

L'alimentation des seniors

Et le bien vieillir

► Mercredi 27 novembre 2013





Influence des modes de cuisson sur la digestion des protéines de la viande: approches *in vitro* et *in vivo*

Véronique Santé-Lhoutellier, Thierry Astruc, Jean Dominique Daudin, Alain Kondjoyan, Valérie Scislowski, Claire Gaudichon & Didier Rémond

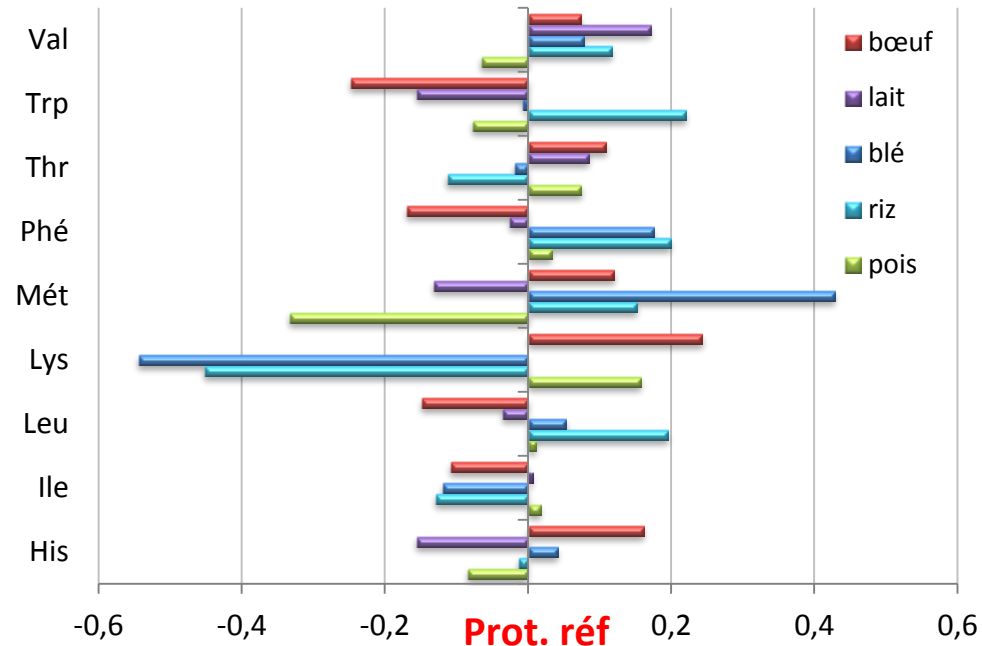
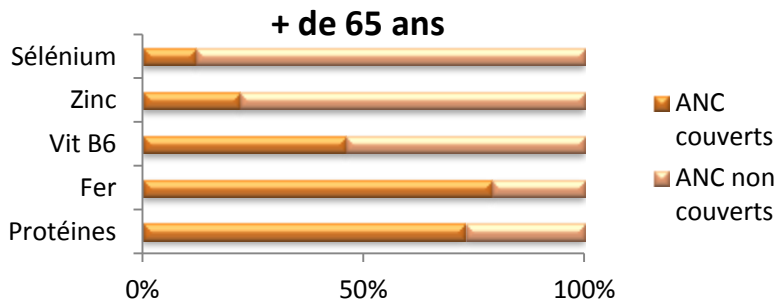
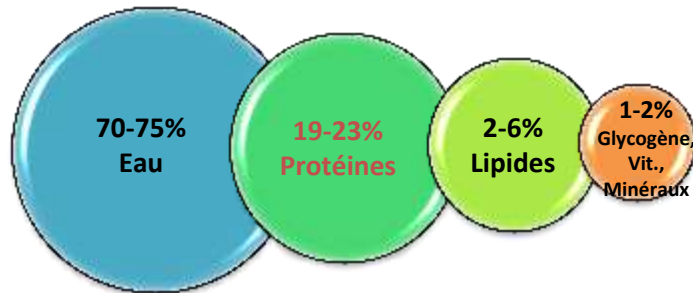
INRA QuaPA, UNH, AgroParisTech PNCA, ADIV

Plan

- Contexte nutritionnel
- Modèle de digestion *in vitro*
- Impact de la cuisson sur les structures moléculaires et tissulaires
- Modèle de digestion *in vivo*
- Conclusion et perspectives

Recommandations AFSSA (2007)

- 1g/kg /j pour sénior vs 0,8g /kg/j adulte ↗ 20%
- Consommation viande : < 400g/ semaine
Apports : Protéines,
Acides aminés indispensables,
Fer héminique, Zinc, Vitamines B



Enquête CCAF, 2010

La qualité d'une protéine se définit par:

1. Sa composition équilibrée en Acides Aminés Indispensables
2. Sa digestibilité

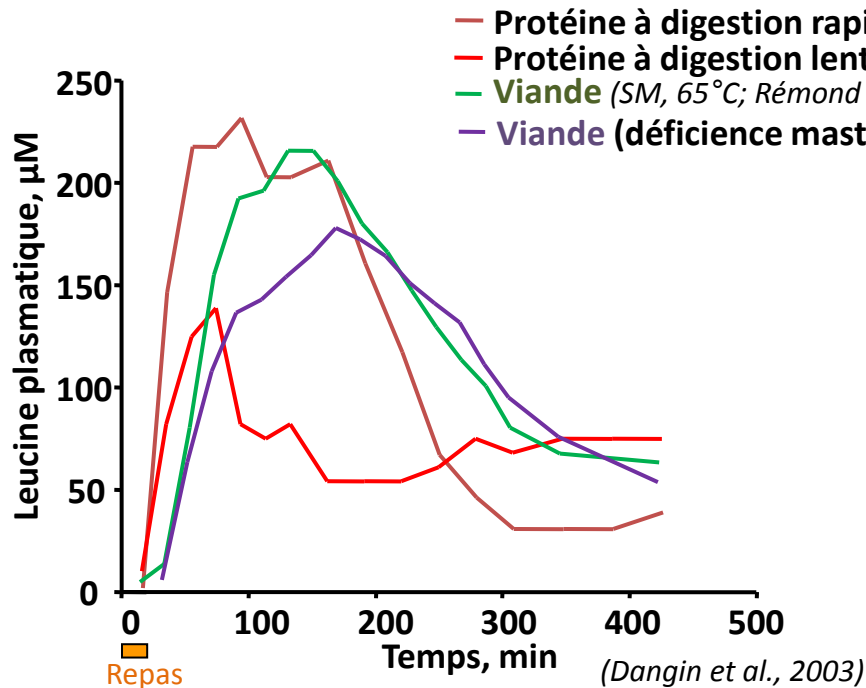
Plus récemment,

3. Sa vitesse de digestion
4. Sa potentialité à libérer des peptides ayant des activités biologiques (anti-hypertensifs,...) intéressantes en santé humaine

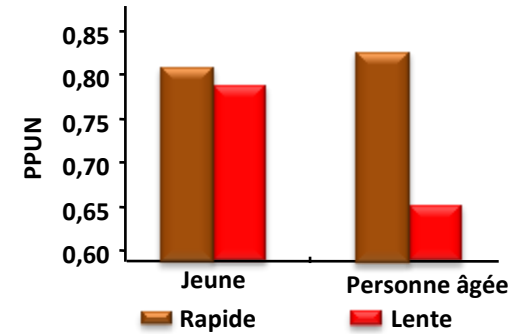
Concept de vitesse de digestion des protéines

La vitesse de libération des acides aminés dans le sang

Concept des protéines à digestion lente ou rapide (Boirie et al., 1997)

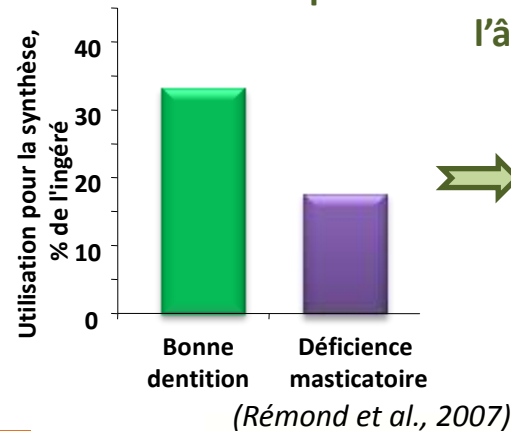


Pour une quantité identique de protéines ingérées



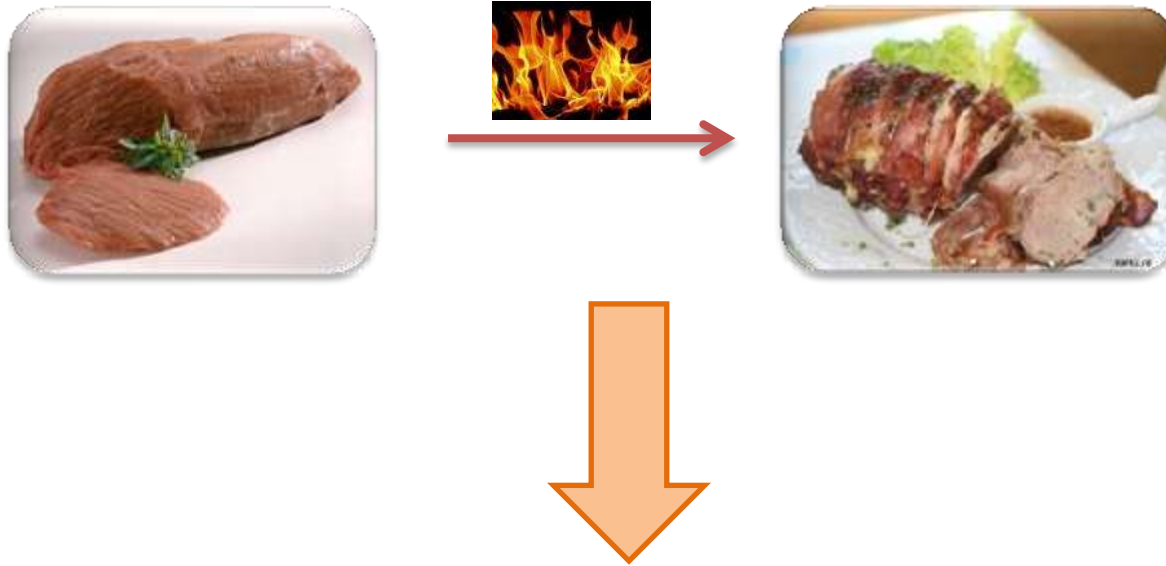
(Dangin et al., 2003)

➡ Protéines à digestion rapide améliorent l'anabolisme postprandial chez la personne âgée et sont intéressantes pour limiter la fonte musculaire liée à l'âge (sarcopénie)



➡ Faible différence de vitesse peut influencer sur l'utilisation des AA pour la synthèse protéique

Cependant, avant consommation, la viande subit des étapes de transformation

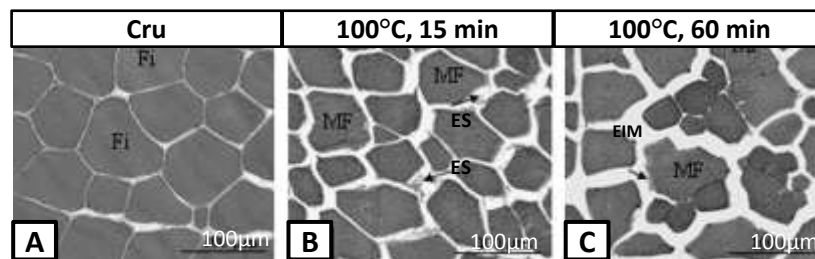


Modifications physicochimiques au chauffage

Modifications physicochimiques au chauffage

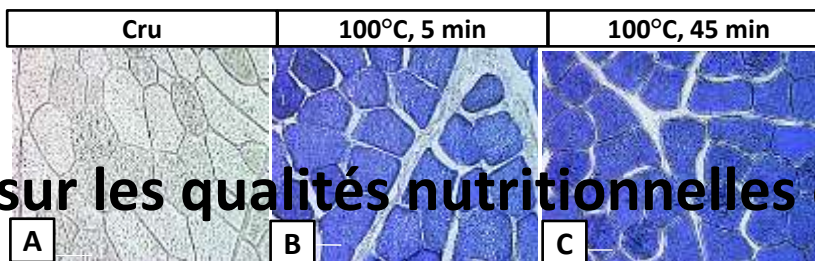
T
I
S
S
U

Contraction cellulaire



(Astruc et al., 2010)

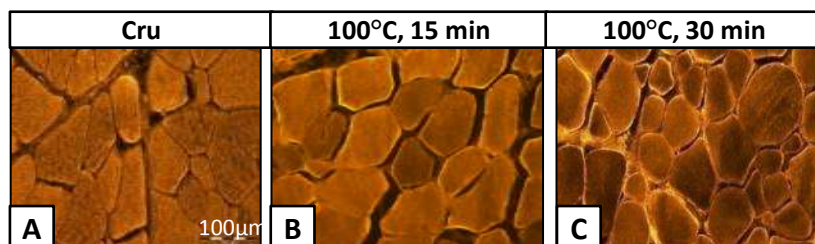
Dénaturation protéique



(Santé-Lhoutellier et al., 2008)

Quel impact sur les qualités nutritionnelles des viandes?

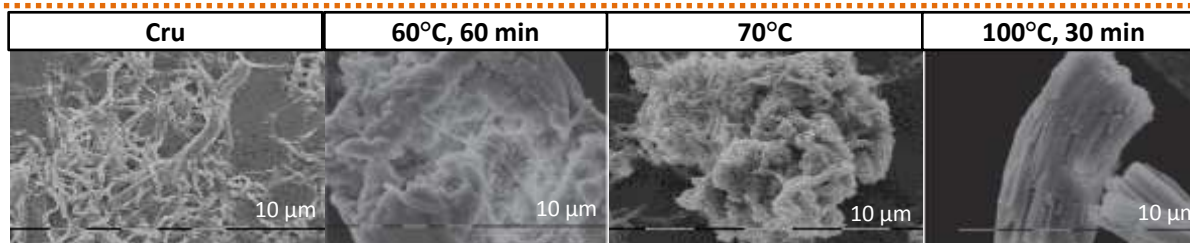
Oxydation des protéines



(Astruc et al., 2007)

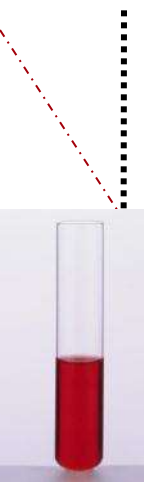
P
R
O
T
E
I
N
E
S

Agrégation



(Rémond et al., 2008;
Kajak-Siemaszko et al.,
2011)

Stratégie

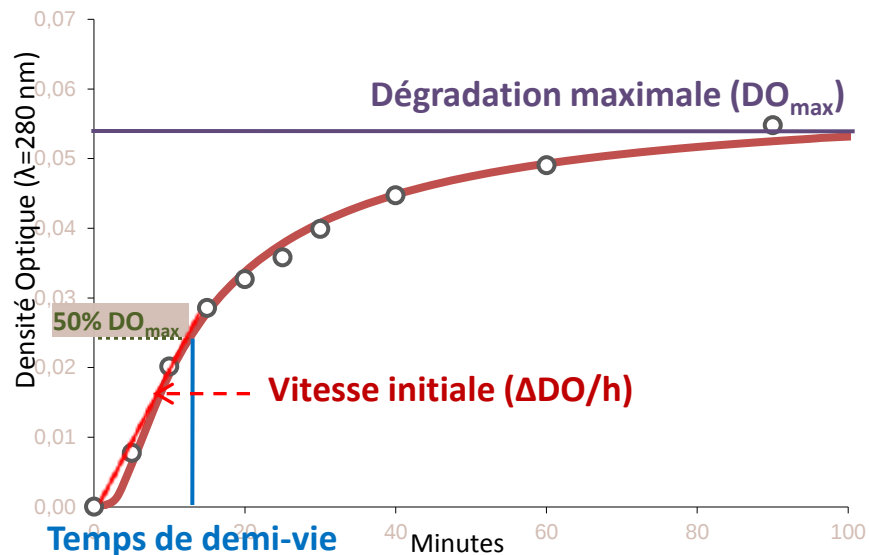


Screening process, Vitesse de digestion *in vitro*, signature peptidique



Digestibilité *in vivo*
Cinétique et signature métabolique

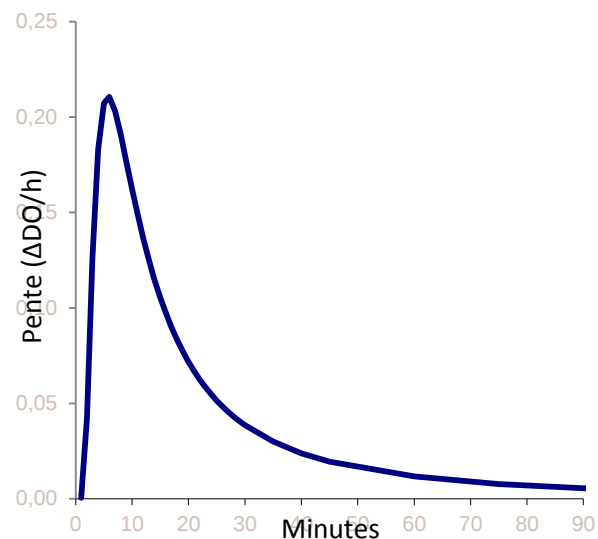
Modèle de digestion *in vitro* - Paramètres de digestion



$$DO = DO_{\max} \times e^{-\left[\frac{B}{\text{Temps}}\right]}$$

avec $B = \text{Temps de demi-vie} \times \ln(2)$

Courbe dérivée

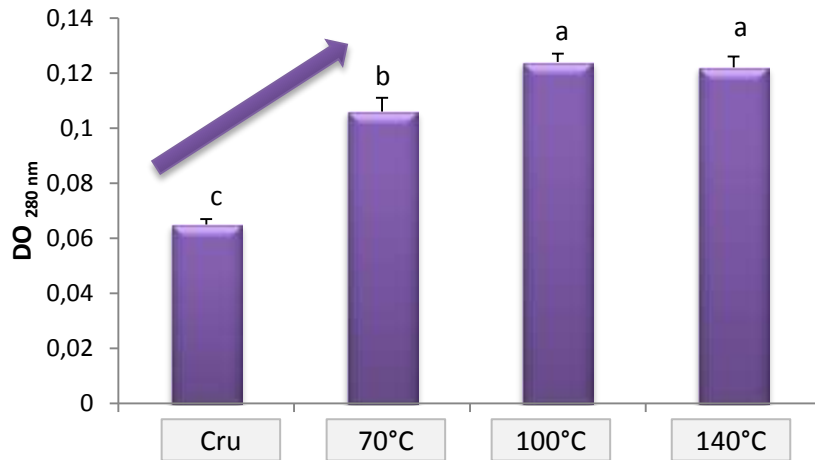


$$\frac{dDO}{d\text{Temps}} = 60 \times DO_{\max} \times B \left[e^{-\left[\frac{B}{\text{Temps}}\right]} \right] \frac{1}{\text{Temps}^2}$$

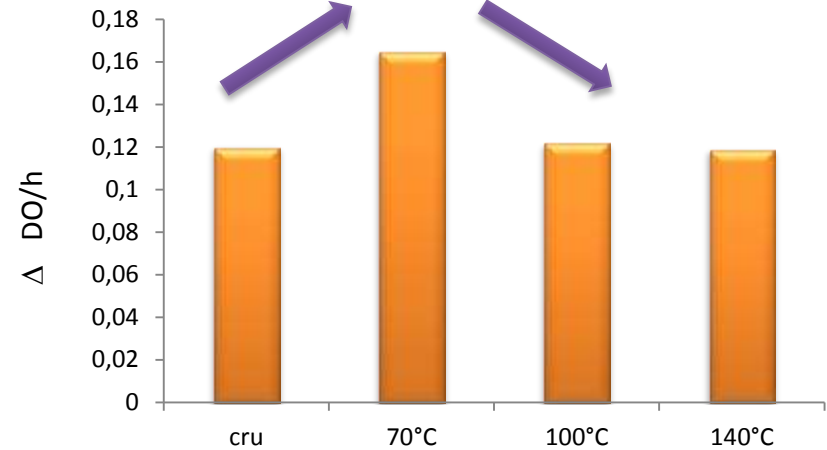
(Gatellier & Santé-Lhoutellier, 2009; Bax et al., 2012)

Digestion in vitro à la Pepsine

Dégradation maximale

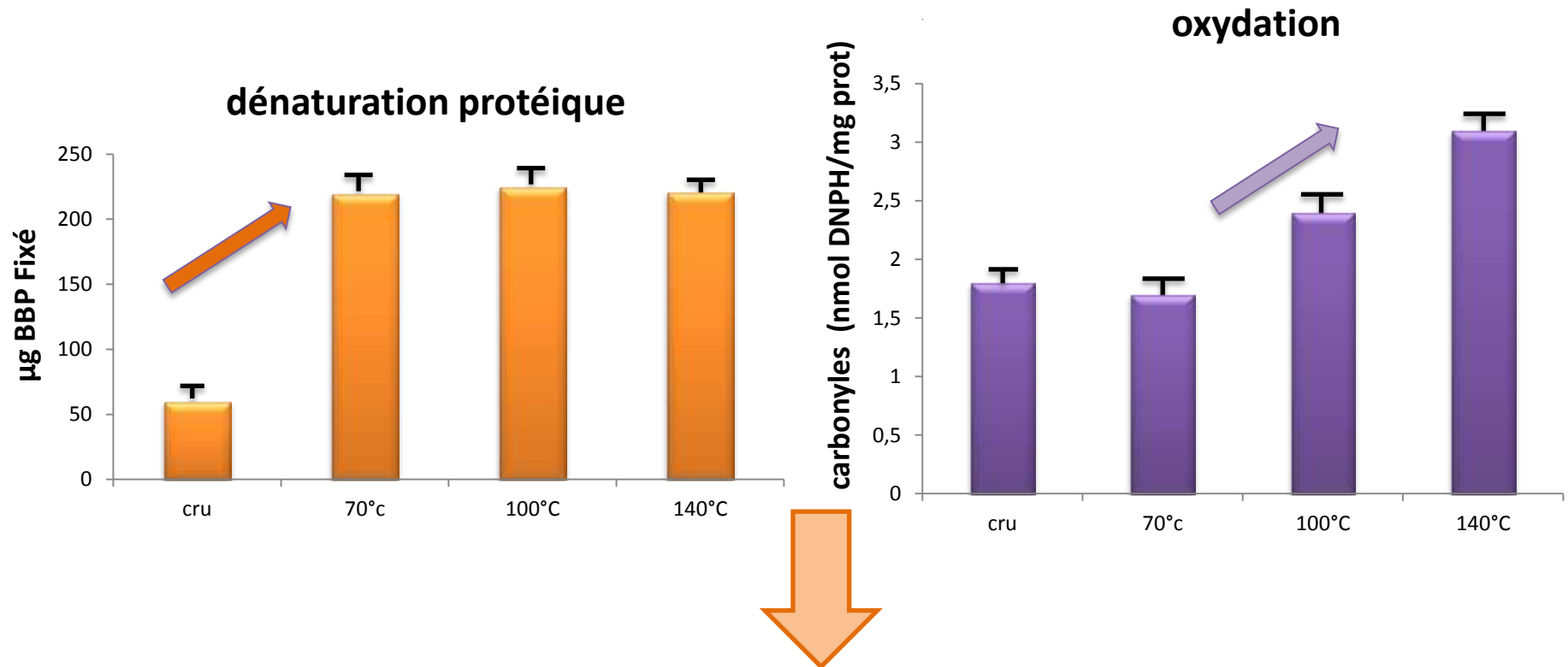


Vitesse



- **dégradation maximale augmentée après traitement thermique**
- **vitesse de protéolyse augmentée à 70°C**

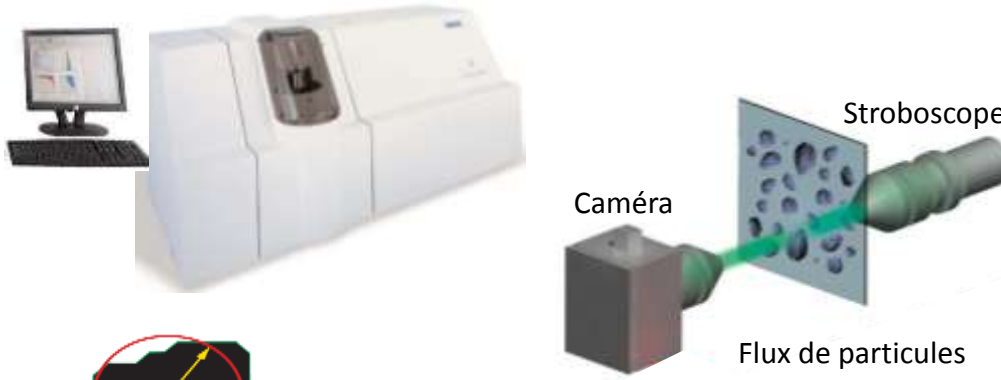
Impact de la cuisson sur les structures moléculaires et tissulaires



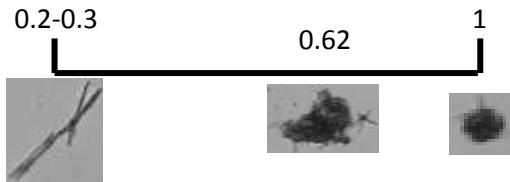
- **dénaturation dès application traitement thermique**
- **pas d'oxydation à 70°C**

Granulométrie des digestas

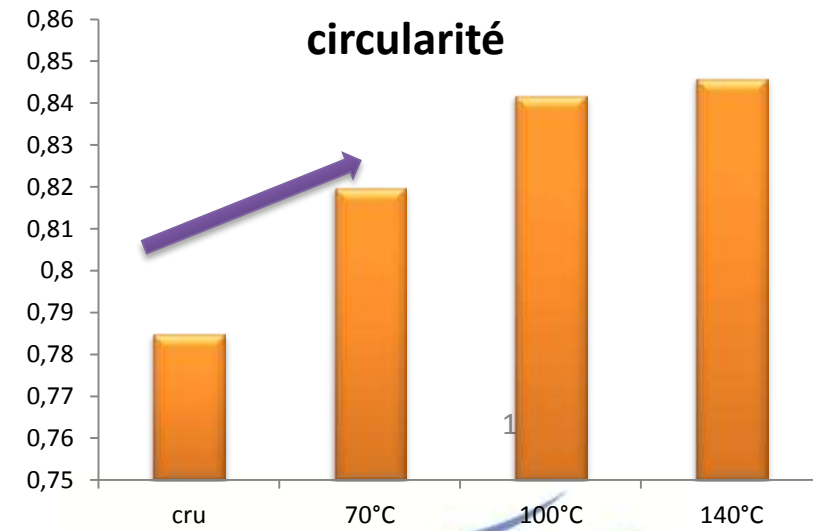
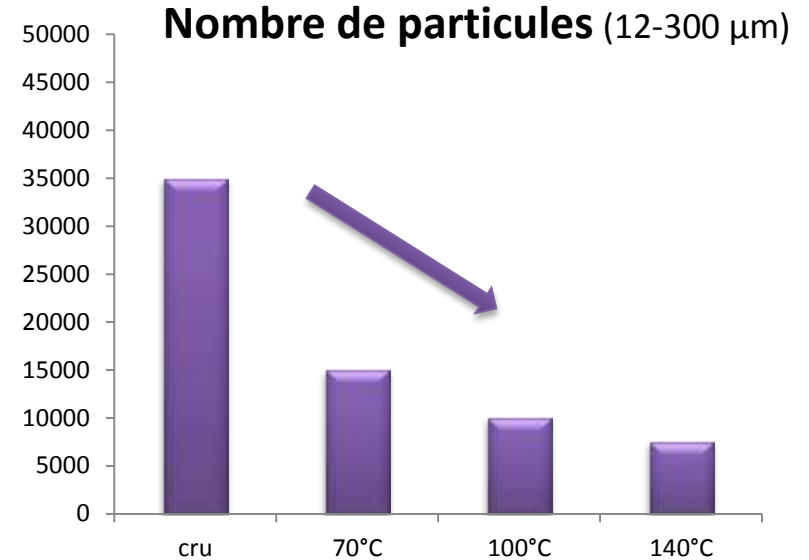
Principe: Caractérisation des particules en solution en fonction de leurs nombres et formes.



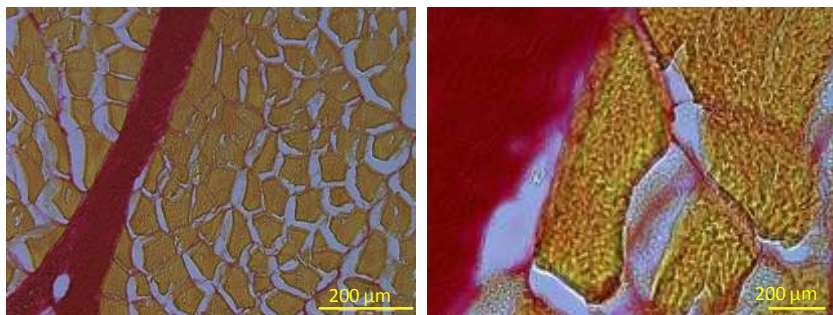
Circularité =
$$\frac{\text{Circonférence du cercle de même aire que la particule}}{\text{Périmètre de la particule}}$$



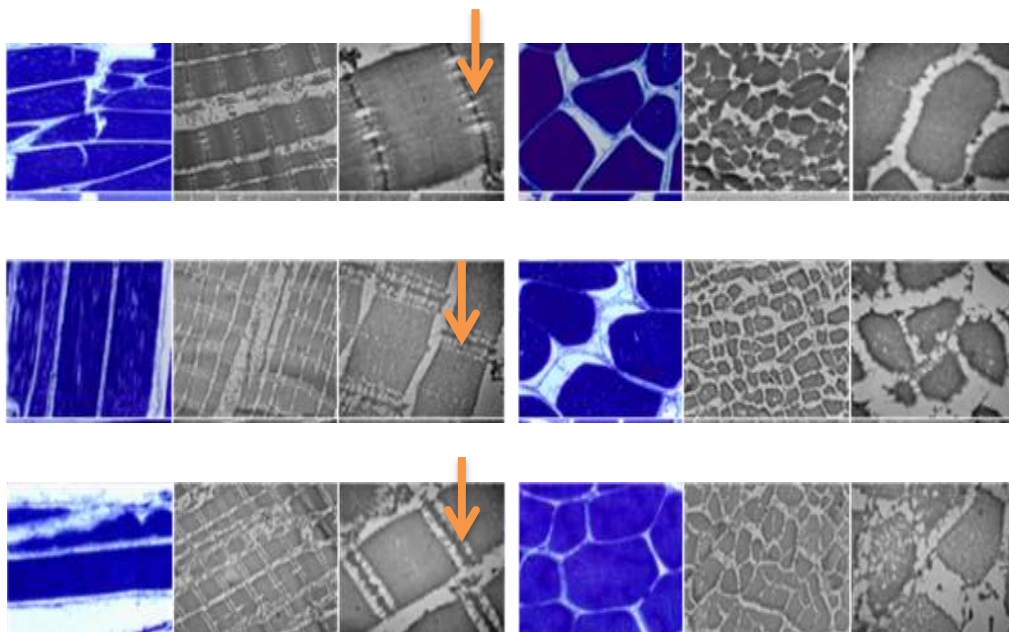
↘ nombre de particules & circularité
→ **Compaction/Agrégation des particules**



Modifications à l'échelle structurale



Chauffage $\longrightarrow$ Contraction latérale



Cru

digestion à la pepsine

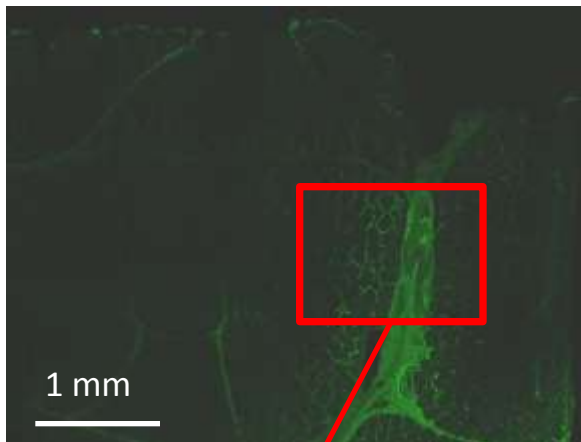
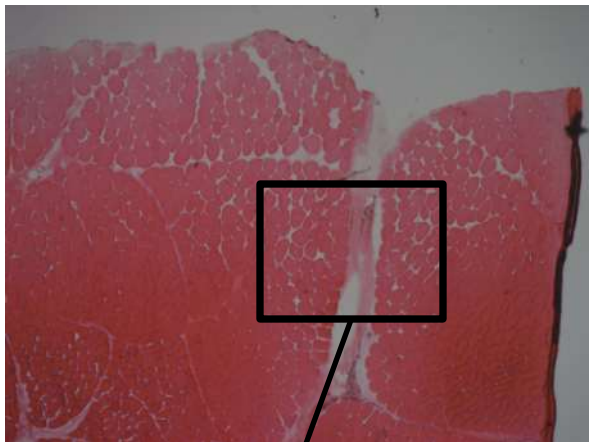
60°C

Perte de structure

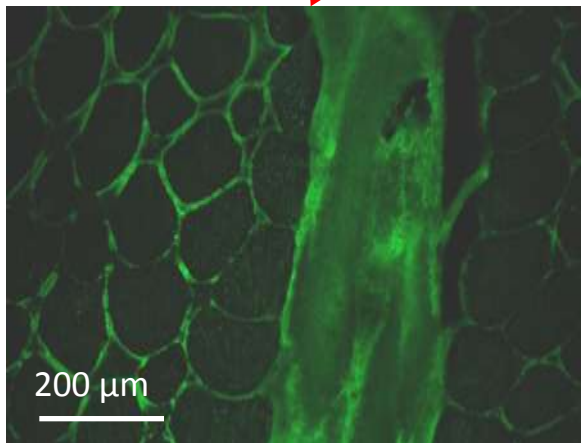
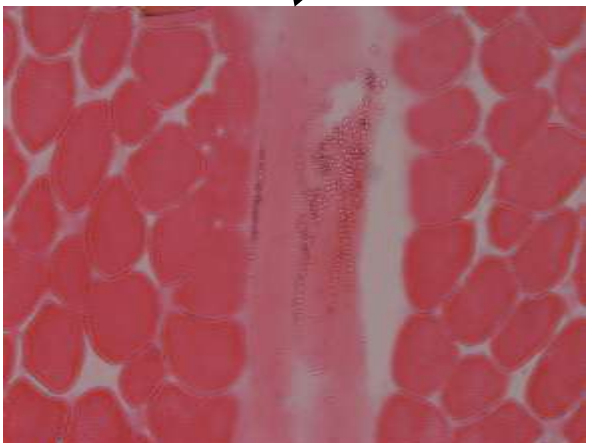
90°C

Pénétration de la pepsine suivant la trame du tissu conjonctif

X2



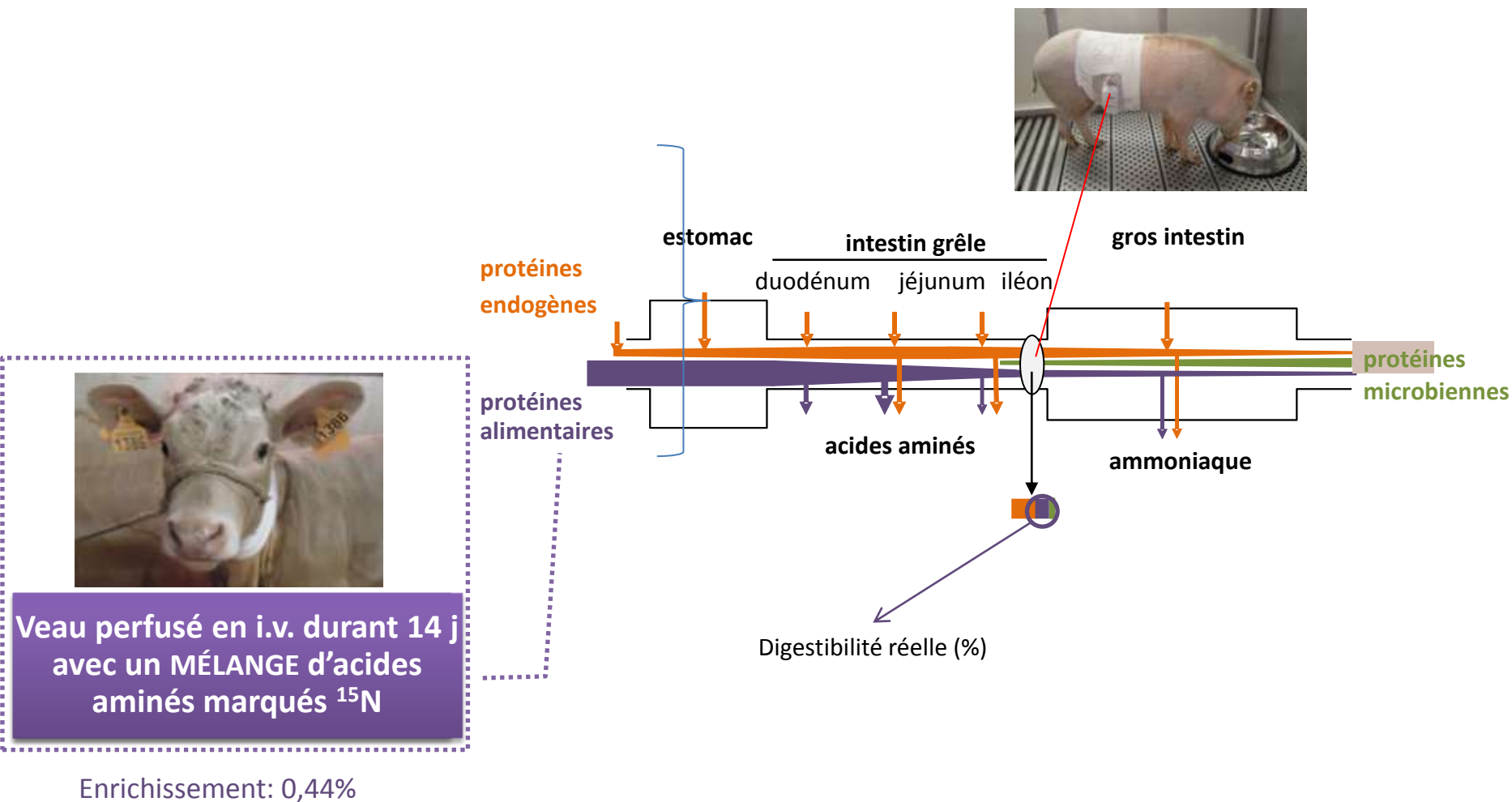
X10



Immuno-marquage de la pepsine

ST j1 digestion pepsine

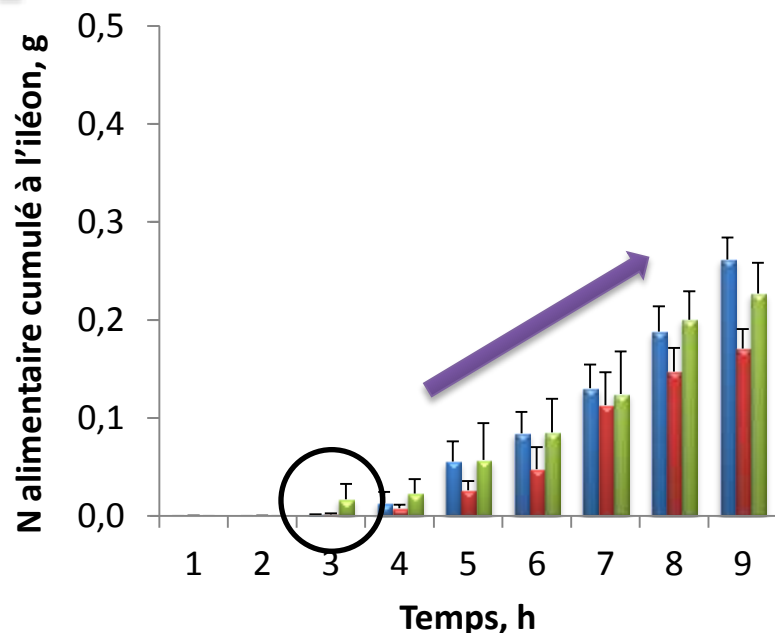
Modèle de digestion in vivo



Quantité d'azote alimentaire à l'iléon

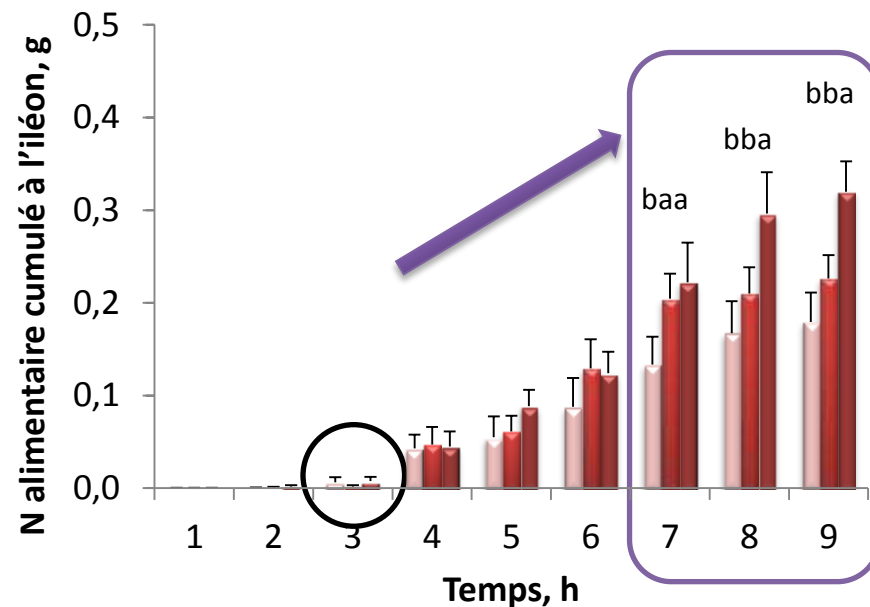
Effet Température

- 60°C
- 75°C
- 95°C



Effet Quantité

- 100 g
- 150 g
- 200 g



Pas de différences entre les températures mais augmente avec les quantités

Apparition dès 3 heures, en moyenne % N alimentaire/N total=18-20%

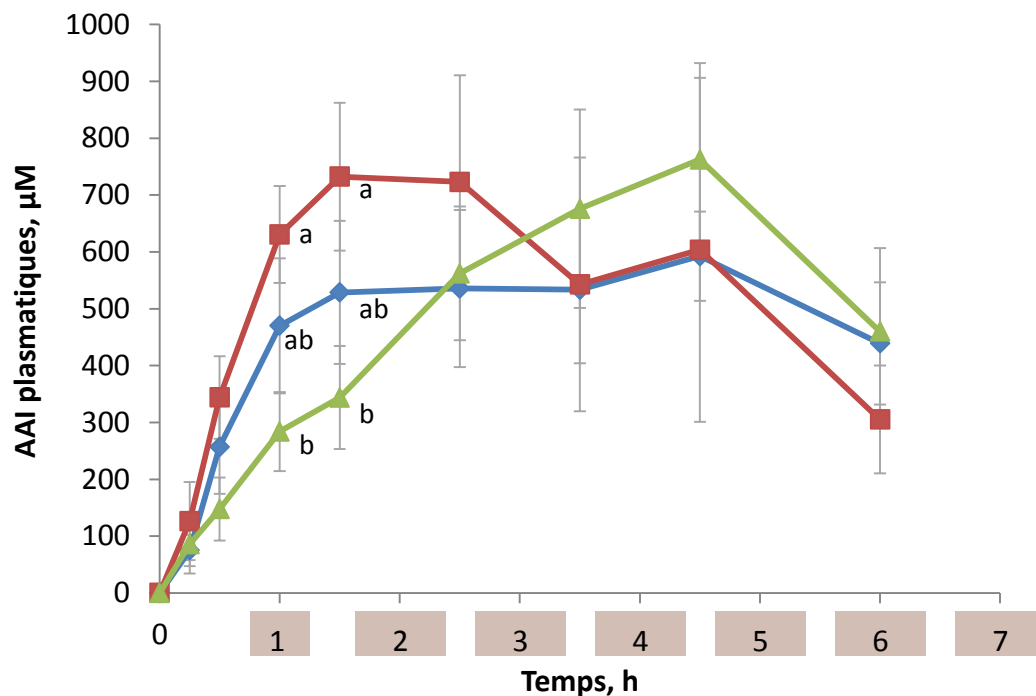
Lait: 26% (Gaudichon et al., 2002)

Bax et al, 2013

Cinétique d'apparition des AA indispensables

Effet Température

- 60°C
- 75°C
- 95°C



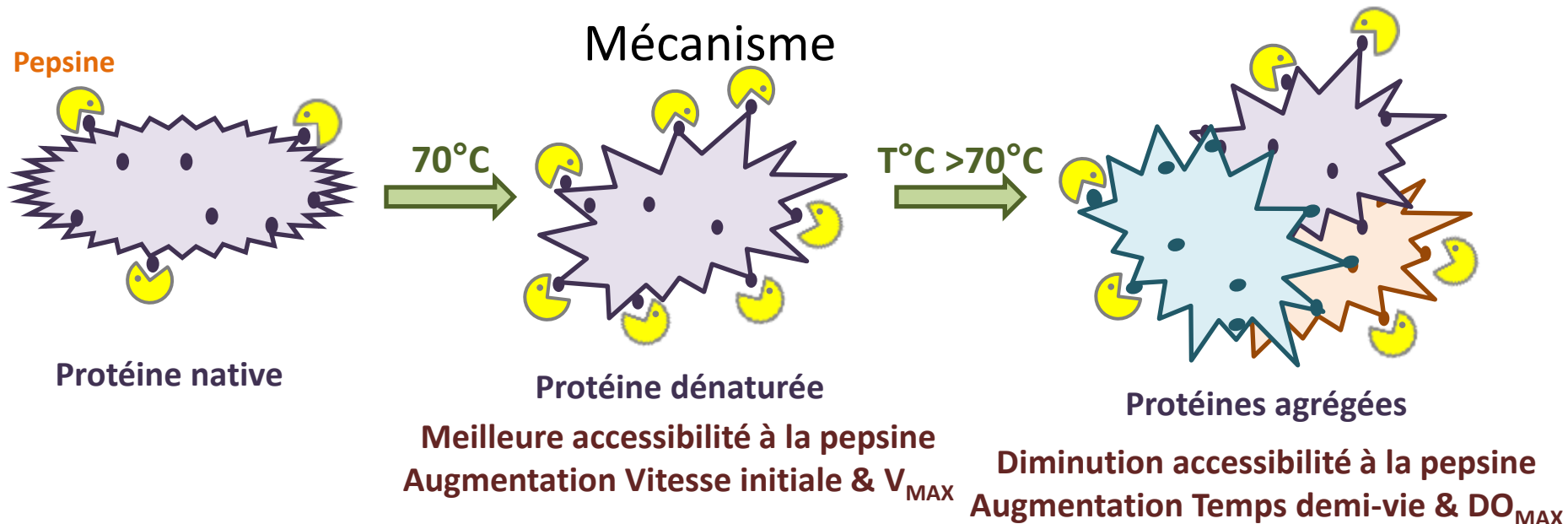
Cinétique d'apparition des AAI durant les 3 premières heures > pour température de cuisson de 75°C

Après 3 heures

➔ $[AAI]_{60^{\circ}C} = [AAI]_{75^{\circ}C} = [AAI]_{95^{\circ}C}$

Conclusion

- Effet positif d'une température de cuisson de la viande qui favorise la dénaturation (in vitro , in vivo) - Rôle de la structure sur la bioaccessibilité



Conclusion

- Développement d'un modèle mathématique qui tient compte de de l'accessibilité des enzymes, des conditions physiologiques de digestion.

$$E_T^{pH} = \frac{E_T K_3 / 10^{-pH}}{\left(1 + \frac{K_4 + K_5}{10^{-pH}} + \frac{K_4 K_5}{10^{-2pH}} \right)}$$

- Chauffage > salage> marinage> conservation, ...
- Transfert à l'échelle industrielle

Perspectives

■ Etude d'intervention chez Homme adulte et âgé

- | | | |
|--|---|-------------------------------|
| • Aminogramme | → | Vitesse de digestion |
| • Enrichissement isotopique de la leucine (^{13}C et ^{15}N) et ^{13}C du cétoisocaproate | → | Métabolisme protéique |
| • Enrichissement de la lysine (^{15}N) | | |
| • Carboxy-methyl-lysine | → | Biodisponibilité de la lysine |
| • Enrichissement en ^{15}N de l'urée, des AA libres et des protéines plasmatiques | → | Modélisation ^{15}N |
| • Analyse du peptidome | → | Absorption de peptides |
| • Echantillothèque | | |

■ Mastication / Modèle de digestion in vitro adapté à la physiologie des séniors

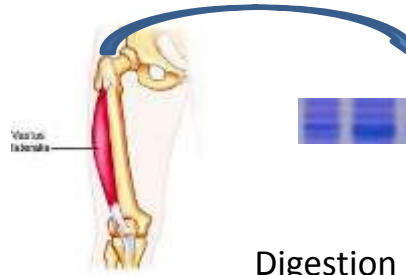
Analyse protéomique de la sarcopénie

Etude du protéome musculaire de femmes post-ménopausées



Biopsies musculaires

6 femmes 4 femmes
(≈ 53 ans) (≈ 75 ans)

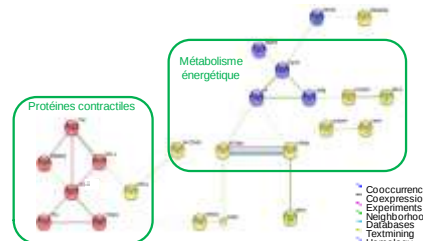
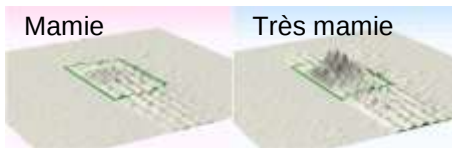


Extraction des protéines du muscle et concentration sur gel SDS-PAGE

Digestion trypsique des protéines
Analyse des peptides en LC-MS/MS

Résultats

35 protéines $\sim$ vieillissement musculaire
Très mamie / Mamie : 29 sous-exprimées ; 6 sur-exprimées
25 décrites pour la 1ère fois $\sim$ sarcopénie



- ❖ Modification du métabolisme énergétique
- ❖ Réorganisation des myofilaments et du cytosquelette
- ❖ Mise en place de mécanismes de cytoprotection / cytodétoxification



Identification des protéines
Analyse semi-quantitative (LC-Progenesis)





► Merci de votre attention





 **ICoMST 2015**
Clermont-Ferrand — August 23th-28th — FRANCE
61th International Congress of Meat Science & Technology

$$E_T^{pH} = \frac{E_T K_3 / 10^{-pH}}{\left(1 + \frac{K_4 + K_5}{10^{-pH}} + \frac{K_4 K_5}{10^{-2pH}} \right)}$$

This leads to the following relation E_T , being the total concentration of enzyme in contact with the myofibrillar proteins and the active form of the enzyme at the considered pH value:

, E^* is the concentration of enzyme which actually reaches the cutting sites of the protein, while $E_{\max}^*$ is the maximum possible concentration on these sites, which depends on the maximum sites which are available to the enzyme. At equilibrium the adsorbed enzyme concentration at the interface E_{eq} can be described by the Langmuir type equation with $K_d^* = k_d/k_a$ (van Boekel, 2009):

- Matière première : Muscles d'un même animal lors de chacune des deux séries d'expériences
 - Infraspinatus : collagène +, fibres majoritairement de type 'rouge'
 - Semitendinosus : collagène -, fibres majoritairement de type 'blanc'
- Fragmentation :
 - Tranche de 2 mm d'épaisseur
 - Hachage avec une grille (D=2mm), puis formé en tranche de 2 mm d'épaisseur
- pH (NaOH /HCl) : 5.5 et 4.5
- Teneur massique en NaCl : 0.9 , 1.4 et 2 %
- Temps cuisson : de 2.5 à 45 min
- Température de cuisson : 60, 70, 80 et 90°C