

OBJECTIF ALIMENTATION

N°7 – NOVEMBRE 2021



ÉDITORIAL

Est-il utile de rappeler qu'une alimentation équilibrée permet de limiter le risque de maladies métaboliques ? La difficulté, pour lutter contre la « malbouffe », un terme à la mode qui appartient à part entière à la langue française, est de faire adopter des choix alimentaires sains et cela dès la petite enfance. Luc Marlier, dans ce numéro d'Objectif Alimentation, nous éclaire sur la construction du goût et le rôle des odeurs dans les préférences alimentaires, mais aussi sur des aspects moins connus. Ainsi, des observations ont pu montrer que nous sommes capables de garder en mémoire des souvenirs, en rapport avec l'alimentation, au cours de la vie intra-utérine et cela grâce à des récepteurs sensoriels déjà présents et un contexte environnemental favorable. Ces souvenirs, stockés dans notre mémoire implicite, participeraient à l'orientation de nos choix alimentaires. Notre cerveau contrôle les circuits de la régulation de notre appétit, et en particulier la sensibilité à la leptine, qui



Umberto
Simeoni

Professeur en Pédiatrie
à Lausanne (Suisse)

Président de l'Institut
Danone

peut être faussée lorsque notre alimentation est trop abondante. Il contrôle également les circuits de la récompense, et leur conditionnement, qui nous poussent à préférer les aliments palatables aux autres, pourtant meilleurs pour la santé. Ces composantes régulatrices ont un rôle majeur dans les comportements alimentaires, qui sont au cœur des missions de l'Institut Danone. Les travaux de Luc Marlier et ses équipes nous offrent de nouvelles pistes qui devraient nous faire avancer dans le combat contre l'obésité par une meilleure compréhension de ses déterminants, mais aussi nous aider à stimuler l'appétit des personnes âgées en luttant contre la dénutrition présente chez 15 à 38 % des personnes vivant en institution*.

*Traité de nutrition de la personne âgée, p. 165-174.



Luc Marlier

Chercheur au CNRS, Laboratoire ICube UMR7357 CNRS et Université de Strasbourg,
Équipe d'Imagerie Multimodale Intégrative en Santé

CETTE MÉMOIRE ENFOUIE QUI, TOUT AU LONG DE LA VIE, ORIENTE NOS CHOIX ALIMENTAIRES

Manger est un acte en apparence banal, mais qui repose sur des processus sensoriels et cognitifs complexes. Ces processus opèrent le plus souvent sans que nous en ayons conscience. Ainsi, lors du repas, quand bien même nous serions engagés dans une conversation, notre cerveau voit, sent, goûte, analyse, compare, et surtout se souvient. Car, pour piloter notre prise alimentaire, notre cerveau confronte en continu les caractéristiques sensorielles des aliments présents aux expériences alimentaires passées ancrées dans notre mémoire. La plupart de ces expériences passées ne sont plus accessibles à notre conscience, même si parfois, de manière exceptionnelle, elles peuvent ressurgir comme le décrit Marcel Proust, lorsque le personnage principal de son roman *À la Recherche du Temps Perdu* se remémore soudainement tout l'environnement de son enfance après avoir senti l'odeur d'une madeleine. Bien qu'elle soit enfouie, cette mémoire joue un rôle prépondérant dans le choix et l'appréciation des aliments. Comment et à partir de quel âge se construit cette mémoire ? Dans quelle mesure influence-t-elle nos choix alimentaires ? Des odeurs peuvent-elles être utilisées pour activer cette mémoire enfouie et susciter des choix alimentaires plus sains ?

De précieuses informations sensorielles sont mémorisées dès la vie intra-utérine

Au plan anatomique, de nombreux récepteurs sensoriels impliqués dans la perception des aliments ont achevé leur développement avant la naissance.¹ Ainsi, les récepteurs olfactifs, logés dans la partie supérieure des fosses nasales, et qui permettent de percevoir les odeurs et les arômes, sont ébauchés dès 6-7 semaines après la conception ; et, à 11 semaines, des cellules réceptrices de morphologie identique à celles de l'adulte sont observables. Les récepteurs gustatifs qui permettent de détecter les saveurs fondamentales (sucré, salé, acide, amer, umami, etc.) apparaissent dès 12 semaines post-conceptionnelles, d'abord dans l'ensemble de la bouche, avant de se concentrer sur la langue.

Enfin, les terminaisons sensibles du nerf trijumeau, qui sont réparties de façon diffuse dans l'ensemble des fosses nasales, la bouche et la gorge, sont matures dès 7-11 semaines de gestation. Les récepteurs qu'elles supportent sont activés par des stimulations généralement intenses à composante tactile (fraîcheur du menthol) ou nociceptive (irritant de l'ammoniaque ou piquant du piment).



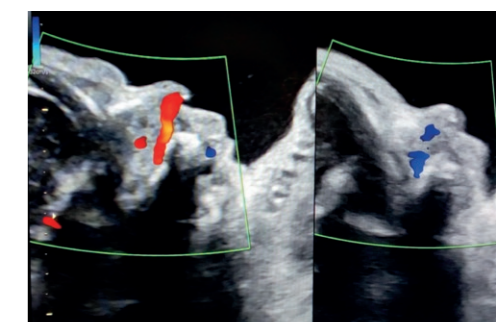
Diverses observations effectuées chez l'Homme indiquent que ces récepteurs sensoriels sont fonctionnels dans le milieu amniotique. Par exemple, l'injection de saccharine dans le liquide amniotique de femmes souffrant de grossesses à hydramnios (avec excès de liquide amniotique) induit une augmentation de l'activité de déglutition chez le fœtus. À l'inverse, l'injection d'un composé amer (quinine) diminue l'absorption de liquide amniotique. Pour ce qui concerne les récepteurs olfactifs, on a longtemps pensé que le milieu liquide était un obstacle mécanique à leur activation.

En réalité, même en milieu aérien, ces récepteurs sont recouverts d'une couche de mucus aqueux, si bien que les molécules odorantes interagissent avec les récepteurs toujours en milieu liquide. L'environnement amniotique du fœtus n'est donc nullement un obstacle à la perception des odeurs et des arômes. Au contraire même, des données obtenues sur des modèles amphibiens montrent que les grenouilles sont plus sensibles aux odeurs en milieu liquide comparativement au milieu aérien, ce qui laisse penser que le fœtus aurait même des capacités de perception facilitées.

Par ailleurs, le liquide amniotique contient de nombreuses molécules capables d'activer les récepteurs olfactifs et gustatifs du fœtus. Certaines de ces molécules, comme l'acide glycolique à l'odeur de canne à sucre ou l'acide lactique à l'odeur lactée, entrent dans sa composition de base. D'autres molécules sont transférées au liquide amniotique et dépendent des choix maternels en matière d'alimentation, de cosmétiques, ou d'environnement. En particulier, toute collation ou repas pris par la mère se traduit par le transfert au liquide amniotique d'une large palette d'arômes. C'est ensuite au cours d'épisodes de succion, de déglutition ou d'inhalation de liquide amniotique que les récepteurs sensoriels du fœtus vont détecter les odeurs et les saveurs présentes dans le liquide amniotique (voir Figure 1).²



Figure 1 : L'examen par échographie Doppler révèle une circulation intense de liquide amniotique dans la bouche et les fosses nasales du fœtus. Ce fluide véhicule de multiples stimulations olfactives et gustatives que le fœtus peut détecter et mémoriser.



© Luc Marlier

Ainsi, avec un équipement sensoriel fonctionnel, un cerveau capable de mémoriser de l'information sensorielle et un environnement contenant de nombreuses stimulations olfactives et gustatives, le fœtus acquiert ses premiers souvenirs en rapport avec l'alimentation.

Cette mémoire précoce entraîne des biais de perception

L'une des stratégies expérimentales mise en œuvre pour examiner la possibilité d'empreintes sensorielles laissées par la vie fœtale a consisté à examiner les réponses de l'enfant qui vient de naître à des odeurs extraites du milieu amniotique. Ainsi, le nouveau-né se montre plus attiré par l'odeur de son propre liquide amniotique par rapport à celle d'un liquide amniotique provenant d'un autre enfant.³ De la même façon, un arôme régulièrement consommé par la mère en fin de grossesse déclenche chez son nouveau-né un comportement de recherche plus intense comparativement à un stimulus témoin.⁴ Ces résultats indiquent que les systèmes chimiorécepteurs du fœtus ont bien la compétence d'extraire certaines composantes chimiques du liquide amniotique, et que l'expérience sensorielle prénatale modifie la manière dont l'organisme va intégrer cette information sensorielle après la naissance.

Ces fléchages perceptifs pourraient être acquis par la médiation de plusieurs mécanismes. Tout d'abord, la chimie amniotique pourrait orienter de façon différentielle le développement de certaines catégories de neurorécepteurs, sélectionner des connexions synaptiques plus souvent activées que d'autres, ou encore moduler l'expression de certaines protéines réceptrices. Des données obtenues sur des modèles animaux montrent par exemple que la note odorante dominante du liquide amniotique (obtenue par aromatisation de l'alimentation de la femelle gestante) détermine chez le nouveau-né à la fois une préférence et une sensibilité accrue au niveau de la muqueuse olfactive pour cet arôme par rapport à un arôme nouveau.⁵ En complément de ces mécanismes périphériques, une variété de mécanismes cognitifs associatifs ou non associatifs pourrait intervenir *in utero*. Le fœtus peut en effet attribuer une valeur positive et appétitive à un arôme du simple fait d'y avoir été exposé (familiarisation passive). Mais un arôme peut aussi être rendu aversif par un conditionnement dit aversif (par injection intrapéritonéale d'un toxique ou par réalisation d'une

anoxie aiguë), comme cela a été démontré chez l'animal. Ce mécanisme défensif se traduit ultérieurement par des rejets alimentaires sélectifs.

À la naissance, ces empreintes sensorielles formées au cours de la vie fœtale sont d'une importance cruciale pour permettre à l'enfant de s'orienter efficacement vers sa source de nourriture et d'ingérer efficacement le lait. En effet, attiré par le liquide amniotique dans lequel il a baigné, l'enfant l'est tout autant par les premières sécrétions lactées de sa mère (le colostrum en particulier).⁶ Ces deux substrats sont en effet soumis à l'influence commune des arômes contenus dans l'alimentation maternelle, de telle sorte que leurs profils aromatiques se recouvrent partiellement. Cette ressemblance chimiosensorielle est détectée par le nouveau-né et explique pourquoi l'enfant accepte d'ingérer le lait maternel dès la première tétée, et préfère le lait de sa mère à celui d'une autre mère ou d'une formule lactée pour nourrissons.^{7, 8}

L'influence de l'exposition périnatale aux odeurs et aux saveurs sur les préférences alimentaires ultérieures commence à être bien documentée.

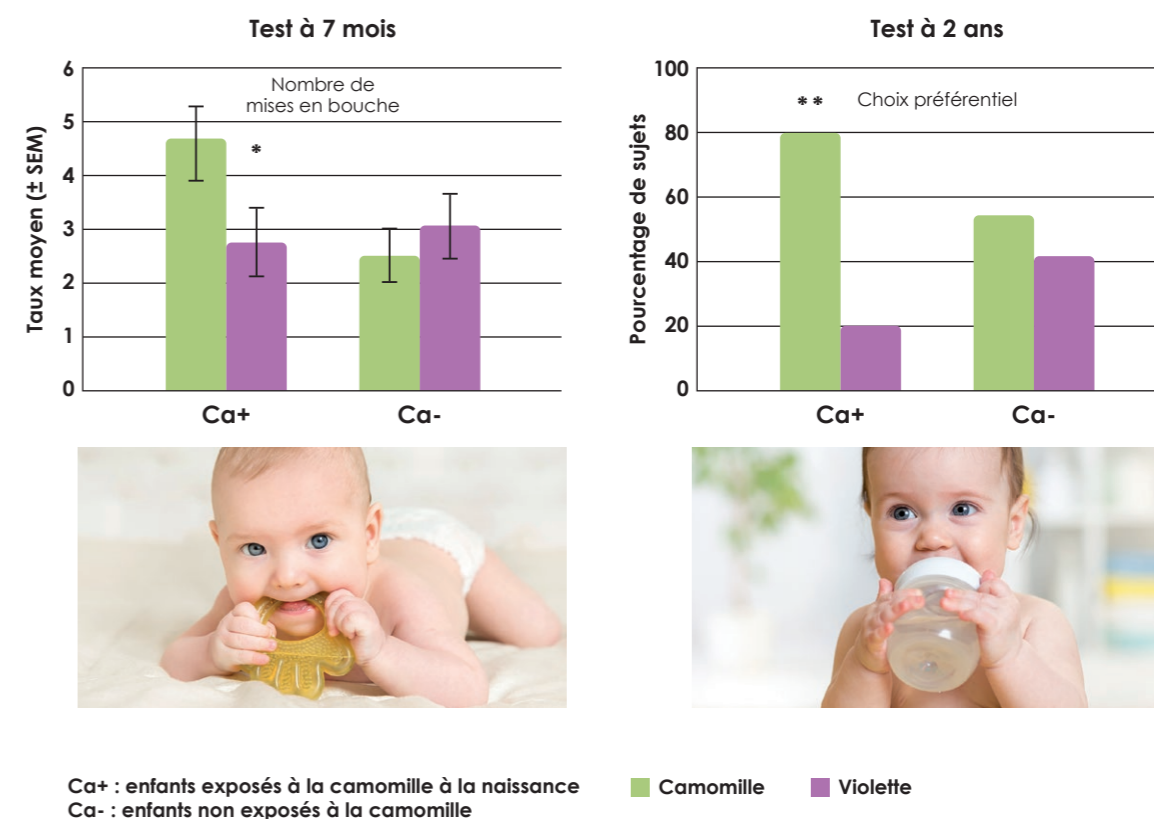


Cette mémoire oriente les choix alimentaires

Ainsi, des enfants nés de femmes ayant régulièrement consommé du jus de carotte en fin de grossesse manifestent, au moment de la diversification alimentaire, moins de réactions négatives et consomment davantage de céréales aromatisées à la carotte que des enfants dont les mères n'ont pas ou peu consommé de jus de carottes au cours des derniers mois de grossesse.⁹ La tétée au sein est aussi l'occasion d'effectuer de nouveaux apprentissages. Si on applique sur le sein une pommade émolliente odorisée à la camomille, le nouveau-né se familiarise rapidement avec cette odeur et la préfère à une odeur nouvelle. De façon remarquable, cet apprentissage olfactif s'avère très robuste.

À 7 mois, par exemple, le nourrisson mettra plus souvent en bouche un anneau de dentition odorisé à la camomille qu'un anneau odorisé avec une odeur concurrente. Et à presque 2 ans, ces enfants, exposés peu après la naissance à l'odeur de camomille, choisiront préférentiellement un biberon d'eau odorisé avec ce même arôme qu'un biberon odorisé avec un arôme non familier^{10, 11} (voir Figure 2). Ainsi, les stimulations chimiosensorielles auxquelles est exposé l'enfant pendant la grossesse, puis pendant l'allaitement, vont modeler sa mémoire et ultérieurement générer des attirances alimentaires.

Figure 2 : L'application sur le sein d'une pommade émolliente à la camomille entraîne chez le nouveau-né allaité une préférence ultérieure pour cette odeur. À 7 mois, l'enfant portera plus souvent à la bouche un anneau de dentition odorisé à la camomille, et à 2 ans, il choisira préférentiellement un biberon d'eau parfumé avec ce même arôme, comparativement à un biberon odorisé avec un arôme non familier comme la violette.^{10, 11}

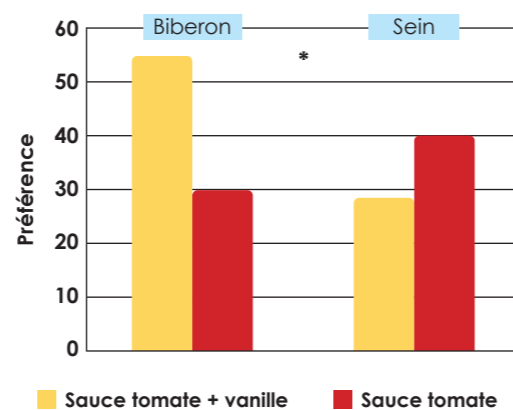


Il n'est pas exclu que de tels effets d'apprentissages survenus très tôt au cours du développement puissent persister jusqu'à l'âge adulte. Dans une étude conduite en Allemagne, des adultes devaient exprimer leur préférence entre deux échantillons de sauce tomate. L'un correspondait à la formule standard, l'autre à la même formule à laquelle avait été rajouté une infime quantité de vanille (dont l'intensité était proche du seuil de perception). Sans surprise, les participants jugent les deux échantillons identiques. Il leur est malgré cela demandé de faire un choix (choix forcé) et de préciser si, après la naissance, ils avaient été nourris au sein ou au biberon, car avant 1992 les formules lactées destinées au premier âge étaient odorisées à la vanille dans ce pays. Les résultats montrent un biais de sélection en fonction du mode d'alimentation à la naissance, à savoir que les participants ayant été nourris au biberon vanillé sont plus nombreux que les participants ayant été nourris au sein à manifester un choix pour la sauce tomate vanillée¹² (voir Figure 3). On peut retenir deux enseignements de cette étude originale. D'abord, elle montre que les traces sensorielles laissées par les expériences précoces pourraient persister durant de nombreuses années, et pourraient canaliser certaines préférences alimentaires encore des décennies plus tard. Cette étude montre aussi que les processus cognitifs impliqués dans les choix alimentaires seraient pour partie non conscients. En effet, dans cette étude, l'odeur de vanille était d'intensité si faible qu'elle n'a pas été perçue (consciemment) par les participants ; elle a cependant été détectée par les récepteurs olfactifs et analysée au plan cognitif, mais seulement à un niveau non conscient.

Ainsi, si les informations sensorielles mémorisées au cours du développement précoce ne sont plus accessibles à la conscience de l'adulte, elles semblent pouvoir être remobilisables par des processus cognitifs non conscients, comme ceux impliqués dans la sélection alimentaire. En nous appuyant sur des données d'imagerie cérébrale, nous avons récemment pu confirmer l'existence de ce mécanisme en montrant que des odeurs alimentaires de très faible intensité

– qui ne permettent pas une perception consciente – peuvent déclencher des activations cérébrales dans des aires impliquées dans des processus mnésiques et décisionnels à l'insu des participants.¹³

Figure 3 : La consommation régulière d'une formule lactée 1^{er} âge parfumée à la vanille entraîne à l'âge adulte une préférence pour une sauce tomate contenant une infime quantité de vanille comparativement à la sauce tomate standard (sans adjonction de vanille). Cette préférence n'est pas observée chez les enfants nourris au sein.¹²



Peut-on utiliser des odeurs pour activer cette mémoire implicite et susciter des choix alimentaires plus sains ?

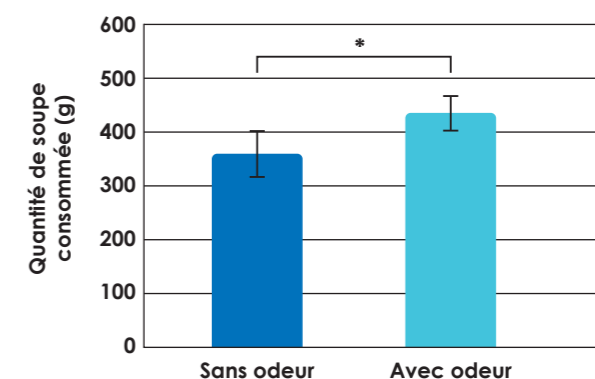
Comme nous l'avons vu précédemment, certaines odeurs alimentaires de faible intensité peuvent activer la mémoire implicite et impacter les choix alimentaires. Peuvent-elles être utilisées pour susciter l'appétit chez des personnes âgées ou dénutries, ou inciter des personnes obèses à faire des choix alimentaires plus sains ? Cela semble être le cas, comme le suggèrent plusieurs études récentes. Il a par exemple été montré que l'exposition à une odeur ambiante de viande de bœuf en amont du repas augmente l'appétit, déclenche la salivation, et, lors du repas, augmente la consommation de viande, en particulier chez des personnes âgées dont l'apport en protéines est souvent insuffisant.¹⁴⁻¹⁵

Si cet effet est confirmé, notamment sur du long terme, diffuser une odeur de nourriture de faible intensité en amont des repas pourrait constituer un moyen séduisant de lutter contre la dénutrition des personnes âgées.

Des odeurs alimentaires diffusées avant un repas peuvent également susciter des choix alimentaires plus sains chez des personnes obèses. Ainsi, l'exposition à une odeur discrète de pain quinze minutes avant le repas, conduit des femmes obèses (BMI moyen = 34,9) à consommer davantage de potage aux légumes¹⁶ (voir Figure 4). On pourra noter ici que l'amorce olfactive (odeur de pain) se distingue de l'aliment cible (potage).

Cela signifie qu'une odeur donnée peut stimuler l'appétit pour un ensemble d'aliments ou de plats, à condition toutefois qu'une liaison forte (on parle de congruence) entre l'odeur et l'aliment ait été établie et mémorisée. Dans le cas présent, la consommation de pain étant souvent associée à la consommation de potage, la seule odeur de pain suffit à susciter un appétit accru pour le potage. Si diffuser une odeur en amont du repas permet ponctuellement d'augmenter la consommation d'aliments plus sains, et de réguler la prise énergétique chez des personnes obèses, une telle stratégie n'est pas toujours utilisable à grande échelle, car elle doit tenir compte des habitudes alimentaires qui peuvent être distinctes, d'une personne à l'autre, d'une culture à l'autre.

Figure 4 : La consommation de soupe de légumes peut être augmentée chez des femmes obèses, si une discrète odeur de pain est diffusée dans la salle à manger. L'ambiance olfactive constitue ainsi un moyen intéressant pour susciter l'appétit envers des aliments plus sains et moduler la prise énergétique.¹⁶



Conclusion

La familiarisation de l'enfant aux odeurs et aux saveurs démarre dès la vie prénatale. Ces expériences sensorielles précoces mémorisées sous forme de mémoire implicite constituent les fondations de son histoire alimentaire. Elles modèlent ses systèmes sensoriels et cognitifs, participent à la mise en place de différences

individuelles, et peuvent générer des attentes parfois jusque dans le long terme, de sorte que l'enfant puis l'adulte seront plus ou moins aiguillés dans la recherche et l'appréciation de certains aliments. Des études complémentaires sont encore nécessaires pour préciser dans quelle mesure il est possible, par des odeurs, de solliciter cette mémoire implicite pour susciter des choix alimentaires plus sains tout au long de la vie.

Remerciements

Nous remercions l'ensemble des personnes qui participent à nos études, en particulier les enfants et leurs parents. Nous remercions également le CNRS, l'université de Strasbourg, l'éditeur Edimark, qui a autorisé la reprise de certains éléments parus dans *Correspondances en Métabolismes Hormones Diabète & Nutrition*², et l'entreprise Givaudan pour sa contribution à la réalisation de nos travaux en imagerie.

BIBLIOGRAPHIE

1. Marlier L., Émergence des sensations olfactives, gustatives et trigéminales. In C. d'Ercole et M. Collet (dir.) *Périnatalogie*. Paris : Éditions Arnette, 2008, 125-42.
2. Marlier L., Le goût, une histoire dès la vie prénatale, *Correspondances en Métabolismes Hormones Diabètes & Nutrition*, 2020, 24(3), 93-95.
3. Marlier L., Schaal B., Soussignan R., Neonatal responsiveness to the odor of amniotic fluid and lacteal fluids: A test of perinatal chemosensory continuity, *Child Dev.*, 1998, 69(3), 611-23.
4. Schaal B., Marlier L., Soussignan R., Human fetuses encode odors from their pregnant mother's diet, *Chemical Senses*, 2000, 25(6), 729-37.
5. Schaal B., Coureaud G., Marlier L., Soussignan R., Fetal olfactory cognition preadapts neonatal behavior in mammals, *Chemical Signals in Vertebrates*, 2001, 9, 197-204.
6. Marlier L., Schaal B., Soussignan R., Orientation responses to biological odours in the human newborn: Initial pattern and postnatal plasticity, *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, Série III, Life Sciences/Neurosciences*, 1997, 320(12), 999-1005.
7. Marlier L., Schaal B., Familiarité et discrimination olfactive chez le nouveau-né : influence différentielle du mode d'alimentation ?, *Enfance*, 1997, 1, 47-61.
8. Marlier L., Schaal B., Human newborn prefer human milk: Conspecific milk odor is attractive without postnatal exposure, *Child Development*, 2005, 76, 15568.
9. Mennella J., Jagnow C.P., Beauchamp G.K., Prenatal and postnatal flavor learning by human infants, *Pediatrics*, 2001, 107(6), E88.
10. Delaunay M., Marlier L., Schaal B., Learning at the breast: Preference formation for an artificial scent and its attraction against the odor of maternal milk, *Infant Behavior and Development*, 2006, 29, 308-21.
11. Delaunay M., Soussignan R., Patris B., Marlier L., Schaal B., Lasting odor memory acquired at the mother's breast: A longitudinal approach, *Developmental Science*, 2010, 13(6), 849-63.
12. Haller R., Rummel C., Henneberg S., Pollmer U., Köster E.P., The influence of early experience with vanillin on food preference later in life, *Chem Senses*, 1999, 24, 465-67.
13. Mignot C., Gounot D., Chambaron S., Gaeta G., Kontaris I., Marlier L., Brain processing of subliminal odours: an fMRI study. Congrès de la Société française de résonance magnétique en biologie et médecine, Strasbourg, 19-21 mars 2019.
14. Proserpio C., de Graaf C., Laureati M., Pagliarini E., Boesveldt S., Impact of ambient odors on food intake, saliva production and appetite ratings, *Physiol Behav*, 2017, 174, 35-41.
15. Sulmont-Rossé C., Gaillet M., Raclot C., Ducloux M., Servelle M., Chambaron S., Impact of olfactory priming on food intake in an Alzheimer's disease unit, *J Alzheimers Dis*, 2018, 66(4), 1497-1506.
16. Proserpio C., Invitti C., Boesveldt S., Pasqualinotto L., Laureati M., Cattaneo C., Pagliarini E. Ambient odor exposure affects food intake and sensory specific appetite in obese women, *Front Psychol*, 2019, 10, 7.