

## Indicateurs de la qualité technologique des blés et farines

### Méthodes de caractérisation de la valeur boulangère

**Philippe Roussel**  
**Florian Marteau**



## Plan

- Caractérisation chimique
- méthodes rhéologiques (alvéographe, farinographe, mixolab)
- méthodes enzymatiques (temps de chute de Hagberg, amylographe)
- Méthodes de caractérisation de la valeur boulangère
- L'expérience PaysBlé



## Caractéristiques chimiques



## Composition chimique des grains de céréales

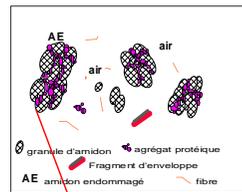
Espèces	Eau	Amidon et petits glucides	Protides	Lipides	Fibres	Minéraux (taux de cendres)
Avoine	13-15	50-54	12-13	5,0-6,0	14-15	2,5-3,0
Blé tendre	13-15	64-68	10-12	1,7-1,9	5,0-5,5	1,7-1,9
Blé dur	13-15	62-66	13-14	1,8-2,0	5,0-5,5	1,8-2,0
Maïs	13-15	58-62	9-11	5,0-5,5	10-11	1,0-1,1
Orge	13-15	57-63	10-11	2,0-2,5	10-11	2,5-2,7
Riz (cargo)	13-15	70-72	7-8	1,8-2,4	2,0-3,0	1,0-1,5
Sarrasin	13-15	57-63	10-11	2,0-2,5	11-12	1,9-2,1
Seigle	13-15	62-66	9-11	1,7-1,8	7,0-8,0	1,9-2,1
Triticale	13-15	61-65	12-13	1,7-1,8	6,0-7,0	1,9-2,1
Quinoa	13-15	56-60	12-14	5,0-7,0	8,0-10,0	2,2-2,5
Millet	13-15	66	10-11	4		1,5
Epautre	13-15	65	10-12	2-3		2,0



La composition chimique joue à la fois sur la valeur technologique de première et de deuxième transformation des grains

Rappels : définitions amidon, protéines, gluten, cellulose, hémicelluloses

## Amidon et protéines du blé tendre

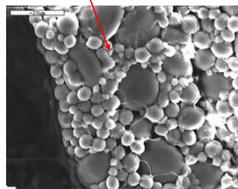


La farine : des fragments hétérogènes issus principalement de l'amande du blé

farine  
+  
eau  
=  
pâte



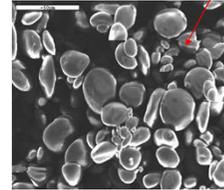
Malaxage sous un filet d'eau



Fragment d'amande



Partie protéique insoluble : le gluten



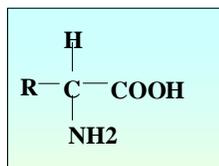
Fraction entraînée par l'eau : l'amidon

Triptoleme,

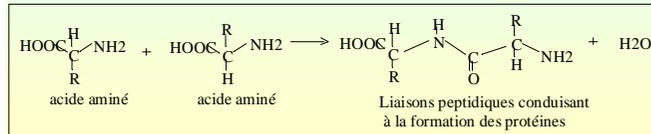
Triptoleme,

## Protéines

## Constitution des protéines



STRUCTURE GÉNÉRALE  
D'UN ACIDE AMINÉ



Il existe une vingtaine d'acides aminés différents

Les molécules d'acides aminés ont des groupements fixes (COOH et NH<sub>2</sub>) et variables (SH)

Triptoleme,

## Propriétés des protéines et rôles dans la structuration

Cette variabilité donne aux protéines des propriétés de liaisons très diverses :

- Liaisons polaires ou hydrophiles (avec l'eau)
- Interactions hydrophobes (avec les matières grasses)
- Liaisons ioniques, certains atomes font apparaître des charges + et - (liaisons avec les éléments chargés comme le sel, les acides...)
- Liaisons d'oxydation entre molécules de cystéine (liaisons à forte énergie)

Triptoleme,

### Teneur en Gluten humide et Gluten Index

Extraction mécanique : ISO 17495 ou gluten index (ICC 155)



Extraction mécanique au  
Glutomatic



Centrifugation



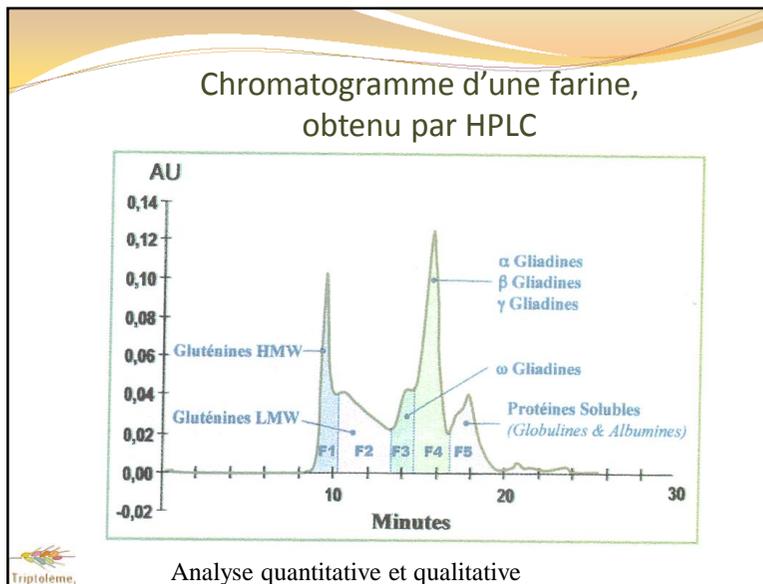
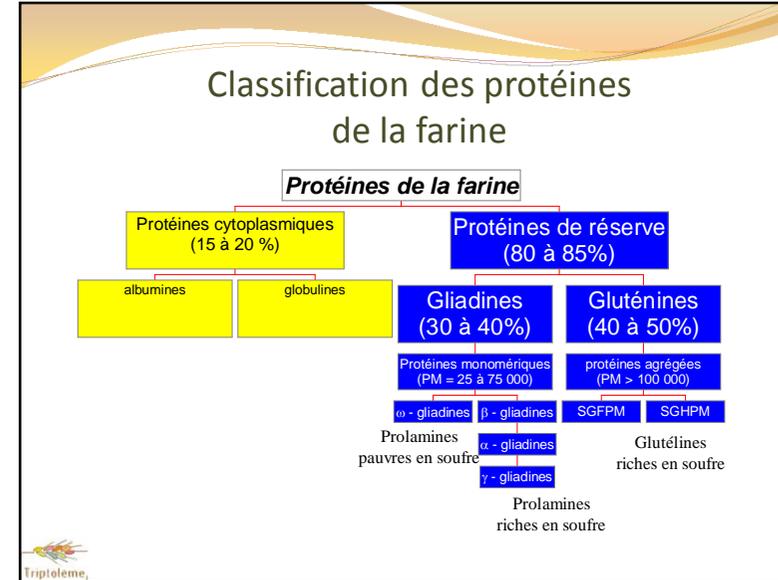
Séchage

Gluten humide : quantité de gluten obtenu par malaxage mécanique d'un mélange de mouture et eau puis lavage du mélange avec une solution d'eau salée

Gluten Index : tamisage forcé par centrifugation du gluten au travers d'une filière de 600 µm

Echelle de 1 à 100, GI élevé lorsque la fraction gluténine est élevée, GI faible lorsque la fraction gliadine est élevée

Pour la panification, GH ~ 24-27%, GI ~ 80-90 %



### Stabilisation des structures : coagulation des protéines

Modification des propriétés visco-élastiques ou fonctionnelles des protéines en une structure rigide. (Exemple la coagulation du blanc d'œuf par la cuisson)




La coagulation peut être provoquée par les acides, des opérations mécaniques

2016 Texture des produits céréaliers 12

# Amidon



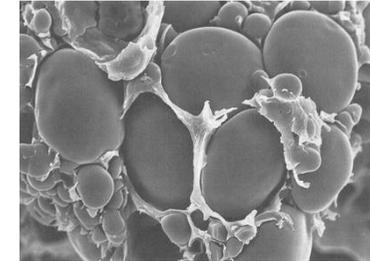
## Granules d'amidon de blé

### É Granules de type A :

Lenticulaires  
20 à 25 µm  
80-90% en poids, 15-20% en nombre

### É Granules de type B :

Sphériques  
2 à 10 µm  
10-20% en poids, 80-85% en nombre



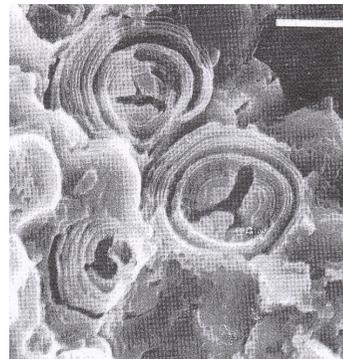
Granules d'amidon  
dans une matrice protéique (farine)



## Granules d'amidon endommagé

Endommagement de l'amidon  
lié à :

- Dureté blé
- Nombre et rigueur des traitements  
subis au moulin, au niveau des  
cylindres lisses (serrage, débit..)

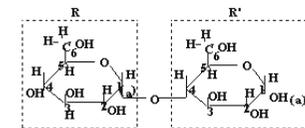


Barre=10µm

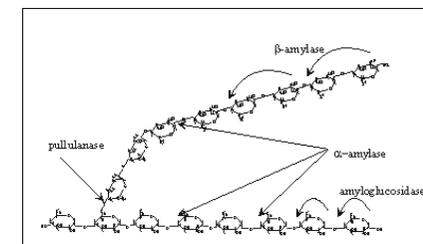


## Les chaînes d'amidon

Amylose : chaînes linéaires  
de glucose

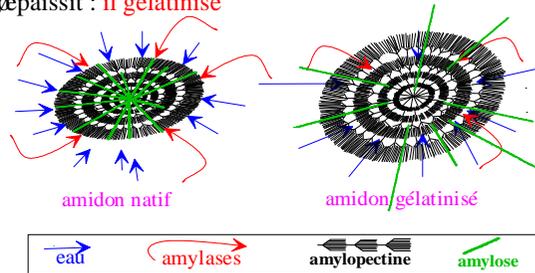


Amylopectine : chaînes  
ramifiées de glucose



## Influence de la température sur la structure de l'amidon

Modification du grain d'amidon de l'état cristallisé vers un état amorphe sous l'effet de la température. L'eau diffuse dans le granule, celui-ci gonfle, formation de liaisons entre chaînes, le milieu s'épaissit : **il gélatinise**



Tryptolème, 2016

Texture des produits céréaliers

17

## Les fibres

Les fibres des céréales sont composées de chaînes glucidiques de type, cellulose,  $\beta$  glucanes, pentosanes solubles (gommes ou mucillages) et insolubles (hémicelluloses).

Quel que soit leur degré de solubilité, les pentosanes (arabino-xylanes...) qui n'ont pas de structure cristalline comme la cellulose, peuvent fixer facilement l'eau. Leur capacité d'hydratation suivant la viscosité recherchée varie entre 3 à 6 fois leur poids en eau, les pentosanes ont donc des propriétés épaississantes.

Il existe une variabilité en fonction des variétés de blé **mais aussi des conditions agroclimatiques.**

Tryptolème,

## Répartition des matières minérales : le blé

Constituants	% de matières minérales / ms (par rapport à la matière sèche)
Enveloppes (sons) :	
- péricarpe	2 à 4 %
- tégument séminal	12 à 18 %
- assise protéique	6 à 15 %
Germe	5 à 6 %
Amande	0,35 à 0,60 %
Blé entier	1,6 à 2,1 %

Tryptolème,

## Les analyses indirectes de prédiction de la valeur boulangère

- Si la valeur boulangère d'une farine est liée directement à sa composition chimique :

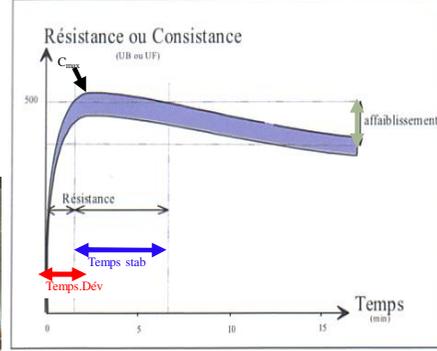
- la quantification des éléments organiques (glucides, lipides, protéides) et minéraux ne permet qu'une première approche qualitative de ce produit mais insuffisante pour prédire la valeur boulangère.

- l'interaction de ces constituants avec l'eau dans un milieu pâteux permet par l'analyse rhéologique d'avoir une approche complémentaire souvent plus pertinente mais qui reste incomplète.

Tryptolème,

## Farinographe Brabender

(NF ISO 5530-1)

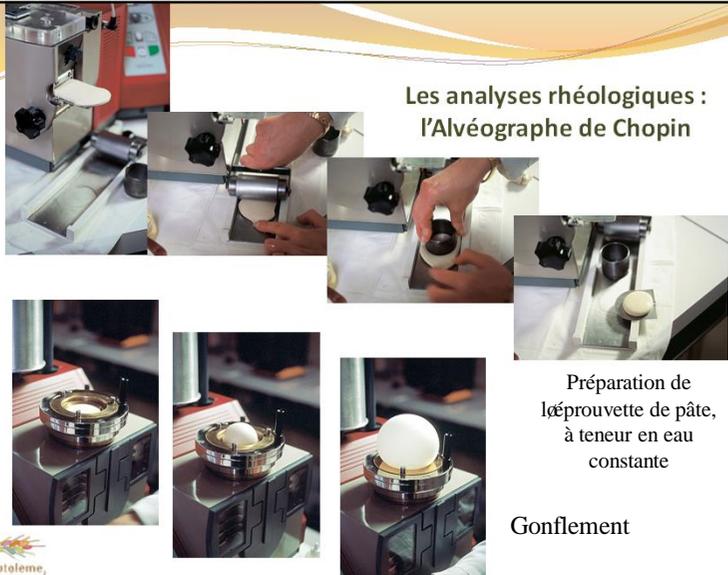

Triptoleme,

## Analyse des paramètres farinographiques en fonction d'une utilisation en panification française

Appréciation	Hydratation (%)	Stabilité (min)	Affaiblissement (UB ou UF)
Insuffisant	< 50	< 2	> 100
Moyen	50 - 55	2 - 4	50 - 100
Bon	55 - 60	4 - 10	20 - 50
Très bon	> 60	> 10	< 20

Triptoleme,

## Les analyses rhéologiques : l'Alvéographe de Chopin

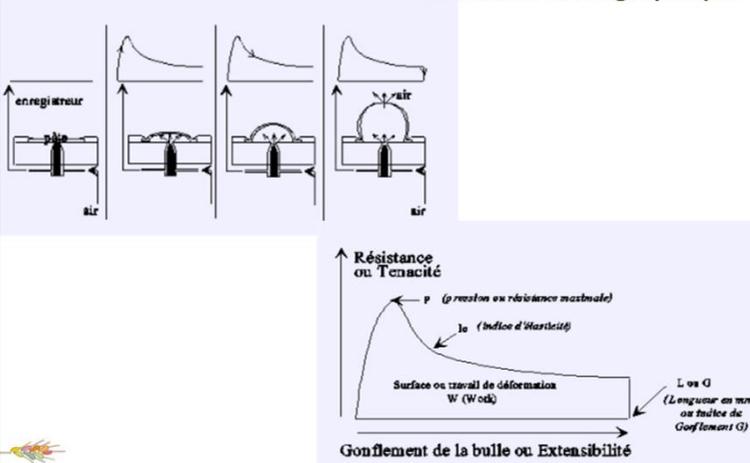


Préparation de  
l'éprouvette de pâte,  
à teneur en eau  
constante

Gonflement

Triptoleme,

## La courbe alvéographique



Triptoleme,

## Signification rhéologique des paramètres alvéographiques

P : résistance maximum de la pâte à la déformation

P dépend :

- de la consistance de la pâte, ou de sa **viscosité**
- de la **résistance élastique**

L : représente l'**extensibilité** biaxiale de la pâte.

$le = P_{200}/P$  dépend des propriétés **élastiques** de la pâte

- courbe creuse; pâte peu élastique (ex: Thésée)
- chute de pression faible : pâte élastique et peu extensible (ex : Soissons, blés de force)



## Analyse des paramètres alvéographiques en fonction d'une utilisation en panification française

Appréciations	P	G	le	W
insuffisant	< 40	< 20	< 35	< 150
moyen	40 - 60	20 - 22	35 - 45	150 - 180
bon	60 - 80	22 - 24	45 - 55	180 - 220

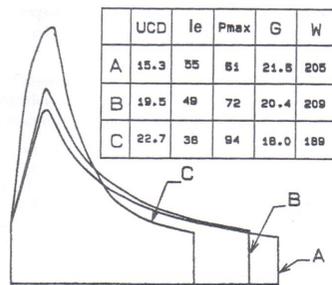
Reproductibilité :

W : coefficient de variation de 8 %

P : coefficient de variation de 8 %

G : coefficient de variation de 5 %

## Influence des conditions de mouture sur les paramètres alvéographiques



Une augmentation du degré d'endommagement de l'amidon (UCD) accroît le potentiel d'hydratation de la farine.

## Les analyses enzymatiques : le temps de chute de Hagberg

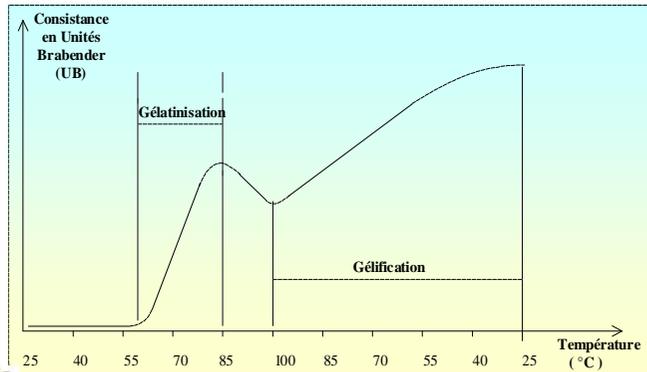


Détermine le niveau d'activité alpha-amylasique, qui peut devenir excessive par suite de la présence de grains germés ou en voie de germination.

Temps que met un stylet à atteindre le fond d'un tube contenant un mélange de mouture et d'eau, immergé dans un bain bouillant.



## Les analyses rhéologiques : l'Amylographe de Brabender



## Avantages et limites des analyses indirectes

- Intérêt des analyses indirectes : rapidité, la répétabilité, le coût et la reproductibilité.
- Les corrélations entre une valeur d'analyse indirecte et la valeur boulangère pour du pain français (somme de critères multiples) sont imparfaites.
- Les potentialités qualitatives observées par ces analyses ont une meilleure valeur prédictive sur un ou quelques critères.
- Cette approche permet de définir ce que l'on ne veut pas. On borne des niveaux inférieurs et/ou supérieurs au delà desquels on considère que la qualité ne sera pas assurée.

## Exemple de corrélation entre analyses indirectes et panification

G (alvéographe)	lissage des pâtes
P (alvéographe)	Consistance des pâtes au pétrissage
Ie (alvéographe)	élasticité des pâtes, allongement au façonnage
Amidons endommagés	hydratation des pâtes
% protéines	hydratation, élasticité, rétention gazeuse
Rapport gliadines/gluténines	lissage des pâtes

## Exemple de bornage qualitatif pour le choix des blés en panification française

- Protéines sur blé (en % m.s. ; N x 5,7) :  $\geq 11$  % et  $\leq 13$  %
- Amidons endommagés (Unités Chopin-Dubois) :  $\geq 15$  et  $\leq 25$
- Temps de chute de Hagberg  $\geq 250$  secondes

- Caractéristiques alvéographiques (sans produits d'addition) :

Appréciations	P	G	Ie	W
insuffisant	< 40	< 20	< 35	< 150
bon	60 - 80	22 - 24	45 - 55	180 - 220

## Grilles de classement des blés français

Classes	Protéines (N*5.7)%MS	(W) Force boulangère (10 <sup>4</sup> J/g)	Hagberg (s)	Répartition 2011
E	~ 12 %	~ 250	~ 220	1 %
1	11 - 12,5 %	160 - 250	~ 220	60 %
2	10,5 - 11,5 %	selon spécification contractuelle	~ 180	30 %
3	< 10,5 %	non spécifié	non spécifié	9 %



## Qualité technologique des blés et farines

Il s'agit de la valeur d'utilisation de la farine pour la fabrication d'un produit.

La valeur boulangère correspond à la fabrication d'un type de pain, et la valeur biscuitière est associée à la fabrication d'un type de biscuit.

La détermination de la valeur technologique suppose la mise en oeuvre d'un protocole normalisé de fabrication à échelle réduite.



## Notion de valeur boulangère appliquée au pain français

- rendement en pâte : absorption d'eau pour une consistance donnée ;
- tolérance de la pâte au pétrissage ;
- machinabilité de la pâte : critères de collant, d'élasticité, de stabilité, d'extensibilité ;
- développement de la pâte et du pain (caractéristiques de production gazeuse, de rétention gazeuse et d'aptitude à la déformation) ;
- aspect extérieur du pain (couleur, texture, coups de lame)
- qualité organoleptique de la mie (couleur, odeur, texture).



## Essai de panification pain français : optimisation de la méthodologie

- Une méthode ancienne développée en 1969, la méthode CNERNA
- Début du travail de normalisation 1989, normalisation AFNOR en 2002
- Définition d'un glossaire pour apprécier les caractéristiques des pâtes et des pains avec une approche rhéologique et d'analyse sensorielle
- Remplacement des termes par une grille de notation qui prend en compte la manière de juger des boulangers et facilement utilisable par les professionnels non boulangers
- Introduction d'un système de notation global à partir des résultats obtenus sur la grille



## Essai de panification : domaine d'application

- La valeur boulangère est associée à un protocole opératoire d'essai de panification pain courant français (méthode AFNOR)
- **Le domaine d'application permet soit :**
  - - de déterminer l'aptitude des farines de blé tendre à la fabrication du pain courant français ;
  - - de contrôler l'aptitude des farines commerciales
  - - de rechercher une formulation optimisée pour les farines.



## Essai de panification (NF V03-716)

- Valeur d'utilisation de la farine pour la panification
- Cela suppose la mise en œuvre d'un protocole normalisé de fabrication à échelle réduite

### Formule simple :

- Farine : 100
- Eau : ~ 60
- Sel : 2
- Levure : 2
- Farine de malt : selon TC Hagberg
- Acide ascorbique : 0.002



## Diagramme de l'essai de panification

Etapes de fabrication	Caractéristiques de fabrication	Matériels utilisés
Pétrissage	Pétrins : vitesse lente : vitesse rapide : T°C pâte : 25 °C ± 1°C 20 min à 27 °C ± 2°C	Artoflex : 4 min à 50 tr/min 17 min à 70 tr/min Mahot : 4 min à 40 tr/min 15 min à 80tr/min
Fermentation ou pointage en cuve (*)		Chambre de fermentation
Divisage	Manuel, en pâtons de : - 350 g ± 1 g pour le pain - 25 g ± 1 g pour le mesureur de pousse	
Boulage	Manuel	
Détente	20 min à température ambiante (20-22°C)	
Façonnage	Mécanique : longueur des pâtons 32 cm ± 1 cm	Façonneuse de boulangerie à deux rouleaux de laminage (écartement des rouleaux : 5 mm)
Apprêt : (*) - premier temps - deuxième temps	120 min à 27°C ± 2°C 160 min à 27°C ± 2°C	Chambre de fermentation de type boulangerie
Mise au four	Scarification de trois coups de lame	Lame à scarification de boulanger
Cuisson	25 min à 260°C ± 10°C	Four à sole équipé d'un système de génération de vapeur



## Critères évalués sur la pâte

Interprétations	insuffisance			excès			principe de calcul
	1	4	7	10	7	4	
observations et notes							des notes
Lissage							x 0,5 / 5
Collant de la pâte							x 0,5 / 5
Consistance							
Extensibilité							x 0,5 / 5
Elasticité							x 0,5 / 5
Relâchement							x 0,5 / 5
<b>PETRISSAGE</b>							total= / 25 x coef (*) : / 25
Pousse en cuve							
Détente : relâchement							x 1
<b>POINTAGE</b>							total= / 10 : / 10
<b>Extensibilité allongement</b>							x 0,5
Extensibilité : déchirement							x 0,5
Elasticité							x 0,5
Collant de la pâte							x 1
<b>FACONNAGE</b>							total= / 25 x coef (*) : / 25
Développement							x 0,5
Déchirement							x 0,5
<b>APPRET</b>							total= / 10 : / 10
Collant de la pâte							x 1
Tenne							x 2
<b>MISE AU FOUR</b>							total= / 30 x coef (*) : / 30
							total pâte / 100





## Contrat Pays blé

### Une démarche expérimentale basée sur l'observation développée par triptolème



## Expérimentation de la démarche de recueil de connaissance (projet Pays Blé)



Le projet Pays Blé financé par la région Bretagne au travers du plan d'action ASOSC (ACTION POUR L'APPROPRIATION SOCIALE DES SCIENCES), a notamment comme objectif d'encourager pleinement l'édification d'une véritable société de la connaissance.

Application à l'étude du comportements de variétés anciennes collectées en Bretagne sur une filière agricole blé/farine/pain en Agriculture Biologique



## Hypothèses de départ

Les variétés anciennes sont différentes et elles peuvent être adaptées aux pratiques des paysans-boulangers →

Pourquoi et comment elles sont différentes →

Mettre en place une méthode de caractérisation et d'évaluation, une démarche expérimentale qui prenne en compte la notion de répétabilité et de reproductibilité. La comparaison avec des analyses effectuées en laboratoire permettra de confronter les résultats pour rechercher des éléments explicatifs des comportements et des différences observées



Nous avons considéré que si les paysans-meuniers-boulangers souhaitent utiliser et valoriser les variétés anciennes c'est que de part de leur expérience et avec des apports de connaissances, ils pouvaient être en mesure de caractériser, évaluer le comportement qualitatif de ces variétés avec une démarche expérimentale

Pays blé s'inscrit dans la démarche de l'ASOSC Bretagne

« La région Bretagne estime que de nombreux acteurs de la société civile (associations, syndicats, groupes de citoyens), souvent éparpillés et disposant de peu de moyens, développent une expertise propre dans des domaines scientifiques touchant leur vie quotidienne, constituant peu à peu un « tiers-secteur » scientifique complémentaire de la recherche institutionnelle. Elle souhaite soutenir ce tiers-secteur »



## La démarche Paysblé : le recueil de connaissances



Les rencontres entre les paysans boulangers ont permis à la fois d'identifier des pratiques, des observations et des évaluations différentes, et d'introduire un mode d'observation qualitative des produits.



## La description des observations



**Couleur, aspect piqué**



**Compactage (fluidité...)**



**Granulométrie et impressions au toucher (propriétés à l'écoulement) caractère rond, sableux, plat ; caractères doux, soyeux, foisonnant, floconneux...**

**Odeur...**  
 Parmi les termes non explicités : aérienne, techniquement légère, plein d'énergie, sèche (à humidifier avant mouture), dense, terre, trop sèche (pores fermés), atypique



## La description des observations




Visualisation des gestes pour l'appréciation de l'extensibilité retenus pour le glossaire



## Construction d'un grille d'évaluation

Interprétations observations/notes		Indicateurs					Interprétations observations/notes		Indicateurs				
		1	2	3	4	5			1	2	3	4	5
<b>FRASAGE</b>		<b>ASPECT DU PAIN</b>											
Durée :	Vitesse hydratation												
Température :	Rapacité frasage												
Collant :	Formaté												
T°C :	Extensibilité												
<b>PETRISSAGE</b>		<b>ASPECT DE LA PÂTE</b>											
Durée :	Vitesse hydratation												
Température :	Rapacité frasage												
Collant :	Consistance												
T°C :	Extensibilité												
<b>POINTAGE 1er rabot</b>		<b>MESURES sur la pâte</b>											
Durée :	Pousse												
Température :	Bainement												
Collant :	Torçité : élastique												
T°C :	Torçité : ferme												
<b>POINTAGE 2ème rabot</b>		<b>MESURES sur les pains</b>											
Durée :	Pousse												
Température :	Bainement												
Collant :	Torçité : élastique												
T°C :	Torçité : ferme												
<b>FACONNAGE</b>		<b>OBSERVATIONS DIVERSES</b>											
Durée :	Alignement												
Température :	Déchirement												
Collant :	Changement												
T°C :	Changement												
<b>APPRET</b>		<b>MISE AU FOUR</b>											
Durée :	Pousse												
Température :	Pourcentage												
Collant :	Déchirement												
T°C :	Changement												
<b>MISE AU FOUR</b>		<b>REMARQUES</b>											
Durée :	Couleur												
Température :	Texture												
Collant :	Formate												
T°C :	Formate												



## La notation

Il se fait par croix dans la grille à 7 niveaux permet de déterminer un profil qualité, correspondant à la dispersion des croix par rapport à l'appréciation N (**caractère normal ou satisfaisant**).

- \*PE ou PI caractéristique jugée un peu excessive ou un peu insuffisante par rapport au caractère normal (caractère ou défaut : un peu marqué)
- \*E ou I caractéristique jugée excessive ou insuffisante par rapport au caractère normal (caractère ou défaut : marqué)
- \*TE ou TI caractéristique jugée très excessive ou très insuffisante par rapport au caractère normal (caractère ou défaut : très marqué)

insuffisance			excès			
TI	I	PI	N	PE	E	TE

Echelle de Notation Paysblé adoptée  
par les Paysan-boulangers de Triptolème

insuffisance (-)			excès (+)			
1	4	7	10	7	4	1

Echelle de notation AFNOR



## Expérimentation de la grille d'évaluation




## Validation de la démarche d'évaluation

Organisations de journées de formation pour appréhender une meilleure connaissance du domaine (appropriation sociale des sciences)



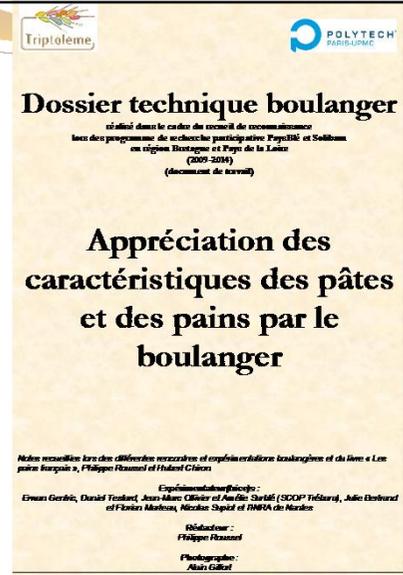
Echanges et recueil de connaissance chez les professionnels



La démarche expérimentale au fournil de IdNRA de Nantes



## Réalisation d'un glossaire





## Une démarche d'évaluation, pourquoi faire ?

- Recueillir de manière structurée des informations sur les variétés, issues des adhérents
- Faciliter les échanges au sein du réseau par l'utilisation d'un même vocabulaire
- Mieux exprimer des attentes par rapport au choix des blés à la fois au niveau de la mise en culture des semences et au niveau technologique

