



**INRA**  
SCIENCE & IMPACT

**Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité**

Denis CASSAN

UMI Ate  
UMI 1151 - PASTEURISATION DES PÂTES ALIMENTAIRES & TECHNOLOGIES ÉMERGENTES

trafooon  
Traditional Food Network to Improve the Transfer of Knowledge for Innovation

19 / 11 / 2015

Introduction

## Les différentes pâtes alimentaires

Les **pâtes alimentaires** sont fabriquées avec de la **semoule de blé dur** et de l'eau, sous **contraintes mécaniques**.

Pâtes **sèches**  
Pâtes **fraîches**  
Pâtes **longues**  
Pâtes **courtes**  
Pâtes **farcies**

*Les pâtes les plus consommées en France sont les spaghetti(s)*



Pour **fabriquer 1 kg** de pâtes, il faut **1,3 à 1,5 kg** de blé dur.

**INRA**  
SCIENCE & IMPACT

Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.02  
19 / 11 / 2015

Introduction



Les pâtes alimentaires n'ont qu'une subtile saveur

La qualité des pâtes se juge plus parce que vous ne goûtez pas que par ce que vous goûtez.

## Outils de contrôle et origine de la qualité

INRA SCIENCE & IMPACT Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité .03 19 / 11 / 2015

## Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle

*Les pâtes alimentaires, de couleur **jaune ambrée**, doivent, après cuisson, rester **fermes sans se déliter**, ni **coller entre elles**.*

1. Mécanisme de structuration
2. Processus de fabrication
3. Outils de contrôle de la qualité
4. Origine de la qualité
5. Innovations

INRA SCIENCE & IMPACT Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité .04 19 / 11 / 2015

1 – Mécanisme de structuration

1934, en France, une loi impose de fabriquer les **pâtes alimentaires** à partir de **semoule de blé dur**.

Semoule de blé dur

Pâtes cuites

Seconde transformation

Eau      Energie

Aptitude à la seconde transformation ou **valeur pastière** :

- “ **Facilité de transformer** des semoules en produits finis pâtes alimentaires
- “ **Qualité organoleptique** des produits finis
  - ✓ Aspect des pâtes crues
  - ✓ Qualité culinaire

 INRA  
SCIENCE & IMPACT

Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.05  
19 / 11 / 2015

1 – Mécanisme de structuration

Procédé de structuration des pâtes : **3 étapes**

**Étape 1 : Structuration**

- “ Développer la structure de la pâte
- “ Donner la forme de la pâte

**Étape 2 : Stabilisation**

- “ Séchage des pâtes (réduction de  $a_w$ )
- “ Traitement thermique (renforcement de la structure)

**Étape 3 : Cuisson**

- “ Gélatinisation de l'amidon
- “ Hydratation

Semoule de blé dur

Malaxage

Extrusion

Pâtes fraîches

Séchage

Pâtes sèches

Cuisson

Pâtes Cuites

 INRA  
SCIENCE & IMPACT

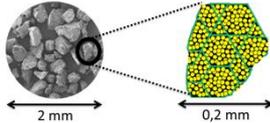
Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.06  
19 / 11 / 2015

1 – Mécanisme de structuration

Les constituants de la semoule de blé dur impliqués dans les mécanismes physico-chimiques de la qualité des pâtes :

- “ **Protéines du gluten** (protéines de réserve : gliadines et gluténines)
- “ Protéines cytoplasmiques (albumines et globulines)
- “ **Granules d'amidon**
- “ Granules endommagées d'amidon
- “ Pigments caroténoïdes

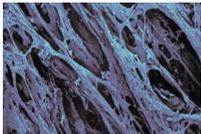
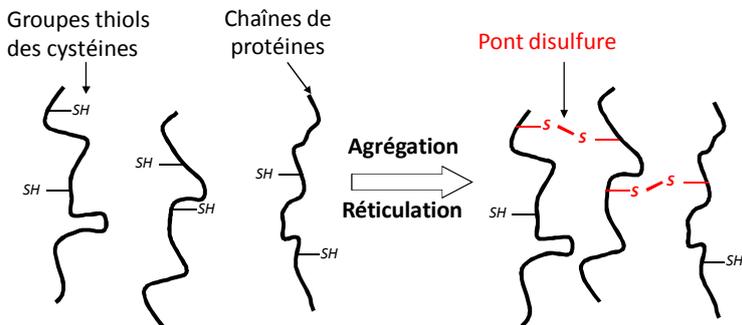



● Grains d'amidon (80%)  
■ Protéines (14%)  
— Fibres (1,6%)

INRA SCIENCE & IMPACT Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité .07 19 / 11 / 2015

1 – Mécanisme de structuration

Agrégation et réticulation des protéines : formation du réseau de gluten

Groupes thiols des cystéines

Chaînes de protéines

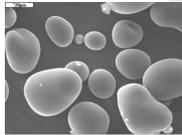
Pont disulfure

Agrégation  
Réticulation

INRA SCIENCE & IMPACT Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité .08 19 / 11 / 2015

1 – Mécanisme de structuration

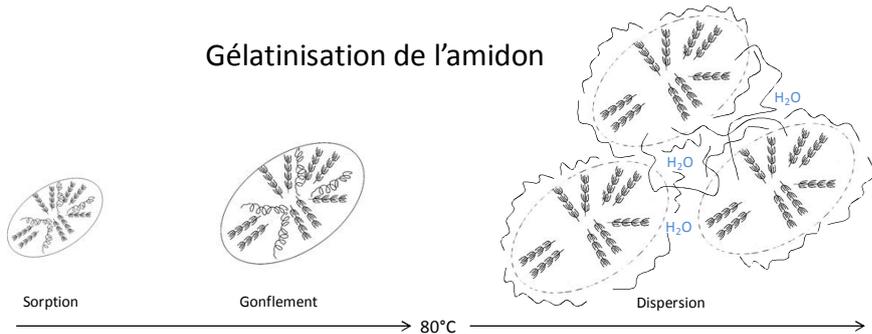
L'amidon de blé dur





Amylose      Amylopectine

Gélatinisation de l'amidon



20°C      Sorption      Gonflement      80°C      Dispersion

INRA  
SCIENCE & IMPACT

Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.09  
19 / 11 / 2015

1 – Mécanisme de structuration

Mécanisme de structuration des pâtes alimentaires

- “ Les **protéines** doivent former un **réseau continu** autour des granules d'amidon.
- “ Le **réseau doit s'insolubiliser** avant la gélatinisation des granules d'amidon.
- “ Au cours de la cuisson, le réseau **doit maintenir** dans ses mailles les **granules d'amidon gélatinisées**.

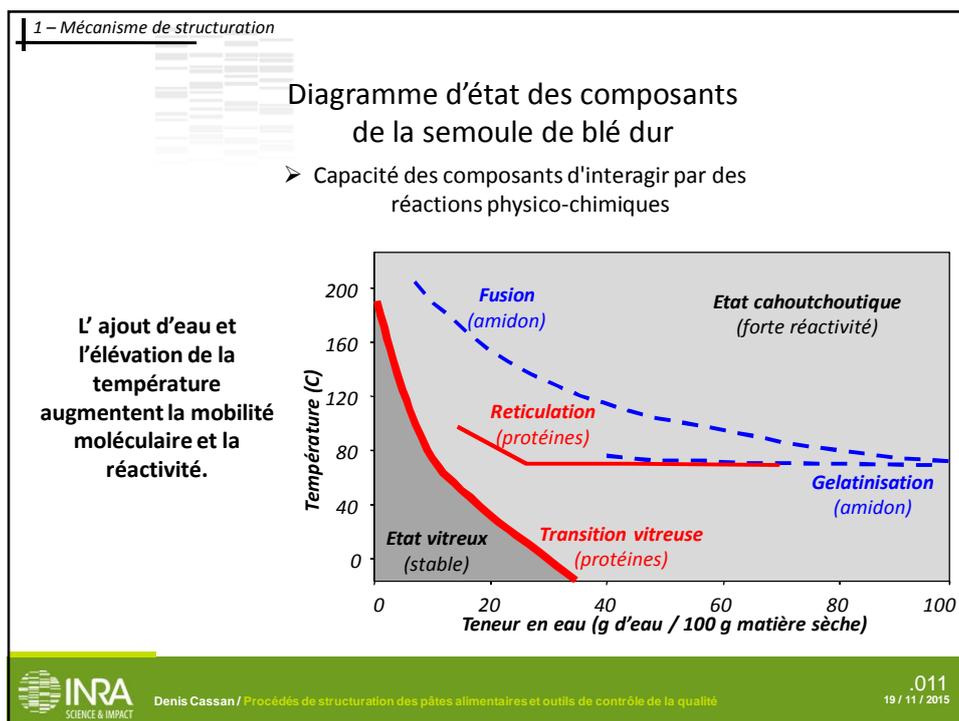




INRA  
SCIENCE & IMPACT

Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.010  
19 / 11 / 2015



### Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle

Les pâtes alimentaires, de couleur **jaune ambrée**, doivent, après cuisson, rester **fermes sans se déliter, ni coller entre elles**.

1. Mécanisme de structuration
2. Processus de fabrication
3. Outils de contrôle de la qualité
4. Origine de la qualité
5. Innovations

INRA SCIENCE & IMPACT Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité .012 19 / 11 / 2015

2 – Processus de fabrication

## Hydratation et Malaxage

L'étape d'**hydratation / malaxage** (15 – 20 minutes) assure l'**activation des constituants de la semoule**. Les protéines de gluten sont alors prêtes à interagir.

En sortie de malaxage, on obtient une pâte granulaire sableuse appelée **agglomérats**.

Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.013  
19 / 11 / 2015

2 – Processus de fabrication

## Extrusion

L'étape d'**extrusion** assure le **développement de la structure de la pâte**.

L'apport important d'énergie mécanique permet la **structuration par la mise en place du réseau protéique**, et la **mise en forme par l'écoulement au travers d'une filière**.

Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.014  
19 / 11 / 2015

2 – Processus de fabrication

## Séchage

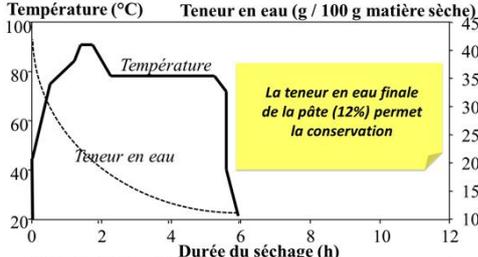
Chaleur

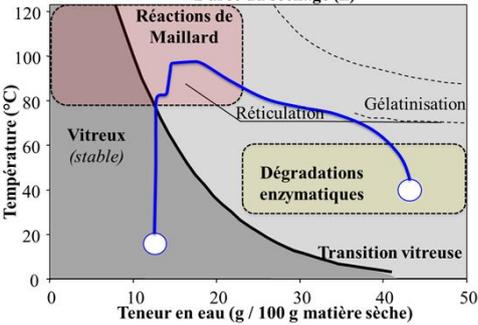
Eau



L'étape du **séchage** assure le **renforcement de la structure** et la **stabilisation de la pâte**.

Un **diagramme** de séchage est appliqué (succession de différentes **conditions de température et d'humidité relative**) pour prévenir la formation de gerçures.







Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.015  
19 / 11 / 2015

2 – Processus de fabrication

## Cuisson

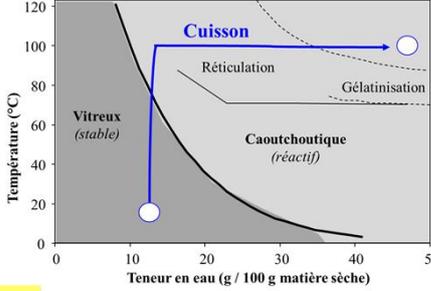
Eau

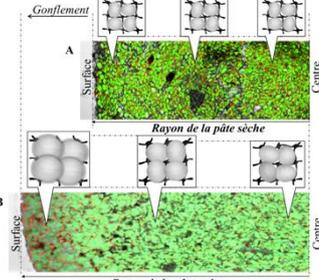
Chaleur



L'étape de **cuisson** est indispensable pour obtenir les **qualités organoleptiques et nutritionnelles** recherchées.

**Traitement hydro-thermique, 100°C en excès d'eau, permet la gélatinisation de l'amidon et la réticulation des protéines**





Schématisation de la structure de la pâte alimentaire sèche avant cuisson (A) gradient de modifications imposées par l'étape de cuisson par immersion dans l'eau bouillante



Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.016  
19 / 11 / 2015

## Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle

*Les pâtes alimentaires, de couleur **jaune ambrée**, doivent, après cuisson, rester **fermes sans se déliter, ni coller entre elles**.*

1. Mécanisme de structuration
2. Processus de fabrication
3. Outils de contrôle de la qualité
4. Origine de la qualité
5. Innovations





**INRA**  
 SCIENCE & IMPACT

Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.017  
 19 / 11 / 2015

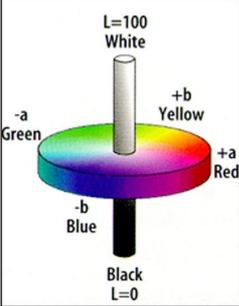
### 3 – Outils de contrôle de la qualité

#### Couleur(s)

**Couleur(s)** = Nuances de jaune, rouge et brun

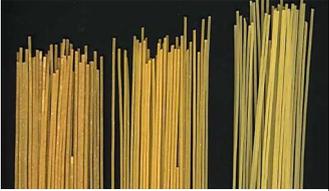
AACC Method 14-22 Color of Pasta—Reflectance Colorimeter Method

- Déterminée à l'aide d'un Chromamètre.
- Échelle de couleur CIE
  - Clarté :  $L^* = 55-60$ .
  - Indice de rouge :  $a^* = 5-7$ .
  - Indice de jaune :  $b^* = 30-40$ .

**Origines:**

- Composante jaune** : teneur en pigments caroténoïdes des semoules (peuvent être oxydées par les lipoxygénases -> malaxage et extrusion sous vide)
- Composante brune** : activité enzymatique
- Composante rouge** : réactions de Maillard




**INRA**  
 SCIENCE & IMPACT

Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.018  
 19 / 11 / 2015

## 3 – Outils de contrôle de la qualité

## Aspects visuels

## Dénombrement à partir d'observations visuelles des piqûres &amp; gerçures:

- Piqûres **noires** (proviennent de grains mouchetés)
- Piqûres **brunes** (proviennent de particules de sons non éliminées au cours de la mouture)
- Piqûres **blanches** (proviennent de mauvaises conditions d'hydratation)
- **Gerçures** : Écailles blanches dans la structure (proviennent de mauvaises conditions de séchage)



**Aspect de surface:** dépend de la nature du moule d'extrusion:

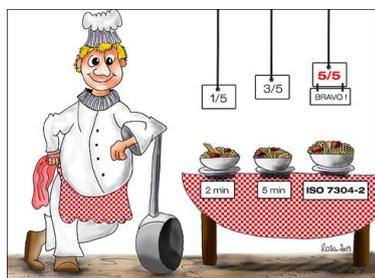
- Téflon --> Surface lisse
- Bronze --> Surface rugueuse



## 3 – Outils de contrôle de la qualité

## Objectifs de la cuisson

Gélatinisation des granules d'amidon (pour les rendre digestibles) dans la pâte par immersion dans de l'eau bouillante pendant une durée « **suffisante** » .



**Optimum cooking time** : ISO 7304-2:2008 : Pâtes alimentaires produites à partir de semoule de blé dur - Appréciation de la qualité de cuisson par analyse sensorielle.

**Protocole standardisé (NF ISO 7304)**

- Un échantillon de **100 g de pâtes** découpées en brins de **15 cm** environ est plongé dans **2l d'eau**.
- L'eau est préalablement **salée à 7 g.l-1** et portée puis maintenue à ébullition (plaque de cuisson Gerhart Bronn, 1500W) tout au long de la cuisson.
- A la fin de la cuisson, les pâtes sont versées dans une passoire, égouttées puis rincées avec **500 mL d'eau froide**.
- Les pâtes cuites sont alors placées dans une boîte de pétri saturée en humidité, sur laquelle un couvercle est posé.

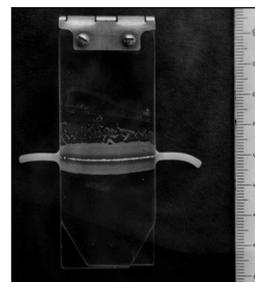
## 3 – Outils de contrôle de la qualité

**Temps de cuisson**

Temps nécessaire pour hydrater la pâte et gélatiniser l'amidon.

Détermination par **observation visuelle** après écrasement entre 2 plaques de plexiglass.

--> Observation de la **disparition de la ligne blanche** au centre de la pâte



**Temps minimal** (T) : Temps à partir duquel l'amidon est entièrement gélatinisé.

**Temps optimal** (T + 1 min) : Temps pour donner à la pâte la texture recherchée.

**Temps maximal** (T + 6 min) : Temps au-delà duquel les produits se désintègrent.

*Le temps optimal de cuisson est proportionnel au diamètre des pâtes à l'état cru.*



Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.021  
19 / 11 / 2015

## 3 – Outils de contrôle de la qualité

**Absorption d'eau et gonflement**

- Absorption d'eau au cours de la cuisson: 160-180 g eau / 100 g pâtes sèches
- Augmentation diamètre.
- Augmentation décalée de la longueur.

*Le diamètre des pâtes après cuisson est proportionnel au diamètre des pâtes à l'état cru.*

**Pertes à la cuisson**

- Solubilisation dans l'eau de cuisson d'une partie des constituants de la surface.
- Solubilisation des chaînes d'amidon non immobilisées par le réseau protéique.



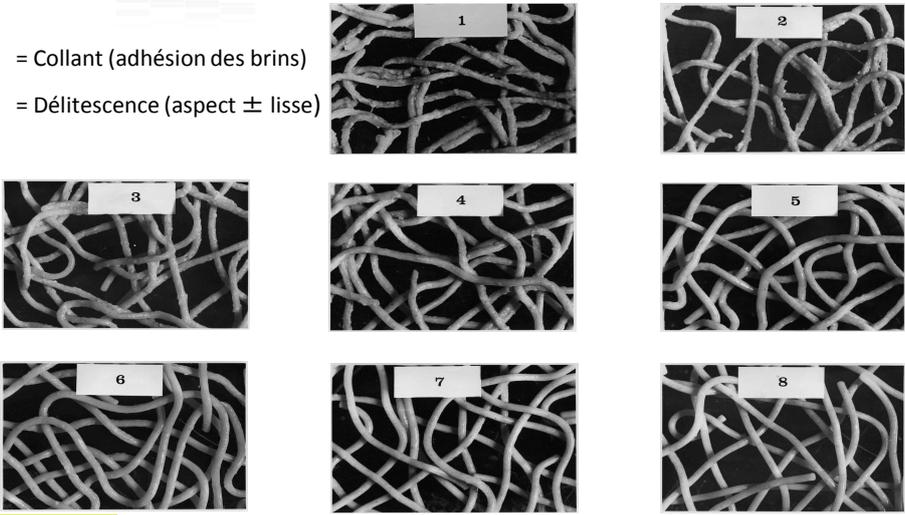
Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.022  
19 / 11 / 2015

3 – Outils de contrôle de la qualité

**Propriétés de surface**

= Collant (adhésion des brins)  
= Délitescence (aspect  $\pm$  lisse)



INRA  
SCIENCE & IMPACT

Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

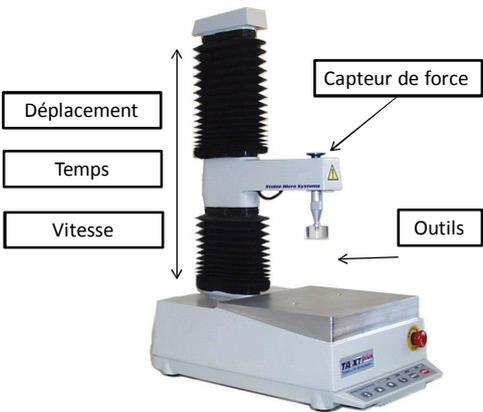
.023  
19 / 11 / 2015

3 – Outils de contrôle de la qualité

**Propriétés de texture**

Mesures du comportement par des pâtes soumises à des **contraintes / déformations**.  
Utilisation de **texturomètre** (problème de géométrie des pâtes)

- Fermeté
- Résistance des pâtes crues
- Résistance des pâtes cuites
- Collant des pâtes cuites.
- Résistance à la traction
- Extensibilité
- Résistance à flexion: spaghettis secs
- AACC (16-50) méthode standard

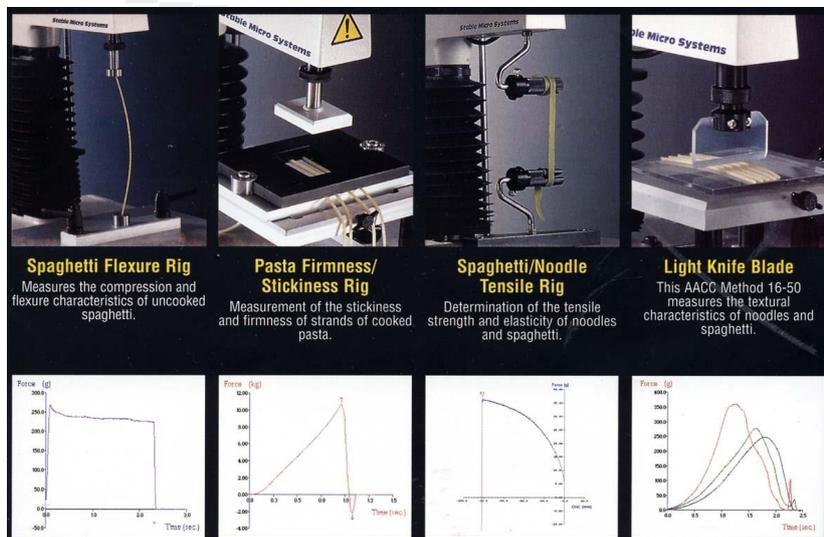


INRA  
SCIENCE & IMPACT

Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.024  
19 / 11 / 2015

## 3 – Outils de contrôle de la qualité

**Les différents outils dédiés aux pâtes**

Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.025  
19 / 11 / 2015

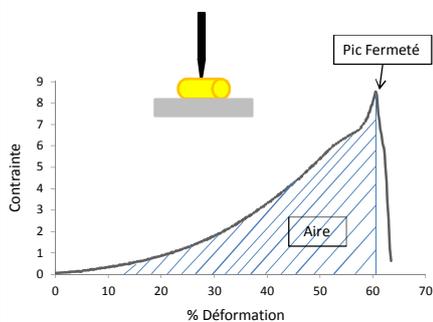
## 3 – Outils de contrôle de la qualité

**Test de fermeté**Protocole expérimental

- On détecte le diamètre moyen des 5 spaghetti(s)
- On applique une déformation de 60% à la vitesse de 2 mm/s
- On mesure la force

Analyse des résultats

- On trace la courbe de la contrainte (Force divisée par la surface du couteau) en fonction du pourcentage de déformation.
- Le pic exprime la fermeté
- L'aire sous la courbe donne l'énergie de déformation.



Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.026  
19 / 11 / 2015

## 3 – Outils de contrôle de la qualité

## Autres formats

**Analyse de texture des formats autres que les spaghetti(s)**

Les pâtes sont d'abord **compactées**, puis elles sont **extrudées** à travers le treillis métallique.

Protocole expérimental

Compression à 5 mm/sec sur une distance de 105 mm.

Analyse des résultats

La **force moyenne** d'extrusion est relevée entre **16 et 21 sec**, ce qui correspond aux derniers 25 mm de course



Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.027  
19 / 11 / 2015

## 3 – Outils de contrôle de la qualité

## Evaluation de la qualité des pâtes par l'analyse sensorielle

Il est utile de **relier les résultats** obtenus avec l'avis d'un panel **d'évaluation sensorielle** : c'est bien le consommateur final qui tranche sur une « **bonne** » pâte.

## L' Analyse sensorielle

Ensemble de **méthodes** permettant de **mesurer** les perceptions sensorielles : **vue, ouïe, odorat, goût, toucher**.

Fondée sur trois niveaux métrologiques : **percevoir, identifier, discerner**.

Les sens **ne se limitent pas** à une réaction physiologique à un stimulus, mais prennent en compte l'**expérience** de la personne, son **vécu**, son **état d'esprit** (humeur), son **environnement** (ambiance)...



Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.028  
19 / 11 / 2015

## Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle

*Les pâtes alimentaires, de couleur **jaune ambrée**, doivent, après cuisson, rester **fermes sans se déliter**, ni **coller entre elles**.*

1. Mécanisme de structuration
2. Processus de fabrication
3. Outils de contrôle de la qualité
4. Origine de la qualité
5. Innovations





 Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité
 .029  
19 / 11 / 2015

4 – Origine de la qualité

Qualité des pâtes		Origine "blé"	Origine "procédé"
Aspect	Jaune Clarté Rouge	Caroténoïdes, LOX PPO (--)	Malaxage & Séchage Malaxage & Séchage Séchage (Maillard)
	Gerçure	(--)	Séchage (vitesse)
	Piqûres noires Piqûres brunes Piqûres blanches	Moucheture (--) (--)	(--) Mouture Malaxage
Qualité culinaire	Viscoélasticité	Protéines (quantité et qualité)	(+) Traitement thermique au séchage
	Collant Délitescence	(--)	(+) Traitement thermique au séchage


 Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité
 .030  
19 / 11 / 2015

4 – Origine de la qualité

### Contribution des protéines du gluten

**Semoule:** - **Quantité et qualité** des protéines du gluten.

**Malaxage:** - **Point de pâte**

**Extrusion :** - **Formation** du **réseau de gluten** autour des granules d'amidon.

**Séchage :** - **Réticulation** du réseau de gluten (séchage THT fin de cycle).

**Cuisson :** - Coagulation du réseau de gluten.

**Pâtes :** - Contribuent à la **fermeté & viscoélasticité**.  
- Contribuent à la **diminution du collant** et délitescence.  
- Contribuent au **faible IG de l'amidon**.

 INRA  
SCIENCE & IMPACT Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité .031  
19 / 11 / 2015

4 – Origine de la qualité

### Contribution des granules d'amidon

**Semoule:** - Contient des **granules d'amidon endommagées** si taux d'extraction élevé

**Malaxage:** - **Granules d'amidon endommagées** affectent la **teneur en eau optimale**

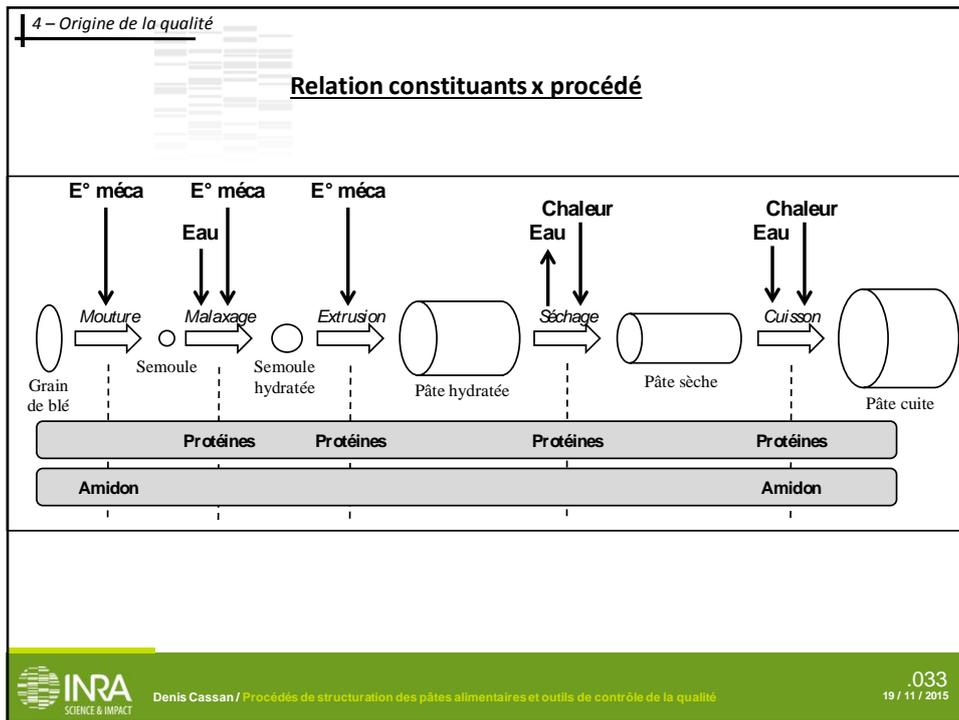
**Extrusion :** -

**Séchage :** - Dégradation des granules si problème de séchage. Les granules d'amidon endommagé participent aux réactions de Maillard

**Cuisson :** - **Gélatinisation** des granules.

**Pâtes :** - **Participent à la structure** de la pâte  
- Pas d'effet négatif si le réseau de gluten est « bien structuré ».  
- A l'origine du collant et de la délitescence si problème séchage.

 INRA  
SCIENCE & IMPACT Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité .032  
19 / 11 / 2015



## Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle

*Les pâtes alimentaires, de couleur **jaune ambrée**, doivent, après cuisson, rester **fermes sans se déliter**, ni **coller entre elles**.*

1. Mécanisme de structuration
2. Processus de fabrication
3. Outils de contrôle de la qualité
4. Origine de la qualité
5. Innovations

INRA SCIENCE & IMPACT Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité .034 19 / 11 / 2015

5 – Innovations

Consommation pâtes alimentaires en France : 8,0 kg/habitant/an

80% des parts du marché des pâtes alimentaires pour les pâtes sèches  
(spaghetti 26%, tagliatelles 17% et coquillettes 15%)

## Innovation sur un produit de « base »

Que s'approprie un public car  
correspondant à ses besoins ou ses attentes  
explicites ou insoupçonnées jusqu'alors.



Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.035  
19 / 11 / 2015

5 – Innovations

Préparation plus simple et  
plus rapide



Pâtes précuites avec un  
emballage type doypack  
(micro-onde)



Cuisson 3 Minutes : une  
pâte plus fine pour une  
cuisson encore plus rapide



Pâtes à poêler



Le plat cuisiné est fourni dans  
une box, avec une sauce  
séparée dans le couvercle.



Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.036  
19 / 11 / 2015

## 5 – Innovations

## Haut de gamme



Pâtes laminées à base de semoule de blé dur, d'œufs frais et d' Encre de seiche et de feuilles d'or alimentaire déposées à la main.



Pâtes laminées, séchées à froid, cuisson rapide.



Pâtes sèches avec un goût proche des pâtes fraîches



Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.037  
19 / 11 / 2015

## 5 – Innovations

## Circuits courts



## Produits « naturels »



## Santé



Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.038  
19 / 11 / 2015

## 5 – Innovations

## Spécialités



Epeautre



Légumineuse



Pâtes à base de blé tendre, blancs d'œufs, lait, et du sel de Guérande, cultivé sur l'exploitation familiale.



Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.039  
19 / 11 / 2015

## 5 – Innovations

## Produits « service »

**Gamme de pâtes ultra résistantes**

- = Qualité des blés (sélection variétale)
- = Recette (blanc d'œuf)
- = Process de séchage (basse température)

--> Ne collent pas

(avec temps de cuisson doublé)

--> Ne se déforment pas au réchauffage



Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.040  
19 / 11 / 2015



“L’innovation est une alliance entre  
recherche, marketing, instinct,  
imagination, produit et courage  
industriel.”

Antoine Riboud



Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.041  
19 / 11 / 2015



Denis Cassan / Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité

.042  
19 / 11 / 2015