

Carrefours

de l'innovation
agronomique
2012

Du champ à l'assiette

Nouveaux enjeux pour la filière blé

Jeudi 29 mars 2012



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



L'ingénierie des connaissances, un outil pour intégrer les procédés de la chaîne alimentaire

Incom

C. Baudrit¹, P. Buche², G. Della Valle³, S. Destercke², K. Kansou^{3,4},
A. Ndiaye⁴, **N. Perrot¹**, R. Thomopoulos², G. Trystram⁵.

¹ INRA-CEPIA, MALICES AgroParisTech, Thiverval Grignon

² INRA - CEPIA / LIRMM Montpellier,

³ INRA- CEPIA, BIA, Nantes,

⁴ INRA-CEPIA, CNRS, I2M Bordeaux

⁵ AgroParisTech, INRA-CEPIA, CNAM, Massy

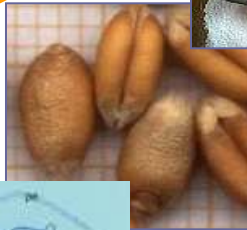
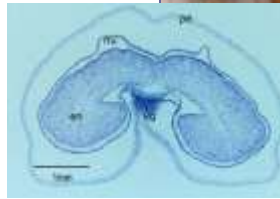
France

CEPIA: science et ingénierie des aliments et bioressources. Assemblage et interactions multi-échelles de molécules

Variabilité génétique & eco-physiologie



Biologie, ... Physique
Approche pluridisciplinaire:



Consommateur

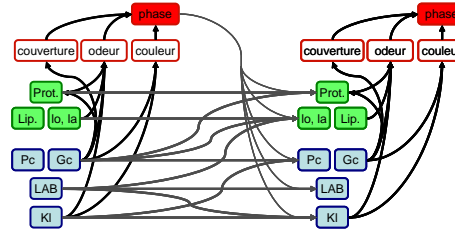


Formulation, Procédés

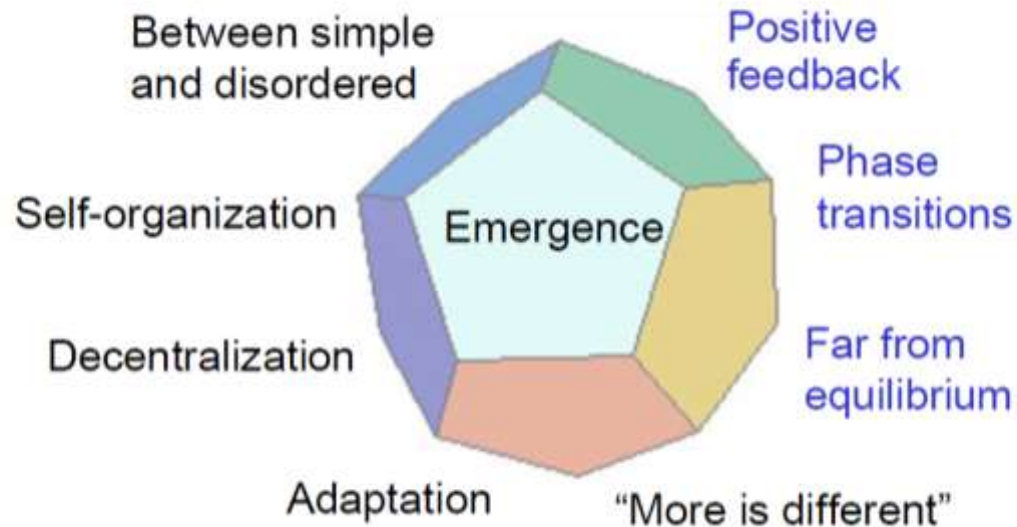


Cereals,
Fruits, Lait,
Oeufs, viande...





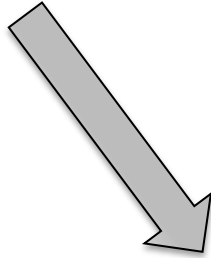
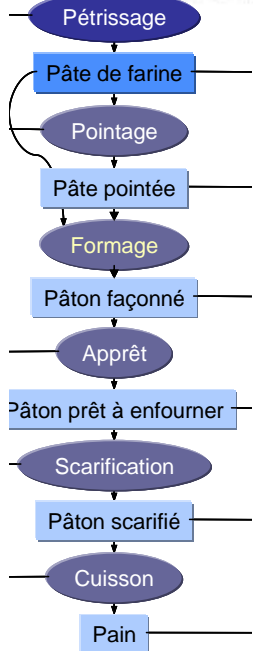
LE MATERIAU ALIMENTAIRE OU MICROBIOLOGIQUE CONSTRUCTION OU DECONSTRUCTION



Les échelles

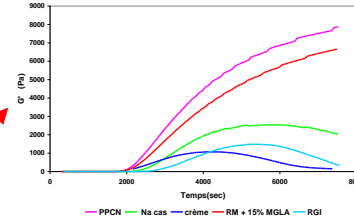
Temps

rédients : farine, eau, sel, levure et produits d'addition



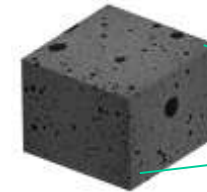
Échelle macro

Indicateurs Sensoriels



G', G'', viscosity, penetrometry, c's, particle size,...

Échelle Meso



Tomographie (10 μ m)

Échelle Micro



Échelle Nano

MEB (1 μ m)

Les approches

Approche « photographie »
Photographie, simulation
de l'existant



Approche
« reconstruction »
Dynamique,
nouvelles stratégies

Échelle
macro

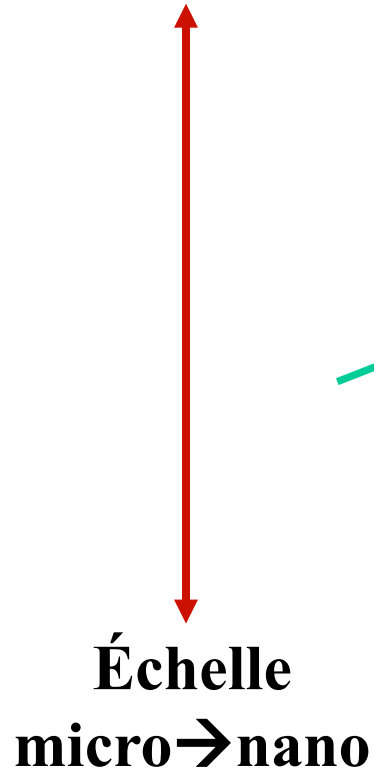
Pour extraire
les K existantes

!! Difficulté
croissante avec
l'échelle

Pour formaliser
l'expertise

Pour simuler des cas sur
les K existantes ou inférées

Pour prédire des
comportements non appris
et conduire les dynamiques



Les outils de modélisation

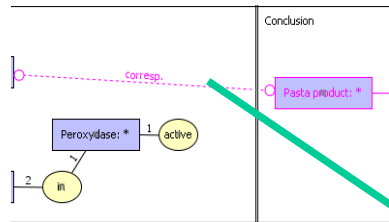
Ligne de production

Approche « photographie »
Photographie, simulation de l'existant

Approche « reconstruction »
Dynamique, nouvelles stratégies

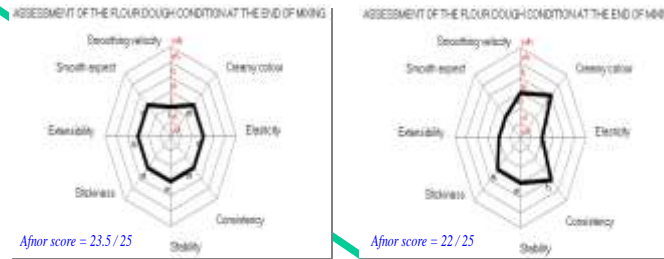
RSM, fonctions logistiques, Physique Q

Du RN aux EDO, EDP, stochastiques ... RBD



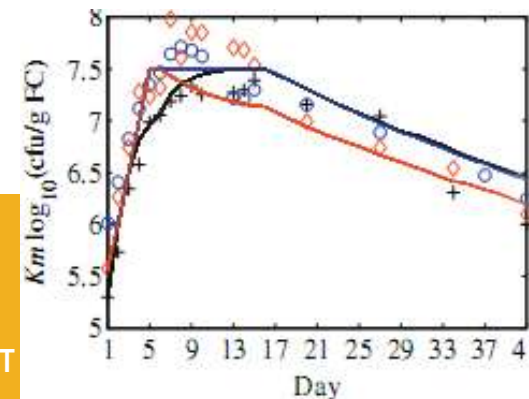
Graphe conceptuel, IA

Heat dissipation impact

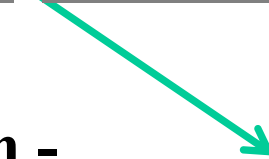


!!de - en - conditions dépendant et + généralisable selon outil

ATION
NNEMENT



Opération unitaire

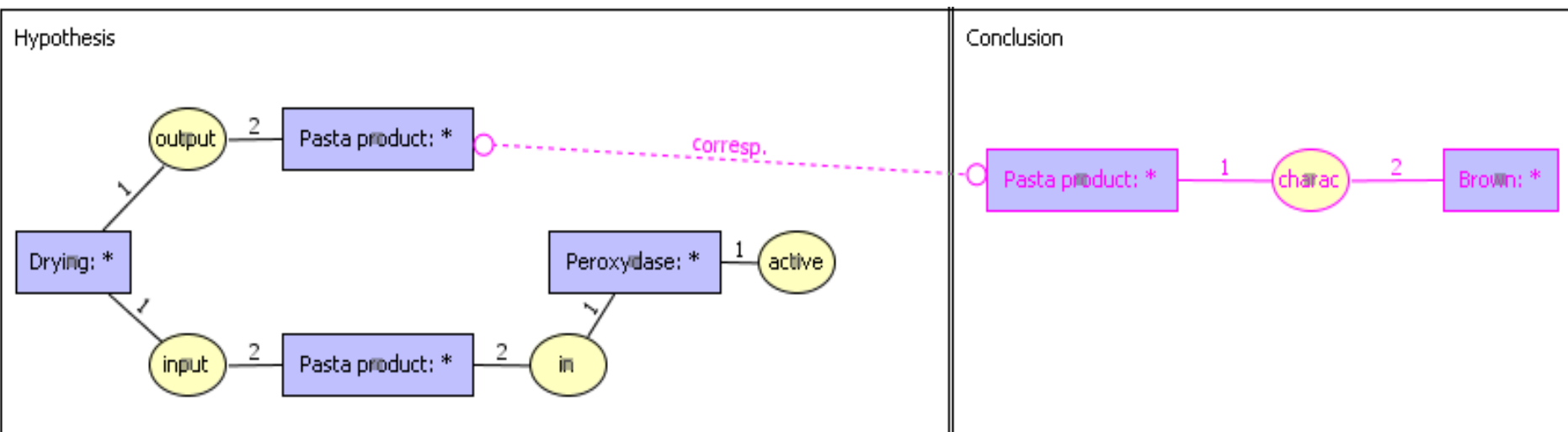


Exemple 1: Chaîne de fabrication de pâtes.

**Pour extraire et formaliser
les K existantes**

Exemple de représentation in silico de la connaissance experte: "Sécher un produit avec une peroxydase active conduit à une pâte de couleur brune"

Modèle de graphe conceptuel:



Exploitation de données expérimentales par arbre de décision

Chaque jour

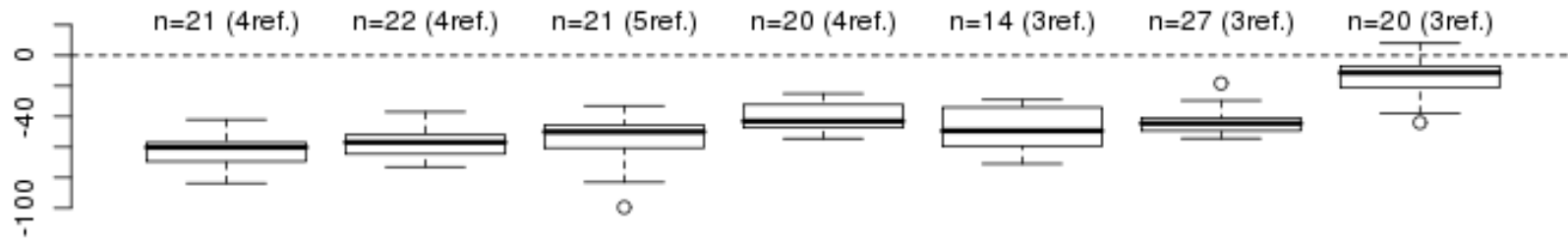
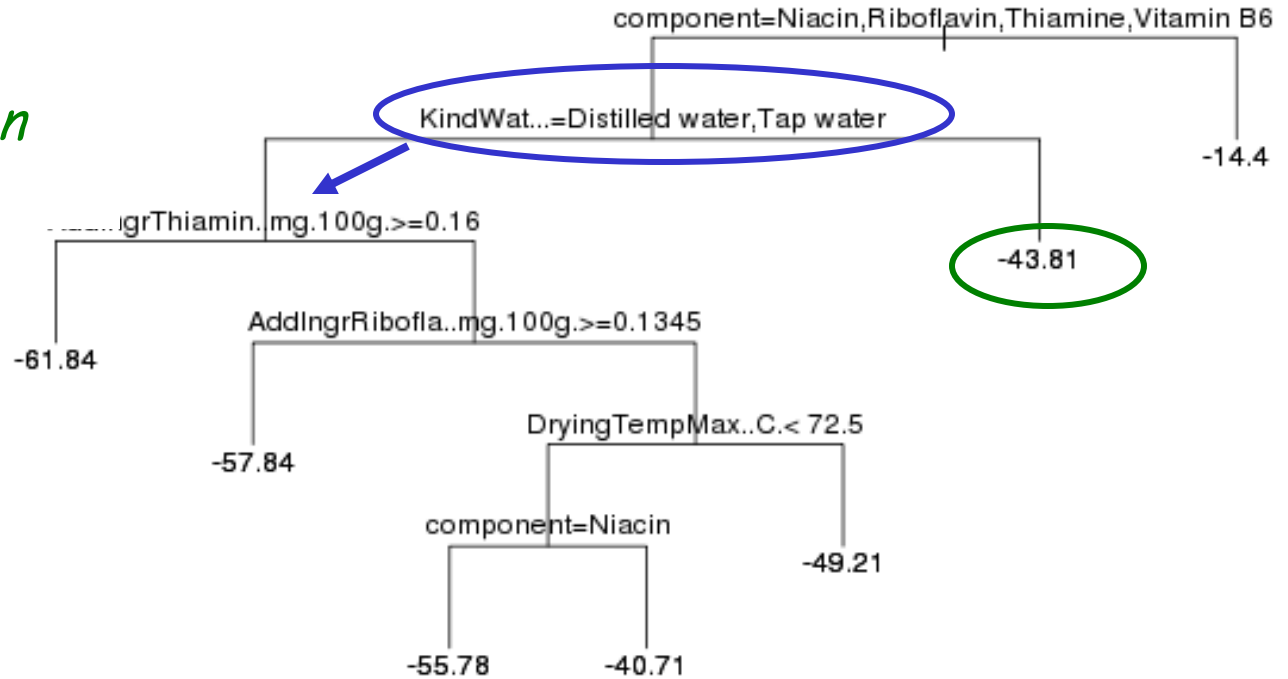
l'innovation

Chauffage dans l'eau

noeuds = valeur moyenne (ou classe)

Branches = conjonction des entrées

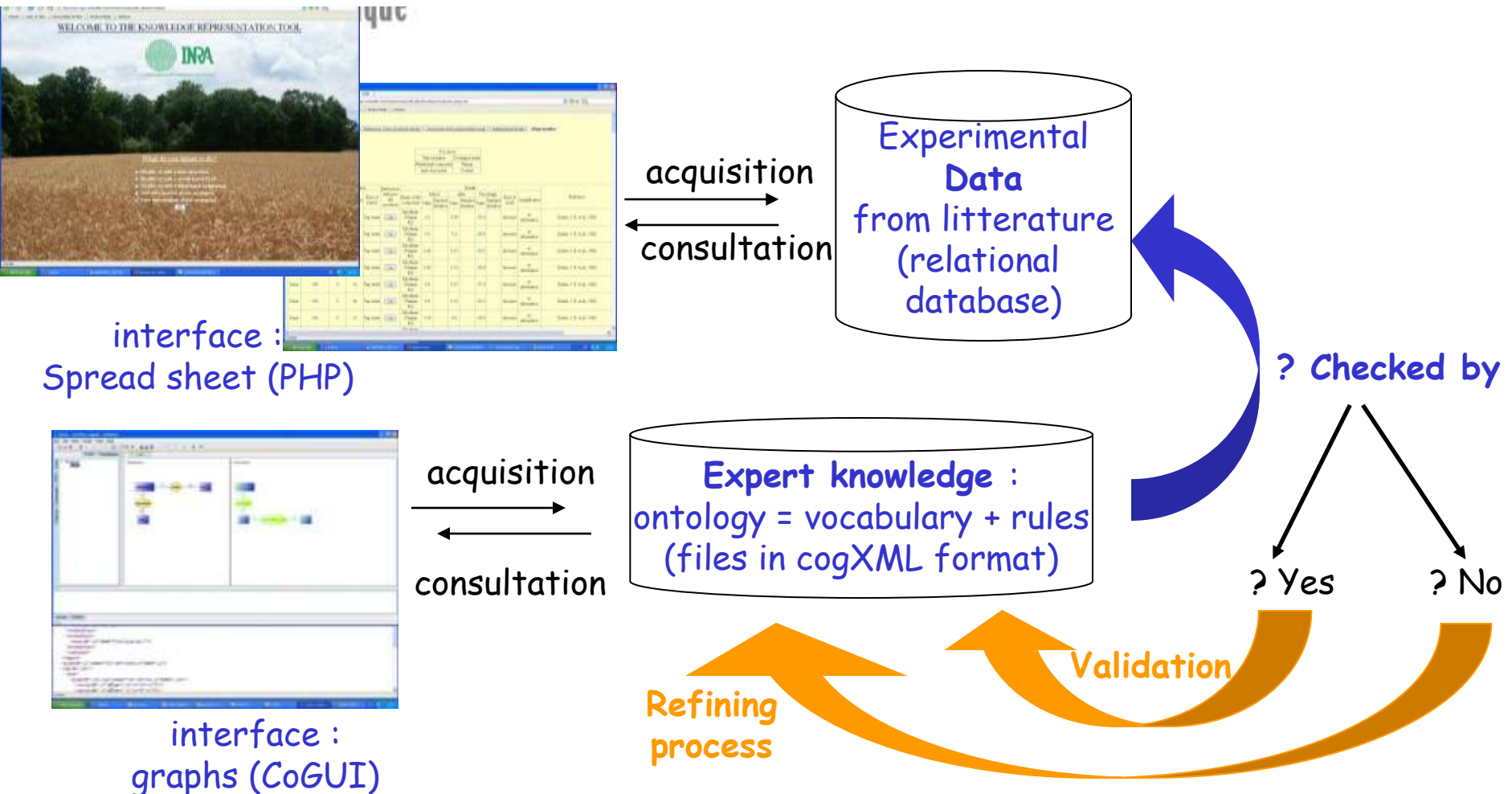
Décroissance en Vitamines



AGRICULTURE

Box plot: distribution autour de la valeur moyenne

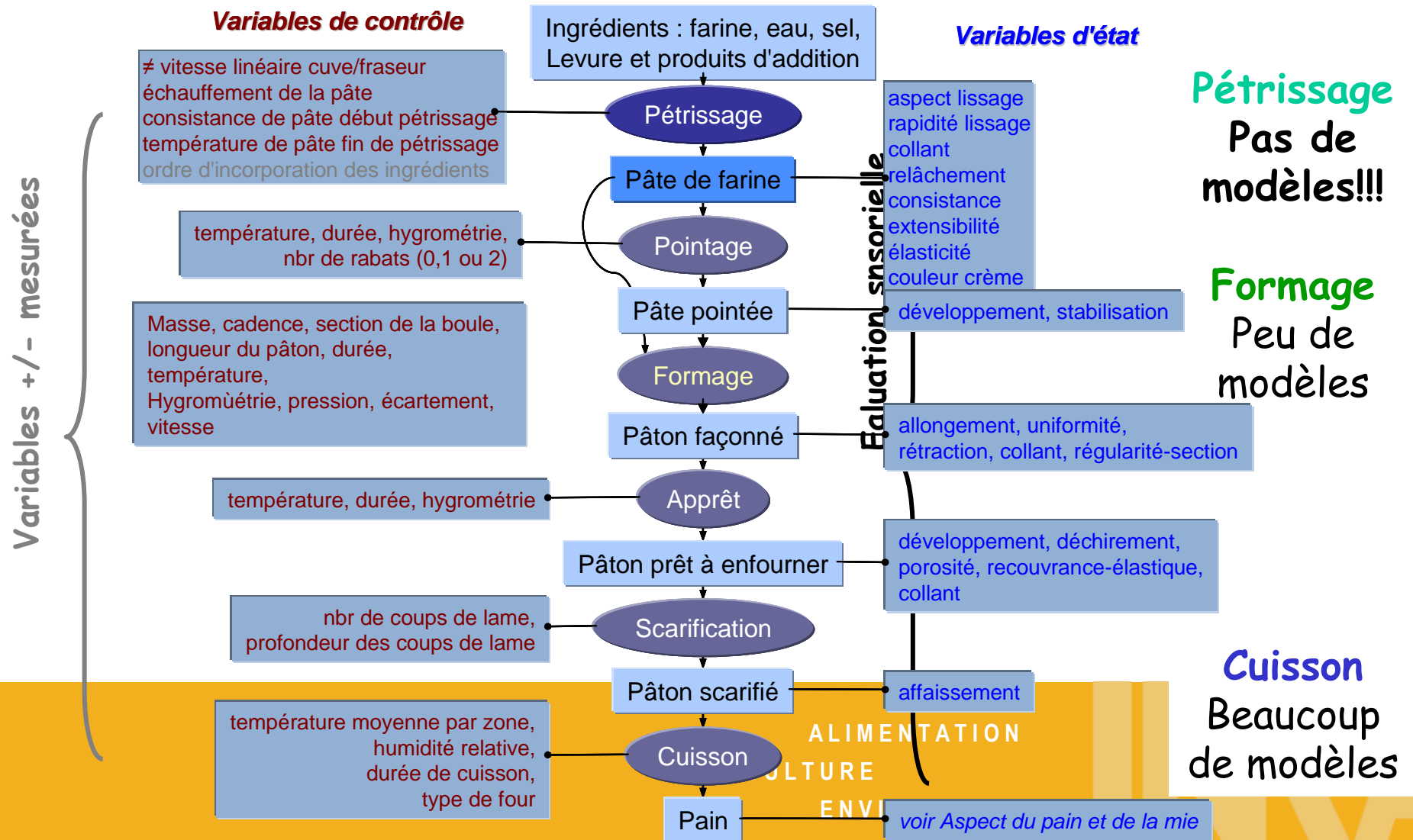
Integration des règles d'experts et des résultats scientifiques expérimentaux



Pour simuler les K existantes

de l'Innovation

Exemple 2: Fabrication du pain. Une représentation conceptuelle.



Algèbre qualitative

Experts resultats pour Consistence de la pâte après frasage

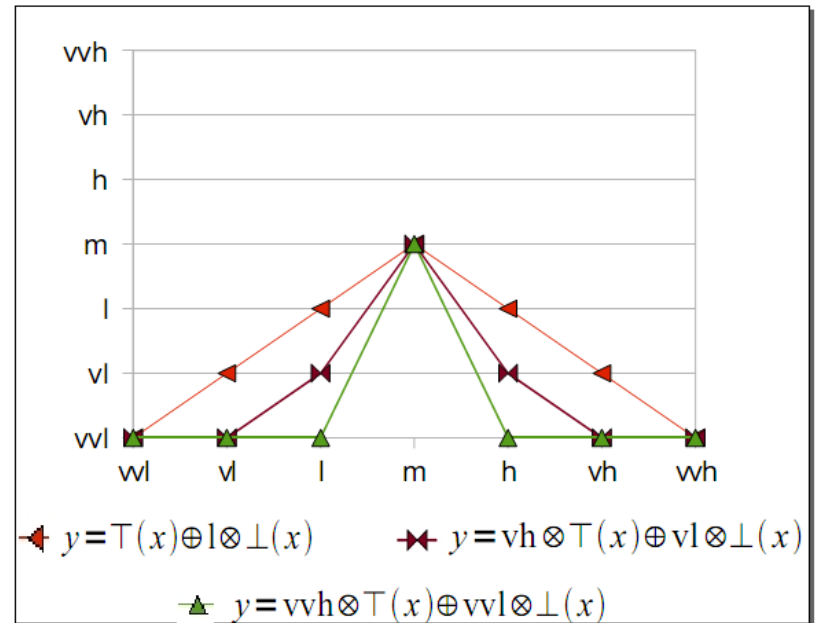
Echelle de vvh (vraiment excessif) à vvl (très insuffisant).

Criterion	Measurement	Translation in Q x_i	Effect on cons.	Effect on cons. y_i	Qualitative function $y_i = f(x_i)$
Moisture content (mc)	mc < 13%	l		vvh	$y_1 = vvl \otimes x_1$
	13% ? mc ? 15.5%	m		m	
	mc > 15.5%	h		vvl	
Extraction rate (er)	er < 75%	l		l	$y_2 = x_2$
	75% ? er ? 80%	m		m	
	er > 80%	h		h	
Rate of fatty acid (fa)	fa ? 0.4%	m		m	$y_3 = m$
	fa > 0.4%	h		m	
Protein content (pc)	pc < 10%	l		vl	$y_4 = vh \otimes T(x_4) \oplus vvh \otimes \perp(x_4)$
	10% ? pc ? 12%	m		m	
	pc > 12%	h		vvh	

$$f(x) = a \otimes T(x) \oplus b \otimes \perp(x)$$

Exemple de fonction qualitative

\perp and T associées à des seuils bas et haut



Exemples de résultats lors du pétrissage:

Carrefour

AsCoPain

FILE HELP-MENU

Control variables of French breadmaking process

Control variables of the mixing process

Consistency at the begin. (UF) Overheating during mixing

Temperature at the end (°C) Linear speed diff

Default... Assess

AsCoPain

FILE HELP-MENU

Results

ASSESSMENT OF FLOUR DOUGH CONDITIONS

The assessed dough conditions are:

- the smoothing velocity is **Slightly insufficient** (0.74)
- the smooth aspect is **Standard** (0.74)
- the extensibility is **Standard** (0.74)
- the dough stickiness is **Standard** (0.74)
- the stability is **Standard** (0.74)
- the consistency is **Standard** (0.74)
- the elasticity is **Standard** (0.74)
- the creamy colour is **Standard** (0.74)

The mixing score is: **23.50** (0.74)

- the smoothing velocity score is **3.50** (0.74)
- the extensibility score is **5.00** (0.74)
- the dough stickiness score is **5.00** (0.74)
- the stability score is **5.00** (0.74)
- the elasticity score is **5.00** (0.74)

Ok

Predictions de l'état de la pâte en fin de pétrissage (2nd étape), selon la dissipation de chaleur dans le pétrin **medium** **low**.



ICU

**Pour prédire des
comportements non appris
et conduire les dynamiques**

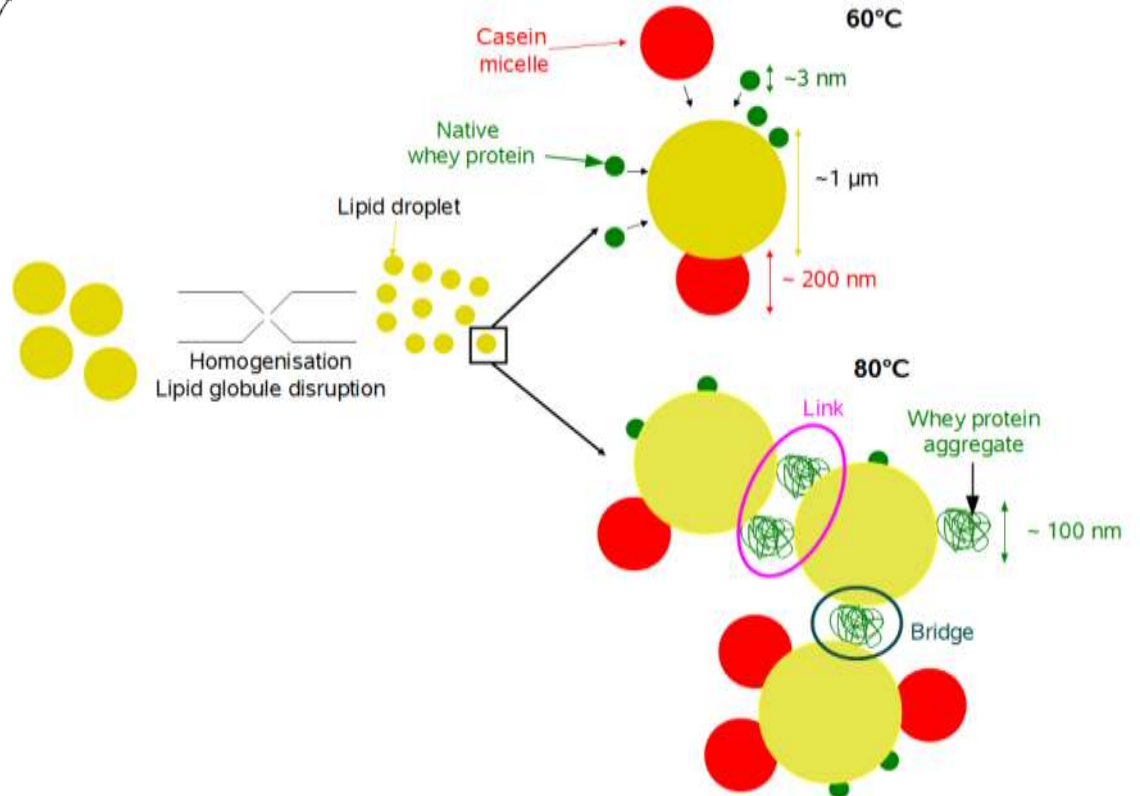
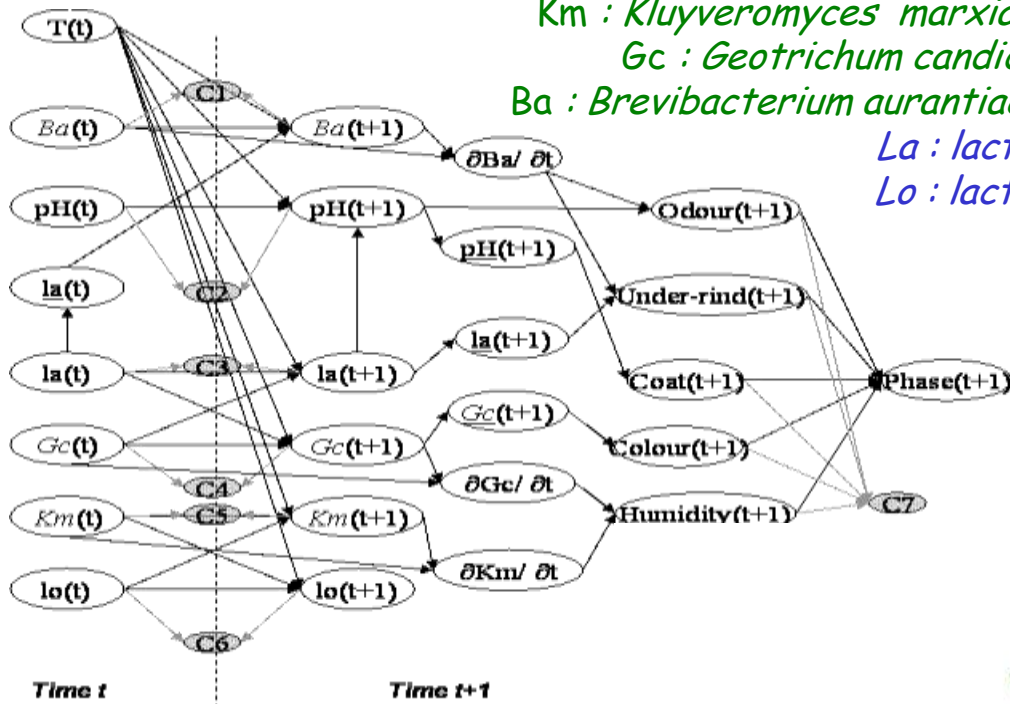


**Voies Boite noire sur des
données**



**Voies explicite sur des
connaissances
Déterministe.....Stochastique**

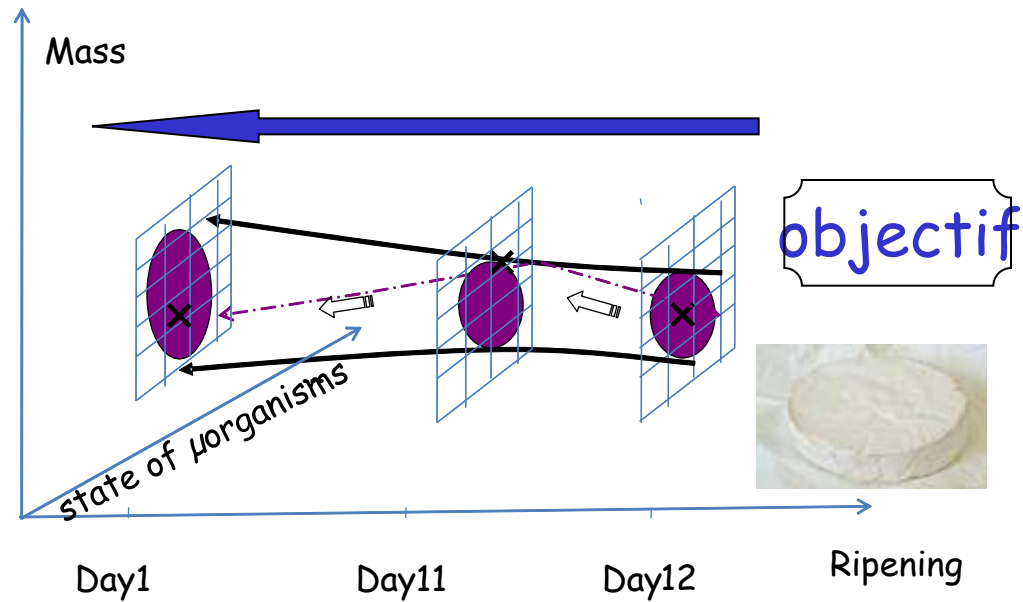
Km : *Kluyveromyces marxianus*
Gc : *Geotrichum candidum*
Ba : *Brevibacterium aurantiacum*
La : lactate
Lo : lactose



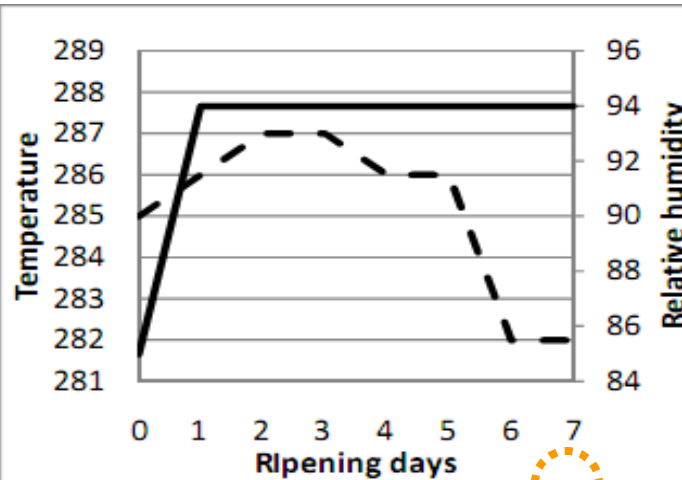
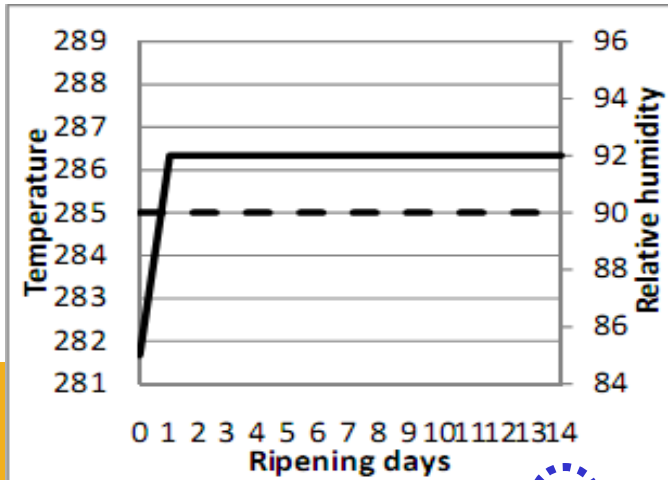
Optimisation du contrôle de l'enceinte d'affinage

Viabilité: l'ensemble des chemins qui vont conduire à un état dans la cible et dont la trajectoire sera robuste

μ -organismes
respiration



Contrôle (T(K) ---, RH(%) —) de l'enceinte d'affinage,
Industrie- trajectoire standard optimale trouvée avec l'approche



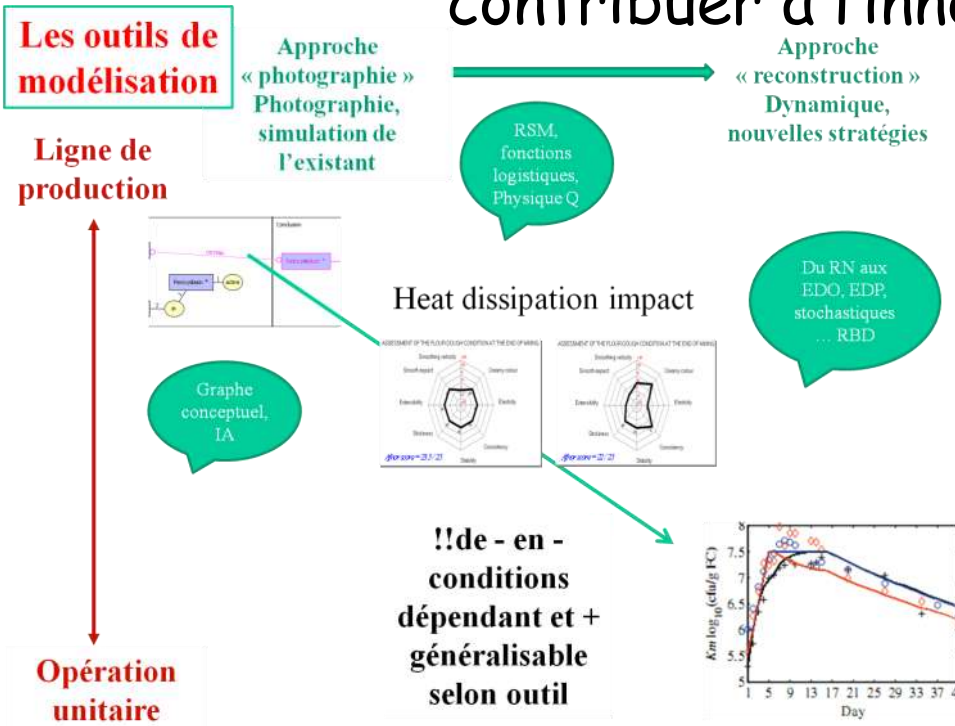
Pour la même qualité de camembert à 45 jours!



Conclusion

Matériau alimentaire=

Connaissance incomplète et interactions à différentes échelles ainsi que variabilité, besoins de modèles in silico pour intégrer les connaissances et contribuer à l'innovation.



!!Importance de l'analyse systémique avant toute mise en œuvre d'outils de modélisation