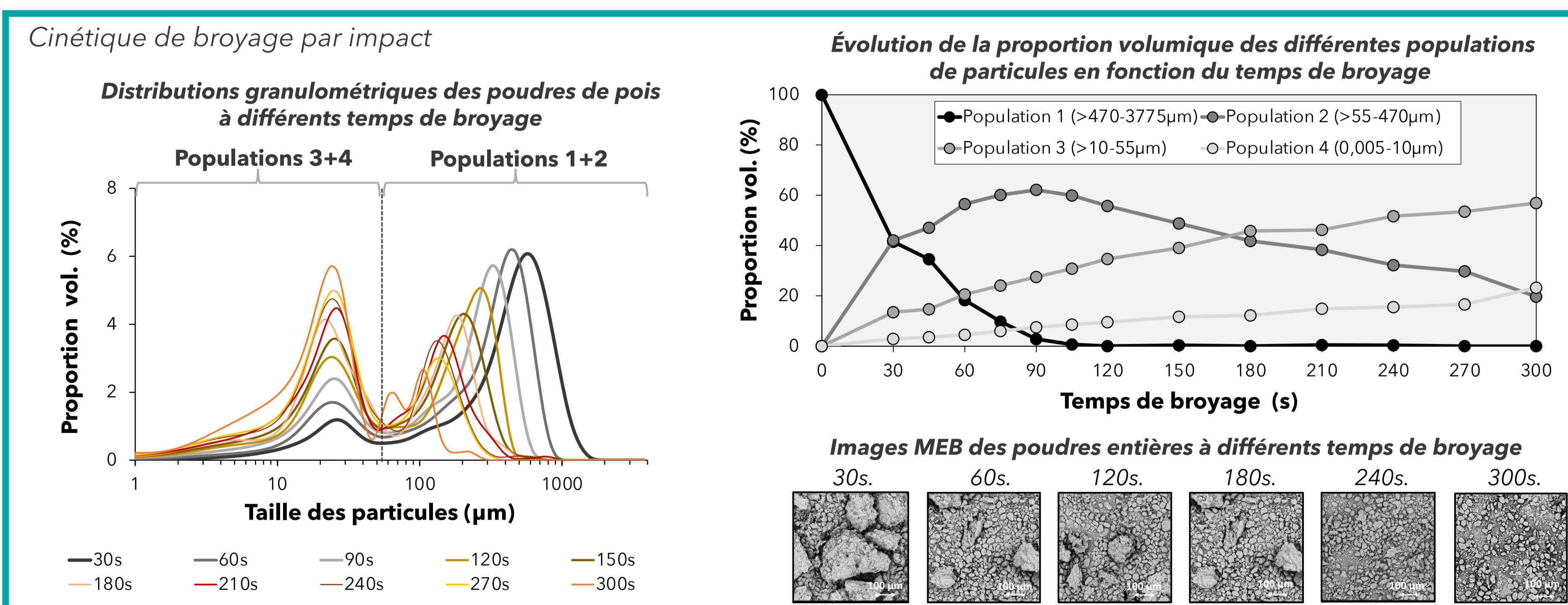
La décomposition des courbes par déconvolution de plusieurs lois log-normales a permis d'identifier 4 populations. Deux **populations associées à la libération des composants cellulaires** (population 3 et 4) et systématiquement présentes au sein des poudres générées. **Deux populations, associées à la fragmentation du tissu cellulaire** (populations 1 et 2).

Une modification des conditions de broyage se traduit par des **modifications significatives** de la **proportion** des **4 populations de particules**.

Le broyage par bille induit majoritairement des sollicitations par impact. Le broyage par bille des cotylédons de pois génère principalement de particules des populations 2 et 3. Le broyage par cylindres induit majoritairement des sollicitations par compression/cisaillement. Le broyage par cylindres des cotylédons de pois génère une majorité de particules de la population 2. Les résultats montrent un **lien** entre le **type de sollicitations** exercées lors du broyage et la **proportion** des différentes **populations** au sein des poudres.



L'analyse de la microstructure des 4 populations permet de les associer à différents types de structures et constituants, et de proposer des mécanismes de fragmentation. Les grosses particules (470 µm < Population 1 < 3770 µm) sont formées par de **gros fragments de matrice cellulaire**, comprenant majoritairement de **larges fragments tissulaires**. Les particules de tailles intermédiaires (55 < Population 2 < 470 µm) sont associées à des fragments plus petits de matrice cellulaire type farine ou semoule, constituées de **cellules intactes et fracturées**. Les particules de petite taille (10 < Population 3 < 55 µm) sont associées majoritairement à des **granules d'amidon libres**. Les particules fines (population 4 < 10 µm) sont associées à des **agrégats protéiques**, des petits morceaux de parois ou de **contenu cellulaire**. Les populations 1 et 2 sont générées par la fragmentation grossière des cotylédons tandis que les populations 3 et 4 reflètent majoritairement la libération des composants cellulaires.



Le broyage des graines de pois se traduit par **plusieurs mécanismes** simultanés ou successifs. Pour des durées courtes de broyage, la rupture du cotylédon permet la **génération de particules grossières** (population 1), qui est associée à la libération d'une faible proportion de **fines particules** (populations 3 et 4), décrites comme des granules d'amidon, fragments de contenu cellulaires ou agrégats protéiques.

La génération des fines particules est due aux **caractéristiques mécaniques** du cotylédon, notamment à une faible adhésion des granules au contenu intracellulaire. Une augmentation de la durée de broyage se traduit par la rupture des particules grossières (population 1) et la génération de particules de taille intermédiaire (population 2) par réduction de taille. La libération des granules d'amidon et des particules fines se poursuit pendant cette phase. Pour de longues durées de broyage, les mécanismes de réduction de taille se poursuivent avec la génération de particules fines (populations 3 et 4) à partir des petites particules (population 2).

CONCLUSION & PERSPECTIVES

L'analyse multimodale par population de particules permet de mettre en évidence des **mécanismes** associés à la déstructuration des matrices de cotylédons de pois jaunes au cours du broyage et d'apporter parallèlement des informations sur les **optimums de broyage** en fonction de la taille des particules à atteindre. En perspective, un fractionnement des populations suivi d'une analyse des caractéristiques physiques, biochimiques et fonctionnelles des populations de particules permettrait de mieux comprendre les liens existants entre les **paramètres du procédé** de broyage et les **caractéristiques fonctionnelles** des poudres générées.

Références bibliographiques:

Thakur, S., Scanton, M. G., Tyler, R. T., Milani, A., & Paliwal, J. (2019). Pulse flour characteristics from a wheat flour miller's perspective: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(3), 775-797.
Pujol, R., Létang, C., Lempereur, I., Chaubard, M., Mabilhe, F., & Abecassis, J. (2000). Description of a micromill with instrumentation for measuring grinding characteristics of wheat grain. *Cereal chemistry*, 77(4), 421-427.

UMR IATE 1208

INRAe⁽¹⁾ ; L'Institut Agro-Montpellier⁽²⁾ / Université de Montpellier⁽³⁾
2 Place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex 5, France.

