



**14 octobre 2010
Dijon**

AromAgri

**7^{ième} journée
d'animation scientifique
AromAgri**

Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation

**Les sens chimiques :
des récepteurs au comportement alimentaire**

Journée organisée sous l'égide
de la Société des Neurosciences



www.dijon.inra.fr/aromagri



Programme jeudi 14 octobre 2010

9h00 : Accueil

9h45 : Introduction

10h00 - 11h50 : Thème 1 «Réception-transduction des signaux olfactifs»

- 10h00 Philippe Lucas : « Réception-transduction des signaux olfactifs »
- 10h25 Nicolas Meunier : « Modulation de la perception olfactive par l'endothéline »
- 10h40 Patrice Congar : « Modulation des réponses aux odorants de la muqueuse olfactive de rat par les peptides métaboliques : focus sur le NPY. »

11h00 - 11h30 : Pause café - Posters

- 11h30 Patricia Duchamp : « Les réponses des neurorécepteurs olfactifs à des mélanges d'odorants permettent de prédire la qualité odorante perçue »

11h50 - 12h35 : Thème 2 «Intégration centrale des signaux olfactifs»

- 11h50 Nathalie Buonviso : « Codage de l'information dans le bulbe olfactif: où en est-on ? »
- 12h15 Frederic Esclassan : « Modulation par la respiration de la représentation spatio-temporelle de l'odeur au niveau du bulbe olfactif : étude en imagerie optique. »

12h30 - 14h30 : Déjeuner

14h30 - 15h00 : Accord de partenariat entre les pôles de compétitivité PASS et VITAGORA

15h00 - 15h45 : Thème 3 «Préférences et comportements alimentaires»

- 15h00 Sophie Nicklaus : « Rôle de la gustation dans les comportements alimentaires des enfants »
- 15h25 Amélie Deglaire : « Un questionnaire pour mesurer l'attrance vis-à-vis du gras, salé ou du sucré: application à la cohorte Nutrinet »

15h45 - 16h15 : Pause café - Posters

16h15 - 17h00 : Thème 4 «Développement et apprentissage olfacto-gustatif»

- 16h15 Gérard Coureaud : « Le nez sous influence: Histoires animales »
- 16h40 Marie-Chantal Canivenc : « Régulation hormonale des perceptions gustatives »

17h00 - 17h15 : Conclusion

Résumé

« 7^{ème} Journée d'animation scientifique du Club Aromagri :
Les sens chimiques : des récepteurs au comportement alimentaire »
Dijon, 14/10/2010

Par Patrice Congar et Loïc Briand

La 7^{ème} journée annuelle d'animation scientifique du Club Aromagri s'est déroulée le 14 octobre 2010 à Dijon au Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation (CSGA) sur le thème « *Les sens chimiques : des récepteurs au comportement alimentaire* ». Cette rencontre organisée par Loïc Briand avait pour but, comme toutes les précédentes, de faire le point sur différents sujets de recherche qui intéressent les membres d'Aromagri, autour de présentations de certains d'entre eux. Le programme multidisciplinaire de cette journée était divisé en quatre thèmes qui ont permis d'aborder de nombreux aspects des sens chimiques, de la réception des odeurs aux préférences et comportements alimentaires, via l'intégration centrale des signaux olfactifs et les apprentissages olfacto-gustatifs, des insectes à l'homme. Nous avons pu assister à de brillants exposés qui ont permis d'initier de nombreuses discussions.

Cette journée a connu un beau succès. En effet, plus de 60 chercheurs et étudiants du Club y ont participé. Cette rencontre a été comme chaque année, le lieu privilégié d'échanges et de discussions scientifiques qui animent depuis bientôt 10 ans notre communauté française de recherche dans le domaine des sens chimiques. Une dizaine de conférenciers et une vingtaine de posters ont servi de substrats à ces échanges.

Cette réunion a également été l'occasion de la signature d'un accord de partenariat entre les deux pôles de compétitivité PASS (Parfums, Arômes, Senteurs, Saveurs) et VITAGORA (Goût, Nutrition, Santé) qui participaient à l'organisation de cette journée.

Le succès de cette journée tient également aux soutiens financiers que nous avons obtenus de nos partenaires. Les organisateurs remercient la Société des Neurosciences, les départements CEPIA et AlimH de l'INRA ainsi que les pôles de compétitivité PASS et VITAGORA. La subvention octroyée par la Société de Neurosciences a permis de couvrir les frais de transport et d'hébergement des conférenciers.

La réunion du bureau du Club s'est tenue sur l'heure du repas de midi, et il a été décidé, d'organiser la prochaine journée d'animation d'Aromagri, en coordination avec le pôle PASS, autour des thématiques « Parfums, Senteurs, Saveurs » et dans leurs structures, en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Résumés des conférences

Philippe Lucas

« Signalisation olfactive chez les insectes et les vertébrés »

UMR 1272 INRA – UPMC Physiologie de l'Insecte : Signalisation et Communication, INRA, route de Saint Cyr, Versailles, France

La survie de la plupart des animaux dépend de la détection de signaux chimiques présents dans l'environnement et qui les renseignent sur la présence de nourriture, de partenaires sexuels, de prédateurs ou d'agents pathogènes. Le codage intensitif et temporel des signaux olfactifs a longtemps paru résulter de mécanismes communs aux insectes et vertébrés. Les données récentes de génomique fonctionnelle et d'électrophysiologie ont récemment remis en cause cette vision de l'évolution des mécanismes de réception et transduction olfactives.

Le "nez" de l'insecte, l'antenne, est en contact direct avec l'environnement alors que l'épithélium olfactif des vertébrés en est séparé par la cavité nasale. Il en résulte que la dynamique de stimulation des neurones récepteurs olfactifs (NRO) diffère entre ces deux groupes d'animaux. La comparaison des caractéristiques fonctionnelles des NRO montre que les NRO d'insectes possèdent une plus large étendue dynamique (gamme de concentrations d'un stimulus olfactif que le NRO peut encoder) et une plus faible latence de réponse que les NRO de vertébrés. Si les récepteurs olfactifs (RO) de vertébrés sont en majorité métabotropes, les RO d'insectes forment des hétéromères et sont ionotropes^{1,2} (fonctionnent comme récepteurs-canaux). L'activation des RO génère directement (insectes) ou via la production de seconds messagers (vertébrés) l'ouverture de canaux cationiques perméables au Ca^{2+} . La montée de Ca^{2+} intracellulaire qui en résulte ouvre des canaux Cl^- qui présentent des profils biophysiques et pharmacologiques similaires entre insectes et vertébrés. Cependant, le courant Cl^- amplifie la dépolarisation du NRO chez les vertébrés, ce qui réduit l'étendue dynamique³, alors qu'il semble contribuer à la repolarisation du NRO chez les insectes⁴.

L'existence de RO ionotropes peut expliquer la plus grande rapidité de début comme de fin des réponses : la dissociation de la molécule odorante de son RO peut mener à la fermeture immédiate du canal ionique. Au contraire, la fin de la réponse métabotrope nécessite la dégradation des seconds messagers. La cinétique de fin de réponse est encore améliorée par la présence d'un courant Cl^- repolarisant chez les insectes. Le NRO d'insecte semble donc parfaitement adapté au codage temporel des odeurs. Ce codage temporel des odeurs est d'une importance cruciale chez les insectes qui doivent s'orienter en vol vers une source odorante. A l'opposé, par le nombre plus important d'acteurs impliqués, la signalisation métabotrope offre plus de sites potentiels de régulation de la réponse du NRO chez les vertébrés.

¹ Sato K, Pellegrino M, Nakagawa T, Nakagawa T, Vosshall LB, Touhara K. 2008. Insect olfactory receptors are heteromeric ligand-gated ion channels. *Nature* 452:1002-1006.

² Wicher D, Schafer R, Bauernfeind R, Stensmyr MC, Heller R, et al. 2008. Drosophila odorant receptors are both ligand-gated and cyclic-nucleotide-activated cation channels. *Nature* 452:1007-1011.

³ Kleene SJ. 2008. The electrochemical basis of odor transduction in vertebrate olfactory cilia. *Chem. Senses* 33:839-859.

⁴ Pézier A, Grauso M, Acquistapace A, Monsempe C, Rospars J-P, Lucas P. 2010. Calcium activates a chloride conductance likely involved in olfactory receptor neuron repolarisation in the moth *Spodoptera littoralis*. *J. Neurosci.* 30:6323-6333.

Nicolas Meunier

« **Modulation de la perception olfactive par l'endothéline** »

Iman LAZIZ¹, Aniya LARBI, Denise GREBERT, Martine SAUTEL¹, Patrice CONGAR, Marie-Christine LACROIX, Roland SALESSE, Nicolas MEUNIER¹ - INRA / NOeMI / BOB, Jouy-en-Josas, France -

¹Université de Versailles Saint Quentin en Yvelines, Versailles, France

La muqueuse olfactive, du fait de sa localisation anatomique et de sa grande plasticité, est un bon modèle pour comprendre les bases de la régénération d'un tissu nerveux.

Nous avons montré que l'endothéline est largement exprimée dans la muqueuse olfactive et induit des effets pléiotropes dans une culture primaire de ce tissu. Notamment, nos études *in vitro* montrent que ce peptide améliore la survie des neurones olfactifs et limite la prolifération des cellules basales.

Afin de comprendre son implication *in vivo* dans la dynamique cellulaire de l'épithélium olfactif, nous avons traité de jeunes rats avec des antagonistes larges de l'endothéline en intra nasal. En bloquant ainsi l'action de l'endothéline localement produite, nous confirmons nos résultats *in vitro* : une augmentation de l'apoptose et une augmentation de la prolifération chez les animaux traités comparés aux contrôles qui aboutit à une légère augmentation de l'épaisseur de la muqueuse olfactive. Afin d'étudier l'effet de la modulation de la régénération de ce tissu sur les perceptions olfactives, nous avons mis au point un test comportemental pour ces jeunes animaux. Paradoxalement, malgré une augmentation de la mort de neurones matures chez les animaux traités, ces derniers ont de meilleures capacités d'orientation olfactive. La mort cellulaire neuronale est par ailleurs corrélée à une baisse des signaux enregistrés en Electro Olfactogramme (EOG).

Patrice Congar

« Modulation des réponses aux odorants de la muqueuse olfactive de rat par les peptides métaboliques : focus sur le NPY. »

Julia NEGRONI, Nicolas MEUNIER, Régine MONNERIE, Christine BALY, Roland SALESSE, Monique CAILLOL, Patrice CONGAR. - INRA / NOeMI / BOB, Jouy-en-Josas, France

Le Neuropeptide Y (NPY) joue un rôle primordial dans la régulation des états de faim et satiété chez la plupart des vertébrés. Dans l'hypothalamus, le NPY stimule la prise alimentaire, et son expression est modulée en retour par l'état nutritionnel. Des études récentes ont décrit la présence du NPY et de ses récepteurs dans la muqueuse olfactive (MO) des rongeurs, tandis que le NPY régule directement les réponses olfactives aux odeurs alimentaires chez l'Axolotl affamé.

Notre travail avait donc pour but d'explorer les effets du NPY sur les réponses olfactives de la MO de rats, en fonction de leur statut nutritionnel.

Des enregistrements d'électro-olfactogrammes (EOG) ont été réalisés sur des préparations aiguës d'hémi-têtes de rats adultes, à jeun et nourris.

L'application locale de NPY sur les cornets olfactifs augmente de manière significative (~30%) et réversible l'amplitude des réponses de la MO des rats à jeun, mais pas celles des rats nourris. La caractérisation pharmacologique de cet effet suggère une implication majeure des récepteurs de type Y1.

Nous avons donc recherché la localisation de ces récepteurs Y1 dans la MO, par immunohistochimie, et réalisé une analyse comparative de leur expression, par quantification de western blots, chez les animaux à jeun et nourris.

Les données obtenues suggèrent une localisation hétérogène, à la fois neuronale et non-neuronale, et une expression globale accrue de ces récepteurs Y1 dans la MO des animaux à jeun.

Ces résultats démontrent pour la première fois que le NPY module l'étape la plus périphérique de la détection olfactive. Cet effet dépend directement de l'état nutritionnel de l'animal. Il confirme, sur un plan fonctionnel, le lien physiologique entre olfaction et nutrition plusieurs fois mis en évidence depuis quelques années.

Patricia Duchamp-Viret

“ Olfactory receptor neuron responses to odor mixture may predict the perceived final odor quality.”

Patricia Duchamp-Viret and Michel Chaput - LNSCC, UMR 5020, CNRS / UCB Lyon1, 50 avenue Tony Garnier, Lyon, France

Single neuron recordings in the rat *in vivo* show the live functioning of the periphery of the olfactory system in conditions as close as possible to physiology. Such experiments have been fruitful approaches both to prove the wide molecular tuning of olfactory receptor neurons (ORN)^{1,2} and of olfactory receptors (OR) they express and, to address the question of mixture coding. Our pioneer study³ got evidences that suppressive or synergistic interactions occur between molecules. In next studies two specific odorant pairs interacting at perception⁴ or at OR binding levels⁵ were selected. The first pair was isoamyl acetate (ISO) and whiskey lactone (WL) and the second pair was Citral (CIT) and Octanal (OCT). WL antagonized the ORNs' response to ISO in dose dependant manner. When WL was excitatory, synergisms were observed. For the aldehyde pair, ratio changes impacted on the interaction strength between the two molecules. In most cases, OCT elicited stronger responses than CIT and CIT was suppressive regarding OCT responses, shifting the cell response threshold towards higher concentrations. The targeted action on threshold may suggest that that CIT and OCT likely act at the receptor pocket level by competition.

Given the complexity of interactions which arise in binary mixtures, in natural mixtures which comprise several tens, hundreds or thousands of compounds, the complexity should drastically increase. Given that hypothesis, the numerous components or notes which compose natural or synthetic scents will generate specific and complex interactions giving birth to a specific level of activity in a unique neuron assembly. Such a peripheral coding mode would confer to the olfactory system a quasi infinite plasticity. Our physiological results highly plead in favour of a major role for the periphery.

¹Duchamp-Viret, P., Chaput, M. and Duchamp, A. Odor response properties of rat olfactory receptor neurons, **Science**, 1999, 284, 2171-2174.

²Duchamp-Viret, P., Duchamp, and A. Chaput, M. Peripheral odor coding in the rat and frog: Quality and intensity specification. **J. Neuroscience**, 2000, 20, 2383-2390.

³Duchamp-Viret, P., Duchamp, and A. Chaput, M. A. Single olfactory sensory neurons simultaneously integrate the components of an odor mixture. **Eur J Neurosci** , 2003, 18, 2690-2696.

⁴ Atanasova B, Thomas-Danguin T, Chabanet C, Langlois D, Nicklaus S, Etiévant P Perceptual interactions in odour mixtures: odour quality in binary mixtures of woody and fruity wine odorants.. **Chem Senses**. 2005, 30, 209-17.

⁵ Peterlin, Z.; Li, Y.; Sun, G.; Shah, R.; Firestein, S., and Ryan, K. The importance of odorant conformation to the binding and activation of a representative olfactory receptor. **Chem Biol**. 2008, 15, 1317-27.

Nathalie Buonviso

« **Le codage des odeurs dans le bulbe olfactif : où en est-on ?** »

Neurosciences Sensorielles, Comportement, Cognition, CNRS-Université-lyon 1, Lyon, France.

L'information sur la qualité et l'intensité d'une odeur peut être contenue dans différents types de signaux au niveau du bulbe olfactif. Je choisirai de parler de ceux portés par les cartes d'activation spatio-temporelles glomérulaires, les potentiels de champ locaux et les décharges des neurones de sortie bulbaire. Je ferai un rappel des principaux concepts de codage étudiés aujourd'hui et essaierai de montrer comment chacun de ces signaux est modifiable à la fois par la dynamique respiratoire de l'animal et par l'apprentissage.

Diverses méthodes ont montré qu'une molécule odorante évoque une carte d'activation glomérulaire spatio-temporelle, qui est reproductible et spécifique de cette d'odeur ^[1, 2, 3]. Ces cartes ne représentent probablement pas à elles seules le code de l'odeur. En effet, elles sont modifiées par la dynamique respiratoire: selon la stratégie de flairage de l'animal, la représentation glomérulaire de l'odeur est différente ^[4]. D'autre part, la similitude de ces cartes ne sous-tend une similitude perceptuelle que dans certaines tâches comportementales: les cartes glomérulaires dépendent donc à la fois de l'odeur et de ce que l'animal doit en faire ^[5].

La relation temporelle existant entre les oscillations des potentiels de champ locaux (PCL) et les potentiels d'action des neurones de sortie bulbaire peut être un support au codage des odeurs. Chez l'Insecte, il a été montré que les odeurs pouvaient être représentées par des ensembles, spatialement et temporellement distribués, de neurones déchargeant de façon cohérente. C'est la position relative des potentiels d'action par rapport aux oscillations des potentiels de champ locaux qui serait l'élément codant du message nerveux ^[6].

Chez le Mammifère, de telles données ne sont pas disponibles et les choses sont certainement beaucoup plus complexes. D'abord, les PCL oscillent dans au moins trois bandes de fréquence: une fréquence lente, 1-3 Hz, liée à la respiration de l'animal, une oscillation gamma (40-80 Hz) survenant en fin d'inspiration, et une oscillation beta (15-35 Hz) apparaissant plutôt au cours de l'expiration ^[7, 8]. Au cours d'un cycle respiratoire, différentes populations de neurones synchronisent leur décharge sur les oscillations beta ou gamma ^[9]. Le support neuronal à ce type de codage par synchronisation existe donc dans le bulbe olfactif des Mammifères mais rien ne nous dit aujourd'hui si le système l'utilise pour coder les odeurs. De plus, ces patterns oscillatoires sont largement modifiés par l'apprentissage d'une part ^[10] et par la dynamique respiratoire d'autre part ^[11].

Un troisième concept de codage que j'évoquerai est celui basé sur le taux de décharge de l'assemblée bulbaire. Des odeurs même aussi semblables que des énantiomères peuvent être discriminées si l'on prend en compte les réponses d'une population de cellules intégrées sur la durée d'un cycle respiratoire ^[12]. Le taux de décharge de l'assemblée semble être un élément codant, robuste au changement de fréquence respiratoire ^[13].

Cependant, la décharge des cellules dépend aussi de l'expérience de l'animal. Par exemple, au fur et à mesure que l'animal apprend à discriminer deux odeurs, des cellules qui répondaient de la même façon aux deux molécules se mettent à répondre de façon différente à l'odeur renforcée et à celle non renforcée ^[14].

On peut donc trouver une représentation de l'information dans différents types de signaux bulbaires, chez l'animal non engagé dans une tâche comportementale, et qui respire régulièrement. Le système utilise probablement une combinaison de plusieurs principes pour coder l'odeur, et cela selon la difficulté de la tâche qu'il a à résoudre. Cependant, la représentation de l'information est fortement remodelée par l'expérience de l'animal et varie avec la profondeur et la fréquence du flairage. Ces paramètres sont donc importants à considérer dans les études sur le codage des odeurs.

1. Johnson BA, Leon M. (2007) *J. Comp. Neurol.*, 503:1-34

2. Spors H, Grinvald A. (2002) *Neuron* 34, 301-315.
3. Martin C, Grenier D, Thévenet M, Vigouroux M, Bertrand B, Janier M, Ravel N, Litaudon P (2007) *Neuroimage*, 36: 1288-1293.
4. Verhagen JV, Wesson DW, Netoff TI, White JA, Wachowiak M. (2007) *Nat Neurosci* 10, 631-639.
5. Linster C, Johnson BA, Yue E, Morse A, Xu Z, Hingco EE, Choi Y, Choi M, Messiha A, Leon M. (2001) *J Neurosci* 21, 9837-9843.
6. Stopfer M, Bhagavan S, Smith BH, Laurent G. (1997) *Nature* 390, 70-74.
7. Buonviso N, Amat C, Litaudon P, Roux S, Royet JP, Farget V, Sicard G. (2003) *EJN* 17, 1811-9.
8. Cenier T, Amat C, Litaudon P, Garcia S, Lafaye de Micheaux P, Liquet B, Roux, Buonviso N. (2008). *EJN* 27: 1432-1440.
9. Cenier T, David F, Litaudon P, Garcia S, Amat C, Buonviso N. (2009) *EJN* 29: 921-930.
10. Martin C, Gervais R, Hugues E, Messaoudi B, Ravel N. (2004) *J Neurosci* 24, 389-397.
11. Courtiol E, Thevenet M, Messaoudi B, Garcia S, Buonviso N. (2009) *ECRO XIX* abstract.
12. Lehmkuhle MJ, Normann RA, Maynard EM. (2006) *J Neurophysiol* 95, 1369-1379.
13. Bathellier B, Buhl DL, Accolla R, Carleton A. (2008) *Neuron*, 57: 586-598.
14. Doucette W, Restrepo D. (2008) *PLoS Biol.*, 6: e258.

Frederic Esclassan

« Modulation par la respiration de la représentation spatio-temporelle de l'odeur au niveau du bulbe olfactif : Etude en imagerie optique chez le rat. »

Neurosciences Sensorielles, Comportement, Cognition, CNRS-Université-lyon 1, Lyon, France.

Olfactory sense and respiration are intimately related: odorant molecules reach receptor cells in the olfactory epithelium in a periodic way, with inspiration. Thus, several studies have demonstrated that olfactory bulb (OB) activity is largely shaped by respiration (*for a review, see Buonviso et al., Chem. Senses, 2006, 31: 145–154*). When analyzing respiratory modulation of OB activity, it should be kept in mind that anesthetized rat breaths slowly and very regularly whereas behaving rat adapts its sniffing behavior (amplitude, frequency) according to numerous parameters (odor, task, experience...). Recent Ca^{2+} imaging studies have evidenced that nasal airflow parameters could modulate the spatio-temporal representation of the incoming message from neuroreceptors at the glomerular layer level (*Spors et al., J. Neurosci, 2006, 26:1247–1259; Oka et al., J. Neurosci., 2009, 29:12070-12078*).

The aim of our study was to analyze how nasal airflow shapes the spatio-temporal distribution of odor evoked activity in the rat OB using voltage-sensitive dye imaging (VSDI). VSD signals originate mainly from post-synaptic activity and thus can measure odor-evoked activation of bulbar circuitry (*Spors and Grinvald, Neuron, 2006, 34: 301–315*). Thus, compared to previous studies based on presynaptic activity measurements, VSD signals take into account the modulation of incoming activity by local interneurons.

Experiments were performed on urethane anesthetized rats. The OB was stained with the blue voltage-sensitive dye RH 1838 and image series of the dorsal OB were acquired with a CCD camera (Optical Imaging Inc.) at 160 Hz. We used a double cannulation protocol in order to make nasal airflow sampling independent from animal respiration. Thanks to this technique, we were able to test different parameters of the nasal airflow as the frequency or the strength of inhalation flow. Sniffing frequency varied from 1 Hz to 10 Hz.

Optical signals appeared as increase in fluorescence during odor presentation superimposed with a phasic component appearing after each inspiration. Preliminary results show that glomerular responses remained locked to the nasal respiration cycle even at high frequency sniffing. Moreover, respiratory modulation is not homogeneous across all activated glomeruli. Data analysis regarding the spatial distribution of respiratory modulation is in progress. These results confirm that intranasal air dynamics plays a critical role in shaping odor representation at the bulbar level.

Sophie Nicklaus

« Rôle de la gustation dans les comportements alimentaires des enfants »

Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation

UMR6265 CNRS, UM1324 INRA, Université de Bourgogne, AgroSup Dijon, F-21000 Dijon, France

L'alimentation remplit plusieurs fonctions : elle permet de couvrir les besoins nutritionnels ; elle procure du plaisir via les stimulations sensorielles gustatives, olfactives et tactiles ; elle contribue à la formation de l'identité individuelle et elle est l'occasion de partage autour de moments conviviaux. La fonction hédonique est particulièrement exacerbée chez l'enfant, pour lesquels le plaisir à manger est un pré-requis à la consommation d'un aliment. Dans ce contexte, comprendre le rôle de la gustation dans les préférences et les comportements alimentaires chez l'enfant apparaît important, d'autant que la gustation est le seul sens quasiment exclusivement dédié à l'orientation des choix alimentaires, et que des préférences gustatives particulièrement contrastées s'observent dès la naissance (appréciation de la saveur sucrée et rejet de la saveur amère). Concernant l'enfance, il faut en outre souligner les transitions importantes des modes d'apports alimentaires, puisque l'alimentation se fait par voie ombilicale pendant la période fœtale, puis par voie orale, d'abord sous la forme d'un aliment unique, le lait, puis à partir de la diversification alimentaire sous la forme d'aliments variés adaptés aux compétences orales limitées à cet âge, et enfin sous la forme des aliments familiaux. Dans ce cadre général, nous cherchons à comprendre le rôle joué par la gustation dans la facilitation de ces transitions alimentaires rapides.

Après la naissance, les premières saveurs sont expérimentées dans le cadre de l'alimentation lactée. Le lait maternel ou les préparations pour nourrissons sont essentiellement caractérisés par la saveur sucrée (Schwartz et al., 2010). De plus, le lait maternel est riche en glutamate, de saveur umami, et un allaitement au sein prolongé est associé à une préférence accrue pour la saveur umami (Schwartz et al., soumis). Par comparaison à l'exposition à des préparations à base de lait de vache, l'exposition à des préparations à base d'hydrolysats de protéine, souvent décrits comme amers et acides, est associée à des préférences gustatives variées autour de la diversification (Mennella et al., 2009) et jusqu'à l'âge de 4 à 5 ans (Mennella & Beauchamp, 2002). Ces observations soulignent ainsi l'importance et la stabilité de ces acquisitions dans le cadre de l'alimentation lactée.

A partir de la diversification alimentaire, l'exposition à différentes saveurs augmente, en particulier la saveur acide qui devient très présente dans l'alimentation des enfants, en lien avec la consommation de fruits et de produits laitiers (Schwartz et al., 2010). Si le début de la diversification apparaît comme une période où l'introduction des nouveaux aliments est particulièrement facile, la saveur des aliments consommés par l'enfant joue cependant un rôle orientateur, et on remarque par exemple pour les légumes, parfois plus difficiles à faire apprécier, qu'une saveur salée est associée à une appréciation plus importante (Schwartz, 2009). Dès cet âge précoce, les préférences individuelles pourraient orienter la consommation des nourrissons, en particulier pour les aliments de saveur acide, sucrée et umami.

Chez l'enfant plus âgé, on remarque un impact significatif de la teneur en sel d'un aliment sur sa consommation, à 2-3 ans (Bouhlal et al., 2010) comme à 8-11 ans (Bouhlal et al., en préparation) alors que les teneurs en matière grasse ou en sucre ne semblent pas avoir d'impact sur la consommation à court terme (Bouhlal et al., 2010).

Ces données soulignent le rôle modulateur de la gustation sur les préférences et les comportements alimentaires de l'enfant. Ces orientations par la saveur des aliments sont parfois l'objet de tentatives de contrôle parental. Par exemple, l'attraction des enfants pour la saveur sucrée peut inciter à des restrictions de consommation spécifiquement appliquées aux aliments sucrés, qui ne font généralement que renforcer le plaisir des enfants à les consommer (Liem et al., 2004). Ainsi, la prise en compte des pratiques parentales est utile pour comprendre la dynamique de la mise en place des préférences gustatives dans les premières années.

Amélie Deglaire

« Un questionnaire pour mesurer l'attrance vis-à-vis du gras, salé ou du sucré : application à la cohorte Nutrinet »

Amélie Deglaire¹, Caroline Méjean², Serge Hercberg², Pascal Schlich¹

¹ INRA, Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, Dijon, France.

² Unité de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle, INRA/INSERM/CNAM/Université Paris 13, Bobigny, France.

Une consommation en excès d'aliments trop gras, trop salés ou trop sucrés est considérée comme défavorable à la santé. L'épidémiologie propose des méthodes fondées sur des questionnaires pour repérer de telles surconsommations. Cependant, il n'existe pas d'outil pour mesurer, de façon quantitative, l'attrance envers des aliments considérés comme gras, salés ou sucrés. Le projet EpiPref vise à pallier ce manque en élaborant les outils nécessaires pour réaliser un « phénotypage » des préférences envers le gras, le salé et le sucré.

Dans ce contexte, un questionnaire de préférences a été développé et validé. Ce questionnaire comporte 4 parties : (1) attrance envers des aliments salés, gras-salés, sucrés ou gras-sucrés, (2) niveau préféré d'assaisonnement, (3) plats préférés dans un menu, (4) questions relatives aux comportements alimentaires vis-à-vis du gras, du sel et du sucre. Une étude pilote (n=198 sujets) a permis de montrer la faisabilité de ce questionnaire (facile, divertissant et rapide à remplir pour 80% des sujets) et sa répétabilité (coefficient de corrélation intra-classe proche de 1; n=146). Ce questionnaire a été appliqué à un grand nombre de sujets (n = 47 803) via l'étude Nutrinet-Santé.

Les résultats préliminaires montrent que les femmes aimeraient moins le gras-salé, l'ajout de sucré et l'ajout de gras-sucré que les hommes. De plus, l'attrance pour le sucré, le gras-sucré, et le gras-salé diminuerait avec l'âge, et l'attrance pour l'ajout de gras-sucré, pour le gras-salé et le salé augmenterait avec l'indice de masse corporelle. Enfin, l'attrance pour l'ajout de sucré et celle pour le gras-sucré seraient plus forte chez les employés (et ouvriers) que dans les catégories socioprofessionnelles plus favorisées.

Gérard Coureaud

« Le nez sous influence: Une histoire animale »

Equipe Ethologie Développementale et Psychologie Cognitive, Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, UMR 6265 CNRS/INRA/Université de Bourgogne/Agrosup Dijon

L'environnement auquel l'organisme est exposé au quotidien est extrêmement complexe, tant au plan de la qualité que de la quantité d'informations odorantes présentes. Un des challenges cruciaux pour l'individu est de parvenir à extraire de la signification de cette complexité, en attribuant une valeur de signal à certaines molécules ou mélanges de molécules odorantes. Pour cela, deux possibilités: apprendre ou répondre de façon prédisposée. Cela se vérifie dès les stades les plus précoces de la vie. Ainsi, chez les mammifères, le lapereau est capable d'apprendre des odeurs *in utero*, de les mémoriser, et d'y répondre après la naissance. Il est ainsi préparé à retrouver dans l'environnement aérien des stimuli d j   rencontrés avant la naissance, et à répondre de façon privilégiée à ces stimulations par l'expression de comportements adapt s¹. Par ailleurs, le lapereau est canalisé   répondre dès la naissance à un signal émis par toutes les femelles allaitantes de son espèce, la phéromone mammaire (PM)^{2,3}. Ce signal contribue à guider le nouveau-n  vers les tétines maternelles et à déclencher leur saisie orale. De façon remarquable, la PM ne fait pas que déclencher des réponses motrices nécessaires à la tétée, elle facilite également l'apprentissage de tout odorant (initialement neutre) qui lui est associ ⁴. Cette mémoire sollicite les processus de consolidation/reconsolidation⁵. Elle permet également de conférer une valence positive à un mélange d'odorants. L'étude de ces mécanismes révèle au passage que le mammifère nouveau-n  peut percevoir les mélanges d'odorants qui l'entourent de façon soit analytique (perception de l'odeur de chaque composé du mélange), soit de façon synthétique (perception d'une odeur propre au mélange, distincte de celles de ses constituants)^{6,7}. Finalement, ce type d'apprentissage olfactif, induit par une phéromone  mise par la femelle allaitante, peut avoir comme bénéfice immédiat de faciliter la prise lactée du nouveau-n  d'un jour à l'autre⁸. Ces mécanismes prennent tout leur sens chez le lapin, espèce dont la fréquence d'interaction de la mère et des jeunes est limitée à un bref allaitement par jour⁹. Ces travaux contribuent aux réflexions et investigations portant sur l'existence de tels mécanismes chez d'autres espèces, y compris la nôtre.

1. Coureaud G., Schaal B., Hudson R., Orgeur P., Coudert P. (2002) *Developmental Psychobiology* 40, 372-390.
2. Coureaud G., Langlois D., Perrier G., Schaal B. (2003) *Chemoecology* 4, 187-192.
3. Schaal B., Coureaud G., Langlois D., Gini s C., S mon E., Perrier G. (2003) *Nature* 424, 68-72.
4. Coureaud G., Moncomble A.S., Montigny D., Dewas M., Perrier G., Schaal B. (2006) *Current Biology*, 16, 1956-1961.
5. Coureaud G., Hars B., Languille S., Schaal B. (2009). *Learning & Memory* 16, 470-473.
6. Coureaud G., Thomas-Danguin T., Le Berre E., Schaal B. (2008) *Physiology & Behavior* 95, 194-199.
7. Coureaud G., Hamdani Y., Schaal B. Thomas-Danguin T. (2009) *The Journal of Experimental Biology*, 212, 2525-2531.
8. Coureaud G., Jouhannau M., Schaal B. (2009) 13 mes Journées de la Recherche Cunicole, pp. 105-108, ITAVI Ed., Paris.
9. Zarrow M.X., Denenberg V.H. et Anderson C.O. (1965) *Science* 150, 1835-1836.

Marie-Chantal Canivenc-Lavier

« Régulation hormonale des perceptions gustatives »

Centre des Sciences du Gout et de l'Alimentation, UMR 6265-CNRS- UMR 1324-INRA Université de Bourgogne, Dijon

Nos choix alimentaires sont fortement influencés par nos préférences gustatives. Celles-ci sont très conditionnées par des facteurs sociaux éducatifs qui, par le biais des coutumes et traditions locales, orientent en partie les phénomènes d'apprentissage et de mémorisations des goûts, ou encore par des facteurs génétiques, le polymorphisme génétique des récepteurs du goût amer en est un exemple. Mais les préférences gustatives sont aussi étroitement liées à la qualité des perceptions, lesquelles découlent de processus physiologiques qui associent les bourgeons du goût et les sécrétions salivaires, ainsi que des sécrétions endocrines périphériques qui participent à la formation et au développement des systèmes sensoriels au cours de l'âge, ainsi qu'au maintien de l'homéostasie buccale. Ainsi, certaines thérapies et la prise de certains médicaments peuvent entraîner des dysgueusies partielles ou totales en perturbant ces processus physiologiques. Mais ceux-ci peuvent également être influencés par des fluctuations hormonales liées à l'âge ou par des composants alimentaires qui vont interférer avec ces processus hormonaux.

A ce niveau, les hormones sexuelles jouent un rôle déterminant dans la formation et l'évolution des perceptions gustatives. Avec les hormones thyroïdiennes, elles régissent les processus physiologiques et neuroendocrines du développement, et à ce titre, conditionnent la morphogénèse des organes gustatifs et des organes associés comme les glandes salivaires. Au cours de l'âge, elles modulent les sécrétions salivaires dont les composants interviennent dans le maintien de l'homéostasie buccale et dans les processus de gustation : ainsi, on note une diminution du flux salivaire et une modification du profil salivaire chez la personne âgée qui peut expliquer l'altération de la santé buccale et la diminution des perceptions gustatives. Par leur action sur les sécrétions salivaires, les hormones sexuelles contrôlent directement les perceptions sensorielles : elles stimulent la libération des électrolytes qui sont à l'origine des signaux sensoriels et la synthèse de protéines (lipocalines, kallikréines, facteurs de croissance) qui participent localement aux processus gustatifs (transport de molécules sapides, intégrité des bourgeons gustatifs par exemple).

Ces événements hormonaux peuvent avoir des répercussions sur le comportement alimentaire. Ainsi, chez la femme ménopausée, on remarque une diminution des perceptions aux sucres qui peut avoir des répercussions sur la prise alimentaire et expliquer la prise de poids ; la chute des œstrogènes entraîne également une diminution des sécrétions salivaires et une sécheresse buccale qui est corrigée par des traitements substitutifs hormonaux. De même, les changements hormonaux qui s'opèrent pendant le cycle menstruel ou pendant la grossesse s'accompagnent de modifications sensorielles (aversion pour l'amer, augmentation de la préférence au salé et sucré) pour lesquels le rôle des œstrogènes et de la progestérone est démontré.

Des études expérimentales menées chez le rongeur confirment le rôle des hormones stéroïdiennes dans la mise en place et l'évolution des préférences gustatives. Elles ont permis de mettre en évidence l'existence d'un dimorphisme sexuel dans la préférence aux saveurs sucrées et salées, d'illustrer l'impact d'une surexposition utérine en œstrogènes sur l'augmentation des préférences au sucré chez le jeune, et faire le lien avec l'action des hormones sexuelles sur les processus obésogènes (rôle de la leptine dans les préférences sucrées). Elles soulignent également les effets possibles d'une alimentation riche en composés potentiellement œstrogéniques (phytoestrogènes, contaminants alimentaires) pendant la gestation sur les préférences sensorielles de la progéniture potentiellement associées aux processus obésogènes.