

Impacts des procédés sur les attributs des aliments

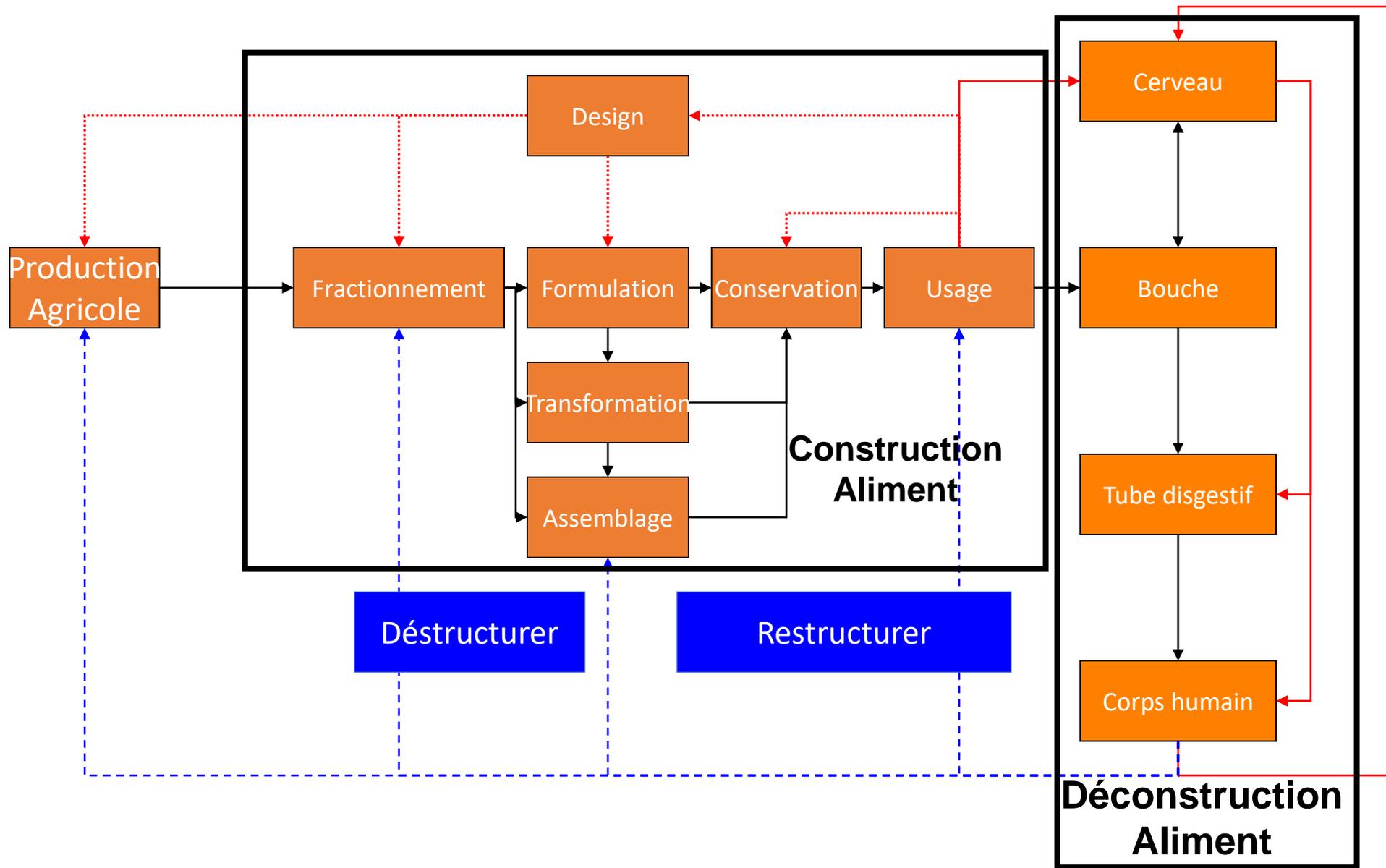
Gilles TRYSTRAM

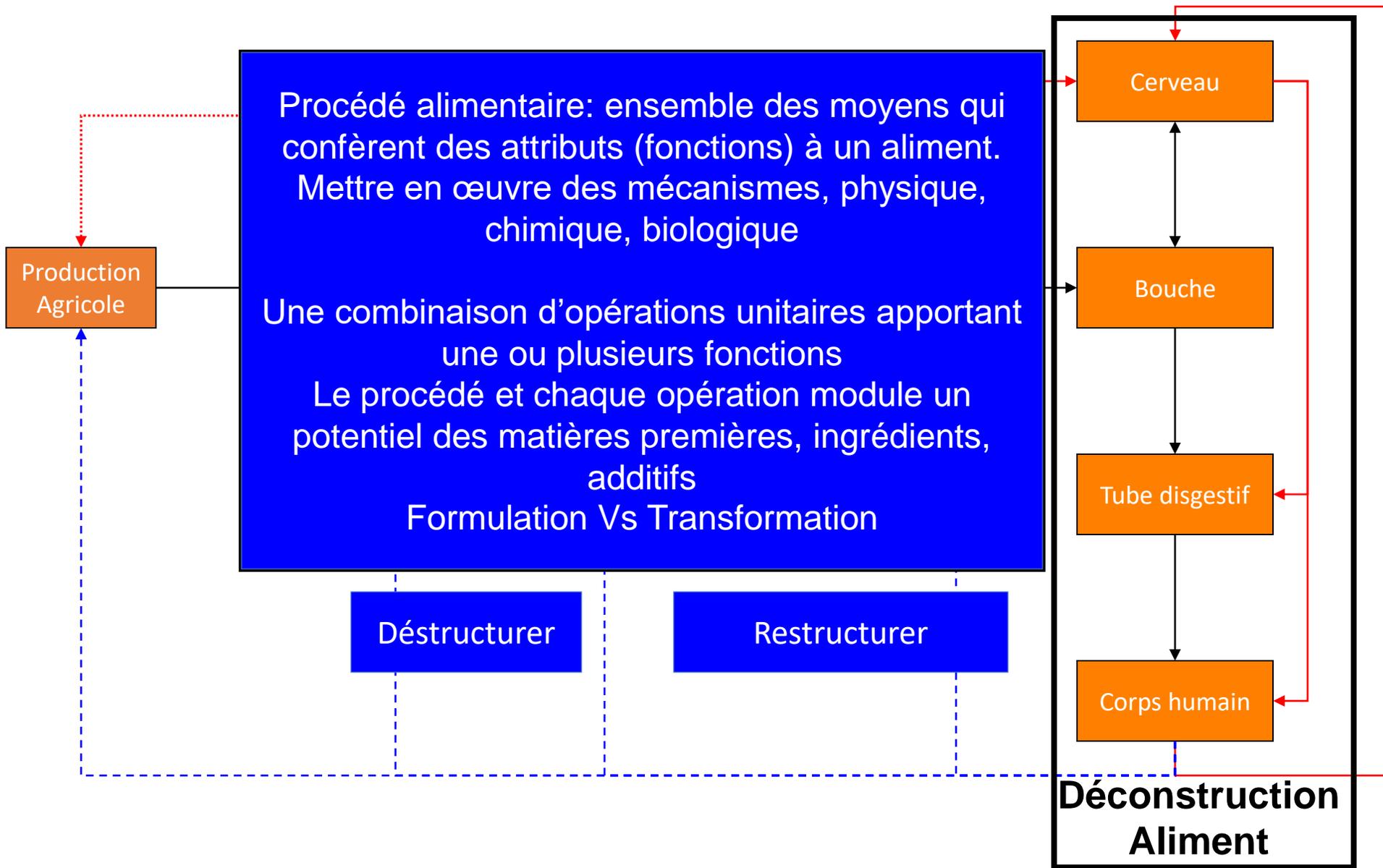
AgroParisTech

UMR 1145 Ingénierie Aliments et Procédés (AgroParisTech, Inra)

Académie Agriculture de France

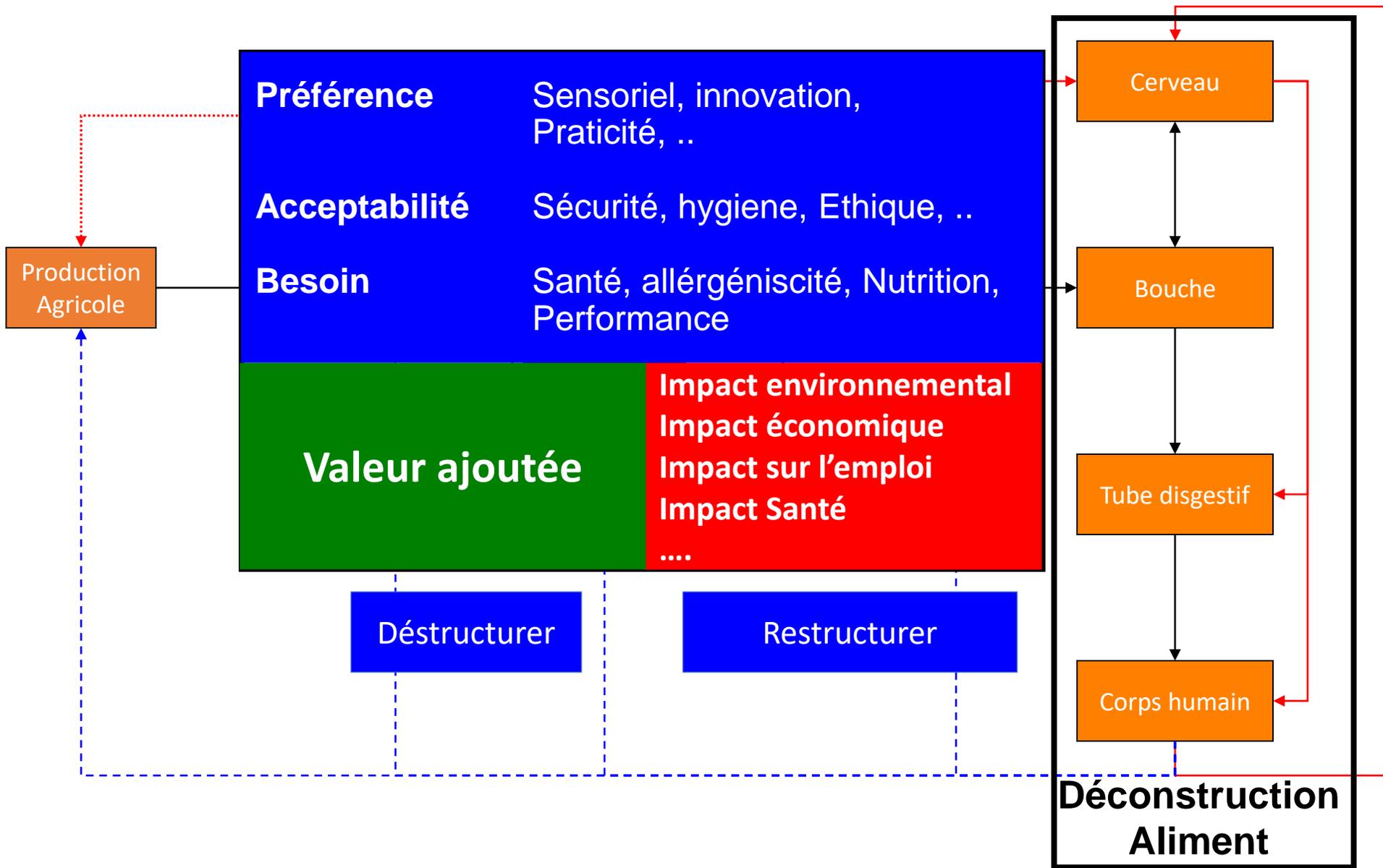
Mai 2018





Innovation aliments et procédés

| 5000 BC | 2000 BC | 1600-1800 | 1800-1900 | 1900-2016 | |
|--|--|----------------------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------|
| Lactic acid fermentation of cabbage 8000 BC | Noodle 2000 BC | French fries and chips 1680 | Margarine 1869 | Ohmic heating 1841 | Teabags 1908 |
| Butter 3000 BC | Salting and smoking of meat 2000 BC | Mayonnaise 1756 | Thermal stabilisation of wine 1850 | Spray drying 1872 | Microwave oven patent 1946 |
| Deep Frying 5000 BC | | Patent of drying of food 1780 | Milk based baby food 1866 | UHT processing of liquid 1893 | |
| | | | Chocolate bars 1875 | High pressure inactivation of microorganisms 1899 | |
| | | | Coca cola 1886 | | |



Mécanismes

Opérations

Discussion

Electrique

Préparer, parer,
«manufacturier»

Mécanique

Séparer, extraire,
purifier, cracking

Chimique
Biochimique

Formulation
structuration

Biologique

Traitements
thermiques

Vapeur, VES

Traitements par
réactions
chimiques,
biotechnologies

Thermodynamique

Thermo
mécanique

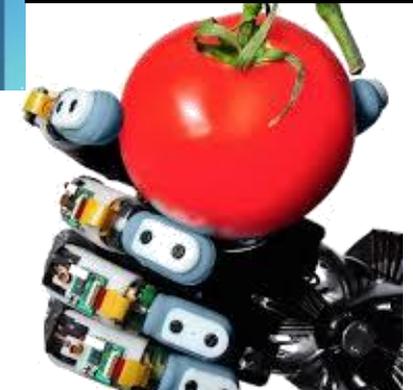
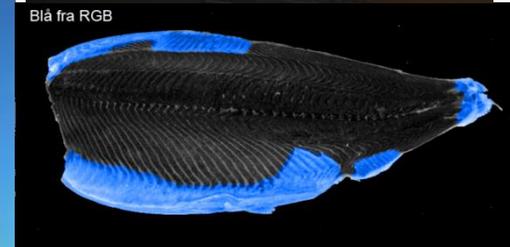
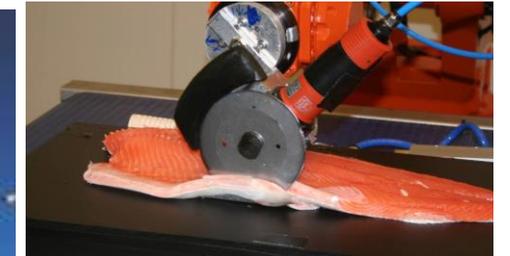
Préservation

Electro
chimique

Conserver

Moulage

Extrusion, Laminage, Désassemblage, Découpage,
Pelage , Tri, Epluchage, Parage



Mécanismes

Membranes,
UF, nF, OI, MF

Distillation

Evaporation
Concentration

crystallisation

Champs
électriques pulsés

Immersion
Infusion

enzymes

Mécanique
Décantation

Opérations

Préparer, parer,
manufacturier

Séparer, extraire,
purifier, cracking

Formulation
structuration

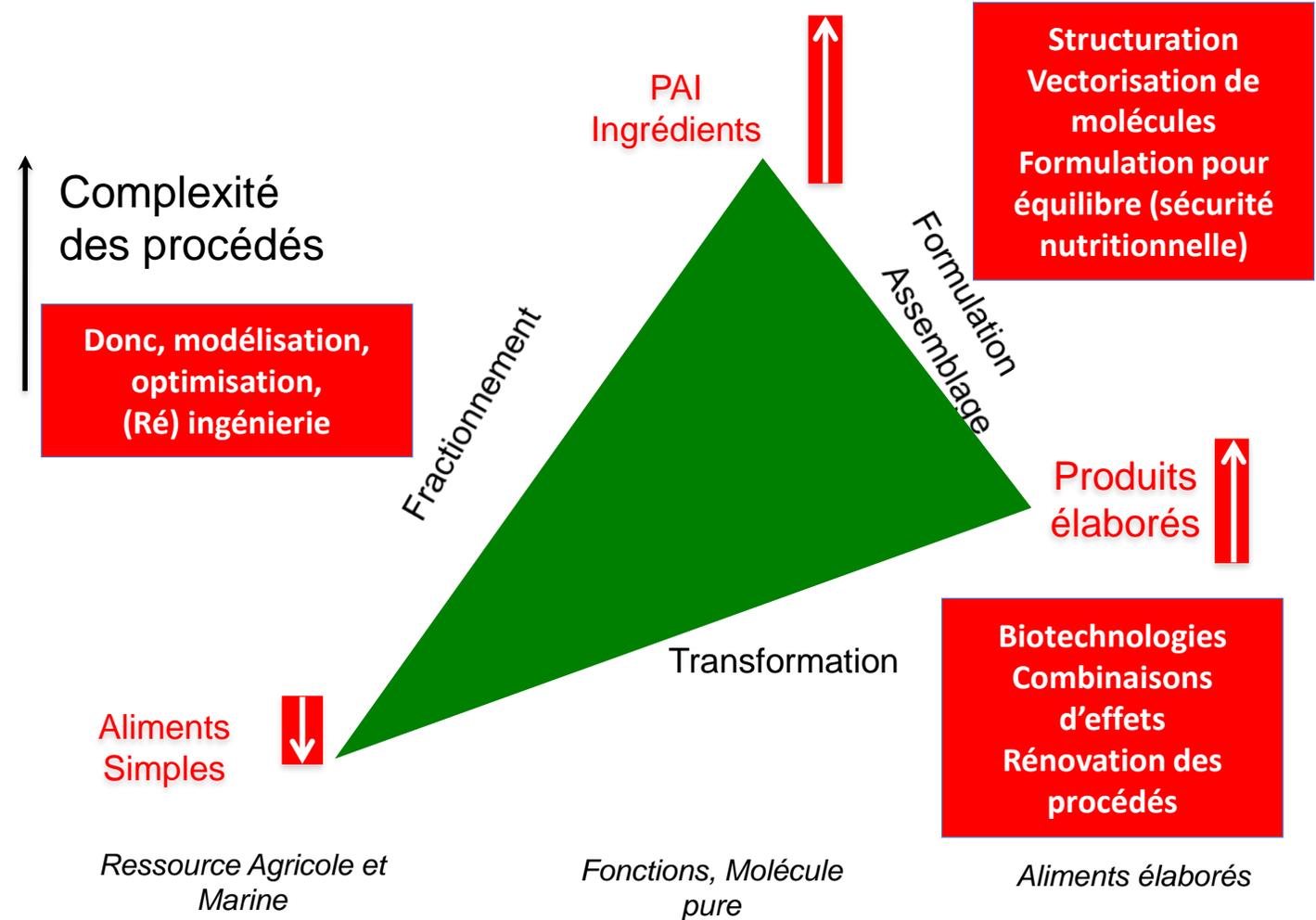
Traitements
thermiques

Traitements par
réactions
chimiques,
biotechnologies

Préservation

Conserver

Discussion



Mécanismes

Membranes,
UF, nF, OI, MF

Distillation

Evaporation
Concentration

crystallisation

Champs
électriques pulsés

Immersion
Infusion

enzymes

Mécanique
Décantation

Opérations

Préparer, parer,
manufacturer

Séparer, extraire,
purifier, cracking

Formulation
structuration

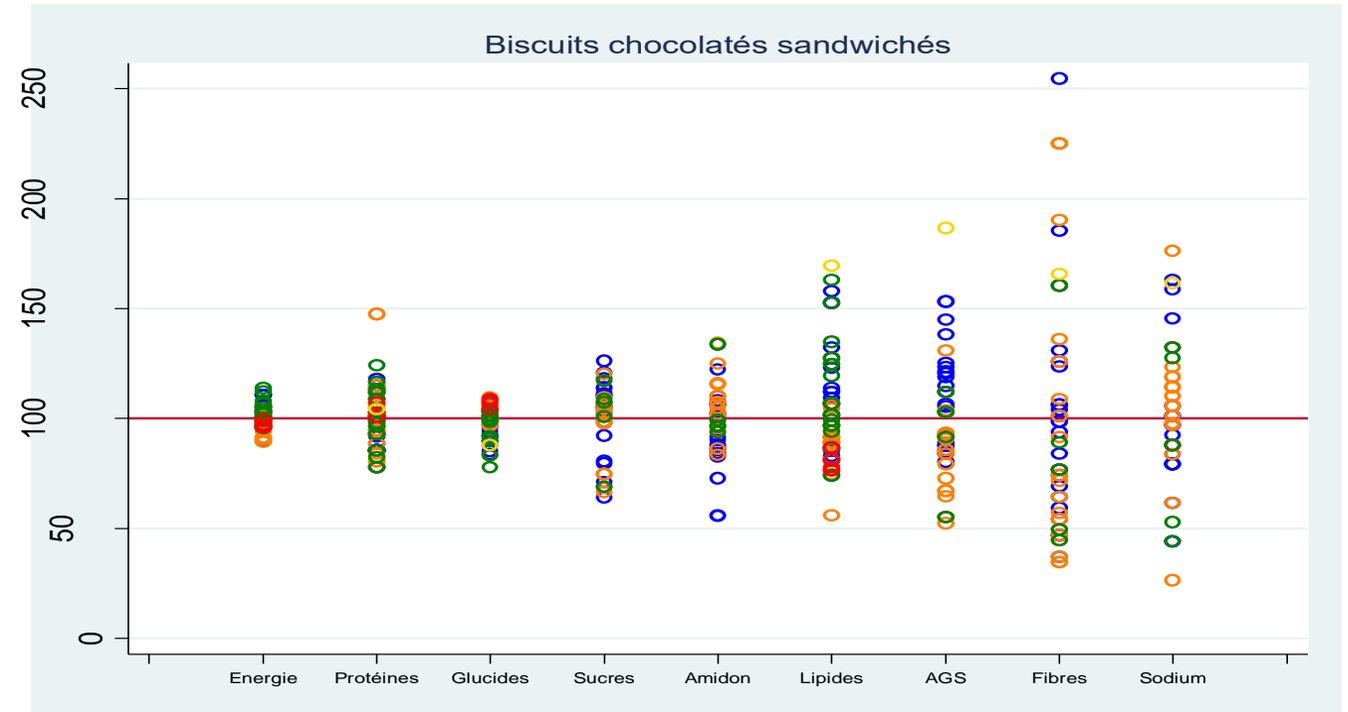
Traitements
thermiques

Traitements par
réactions
chimiques,
biotechnologies

Préservation

Conserver

Discussion



Source OQALI

Création de diversité retardée

Mécanismes

Opérations

Discussion

Membranes,
UF, nF, OI, MF

Préparer, parer,
manufacturier

Distillation

Séparer, extraire,
purifier, cracking

Evaporation
Concentration

Formulation
structuration

crystallisation

Traitements
thermiques

Champs
électriques pulsés

Traitements par
réactions
chimiques,
biotechnologies

Immersion
Infusion

Préservation

enzymes

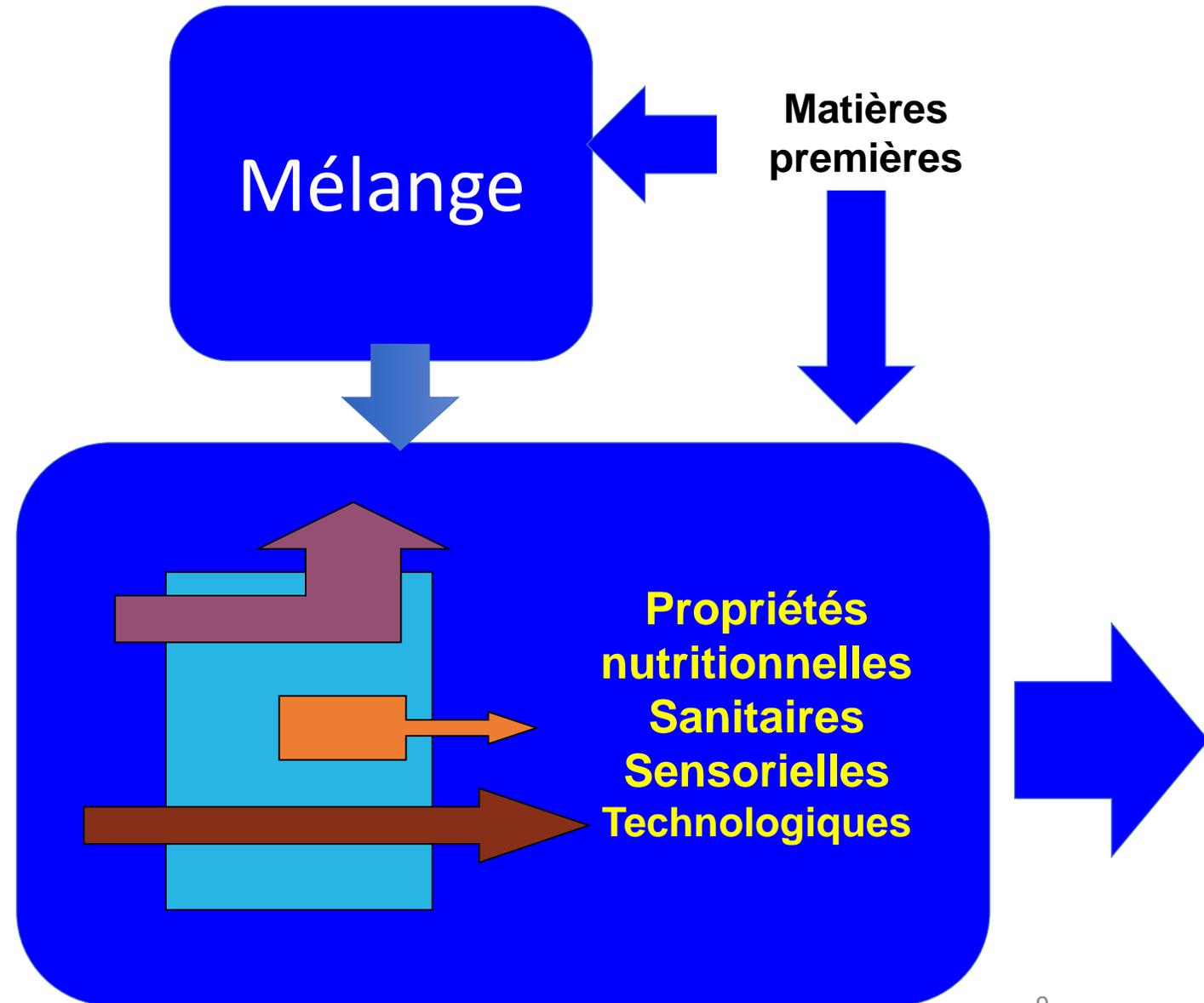
Conserver

Mécanique
Décantation

Mélange

Matières
premières

Propriétés
nutritionnelles
Sanitaires
Sensorielles
Technologiques



Mécanismes

Membranes,
UF, nF, OI, MF

Distillation

Evaporation
Concentration

crystallisation

Champs
électriques pulsés

Immersion
Infusion

enzymes

Mécanique
Décantation

Opérations

Préparer, parer,
manufacturier

Séparer, extraire,
purifier, cracking

Formulation
structuration

Traitements
thermiques

Traitements par
réactions
chimiques,
biotechnologies

Préservation

Conserver

Discussion

Transformer par
fermentation
Bactérie, champignon,
levure, ..

Couplage structure réaction,
expansion, création de
porosité, collapse,
changements d'états, ...

Thermodynamique
Transferts
transports

Structure

Réactions
Chimiques
Biologiques

Schémas réactionnels
Composés instables
Données

Installer la sécurité sanitaire
Pasteurisation
Stérilisation
Inactivation

Mécanismes

Membranes,
UF, nF, OI, MF

Distillation

Evaporation
Concentration

crystallisation

Champs
électriques pulsés

Immersion
Infusion

enzymes

Mécanique
Décantation

Opérations

Préparer, parer,
manufacturier

Séparer, extraire,
purifier, cracking

Formulation
structuration

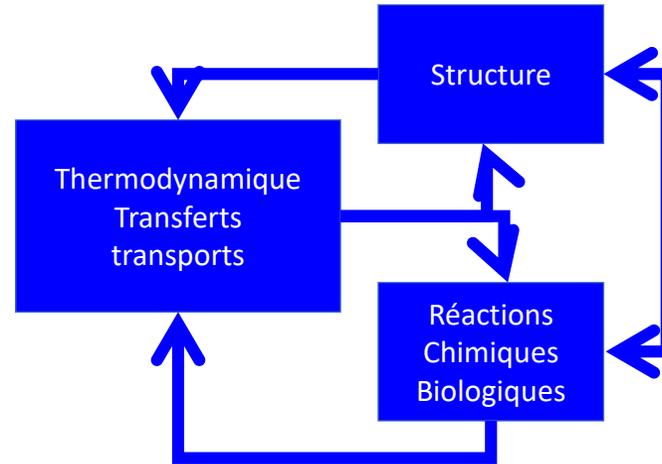
Traitements
thermiques

Traitements par
réactions
chimiques,
biotechnologies

Préservation

Conserver

Discussion



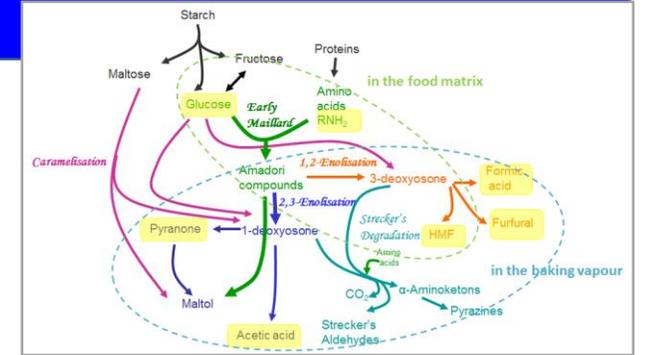
Etat des connaissances
Expériences *en milieux modèles*
Molécules pures

Schéma réactionnel *observable*

Sélection de *marqueurs*

Base de données expérimentales

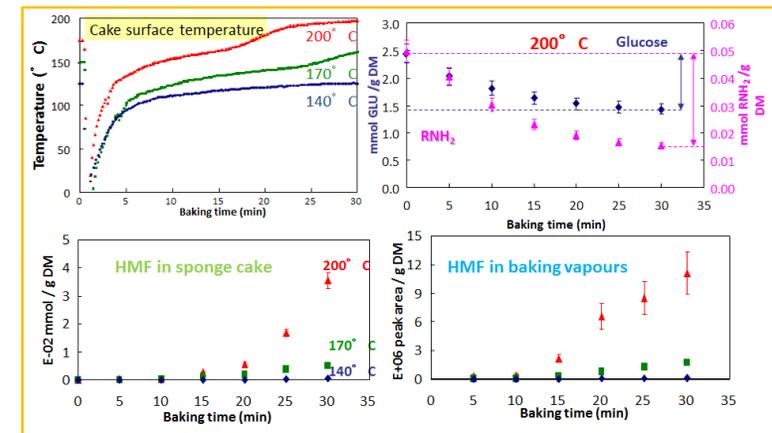
Modélisation - Simulation -
Optimisation



$$\frac{dC_{glu}}{dt} = -k_5 C_{glu} C_{R-NH_2}$$

$$\frac{dC_{HMF}}{dt} = k_{26} C_{amadori} - \frac{k_{HMF} S}{V_r} (C_{HMF}^{surf} - C_{HMF}^{oven})$$

$$C_{HMF}^{oven} = \frac{A_{HMF}}{p_{HMF}^{fibre/gas}}$$



D'après Bonazzi

Mécanismes

Membranes,
UF, nF, OI, MF

Distillation

Evaporation
Concentration

crystallisation

Champs
électriques pulsés

Immersion
Infusion

enzymes

Mécanique
Décantation

Opérations

Préparer, parer,
manufacturer

Séparer, extraire,
purifier, cracking

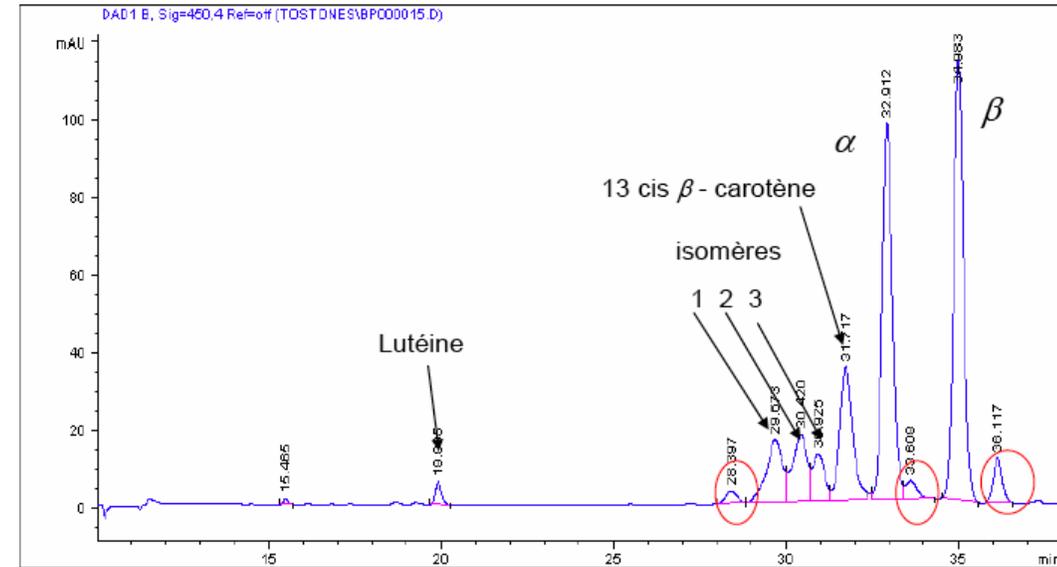
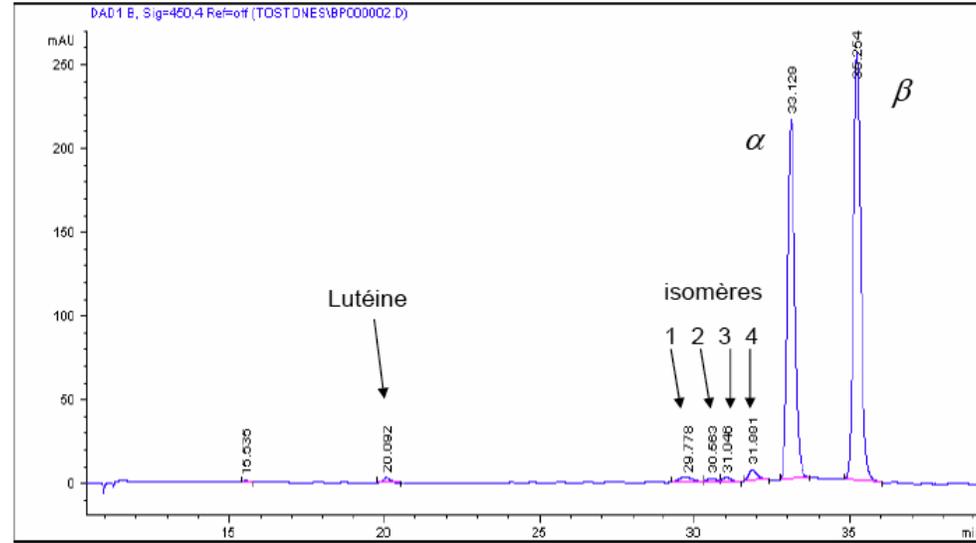
Formulation
structuration

Traitements
thermiques

Traitements par
réactions
chimiques,
biotechnologies

Préservation

Conserver



Néoformés apparaissent de manière significative
Molécules toujours intéressantes d'un point de vue nutritionnel

**Plantain
vert**

Comment étudier l'impact d'un procédé, d'une opération sur les attributs de l'aliment?

- L'approche expérimentale
 - Progrès en instrumentation, toutes échelles accessibles
 - Couplage à des outils expérimentaux en vraie grandeur procédé: taux de cisaillement, vitesse de montée en températures, contraintes, ...
- L'approche par modélisation
 - Des progrès considérables
- Des espaces de représentation
 - Des classifications plus ou moins fondées
 - Espace temps température pour décision
 - Diagramme d'état, un cadre remarquable pour l'effet formulation sur la structure (et la perception)
 - Diagramme réactions équivalentes (exemple couleur)
 - Des espaces plus complexes: exemple Sain Lim pour accéder à la dynamique du procédé

Comment étudier l'impact d'un procédé, d'une opération sur les attributs de l'aliment?

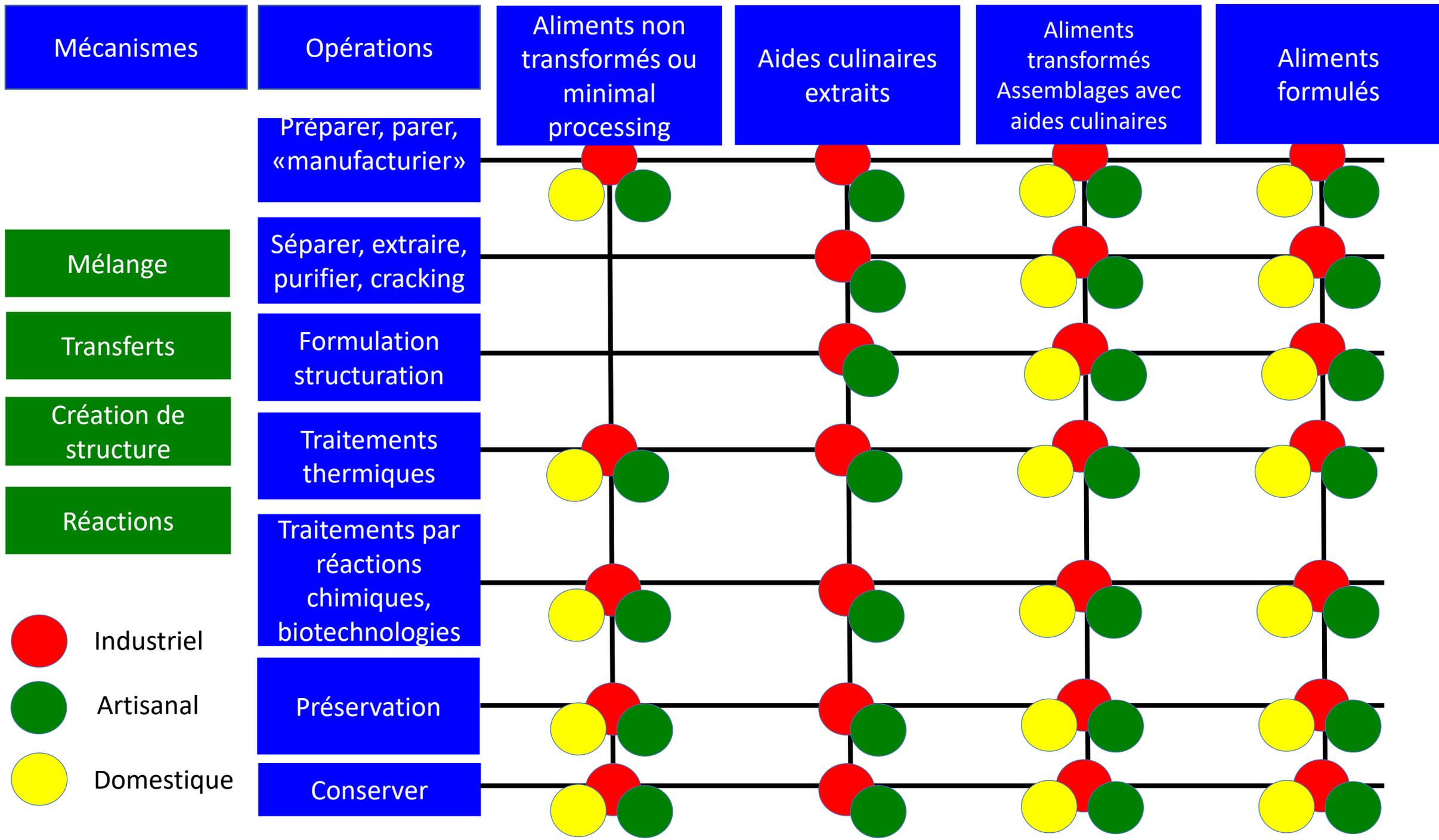
- L'approche expérimentale
 - Progrès en instrumentation, toutes échelles accessibles
 - Couplage à des outils expérimentaux en vraie grandeur procédé: taux de cisaillement, vitesse de montée en températures, contraintes, ...
- L'approche par modélisation
 - Des progrès considérables
- **Des espaces de représentation**
 - Des classifications plus ou moins fondées
 - Espace temps température pour décision
 - Diagramme d'état, un cadre remarquable pour l'effet formulation sur la structure (et la perception)
 - Diagramme réactions équivalentes (exemple couleur)
 - Des espaces plus complexes: exemple Sain Lim pour accéder à la dynamique du procédé

Des classifications plus ou moins fondées

- Un exemple: classification NOVA (celle qui est utilisée pour discuter des aliments ultra transformés). Quatre classes (dans quelques articles trois seulement)
- Classe 1: aliments non transformés ou « *minimally processed* »
 - Aliments natifs, partie comestible de la ressource végétale ou animale. Suppose souvent une séparation, extraction
 - *Minimal processing, mild processing*, concept des années 1994 qui vise la durée de vie préservée des produits: hautes pressions, pasteurisation, emballage, atmosphère modifiée, lumière ou champs électriques pulsés. Souvent une étape de formulation (sel, huile) avant. La liste des opérations est potentiellement vaste, critiquable aussi (séchage, traitement thermique ou les auteurs ne prennent pas en compte les effets réactions induites)
 - Cette classe ouvre le débat (peu fondé) de la **naturalité**
- Classe 2: Ingrédients culinaires, produits intermédiaires
 - Extraction, séparation, purification à partir d'aliments natifs: intègre les opérations manufacturières (épluchage, découpe, ..), sucre, sel, huile, amidon, extraits, qui de fait relève de procédés très complexes, assez « durs », mais concerne des molécules ou des familles de molécules.
 - S'y ajoute des aliments composites enrichis en vitamines, en composés fonctionnels, les produits issus de fermentation (vin), ...
 - Implicitement la notion de **clean label** se réfère à cette classe de produits

Des classifications plus ou moins fondées

- Classe 3: Aliments transformés
 - Aliments (faiblement formulés) ayant subi un traitement technologique de type cuisson, fermentation.
Préservation long terme du produit, stabilisation, donc acceptation des additifs
- Classe 4: aliments formulés et transformés
 - Formulation intégrant plusieurs ingrédients, d'origine non « clean label », subissant des transformations (tous procédés considérés) pour augmenter un impact sensoriel. En fait ce sont les produits issus de l'industrie qui sont classés ici (alors que l'artisanat alimentaire comme la préparation domestique utilisent les mêmes processus de formulation).

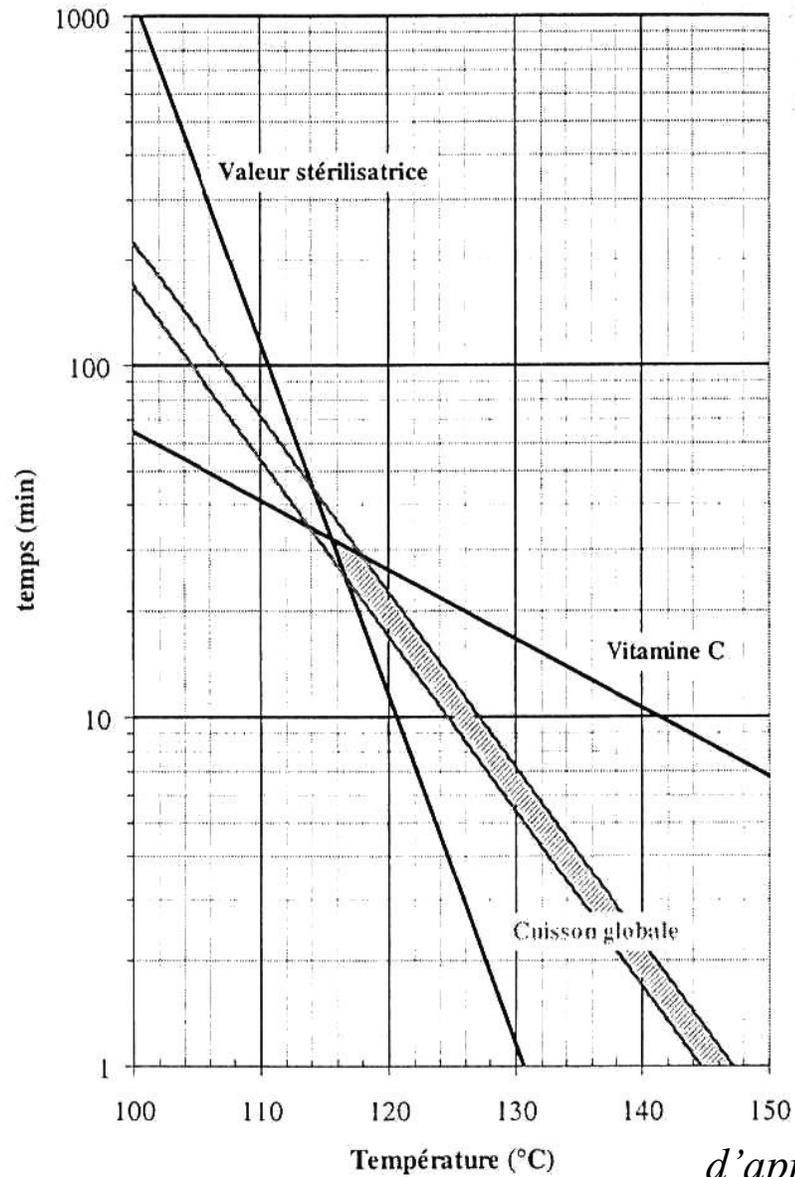


- Industriel
- Artisanal
- Domestique

Comment étudier l'impact d'un procédé, d'une opération sur les attributs de l'aliment?

- L'approche expérimentale
 - Progrès en instrumentation, toutes échelles accessibles
 - Couplage à des outils expérimentaux en vraie grandeur procédé: taux de cisaillement, vitesse de montée en températures, contraintes, ...
- L'approche par modélisation
 - Des progrès considérables
- Des espaces de représentation
 - Des classifications plus ou moins fondées
 - Espace temps température pour décision
 - Diagramme d'état, un cadre remarquable pour l'effet formulation sur la structure (et la perception)
 - Diagramme réactions équivalentes (exemple couleur)
 - Des espaces plus complexes: exemple Sain Lim pour accéder à la dynamique du procédé

Espace temps température pour décision



1) La **qualité sanitaire** des produits peut être atteinte sur des couples

$(t_{\text{barème long}} - T_{\text{barème faible}})$ ou

$(t_{\text{barème court}} - T_{\text{barème forte}})$

2) A qualité sanitaire élevée, la **qualité globale** des produits est préservée pour des couples

$(t_{\text{barème court}} - T_{\text{barème forte}})$

Traitements UHT

d'après Piar et al. (2000)

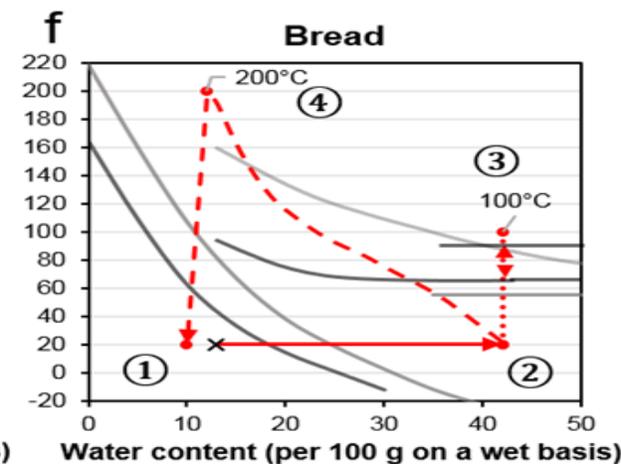
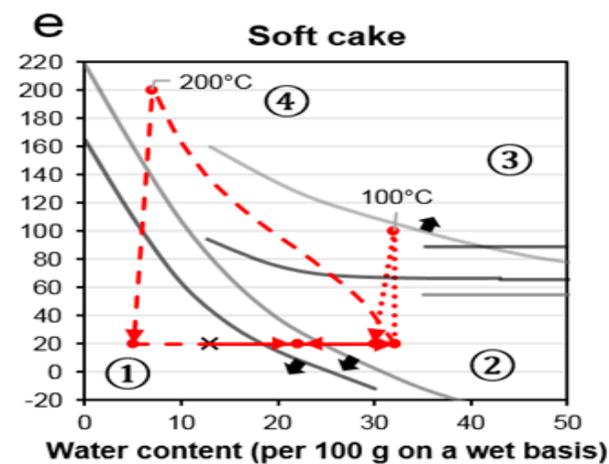
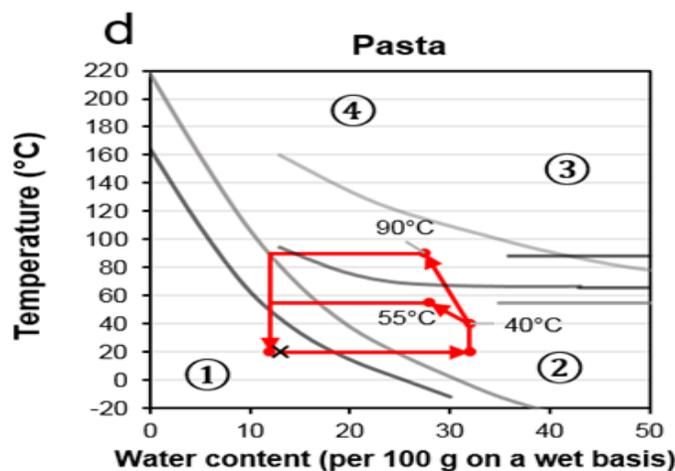
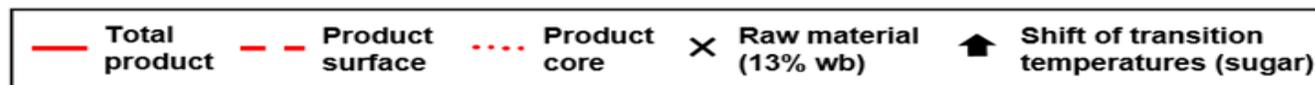
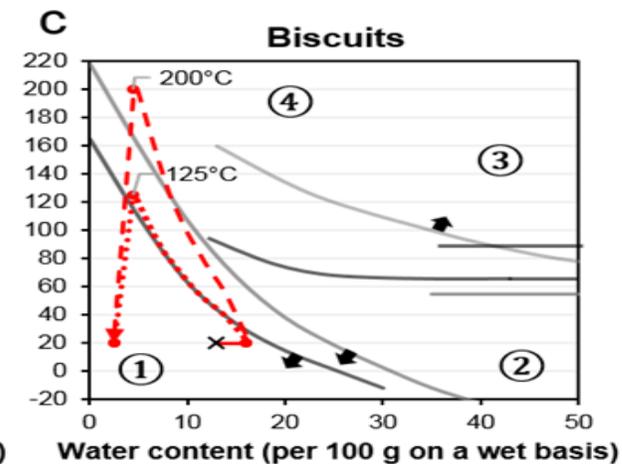
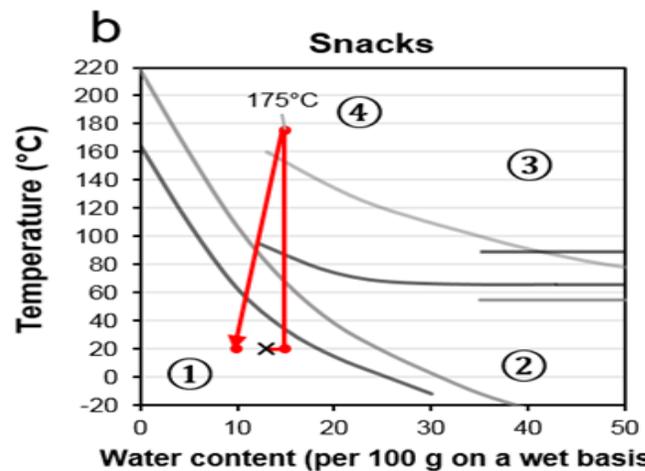
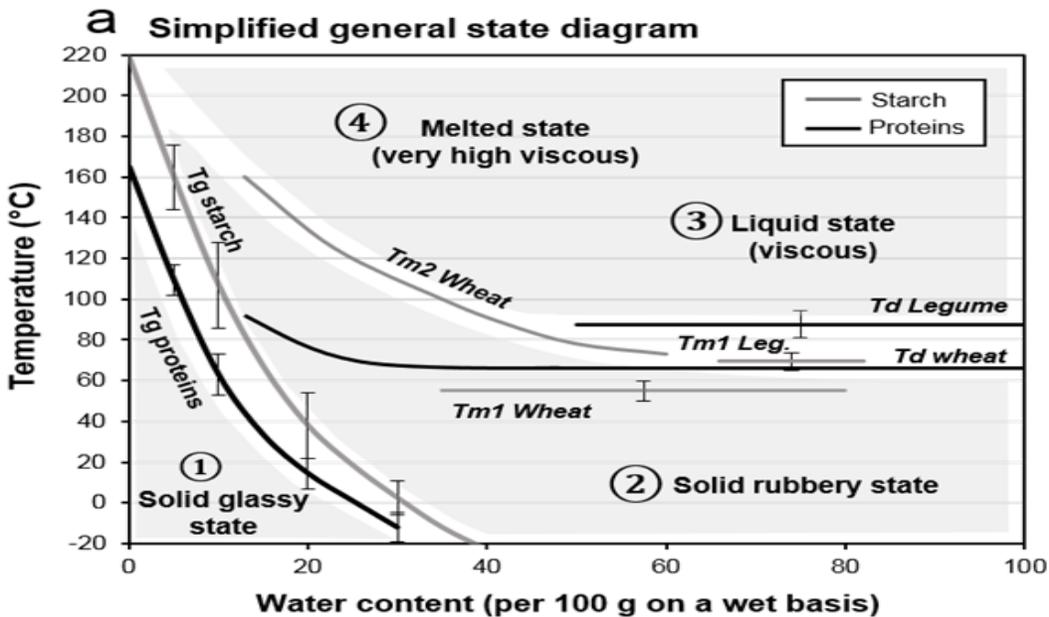
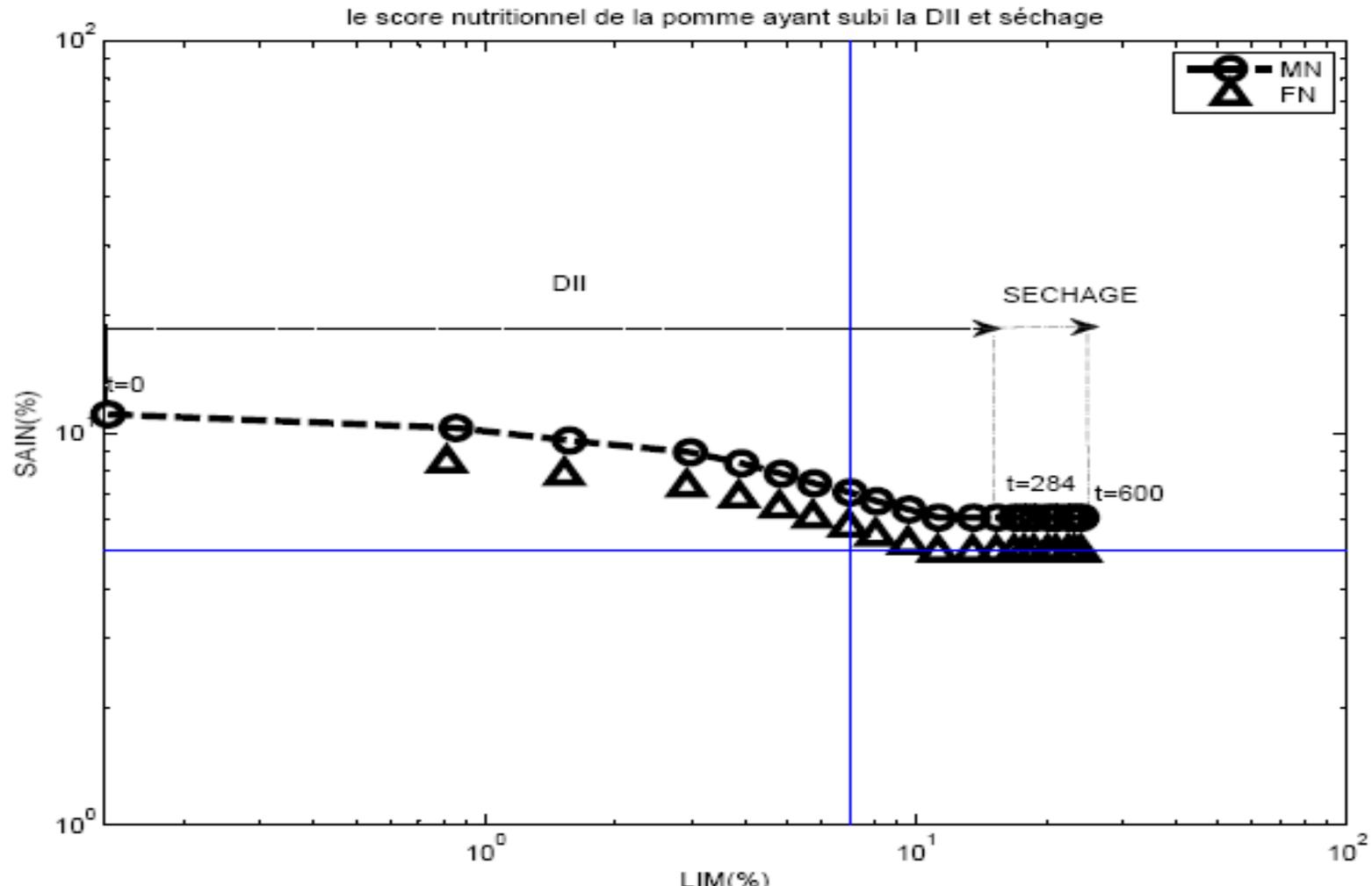


Diagramme d'état, un cadre remarquable pour l'effet formulation sur la structure (et la perception)

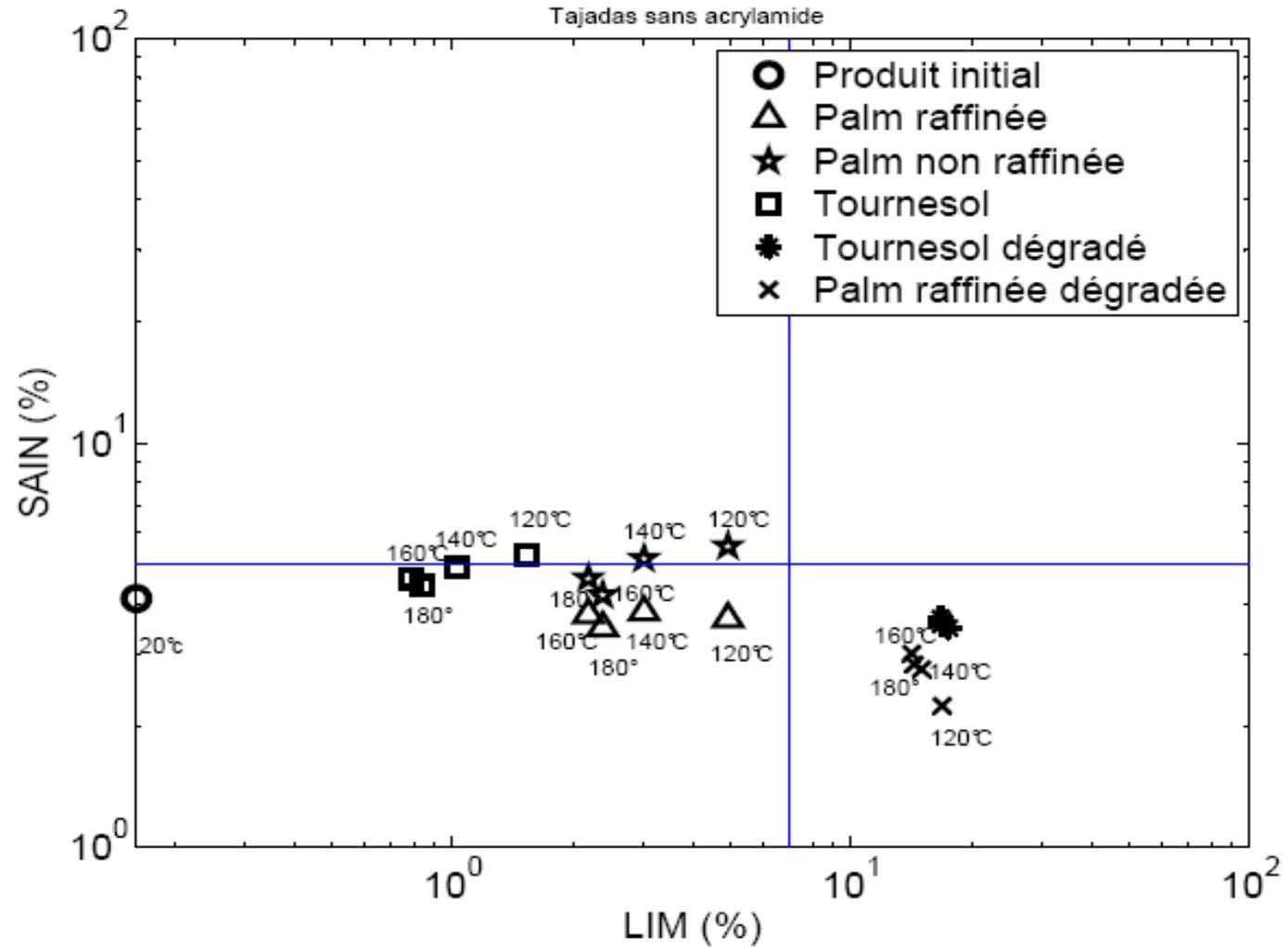


D'après Darmon et al, 2010

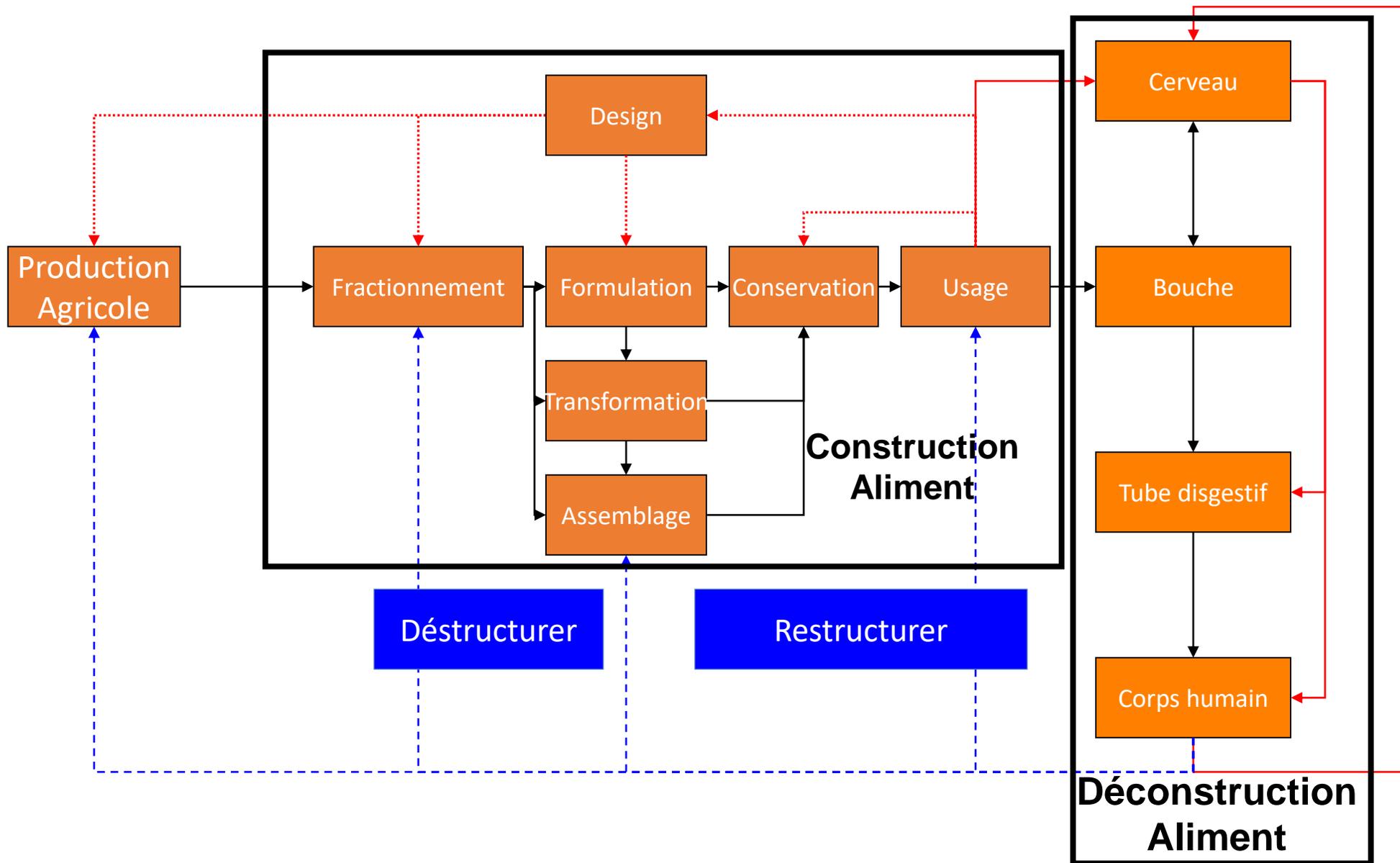
Évolution de la qualité nutritionnelle de la pomme traitée par DII et séchage dans le système SAIN-LIM avec et sans fuite de nutriments.



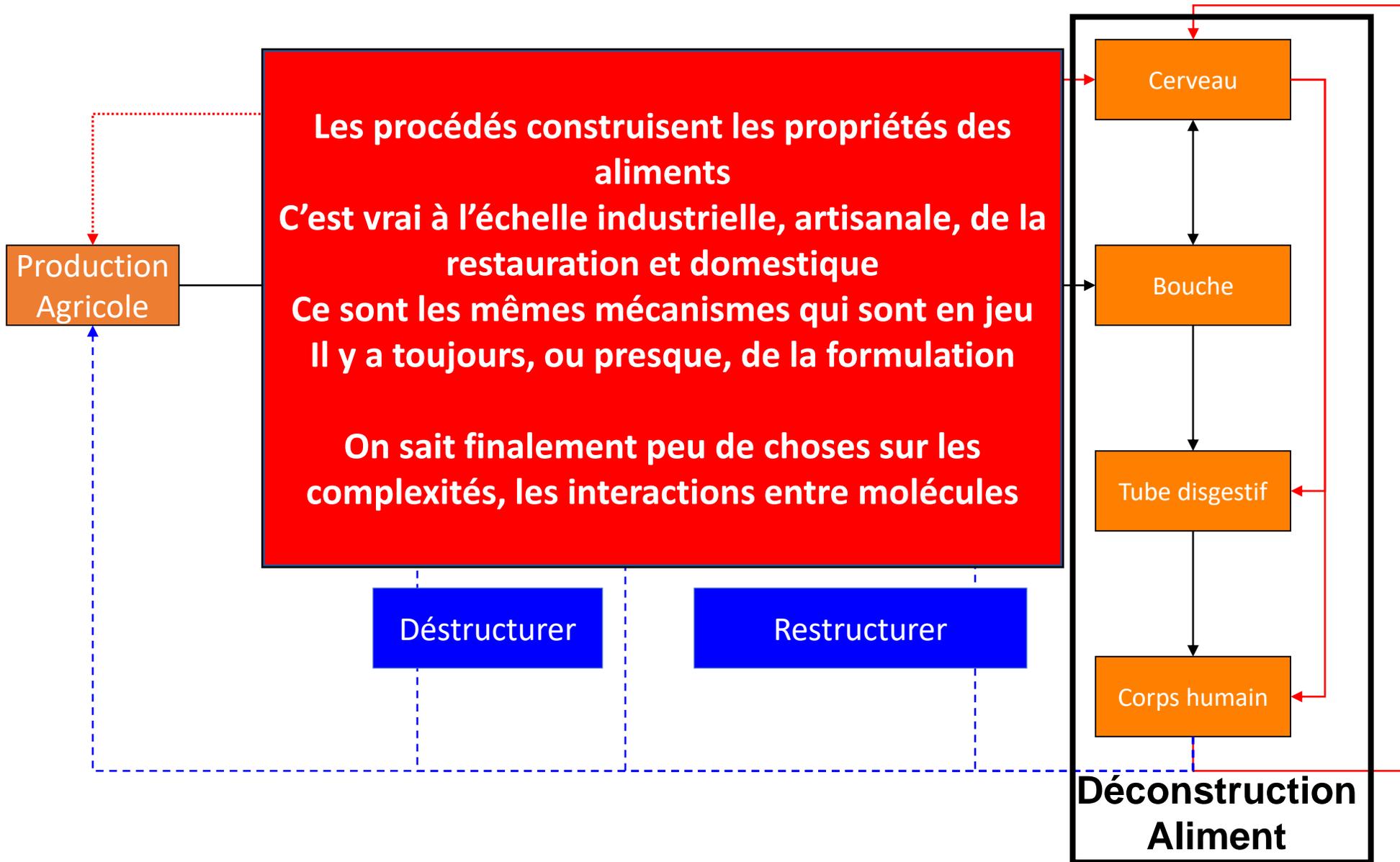
Friture de plantain, avec ou sans prise en compte de l'acrylamide dans la calcul du LIM



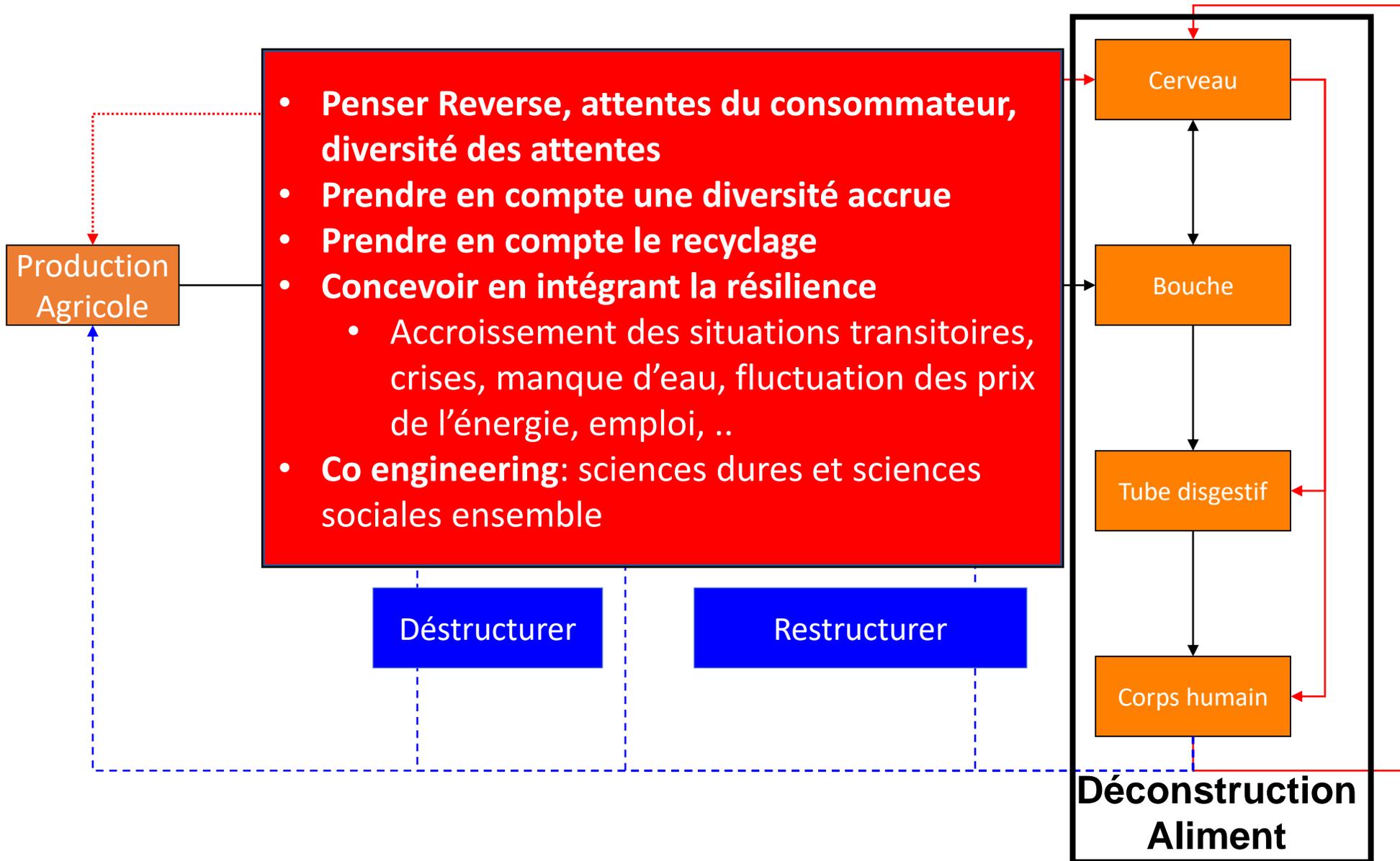
Conclusion



Conclusion



Conclusion



Merci et si vous avez des questions ou des commentaires