Carrefours de l'innovation agronomique 2012

Du champ à l'assiette

Nouveaux enjeux pour la filière blé

Jeudi 29 mars 2012

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

Carrefours de l'innovation agronomique

Expérimentation et modélisation pour la compréhension des mécanismes de fractionnement des céréales

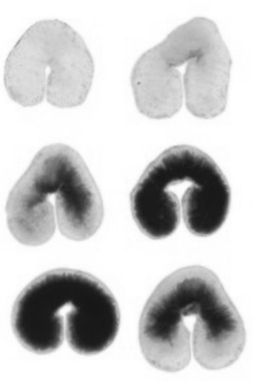
F. Mabille, V. Lullien-Pellerin

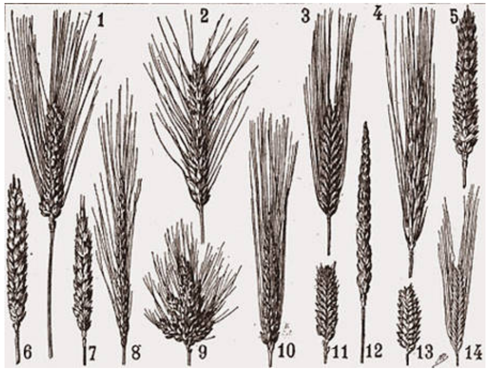
INRA, UMR 1208 IATE, Montpellier

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

Le grain de blé, une pluri-hétérogénéité

Variabilité génétique

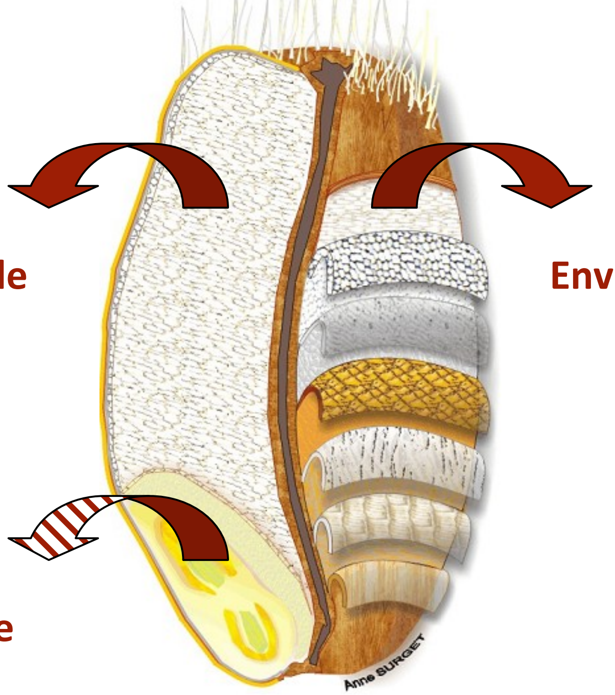



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

Variabilité agronomique

Large gamme de

Composition
Texture
Morphologie


Anne SURGET

Amande

Enveloppes

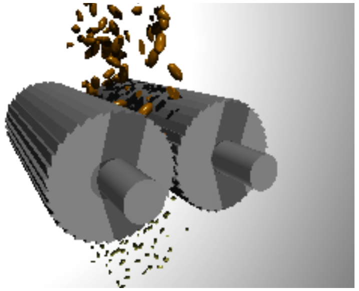
Germe

La transformation du blé

Séparation des tissus histologiques

- Maîtriser la composition tissulaire
  - Choix du point de coupure
- Maximiser les rendements
  - Endommagement des constituants
- Minimiser les consommations énergétiques

Broyer - Séparer - Décortiquer



Blé tendre

Fines particules

Meunerie

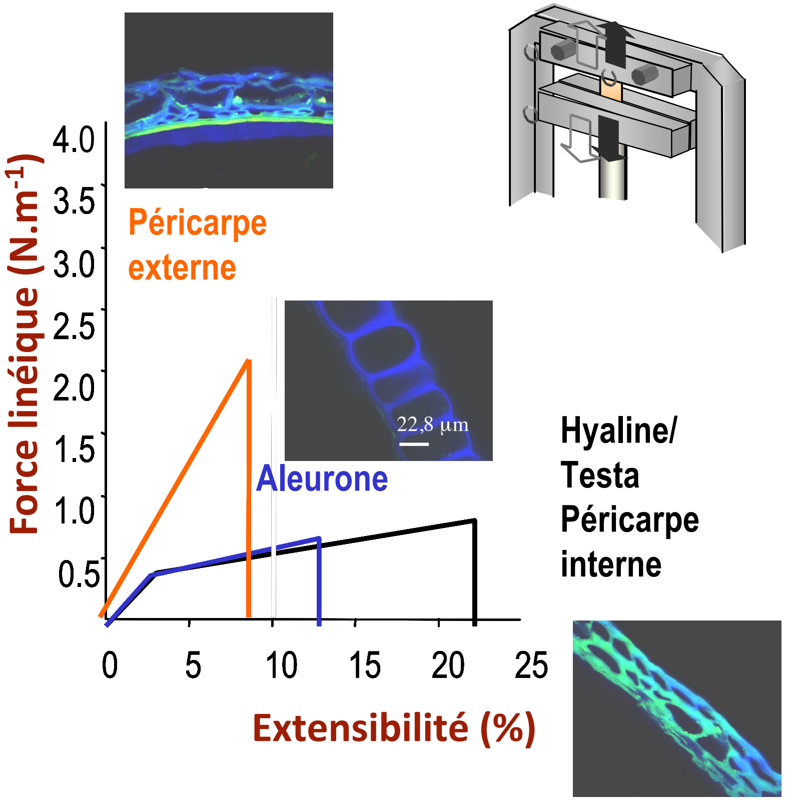
Production de farine

Blé dur

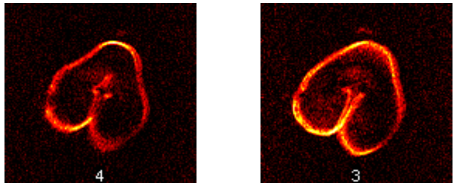
Grosses particules

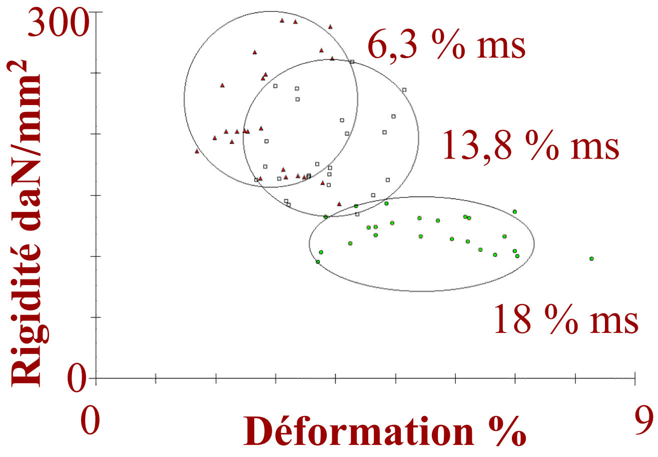
Semoulerie

Caractérisation des tissus périphériques



Diffusion de l'eau

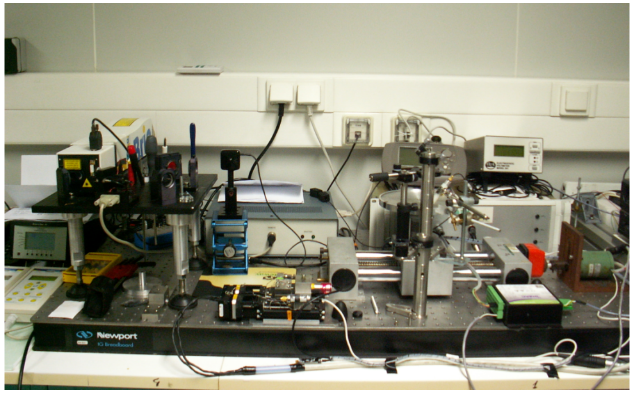


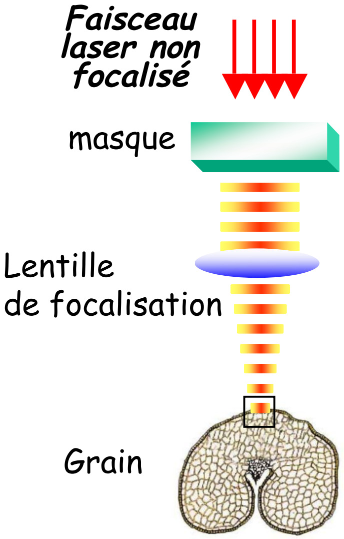


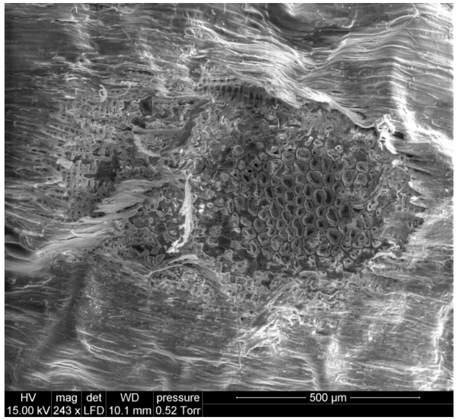
Amplifier les différences par l'utilisation de prétraitements

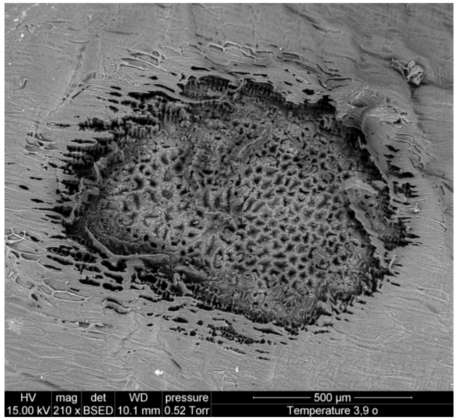
Caractérisation des adhésions

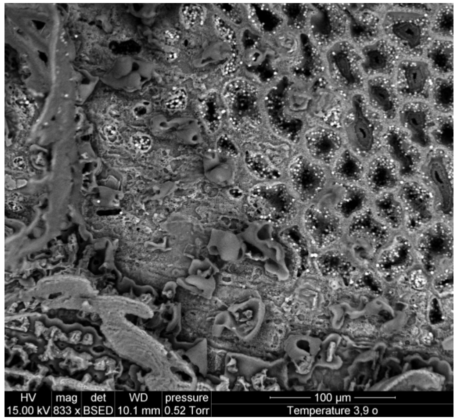
- **Outil de caractérisation locale**
- **Accès aux énergies d'adhésion**
- **Méthode d'analyse rapide**




Faisceau laser non focalisé
masque
Lentille de focalisation
Grain


HV 15.00 kV
mag 243 x
det LFD
WD 10.1 mm
pressure 0.52 Torr
500 µm


HV 15.00 kV
mag 210 x
det BSED
WD 10.1 mm
pressure 0.52 Torr
500 µm
Temperature 3,9 o


HV 15.00 kV
mag 833 x
det BSED
WD 10.1 mm
pressure 0.52 Torr
100 µm
Temperature 3,9 o

Microstructure de l’albumen

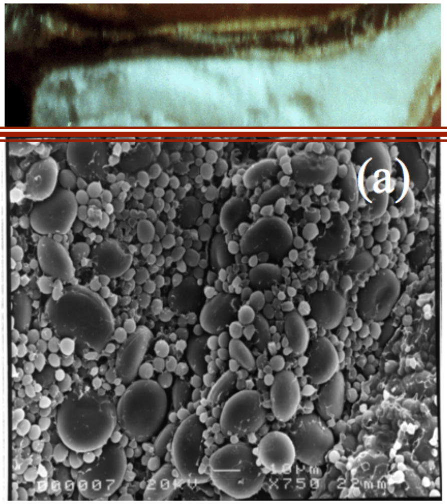
La Vitrosité

Facteurs environnementaux

Microfissures
/
Porosités

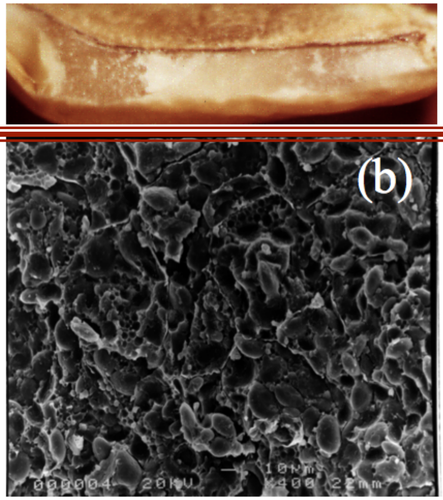
Coloration
/
Transparence

Blé farineux



Blé soft

Blé vitreux



Blé hard

Granules
Individualisés
vs
Granules noyés
dans la matrice

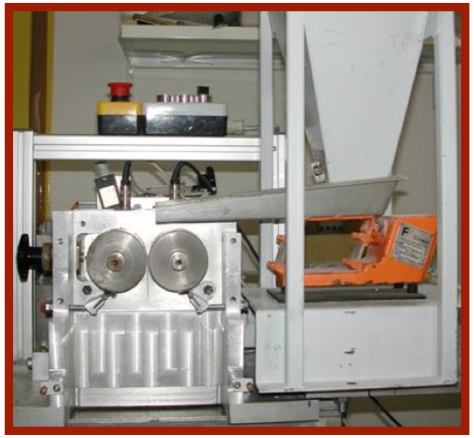
Cohésion
entre
les granules
et
les protéines

La Dureté

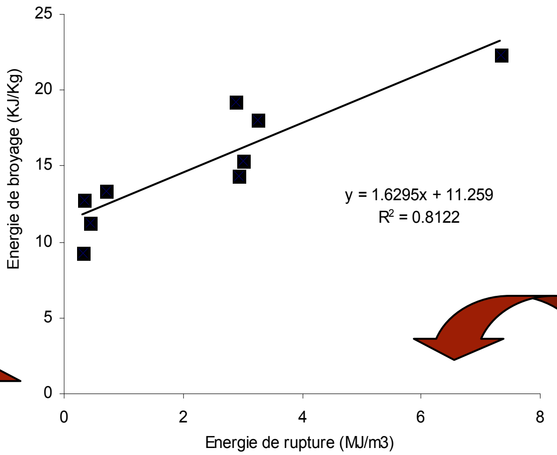
Facteurs génétiques

Fractionnement et Rhéologie

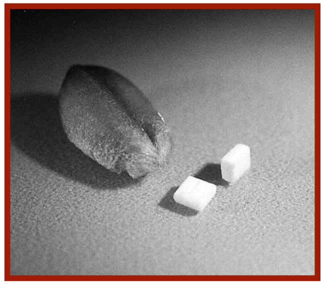
Mesure des Energies et Couples de broyage



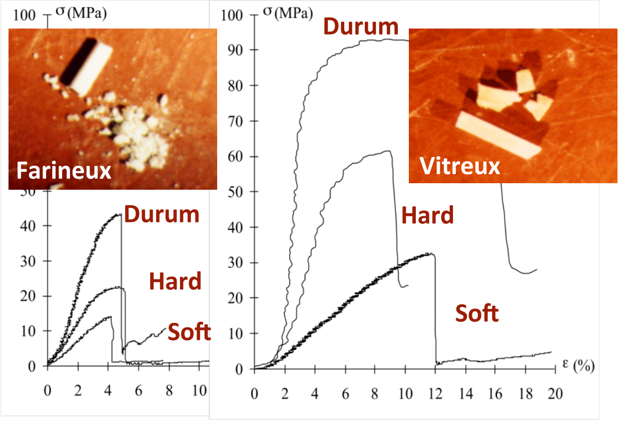
Sollicitations rapides ≈ 1 ms^{-1}



Comportement mécanique De l'albumen de blé

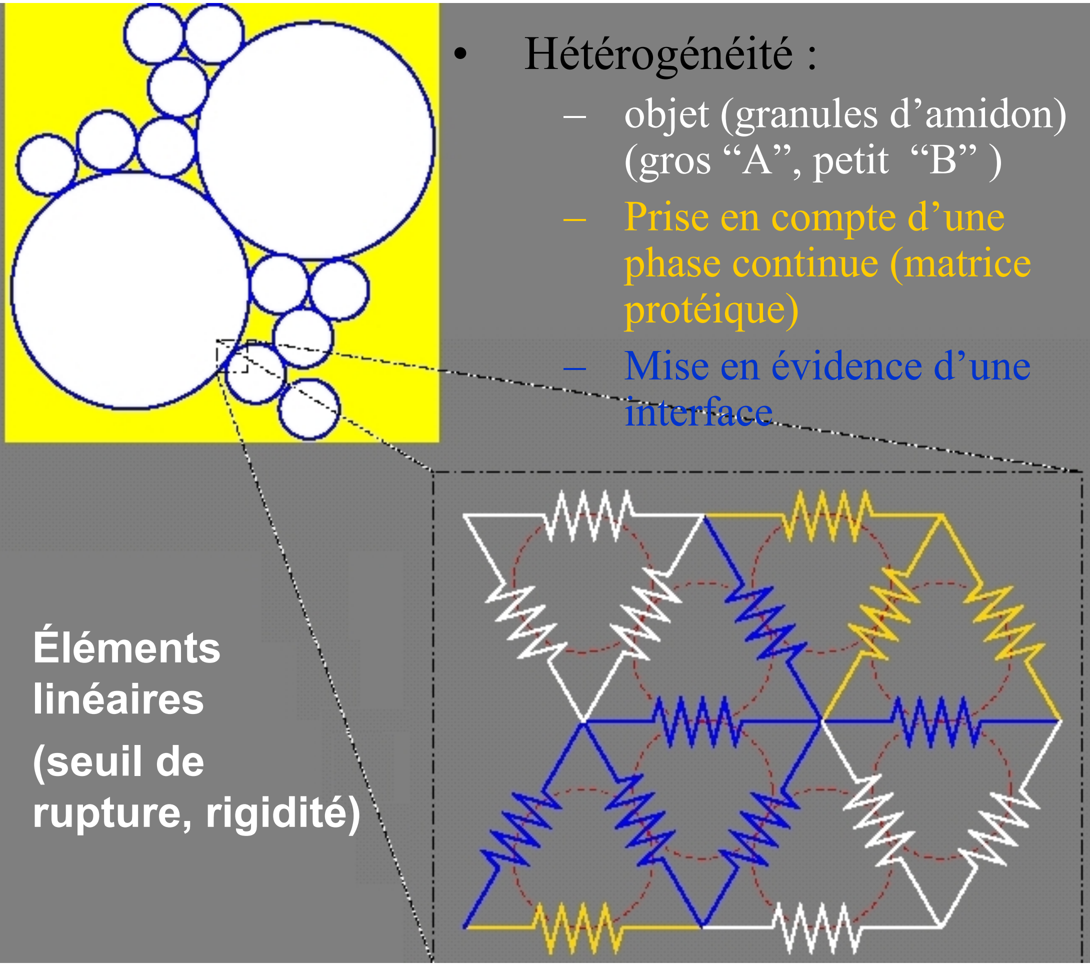


Sollicitations lentes ≈ 10^{-4} ms^{-1}



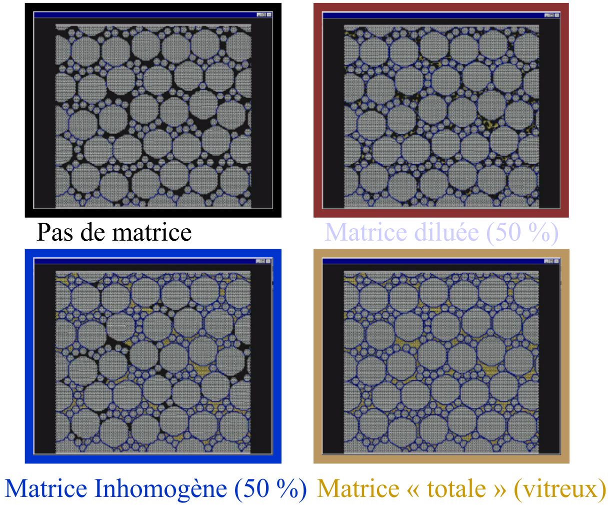
Propriété mécanique de l'albumen

De l’expérimentation à la simulation



- Hétérogénéité :
  - objet (granules d’amidon) (gros “A”, petit “B”)
  - Prise en compte d’une phase continue (matrice protéique)
  - Mise en évidence d’une interface

- Éléments linéaires
- (seuil de rupture, rigidité)

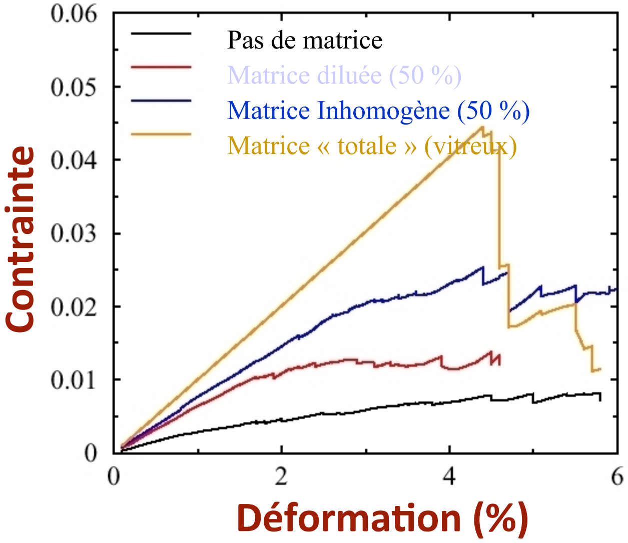


Pas de matrice

Matrice diluée (50 %)

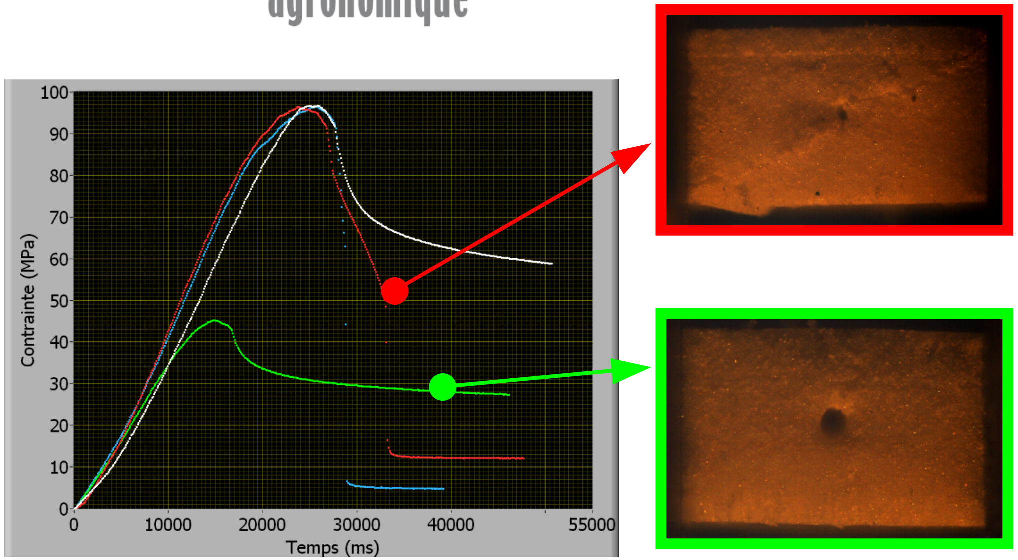
Matrice Inhomogène (50 %)

Matrice « totale » (vitreux)

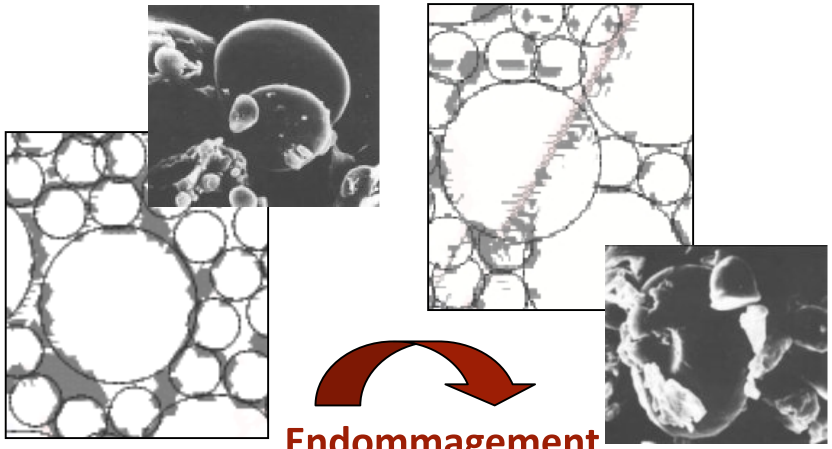


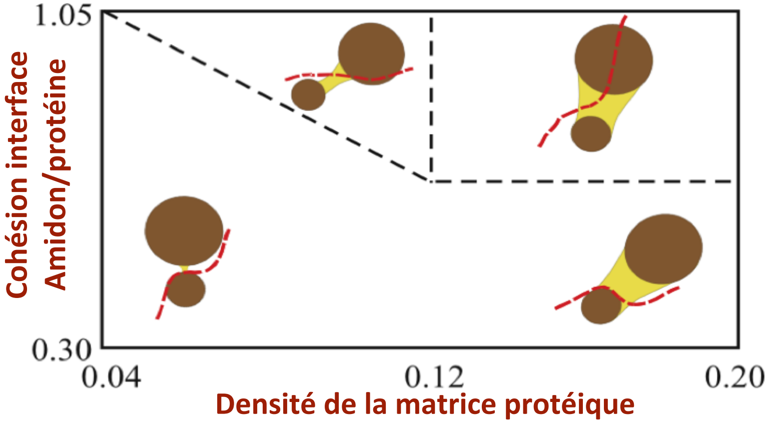
Carrefours de l'innovation agronomique

Les apports de la modélisation

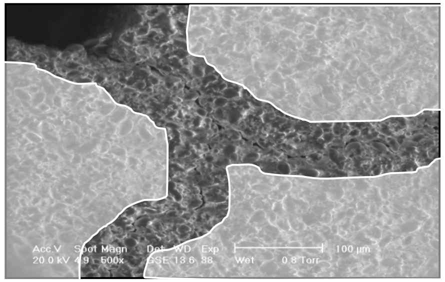


Etude des régimes de rupture

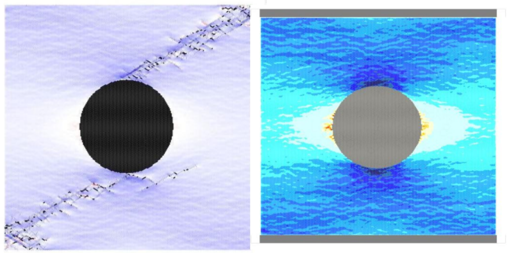

Endommagement


1.05
0.30
0.04
0.12
0.20
Cohésion interface Amidon/protéine
Densité de la matrice protéique

Etude du chemin de fissure


Acc.V Spot Magn Det WD Exp
20.0 kV 4.9 500x GSE 13.6 38
100 µm
Wet 0.8 Torr

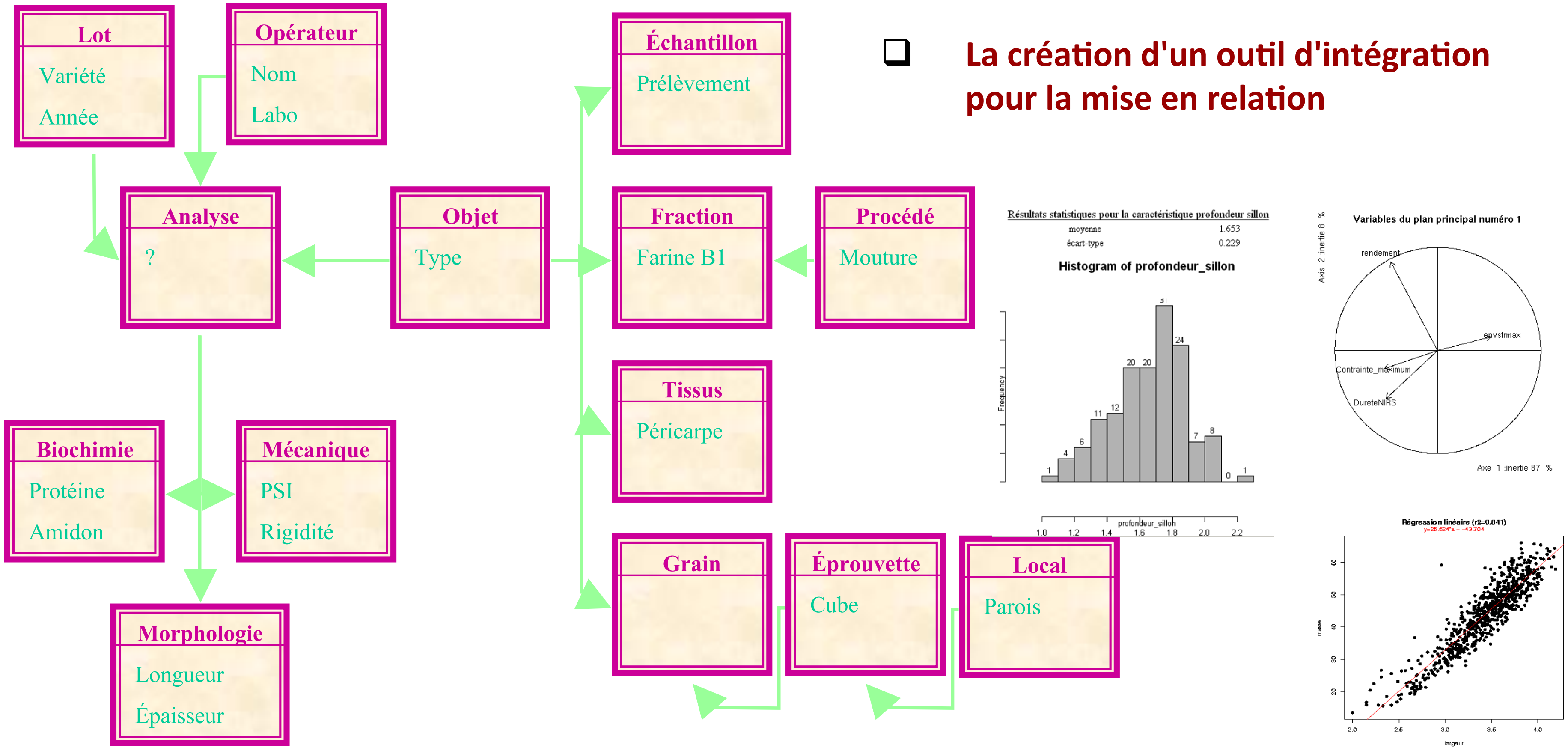
Observation



Simulation

Présentation d’une base de données environnée

- ❑ **Capitalisation des informations.**
- ❑ **La création d'un outil d'intégration pour la mise en relation**



Lot
Variété
Année

Opérateur
Nom
Labo

Analyse
?

Objet
Type

Échantillon
Prélèvement

Fraction
Farine B1

Procédé
Mouture

Tissus
Péricarpe

Biochimie
Protéine
Amidon

Mécanique
PSI
Rigidité

Morphologie
Longueur
Épaisseur

Grain

Éprouvette
Cube

Local
Parois

Résultats statistiques pour la caractéristique profondeur sillon

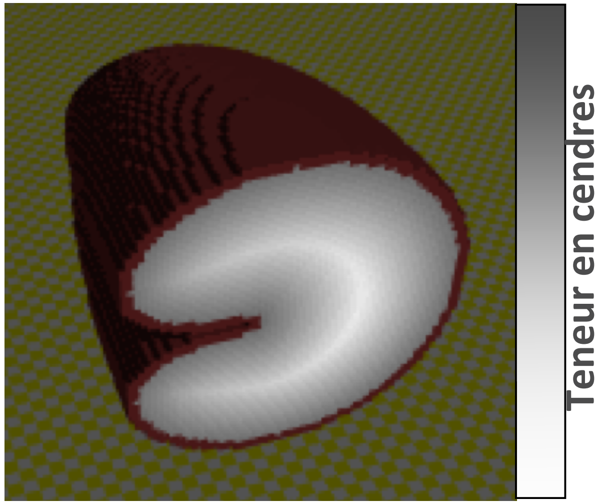
moyenne	1.653
écart-type	0.229

Histogram of profondeur_sillon
Frequency
1
4
6
11
12
20
20
31
24
7
8
0
1
profondeur_sillon
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
Variables du plan principal numéro 1
Axis 2 :inertie 8 %
rendement
epvstrmax
Contrainte_maximum
DureteNIRS
Axe 1 :inertie 87 %
Régression linéaire (r2=0.841)
y=25.524*x + -43.704
masse
20
30
40
50
60
largeur
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0

Exploitation de la base

Données globales

- Données biochimiques
- Données rhéologiques
- Données technologiques
- Données physiques



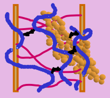
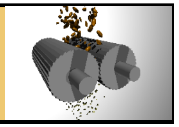
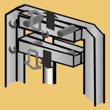
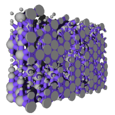
Modélisation

Choix de la résolution
Construction du grain 3D
Discrétisation volumique
Choix d'un modèle de distribution
Répartition des teneurs en cendres
Création d'un visuel

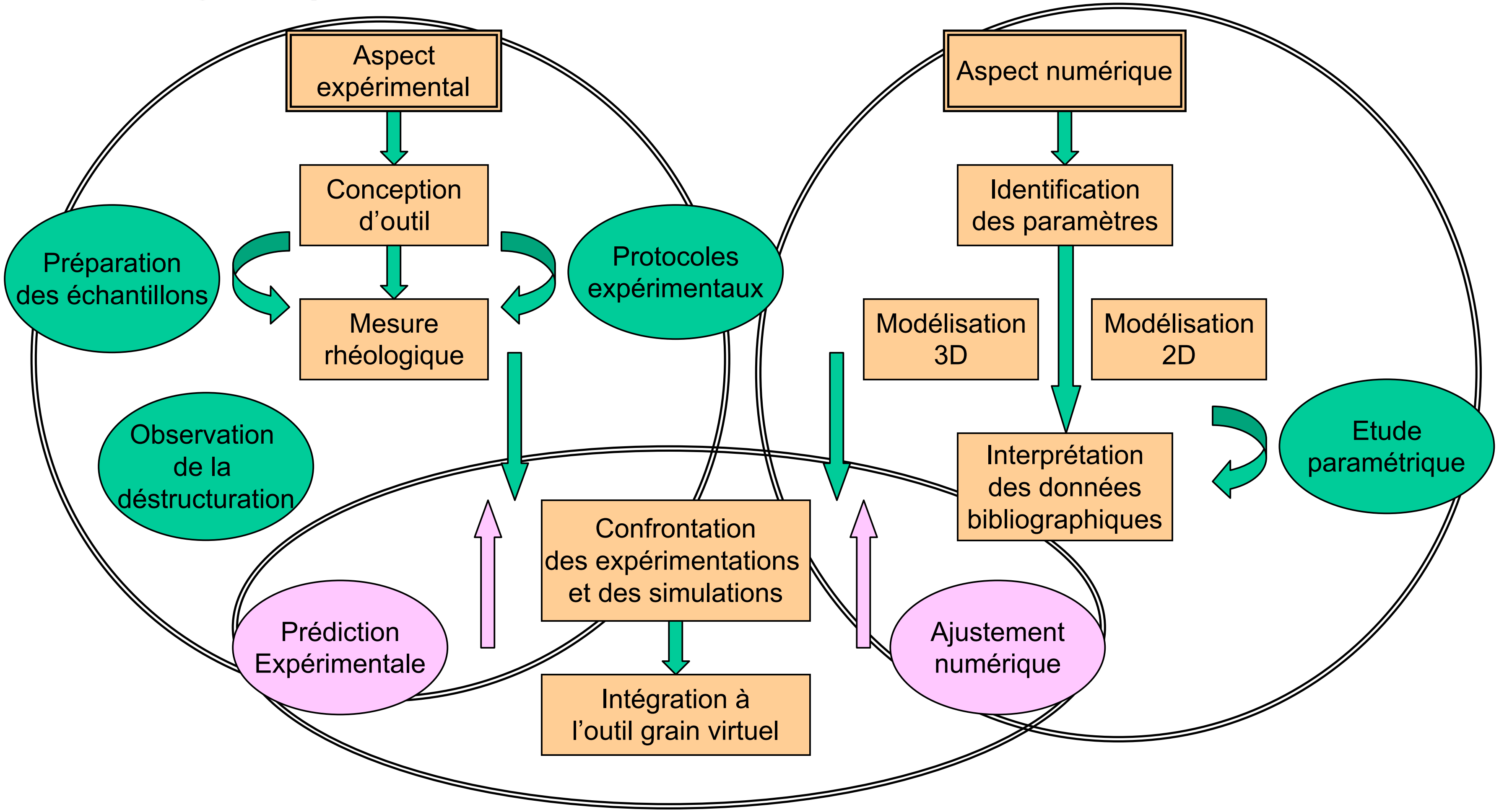
Confrontation multi-échelle Et pluridisciplinaire

Comparaison des informations
Conséquences sur les procédés

Une pluridisciplinarité multi échelle

Exemples	**Population de grains**	**Grain**	**Tissu**	**Assemblage Moléculaire** 
Procédés 	Maîtrise des procédés	Dissociation	Devenir des fractions	Libérer les contenus cellulaires
Biochimie	Compositions moyennes	Variabilité Intra lot	Composition histologique	Identifier des Molécules d'intérêt
Rhéologie 		Adapter les sollicitations	Comportement à la rupture	Identifier les modes D'adhésion
physique	Caractéristiques moyennes	Influence de la morphologie	Quantification Des porosités	Développer des prétraitements
Simulation 	Proposer des outils de prédiction	Interactions histologiques	Modéliser les mécanismes	Comprendre le rôle Des interfaces

Rupture d'un albumen de blé



Aspect expérimental

Conception d'outil

Mesure rhéologique

Préparation des échantillons

Protocoles expérimentaux

Observation de la déstructuration

Aspect numérique

Identification des paramètres

Modélisation 3D

Modélisation 2D

Interprétation des données bibliographiques

Etude paramétrique

Confrontation des expérimentations et des simulations

Intégration à l'outil grain virtuel

Prédiction Expérimentale

Ajustement numérique