

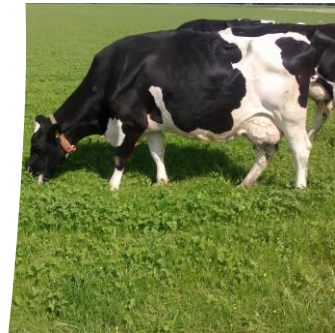
RFL

RENCONTRES
FRANCOPHONES
LÉGUMINEUSES

#2

Evaluation de la déstructuration orale de protéagineux extrudés

Magdalena KRISTIAWAN, **Christian SALLES**,
Thomas MÉGARADÉMY, Christine ALCHAMIEH,
Anne-Laure RÉGUERRE, **Valérie MICARD**,
Guy DELLA VALLE



Toulouse, France – 17 & 18 octobre 2018



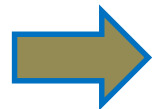
Introduction & Objectif



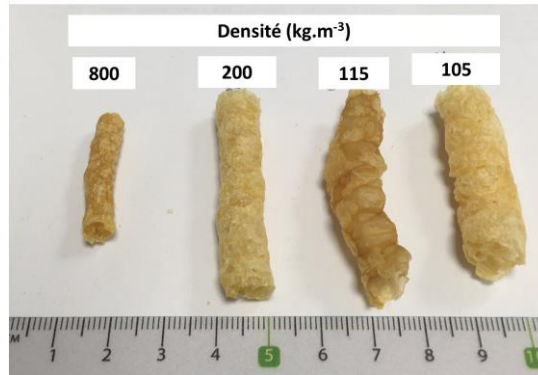
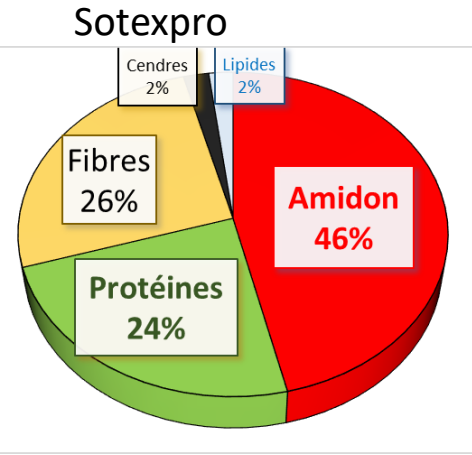
Développement de « snacks » extrudés à haute teneur en protéines

Aliments sains & équilibrés : Demande d'aliments à base de **protéagineux** ↗

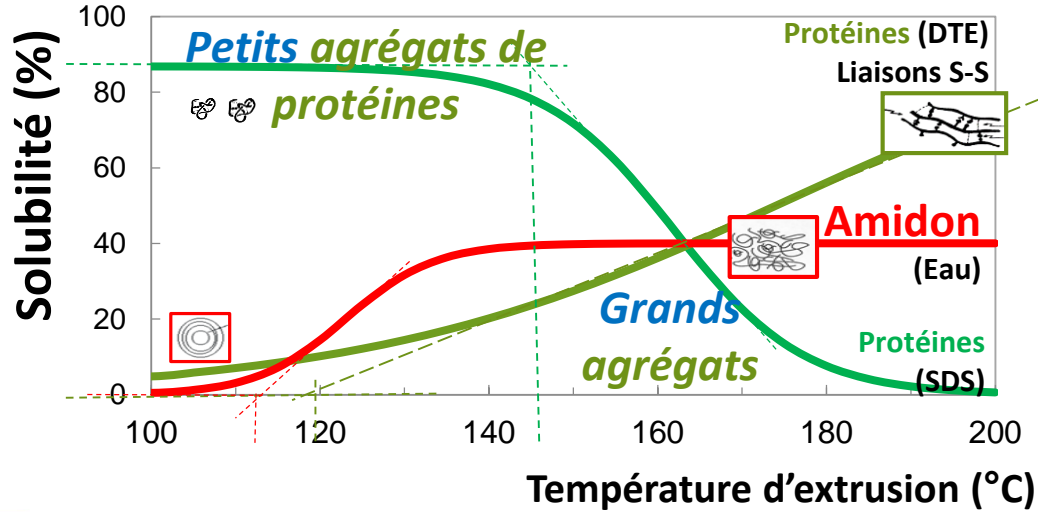
Farine de pois



EXTRUSION: Procédé de transformation des aliments polyvalent et efficace



Farine de pois extrudée



Propriétés fonctionnelles & modifications structurales

- **Texture:** densité, Module de Young
- **Dépolymérisation d'amidon** (Hydrosolubilité)
- **Agrégation des protéines** par création de liaisons fortes (S-S, Solubilité DTE)



Déstructuration orale des aliments (FOP)

« Premiers coups de dents »



Compression
de mousses solides
fragiles

Mastication

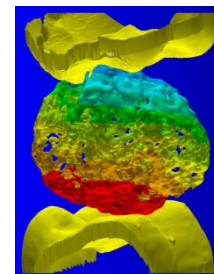
**Formation
d'un bol**



Fragmentation

+

Agglomération par
absorption de salive



Déglutition



Digestion

Viscosité des bols: indicateur de

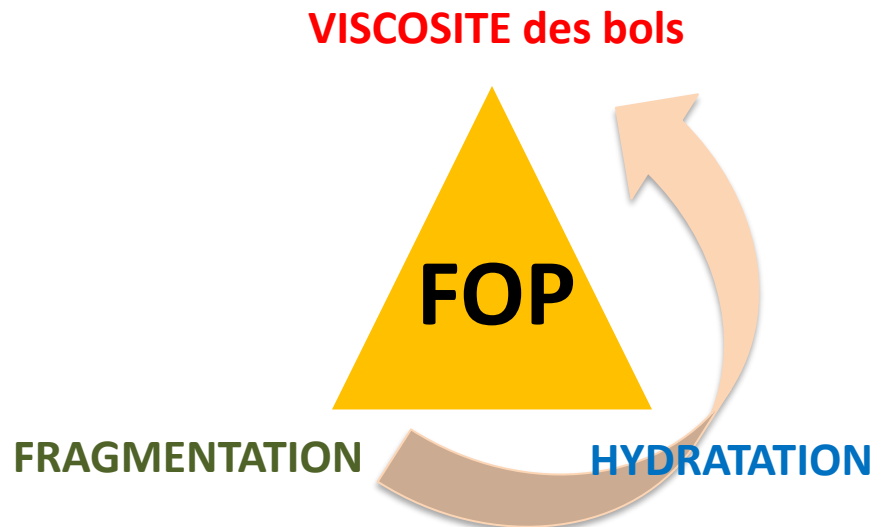
- Etat de déstructuration de l'aliment
- Perception sensorielle

(Assad-Bustillos et al., 2018)



Objectifs

- Mettre en relation des **propriétés physiques des bols** avec la **structure** et les **propriétés fonctionnelles des aliments** extrudés à haute teneur en protéines
- Comparer la **déstructuration** d'extrudés de farine de pois avec d'autres aliments du même type (ex. céréales p. déj.)
- Proposer **un modèle simple** de la déstructuration orale de ces aliments



Méthodes, Résultats & Discussions



Mastication *in vitro* avec Bouche Artificielle (20°C)

Salles et al., 2007, J. Food Eng., 82, pp 189-198

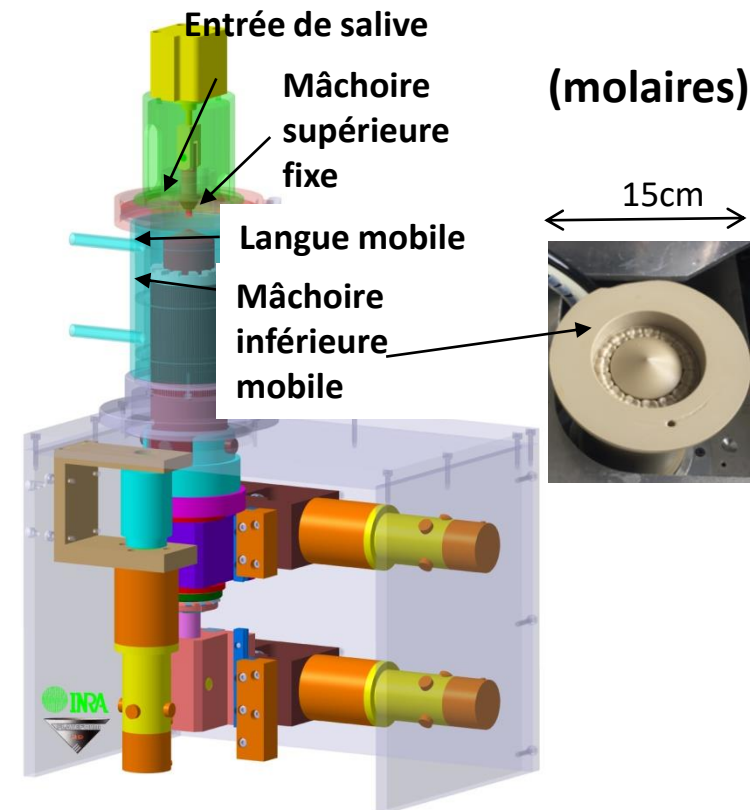
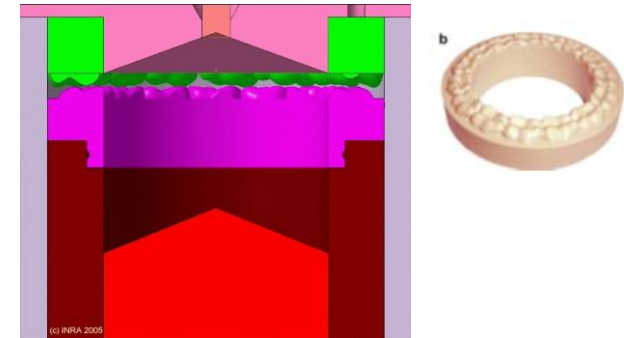
- Réglages

- Force maximale de la mâchoire = 35 daN
- Force maximale de la langue = 30 daN
- Angle de cisaillement = 1°
- Volume initial de salive artificielle = 3 mL
 - Mucine = 2.6 g/L
 - [α -amylase] = 0

- Variables

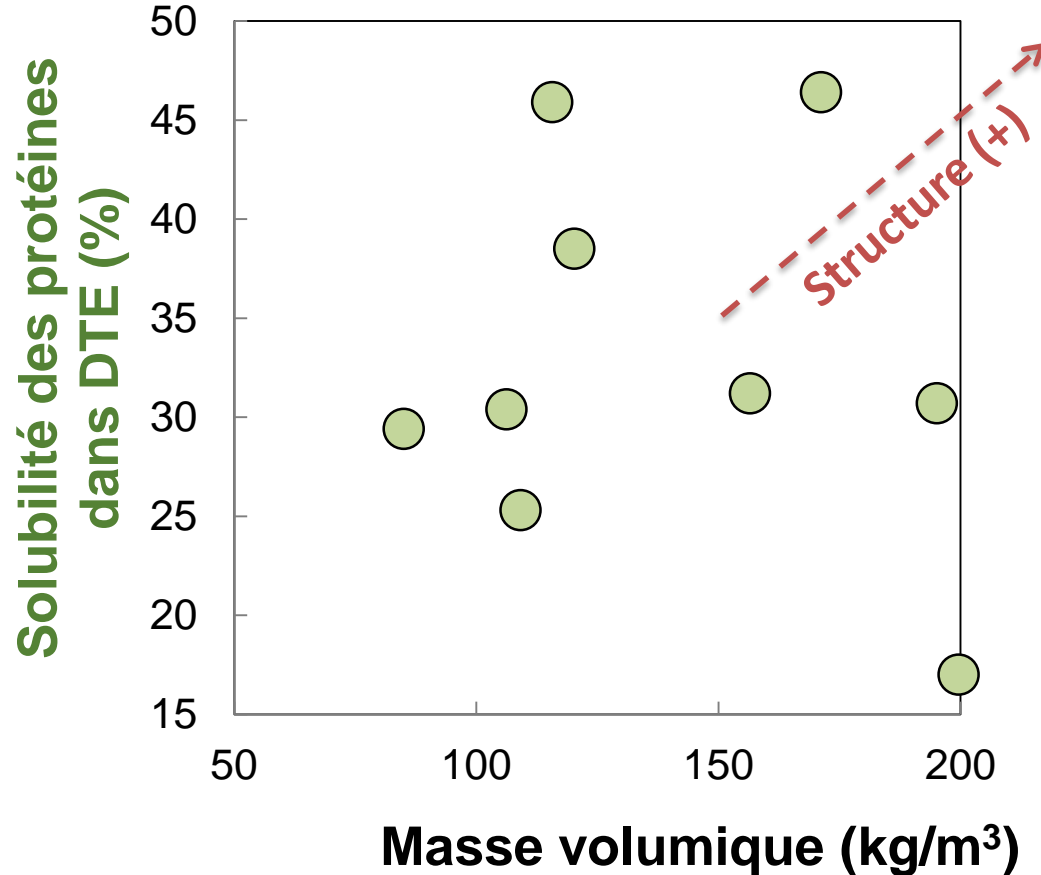
- Débit de salive artificielle: 2 - 4 mL /min
- Temps de mastication ($\pm 5\%$) : 7 - 15 - 23 s
- Propriétés fonctionnelles des extrudés

Eviter la variabilité inter-individuelle...



Propriétés fonctionnelles des extrudés de pois

$45 \leq \text{Hvdrosolubilité de l'amidon} \leq 50\%$



*La modulation des conditions **d'extrusion** conduit à un **large** domaine de **texture** (densité) et **d'agrégation forte** (liaisons covalentes) des **protéines***



Mesure de la distribution granulométrique

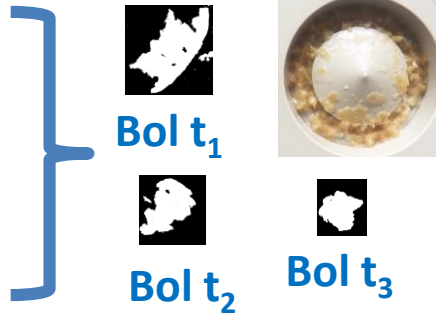
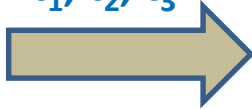
FRAGMENTATION HYDRATATION



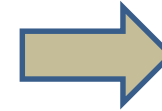
Pois extrudés
 $m \approx 1.4 \text{ g}$

Temps de mastication

t_1, t_2, t_3

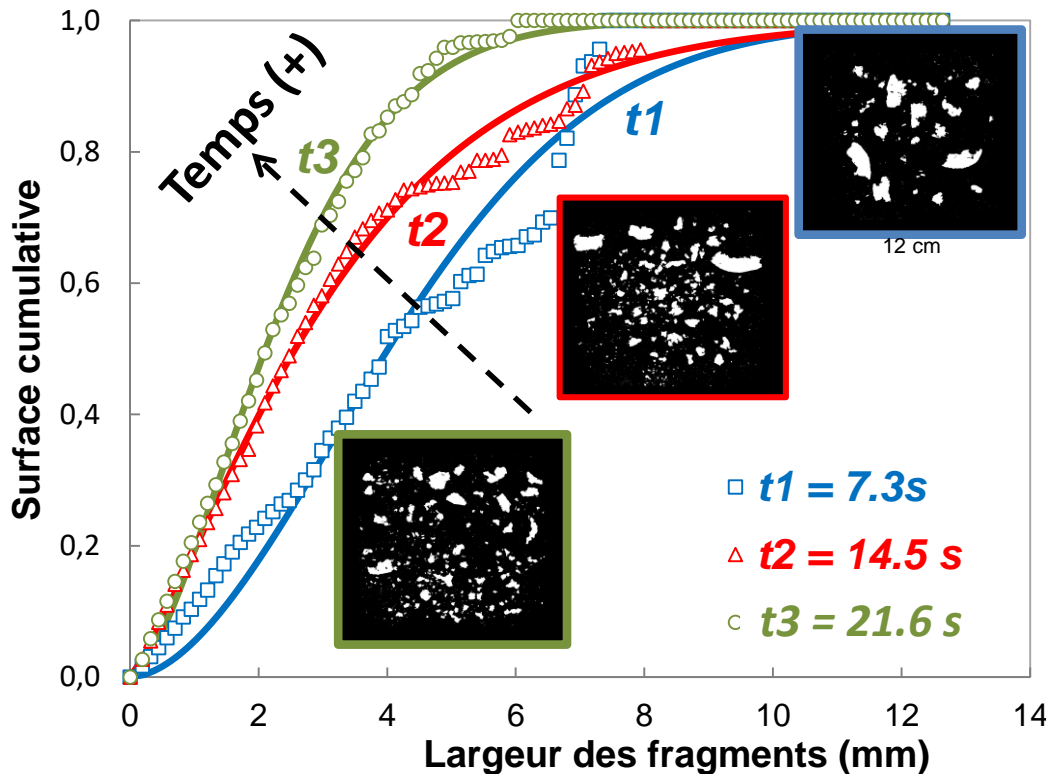
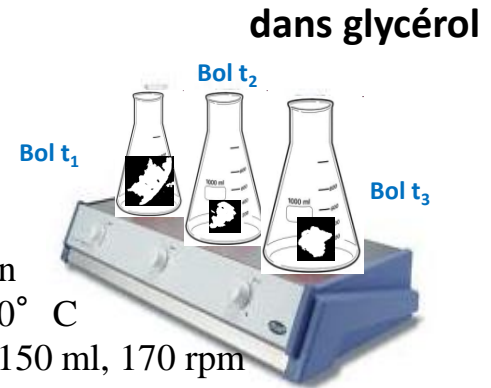


Dispersion de bols



80 min
20° C

150 ml, 170 rpm



Traitement d'images



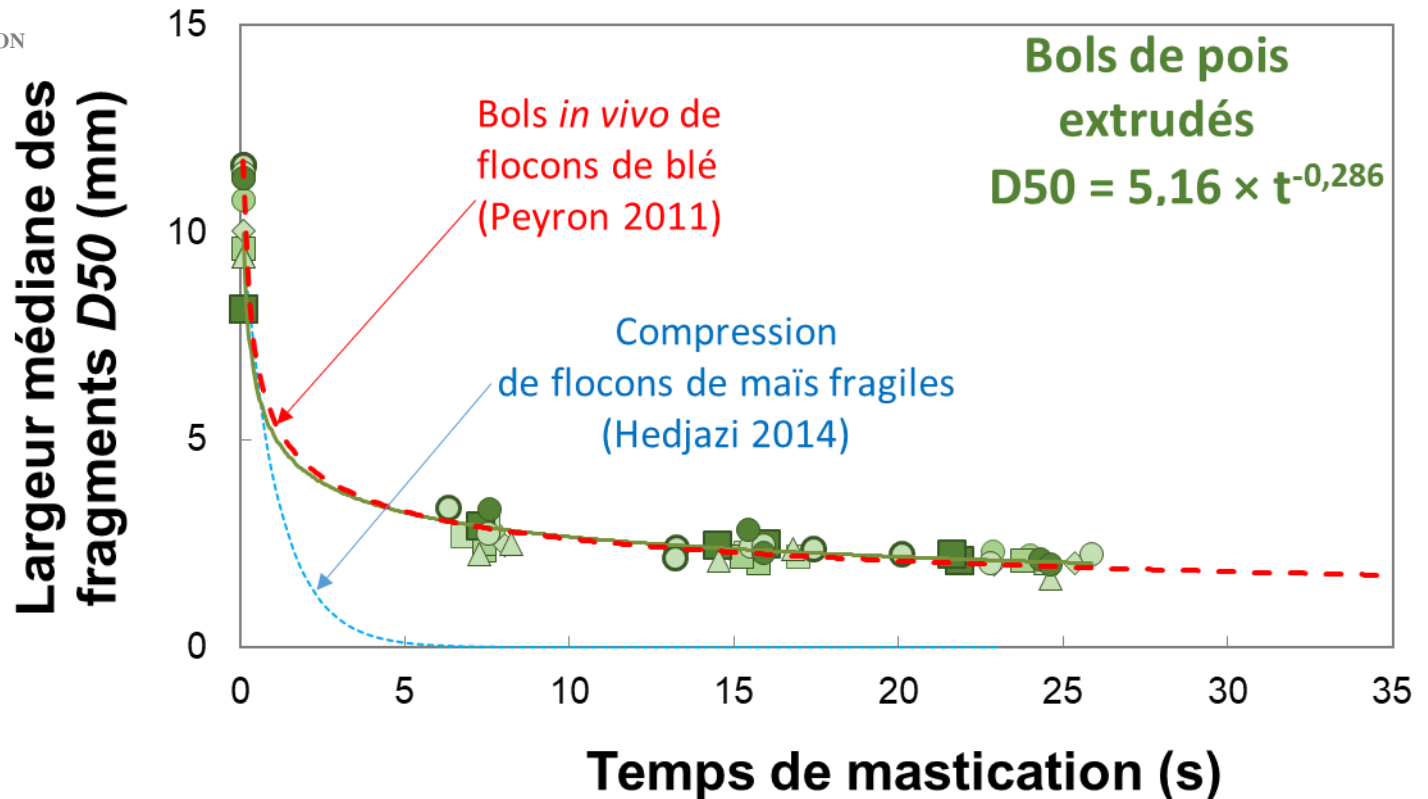
scanner
Epson V370

Acquisition d'images (660 dpi)



Fragmentation des extrudés de pois

FRAGMENTATION HYDRATATION



- *Tous les extrudés de pois suivent la même cinétique de **fragmentation** massive dès les premiers coups de dent (compression) limitée par l'incorporation de **salive** qui conduit à l'agglomération*
- **Même profil de fragmentation des bols pour:**
 - des aliments extrudés différents
 - mastication *in vitro* et *in vivo*





Absorption de salive des bols d'extrudés de pois

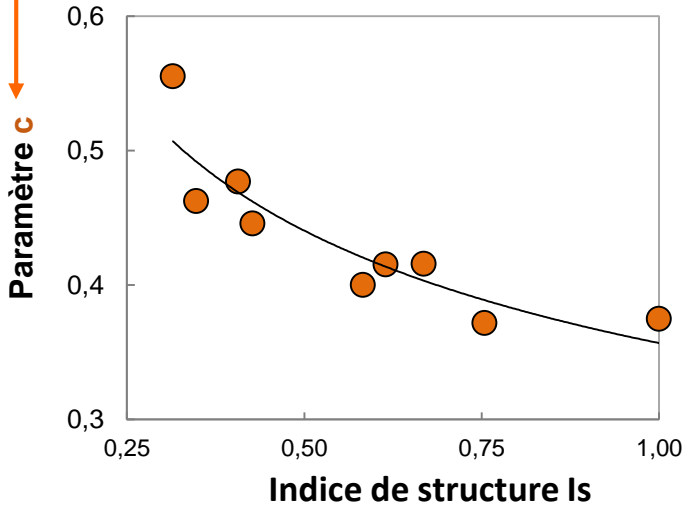
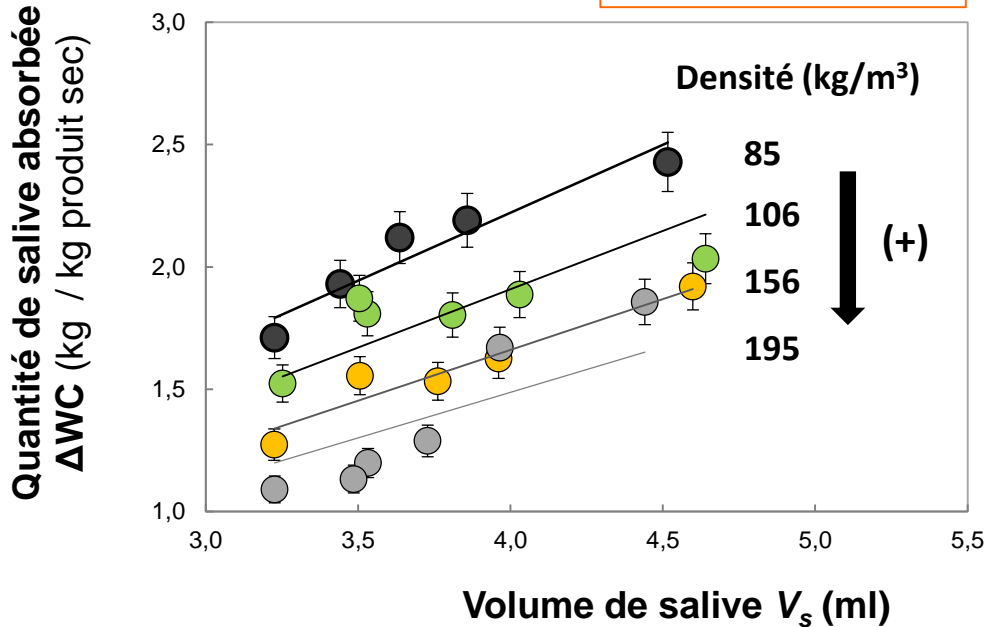
FRAGMENTATION HYDRATATION

Teneur en eau finale des bols [40; 70% b.h.]

$$\Delta WC = \text{Absorption salivaire} = \frac{M \text{ salive absorbée}}{M \text{ pois extrudés secs}}$$

$$\Delta WC = c V_s$$

c = capacité d'absorption salivaire



$$Is = \text{densité} \times \text{agreg}^\circ \text{ protéines}$$

- Accessibilité de l'eau aux bols d'extrudés = f(indice de structure des extrudés)
- Plus le produit extrudé est structuré, moins il absorbe de salive.



Mesure de la viscosité des bols de pois extrudés

FRAGMENTATION HYDRATATION

Pois extrudés
m ≈ 1.4 g



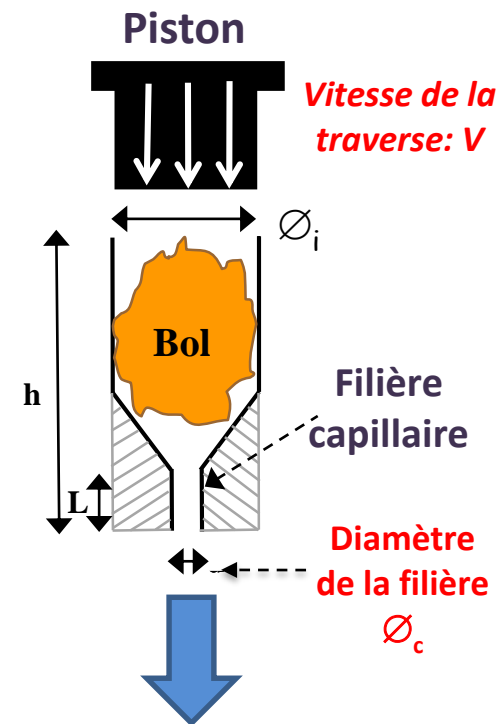
mastication
In vitro



Bol dans bouche artificielle

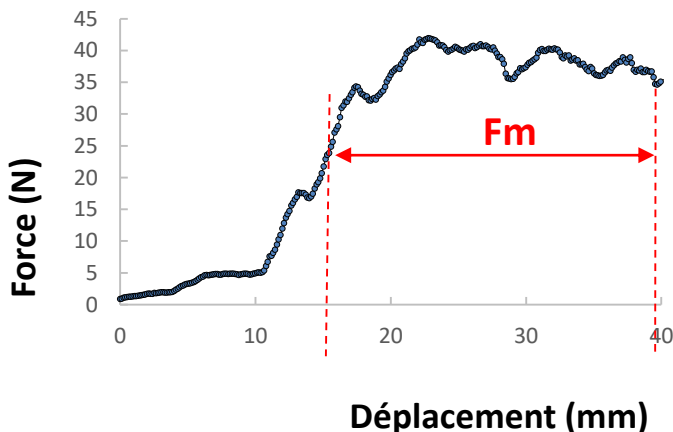


Chargement
du bol dans un
rhéomètre capillaire



$$\Delta P = \frac{4 \times F_m}{(\pi \times \varnothing_i^2)}$$

$$\tau = \frac{\Delta P}{4 \left(\frac{L}{\varnothing_c}\right)}$$



Taux de cisaillement apparent
[10; 10³s⁻¹]
 $\dot{\gamma}_{app} = f(V, \varnothing_c)$

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

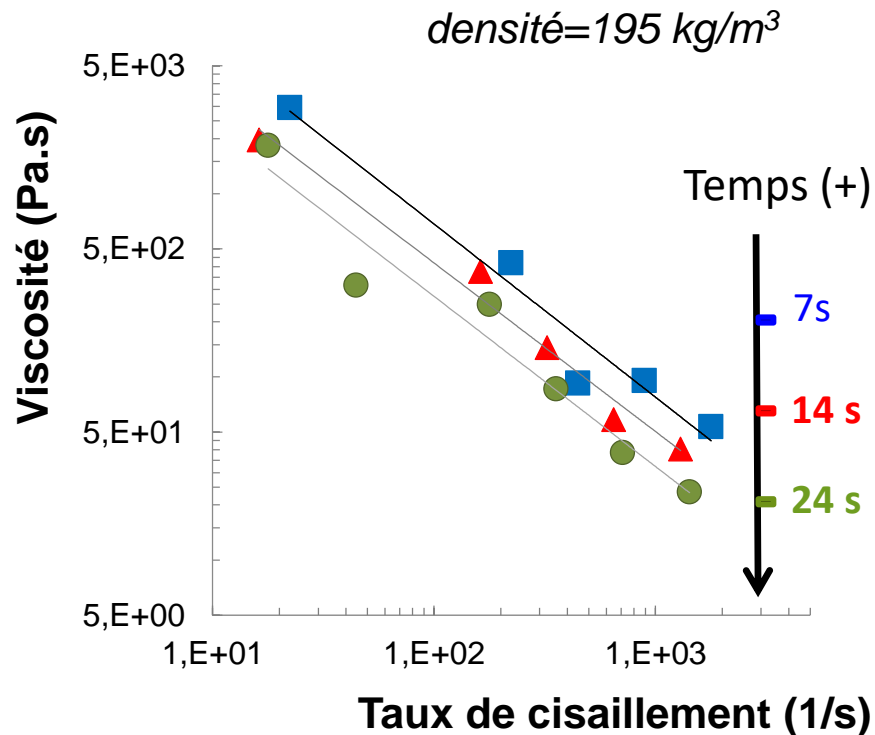
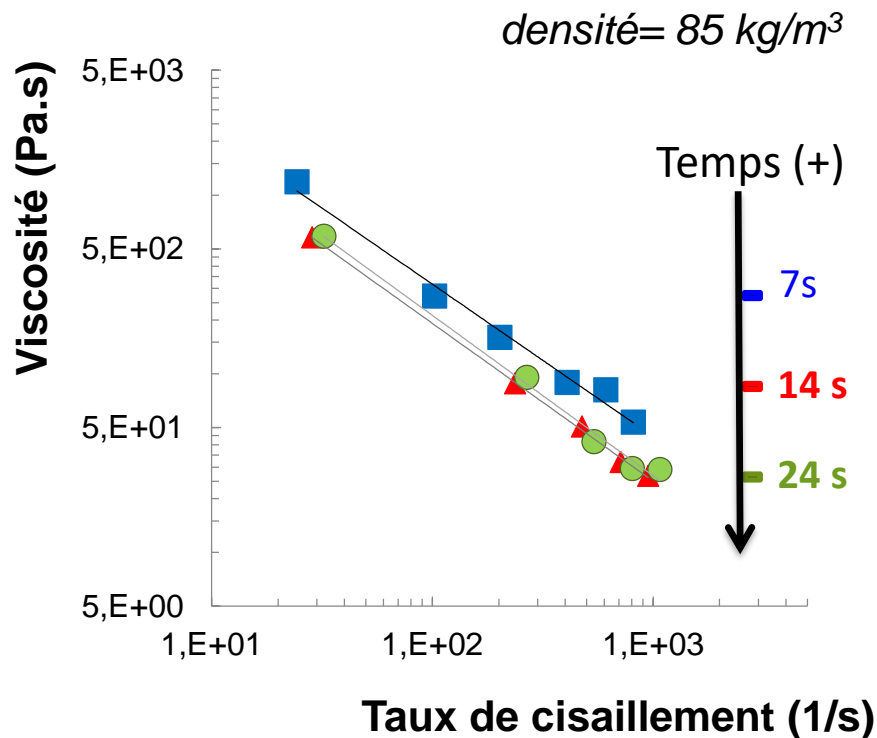
Mesures rhéologiques pour:
6 valeurs de $\dot{\gamma}_{app}$ → 6 bols « identiques »





Viscosité des bols en cours de mastication

Taux de cisaillement pdt mastication: $[10, 10^3 \text{ s}^{-1}]$ (Shama & Sherman 1973)

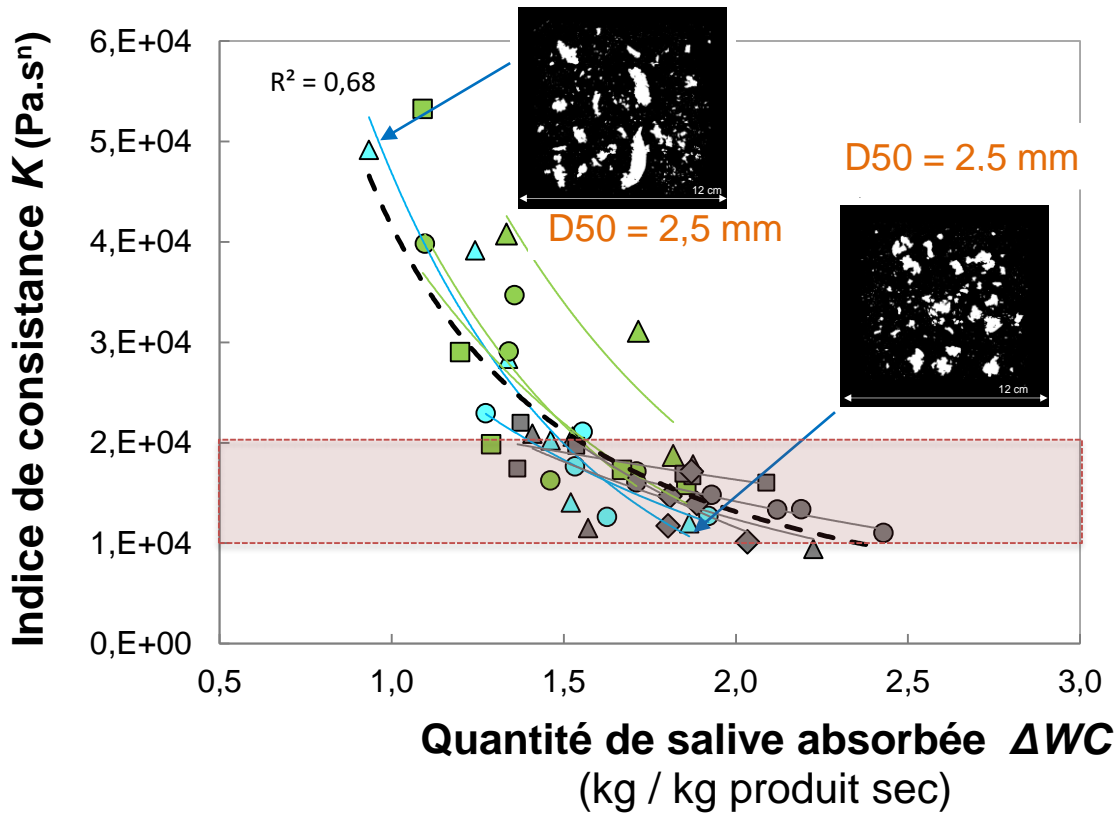


- Les bols ont un comportement **rhéo-fluidifiant**
- La viscosité diminue avec le temps de mastication

$$\eta = K \dot{\gamma}^{n-1}$$



Variation de la viscosité des bols avec la quantité de salive absorbée



$$\eta = K\dot{\gamma}^{n-1}$$

$$n \in [0,025; 0,25]$$

$$K = K_0 \cdot \exp[-\alpha \cdot \Delta WC]$$

Génoise commerciale
(10-20 kPa.sⁿ)

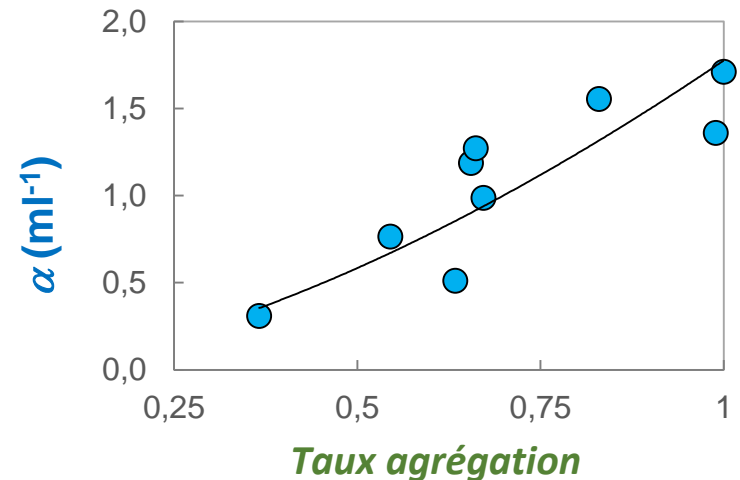
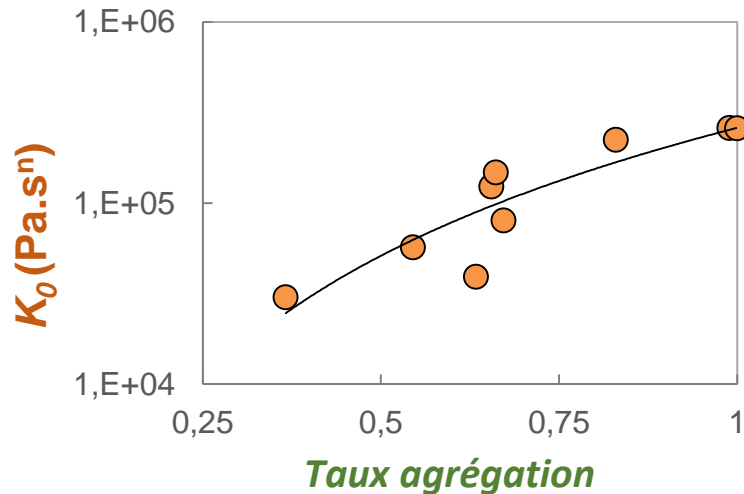
(Assad-Bustillos et al., 2018)

- *Tous les extrudés de pois tendent vers un même seuil de viscosité (déglutition ?) à l'instar d'autres aliments céréaliers*
- *La viscosité des bols décroît avec leur teneur en eau*
- *La fragmentation n'affecte pas la viscosité*

Relation entre viscosité des bols et absorption salivaire

$$K = K_0 \cdot \exp [-\alpha \cdot \Delta WC]$$

$$\text{Taux d'agrégation} = (\text{Sol. Prot} / \text{Sol. Prot}_{\max})$$



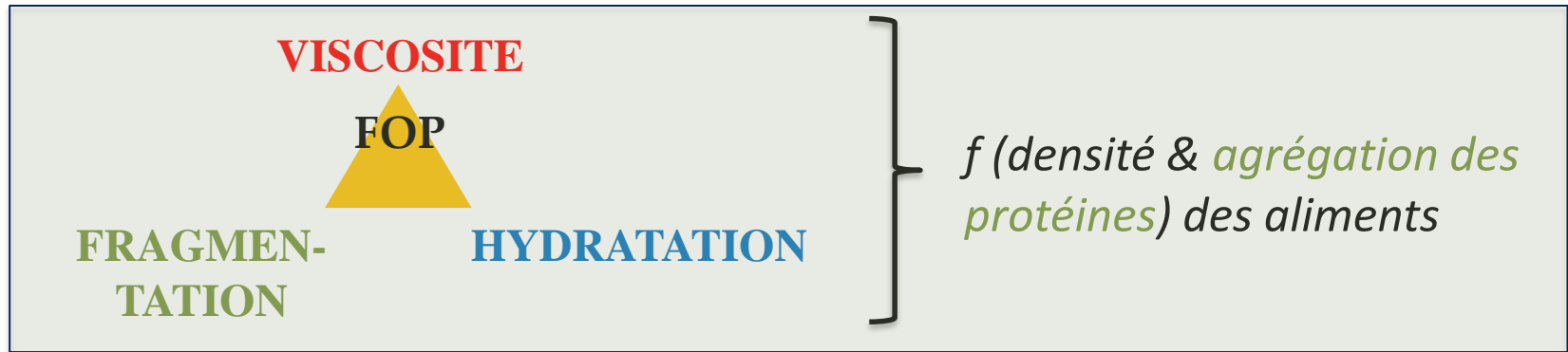
- *L'agrégation des protéines (liaisons S-S) accroît la viscosité des bols, et diminue leur plastification par l'eau*
- *Faible interaction entre salive et aliments riches en protéines ($\alpha \approx 0,5 - 2$)*
≠ Amidons amorphes plastifiés par l'eau ($\alpha \approx 10 - 30$) (Della Valle et al. 1996)

Conclusions & Perspectives



Conclusions et *perspectives*

- Les produits extrudés à base de farine de pois ont un comportement « masticatoire » proche d'aliments céréaliers semblables
- Extension d'un **modèle simple** de la déstructuration orale



- *Extension à la mastication **in vivo**, rôle de la **viscosité elongationnelle** sur la **déglutition***
- *Conception d'aliments **protéagineux** extrudés à **structure contrôlée**, **adaptés** aux comportements masticatoires et physiologies orales des consommateurs*

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Magdalena.kristiawan@inra.fr

