

# QualigrasPhy

Déterminants de la variabilité interindividuelle de la perception du gras chez l'Homme

**Elisabeth, Guichard, CSGA / INRA**

## Question scientifique et objectif du projet

Recommandations du PNNS: limiter la consommation de sel, gras, sucre dans les aliments

Besoin de recherche pour

- Comprendre les mécanismes qui induisent les choix des consommateurs
- Aider les industriels pour des stratégies de reformulation

Choix de cibler sur le gras après les travaux faits sur la réduction de teneur en sel et en sucre.

Approche transdisciplinaire

- Modification des produits : nature et teneur en matière grasse, structure de la matrice
- Physiologie des individus
- Perception multimodale
- Mécanistique des interactions.

# Questions posées

## Perception multimodale du gras

- Comment mesurer la perception globale du gras dans les aliments?
- Molécules à odeur de « gras »: peut-on les utiliser comme levier, comme c'est le cas pour le salé et le sucré?
- Composante texturale du gras: Quelle est l'influence de la structure de l'aliment, du mode de déstructuration en bouche et du tapissage en bouche sur la perception globale du gras?
- Est-ce que les interactions odeur gras – goût de gras sont identiques quelque soit l'aliment et quel que soit l'individu?
- Quelles sont les relations entre composition salivaire et sensibilité au gras?
- Métabolisme des odorants: existe-t-il des molécules à odeur « gras » présentes dans l'haleine ou issues du métabolisme d'autres odorants?

# Approche mise en œuvre pour la réalisation du projet

Au niveau produit alimentaire, QualigrasPhy a étudié l'impact de la structure de la matrice et de la teneur en matière grasse sur la perception du gras

matrice protéique (type saucisse)

matrice dispersée liquide (fromage blanc)

Au niveau physiologique, QualigrasPhy a étudié l'impact des paramètres de physiologie orale des individus sur la perception du gras

50 individus bien caractérisés

Au niveau cognitif, QualigrasPhy a évalué le poids respectif des composantes gustative, olfactive et tactile dans la perception globale du gras

matrice fromage blanc

ajout de molécules odorantes

Au niveau mécanistique, QualigrasPhy a permis d'approfondir les connaissances sur les interactions entre les odorants et les cibles biologiques impliquées dans la détection du gras

sphère orale (impact des lipocalines)

sphère nasale (OBP et récepteurs olfactifs)

métabolisme des molécules odorantes

# Principaux résultats sur l'effet de la composition et de la structure de l'aliment: matrice protéique (QuaPA + CSGA)

## Procédé de fabrication

Pré-Hachage



Cutterage → 12° C



Embossage



Etuvage



Cuisson à la vapeur



Témoin 27% de MG

15% de MG : ajout de fibres ⇒ textures et structures ≠

## Tests sensoriels de perception du gras (avec et sans pince nez)

- ↪ Différences de perception du gras sans pince nez uniquement
  - ⇒ Importance de la dimension olfactive
- ↪ Effet exhausteur de la perception du gras avec la fibre P

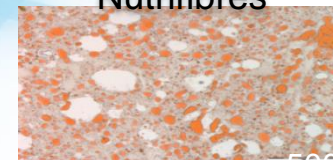
Témoin



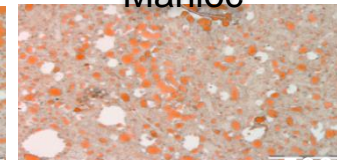
Fibres Psyllium



Nutrifibres



Manioc



Coupe Transversale – Coloration red oil en MO x 40

## Bols alimentaires

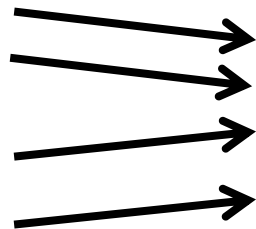
- ↪ l'ajout de fibres modifie la distribution granulométrique, les propriétés rhéologiques, ainsi que la bioaccessibilité orale de certains nutriments
- ↪ l'ajout de fibre P augmente la quantité d'aldéhydes dans les bols
  - ⇒ explication possible pour l'augmentation de la perception du gras?

# Principaux résultats sur les différentes dimensions sensorielles impliquées dans la perception du gras, exemple du fromage blanc

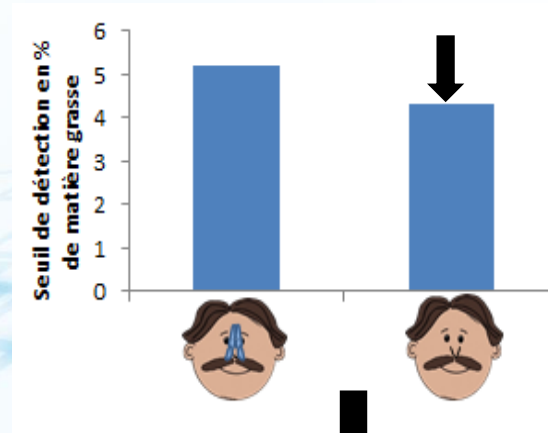


Teneur en matière grasse

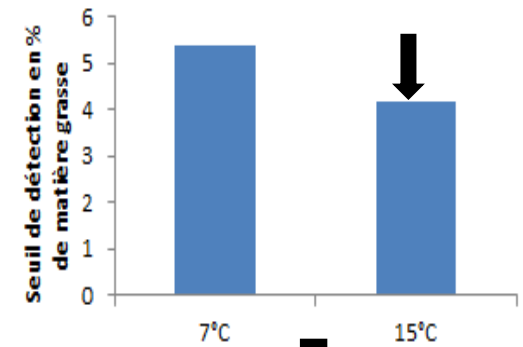
Profil sensoriel



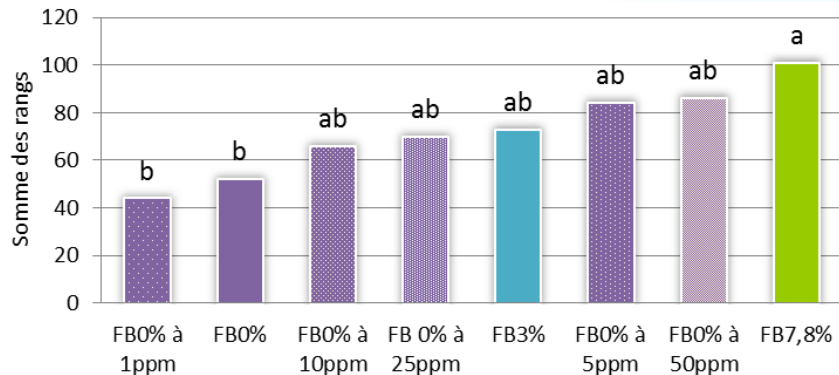
astringent  
amer  
film gras  
arôme crème



Dimension olfactive

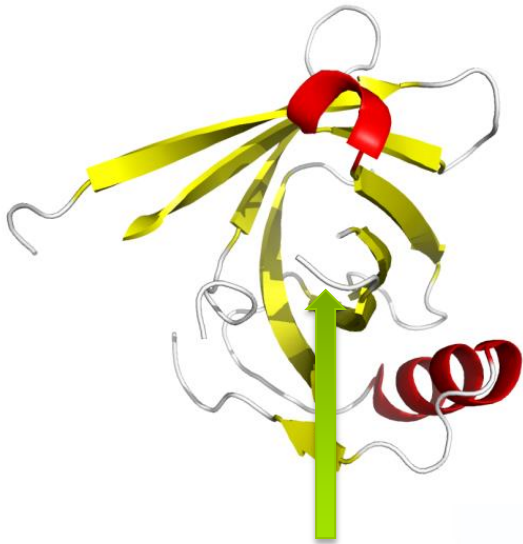


Dimension tactile  
Différences de viscosité à 15° C uniquement

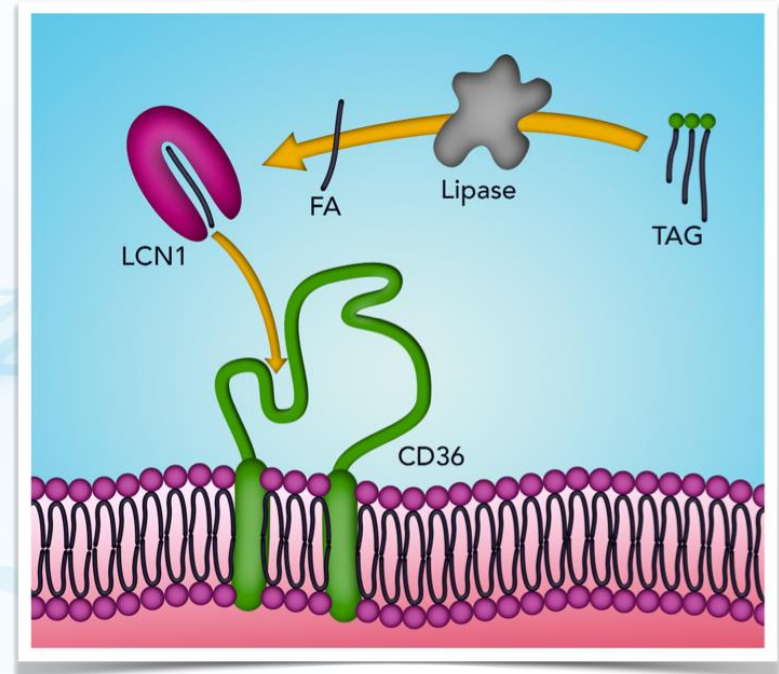


Ajout d'une molécule odorante associée à la flaveur « gras » (2,3-pentanedione)  
⇒ Renforcement de la perception du gras

# Interactions dans la sphère buccale: rôle de la lipocaline salivaire humaine (LCN1) dans la perception du gras



Présence d'une poche hydrophobe au centre de la structure de LCN1



**Hypothèse:** LCN1 jouerait un rôle dans la solubilisation et le transport des molécules de la flaveur hydrophobes

# Interactions dans la sphère buccale: rôle de la lipocaline salivaire humaine (LCN1) dans la perception du gras

## Stratégie

- Production et purification de la LCN1 par voie recombinante
- Analyse biophysique des interactions moléculaire de LCN1 avec les molécules de la flaveur: acides gras et molécules d'arôme (cétones)
- Mesure de l'affinité des ligands par fluorimétrie

Nom de l'acide gras	Formule chimique	Kd apparent (μM)
Acide laurique	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	1,375
Acide tridécylique	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	1,296
Acide myristique	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	1,235
Acide palmitique	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	1,215
Acide stéarique	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	0,738
Acide oléique	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0,999
Acide arachidonique	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	1,206

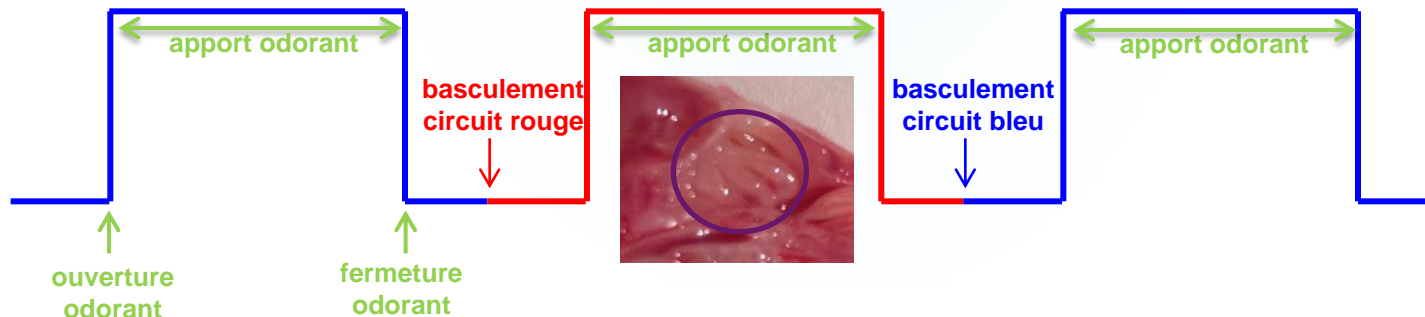
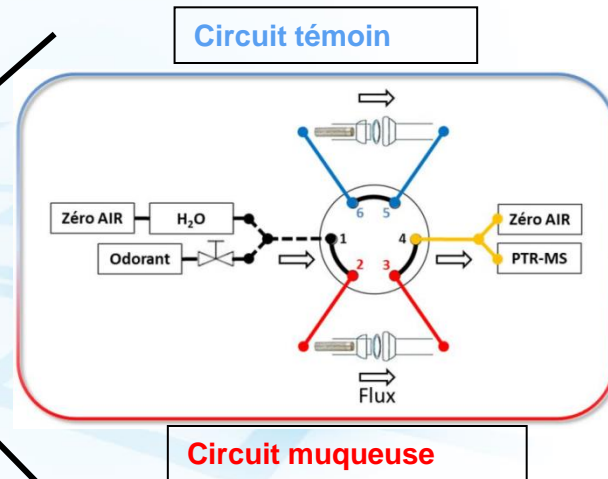
Nom de l'odorant	Odeur	Kd apparent (μM)
2-tridecanone	Grasse	13.31
2-undecanone	Fruité et cireux	33.3
2-hexanone	Vive, acétone	395.99

AG+Cétones: ↗longueur de chaine →  
 ↗Kd  
 AG: ↗insaturation → ↘Kd



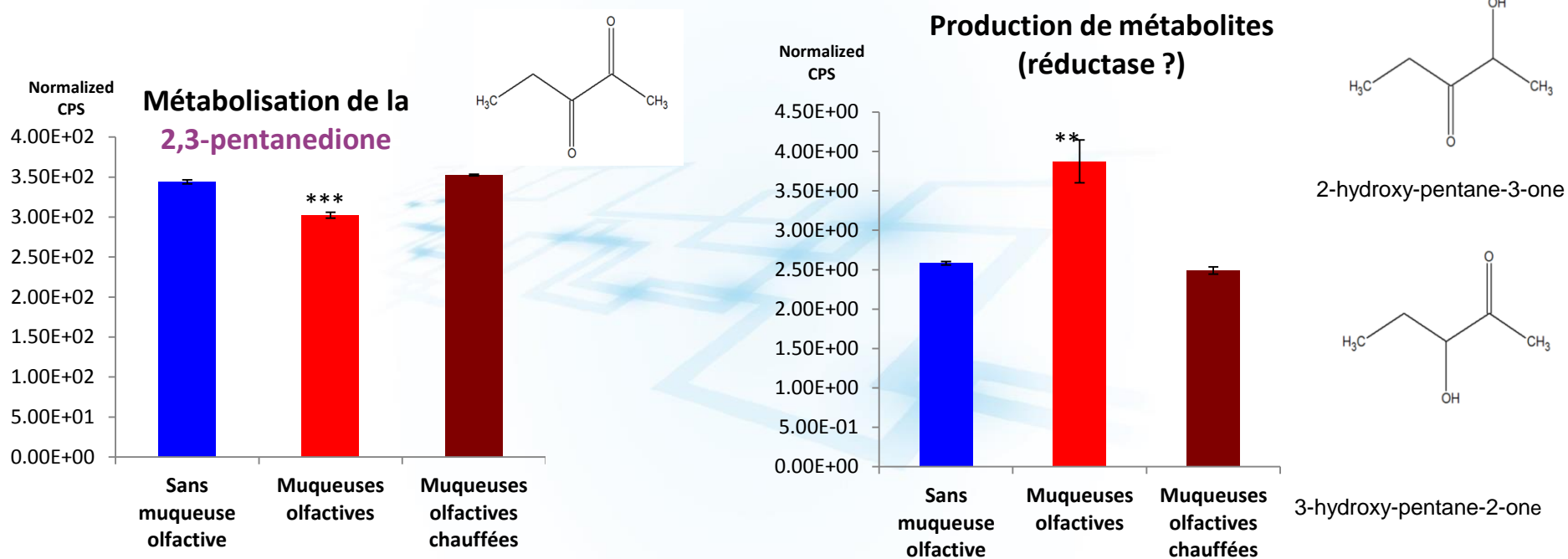
# Interactions odorant cibles biologiques: métabolisme des molécules odorantes

Mise en place d'une technique de suivi **en continu des molécules odorantes** et de leurs métabolites volatils métabolisés par la muqueuse olfactive de *rat ex vivo par PTR-MS*



# Interactions odorant cibles biologiques: métabolisme des molécules odorantes

Identification des métabolites dans les essais in vitro en présence de muqueuse de rat



Les métabolites produits sont odorants avec des descripteurs du domaine du gras

Les métabolites ont été identifiés par des études in vivo chez l'homme

# Interactions dans la sphère nasale (CSGA)

## Etude des interactions

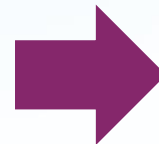
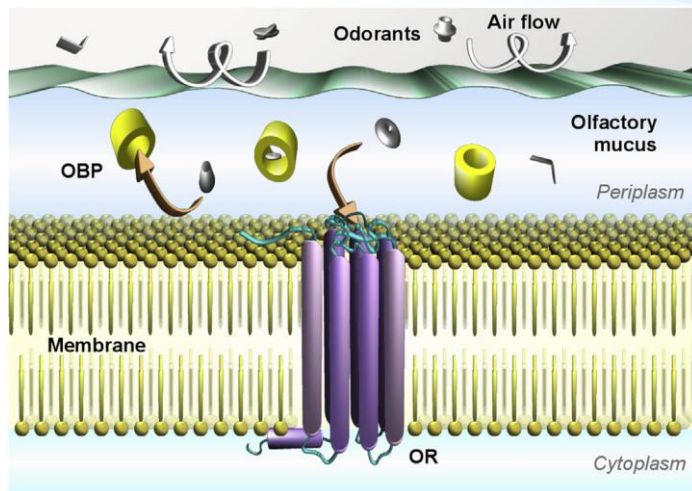
### Odorants - Odorant Binding Protein (OBP) - Récepteurs Olfactifs (RO)

#### Rôle des récepteurs olfactifs (RO) (protéines membranaires) :

Liaison et activation par odorants  
Codage combinatoire

#### Rôle des OBP (protéines solubles):

Transport/libération jusqu'au RO  
Concentration et/ou élimination des molécules



**Discrimination des  
molécules odorantes**

# Interactions dans la sphère nasale (CSGA)

fonction chimique	nom	Réponse ITC / OBP3wt	Réponse Glo / RO
acide	trans-2-Octenoic acid	-	-
acide	9-Decenoic acid	-	-
aldéhyde	trans-2, trans-4-Nonadienal	-	1A1, 2W1, 256-17, 203-1
aldéhyde	trans,trans-2,4-Undecadienal		2W1
aldéhyde ester aromatique	Vanillin		?
céto-acide	Oxobutyric acid	-	-
céto-alcool	acetoin	-	-
céto-ester	acetoin butyrate		-
céto-ester	Acetoxybutanone	-	-
cétone	2,3-Hexanedione	-	-
cétone (dicétone)	acetyl propionyl (=2,3 pentane dione)	-	-
cétone (dicétone)	2,3-heptane dione	-	272-1
cétone (dicétone)	3,4-hexanedione		?
cétone (furanone)	2-Methyltetrahydrofuran-3-one	-	-
ester	Ethyl undecanoate	-	?
ester (diester)	Butyl butyryllactate		-
ester aromatique	Methyl butylphenylacetate		-
lactone	delta-Nonalactone		1A1, 256-17
lactone	δ-Decalactone		?
lactone	Tetradecalactone		?
soufré (alcool thiazole)	sulfurol		-
soufré (cétone)	4,5-Dihydro-3(2H)-thiophenone	-	-
soufré (thioether aldéhyde)	methional	-	256-17

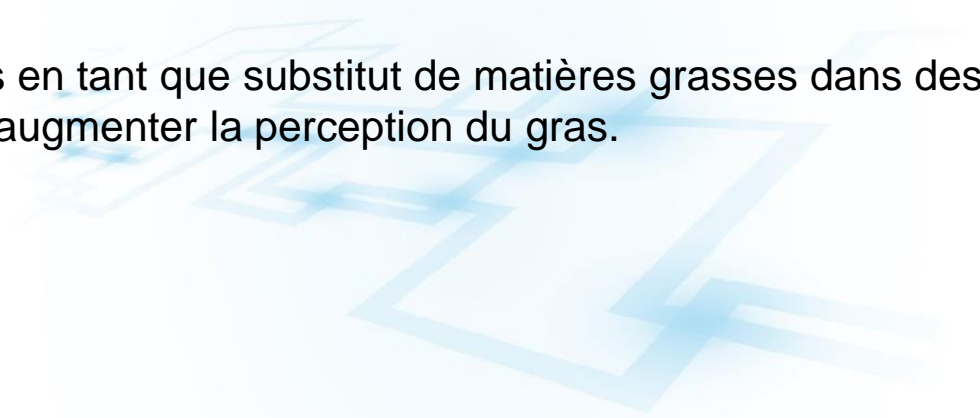
Sur les 23 odorants  
- 5 interagissent  
avec les récepteurs  
odorants  
- 10 interagissent  
avec les OBP  
- 2 en commun

**Perspectives:**  
Étudier les  
interactions  
odorant-OBP-RO

# Perspectives de valorisation par des entreprises

Ajout de molécules odorantes congruentes au gras (arôme beurre, crème) pour renforcer la perception du gras dans des produits laitiers à teneur réduite en matière grasse.

Ajout de fibres en tant que substitut de matières grasses dans des matrices carnées pour augmenter la perception du gras.



# Publications et valorisation scientifique

## Publications dans revues internationales à comité de lecture

- Schoumacker, R., Martin, C., Thomas-Danguin, T., Guichard, E., Le Quéré J.L. and Labouré H. (2016), Fat perception thresholds in cottage cheese: the contribution of aroma and tasting temperature in a study of inter-individual variability. *Food Quality and Preferences*. In press.
- Schoumacker, R., Robert-Hazotte, A., Heydel, J-M., Faure, P., Le Quéré, J-L. (2016) Real time monitoring of the metabolic capacity of ex-vivo rat olfactory mucosa by Proton Transfer Reaction Mass Spectrometry (PTR-MS) *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 408: 1539-1543.
- Martin C., Schoumacker R., Bourjade D., Thomas-Danguin T., Guichard E., Le Quéré J.-L., Labouré H. (2016). Impact of fat content and tasting temperature on the sensory characteristics of cottage cheese, *Dairy Science & Technology*, 96(5): 735-746.
- Neyraud E., Cabaret S., Brignot H., Chabanet C., Guichard E., Berdeaux O. (2017), The basal free fatty acid concentration in human saliva is related to salivary lipolytic activity, *Scientific reports* (en révision),

# Publications et valorisation scientifique

## Présentations à congrès

R. Schoumacker, A. Robert-Hazotte, J.-M. Heydel, P. Faure, J.-L. Le Quéré. Real time monitoring of the metabolic capacity of ex-vivo rat olfactory mucosa by PTR-MS. in 20th International Mass Spectrometry Conference, August 24-29, Geneva, Switzerland, 2014.

A. Promeprat, C. Martin, R. Schoumaker, H. Labouré, C. Ferreira, O. Loison, A. Venien, T. Astruc, E. Guichard & V. Santé-Lhoutellier, Carbohydrates a potential source of fat replacers () 6th International Dietary Fibre Conference 2015.

Schoumacker, R., Martin, C., Thomas-Danguin, T., Guichard, E., J.L., L. Q., & Labouré, H. Perception thresholds for fat in cottage cheese: inter-individual variability, aroma contribution, and impact of tasting temperature. Pangborn Symposium, Göteborg, 2015.

Hennequin A, Peyron MA, Ferreira C, Aubry L, Santé-Lhoutellier V: Addition of fibers in Frankfurters modifies the ready-to-swallow food bolus properties and oral bioaccessibility of nutrients after in vitro mastication. Proceedings of 61st International Congress of Meat Science & Technology (ICOMST), Clermont-Ferrand, France, August 2015.

Schoumacker R., Robert-Hazotte A., Sémon E., Heydel JM., Faure P. and Le Quéré JL (2015). Real time monitoring of the metabolic capacity of ex-vivo rat olfactory mucosa by on-line PTR-MS, SMAP, Ajaccio, France.

Le Quéré, J.L. (2016) Aroma volatile metabolites at olfactory mucosa level evidenced by in vitro PTR-Tof-MS studies, 7th International PTR-MS Conference, Universitätszentrum Obergurgl, Tirol – Austria, 14th - 19th February 2016.

Heydel J.M., Robert-Hazotte A., Schoumacker R., Hanser H.I., Neiers F., Artur Y., Guichard E., Duchamp-Viret P., Coureaud G., Lequere J.L., Faure P. (2016) New insights in vertebrate « biotransformation » ECRO, Athens, September,

Schoumacker R., Robert-Hazotte A., Sémon E., Guichard E., Heydel J.M., Faure P., Le Quéré J.L. (2016) Aroma volatile odorous metabolites at olfactory mucosa level evidenced by *in vitro* and *in vivo* PTR-MS studies ECRO, Athens, September,

E. Guichard, R. Schoumacker, S. Romagny, H. Labouré, C. Martin, E. Neyraud, J.L. Le Quéré, T. Thomas-Danguin (2017) Explaining fat sensitivity in cottage cheeses by aroma release and oral physiology parameters. Weurman Flavour research Symposium, Graz, September 18-22,

Neyraud E., Cabaret S., Brignot H., Laboure H., Guichard E., Berdeaux O. 2017, Salivary lipolytic activity seems to modulate the basal free fatty acid concentration in human saliva. 11th European Symposium on Saliva - May 17-20, Egmond aan Zee, the Netherlands