



INRA
SCIENCE & IMPACT



Biopolymères Interaction Assemblages
Nantes
Unité de Recherche INRA 1268

Suivi de la formation de la croûte du pain français par analyse d'image

Caractérisation de la croustillance par multi-indenteur

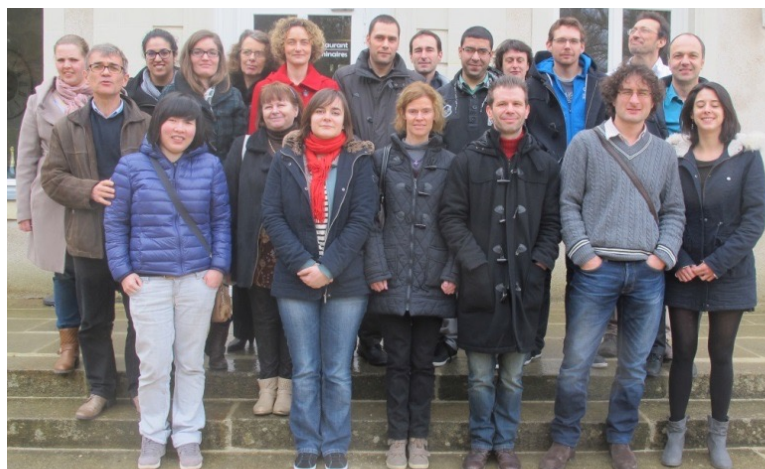
Anne-Laure Réguerre – Hubert Chiron
INRA Nantes - BIA



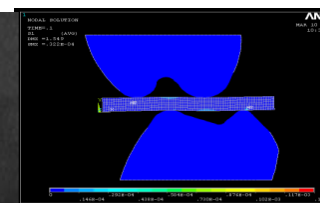
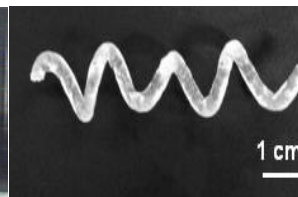
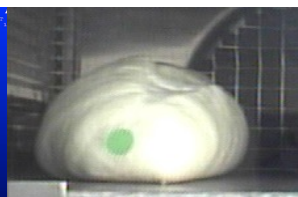
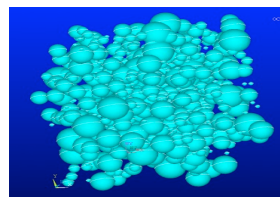
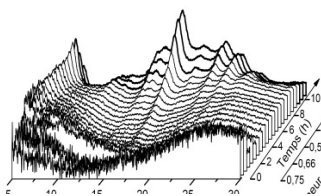
Colloque croustillance
Fond de dotation EKIP
Rouen –17/ 9/2015

Equipe : Matériaux, Création & Comportement

INRA NANTES



- L. Chaunier : Instrumentation & procédé
- C. Chevigny : Physique & Chimie
- H. Chiron : Technologies de panification
- M. De Carvalho : Analyses thermiques & bioch.
- G. Della Valle : Rhéologie & modélisation
- R. Desirest : Analyses fonctionnelles
- S. Guessasma : Modélisation mécanique
- S. Guilois : Analyses physico-chimiques
- K. Kansou : Assemblage de connaissances
- M. Kristiawan : Modélisation de bio-matériaux
- D. Lourdin : Physique et chimie des polymères J-
- E. Maigret : Analyses thermo-mécaniques
- B. Pontoire : Analyses aux rayons X
- AL. Réguerre : Imagerie
- A. Sabaté : Caractérisation macro-moléculaire

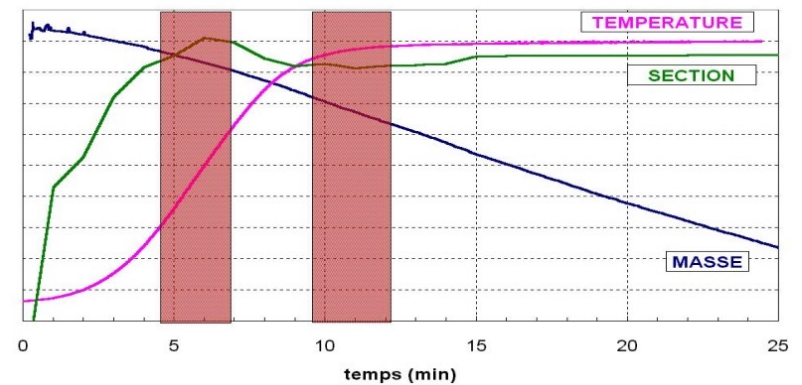


Laboratoire INRA- BIA, équipe MC2

Fournil expérimental Nantes



- Formulation, procédés de panification.
- Compréhension des mécanismes gouvernant l'alvéolage
- Conduites de pétrissage
- Mise au point de nouveaux protocoles :
(μ -panification, ajout fibres...)
- Assemblage de connaissances





Introduction

- Acquisition d'images de tranches de pains
- Séparation mie / croûte selon la couleur
- Application à une étude sur la cuisson
- Caractérisation de la croustillance

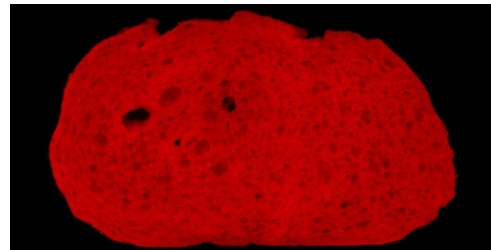
Acquisition des images

Tranchage mécanique
Scan des tranches : fond noir,
format tif, couleur RVB

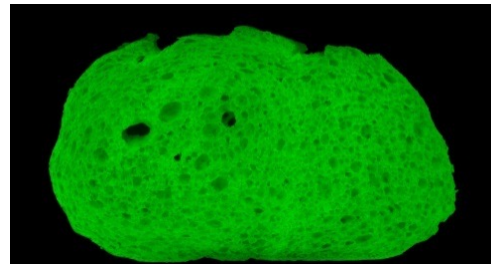


Image 20 min.

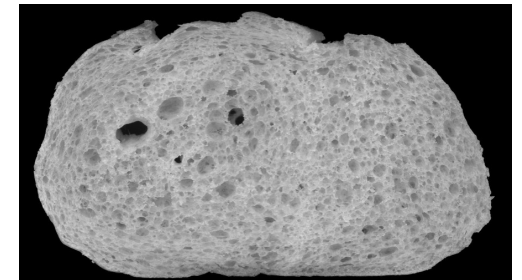
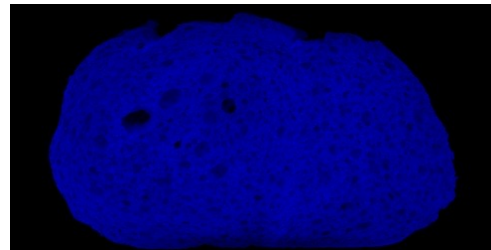
R



V



B



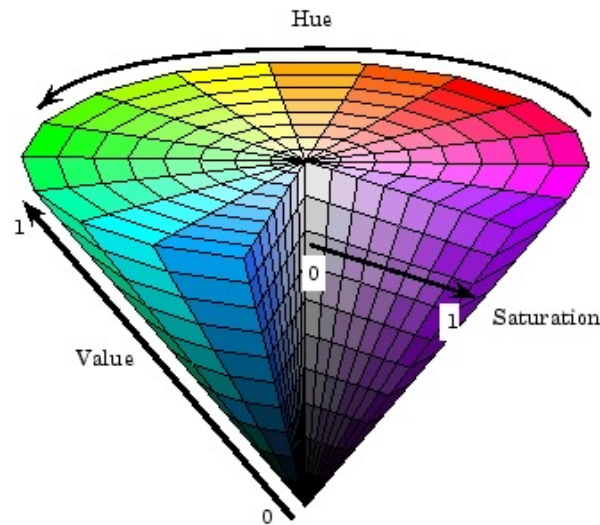
Niveaux de gris

Modèle de description des couleurs HSI

Croûte = zone proche du bord avec différence de « couleur » ./ mie

Couleur décomposée selon modèle HSI :

- **H** = teinte (Hue) = perception de la couleur (mauve, orange...)
- **S** = Saturation = pureté de la couleur : caractère vif ou terne
- **I** = Intensité ou luminance = quantité de lumière : clair ou sombre



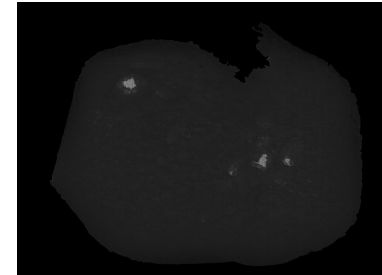
© 1994-2014 The MathWorks, Inc.

Modèle HSI

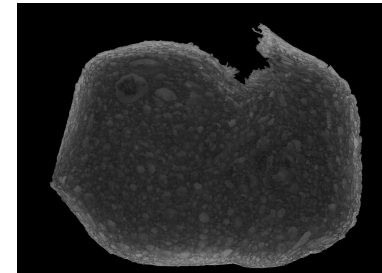


Image 30 min de cuisson.

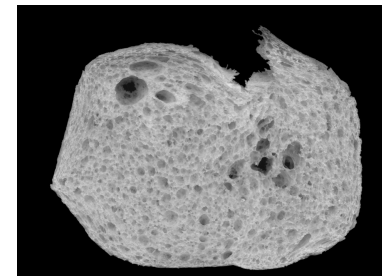
H



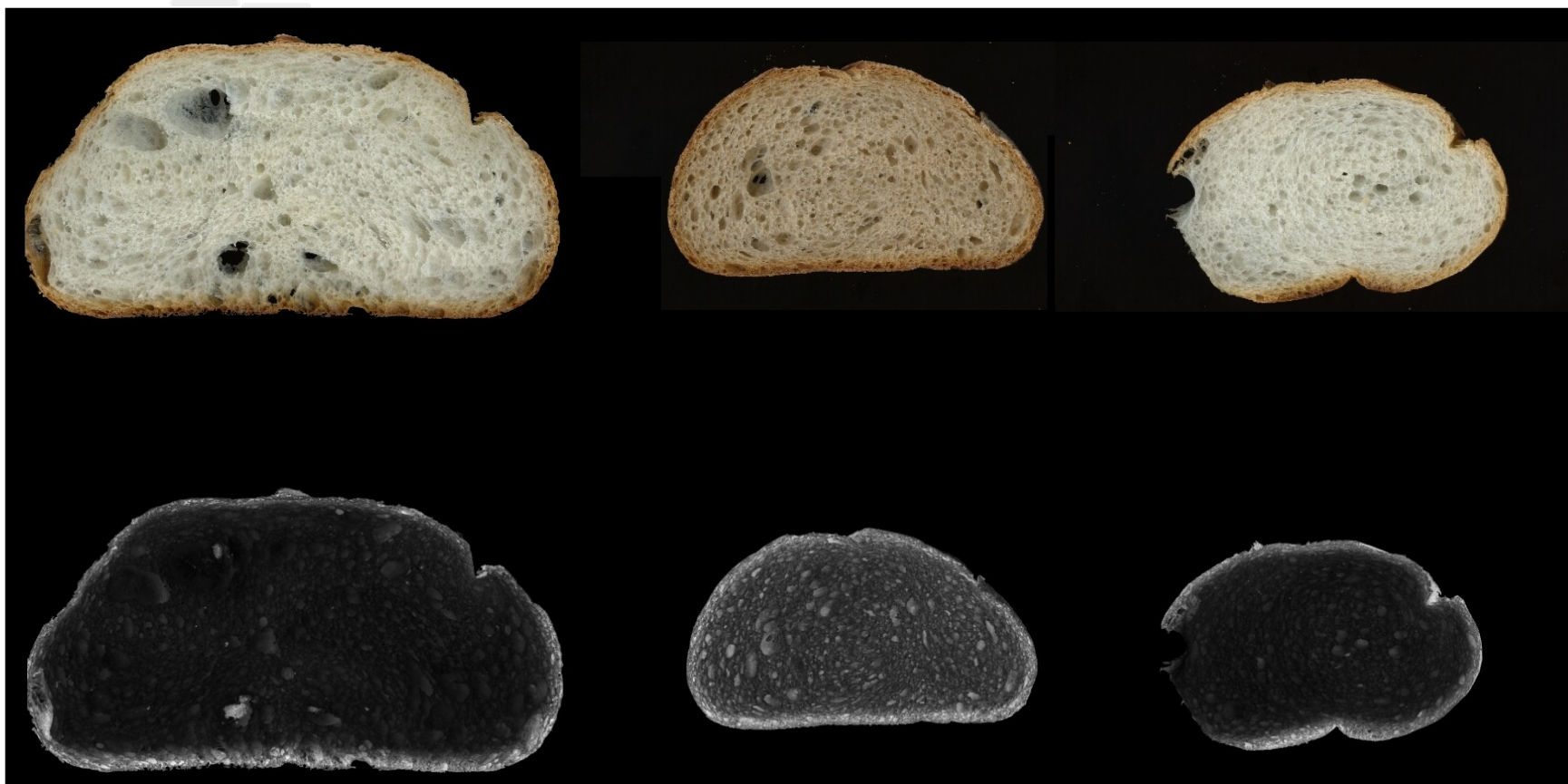
S



I



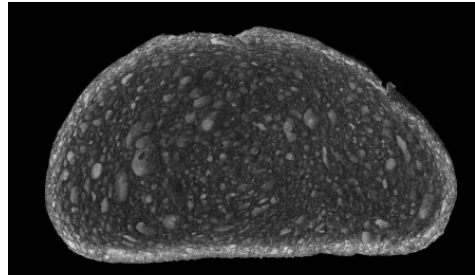
Saturation d'images de tranches



Segmentation



Image RVB



Saturation



Saturation segmentée

- **Croûte = zone saturée mais alvéoles aussi**
- **Moindre contraste mie/croûte dans le cas des mies sombres (farine)**

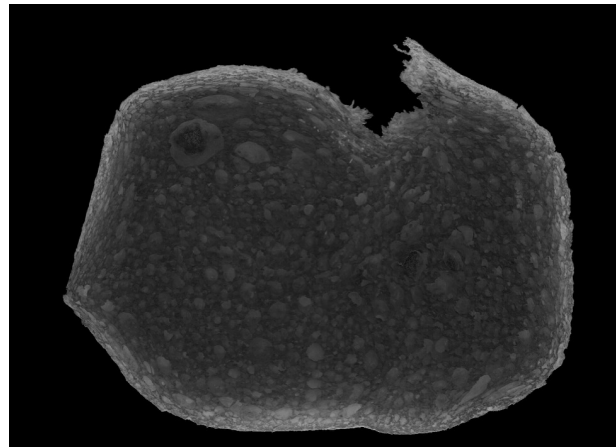
→ **ACP sur les 4 valeurs RVB+S**

Définition des données pour ACP : Analyse en Composantes Principales

Alléger calculs : Région d'Intérêt = bord tranche avec mie + croûte
ACP sur R,G,B et S. Choix d'un panel d'images représentatives.



Image RVB 30 min.



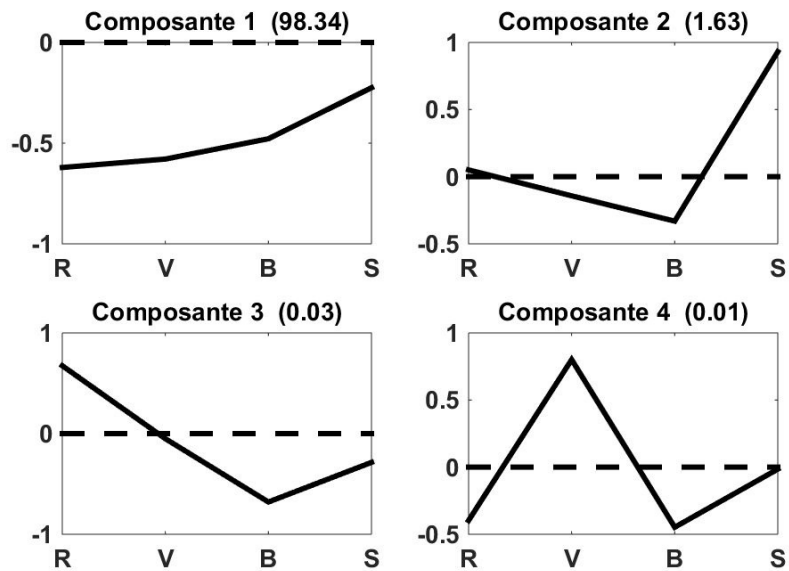
+ saturation



ROI

ACP sur les couleurs

Vecteurs propres :



Composantes :

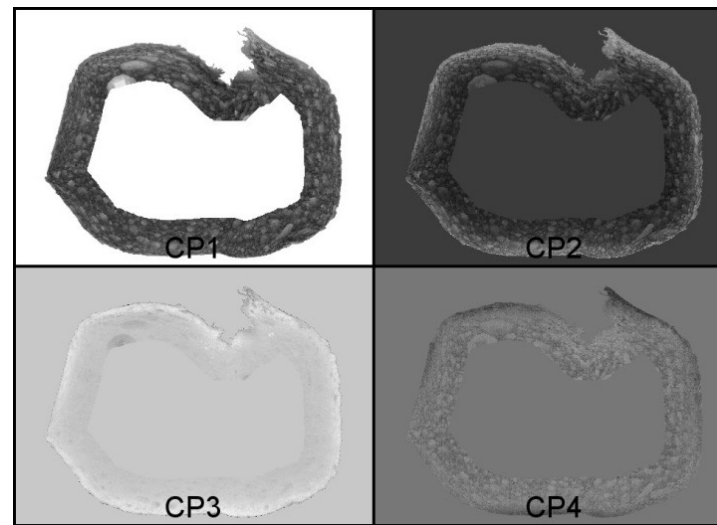
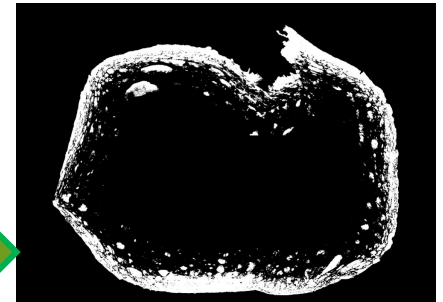
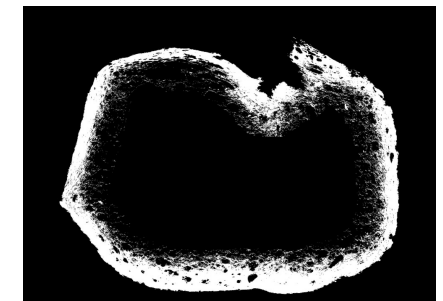


Image 30 min.



Composante 2 : seuil auto.



Composante 3 : seuil auto.

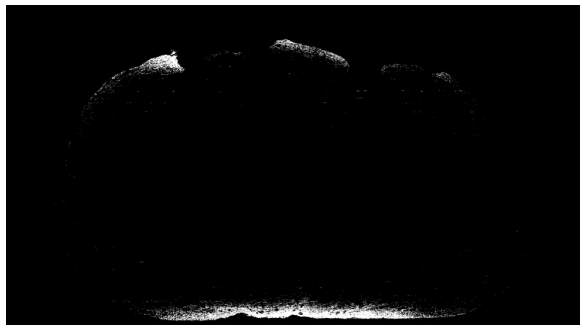
Compo 2 ~ zones saturées pauvres en B (croûte)
Compo 3 ~ zones riches en R (bords croûte)

Détermination du masque de la croûte

Combinaison des composantes 2,3 et 4 avec seuils
Ajout contour tranche, remplissage des trous et nettoyage



Image 20 min. cuisson



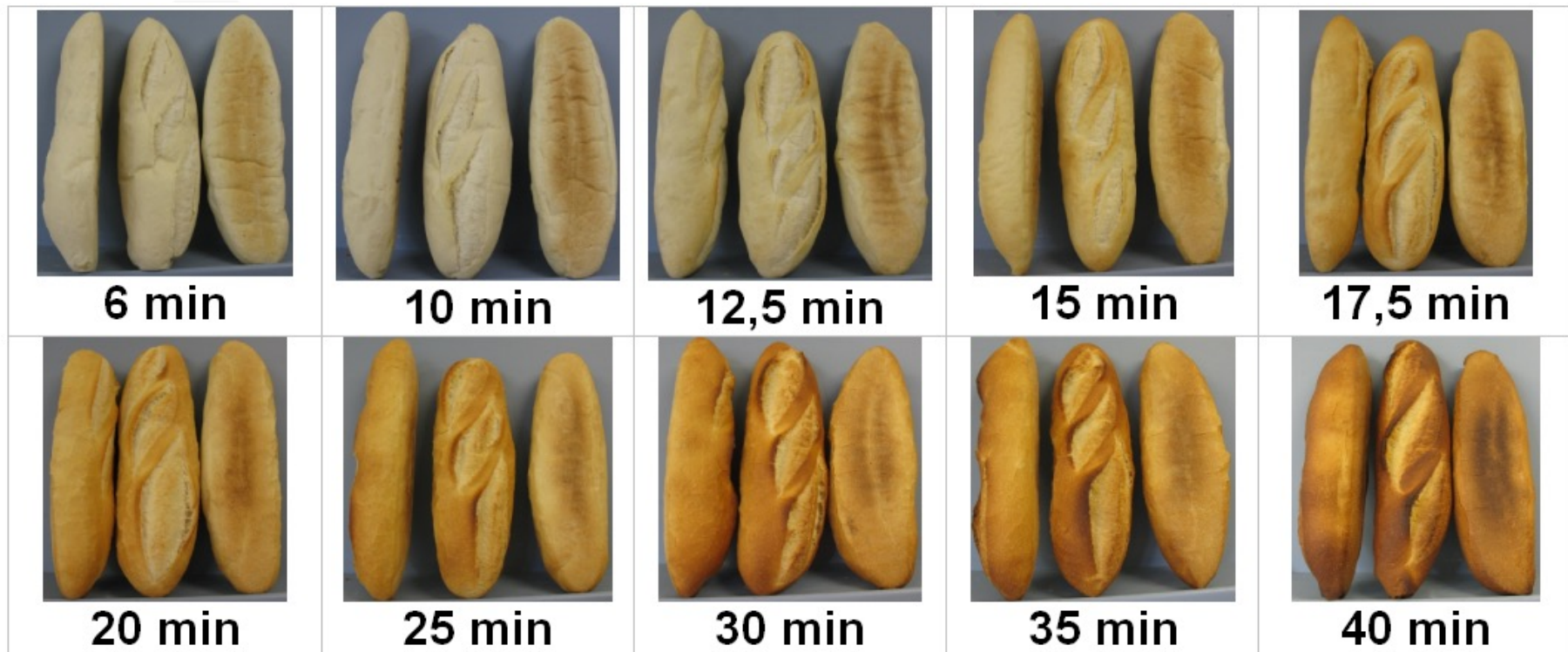
compo 2 ,3 & 4



Masque Croute

Application : cinétique cuisson

Pains à 10 temps de cuisson (à 245°C, durée normale : 27 min)

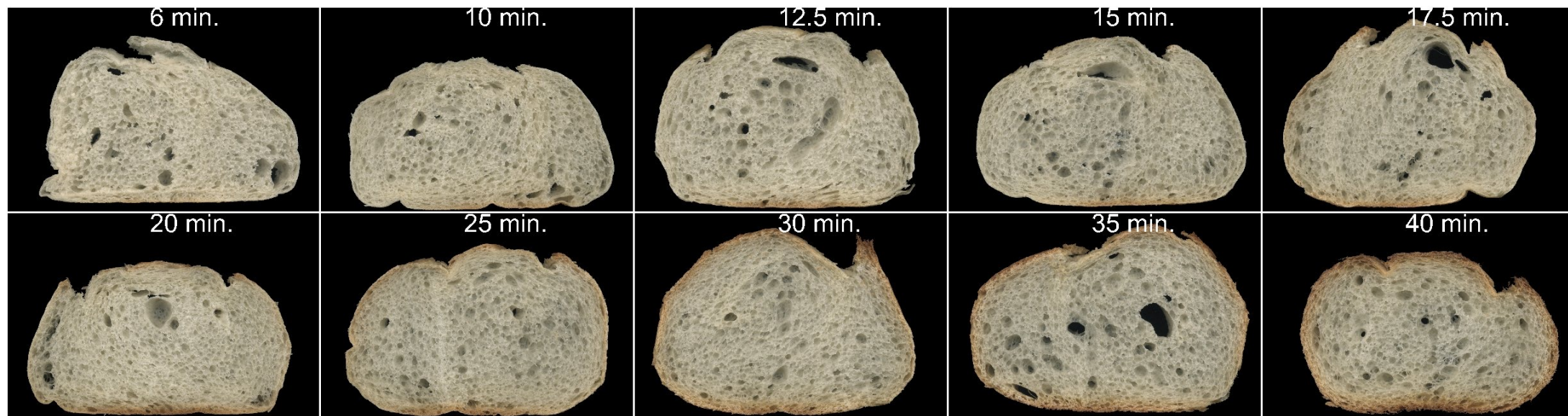


Cinétique cuisson : images

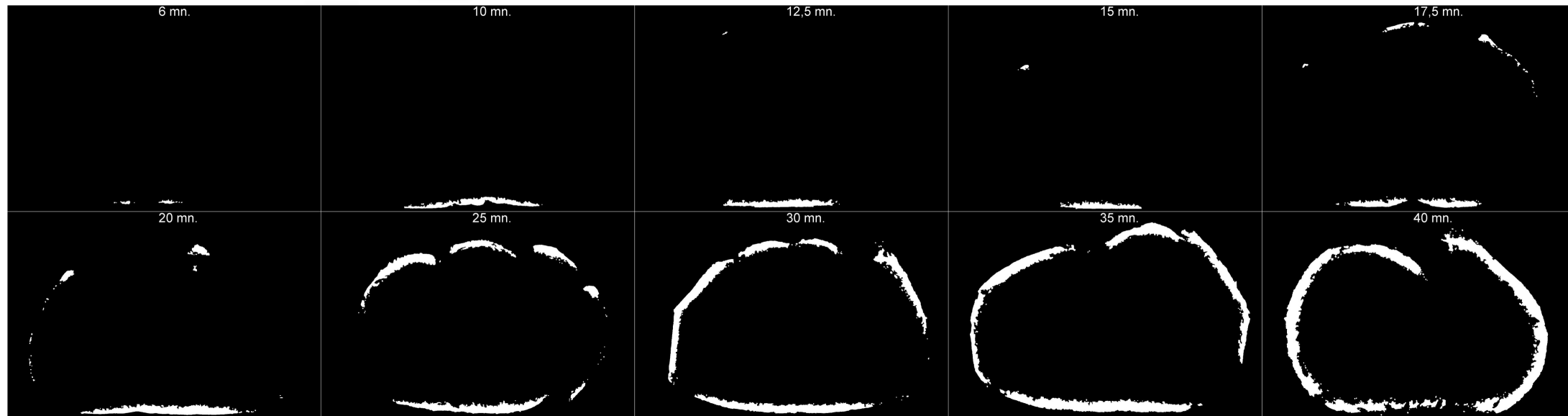
Images à 400 dpi (1 pixel = 63 μm)

10 tranches par pains

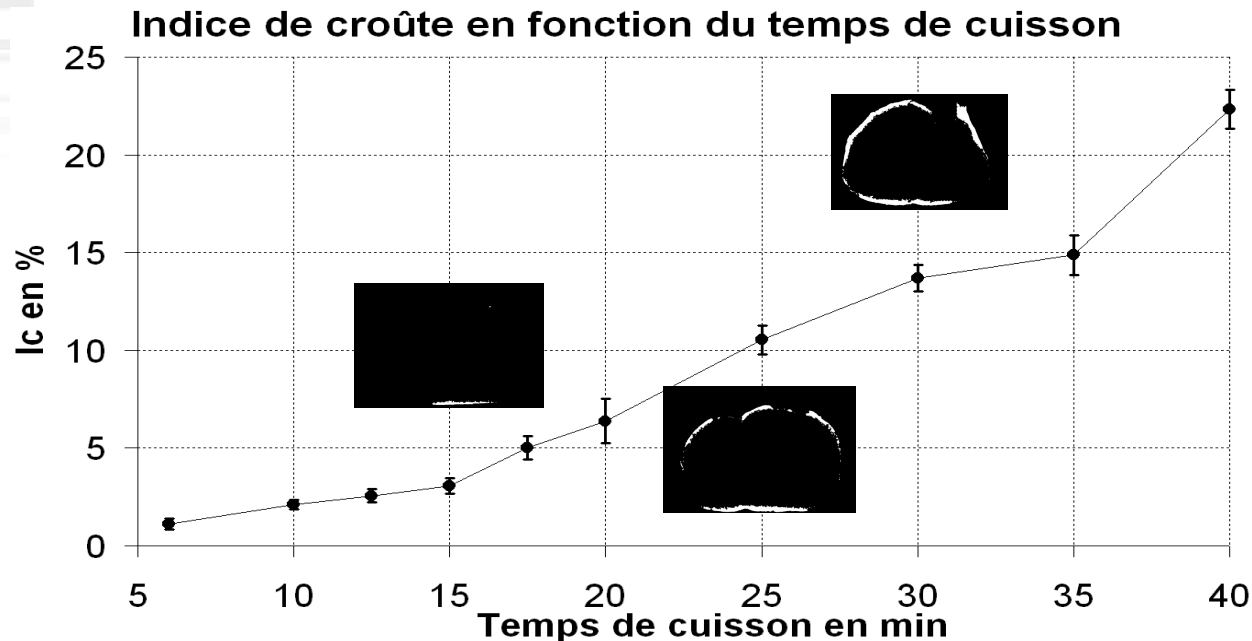
3 pains par temps de cuisson



Cinétique cuisson : masques croûtes



Cinétique cuisson : mesures

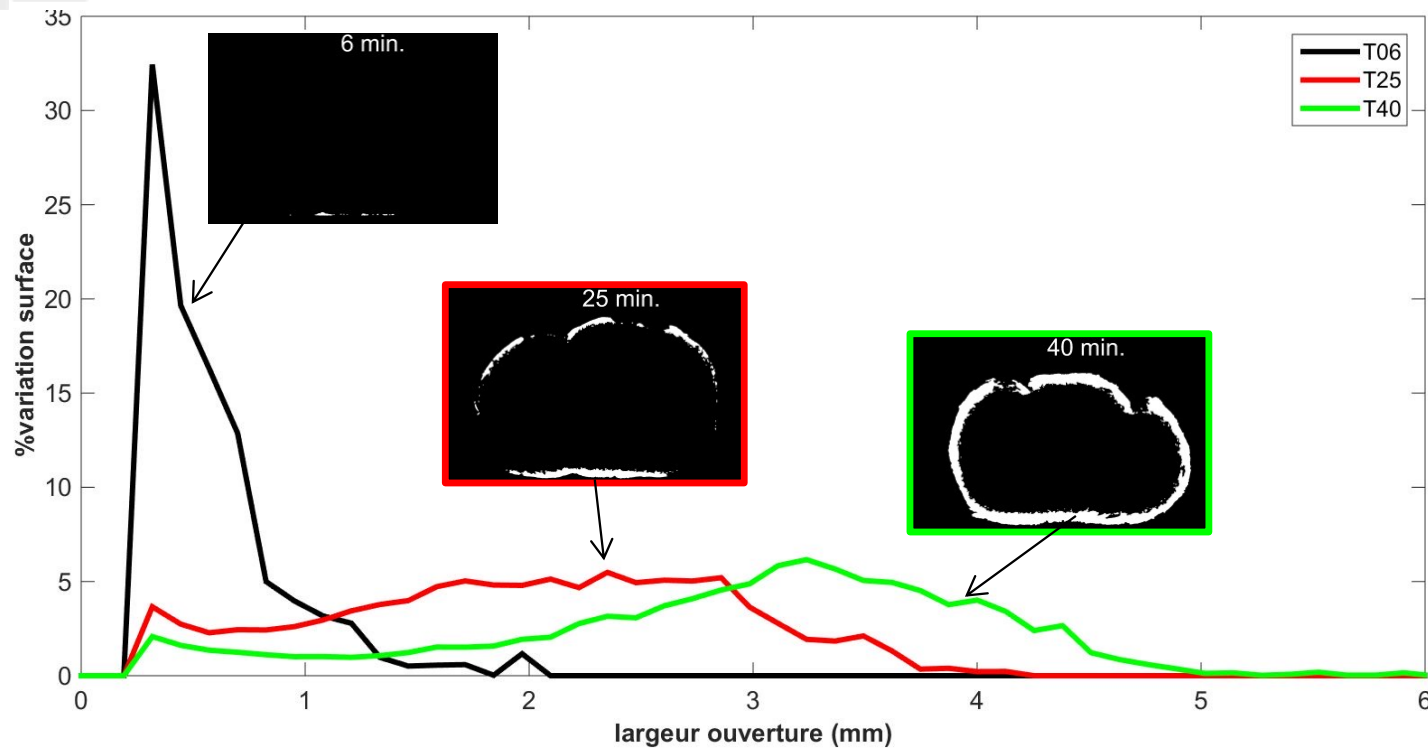


Ic = surface de croûte / surface tranche (%)

Croissance monotone, accélérée à 15 min, ralentie entre 30 et 35 min

Réf.. : Kinetics of crust formation during conventional French bread baking. By: Della Valle, G.; Chiron, H.; Jury, V.; et al. JOURNAL OF CEREAL SCIENCE Volume: 56 Issue: 2 Pages: 440-444 Published: SEP 2012

Granulométrie – épaisseur croûte



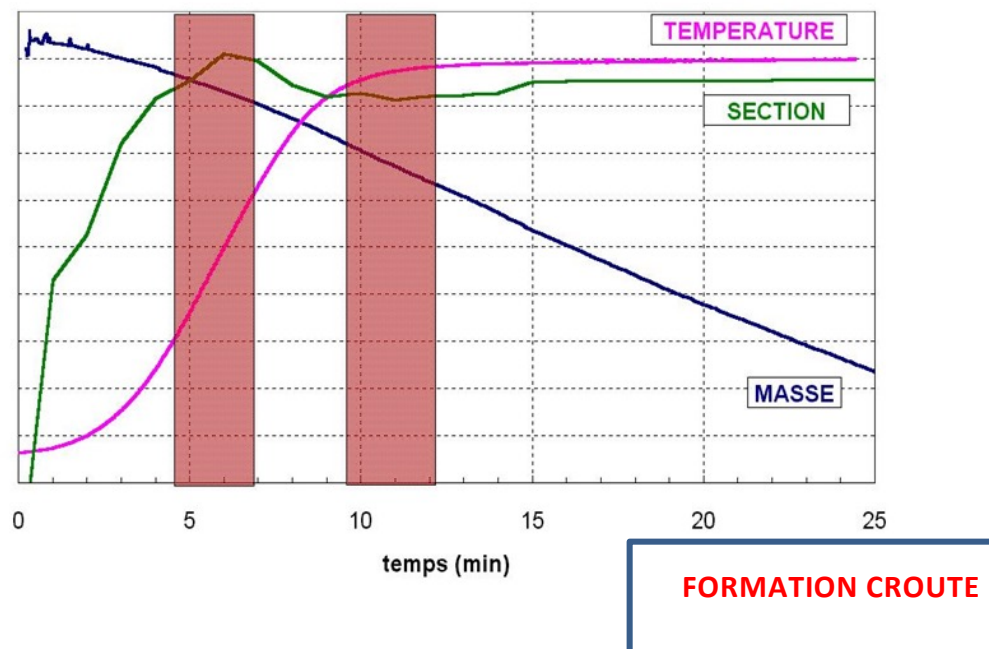
‘tamisage’ d’image par séries ouvertures (morphologie mathématique)

Cuisson et croustillance

Quatre phénomènes majeurs

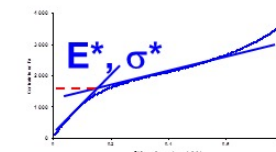
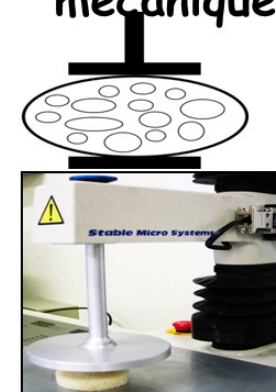
La cuisson :

- ✓ Perte de masse
- ✓ Phénomènes biochimiques
- ✓ Dilatation des gaz
- ✓ Rigidification matrice
- ✓ Formation de la croûte



Etude des relations
Procédé-structure-propriétés

Propriétés
mécaniques



Le traitement thermique génère les caractéristiques physiques du produit, il impacte les propriétés sensorielles mais il n'explique pas tout

Deux produits à humidité comparable

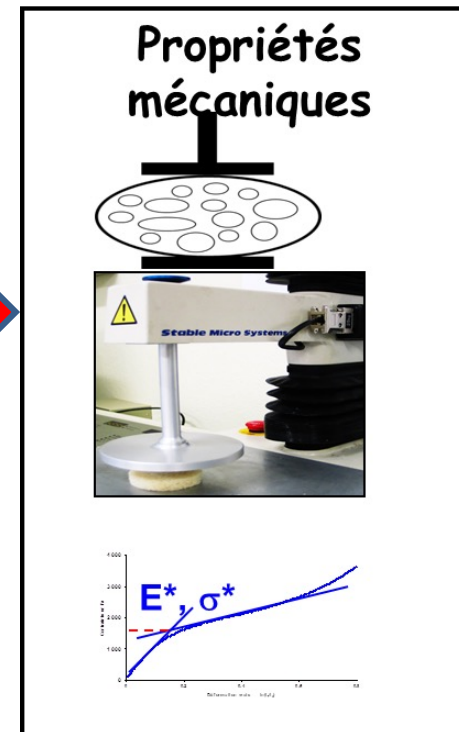


Pourtant différents en termes de croustillance...

Incidence de la structure alvéolaire

Etude des relations

Procédé-
structure-
propriétés

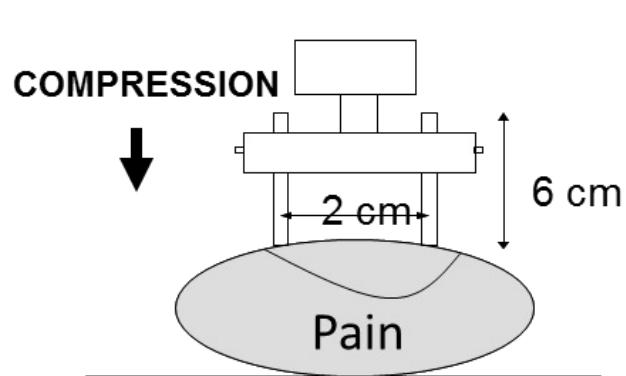


Evaluation de la croustillance

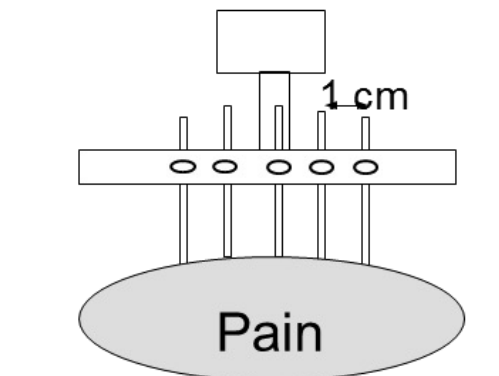
Dispositif expérimental

Evaluation des pains entiers [Croûte + Mie]

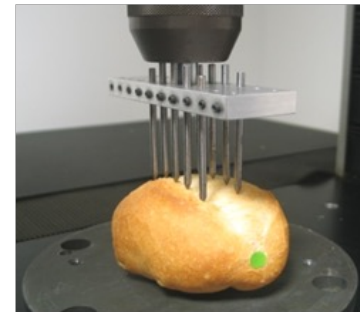
Vue de face



Vue de profil

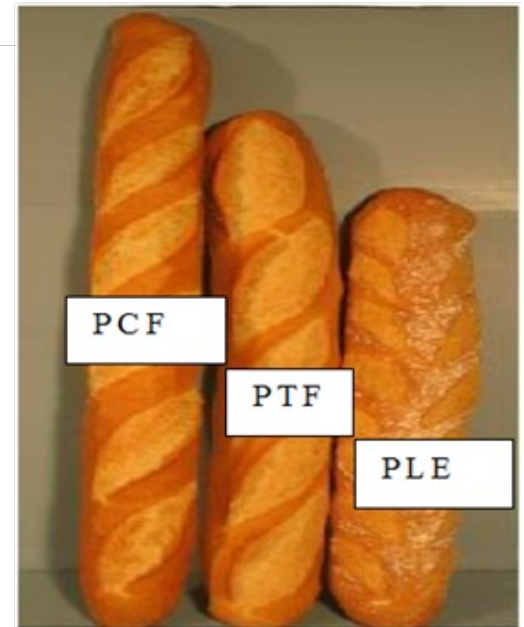
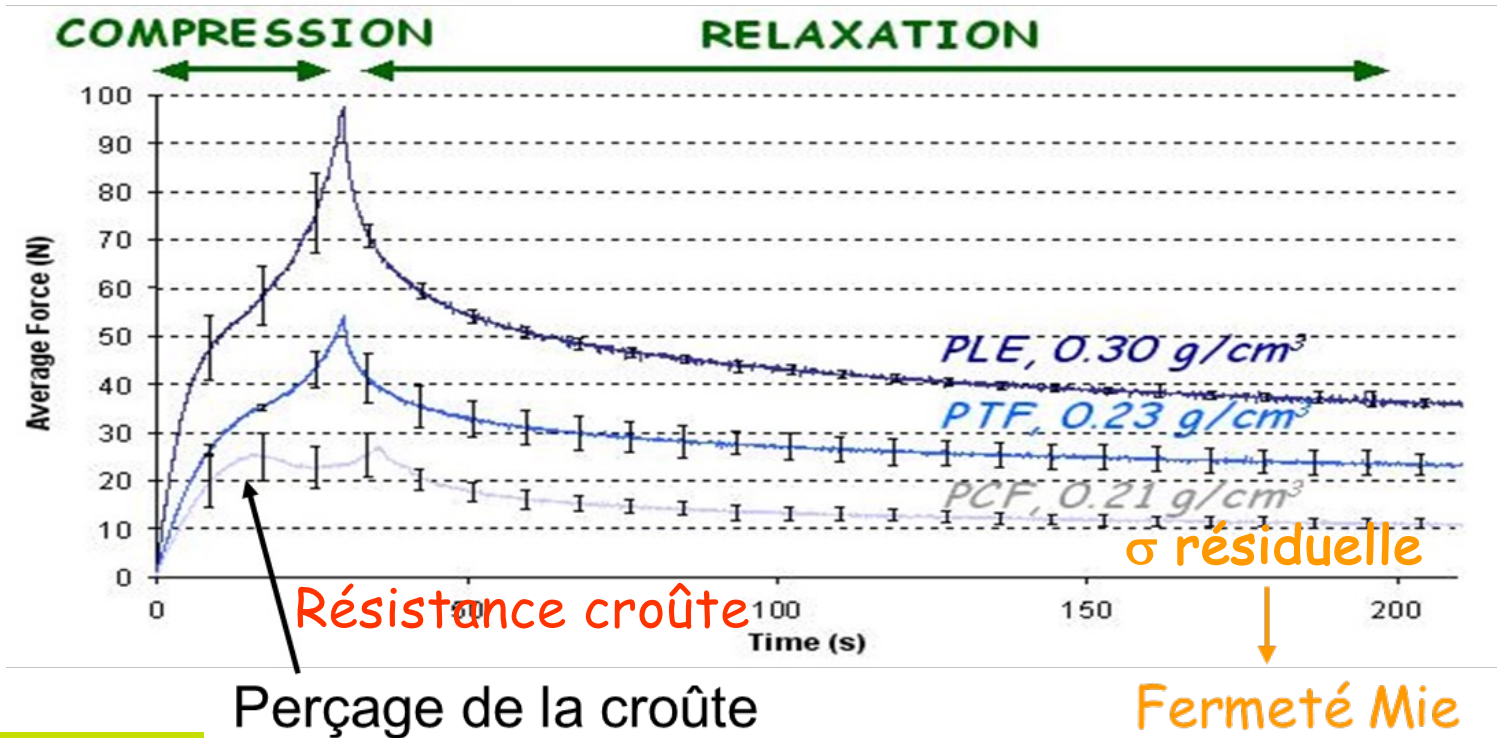


S'adapter à l'hétérogénéité de surface

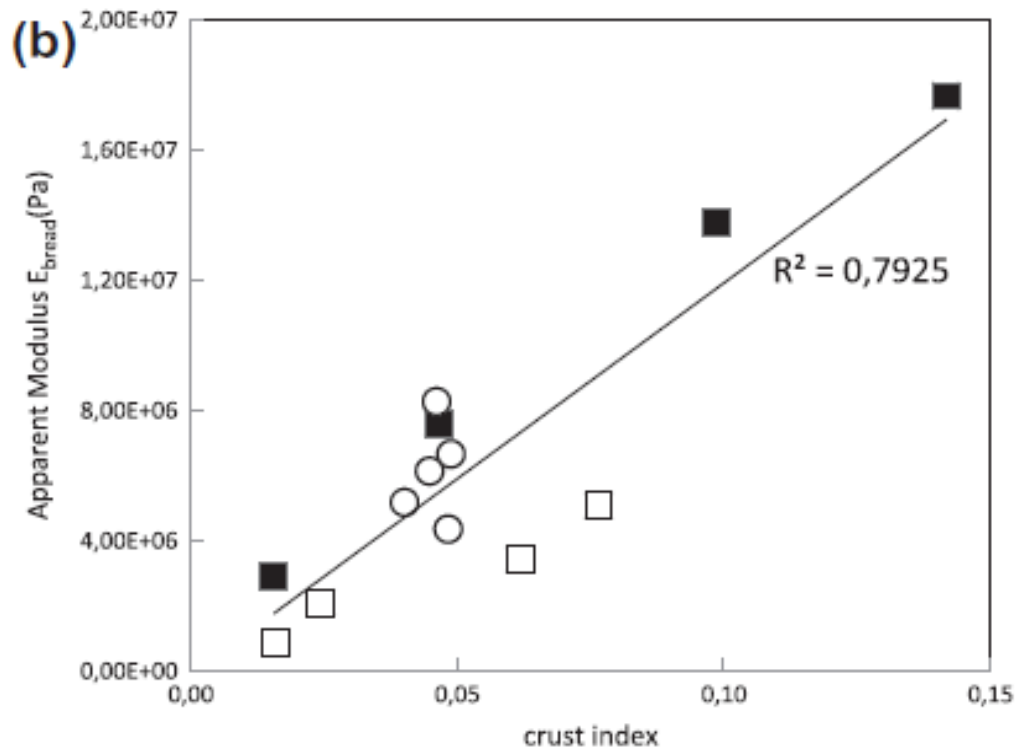


Texture de pains entiers [mie+croûte]

✓ Essais en multi-indentation



Variations des propriétés de texture



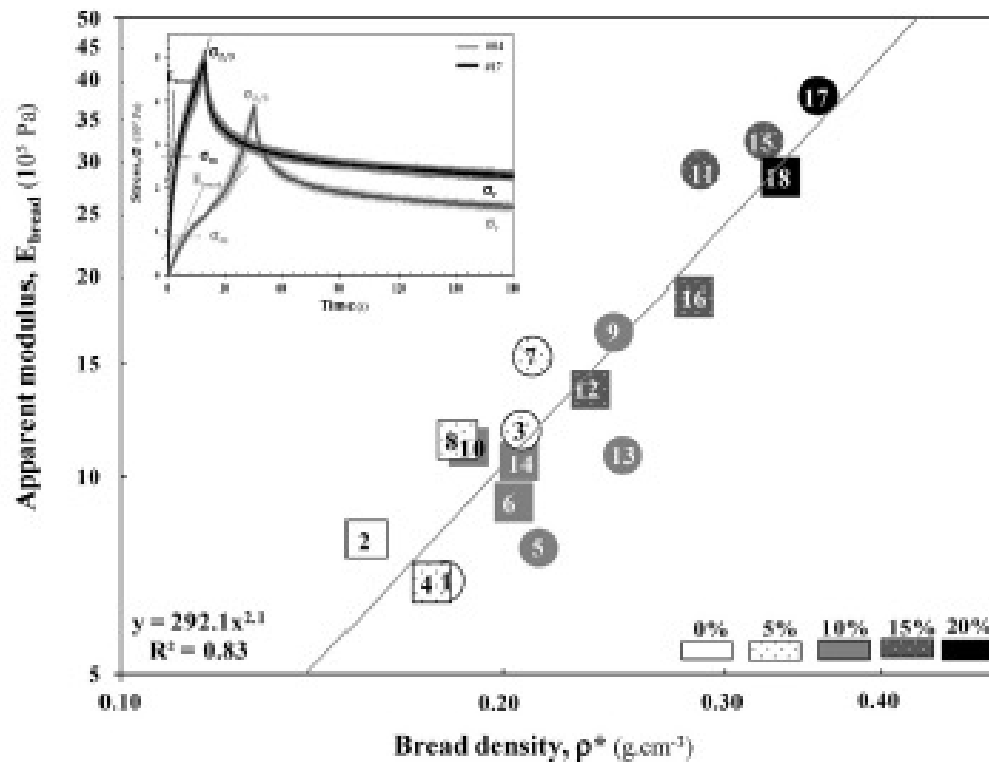
: Indice de croute vs module apparent

- : four classique
- : four à jets impactant,
- : Petits pains série A

Source : Journal of Food engineering vol 122, 2014

Module apparent de pains en fonction de leur densité

pour différentes additions de son de blé (0, 5, 10, 15, 20 % par rapport à la farine)



■ Avec ajout de gluten vital

○ Sans ajout de gluten vital

Mesure de la croustillance par multi-indentation non pertinente pour cette famille de produits

Source : Journal of Cereal Science 65 (2015) 167 – 174.

Rheological properties of wheat flour dough and French bread enriched with wheat bran

F. Le Bleis ^{a, b}, L. Chaunier ^a, H. Chiron ^a, G. Della Valle ^{a, *}, L. Saulnier ^a

TERMINOLOGIE

- Craquant
- Croustillant
- Friable
- Fissures de la croûte
- Intensité sonore



Lexique INRA

- <http://www.cepia.inra.fr/Outils-et-Ressources/Editions/glossaire/%28key%29/2>

TECHNOLOGIE

- Taux d'ext. farine
- Présence de matière grasse
- Emulsifiant
- Hygrométrie durant fermentation
- Type de four
- Courbe de cuisson
- Durée de cuisson
- Procédé direct
- Fermentation retardée

PRODUIT

- Double texture ?
- Section transversale
- Epaisseur de la croûte
- Emballage (ou absence)
- Age du produit

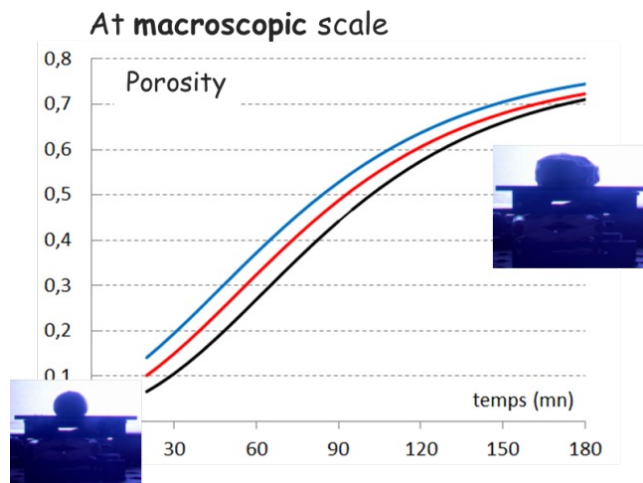
CONSOMMATEUR

- Environné par quel standard dominant de pain ? Sud Europe, Asie
- Fréquence d'achat

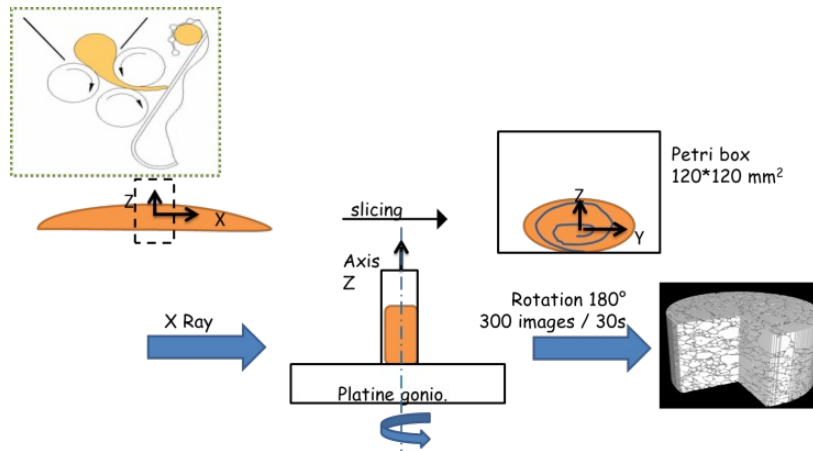


Autres méthodes du laboratoire

Suivi dynamique de fermentation



Evaluation de la micro-structure de la pâte par tomographie aux rayons X



Assemblages de connaissances sur la panification



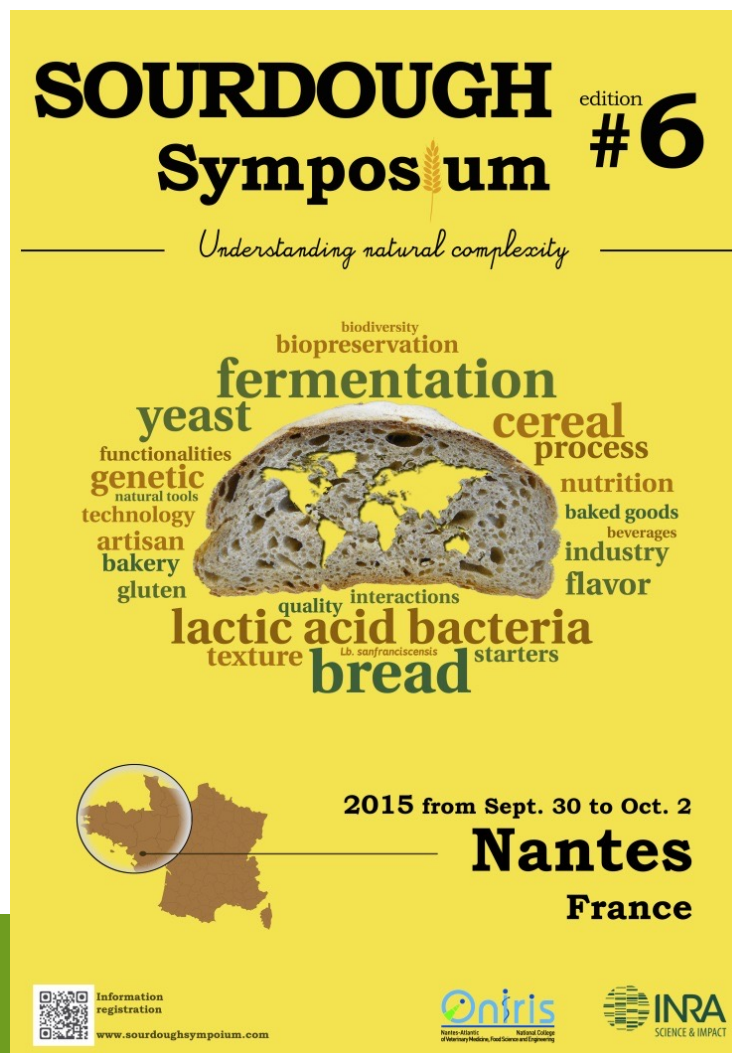
Projet Kadough en cours de labellisation



Conclusion

- **Méthode de séparation mie/croûte objective, répétable selon le panel de départ**
- **Mesures d'imagerie d'indice et d'épaisseur de croûte**
- **Lien entre ces mesures et les propriétés mécaniques des produits type pain français**

NANTES CAPITALE MONDIALE DU LEVAIN !



SESSION TECHNIQUE en
Français **le 1 octobre**

Cité des Congrès Nantes



MERCI DE VOTRE ATTENTION