

Les préférences hédoniques pour le gras. Mesures et variabilité

Pascal Schlich, Amélie Deglaire, Sylvie Cordelle, Christine Urbano, Coralie Biguzzi, Christophe Martin

▶ **To cite this version:**

Pascal Schlich, Amélie Deglaire, Sylvie Cordelle, Christine Urbano, Coralie Biguzzi, et al.. Les préférences hédoniques pour le gras. Mesures et variabilité. Innovations Agronomiques, 2010, 10, pp.95-114. hal-02653994

HAL Id: hal-02653994
https://hal.inrae.fr/hal-02653994

Submitted on 29 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives| 4.0 International License

Innovations Agronomiques 10 (2010), 95-114

Les préférences hédoniques pour le gras. Mesures et variabilité.

Schlich P., Deglaire A., Cordelle S., Urbano C., Biguzzi C., Martin C.

INRA, Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, 15 rue Hugues Picardet, 21000 Dijon

Correspondance : schlich@dijon.inra.fr

Résumé

La consommation excessive d'aliments gras est néfaste à la santé. Il est donc important d'identifier les facteurs à l'origine de ces surconsommations. Parmi eux, la préférence hédonique vis-à-vis de la sensation de gras est supposée jouer un rôle important. Toutefois, des études menées récemment dans le laboratoire des auteurs montrent qu'un aliment « allégé » en gras n'est pas systématiquement moins apprécié que sa version standard. Cette réduction de gras peut être « compensée » par d'autres modifications du produit. Par exemple, dans le domaine des biscuits, la préférence vis-à-vis du gras semble indissociable de la sensation de sucré. Les préférences corrèlent davantage à la perception de la sensation qu'à la quantité de nutriments du produit (sensation de gras versus quantité de lipides). Mais, la caractérisation de la sensation de gras est difficile : elle dépend de la nature des produits supports de cette sensation. Pour mesurer l'attirance hédonique d'un individu vis-à-vis de la sensation de gras, il est indispensable de prendre en compte toute la diversité des aliments gras. Pour mesurer l'exposition d'un individu à la sensation de gras, il est nécessaire d'avoir un outil de mesure de cette sensation perçue applicable à tout le répertoire alimentaire. Le projet EpiPref a entrepris la construction de tels outils présentés dans cet article. Parmi eux, un questionnaire visant à mesurer l'attirance vis-à-vis des sensations de gras, de salé et de sucré a déjà permis d'obtenir quelques résultats sur la diversité des préférences pour le gras dans le cadre de l'étude Nutrinet-Santé.

Mots-clés : préférence, choix, gras, variabilité

Abstract: Liking for fat: measure and variability

Overconsumption of fatty foods induces health risks. It is thus important to identify the factors that are responsible for such overconsumption. Among them, fat liking is expected to have an important role. However, studies conducted in the laboratory of the present authors have shown that a low-fat product is not necessarily less liked than its regular version. Fat reduction may be compensated by other modifications in the product. For instance, fat liking in biscuits seems to be closely related to the sweet sensation. Liking is more correlated to perception rather than to the nutrient content in the product (fat perception versus fat content). Fat perception is however difficult to characterize and is dependant of the food matrix. To measure liking for fat in individuals, the wide range of fatty foods has to be taken into account. To measure sensory exposure to fat in individuals, the tool has to be applicable to the entire food repertory. The EpiPref project aims to build such tools and those are presented in the present paper. Among them, a questionnaire to measure sweet, salt or fat liking has been recently administered within the Nutrinet-Santé study. Preliminary results show the variability in fat liking.

Keywords: preference, liking, fat, variability

Introduction

La consommation excessive d'aliments gras est nuisible à la santé (WHO/FAO, 2003), comme le soulignent les messages de santé publique (Ministère de la santé et des solidarités, 2006). Toutefois, les matières grasses sont responsables de sensations qui contribuent souvent à l'appréciation hédonique des produits (Mela et Marshall, 1991). Le goût des aliments est classé comme le premier critère de choix pour 88% d'adultes américains (n=1000), devant le prix et les caractéristiques de santé et de praticité (Glanz et al., 1998). L'importance des attributs sensoriels des aliments dans le comportement alimentaire a souvent été sous-estimée au profit de la teneur en nutriments des aliments (Abumrad, 2005 ; Cruickshanks et al., 2009 ; Duffy et al., 2009). Nous illustrerons ce point avec de nouvelles données obtenues dans notre laboratoire, portant sur les biscuits du marché français.

Une corrélation positive a été observée entre la consommation de matières grasses et la préférence vis-à-vis des aliments gras (Duffy et al., 2009 ; Drewnowski et al., 2000 ; Geiselman et al., 1998 ; Ledikwe et al., 2007 ; Raynor et al., 2004). Toutefois, le niveau de cette corrélation varie de 0.2 à 0.9, ce qui pourrait être en grande partie dû à la manière de mesurer cette préférence.

Dans le vocabulaire français de l'analyse sensorielle, le mot « préférence » est employé avec l'acceptation du sens du mot « liking » en anglais. Il s'agit de l'évaluation affective du plaisir procuré par la dégustation immédiate d'un aliment qui apporte une stimulation sensorielle, ou encore de l'anticipation de ce plaisir (Rozin, 1990). Cette préférence joue un rôle important dans le comportement alimentaire, car elle peut être à l'origine de ce que les auteurs anglo-saxons appellent le « wanting » c'est-à dire le désir de manger un aliment (Berridge, 2009 ; Finlayson et al., 2007). Mais ce désir est aussi sous la dépendance d'autres facteurs tels que l'état de faim ou des variables contextuelles (Mela, 2001).

La stimulation sensorielle apportée par les matières grasses est complexe, d'abord par la variété de sensations différentes générées (Mela et Marshall, 1991). Stricto sensu, il ne s'agit pas d'une saveur, mais davantage d'une texture crémeuse, moelleuse ou humide (Mattes, 1993). Il existe maintenant des preuves neurologiques de la perception de la texture et de la viscosité du gras en bouche (Kadohisa et al., 2005 ; Rolls, 2008 ; Verhagen et al., 2004). Par ailleurs, la possible existence d'un récepteur sensoriel au gras a été soulevée en premier lieu par Schiffman et al. (1998). Une preuve mécanistique de cela a été apportée chez les rongeurs (Laugerette et al, 2005). L'existence d'un système identique chez l'humain doit encore être confirmée, mais est fort probable (Khan et Besnard, 2008). Devant la complexité de la seule définition de la sensation de gras, on comprend la difficulté d'en mesurer l'intensité. Nous présentons dans cet article une approche nouvelle pour traiter cette question sous la forme d'échelle de type Spectrum™ (Muñoz et al., 1992).

D'un point de vue pratique, la mesure des préférences utilise soit un test déclaratif (questionnaire) soit un test d'analyse sensorielle (dégustation). Dans le second cas, le test peut être un test de préférence ou un test d'acceptabilité. Le test de préférence consiste à comparer deux ou plusieurs produits pour n'en choisir qu'un ou pour les ordonner selon la préférence du sujet, alors que le test d'acceptabilité consiste à accorder une note sur une échelle à chacun des produits de l'étude. C'est le second qui est le plus souvent employé dans le contexte de la mesure des préférences vis-à-vis d'une sensation donnée car il permet de comparer des produits n'ayant pas été évalués ensemble et surtout il permet de savoir si un produit est apprécié ou non de manière absolue, alors qu'avec le test de préférence, on ne peut pas connaître le niveau d'attirance pour le produit en lui-même. Pour mesurer ce niveau d'acceptabilité, plusieurs échelles ont été proposées dans la littérature. La plus ancienne et la plus utilisée est certainement l'échelle hédonique à 9 points (Jones et al., 1955 ; Peryam et Pilgrim, 1957). Une alternative davantage utilisée en France est l'échelle continue non structurée, d'abord proposée par Aitken (1969) pour la mesure de ressentis subjectifs. Plus récemment, la « labelled affective magnitude scale » (LAM) a été proposée par Schutz et Cardello (2001). Des comparaisons récentes

(Hein et al., 2008 ; Lawless et al., 2010) suggèrent qu'il n'existe pas de supériorité claire d'une échelle sur l'autre, chacune ayant ses propres avantages et inconvénients.

Plus important, semble être le choix de l'aliment porteur du stimulus du gras. Souvent, celui-ci n'était qu'une solution modèle ou un mélange de lait et de crème (Cooling et Blundell, 2001 ; Crystal et al., 1995 ; Drewnowski et Greenwood, 1983 ; Drewnowski et al., 1989 ; Hayes et Duffy, 2008). Monneuse et al. (1991) ont utilisé un produit laitier semi-solide ; Kanarek et al. (1995) ont utilisé des pop-corns variant selon la quantité de beurre utilisé pour leur fabrication. Des versions standard et allégées de produits industriels tels que des laits au chocolat, des cookies, des brownies et des gâteaux au chocolat ont été comparées (Bowen et al., 2003 ; Engell et al., 1998 ; Ricketts, 1997). Toutefois, cela représente une variété de produits assez étroite et la généralisation des résultats obtenus serait dangereuse. Quelques auteurs pourtant ont comparé les préférences vis-à-vis du gras sur la base de 4 à 10 types d'aliments différents (Guinard et al., 1999 ; Mattes, 1993 ; Mela, 1990 ; Mela et Sacchetti, 1991). Il ressort de ces études que la préférence vis-à-vis du gras est fortement dépendante du type d'aliment considéré. De même, Drewnowski et al. (1989) ne trouvent pas de corrélation entre la préférence pour le gras dans un modèle liquide (lait) et celle dans un modèle solide (fromage à tartiner). Ces données bibliographiques montrent que la préférence vis-à-vis du gras mesurée à partir d'un seul aliment ne peut en aucun cas être extrapolée à l'ensemble des aliments et que l'étude de l'attirance intrinsèque vis-à-vis de la sensation de gras doit être basée sur un grand ensemble de produits (Mattes, 1993); c'est ce que le projet EpiPref est en train de mettre en place.

La mesure de la préférence pour la sensation de gras au moyen de questionnaire a surtout été basée sur la notation de l'attirance pour un certain nombre (8 à 32 selon les études) d'aliments réputés gras (Drewnowski et al., 2000 ; Duffy et Bartoshuk, 2000 ; Duffy et al., 2007 ; Duffy et al., 2009 ; Geiselman et al., 1998 ; Keskitalo et al., 2008 ; Lahteenmaki et Tuorila, 1995 ; Raynor et al., 2004). Il est apparu qu'il fallait alors distinguer les aliments gras et salés des aliments gras et sucrés. Ledikwe et al. (2007) ont utilisé un système de choix forcé où le sujet doit, pour chacun des 19 ensembles de produits, choisir une variante parmi plusieurs différant entre elles par leur niveau de gras. Ce questionnaire a été validé de manière interne (test-retest) et a montré une bonne corrélation avec des données de consommation de matière grasses. Toutefois, cela ne prouve pas qu'il aurait été en accord avec une batterie de tests sensoriels. C'est ce point que le projet EpiPref se propose de traiter en bâtissant simultanément un questionnaire et un outil d'analyse sensorielle qui seront tous deux appliqués aux mêmes sujets.

Avant de décrire les trois outils créés dans le cadre du projet EpiPref visant à mesurer la sensation de gras perçue dans tout type d'aliment et à mesurer la préférence vis-à-vis de la sensation de gras par une double approche de questionnaire et d'analyse sensorielle, cet article présente des données originales sur la préférence vis-à-vis du gras dans des produits industriels ou expérimentaux à teneurs réduites ou standard en matière grasse. Puis, le domaine des biscuits est particulièrement étudié afin d'éclairer les relations existantes entre préférences vis-à-vis des sensations de gras et de sucré. Ces études bénéficient d'un grand nombre de dégustateurs (environ 700) et incluent des enfants à partir de l'âge de 7 ans. Elles ont été collectées au Centre Européen des Sciences du Goût (CESG) dans le cadre d'opérations de type « portes ouvertes » en 2008 et 2009 à l'occasion de la semaine de la Fête de la Science.

Préférences vis-à-vis de produits du commerce « allégés » en gras

Dans le cadre de l'évènement « Fête de la Science 2008 », 696 consommateurs âgés de 7 à 80 ans sont venus au Centre Européen des Sciences du Goût (CESG) à Dijon réaliser une séance d'analyse sensorielle dont les résultats leur étaient commentés en fin de séance. Ils ont eu à déguster deux sortes de chips et deux sortes de crackers du marché français, chacun dans sa version standard et allégée en matières grasses. Ils devaient donner une note de préférence sur une échelle non structurée allant de 0

à 10 pour chacun de ces 4 produits. La Figure 1 montre que les chips allégées ont été significativement préférées aux chips standard, alors que les crackers allégés ont été très significativement moins appréciés que la version classique.

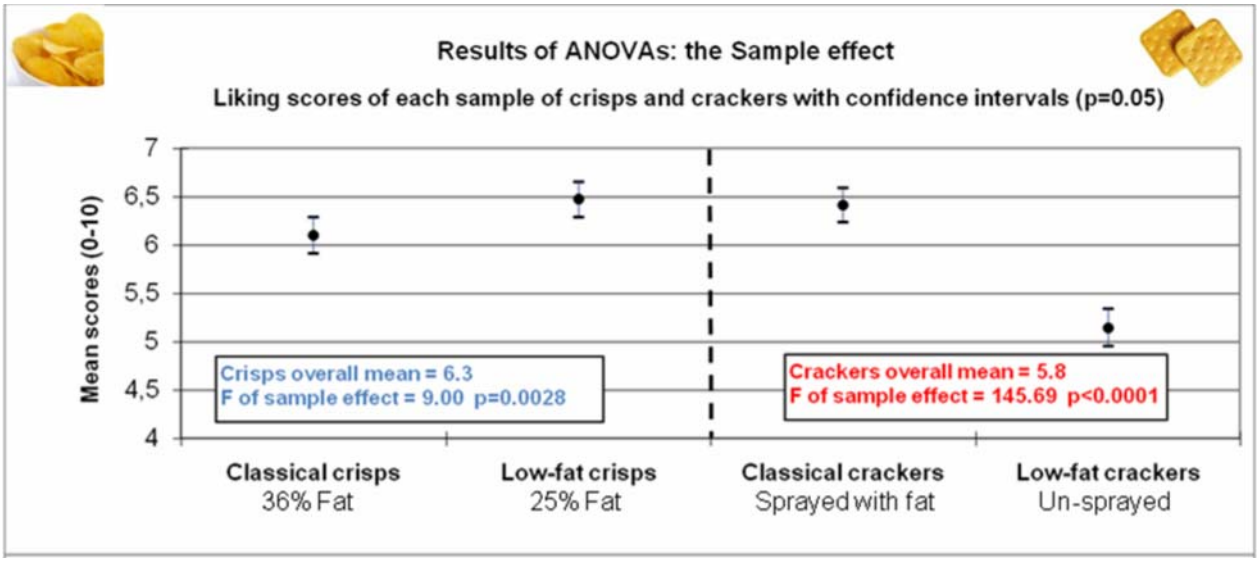


Figure 1 : Notes moyennes de préférence et intervalles de confiance (p=0.05) pour une chips et un cracker du marché français en version standard et allégée en gras. Fête de la Science 2008. n=696

L'explication de cette différence est simple et limpide. Les deux chips, classique et allégée, sont effectivement les deux variantes d'une même marque bien établie sur le marché français où elles figurent toutes deux depuis un certain temps. Par contre, pour le cracker, également issu d'une marque bien établie sur le marché français, la version allégée nous a été fournie par l'industriel en omettant la dernière étape du procédé de fabrication qui consiste à pulvériser une fine couche de matière grasse sur le produit. Ainsi, on peut dire que le cracker n'a bénéficié d'aucune étape de compensation de sa réduction de matière grasse ; on pourrait aussi supposer qu'il ne correspond à aucune référence actuellement existante sur le marché et qu'il ne bénéficie donc pas d'un effet d'exposition propice à l'appréciation hédonique. En ce qui concerne les deux sortes de chips, que nous avons prélevées directement en grande surface, nous ne connaissons pas la recette qui a permis au produit allégé d'être davantage apprécié que la version standard. Toutefois, cet exemple est intéressant car il montre bien que l'optimisation sensorielle est possible lorsque l'on doit réduire le taux de matière grasse d'un produit sans perdre en appréciation hédonique.

	Biscuit de petit-déjeuner			Biscuit fourré au chocolat		
	Standard	Allégé : -27% en sucre et -6% en MG	p-value	Standard	Allégé : -33% en sucre et -5% en MG	p-value
Préféré	62 %	38 %	<0.0001	79 %	21 %	<0.0001
Le plus sucré	69 %	31 %	<0.0001	68 %	32 %	<0.0001
Le plus gras	55 %	45 %	<0.0001	53 %	47 %	NS

Tableau 1 : Taux de préférence et p-value du test de différence à 50% pour les versions standard et allégées de deux types de biscuits. Fêtes de la Science 2009. n= 617.

L'expérimentation a été réitérée dans le cadre de la « Fête de la Science 2009 » avec les deux variantes d'un biscuit aux céréales pour le petit-déjeuner et d'un biscuit fourré au chocolat souvent servi pour le goûter des enfants. Les deux produits standard sont des références leaders de ce marché. Les variantes allégées étaient également sur le marché à l'époque de l'expérimentation, mais ne bénéficiaient certainement pas de la même antériorité.

Le tableau 1 montre que les variantes standard sont significativement préférées aux variantes allégées et que cette préférence est même écrasante pour le gâteau fourré au chocolat. Comme indiqué dans le tableau, ces produits étaient davantage allégés en sucre qu'en matière grasse, ce qui a été perçu par les consommateurs. Il est à noter que la version testée en 2009 du biscuit fourré ne serait plus sur le marché, mais aurait été remplacée par une version optimisée au niveau du goût et dont le producteur affirme qu'elle serait maintenant à parité avec le produit standard au niveau des préférences. Nous n'avons pas testé ce nouveau produit.

Nous retiendrons de la diversité de ces résultats que la réduction de gras est parfois possible sans perte d'acceptabilité, mais qu'elle doit être accompagnée de mesures compensatrices, lesquelles modifient certainement l'ensemble de la perception du produit, pas seulement celle du gras. Dans le domaine des biscuits par exemple, celle-ci nous semble indissociable de la perception du sucre ; c'est le thème du chapitre suivant.

Influence du gras et du sucré sur les préférences en matière de biscuits

En collaboration avec plusieurs biscuitiers et leur syndicat Alliance 7, nous étudions en ce moment la réduction de gras et de sucre dans plusieurs types de biscuits sucrés. Dans une première étape, il était intéressant de comparer les teneurs réelles en sucres et en lipides (graphique de gauche de la Figure 2) à l'attente (graphique central de la Figure 2) et à la perception (graphique de droite de la Figure 2) des consommateurs de la sensation de gras et de sucré pour chaque type de biscuit (Biguzzi et al., 2010).

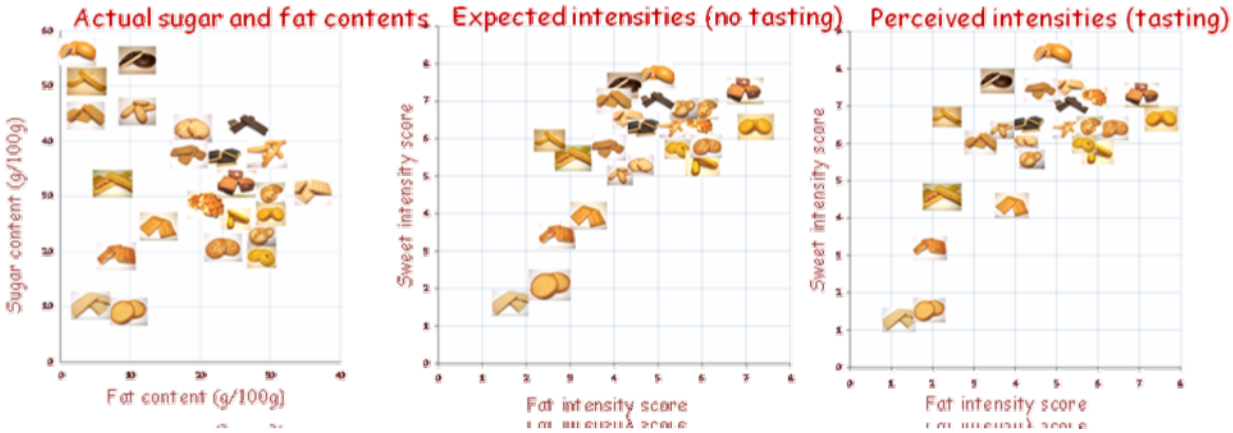


Figure 2 : Concentration en gras et en sucre de 24 types de biscuits, attente et perception des sensations de gras et de sucré de 62 consommateurs pour ces biscuits.

La répartition nettement plus monodimensionnelle des biscuits dans les deux graphiques de droite souligne qu'alors que les teneurs en sucre et en matière grasse ne sont pas corrélées dans l'espace des biscuits, les sujets les associent dans leur attente (r=0.684, p=0.0002) et dans leur perception (r=0.679, p=0.0003). Pour le gras comme pour le sucré, l'attente et la perception sont corrélées à plus de 0.90 signifiant soit que les sujets ont une attente correcte des intensités des sensations, soit qu'ils basent la notation de leur sensation sur la connaissance qu'ils ont des produits ; en effet, il ne faut pas

oublier que ces 24 produits sont visuellement distinguables lors de la dégustation. D'autre part, attente et perception du gras sont bien corrélées à la teneur en gras (r=0.721 et r=0.770 respectivement) et il en va de même pour le sucre (r=0.688 et r=0.735). Ainsi, les sujets semblent avoir dans l'ensemble une connaissance et une perception assez fidèle des valeurs nutritionnelles des différents types de produits, bien qu'ils aient du mal à dissocier le gras du sucre.

Dans des séances d'analyse sensorielle antérieures à celles réalisés pour la notation des intensités perçues des sensations de gras et de sucré, les sujets avaient dégusté les 24 produits et noté leurs préférences. Les attentes avaient été recueillies entre les deux types de séance à l'aide d'un questionnaire assorti de photos que les sujets devaient remplir à domicile.

Corrélations (r) et niveau (p-value) du test de r=0		Teneur		Attente		Perception	
		Gras	Sucres	Gras	Sucré	Gras	Sucré
Préférence	r	0.467	0.340	0.479	0.448	0.567	0.527
	p-value	0.0213	0.1039	0.0180	0.0281	0.0039	0.0081

Tableau 2 : Liaison entre préférence et teneur, attente et perception du gras et du sucré dans les biscuits

Le Tableau 2 montre que la préférence en matière de biscuit est significativement, mais modérément, corrélée à la teneur en gras, autant d'ailleurs qu'à l'attente de cette sensation ; par contre, cette corrélation augmente lorsqu'elle est calculée entre la préférence et la perception en dégustation de la sensation de gras (0.567 au lieu de 0.467 et 0.479). Pour le sucre, cette tendance est encore plus marquée puisque l'on passe d'une absence de corrélation significative avec les teneurs (r=0.340), à une corrélation significative (r=0.448) avec les attentes et enfin à une corrélation de 0.527 avec la perception.

Ces résultats suggèrent que le plus important dans les préférences n'est pas la teneur en nutriments, mais l'attente et encore davantage la perception des sensations que ces nutriments engendrent. C'est un résultat important parce qu'il justifie les efforts d'optimisation sensorielle des produits tout en réduisant les teneurs en gras et sucres. En clair, il faut faire en sorte que l'on perçoive le plus possible le gras et le sucre tout en réduisant le plus possible les teneurs en nutriments correspondants.

Influence du gras et du sucré sur les préférences pour un même type de biscuit

Les liaisons mises en évidence dans l'étude précédente entre les attentes et la perception en matière de gras et de sucré dans les biscuits nous ont conduit à vouloir étudier cette question de manière plus spécifique pour un même type de biscuits. Nous avons choisi deux modèles complémentaires. Le premier est les madeleines du marché français et le second des cakes expérimentaux réalisés par nos soins afin de mieux contrôler les différents paramètres de variation.

Dans le premier modèle, 5 madeleines ont été échantillonnées afin de couvrir les différentes régions de l'espace nutritionnel des teneurs en gras et en sucres rencontrées dans les madeleines du marché français. Le titre de la Figure 3 explique précisément le principe de cet échantillonnage et la signification des codes des produits donnés sur les axes horizontaux des 4 graphiques de cette figure.

Il se trouve que la madeleine G+S-, donc une madeleine plutôt grasse et peu sucrée dans l'espace des madeleines, est significativement préférée aux autres. Elle est effectivement notée significativement plus grasse que les autres, et notamment plus grasse que l'autre madeleine G+S+ qui était également au niveau haut du gras. Ces effets sont identiques, et plus marqués encore, lorsque l'on interroge les

sujets sur la perception du moelleux qui se comporte donc ici comme un « marqueur » de la sensation de gras. Enfin, et surtout, cette même madeleine G+S- est aussi notée comme étant significativement plus sucrée que les autres alors qu'elle se trouve au contraire au niveau faible du sucre dans l'espace des madeleines. Ce dernier point est remarquable et suggère qu'il existe dans l'esprit des sujets une valence hédonique positive implicite de la sensation de sucré.

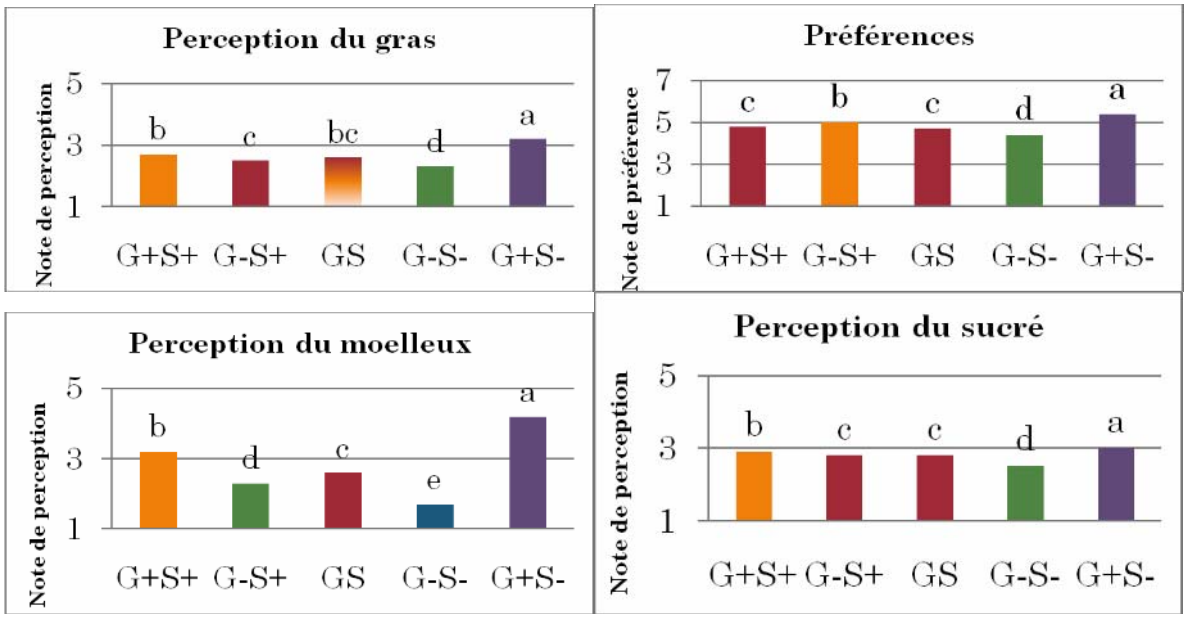


Figure 3 : Préférence et perception du gras, du sucré et du moelleux de 5 madeleines du marché français échantillonnées selon leurs teneurs basse (-), médiane (pas de signe) ou haute (+) en gras (G) et en sucre (S). Deux moyennes avec une même lettre ne sont pas significativement différentes (p=0.05). Fête de la Science 2009, n=617 consommateurs âgés de 7 à 90 ans

Cette étude montre clairement l'existence d'interaction entre les teneurs en gras et en sucre qui agit sur les préférences. Elle suggère aussi que l'évaluation par un consommateur non entraîné à l'analyse sensorielle de l'intensité des sensations de gras et de sucré n'est pas indépendante des aspects hédoniques. Toutefois, les madeleines de cette étude étaient des produits du commerce de marques différentes qui, bien qu'échantillonnés afin de représenter le mieux possible l'espace gras/sucre, différaient par d'autres aspects de texture et d'arôme dus, entre autres raisons, aux différents types de matière grasse utilisées pour leur fabrication. On ne peut donc pas affirmer avec certitude que seules les variations des sensations de gras et de sucre étaient responsables des variations de préférence pour ces produits.

C'est pourquoi l'étude dont les résultats sont présentés en Figure 4 est intéressante car elle compare des cakes pour lesquels nous savons qu'aucune complémentation aromatique n'a eu lieu, puisqu'ils ont été fabriqués par nos soins dans notre laboratoire avec des ingrédients strictement identiques pour les 5 versions.

La Figure 4 montre clairement que l'augmentation de sucre avec diminution de gras (F-S+), ou vice versa (F+S-), ne modifie pas la moyenne des préférences par rapport au produit médian (F0S0). Par contre, la diminution simultanée des niveaux de gras et de sucre (F-S-) entraîne une dégradation significative des préférences, alors que l'augmentation simultanée du gras et du sucre (F+S+) améliore significativement la préférence moyenne.

Dans cette étude sur les cakes, il apparaît donc que le gras et le sucre agissent de manière beaucoup plus additive sur la préférence que dans le cas des madeleines. Une légère interaction entre le gras et le sucre existe tout de même avec les cakes : l'amélioration du produit F-S- par augmentation du sucre (F-S+) ou du gras (F+S-) est plus forte que celle obtenue en passant respectivement du F+S- à F+S+

(augmentation de sucre sur niveau haut du gras) ou en passant du produit F-S+ à F+S+ (augmentation du gras sur niveau haut du sucre) ; cette légère interaction provient du fait que le potentiel d'amélioration du produit F-S- était supérieur à celui des produits F+S- et F-S+.

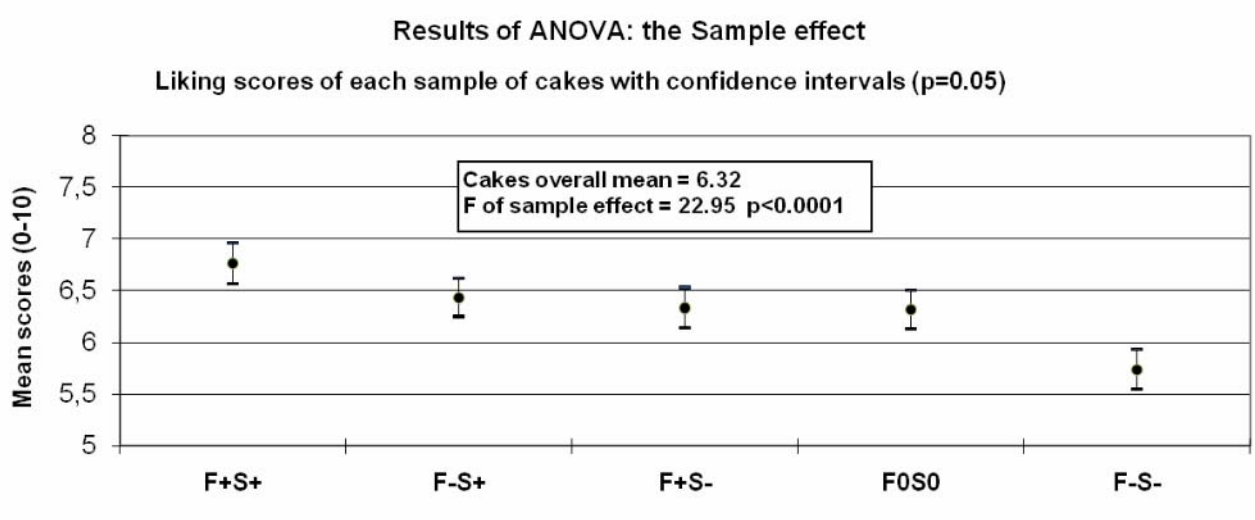


Figure 4 : Moyennes et intervalles de confiance (p=0.05) des notes de préférence pour 5 cakes expérimentaux variant selon leur niveau faible (-), médian (0) ou fort (+) en gras (F) et en sucre (S). Fête de la Science 2008, 696 consommateurs âgés de 7 à 80 ans.

Enfin, une étude de ces mêmes données sur les cakes par tranche d'âge, rendue possible grâce au grand nombre de sujets, a permis de montrer que les résultats qui viennent d'être présentés sont valables pour toutes les tranches d'âge sauf les enfants de 7 à 10 ans et les séniors (ici définis comme âgés de plus de 50 ans), catégories d'âge pour lesquelles les différence de préférence entre les 5 produits étaient non significatives.

On retiendra de ces deux études sur les biscuits et gâteaux que la préférence vis-à-vis du gras dépend de manière plus ou moins directe de la teneur en sucre des produits. Les deux caractéristiques sensorielles ont manifestement une valence hédonique et l'augmentation de l'une peut compenser la diminution de l'autre. Toutefois, modifier la teneur en gras d'un biscuit modifie sa texture et finalement on ne sait pas très bien si c'est cette modification de texture qui est avant tout perçue par le consommateur plutôt que directement celle du gras. Pour répondre à cette question, il nous manque une définition de la sensation de gras et un outil unique pour la mesurer dans tout type de produit.

Définir et mesurer la sensation de gras

En 2009, les visiteurs de l'opération Fête de la Science au CESG ont eu aussi à répondre à un petit questionnaire afin de mieux comprendre leur représentation de la notion de gras. La Figure 5 donne les proportions par tranche d'âge de l'association entre quelques aliments et la notion d'être « très gras ». Il est frappant de constater les défauts de connaissance des aliments gras chez les enfants. En effet, un tiers seulement des enfants de moins de 9 ans considère que la mayonnaise et la crème fraîche sont des aliments très gras. Un quart seulement des enfants de moins de 11 ans considère que le fromage est un aliment très gras, alors qu'ils sont la moitié à considérer que le ketchup en est un. Ce dernier point suggère une confusion entre sucre et gras dans l'esprit des enfants, certainement entretenue par un discours nutritionnel ambiant mal compris associant les deux sensations et stigmatisant certains aliments comme le ketchup.

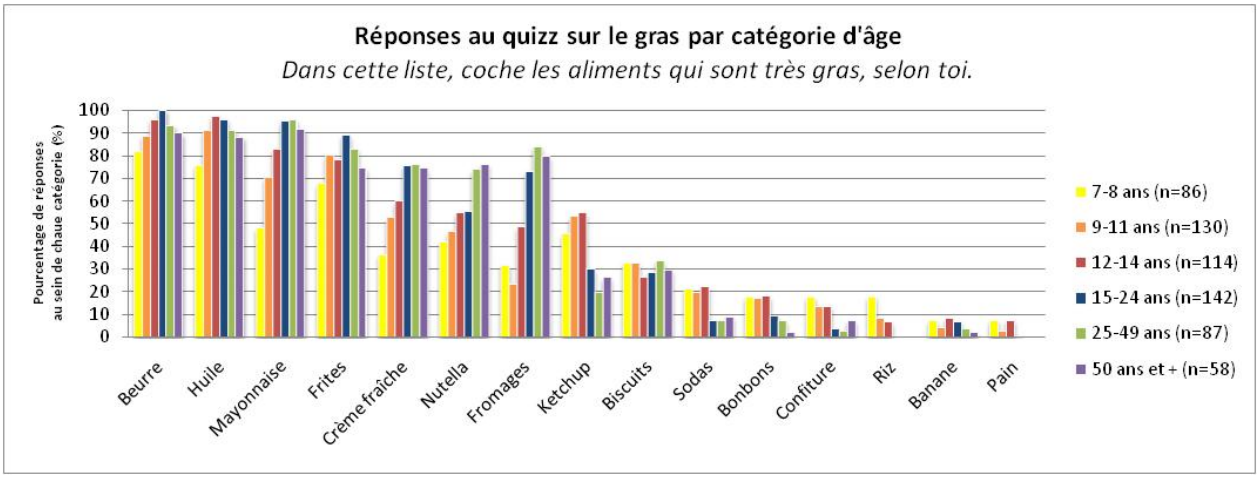


Figure 5 : Association entre aliments et gras selon l'âge des sujets. Fête de la Science 2009, 617 consommateurs âgés de 7 à 90 ans.

Enfin, les sujets avaient à répondre de manière libre à la question ouverte « Pour moi, un produit gras c'est… ». Après lecture et analyse de ces verbatims, 18 catégories de réponse ont été définies et chaque verbatim classé dans une ou plusieurs de ces catégories. La Figure 6 donne la répartition des enfants par tranche d'âge dans les 18 catégories de réponse. Il est clair que les enfants de 7 à 8 ans ne savent pas trop répondre, ou alors associent juste le gras à des propriétés texturales, ou encore l'identifient à certains aliments. Avec l'âge, on voit apparaître une prépondérance de la caractérisation du gras par des notions nutritionnelles qui deviennent franchement majoritaires chez les adolescents.

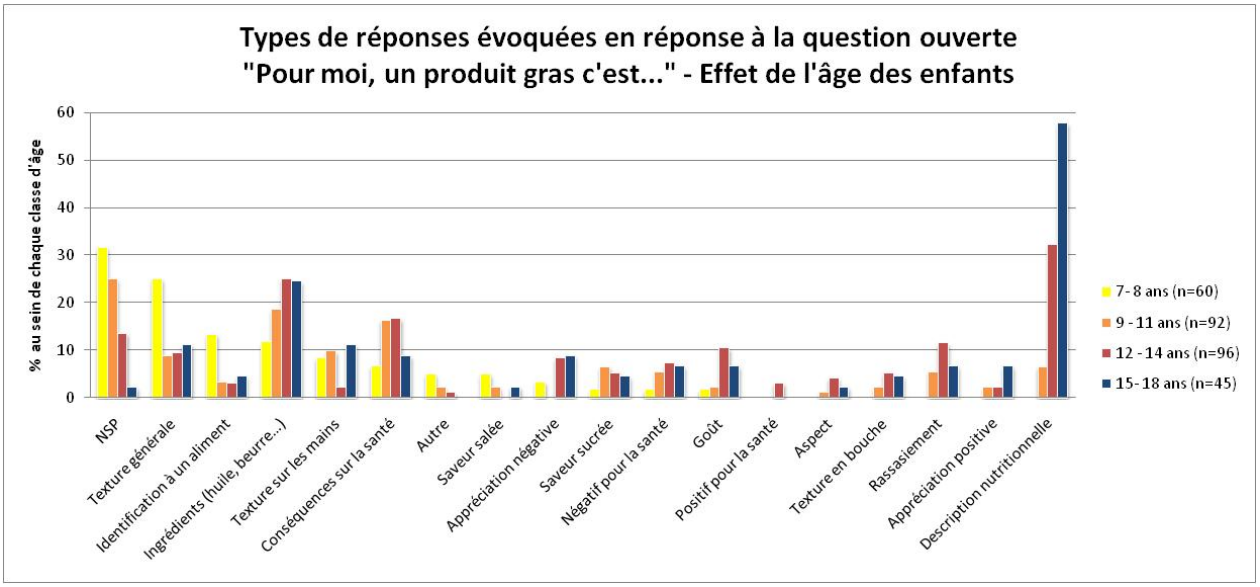


Figure 6 : Définition libre d'un produit gras selon l'âge des enfants. Fête de la Science 2009, 293 enfants âgés de 7 à 18 ans.

Dans le cadre du projet EpiPref (Programme ANR ALIA, 2008), un travail est actuellement en cours afin d'essayer d'objectiver la mesure de la sensation de gras perçue à la dégustation.

Dans un premier temps, des discussions collectives ont été menées afin de décrire précisément la sensation de gras. Selon les sujets, il a été fait référence :

- à l'impression de douceur,

- au tapissage de la cavité buccale plus ou moins immédiat et progressif selon la nature liquide ou solide des produits,
- à la perception d'un film lipidique tapissant l'ensemble de la cavité buccale particulièrement perceptible après déglutition,
- au pâteux (beurre de cacahuète),
- au comportement rhéologique du produit en bouche (épaisseur ou onctuosité),
- aux sensations évolutives au cours de la mastication : état de déstructuration du produit et réchauffement du produit,
- à la sensation de gras intense associée, après déglutition, à une irritation de l'arrière de la cavité buccale (entrée de la gorge) et/ou à une impression de collant (ensemble de la cavité buccale)

On peut donc dire qu'il n'existait pas chez nos panélistes une définition consensuelle de la sensation de gras. Nous pensons que cette sensation complexe est par essence multidimensionnelle et qu'elle repose probablement sur l'intégration de plusieurs modalités sensorielles. Parmi elles, on peut citer des sensations liées à l'état initial du produit (solide, liquide, semi-liquide), à ses propriétés de surface (douceur), au tapissage en bouche qu'il procure, mais aussi à la perception de ses propriétés rhéologiques telles que la fluidité lors de la mastication et de la déglutition, son onctuosité, son caractère collant ou pâteux et enfin à des sensations trigéminales telles que l'irritant. De plus, la température influence aussi la perception du gras. Compte tenu de son caractère dynamique, la sensation de gras ne peut être évaluée qu'après un cycle complet de consommation d'un produit : mise en bouche, mastication ou déplacement en bouche, déglutition. Enfin, il n'est pas impossible que les panélistes, malgré leur entraînement, puissent être influencés par la présence dans le produit de notes olfactives associées au gras (fumé par exemple).

Toutes ces considérations nous ont conduits à abandonner l'idée d'une référence unique pour la définition d'une échelle de gras en évaluation sensorielle. Nous nous sommes alors tournés vers la technique des échelles de type Spectrum™ qui consiste à présenter plusieurs références pour différentes parties de l'échelle continue. Alors que ces échelles utilisent traditionnellement un même composé à différentes concentrations pour définir les différentes références, nous avons opté pour un système différent pour le gras. En effet, aucune matière grasse ou aucun aliment seul n'aurait pu restituer la complexité des situations de perception du gras. Ainsi, notre échelle (0-10) présentée en Figure 7 utilise au contraire 7 aliments différents en guise de référence.

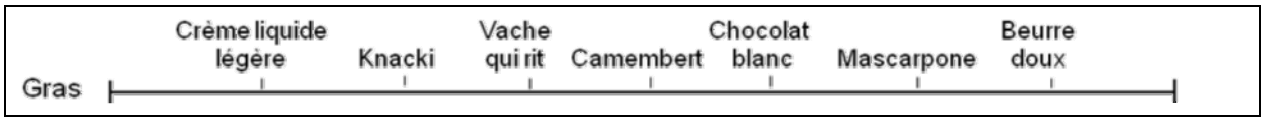


Figure 7 : Nouvelle échelle continue pour la notation de l'intensité de la sensation de gras dans tout type de produit basée sur le positionnement *a priori* de 7 références constituées par 7 aliments

Un panel de 12 sujets a alors été entraîné au cours de 37 séances de 1h30 chacune à l'utilisation de cette échelle, ainsi que des échelles Spectrum™ des cinq saveurs, pour tout type d'aliment. A l'issue de cet entraînement, il leur a été demandé de noter les 5 saveurs et la sensation de gras pour les aliments qu'ils consomment chez eux. Les sujets sont libres de choisir le nombre et la nature des aliments qu'ils notent. La restitution des scores se fait via une interface internet conviviale qui nous a permis d'accumuler après 8 mois les données dont un exemple est présenté en Figure 8. On observe qu'il existe bien une variabilité entre les intensités de gras perçues dans les 650 aliments différents évalués, mais que la distribution des intensités est décentrée, et que l'intensité moyenne sur l'échelle Spectrum est de 2 environ.

On voit également qu'en moyenne chaque sujet a réalisé l'exercice du profil d'un aliment 459 fois, ce qui correspond presque à deux aliments profilés par jour. Ce système de « profil sensoriel à domicile » est original et ouvre de nombreuses perspectives à l'analyse sensorielle. Pour l'heure, nous comptons poursuivre ce système avec ce même panel encore quatre autres mois afin d'obtenir un échantillonnage d'aliments suffisant pour l'utilisation que le projet EpiPref compte faire de ces données.

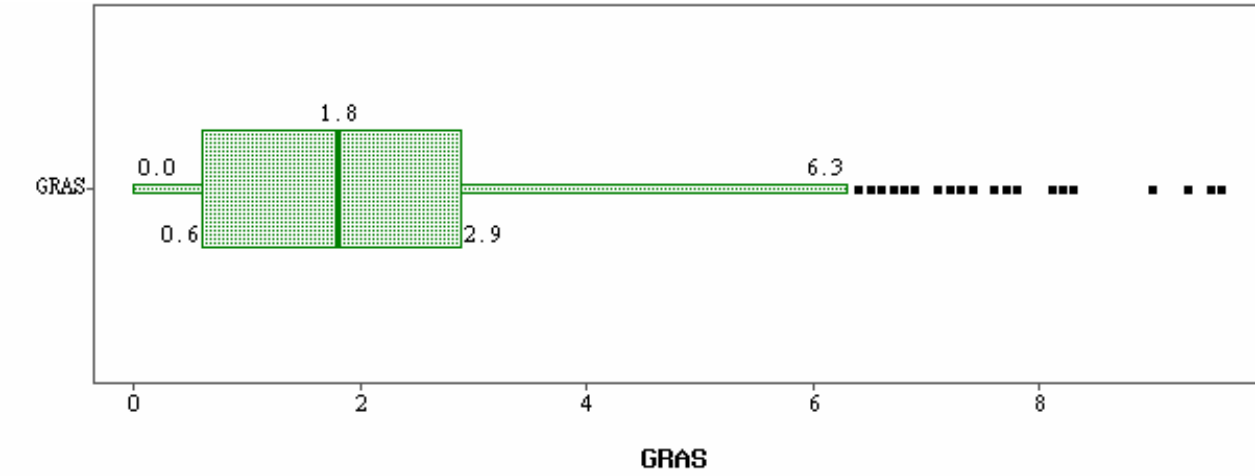


Figure 8 : Distribution du gras perçu dans 650 aliments par 12 sujets ayant effectué un total de 5507 évaluations à l'aide de l'échelle de la Figure 7

En l'occurrence, il s'agira de calculer pour chaque sujet de la cohorte EpiPref un score d'exposition sensorielle à chacune des sensations de gras, de salé et de sucré. Chacun de ces 3 scores individuels sera calculé en additionnant l'exposition sensorielle apportée par chaque aliment du répertoire alimentaire du sujet. Cette contribution sera obtenue en multipliant la fréquence de consommation de cet aliment par son score sensoriel obtenu par notre panel entraîné. Ce calcul sera effectué sur 500 sujets de la cohorte EpiPref pour lesquels nous disposerons du répertoire alimentaire assorti des fréquences de consommation. Comme ces sujets seront pour la plupart aussi des participants à l'étude Nutrinet-Santé (www.etude-nutrinet-sante.fr), nous pourrons mettre en relation leur exposition sensorielle au gras, au salé et au sucré à leur comportement alimentaire et par delà à leur état de santé et de bien-être.

Ce projet EpiPref vise aussi, et surtout, à concevoir des outils pour la mesure des préférences vis-à-vis des sensations de gras, de salé et de sucré. Toutefois, on a vu au fil des exemples développés dans cet article que ces préférences dépendent forcément du type de produit choisi pour les étudier. Ainsi, le projet EpiPref ambitionne de concevoir des outils qui couvriraient la variété de l'alimentation responsable des sensations de gras, de salé et de sucré. Pour ce faire, l'équipe EpiPref a entrepris la construction de deux outils radicalement différents : le premier est un questionnaire déclaratif alors que le second est une batterie de tests d'analyse sensorielle que nous allons maintenant décrire brièvement.

Un questionnaire de mesure de la préférence vis-à-vis des sensations de gras, de salé et de sucré

Ce questionnaire (Deglaire et al, 2010) se compose d'items de type différent dont quelques exemples sont donnés en Figure 9. Il comporte des items déclaratifs vis à vis de l'attirance que le sujet éprouve pour des aliments réputés salés, sucrés, gras-sucrés ou gras-salés, comme l'olive par exemple. Il comporte aussi des photos à partir desquelles le sujet va indiquer son niveau d'assaisonnement préféré en gras, salé ou sucré ; par exemple, la quantité de crème chantilly qu'il aime ajouter aux fraises en tant qu'indicateur de la préférence du gras. Il comporte des situations de choix dans un menu composé d'aliments à teneur faible ou au contraire forte en gras, salé ou sucré ; la Figure 9 indique en guise

d'exemple un choix à effectuer parmi 9 desserts dont 4 sont spécialement gras et sucrés. Enfin, il comporte des items de mise en situation de comportement typique d'une attirance pour le gras, le salé ou le sucré ; par exemple, on demande au sujet s'il met systématiquement la salière sur la table ou non.

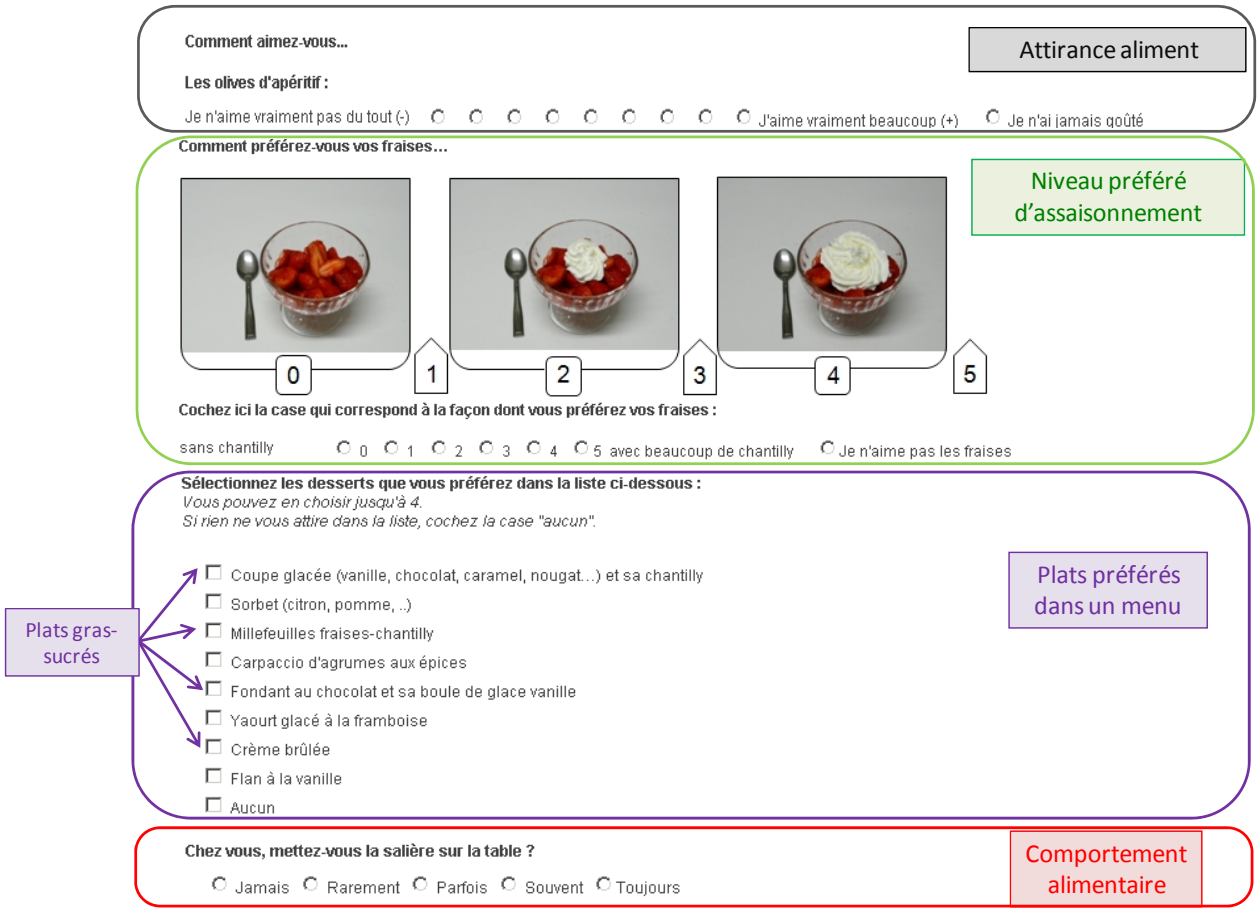


Figure 9 : Extrait du questionnaire EpiPref de mesure de la préférence vis-à-vis du gras, du salé et du sucré

Le Tableau 3 indique le nombre d'items finalement retenus pour chacune de ces catégories de questions. Au total, le questionnaire comporte finalement 142 items. De prime abord, cela peut paraître long ; toutefois, la variété de ces questions et la lisibilité de leur présentation informatisée ont fait que seuls 22% des 198 participants à un pré-test de ce questionnaire l'ont effectivement trouvé trop long. 1% seulement d'entre eux l'ont trouvé trop difficile à renseigner et enfin 6% seulement d'entre eux l'ont trouvé ennuyeux à remplir. 146 sujets parmi eux l'ont rempli une seconde fois à 24 jours d'intervalle en moyenne (écart-type de 3 jours) ; ceci a permis d'établir la validité interne du questionnaire dans la mesure où le coefficient de corrélation intra-classe entre le test et sa répétition a été de 0.93.

Ce questionnaire a ensuite été administré à 47 803 sujets de la cohorte de l'étude Nutrinet-Santé (aussi appelés « nutrinautes ») entre mars et juillet 2010. L'analyse de ce grand corpus de données a été réalisée sensation par sensation à l'aide de méthodes de modélisation par équations structurelles (méthodes de type LISREL) dans le logiciel SAS (procédure CALIS). Il est hors de propos de rentrer ici dans le détail de ces analyses et de leurs résultats qui sont en cours de publication ou même seulement de rédaction pour certains.

Nous allons juste donner quelques résultats préliminaires afin d'illustrer l'intérêt de l'approche méthodologique du projet EpiPref. En ce qui concerne le gras, nous avons étudié séparément les items reliés au gras dans des aliments sucrés et ceux reliés au gras dans des aliments salés. Pour chacune de ces deux situations, nous avons conclu qu'il convenait de séparer deux dimensions essentielles dans l'attirance vis-à-vis du gras selon qu'il s'agisse de gras que l'on rajoute à l'aliment ou de gras se

trouvant intrinsèquement dans l'aliment ; schématiquement, la première situation correspond davantage à un comportement d'ajout de gras, alors que la seconde renvoie plutôt à une préférence sensorielle pour des produits intrinsèquement gras. Ainsi, pour chaque sujet, nous avons pu définir grâce aux analyses statistiques évoquées ci-dessus 4 scores d'attirance vis-à-vis du gras selon qu'il se trouve dans un milieu sucré ou salé et selon qu'il s'agisse d'un comportement d'ajout ou d'une préférence sensorielle. La Figure 10 donne les distributions de ces 4 scores qui, par construction, sont compris entre 0 et 1.

Sensation	Type de Question				*Total*
	Attirance Aliment	Niveau préféré d'assaisonnement	Plats préférés dans un menu	Comportement Alimentaire	
Gras-Sucré	22	10	3	4	*39*
Sucré	20	9	3	4	*36*
Gras-Salé	31	13	3	3	*50*
Salé	0	9	2	6	*17*
Total	*73*	*40*	*11*	*17*	*142*

Tableau 3 : Nombre d'items du questionnaire de préférence EpiPref

Les distributions des « ajouts » sont décentrées à gauche dénotant une plus faible représentation de sujets ajoutant systématiquement ou beaucoup de matière grasse, alors que les distributions « intra » sont quant à elles presque normales. Pour ces quatre distributions, il apparaît une assez forte diversité de notre population, ce qui n'était pas assuré au départ. Il existe donc bien une hétérogénéité des préférences vis-à-vis du gras qu'il convient de comprendre.

Dans ce sens, nous donnons juste en Figures 11, 12 et 13 les répartitions des scores d'attirance vis-à-vis du gras, mais aussi du sucré et du salé selon le sexe des sujets, leur âge et leur statut pondéral. Etant donné le grand nombre de degrés de liberté, les intervalles de confiance deviennent très petits et les effets sont très vite significatifs. Toutefois, nous avons cerclé sur ces Figures les effets dont la taille nous semblait suffisante pour pouvoir être considérés comme fiables. Il apparaît ainsi que les femmes aimeraient moins le gras-salé sous ses deux formes (ajout et intra) et aimeraient moins l'ajout sucré et l'ajout gras-sucré que les hommes (6 à 15% de valeur d'indice en moins). Quant à l'attirance pour le sucré, le gras-sucré et le gras-salé, elle diminuerait avec l'âge de manière conséquente (10 à 37 % de valeur d'indice en moins). Enfin, l'attirance pour l'ajout de gras-sucré et pour le gras-salé sous ces deux formes augmente avec l'indice de masse corporelle de manière conséquente (15 à 30 % de valeur d'indice en plus). Il est notable de remarquer qu'en l'absence de gras, il n'y a pas d'effet du statut pondéral sur la préférence vis-à-vis du sucré et quasiment pas vis-à-vis du salé. Ainsi, pour la population en surpoids, l'hypothèse d'une attirance plus forte pour la sensation de gras est confirmée par nos données.

Ces premiers résultats obtenus grâce à ce questionnaire sont très encourageants. La stratégie du projet EpiPref va maintenant consister à les comparer à ceux obtenus à partir d'un autre outil créé dans le cadre de ce projet et qui est l'objet du chapitre suivant.

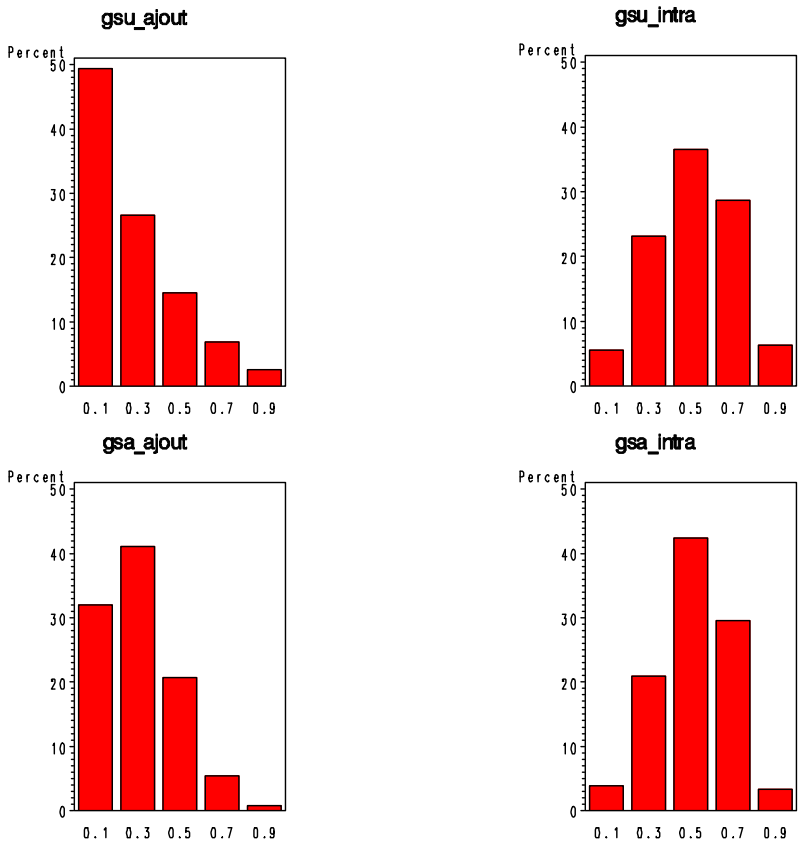


Figure 10 : Distribution des scores d'attirance vis-à-vis du gras-sucré (gsu) et du gras-salé (gsa) en mode d'ajout ou intra-produit. Questionnaire EpiPref administré à 47803 nutrinautes.

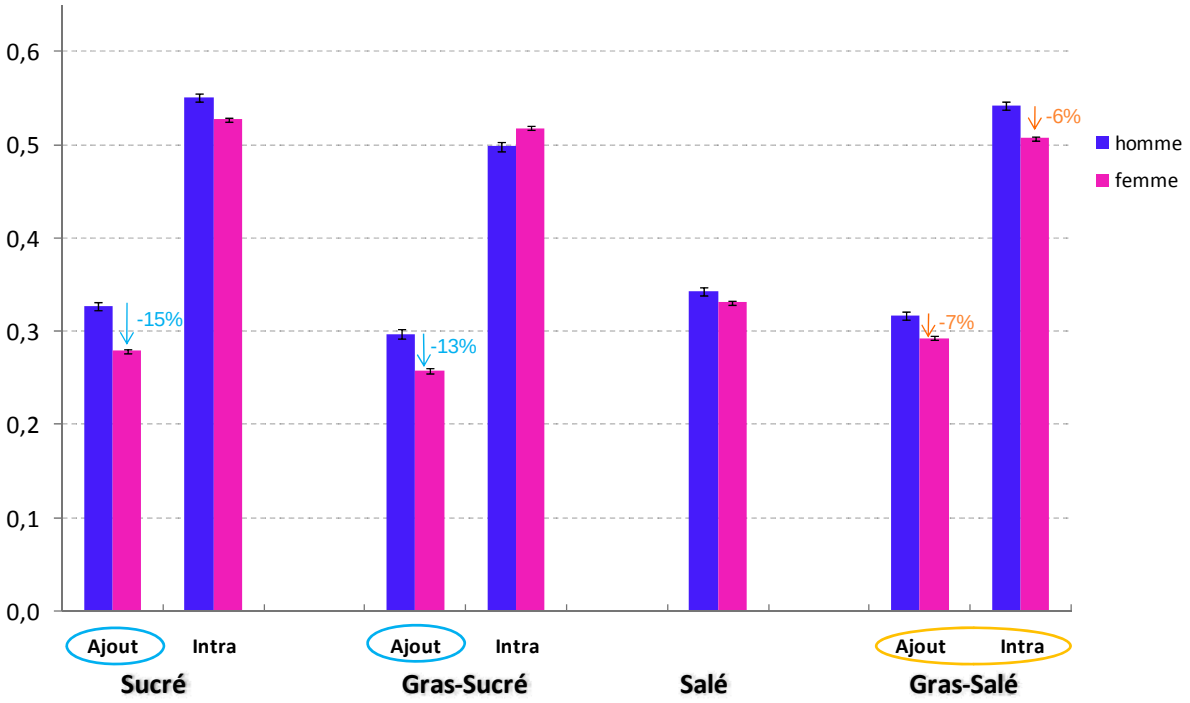


Figure 11 : Moyennes et intervalles de confiance (p=0.05) des scores EpiPref par genre de 47 803 nutrinautes

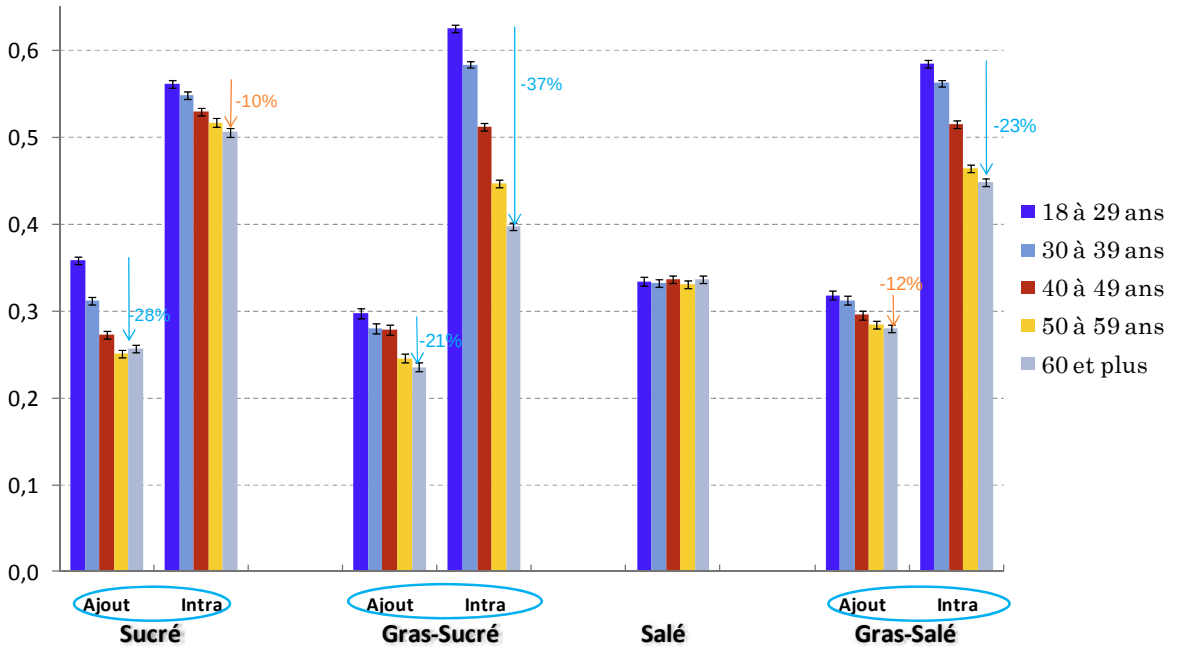


Figure 12 : Moyennes et intervalles de confiance (p=0.05) des scores EpiPref par tranche d'âge de 47 803 nutrinautes

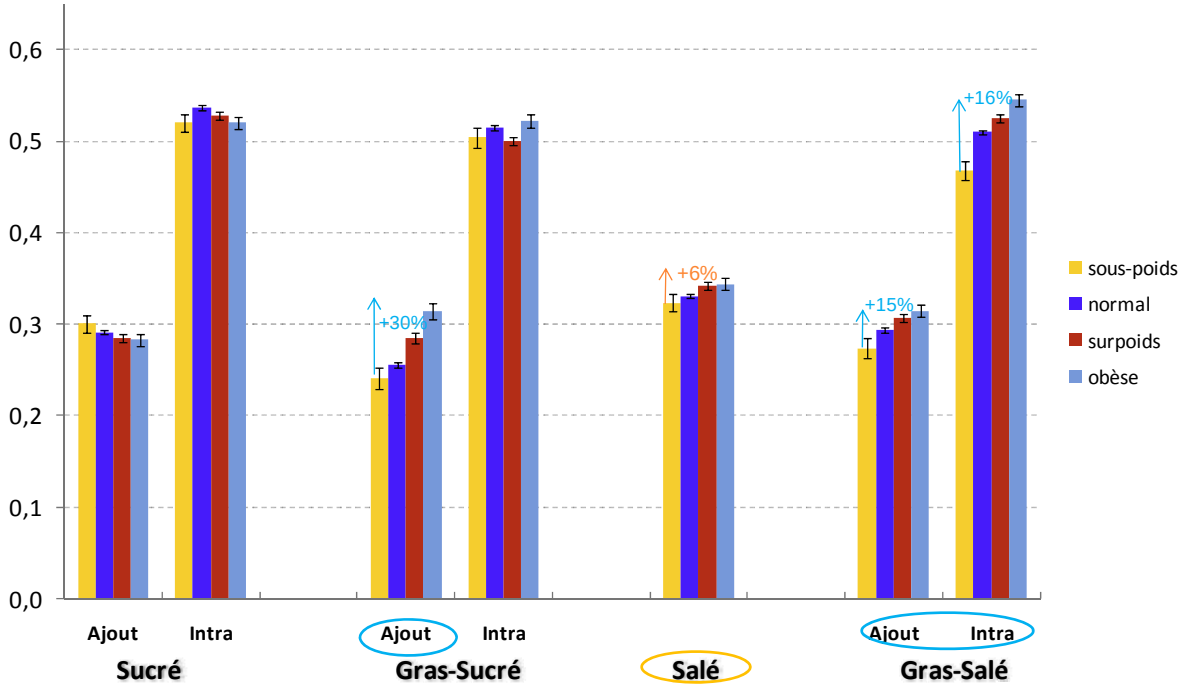


Figure 13 : Moyennes et intervalles de confiance (p=0.05) des scores EpiPref par statut pondéral de 47 803 nutrinautes

Une batterie de tests d'analyse sensorielle de mesure de la préférence vis-à-vis des sensations de gras, de salé et de sucré

Le principe de ces tests consiste à faire varier la concentration en gras, ou en sel ou en sucre dans un même produit à 5 niveaux différents, le niveau médian étant attendu comme le mode de la distribution des préférences des consommateurs. Au total, 144 gammes de 5 variantes ont été élaborées et pré-testées dans notre laboratoire, elles représentaient au total 69 produits différents. Finalement, 32 gammes (Tableau 4) ont été retenues dans la batterie finale : 10 gammes pour le gras, 10 gammes pour le salé et 12 gammes pour le sucré. Cette sélection a été réalisée grâce à des pré-tests des 144 gammes effectués en général avec une soixantaine de sujets.

séance 1	séance 2	séance 3	séance 4	séance 5	séance 6
Macédoine légumes	Fondue de poireaux	Thon mayonnaise	Turban de saumon	Soupe	Cakes épinards
Flan brocolis	Purée de pomme de terre	Sauce bolognaise et pâtes	Purée de lentilles	Purée pomme de terre	Béchamel et courgettes
Polenta		Purée carotte	Béchamel et courgettes	Haricots verts	Polenta
Compote	Chantilly	Jus d'orange	Sirop fraise	Corn flakes et lait	Fromage Blanc
Tisanes	Gâteau Amandes	Cakes sucrés	Fromage Blanc	Cakes sucrés	Thé nature
	Milk shake			Chocolat à t° ambiante	Crème dessert chocolat

Tableau 4 : Composition de la batterie de tests d'analyse sensorielle EpiPref constituée de 6 séances de 5 ou 6 gammes de produits, chaque gamme étant elle-même un ensemble de 5 concentrations de gras (cases jaunes), ou de sel (cases bleues) ou de sucre (cases roses) dans le même produit.

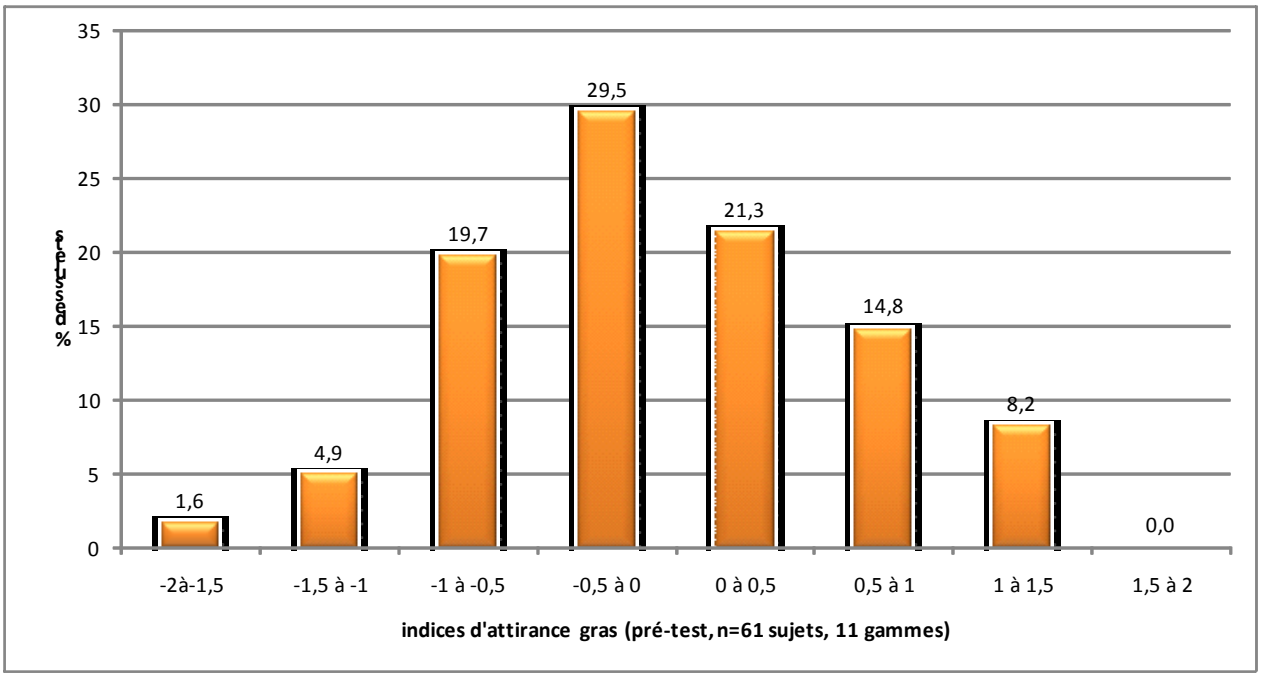


Figure 14 : Distribution des indices EpiPref de préférence pour le gras sur la base d'un pré-test comportant 61 sujets et 11 gammes de gras

Les données de ces pré-tests ont été traitées par des régressions quadratiques individuelles permettant de définir pour chaque sujet et chaque gamme le niveau de gras, sel ou sucre optimal pour ce sujet. En

moyennant ces niveaux optimaux (chacun exprimé entre -2 et +2) et en pondérant cette moyenne par les R^2 des régressions quadratiques, on obtient pour chaque sujet un niveau optimal de gras, sel et sucre lui aussi exprimé entre -2 et +2. La Figure 14 donne la distribution de ces indices de préférence du gras ainsi calculés sur la base d'un pré-test comportant 61 sujets et 11 gammes de gras ; cette distribution semble relativement gaussienne avec une bonne variabilité qui, comme avec le questionnaire, semble suggérer que les préférences vis-à-vis du gras sont bien hétérogènes dans la population.

Conclusion et perspectives

Nous retiendrons de la diversité de ces résultats que la préférence pour le gras semble plus liée aux attentes du consommateur et à la perception sensorielle du gras qu'à la teneur en lipides.

La réduction de gras est parfois possible sans diminuer l'acceptabilité du consommateur, mais elle doit être accompagnée de mesures compensatrices, lesquelles modifient certainement la perception de l'ensemble des caractéristiques sensorielles du produit. On sait notamment que faire varier la teneur en gras d'un biscuit modifie sa texture et il est difficile de savoir si c'est cette modification de texture qui est avant tout perçue par le consommateur plutôt que directement celle du gras.

Par ailleurs, dans le domaine des biscuits par exemple, la perception du gras semble indissociable de la perception du sucré. Ces deux caractéristiques sensorielles ont manifestement une valence hédonique et l'augmentation de l'une peut compenser la diminution de l'autre. Il faut donc faire en sorte que l'on perçoive le plus possible le gras et le sucre tout en réduisant au maximum les teneurs en nutriments correspondants.

La création d'un questionnaire de mesure de la préférence vis-à-vis des sensations de gras, de salé et de sucré a montré des premiers résultats très encourageants. Il existe bien une hétérogénéité des préférences vis-à-vis du gras. Ainsi, par exemple, pour la population en surpoids, l'hypothèse d'une attirance plus forte pour la sensation de gras est confirmée par nos données.

Les résultats de ce questionnaire doivent maintenant être comparés à ceux obtenus grâce à une batterie de tests d'analyse sensorielle de mesure de la préférence vis-à-vis du gras, du salé ou du sucré. Toutefois, au contraire du questionnaire, nous ne disposons pas pour le moment de suffisamment de données pour pouvoir pousser plus loin l'interprétation de cette variabilité. En 2011, environ 500 sujets principalement issus de la cohorte Nutrinet passeront cette batterie de tests. On pourra alors comparer objectivement les informations apportées par le questionnaire avec celles fournies par cette batterie de tests d'analyse sensorielle.

Références bibliographiques

Abumrad N.A., 2005. CD36 may determine our desire for dietary fats. Journal of Clinical Investigation, 115(11), 2965-2967.

Aitken R.C., 1969. Measurement of feelings using visual analogue scales. Proceedings of the Royal Society of Medicine, 62(10), 989-993.

Berridge K.C. 2009. 'Liking' and 'wanting' food rewards: brain substrates and roles in eating disorders. Physiology & Behavior, 97(5), 537-550.

Biguzzi C., Urbano C., Schlich P., 2010. Relating biscuit preference to expectation and perception of fat and sweetness. The 4th Conference on Sensory and Consumer Research A sense of Quality, Vitoria-Gasteiz (ESP), September 5th-8th, 2010.

Bowen D., Green P., Vizenor N., Vu C., Kreuter P., Rolls B., 2003. Effects of fat content on fat hedonics: cognition or taste? Physiology & Behavior, 78(2), 247-253.

Cooling J., Blundell J.E., 2001. High-fat and low-fat phenotypes: habitual eating of high- and low-fat foods not related to taste preference for fat. European Journal of Clinical Nutrition, 55(11), 1016-1021.

Cruickshanks K.J., Schubert C.R., Snyder D.J., Bartoshuk L.M., Huang G.H., Klein B.E.K., Klein R., Nieto E.J., Pankow J.S., Tweed T.S., Krantz E.M., Moy G.S., 2009. Measuring taste impairment in epidemiologic studies: the Beaver Dam Offspring Study. Annals of the New York Academy of Sciences, 1170, 543-552.

Crystal S., Frye C.A., Kanarek R.B., 1995. Taste preferences and sensory perceptions in female varsity swimmers. Appetite, 24(1), 25-36.

Deglaire A., Mejean C., Castetbon K., Kesse E., Urbano C., Hercberg S., Schlich P., 2010. Development and internal validation of a fat-, sweet- and salt-liking questionnaire. The 4th Conference on Sensory and Consumer Research A sense of Quality. Vitoria-Gasteiz (ESP), September 5th-8th, 2010.

Drewnowski A., Greenwood M.R., 1983. Cream and sugar: human preferences for high-fat foods. Physiology & Behavior, 30(4), 629-633.

Drewnowski A., Hann C., Henderson S.A., Gorenflo D., 2000. Both food preferences and food frequency scores predict fat intakes of women with breast cancer. Journal of the American Dietetic Association, 100(11), 1325-1333.

Drewnowski A., Shrager E.E., Lipsky C., Stellar E., Greenwood M.R.C., 1989. Sugar and fat: sensory and hedonic evaluation of liquid and solid foods. Physiology & Behavior, 45(1), 177-183.

Duffy V.B., Bartoshuk L.M., 2000. Food acceptance and genetic variation in taste. Journal of the American Dietetic Association, 100(6), 647-655.

Duffy V.B., Hayes J.E., Sullivan B.S., Faghri P., 2009. Surveying food and beverage liking: a tool for epidemiological studies to connect chemosensation with health outcomes. Annals of the New York Academy of Sciences, 1170(1), 558-568.

Duffy V.B., Lanier S.A., Hutchins H.L., Pescatello L.S., Johnson M.K., Bartoshuk L.M., 2007. Food preference questionnaire as a screening tool for assessing dietary risk of cardiovascular disease within health risk appraisals. Journal of the American Dietetic Association, 107(2), 237-245.

Engell D., Bordi P., Borja M., Lambert C., Rolls B., 1998. Effects of information about fat content on food preferences in pre-adolescent children. Appetite, 30(3), 269-282.

Finlayson G., King N., Blundell J.E., 2007. Liking vs. wanting food: importance for human appetite control and weight regulation. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 31(7), 987-1002.

Glanz K., Basil M., Maibach E., Goldberg J., Snyder D., 1998. Why Americans eat what they do: taste, nutrition, cost, convenience, and weight control concerns as influences on food consumption. Journal of the American Dietetic Association, 98(10), 1118-1126.

Geiselman P.J., Anderson A.M., Dowdy M.L., West D.B., Redmann S.M., Smith S.R., 1998. Reliability and validity of a macronutrient self-selection paradigm and a food preference questionnaire. Physiology & Behavior, 63(5), 919-928.

Guinard J.X., Sechevich P.J., Meaker K., Jonnalagadda S.S., Kris-Etherton P., 1999. Sensory responses to fat are not affected by varying dietary energy intake from fat and saturated fat over ranges common in the American diet. Journal of the American Dietetic Association, 99(6), 690-696.

Hayes J.E., Duffy V.B., 2008. Oral sensory phenotype identifies level of sugar and fat required for maximal liking. Physiology & Behavior, 95(1-2), 77-87.

Hein K.A., Jaeger S.R., Tom Carr B., Delahunty C.M., 2008. Comparison of five common acceptance and preference methods. Food Quality and Preference, 19(7), 651-661.

Jones L.V., Peryam D.R., Thurstone L.L., 1955. Development of a scale for measuring soldiers' food preferences. Food Research, 20, 512-520.

Kadohisa M., Verhagen J.V., Rolls E.T., 2005. The primate amygdala: neuronal representations of the viscosity, fat texture, temperature, grittiness and taste of foods. Neuroscience, 132(1), 33-48.

Kanarek R.B., Ryu M., Przypek J., 1995. Preferences for foods with varying levels of salt and fat differ as a function of dietary restraint and exercise but not menstrual cycle. Physiology & Behavior, 57(5), 821-826.

Keskitalo K., Tuorila H., Spector T.D., Cherkas L.F., Knaapila A., Kaprio J., et al., 2008. The Three-Factor Eating Questionnaire, body mass index, and responses to sweet and salty fatty foods: a twin study of genetic and environmental associations. American Journal of Clinical Nutrition, 88(2), 263-271.

Khan N.A., Besnard P., 2008. Oro-sensory perception of dietary lipids: new insights into the fat taste transduction. Biochimica et Biophysica Acta - Molecular and Cell Biology of Lipids, 1791(3), 149-155.

Lahteenmaki L., Tuorila H., 1995. Three-factor eating questionnaire and the use and liking of sweet and fat among dieters. Physiology & Behavior, 57(1), 81-88.

Laugerette F., Passilly-Degrace P., Patris B., Niot I., Febbraio M., Montmayeur J. P., et al., 2005. CD36 involvement in orosensory detection of dietary lipids, spontaneous fat preference, and digestive secretions. Journal of Clinical Investigation, 115(11), 3177-3184.

Lawless H.T., Popper R., Kroll B.J., 2010. A comparison of the labeled magnitude (LAM) scale, an 11-point category scale and the traditional 9-point hedonic scale. Food Quality and Preference, 21(1), 4-12.

Ledikwe J.H., Ello-Martin J., Pelkman C.L., Birch L.L., Mannino M.L., Rolls B.J., 2007. A reliable, valid questionnaire indicates that preference for dietary fat declines when following a reduced-fat diet. Appetite, 49(1), 74-83.

Mattes R.D., 1993. Fat preference and adherence to a reduced-fat diet. American Journal of Clinical Nutrition, 57(3), 373-381.

Mela D.J., 1990. Sensory preferences for fats: what, who, why? Food Quality and Preference, 2(2), 95-101.

Mela D.J., 2001. Why do we like what we like? Journal of the Science of Food and Agriculture, 81(1), 10-16.

Mela D.J., Marshall R.J., 1991. Sensory properties and perceptions of fats. In D. J. Mela (Ed.), Dietary fats: determinants of preference, selection and consumption (pp. 27-41). New York: Elsevier Applied Science.

Ministère de la santé et des solidarités, 2006. Deuxième Programme National Nutrition Santé. Actions et mesures. 2006-2010. Paris.

Monneuse M.O., Bellisle F., Louis-Sylvestre J., 1991. Impact of sex and age on sensory evaluation of sugar and fat in dairy products. Physiology & Behavior, 50(6), 1111-1117.

Monneuse M.O., Rigal N., Frelut M.L., Hladik C.M., Simmen B., Pasquet P., 2008. Taste acuity of obese adolescents and changes in food neophobia and food preferences during a weight reduction session. Appetite, 50(2-3), 302-307.

Muñoz A.M., Civille G.V., 1992. The Spectrum descriptive analysis method. Descripting analysis testing. R. C. Hootman. Philadelphia, ASTM. ASTM MNL 13: 22-34.

Peryam D.R., 1989. Reflections. In Sensory evaluation: in celebration of our beginnings (pp. 21-30). Conshohocken, PA: ASTM International.

Peryam D., Pilgrim F.J., 1957. Hedonic scale method of measuring food preference. Food technology, 11(9), 9-14.

Raynor H.A., Polley B.A., Wing R.R., Jeffery R.W., 2004. Is dietary fat intake related to liking or household availability of high- and low-fat foods? Obesity Research, 12(5), 816-823.

Ricketts C.D., 1997. Fat preferences, dietary fat intake and body composition in children. European Journal of Clinical Nutrition, 51(11), 778-781.

Rolls E.T., 2008. Functions of the orbitofrontal and pregenual cingulate cortex in taste, olfaction, appetite and emotion. Acta Physiologica Hungarica, 95(2), 131-164.

Rozin P., 1990. Development in the food domain. Developmental Psychology, 26(4), 555-562.

Schiffman S.S., Graham B.G., Sattely-Miller E.A., Warwick Z.S., 1998. Orosensory perception of dietary fat. Current Directions in Psychological Science, 7(5), 137-143.

Schutz H.G., Cardello A.V., 2001. A labeled affective magnitude (LAM) scale for assessing food liking/disliking. Journal of Sensory Studies, 16(2), 117-159.

Verhagen J.V., Kadohisa M., Rolls E.T., 2004. Primate insular/opercular taste cortex: neuronal representations of the viscosity, fat texture, grittiness, temperature, and taste of foods. Journal of Neurophysiology, 92(3), 1685-1699.

WHO/FAO, 2003. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation. (WHO Technical Report Series No. 916). Geneva: World Health Organization.