UNIVERSITÉ DE BOURGOGNE FRANCHE-COMTÉ

École Doctorale Environnements Santé n°554

Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation
(UMR 6265 CNRS - UMR 1324 INRA - UBFC - AgroSup Dijon)

THÈSE DE DOCTORAT

THÈSE

Pour l'obtention du grade de

Docteur de l'Université de Bourgogne Franche-Comté

Discipline : Sciences de l'Alimentation

ANALYSE SENSORIELLE TEMPORELLE DESCRIPTIVE ET HÉDONIQUE

Présentée et soutenue publiquement le 09 décembre 2016 par
Arnaud THOMAS

Directeur de thèse : Pascal Schlich

Devant le jury :

Mme. Catherine DACREMONT, Professeure, AgroSup, Dijon, France ..... **Présidente**
Mme. Gerry JAGER, Professeure, WUR, Wageningue, Pays-Bas ..... **Rapportrice**
M. Erminio MONTELEONE, Professeur, UniFI, Florence, Italie ..... **Rapporteur**
M. Philippe COURCOUX, Maître de Conférences, ONIRIS, Nantes, France..... **Examinateur**
M. Julien DELARUE, Maître de Conférences, AgroParisTech, Paris, France..... **Examinateur**
M. Pascal SCHLICH, Directeur de Recherche, INRA, Dijon, France ..... **Directeur de thèse**

“Le courage ce n'est pas d'avoir la force de continuer,
c'est de continuer quand vous n'avez pas la force.”
Theodore Roosevelt

RÉSUMÉ

Au cours de ces dernières années, plusieurs méthodes d'évaluation sensorielle dites « rapides » ont été développées dans le but de recueillir une caractérisation sensorielle d'un produit directement auprès du consommateur. Cette thèse s'inscrit dans cette mouvance en proposant la méthode des Déterminants Temporels du *Liking* (DTL) qui consiste à coupler la Dominance Temporelle des Sensations (DTS) à un suivi temporel de l'appréciation hédonique. Cette méthode permet d'identifier les déterminants sensoriels des préférences des consommateurs, et surtout dans quelles mesures leur temporalité impacte la dynamique de ces préférences. La méthode introduit le nouveau concept de « *Liking While Dominant* », consistant à calculer la note moyenne de *liking* pendant la dominance d'un descripteur dans un produit afin de quantifier son écart à la moyenne du *liking* de ce produit. La significativité et le signe de cet écart permettent de lister les déterminants sensoriels positifs et négatifs du *liking*.

L'échelle de temporalité étudiée peut aussi bien être la prise (gorgée, bouchée…) que la succession de plusieurs prises du même produit constituant la consommation de tout ou partie de la portion. Dans le second cas, il est possible d'interroger de manière répétée le consommateur sur d'autres aspects que le *liking*, comme par exemple le *wanting*, l'état de faim ou de soif… Les déterminants sensoriels temporels de ces autres aspects peuvent alors être étudiés. La méthode DTL a également été déployée hors du laboratoire d'analyse sensorielle afin de se placer en situation naturelle de consommation, par exemple à domicile. Le concept DTL a été adapté à un spectromètre de masse à transfert de proton dans lequel est injectée dynamiquement la fraction aromatique capturée dans la cavité nasale du sujet lors de la mastication d'un aliment. Il est alors possible d'obtenir une dynamique de la perception sensorielle ainsi que les cinétiques de relargage des composés aromatiques ; les secondes devant expliquer la première.

***Mots-clés** : Analyse sensorielle ; Consommateur ; Dominance Temporelle des Sensations (DTS) ; Liking dynamique*

ABSTRACT

Over the last years, so-called rapid methods for sensory evaluation have been developed to collect sensory description of products from consumers. Moving forward in this direction, this thesis proposes to pair Temporal Dominance of Sensations (TDS) with dynamic liking. This new method, named Temporal Drivers of Liking (TDL), highlights sensory drivers of consumer liking and determines how the dynamic perception can impact the hedonic response. This work proposes to compute the Liking While Dominant (LWD) score as the average liking scores given to a product while a given attribute was perceived as dominant and to look at its deviation from the mean liking score of this product. When significantly higher (resp. smaller) than 0, it denotes a positive (resp. negative) TDL.

TDL method can evaluate temporality within intake (bites, sips…) but also between successive intakes in order to study perception along the consumption of the full food. In this case, other parameters can be asked repeatedly to the consumers such as wanting, state of hunger or thirst… Temporal drivers of these other parameters can be computed in the same way than the TDL. The TDL method has also been deployed outside the sensory lab to place consumers in real-life conditions, for example at home. TDL concept has also been extended where subjects did TDS while the aromas released in their nose during mastication were simultaneously collected by a proton transfer reaction mass spectrometer. It makes it possible to collect simultaneously kinetics of sensory attributes and of active chemical compounds; the latter being expected to explain the former.

***Keywords:** Sensory analysis; Consumers; Temporal Dominance of Sensations (TDS); Dynamic liking*

REMERCIEMENTS

Mes premiers remerciements s'adressent à Pascal Schlich, mon directeur de thèse, qui m'a offert l'opportunité de réaliser cette fabuleuse aventure. Je tiens à le remercier pour sa confiance qui m'a continuellement porté vers l'avant durant cette thèse.
D'un point de vue plus personnel, je remercie Pascal pour avoir su me donner l'envie de m'aligner sur mon 1er marathon ; je n'oublierai pas les sorties aux aurores à Chicago et à Copenhague…

Je tiens à remercier Luc Pénicaud, directeur de l'Unité Mixte de Recherche « Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation (CSGA) » sur la période de mon doctorat, pour m'avoir accueilli au sein de l'UMR durant ce travail de thèse.

Mes sincères remerciements vont également à Laurent Brondel ainsi qu'à Sophie Meillon qui m'ont intéressé au monde de la recherche lors de mon stage de première année de Master.

Je souhaite remercier Gerry Jager ainsi qu'Erminio Monteleone d'avoir accepté de rapporter ce travail de thèse. Merci également à Catherine Dacremont, Philippe Courcoux ainsi que Julien Delarue d'avoir accepté de composer mon jury de thèse.

Je remercie aussi les membres de mon comité de thèse d'avoir accepté de suivre mes travaux pendant ces trois ans : El Mostafa Qannari et Julien Delarue.

Merci aux différents partenaires industriels des projets de recherche affiliés à cette thèse : Nutricia Research, l'European Sensory Network (ESN) avec la collaboration de FrieslandCampina, Ajinomoto Co. et Mondelēz International.

Merci à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à ce travail de thèse : Ben Lawlor, Annelies Van der Stelt, Marleen Chambault, Lise Dreyfuss, Robin Collignon, Chantal Gilbert, Adrienn Hegyi, Sven Henneberg, Andrea Knippertz, Eliza Kostyra, Stéphanie Kremer, Ana Patricia Silva, Maria João Monteiro, István Gábor, Mariska Nijenhuis-de Vries, Karine Miot, Pierre-Alexis François, Amélie Pecourt, Chinatsu Kasamatsu, Hiroya Kawasaki, Masahiko Nonaka, Sophie Vinoy, Aurélie Lesdéma, Marie-Christine Marcuz, Gautier Cesbron Lavau, Thibaut Bonemere, Cathy Kermarrec, David Labarre, Étienne Sémon et Jean-Luc Le Quéré.

Je tiens à remercier Mara et mon père pour leur relecture de cette thèse.

Je remercie également les personnes du CSGA sans qui les différentes expérimentations de cette thèse n'auraient pu être menées à leur terme : Betty, Sylvie, et Catherine. Je n'oublie pas non plus Bénédicte et Solène pour leur aide précieuse.

Merci à Jane, Pauline et Marine pour leur implication durant leur stage. Un merci spécial à Jane qui a accepté de revenir à la suite de son stage pour continuer à nous aider durant les expérimentations.

Un énorme merci au bureau TimeSens et en particulier à Simon et à Michel pour les nombreux bugs solutionnés.

J'en profite pour remercier l'équipe du secrétariat du CSGA pour toujours avoir répondu à mes questions les plus diverses.

Merci au petit millier de sujets ayant participé aux expérimentations sans qui ce travail de thèse n'aurait pu être mené. Une dédicace toute particulière au sujet PS0888 qui se reconnaitra certainement.

Un sincère merci à tous les membres de la plateforme pour leur accueil au sein de l'équipe et pour la chaleureuse ambiance qui règne ici : Christine, Sylvie, Anne-Laure, Catherine, Betty, Caroline L., Michel, et Pascal.

Merci aux électrons libres du couloir : Aude, Mitch et bien sûr mon Céd !

Merci à toutes les personnes que j'ai pu croiser au sein de la plateforme et plus particulièrement Florian, Bezeid, Vincent, Émilie, Guillaume et bien entendu Coco !

Un clin d'œil également à l'équipe SensoStat, ex-voisins de bureaux sachant partager un rire communicatif !

Il m'est impossible de ne pas remercier Caroline P. pour sa bonne humeur, sa patience, son humour et j'en passe. Partager cette expérience de thésard à ses côtés a vraiment été une chance ! Du CSGA à Stockholm en passant par Center Parc, ça a été la kiffitude !

Merci à toutes les personnes avec qui j'ai partagé le bureau: Marine P., Rachel, Anaïs, Anne-Sophie, Doëtte, Jane, Pauline, Marine V., Pablo(ito), Mariane et Célia.

Un merci du fond cœur à mes petites sœurs du bureau on the top Lucie et Solène pour leur soutien, les discussions sérieuses (ou pas…) et la bonne ambiance qu'elles ont su apporter.

Certainement par peur d'en oublier certains, je remercie l'ensemble de mes amis qui m'ont encouragé durant cette thèse. Un merci tout particulier à ma bande de « soss » qui est toujours là depuis près de 20 ans : Rem, Clem, Laurent, Tambouille, le Deul, Varin, Manu, Lolo et Benji.

Un immense merci à Mara qui a dû me supporter un peu plus de deux ans au sein du même bureau : pas facile je dois bien l'avouer… Cette thèse m'a permis de rencontrer une grande sœur de cœur. Merci pour tous ces moments partagés.

Merci à l'ensemble de ma famille, de ma belle-famille et plus particulièrement à mon frérot qui a toujours joué son rôle de grand frère ainsi qu'à mes parents qui m'ont toujours accompagné lors de mes différentes prises de décision.

Merci à ma femme, Edith, d'être toujours là pour moi et sans qui ma vie ne serait pas aussi belle.

"La reconnaissance silencieuse ne sert à personne."
Gladys Bronwyn Stern

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos **15**

Chapitre 1 Revue de la littérature **23**

I- Introduction à l'analyse sensorielle 24
II- Méthodologie temporelle en analyse sensorielle 31
III- Le consommateur comme outil de mesure sensorielle 62
IV- Sensorialité et processus de contrôle alimentaire 70
V- Objectifs et plan de cette thèse 80

Chapitre 2 Couplage de la DTS au *liking* temporel **83**

I- Rappel du contexte 84
II- Évaluation indépendante des deux cinétiques en prise unique 85
Étude 1 / Article 1
III- Évaluation alternée de la DTS et du *liking* dynamique en prises multiples 114
Étude 2 / Article 2
IV- Évaluation simultanée de la DTS et du *liking* temporel en prises multiples 144
Étude 3 - Partie 1 / Article 3
V- Conclusion 171

Chapitre 3 Extension méthodologique à des paramètres régulateurs de la prise alimentaire **173**

I- Rappel du contexte 174
II- Extension aux cinétiques de *wanting* et d'état de faim 175
Étude 4
III- Extension au suivi journalier de l'état de soif et d'appétit pour deux CNO 196
Étude 5 / Article 4
IV- Extension à l'étude du pouvoir satiétogène de biscuits pour petit-déjeuner 228
Étude 6
V- Conclusion 250

Chapitre 4 Application hors laboratoire sensoriel **251**

I- Rappel du contexte 252
II- Couplage de la DTS à un PTR-TOF-MS 253
Étude 7 / Chapitre d'ouvrage
III- Application de la méthode S-DTL en condition naturelle de consommation 266
Étude 3 – Partie 2
IV- Conclusion 281

Chapitre 5 Discussion générale **283**

Conclusion générale **305**

Références bibliographiques **309**

ABRÉVIATIONS

ACP : Analyse en Composantes Principales

A-DTL / A-TDL : Déterminants Temporels de *Liking* - Alterné

ANOVA : Analyse de la variance

AVC / CVA : Analyse en Variables Canoniques

CLWD : *Centered Liking While Dominant*

CM : Carré Moyen

CNO / ONS : Complément Nutritionnel Oral

CSGA : Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation

DATI : *Dual-Attribute Time Intensity*

DTL / TDL : Déterminants Temporels de *Liking*

DTS / TDS : Dominance Temporelle des Sensations

ESN : *European Sensory Network*

I-DTL / I-TDL : Déterminants Temporels de *Liking* - Indépendant

IVDM : *Intensity Variation Descriptive Methodology*

LWD : *Liking While Dominant*

MATI : Multi-Attribut Temps-Intensité

MANOVA : Analyse de Variance Multivariée

MSG : Glutamate monosodique

NDimSig : Nombre de Dimensions Significatives

n.s. : non significatif

PEG : Potentiel Évoqué Gustatif

PP : Profil Progressif

PPDS : Plus Petite Différence Significative

PTR-TOF-MS : Spectromètre de masse à réaction de transfert de proton avec analyseur à temps de vol

QDA *: Quantitive Descriptive Analysis*

RSS : Rassasiement Sensoriel Spécifique

S-DTL / S-TDL : Déterminants Temporels de *Liking* - Simultané

TI : Temps-Intensité

TIP : Temps-Intensité Profil

TIPP : Temps-Intensité Profil Préférence

TOS : Ordre Temporel des Sensations

TRP : *Time Related Profiling*

TCATA : *Temporal Check-All-That-Apply*

TSDA : *Time-Scanning Descriptive Analysis*

AVANT-PROPOS

AVANT-PROPOS

L'analyse sensorielle a toujours eu pour objectif de mieux comprendre les préférences des consommateurs. Aujourd'hui, l'évaluation des sensations de manière temporelle au cours de la consommation du produit se place comme un enjeu majeur pour cela. Mené au sein de la plateforme ChemoSens du Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation (CSGA) à Dijon sous l'encadrement de Pascal Schlich, ce travail de thèse traite du développement méthodologique en analyse sensorielle temporelle descriptive et hédonique.

Il s'inscrit dans une dynamique de développement de méthodes innovantes, en pleine expansion ces dernières années dans le milieu de l'analyse sensorielle. Étape clé dans la mise sur le marché d'un nouveau produit, l'analyse sensorielle est présente dans le secteur alimentaire mais également cosmétique, pharmaceutique, automobile, etc. La mise en place de nouveaux outils permettant de mieux comprendre les attentes du consommateur semble évidente afin d'optimiser le produit pour qu'il puisse rester sur le marché le plus longtemps possible. Outre le bénéfice de telles applications industrielles, l'avancée des méthodes d'analyse sensorielle permet de développer des applications plus fondamentales comme l'étude de processus physiologiques chez l'Homme (rassasiement, satiété…), ou encore de mieux comprendre le lien entre la dynamique de libération en bouche des composés volatils et leur perception par les consommateurs.

Dans la présente thèse, nous nous proposons de contribuer au développement de nouvelles méthodes en analyse sensorielle. S'organisant en cinq grands chapitres, ce manuscrit présente les données expérimentales du travail sous forme d'articles scientifiques. Les parties expérimentales qui n'ont pas été rédigées sous forme d'article ainsi que la revue de la littérature et la discussion générale des travaux de cette thèse sont présentées sous la forme de paragraphes en français[1]. Afin de faciliter la lecture sous format électronique, les renvois à toute partie de la thèse (figures, tables, paragraphes spécifiques, référence bibliographique…) seront identifiables en bleu dans le texte.

[1] Dans ces parties, les anglicismes scientifiques courants tels que *liking* et *wanting* seront distingués typographiquement en italique.

Le premier chapitre présentera une revue de la littérature des méthodes d'analyse sensorielle ainsi que les différents processus liés au contrôle de la prise alimentaire, puis exposera les objectifs de cette thèse. Regroupant trois études, le second chapitre s'intéressera aux différentes manières de coupler une méthode descriptive dynamique à la temporalité de l'appréciation hédonique. Le troisième chapitre, construit également à partir de trois autres études, proposera d'étendre un tel couplage à des mesures d'état de soif, de rassasiement, de satiété et de volonté à consommer davantage l'aliment. S'appuyant sur deux dernières études, le quatrième chapitre présentera deux applications hors laboratoire sensoriel. Enfin, le dernier chapitre discutera l'ensemble de ces résultats afin de synthétiser le présent travail et ainsi ouvrir sur les perspectives à envisager.

VALORISATION DES TRAVAUX DE THÈSE

Publications

- Thomas, A., Visalli, M., Cordelle, S., & Schlich, P. (2015). Temporal drivers of liking. *Food Quality and Preference, 40*, 365-375.

- Thomas, A., van der Stelt, A. J., Prokop, J., Lawlor, J. Ben., & Schlich, P. (2016). Alternating temporal dominance of sensations and liking scales during the intake of a full portion of an oral nutritional supplement. *Food Quality and Preference, 53*, 159-167.

- Thomas, A., Chambault, M., Dreyfuss, L., Gilbert, C. C., Hegyi, A., Henneberg, S., Knippertz, A., Kostyra, E., Kremer, S., Silva, A. P., & Schlich, P. Measuring temporal liking simultaneously to Temporal Dominance of Sensations in several intakes. An application to Gouda cheeses in 6 Europeans countries.
  Submitted to *Food Research International (10 October 2016).*

- Thomas, A., van der Stelt, A. J., Schlich, P, & Lawlor, J. Ben. Determination of the temporal drivers of liking for Oral Nutritional Supplements for older adults measured at two time points throughout the day with monitoring of hunger and thirst status. Submitted to *Food Quality and Preference (3rd October 2016).*

Chapitre d'ouvrage

- Schlich, P., Thomas, A., Visalli, M., Labarre, D., Sémon, E., Le Quéré, J.-L. (2015). Collecting and analysing in vivo aroma release and perception by pairing nosespace PTR-ToF-MS and Temporal Dominance of Sensations. In: *Taylor, Andrew J., Mottram, Donald S., Flavour Science: Proceedings of the XIV Weurman Flavour Research Symposium* (p. 327-332). Nottingham, GBR : Context Products.

Communications orales internationales

- Thomas, A., Schlich, P. (2014). From Temporality of Sensations to Dynamic of Liking. In *Sensometrics 2014*, Chicago, USA, 29 July - 1st August.

- Thomas, A., Van der Stelt, A. J., Schlich, P., Lawlor, J. Ben. (2016). Temporal drivers of liking of daily intake of Oral Nutritional Supplement determined at lab with monitoring of hunger and thirst status at home. In *7th European Conference on Sensory and Consumer Research*, Dijon, France, 11-14 September.

Organisation de workshops

- Schlich, P., Thomas, A., Castura, J., Carr, T., Meyners, M., Punter, P., Popper, R. (2014). Workshop: Temporal Dominance of Sensations (TDS) and temporal Liking data analysis. (2014). In *Sensometrics 2014*, Chicago, USA, 29 July - 1st August

- Thomas, A., Schlich, P. (2014). Final report of the research project TDL. In *ESN meeting*, Budapest, Hungary, 9 October.

- Schlich, P., Thomas, A., Dreyfuss, L., Gilbert, C. C., Kostyra, E. (2015). Workshop: Temporal Dominance of Sensations paired with Temporal Liking. In *11th Pangborn Sensory Science Symposium*, Göteborg, Sweden, 23-27 August.

Communications orales internes

- Thomas, A. (2014). Quand l'hédonisme s'invite à la dominance temporelle des sensations ? In *Journées des Doctorants du Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation*, Dijon, France, 19 June.

- Thomas, A. (2016). Dis-moi qui domine, je te dirai si tu aimes. In *Journées des Doctorants du Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation*, Dijon, France, 14 June.

Communications affichées

- Thomas, A., Visalli, M., Cordelle, S., Schlich, P. Temporal drivers of liking. (2013). In *10th Pangborn Sensory Science Symposium*. Rio de Janeiro, Brazil, 11-15 August.

- Thomas, A., Van der Stelt, A. J.., Lawlor, J. Ben., Schlich, P. (2014). Alternating Temporal Dominance of Sensations and Liking Scales during the Intake of a Full Portion of an Oral Nutritional Supplement. In *6th European Conference on Sensory and Consumer Research*, Copenhagen, Denmark, 7-10 September.

- Thomas, A., Chambault, M., Dreyfuss, L., Gilbert, C. C., Hegyi, A., Henneberg, S., Knippertz, A., Kostyra, E., Kremer, S., Silva, A. P., Schlich, P. (2015). Temporal Drivers of Liking in 6 European countries. Advances in data collection and analysis. In *11th Pangborn Sensory Science Symposium*. Göteborg, Sweden, 23-27 August.

- Thomas, A., Kawasaki, H., Kasamatsu, C., Schlich, P. (2016). Measuring temporal dominances of sensations and liking, hunger status and wanting dynamically from consumers eating a full portion of soup. Is that really possible? In *7th European Conference on Sensory and Consumer Research*, Dijon, France, 11-14 September.

Encadrement de stagiaires

- Jane Prokop. (2014).
  Stage M1 Qualité des Aliments et Sensorialité. Co-habilité Université de Bourgogne - Agrosup Dijon.
  Titre du rapport de stage : Mesures temporelles multi-descripteurs et/ou de type hédonique.

- Marine Vigneron. (2015).
  Stage M2 Sciences de l'Aliment, Sensorialité Comportement. Co-habilité Université de Bourgogne-Agrosup Dijon.
  Titre du rapport de stage : Méthodologie pour la mise en relation des mesures temporelles multi-descripteurs, hédoniques et d'état de faim.

- Pauline Ribeiro. (2015).
  Stage M1 Qualité des Aliments et Sensorialité. Co-habilité Université de Bourgogne-Agrosup Dijon.
  Titre du rapport de stage : Développement méthodologique en analyse sensorielle temporelle descriptive et hédonique.

Collaborations

Plusieurs collaborations ont permis de mener à bien ce travail de thèse. Je citerai tout d'abord les différentes collaborations industrielles porteuses des différents projets de recherche grâce auxquels cette thèse a été bâtie :

- Nutricia Research
- L'European Sensory Network (ESN) avec la collaboration de FrieslandCampina.
- Ajinomoto Co., Inc.
- Mondelēz International, Inc.

Je mentionnerai également notre partenaire industriel fromager ayant participé à l'initiation des travaux de cette thèse. Enfin, je citerai la collaboration interne entre la plateforme ChemoSens et l'équipe 1 du Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation qui a permis de mettre en avant l'intérêt de coupler la méthodologie de la Dominance Temporelle des Sensations à des mesures physico-chimiques.

PRIX & BOURSES OBTENUS DURANT LA THÈSE

- Young scientist presentation award in Sensometrics 2014
  (Chicago, USA, 29 July - 1st August 2014)

- Young scientist bursary award in Sensometrics 2014
  (Chicago, USA, 29 July - 1st August 2014)

- Young scientist bursary award in 11th Pangborn Sensory Science Symposium, 2015
  (Göteborg, Sweden, 23-27 August 2015)

- Young scientist bursary award in 7th European Conference on Sensory and Consumer Research, 2016
  (Dijon, France, 11-14 September 2016)

- Student bursary award, 2016
  (École Doctorale Environnements Santé n°554)

CHAPITRE 1 :
REVUE DE LA LITTÉRATURE

I- Introduction à l'analyse sensorielle

L'analyse sensorielle compte plus de 252 000 résultats d'après le moteur de recherche Google[2], 2 740 000 pour son homonyme en langue anglaise, et plus de 6 600 travaux scientifiques référencés[3] ces dix dernières années. Cette rapide recherche sur internet souligne la richesse de cette thématique. Cette introduction a pour but de rappeler brièvement quelques-unes des notions de l'analyse sensorielle.

1. Définition

Selon la norme française NF ISO 5492 l'analyse sensorielle est définie comme étant « l'examen des propriétés organoleptiques d'un produit par les organes des sens ». De part ces cinq sens (vue, ouïe, odorat, goût, toucher) l'être humain est devenu l'instrument de mesure des méthodes d'analyse sensorielle pour caractériser et évaluer des produits.

2. Aspects historiques

Ce n'est que dans les années 1940-1950, au sein de l'armée américaine, que l'analyse sensorielle a commencé à assoir sa position, en optimisant le degré d'acceptabilité des menus servis à ses soldats (Armed-Forces-Food, Container-Institute, Peryam, Pilgrim, & Peterson, 1954). Concernant le terme « analyse sensorielle », il semble avoir été utilisé pour la première fois en 1961 lors d'une conférence donnée au centre technique de la biscuiterie (Depledt & Sauvageot, 2002). Vite adoptée par les industriels de l'agroalimentaire, l'analyse sensorielle est aujourd'hui vue comme un outil leur permettant de développer des produits aux caractéristiques qui les distinguent de la concurrence et ayant pour but de rester longtemps sur le marché tout en répondant aux demandes et exigences gustatives des consommateurs.

[2] Source : http://www.google.fr
(Recherches contenant « Analyse Sensorielle » et « *Sensory Analysis* »).
Recherches effectuées le 12 mai 2016.
[3] Source : http://www.sciencedirect.com
(Recherche de publications entre 2006 et 2016 contenant *Sensory Analysis* dans leurs titres et/ou résumé et/ou mots-clés).
Recherche effectuée le 12 mai 2016.

Les progrès des connaissances dans cette nouvelle discipline scientifique au cours des dernières trente années aussi bien dans le monde académique qu'industriel lui a ainsi permis un développement incontestable. Pour preuve, le plus important congrès international d'analyse sensorielle, *The Pangborn Sensory Science Symposium* qui a vu sa première édition se dérouler en Finlande en 1992, a accueilli en 2015 à Göteborg en Suède environ 900 participants d'une cinquantaine de pays et représentant autant la recherche académique qu'industrielle.

3. Applications

Depuis une trentaine d'années, d'autres domaines que l'agro-alimentaire ont ouvert leurs portes à cette science nouvelle. Parmi les plus représentatifs nous pouvons citer les secteurs des cométiques, de l'automobile, des produits d'hygiène, de l'emballage, de la mécanique, et plus récemment les secteurs de l'ameublement, de l'alimentation pour animaux domestiques, du textile, de la publicité etc. Force est de constater que l'analyse sensorielle est là, présente chaque jour dans la vie du consommateur.

L'analyse sensorielle est au cœur du développement du produit. En caractérisant au mieux le produit, l'analyse sensorielle est aujourd'hui un outil indispensable pour les équipes de R&D mais également de marketing/communication afin de mieux communiquer sur leurs produits en interne avec les équipes de production et en externe auprès des consommateurs.

4. Méthodologie classique

Dans la pratique, l'analyse sensorielle repose sur l'organisation de séances d'évaluation avec un panel, où les sujets ont un niveau de connaissance de l'univers produit et/ou de la méthode employée plus ou moins développé en fonction de la tâche à réaliser. Classiquement, l'analyse sensorielle regroupe trois familles de méthodes d'analyse sensorielle (Depledt & SSHA, 2009).

4.1. Méthodes discriminatives

Les méthodes discriminatives permettent de mettre en évidence si deux ou plusieurs produits sont différents. Très populaires, les méthodes discriminatives sont généralement utilisées lorsque les différences des produits à comparer sont peu perceptibles. Diverses techniques existent mais le principe reste le même : après l'évaluation des échantillons à comparer, les participants doivent indiquer les échantillons identiques ou bien différents en fonction de la variante utilisée. Parmi les techniques les plus courantes, nous pourrons citer : le test triangulaire, l'épreuve duo-trio, le test A/Non-A, l'épreuve p parmi n…

Simples à mettre en place, ces méthodes ne nécessitent pas d'entrainement spécifique des sujets ; seule une compréhension de la tâche à réaliser est nécessaire. Le hasard lié aux bonnes réponses peut être considéré comme une limite de ces méthodes pour certains auteurs (Strigler et al., 2009). Enfin, les méthodes discriminatives se limitent à détecter d'éventuelles différences entre les échantillons mais ne permettent pas d'identifier et encore moins de quantifier ces dernières.

4.2. Méthodes descriptives

Les méthodes descriptives sont employées dans le but de qualifier les différences entre produits en établissant un « profil sensoriel » pour chacun d'eux. Le profil conventionnel est la méthode de référence recommandée par les normes AFNOR (NF ISO 13299 Mai 2010). Cette méthode prend pour origine les trois méthodes suivantes : *Flavor Profile* (Cairncross & Sjöström, 1950), *Quantitative Descriptive Analysis* (Stone, Sidel, Olivier, Woolsey, & Singleton, 1974) et la méthode *Spectrum* (Meilgaard, Civille, & Carr, 1991). Le profil conventionnel peut se résumer en quatre grandes phases :

- Établir une liste de descripteurs la plus exhaustive possible dans le but de couvrir toutes les caractéristiques sensorielles des produits à évaluer. Dans la pratique l'utilisation d'une liste préexistante issue de la littérature est relativement courante. La seconde option consiste à définir cette liste par le groupe de sujets lui-même. Il convient, au final, d'établir une liste d'environ 5 à 20 attributs sensoriels excluant les termes hédoniques. Il est possible de regrouper les descripteurs en catégories sensorielles (textures, arômes, arrière-goûts…).

- Mesurer l'intensité de la sensation perçue pour chacun des attributs sensoriels à partir d'une échelle (structurée ou non) définie en amont.
- Établir le profil des produits via l'ensemble de ses caractéristiques sensorielles. Pour cela, différentes représentations sont possibles (histogramme, graphique polaire…).
- Comparer les profils des différents produits évalués. La superposition des graphiques obtenus précédemment (en particulier pour les graphiques polaires) permet une comparaison visuelle rapide des profils des différents produits, mais pas de tester leurs différences. Afin de tester statistiquement ces différences il convient d'appliquer un test spécifique par attribut en prenant en compte les caractéristiques de l'épreuve. Ainsi, l'utilisation de l'analyse de variance (ANOVA) est généralement utilisée. Si l'effet produit est significatif, un test de différences *a posteriori* permet d'identifier les produits ayant des moyennes statistiquement différentes. Enfin, l'analyse multidimensionnelle permet de représenter graphiquement l'ensemble des profils obtenus par une carte sensorielle.

Que ce soit pour un panel externe ou interne, l'entrainement des sujets est une clé de l'analyse descriptive quantitative. En effet il convient que le vocabulaire choisi puisse couvrir tout l'univers produit et soit compris de tous. Pour cela il est souhaitable de familiariser les sujets par des références qualifiant les différents descripteurs d'intérêt. Il est également nécessaire de les familiariser vis-à-vis des différente types d'échelles utilisées. Lors de l'entrainement des sujets, la notion de performance est prise en compte par l'expérimentateur afin de contrôler la discrimination des produits par le panel, la répétabilité de ce dernier ainsi que l'accord entre les juges (Pineau, 2007). La table CAP (*Control of Assessor Performances*) permet de synthétiser les informations liées aux performances du panel et de chaque sujet (Mammasse, 2012; Peltier, 2015). Notons enfin que le nombre recommandé pour l'élaboration d'un profil est d'une quinzaine de sujets (Strigler et al., 2009).

4.3. Méthodes hédoniques

Les méthodes hédoniques portent sur les préférences des consommateurs et ont pour but de comparer l'appréciation hédonique globale de différents produits en se focalisant sur les ressentis individuels liés au plaisir ou déplaisir provoqué par l'aliment. Contrairement à l'analyse sensorielle descriptive, ces méthodes font appel à des sujets naïfs n'ayant eu aucune pratique de l'analyse sensorielle (Stone & Sidel, 2004). De plus, le recrutement de ces derniers est généralement ciblé sur un groupe spécifique de consommateurs de l'univers produit des échantillons testés. Le nombre de sujets recommandé par les normes AFNOR (NF V09-500 Décembre 2012) pour ce type de test est de 60 consommateurs.

Parmi les méthodes hédoniques, nous retrouvons deux grandes familles :

- Les tests de préférence regroupant l'épreuve de classement et l'épreuve par paire. Par simplification l'épreuve par paire peut être définie comme une épreuve simplifiée de classement avec uniquement deux échantillons. Lors d'une épreuve de classement, il est demandé aux sujets de hiérarchiser les produits en fonction de leur caractère agréable selon différents critères (goût, texture, visuel…). Un test de Friedman est généralement appliqué afin d'analyser les données issues de cette épreuve. Ces techniques ne renseignent aucunement sur le niveau d'acceptabilité des produits et de leurs écarts d'appréciation.
- Les tests de notation visent à capturer le statut hédonique d'un ou plusieurs produits dans le but de les comparer. Pour cela il est demandé aux sujets de noter les produits présentés généralement successivement, sur une échelle dite d'intervalle pouvant être numérique, sémantique ou encore visuelle. Néanmoins, l'échelle hédonique à 9 points (Jones, Peryam, & Thurstone, 1955) semble être la plus fréquemment utilisée dans la littérature. Tout comme pour l'analyse descriptive, l'analyse de variance peut être employée afin d'analyser les données hédoniques.

D'autres méthodes plus spécifiques s'appuyant sur l'ingestion répétée de plusieurs prises d'un même produit existent (Köster, 2009), telle que l'épreuve de lassitude ou bien l'épreuve d'aversion, et seront présentées en partie IV de cette introduction.

4.4. Cartographie des préférences

Complémentaires, les trois grandes familles de méthodes sensorielles présentées précédemment s'articulent généralement entre elles dans le but de corréler les préférences aux informations descriptives des produits et ainsi de mieux comprendre le choix des consommateurs.

Basée sur les données d'un panel descriptif d'experts et d'un panel hédonique de consommateurs naïfs, la cartographie des préférences vise à relier les deux types d'informations dans le but de représenter leurs relations par des cartes de préférences plus visuelles. Fournissant des résultats pouvant être complémentaires, deux approches de cartographie peuvent être distinguées :

- Cartographie interne : les différences entre produits sont basées sur les préférences des consommateurs puis mise en relation avec les données descriptives des produits issus du panel d'experts.
- Cartographie externe : les différences entre produits sont basées sur les données descriptives des produits puis mise en relation avec les préférences des consommateurs.

Alternative aux cartographies interne et externe, la méthode PrefMaX permet de construire une Analyse en Composantes Principales (ACP) à partir des niveaux optimaux d'intensité pour chaque paire sujet*attribut, afin de segmenter les consommateurs en fonction de leurs optimums sensoriels (Kälviäinen, Schlich, & Tuorila, 2000; Schlich & Chabanon, 2000).

5. Futur

Lors du 11ème *Pangborn Sensory Science Symposium* il a été présenté lors de la dernière séance plénière plusieurs thématiques où le public était invité à classer pour chacune d'elles, trois déclarations en termes d'importance pour leur futur (Jaeger et al.). De par cet échange, l'analyse sensorielle semble devoir s'engager de manière pluridisciplinaire dans le but de mieux comprendre les variations individuelles, s'orienter sur des études de consommations réelles, ainsi que développer des outils novateurs pour mieux comprendre

les processus influençant le choix des aliments chez les consommateurs. En constant progrès, l'analyse sensorielle est une science relativement jeune qui sans nul doute mettra tout en œuvre pour continuer à se développer ces prochaines décennies. S'inscrivant dans cette démarche, la présente thèse propose de développer un nouvel outil axé sur les perceptions sensorielles temporelles chez le consommateur. La temporalité en analyse sensorielle est un sujet ayant été mis en lumière dès les années 1980 et en pleine croissance ces dernières années. Preuve en est, le nom (« *A Sense of Time* ») du 7ème congrès *European Conference on Sensory and Consumer Research* ayant eu lieu récemment en septembre 2016 (Dijon, France). Au vu de la richesse des présentations orales et affichées sur cette thématique, nul doute que la temporalité est en enjeu d'aujourd'hui mais également de demain pour la recherche en analyse sensorielle, et ce aussi bien pour les entreprises privées que pour les académiques.

II- Méthodologie temporelle en analyse sensorielle

1. Introduction de la temporalité en analyse sensorielle

Dans l'industrie agro-alimentaire, diverses techniques d'analyse sensorielle permettent de mieux appréhender les caractéristiques des produits alimentaires, afin d'améliorer la qualité des produits ou bien d'en développer d'autres présentant de nouvelles propriétés sensorielles. Parmi ces méthodes, les techniques de profil sensoriel sont généralement construites à partir d'évaluations des caractéristiques sensorielles du produit. Il est alors demandé aux juges d'intégrer les éventuels changements de sensations perçus comme une seule évaluation ponctuelle (Cliff & Heymann, 1993), fournissant ainsi un ressenti global moyen ou bien une intensité maximale de l'attribut étudié, au lieu de l'évolution temporelle de cette sensation.

Bien que dans de nombreux cas, cette mesure statique pourrait suffire quant à la caractérisation du ou des produits à étudier, il semble important de garder à l'esprit que la perception d'un aliment ou d'une boisson n'est pas un processus figé dans le temps et qu'ainsi, certaines informations peuvent être omises par les méthodes d'analyse sensorielle dites statiques. Les caractéristiques orosensorielles de l'aliment débutent dès la mise en bouche de ce dernier mais vont être perçues progressivement (Halpern, 1991), jusqu'à atteindre une intensité maximale perçue avec un temps de latence plus ou moins variables en fonction de l'aliment et de ses caractéristiques intrinsèques.

Il est désormais établi qu'au cours de la consommation d'un produit alimentaire, des phénomènes physiologiques tels que la mastication, la salivation, les mouvements de langue ou bien la déglutition entraînent des processus sensoriels dynamiques (Dijksterhuis, 1996; Piggott, 1994). Ainsi, les perceptions orosensorielles telles que les arômes, le goût ou bien la texture relèvent d'une certaine dynamique dans le temps lorsque l'on mange un aliment (ou que l'on boit une boisson).

Par conséquent, afin de comprendre dynamiquement comment les produits sont perçus par les consommateurs et ainsi, comment leurs réactions hédoniques peuvent en être affectées, des méthodes sensorielles temporelles doivent être adoptées (Lawless & Heymann, 2010; Piggott, 2000). Pour répondre à cela, différentes méthodes sensorielles dynamiques ont été développées et affinées au cours des dernières décennies.

Dans cette revue de la littérature, nous nous proposons d'établir une liste de ces méthodes. Dans un premier temps nous nous intéresserons aux différentes méthodes temporelles descriptives tout en nous concentrant sur deux d'entre elles largement appliquées dans la littérature: la Temps-Intensité et plus récemment la Dominance Temporelle des Sensations. Dans un deuxième temps, nous nous focaliserons sur la bibliographie liée aux méthodes d'évaluation temporelle du caractère hédonique, une littérature nettement moins riche que celle des méthodes temporelles descriptives mais loin d'être dénuée d'intérêt.

2. Méthodologie temporelle descriptive

2.1. Temps-Intensité

2.1.1. Aspects historiques

La méthode Temps-Intensité (*Time Intensity* – TI) permet l'enregistrement de la perception de l'intensité d'un attribut sensoriel au cours du temps (Lee & Pangborn, 1986).

Le phénomène de perception temporelle n'est pas nouveau et a commencé à être mis en lumière dès la fin des années 1930 par Holway et Hurvich (1937). Dans leurs travaux, les sujets avaient pour consigne de tracer une courbe représentant les sensations perçues après le dépôt d'une goutte de solution de NaCl de concentration variable sur la surface antérieure de la langue pendant une période de 10 s. Bien que dépendante de la concentration, les auteurs concluent que l'intensité saline perçue est variable dans le temps.

Il faudra attendre plus de vingt ans pour que de nouveaux travaux s'intéressent à la quantification d'une réponse temporelle (Jellinek, 1964; Sjöström, 1954). Dans leurs travaux, les auteurs ont été parmi les premiers à évaluer l'intensité d'un attribut au cours du temps ; en l'occurrence l'amertume pour des bières. Pour ce faire, il a été demandé à des sujets entrainés de noter sur une feuille l'intensité de l'amertume toutes les 1 s à l'aide d'un minuteur indiquant le temps. Le concept de la méthode TI est ainsi basé sur une évaluation de l'intensité d'un attribut sensoriel pendant une période de temps donnée. L'analyse de ce nouveau type de données sensorielles s'est fondée sur une construction graphique de l'intensité moyenne en fonction du temps.

Afin de faciliter l'illustration graphique, il a été demandé par la suite à des sujets entrainés d'indiquer directement sur papier graphique l'intensité de différentes solutions toutes les 2 s en déplaçant leur main le long de l'axe horizontal représentant le temps (Neilson, 1957). Puis, la méthode TI a ensuite été améliorée en remplaçant la potentielle distraction liée à l'horloge par un signal audible indiquant les moments de notations (McNulty & Moskowitz, 1974; Meiselman, 1968). L'amélioration méthodologique la plus notable est cependant celle présentée par Larson-Powers et Pangborn (1978) qui ont proposé de coupler un enregistreur graphique à une pédale. Ainsi les sujets étaient capable, après une initiation de l'enregistreur par un appui avec le pied sur la pédale, d'évaluer l'intensité perçue de la saveur sucrée de différents types de sucre selon la température et la concentration pour plusieurs boissons et gélatines. Pour ce faire ils devaient déplacer leur stylo sur une échelle non structurée ayant pour labels « Aucun » et « Extrême ». Cette méthode d'acquisition nécessitait cependant un entrainement intensif des sujets et le traitement des données était relativement chronophage. Plusieurs autres méthodes d'acquisition ont par la suite été développées mais aucune d'entre elles ne présenta un moyen simple et rapide de traiter ce type d'informations (Birch & Munton, 1981; Lawless & Skinner, 1979; Schmitt, Thompson, Malek, & Munroe, 1984).

Le développement du domaine informatique dans les années 1980, et plus particulièrement des ordinateurs personnels, a permis à plusieurs auteurs de mettre en place des systèmes d'acquisition et d'analyse de données plus robustes et plus simples d'utilisation (Barylko-Pikielna, Matuszewska, & Hellemann, 1990; Cliff, 1987; Guinard, Pangborn, & Shoemaker, 1985; Lee, 1985; Rine, 1987; Takagaki & Asakura, 1984; Yoshida, 1986). Depuis les travaux de Lee et Pangborn (1986) qui ont démocratisé la méthode TI et encouragé l'utilisation de celle-ci comme une « méthode de routine » en analyse sensorielle, ce n'est pas moins de 630 travaux publiés qui ont fait appel à cette méthode durant les 30 dernières années[4].

[4] Source : http://www.sciencedirect.com
(Recherche de publications entre 1987 et 2016 contenant *Time-Intensity* dans leurs titres et/ou résumé et /ou mots-clés).
Recherche effectuée le 4 mai 2016.

2.1.2. Principes

Intégrée aujourd'hui dans la plupart des logiciels d'acquisition de données sensorielles, l'évaluation de l'intensité est enregistrée informatiquement par le déplacement d'un curseur sur une échelle continue labélisée pendant une période donnée. L'échelle étant affichée à l'écran, les sujets peuvent ainsi déplacer le curseur via une souris connectée après avoir cliqué sur un bouton enregistrant le temps où l'échantillon est mis en bouche.

De la même manière que pour les méthodes descriptives d'analyse sensorielle traditionnelle, l'entrainement est l'étape clé pour l'application de l'outil TI. De nombreuses (et fastidieuses) séances sont nécessaires pour arriver à un niveau d'entrainement satisfaisant. De plus, il est nécessaire que les sujets intègrent le concept temporel de la tâche et se familiarisent avec l'outil d'acquisition. La répétition des séances d'entrainement permet également de minimiser au maximum l'effet de « signature individuelle », caractérisé par des différences de formes de courbes entre les différents sujets (Van Buuren, 1992) dues notamment à des différences physiologiques interindividuelles concernant la salivation ou bien la mastication (Brown, Landgley, Martin, & MacFie, 1994; Fischer, Boulton, & Noble, 1994; Zimoch & Gullett, 1997). L'entrainement à la méthode TI peut ainsi se résumer par les étapes suivantes (Peyvieux & Dijksterhuis, 2001) :

1- Présentation de la méthode aux sujets
2- Familiarisation avec la tâche et le système d'acquisition des données en utilisant des solutions de différentes saveurs basiques
3- Entrainement en utilisant des produits réels
    a. Profil sensoriel
    b. Pré-test TI

Le choix de l'attribut à évaluer par la méthode TI est primordial et peut être réalisé pendant l'entrainement ou bien à la suite de profils sensoriels antérieurs. De plus, la nature des sensations étudiées, qu'elles soient de texture, de saveur, d'arôme ou bien même trigéminales, conditionne la durée d'évaluation à considérer afin de capturer l'intensité maximale et prévenir d'une éventuelle tâche trop fastidieuse. Notons enfin que la quantité de l'échantillon, impactant la durée d'évaluation, doit être ainsi fixée à l'avance.

2.1.3. Analyse des données

Au niveau individuel les données enregistrées peuvent être rapidement visualisées par les courbes d'intensité. Ces courbes représentent l'évolution temporelle de l'intensité de l'attribut étudié. La Figure 1, issue des travaux de Lee, Barrick, et Welling (1992), présente un exemple de ce type de courbes, permettant d'étudier l'évolution de l'intensité sucrée pour trois échantillons différents.

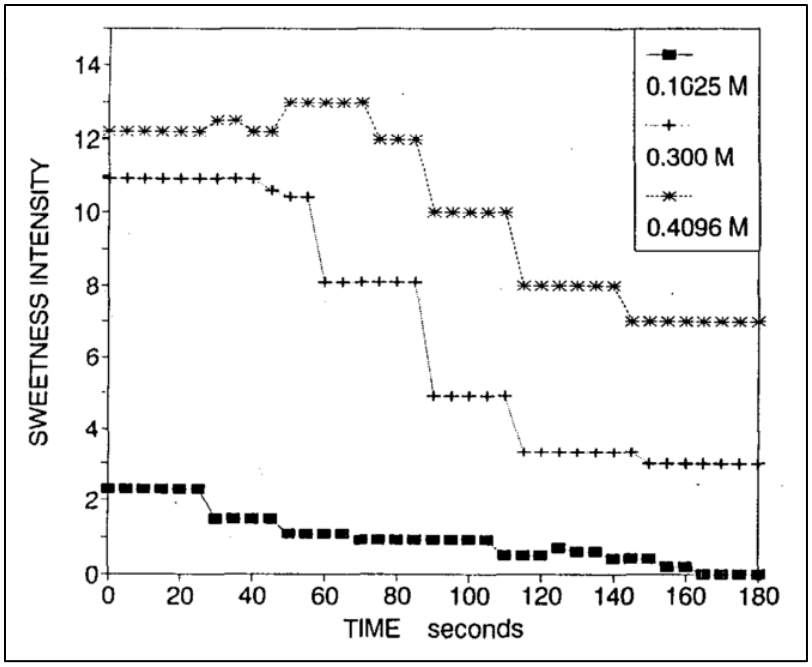


Figure 1[5] : Exemple de courbes individuelles de l'évaluation au cours du temps de l'intensité sucrée pour trois solutions de sucrose de concentrations différentes, obtenues avec un seul sujet.

Plusieurs paramètres individuels peuvent être issus de ces courbes. Parmi eux, la Table 1 présente les quatre paramètres ayant le plus d'intérêt et le plus souvent utilisés. De nombreux autres paramètres peuvent être extraits ; pour plus d'informations le lecteur peut se référer à la revue portant sur le sujet de Cliff et Heymann (1993).

[5] Figure reproduite de Lee et al. (1992)

Table 1 : Présentation des paramètres TI individuels les plus courants.

Paramètre	**Abréviation courante**	**Définition**
Intensité maximale	Imax	Intensité maximale perçue au cours de la séance
Temps de l'intensité maximale	Timax	Temps auquel l'intensité maximale est perçue
Temps total	Ttot	Durée totale de le sensation (également appelé persistance, temps final ou temps d'extinction)
Aire sous la courbe	AUC	Somme des intensités

Comme en profil sensoriel, ces paramètres peuvent être traités et analysés par ANOVA ou bien par d'autres approches statistiques. De manière générale, les courbes individuelles sont moyennées dans le but d'obtenir une courbe de l'évolution de l'intensité qui soit représentative du panel et qui va enrichir l'interprétation des résultats (Dijksterhuis, Flipsen, & Punter, 1994; MacFie & Liu, 1992). D'autres modèles basés sur la construction de courbes ont été développés afin de prendre en compte l'effet de « signature individuelle » identifié dans les travaux de Van Buuren (1992) ; pour plus d'informations sur ces modèles, le lecteur peut se référer à Cadena, Vidal, Ares, et Varela (2014). Dans leurs travaux, Ovejero-López, Bro, et Bredie (2005) ont comparé six méthodes statistiques pour l'analyse des données TI en passant par la simple construction de courbes, l'analyse en composantes principales et d'autres méthodes multidimensionnelles. Les auteurs concluent que l'information apportée est la même selon la méthode utilisée mais que les méthodes multidimensionnelles permettent d'avoir une information légèrement plus riche.

2.1.4. Avantages

Précurseur méthodologique en analyse sensorielle temporelle descriptive, la méthode TI permet de comprendre comment évolue l'intensité perçue d'un attribut au cours du temps ; information qui ne peut être captée par une approche sensorielle descriptive classique.

Bien que fastidieux, l'entrainement à la méthode TI est relativement simple et de surcroit bien détaillé dans la littérature. Nombreux sont les logiciels ayant implémenté cette méthode, et il est maintenant assez commun de voir cet outil utilisé en routine en complément d'un profil sensoriel lorsqu'un ou deux attributs présentent un intérêt à être étudiés de manière dynamique.

2.1.5. Limites

L'entrainement en TI requiert de nombreuses séances afin que le sujet soit opérationnel ; cela se traduisant par un coût financier et un investissement en temps importants. De plus, la mesure d'un seul attribut par évaluation conduit à un nombre important de répétitions du produit afin d'obtenir le profil temporel de plusieurs attributs.

Malgré l'entrainement, l'effet de « signature individuelle » est un biais et une difficulté pour l'analyse des données TI. Un autre inconvénient identifié avec cet outil est l'effet *dumping* ou dit de report en français où le sujet va détecter deux (ou plus) sensations différentes et va les prendre toutes les deux en compte vis-à-vis de l'unique échelle d'intensité de l'attribut à évaluer. (Clark & Lawless, 1994). Enfin, malgré les différentes approches statistiques proposées dans la littérature pour traiter ce type de données sensorielles, Cadena et al. (2014) soulignent que des travaux complémentaires seraient nécessaires dans le but d'obtenir un outil d'analyse de référence.

2.2. Techniques dites multi-attributs

Via la méthode TI il n'est pas rare que l'expérimentateur veuille comparer plusieurs cinétiques issues de l'évaluation de différents attributs pour un même produit. Dans cette optique, certains outils graphiques ont été développés dans le but d'obtenir un profil dynamique de deux ou plusieurs attributs pour un même échantillon. L'analyse Multiple TI consiste par exemple à représenter sur un même graphique tous les attributs d'un même échantillon pour obtenir un seul profil TI global (Palazzo & Bolini, 2009). Cette démarche illustre le besoin de méthodes sensorielles temporelles multi-attributs qui permettraient

ainsi d'obtenir une cinétique des différents attributs sensoriels pouvant être perçus au cours de la dégustation d'un produit.

Afin de pallier aux limites en TI, différentes méthodes ont été mises au point. Nous ferons donc dans la partie suivante, un état des lieux non chronologique de ces dernières, qui ont toutes pour point commun la prise en compte de plusieurs descripteurs au cours du temps.

2.2.1. Évaluation discontinue d'attributs

Les méthodes discontinues permettent une évaluation d'un ou de plusieurs attributs à différents moments de la dégustation du produit.

2.2.1.1. *Intensity Variation Descriptive Methodology*

La méthode *Intensity Variation Descriptive Methodology* (IVDM) semble être la première méthode dite multi-attributs à avoir été mise au point (Gordin, 1987). Appliquée au domaine du tabac, les auteurs avaient pour but d'étudier le profil temporel lors de la consommation de cigarettes. Pour ce faire les sujets étaient conviés à noter successivement l'intensité d'une série de quatre descripteurs qui était répétée six fois afin d'évaluer l'intégralité du produit. Cette méthode n'a cependant jamais été appliquée au domaine alimentaire.

2.2.1.2. TI discontinue

Clark et Lawless (1994) ont été les premiers à étudier la méthode TI de manière discontinue au cours du temps. Dans leurs travaux, une telle procédure a permis aux sujets de noter l'intensité d'un ou deux descripteurs à différents moments de la dégustation de boissons sucrées aromatisées. Pour cela, chaque sujet réalisait par produit une évaluation toutes les 10 s sur une période de 90 s. Les auteurs concluent que la mesure discontinue permet de diminuer les phénomènes de report.

En appliquant ce concept à l'évaluation de fromages, Pionnier et al. (2004) ont montré que l'enregistrement dynamique de cinq descripteurs était possible au cours de la dégustation. Cependant, cette technique nécessite, tout comme le TI, un grand nombre de répétitions afin d'obtenir suffisamment d'informations temporelles exploitables.

2.2.1.3. Profil progressif

Le Profil Progressif (*Progressive Profiling*) est une autre méthode dynamique qui utilise des mesures discrètes au lieu d'intervalles de temps continus (Jack, Piggott, & Paterson, 1994; Piggott, 2000). Via cette méthode, plusieurs échelles d'intensité peuvent être présentées en même temps sur le même écran (cinq semblant être un maximum) afin que les panélistes puissent évaluer à plusieurs reprises l'échantillon lors de la dégustation à des temps fixes ; le temps entre deux réponses étant dépendant du produit et du protocole utilisé.

Cette technique présente cependant l'inconvénient d'être limitée par la durée de dégustation du produit et de collecter les données de manière discontinue. En effet, plus cette période est courte, plus la possibilité d'intégrer un nombre important d'attributs est faible. Notons néanmoins que certains auteurs tournent cet inconvénient à leur avantage, dans le but d'éviter aux sujets une fatigue résultant d'une mesure en continu d'un attribut sur une longue période de temps (Galmarini, Symoneaux, Visalli, Zamora, & Schlich, 2016). En effet, les auteurs suggèrent que le profil progressif est adapté pour des produits ayant de longues durées de consommation tels que les chewing-gums.

2.2.1.4. Profil séquentiel

Développée par Methven et al. (2010), le profil séquentiel (*sequential profile*) permet d'évaluer plusieurs attributs lors de prises successives d'un même produit. Dans cette étude portant sur des compléments nutritionnels oraux, les sujets étaient invités à déguster à huit reprises un même échantillon afin de noter l'intensité de cinq attributs après chaque prise. L'arrière-gout de ces attributs était noté de nouveau après un délai de 30 et 60 s pour chacune de ces dernières.

2.2.1.5. *Time Related Profiling*

Relativement proche des techniques présentées précédemment, la méthode *Time Related Profiling* (TRP) propose d'étudier simultanément à des temps prédéterminés le descripteur piquant ainsi que 3-4 saveurs pour des soupes et des sauces dans lesquelles une poudre pimentée a été ajoutée à différentes concentrations (Kostyra, Baryłko-Pikielna, Dąbrowska, & Wasiak-Zys, 2008).

2.2.1.6. *Time-Scanning Descriptive Analysis*

La méthode *Time-Scanning Descriptive Analysis* (TSDA) a été développée dans le but de contrôler les différences de perception pouvant être causées par les différences de température entre les échantillons de café parmi les panélistes (Seo, Lee, Jung, & Hwang, 2009). Dans leurs travaux, les sujets étaient invités à évaluer l'intensité de différents descripteurs dans une limite de temps définie à 10 s par attribut. Les 20 descripteurs évalués ont été présentés selon la séquence de catégories d'attribut suivante : odeurs, apparences, arômes/saveurs et sensations en bouche. Une évaluation d'une durée totale de 240 s était donc fixée par échantillon (incluant quatre pauses de 10 s) durant laquelle les sujets devaient naturellement goûter l'échantillon pour chacune des notations d'intensité (hormis pour les descripteurs d'odeur et d'apparence).

2.2.1.7. Multi-Attribut Temps-Intensité

Le Multi-Attribut Temps-Intensité (*Multi-Attribute Time-Intensity* - MATI) permet l'évaluation de plusieurs attributs au cours du temps (Kuesten, Bi, & Feng, 2013; Kuesten, Bi, & Wu, 2012).

Représentées sur l'écran par des échelles d'intensité, les descripteurs sont évalués un par un dans un délai de 3 s. Les descripteurs sont ainsi évalués plusieurs fois tout au long de la dégustation du produit, suivant un nombre de cycles de notation défini. Plus le nombre d'attributs à évaluer dans une séance est important, plus le nombre de cycles est moindre dans la séance et moins le nombre d'évaluations par attribut est grand. Pour exemple, si le nombre d'attributs est de trois et que la durée de dégustation du produit est

en moyenne de 90 s, le nombre de cycles serait de dix. À ce sujet, Kuesten et al. (2013) suggèrent qu'un maximum de quatre attributs devrait être considéré pour une évaluation d'une durée totale de 60 à 70 s.

2.2.1.8. Temps-Intensité Profil

Non publiée, la méthode Temps-Intensité Profil (TIP) a été développée au sein de la plateforme ChemoSens (anciennement Laboratoire d'Interface Recherche-Industrie Sensométrie - LIRIS) (Schlich, 2007). Cette méthode consiste à présenter au cours de la consommation du produit par le sujet les attributs un par un selon une succession très rapide (environ un descripteur toute les 5 secondes) au fil de laquelle le sujet doit leur affecter une note d'intensité quasi-instinctive (Pineau, 2003). L'ordre des descripteurs est choisi de telle sorte que jamais le sujet ne puisse se douter de la nature du descripteur qui suivra et que chaque sujet évalue chaque descripteur à une dizaine de temps différents grâce à trois ou quatre répétitions du produit. L'entrainement des sujets aux descripteurs semble néanmoins important afin de réduire les temps de réponse et ainsi obtenir plus de données pour chaque descripteur au cours du temps.

2.2.2. Évaluation simultanée d'attributs

2.2.2.1. *Dual-Attribute Time Intensity*

La première méthode ayant permis de mesurer l'intensité de plus d'un descripteur en fonction du temps de manière continue au cours de la dégustation d'un produit est le *Dual-Attribute Time Intensity* (DATI - Duizer, Bloom, & Findlay, 1997).

Pratiquement, le DATI permet aux sujets entrainés d'évaluer simultanément deux attributs en déplaçant le curseur d'une souris sur une carte à deux dimensions où les axes X et Y représentent les deux attributs. La première application du DATI a été l'étude de la saveur sucrée et de l'arôme de menthe poivrée de quatre échantillons de chewing-gums, d'un point de vue de leur durée et de leur maximum d'intensité (Duizer et al., 1997). Selon la littérature, le DATI n'a été appliqué qu'une seule fois pour une étude portant sur la jutosité et la tendreté de viandes de bœuf (Zimoch & Gullett, 1997). Bien que présentant

l'avantage d'évaluer simultanément deux attributs et de réduire l'effet de report (Zimoch & Gullett, 1997), le DATI nécessite un entrainement intensif d'environ 12 h selon les mêmes auteurs. De plus, cette méthode ne peut être étendue à plus de deux descripteurs.

2.2.2.2. *Time-Quality Tracking*

Le *Time-Quality Tracking* semble être la première méthode permettant aux sujets de décrire les attributs sans notion d'intensité, tout au long de la dégustation d'un produit (Zwillinger & Halpern, 1991). Dans cette étude, quatre sujets étaient équipés d'un système distribuant différents types de solutions (saccharine de sodium, glutamate monosodique, acide citrique + saccharine de sodium) au niveau de la pointe de la langue durant une période d'une seconde. Les sujets devaient indiquer dactylographiquement les attributs sensoriels évoqués parmi une liste de 23 termes. Pour ce faire, les sujets ont été entrainés à mémoriser l'association de chaque terme à une touche spécifique de clavier.

Les auteurs ont analysé ce nouveau type de données par les pourcentages d'occurrence des descripteurs, leur durée de perception ainsi que leur séquentialité, mais également par les temps de réaction avant la sélection du premier attribut.

N'ayant été appliquée qu'avec quatre sujets et nécessitant un entrainement contraignant, cette méthode n'a pas fait l'objet d'autres publications scientifiques. Cependant, en s'affranchissant de la notion d'intensité, cette méthode a ouvert de nouvelles perspectives quant à l'évaluation descriptive temporelle.

2.2.2.3. Dominance Temporelle des Sensations

2.2.2.3.1. Principes

Le principe de la DTS est d'identifier et parfois de noter l'intensité des sensations perçues comme dominantes tout au long de la dégustation du produit, jusqu'à la fin de leurs perceptions. Un attribut dominant est défini comme une sensation qui attire l'attention à chaque instant de la dégustation, mais qui n'est pas nécessairement la sensation la plus intense (Labbe, Schlich, Pineau, Gilbert, & Martin, 2009; Pineau et al., 2009). Ainsi, il va

pouvoir être possible de suivre, au niveau du panel de dégustateurs, l'évolution temporel du nombre de citations de chaque descripteur sensoriel, définissant ainsi une fréquence de dominance en fonction du temps.

La question concernant le nombre de sujets à prendre en compte lors d'une expérimentation DTS reste ouverte dans la littérature. Cependant, Pineau et al. (2012) suggèrent un total de 16 sujets tout en pratiquant une répétition afin d'obtenir une trentaine d'évaluations. Le concept innovant de dominance étant complémentaire mais différent de la notion d'intensité, il semble qu'il soit plus prudent de sélectionner des juges n'ayant pas d'expérience des méthodes descriptives classiques (Meyners, 2010). Optionnelle, la notation de l'intensité des attributs n'est pas réellement nécessaire (Pineau et al., 2012) du fait que les taux de dominance apportent une information temporelle suffisamment riche (Dinnella, Masi, Naes, & Monteleone, 2013; Paulsen, Næs, Ueland, Rukke, & Hersleth, 2013). Notons enfin que, dans le cas où seule la dominance est demandée, la DTS ne requiert pratiquement pas d'entraînement, à condition que les descripteurs soient suffisamment simples pour être compris par des sujets naïfs (Albert, Salvador, Schlich, & Fiszman, 2012).

La sélection de la liste des attributs DTS est une des étapes clé dans la mise en place d'un test DTS. Une des façons les plus courantes lorsque l'on travaille avec un panel ayant une expérience sensorielle est que la liste d'attributs soit générée lors de séances d'entrainements avec les sujets et discutée avec l'expérimentateur. Il est également possible de construire cette liste à partir de profils sensoriels précédemment réalisés ou bien en amont par un panel interne (Di Monaco, Su, Masi, & Cavella, 2014). Basée sur les résultats de 21 études portant sur la DTS, Pineau et al. (2012) suggèrent que le nombre d'attributs ne devrait pas dépasser 10, sans quoi le panel aurait tendance à n'utiliser qu'une partie de la liste de descripteurs.

Le sujet indique le début de l'évaluation en cliquant sur un bouton lors de la mise en bouche de l'échantillon. Ce bouton, déclenchant un chronomètre, est généralement appelé « Départ », « Start » ou encore « Mise en bouche ». A la suite de cela le sujet a pour consigne d'identifier les sensations dominantes à tout moment de la dégustation. Il est possible de limiter l'évaluation avant la déglutition mais aussi possible de continuer à noter les arrières goûts en enregistrant ou non le temps de déglutition par un clique sur un bouton correspondant à l'évènement. Généralement l'évaluation se termine lorsque le sujet ne

perçoit plus de changement de sensations dominantes après la déglutition, signalé alors par un clique sur un bouton « Stop ». Selon le protocole, il est possible de fixer le temps d'évaluation et également possible de fixer le temps de déglutition. Lors de l'évaluation, un attribut choisi est enregistré comme dominant jusqu'au moment où un autre attribut va être choisi. Les sujets sont libres de cliquer plusieurs fois sur un même attribut au cours de la dégustation s'ils le perçoivent à plusieurs reprises dominant. Au contraire, ils ne sont pas obligés d'utiliser toute la liste et un ou plusieurs attributs peuvent ne jamais être choisis (Pineau et al., 2009). D'après l'analyse des 21 études portant sur la DTS, Pineau et al. (2012) ont montré qu'un sujet choisissait en moyenne quatre attributs par évaluation. Afin d'éviter les effets d'ordre il est important que l'ordre de présentation des descripteurs à l'écran soit différent d'un sujet à l'autre. Cependant, afin de faciliter la tâche des dégustateurs, il est préférable que cet ordre de présentation soit identique pour tous les échantillons par un même sujet (Meillon, Urbano, & Schlich, 2009; Pineau et al., 2012).

L'acquisition des données se fait généralement sur ordinateur et la plupart des logiciels dévoués au monde de l'analyse sensorielle permettent aujourd'hui la DTS (Fizz, TimeSens, Compusense, EyeQuestion, RedJade, SensoMaker…). Il est également possible de réaliser l'acquisition sur tablettes ou smartphones via certain de ces logiciels.

2.2.2.3.2. Analyse des données

Les données brutes de la DTS définissent pour chaque sujet les descripteurs choisis comme dominants ainsi que les temps auxquels ils ont été choisis tout au long de chaque évaluation. Généralement ces données sont traitées dans le but d'obtenir des courbes représentant l'évolution du taux de dominance de chacun des attributs au cours du temps pour chaque échantillon (Pineau et al., 2009). Le taux de dominance d'un attribut à un temps donné correspond à la proportion de sujets ayant perçu cette sensation dominante et ayant cliqué sur cet attribut à cet instant. Les cinq étapes de construction de telles courbes sont représentées en Figure 2. Tout d'abord on s'intéresse pour chaque sujet aux descripteurs dominants à chaque évaluation. Puis les périodes de dominance de chaque descripteur sont définies sur un axe de temps (pour chaque sujet et répétition). Il est alors possible de réaliser un graphique représentant le pourcentage de dominance, au niveau du groupe de dégustateurs, en fonction du temps. Les courbes peuvent être ainsi construites

puis sont lissées. Enfin, on superpose pour un même produit, les différentes courbes de dominance de chacun des descripteurs. Notons qu'une standardisation des temps est généralement nécessaire si on prend en compte le fait que le temps entre le début et la fin de l'évaluation diffère selon les sujets (Lenfant, Loret, Pineau, Hartmann, & Martin, 2009). Ainsi les temps individuels de notation sont compris entre 0, correspondant au début de l'évaluation, et 1, correspondant à la fin de l'évaluation. Cette standardisation est communément appelée « standardisation à droite » et la valeur de discrétisation fixée généralement entre 0.01 et 0.05. Également applicable, la « standardisation à gauche » initialise le temps de la première dominance choisie au temps 0. Ces deux types de standardisation peuvent être combinés ; on parle alors de « standardisation gauche-droite ».

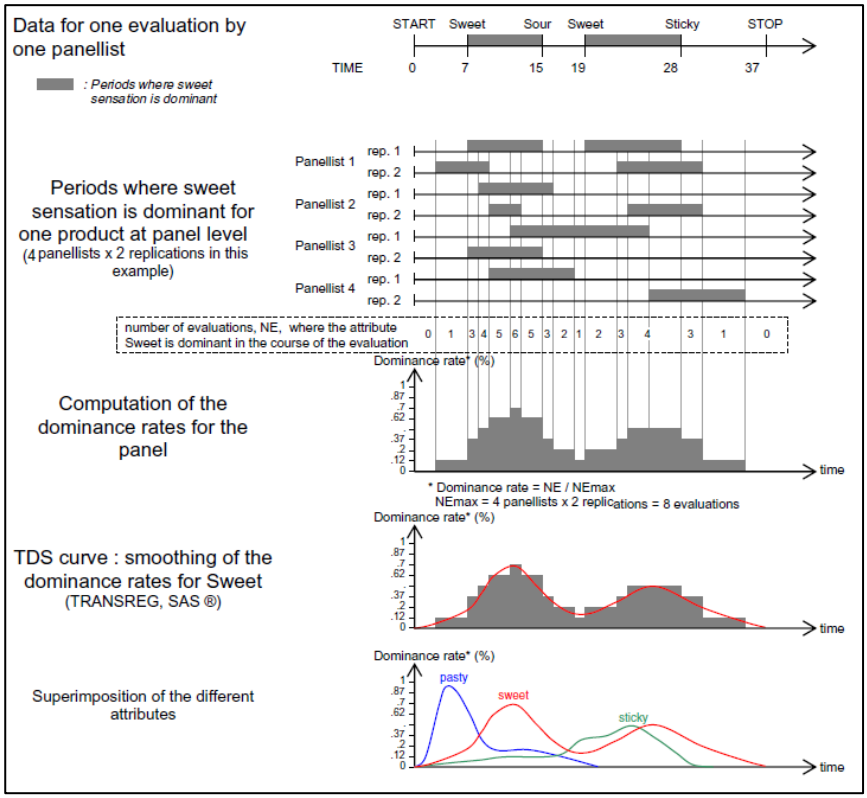


Figure 2[6] : Méthodologie de construction des courbes DTS.

Il est primordial d'interpréter les courbes DTS selon un niveau de chance et un niveau de significativité (Labbe et al., 2009; Pineau et al., 2009). Le niveau de chance (P_0) est défini comme suit (1), où p est le nombre d'attributs.

[6] Figure reproduite de Pineau et al. (2009)

$$P_0 = 1/p \quad (1)$$

Cette valeur correspond au taux de dominance qu'un attribut peut obtenir par chance. Quant au niveau de significativité, défini par P_s dans l'équation (2), il représente la valeur minimale qui doit être atteinte afin que le taux de dominance d'un attribut soit considéré comme significativement ($\alpha = 0.05$) supérieur au niveau de chance.

$$P_S = P_0 + 1.645 \sqrt{P_0 \frac{1 - P_0}{n}} \quad (2)$$

Le niveau de significativité est calculé à partir d'un intervalle de confiance d'une proportion binomiale basée sur une approximation normale, où P_0 est le niveau de chance, n le nombre d'évaluations (sujets*répétitions) et 1.645 la valeur z d'une distribution normale unilatérale considérant un seuil de significativité à 5%. Selon les études et les objectifs de l'expérimentateur, le seuil de significativité est classiquement considéré à 1, 5 ou 10%. Les niveaux de chance et de significativité sont généralement représentés par des lignes horizontales sur les graphiques DTS pour une meilleure interprétation des résultats.

Monterymard, Visalli, et Schlich (2010) ont proposé les bandes DTS comme une simplification des courbes DTS. Cela ayant pour but de pouvoir représenter tous sur les produits sur un même graphique. Dans cette représentation, seuls les attributs significatifs sont représentés proportionnellement à leur durée de dominance dans une bande rectangulaire où la longueur correspond au temps total de l'évaluation. Cet outil a pour objectif de simplifier l'interprétation des courbes DTS en ne conservant que les attributs significatifs dans un intervalle de temps. Récemment, d'autres auteurs se sont intéressés à ce concept et ont proposé une nouvelle version de ces bandes DTS afin de prendre en compte les différences de taux de dominance des attributs significatifs et ainsi rendre une lecture plus aisée de ce type de graphique (Galmarini, Visalli, & Schlich, 2016). La Figure 3 résume les différentes représentations possibles d'un profil DTS.

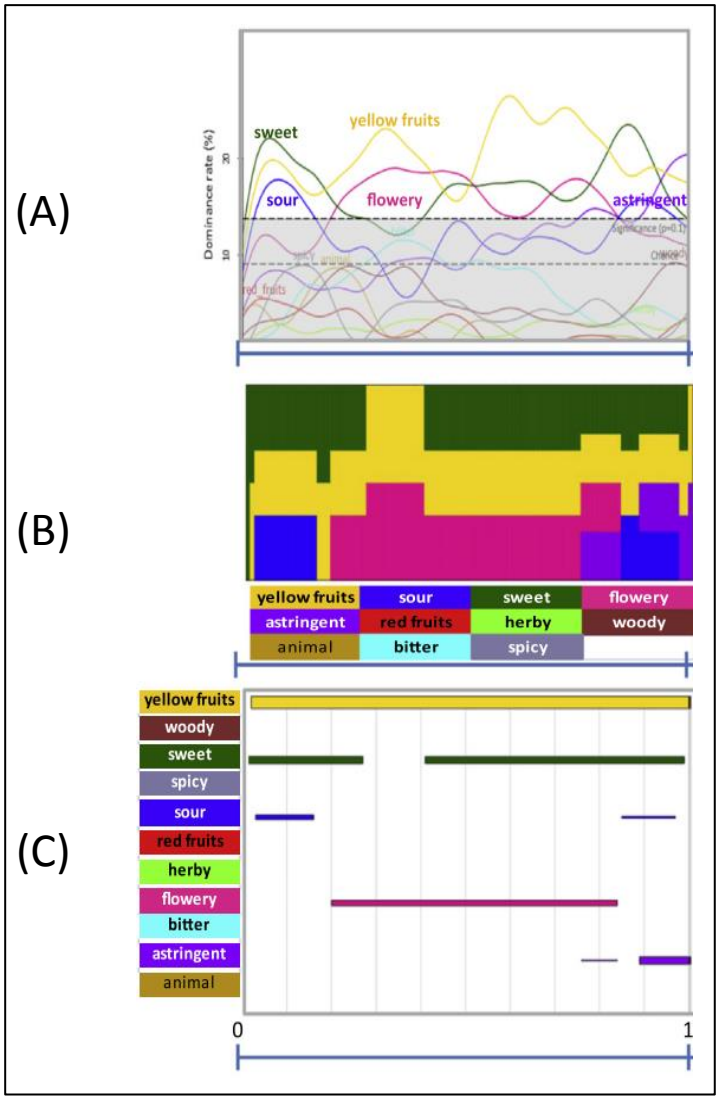


Figure 3[7]: Les différentes représentations DTS : (A) courbes DTS classiques, (B) bandes DTS, (C) bandes par attribut avec une hauteur relative aux taux de dominance.

Les courbes de différences DTS présentent un autre intérêt : cet outil graphique permet également la comparaison de deux produits et met ainsi en évidence les différences dans leurs profils temporels descriptifs ainsi que les moments auxquels ces différences sont perçues (Pineau et al., 2009). Elles sont construites en soustrayant les taux de dominance des deux produits à chaque temps ; les différences de taux de dominance sont considérées significatives lorsqu'elles sont significativement différentes de 0.

D'autres analyses sont réalisables à partir de ces données. Il est par exemple possible d'étudier le temps d'apparition, correspondant au temps écoulé depuis la mise en

[7] Figure adaptée de Galmarini, Visalli, et al. (2016)

bouche du produit à l'instant où le sujet sélectionne un descripteur ou bien la durée de dominance qui est définie comme la différence entre le temps d'apparition du descripteur suivant et le temps d'apparition du descripteur considéré (Pineau, Cordelle, Imbert, Rogeaux, & Schlich, 2003). Dans leurs travaux, Bruzzone, Ares, et Giménez (2013) ont quant à eux calculé et comparé entre produits l'aire sous les courbes DTS. Ces différents paramètres peuvent, comme en analyse descriptive classique, être traités par ANOVA, ACP ou AVC afin d'étudier les différences entre produits (Albert et al., 2012; Galmarini, Visalli, et al., 2016; Labbe et al., 2009; Pineau et al., 2003).

Enfin, nous terminerons par le contrôle des performances en DTS, un sujet peu étudié à ce jour. Basé sur des tests de randomisation, Meyners (2011) a proposé un outil permettant d'étudier l'accord des sujets avec le reste du panel. Cependant, cette méthode requiert des calculs relativement fastidieux. Dans une optique légèrement différente, (Pineau, Neville, & Lepage, 2011) ont développé un outil plus rapide à mettre en place prenant en compte les fréquences de citations des attributs dans un nombre donné de périodes. Plus récemment, Schlich et Visalli (2014) ont présenté un nouveau critère pour évaluer la répétabilité des citations, basé sur le nombre de répétitions pour lesquelles un sujet utilise un attribut comme dominant pour un produit. Bien que non encore repris dans d'autres publications, il semble nécessaire de continuer l'amélioration et le développement de tels outils pour contrôler les performances du panel dans les études DTS (Dinnella et al., 2013).

2.2.2.3.3. Applications

Au vu de son utilisation dans la littérature à ce jour, la méthode DTS semble être la méthode répondant le mieux à la problématique de l'évaluation sensorielle temporelle multi-descripteurs. En effet, de nombreux auteurs se sont intéressés à la DTS afin d'évaluer la temporalité des sensations de divers produits alimentaires. La Table 2 résume les différentes études utilisant la DTS publiées antérieurement aux travaux de la présente thèse (année 2013).

Une rapide recherche[8] au moment de la rédaction de ce paragraphe, dénombre un total de 24 travaux publiés portant sur la DTS pour les années 2014 et 2015 et 12 pour l'année en cours. Ces différents chiffres attestent de l'engouement du domaine académique mais également privé pour la DTS.

2.2.2.3.4. Comparaison avec TI

Toutes deux étant des méthodes temporelles descriptives, la DTS et le TI ont été comparées dans différentes études. La Table 3 résume ces travaux et relaie les conclusions des auteurs en faveur de l'une ou l'autre des deux méthodes. Globalement il est admis que les deux méthodes apportent le même niveau d'information. Le TI semble être à privilégier lors de l'étude d'un descripteur en particulier alors que la DTS permet de représenter la séquence des différentes sensations perçues au cours d'une dégustation.

[8] Source : http://www.sciencedirect.com
(Recherche de publications entre 2014 et 2016 contenant *Temporal Dominance of Sensations* dans leurs titres et/ou résumé et/ou mots-clés).
Recherche effectuée le 4 mai 2016.

Table 2[9] : Études publiées utilisant la DTS.

Catégorie de l'aliment		**Nombre de sujets**	**Référence**
Liquide	Boissons chaudes	12	Le Révérend, Hidrio, Fernandes, et Aubry (2008)
	Produits laitiers	16	Pineau et al. (2009)
	Vin rouge désalcoolisé	16	Meillon et al. (2009)
	Vins rouges	8	Meillon et al. (2010)
	Eaux	16	Teillet, Schlich, Urbano, Cordelle, et Guichard (2010)
	Vodka aromatisées	10	Deleris et al. (2011)
	Vins blancs	18	Sokolowsky et Fischer (2012)
	Jus de cassis	11	Ng et al. (2012)
	Cafés expresso	16	Barron et al. (2012)
	Cafés	13	Dinnella et al. (2013)
	Bière	12	Vázquez-Araújo, Parker, et Woods (2013)
Semi-solide	Gels	12	Labbe et al. (2009)
	Bonbons gélifiés	12	Saint-Eve et al. (2011)
	Fromages	16	de Loubens et al. (2011)
	Yaourts	10	Bruzzone et al. (2013)
Solide	Flocons de blé	25	Lenfant et al. (2009)
	Bâtonnets de poissons	9	Albert et al. (2012)
	Biscuits	13	Laguna, Varela, Salvador, et Fiszman (2013)
Combinaison d'aliments	Huiles d'olives et légumes	13	Dinnella, Masi, Zoboli, et Monteleone (2012)
	Saumons et sauces	9	Paulsen et al. (2013)

[9] Table adaptée de Di Monaco et al. (2014).

Table 3 : Résumé des études comparant la DTS au TI.

Référence	Aliments	Principales conclusions de la comparaison
Le Révérend et al. (2008)	Boissons chaudes	• Informations similaires en termes de différences entre produits, attributs et évolution au cours du temps. • DTS plus rapide pour obtenir les informations. • TI plus adapté pour suivre la cinétique d'un attribut spécifique • DTS illustre mieux la perception du produit au cours du temps de par la séquence des sensations.
Pineau et al. (2009)	Produits laitiers	
Vázquez-Araújo et al. (2013)	Bières	
Sokolowsky et Fischer (2012)	Vins blancs	• Effet de report prononcé avec le TI, évité avec la DTS.

2.2.2.3.5. Avantages

Présentant une approche différente mais pouvant également être complémentaire d'autres techniques sensorielles plus classiques, la DTS a le mérite d'être une méthode plus rapide et moins coûteuse (Di Monaco et al., 2014). Méthode dite multi-attributs, la DTS permet de diminuer les effets de report présents dans le TI (Sokolowsky & Fischer, 2012), tout en diminuant le nombre de séances par sujet. Enfin la DTS permet d'obtenir une information complémentaire avec la séquence des sensations perçues au cours de la consommation du produit (Le Révérend et al., 2008).

2.2.2.3.6. Limites

Bien que multi-attributs, il semble raisonnable de considérer un maximum de 10 descripteurs car il n'est pas possible pour le sujet de gérer une liste d'attributs qui soit trop importante (Pineau et al., 2012). De par le manque de littérature sur le nombre optimum de sujets pour cette méthode et sur le contrôle de leurs performances, il semble primordial de ne pas négliger la taille du panel et de recruter plus de juges que ce qui est recommandé dans les méthodes descriptives conventionnelles (Pineau et al., 2012). Nous ajouterons à cela qu'il semble préférable de privilégier un recrutement en dehors des panels habitués aux méthodologies descriptives classiques afin que les sujets ne confondent pas le concept de dominance avec celui d'intensité. (Meyners, 2010).

Il est important de souligner que l'ordre des descripteurs dans la liste doit être systématiquement randomisé afin de limiter la tendance à sélectionner en début de séquence les descripteurs du début de la liste (Pineau et al., 2012).

Bien que facilement compréhensible et simple à mettre en place afin d'obtenir une image temporelle du produit, le concept de dominance de la DTS n'est en aucun un substitut du TI ou d'autres méthodes basées sur la notation d'intensité.

2.2.2.4. *Temporal Check-All-That-Apply*

Récemment, une extension temporelle de la méthode *Check-All-That-Apply* (CATA) a été développée (Castura, Antúnez, Giménez, & Ares, 2016). Cette nouvelle méthode appelée *Temporal Check-All-That-Apply* (TCATA) permet aux sujets de cocher et décocher à partir d'une liste, les attributs étant perçus comme « applicables » à chaque instant de la dégustation.

N'ayant à ce jour encore peu de recul avec cette méthode et peu d'applications dans la littérature (Ares et al., 2015; Boinbaser, Parente, Castura, & Ares, 2015; Oliveira et al., 2015), nous nous contenterons dans cette revue de la littérature du principe général de cette méthode et nous invitons le lecteur à se référer au dernier chapitre de la présente thèse pour une discussion portant sur la comparaison des méthodes TCATA et DTS.

2.2.3. Ordre Temporel des Sensations

La méthode Ordre Temporel des Sensations (*Temporal Order of Sensations* - TOS) permet une approche relativement différente en proposant au sujet d'identifier les trois sensations dans l'ordre où elles ont été perçues à partir d'une liste d'environ dix descripteurs (Pecore, Rathjen-Nowak, & Tamminen, 2011). Facile à mettre en place, la TOS est une méthode qualitative permettant de capturer uniquement les premiers attributs pour chacune des prises d'un même produit.

2.3. Résumé des méthodes temporelles descriptives

La Table 4 résume les différentes méthodes sensorielles temporelles descriptives développées avant le début des travaux de la présente thèse (année 2013). Elle donne pour chacune des méthodes le nombre d'attributs maximal recommandé par les auteurs, la prise en compte ou non de l'intensité ainsi que la simultanéité ou non de leurs évaluations. Elle souligne également si l'évaluation se fait de manière continue ou discontinue au cours de la dégustation du produit.

Table 4 : Méthodologie en analyse sensorielle temporelle descriptive.

Nom usuel	**Abréviation**	**Nombre d'attributs**	**Intensité**	**Évaluation simultanée**	**Temps**	**Référence majeure**
Time-Intensity	TI	1	Oui	Non	Continu	Lee et Pangborn (1986)
Intensity Variation Descriptive Methodology	IVDM	4	Oui	Non	Discontinu	Gordin (1987)
Discontinuous Time-Intensity	/	1-5	Oui	Non	Discontinu	Clark et Lawless (1994)
Time-Scanning Descriptive Analysis	TSDA	20	Oui	Non	Continu	Seo et al. (2009)
Multi-Attribute Time-Intensity	MATI	3-4	Oui	Non	Continu	Kuesten et al. (2013)
Temps-Intensité Profil	TIP	6	Oui	Non	Continu	Pineau (2003)
Progressive Profile	PP	5	Oui	Oui	Discontinu	Jack et al. (1994)
Sequential Profile	SP	5	Oui	Oui	Discontinu	Methven et al. (2010)
Time Related Profile	TRP	4-5	Oui	Oui	Discontinu	Kostyra et al. (2008)
Dual-Attribute Time-Intensity	DATI	2	Oui	Oui	Continu	Duizer et al. (1997)
Temporal Order of Sensations	TOS	8	Non	Oui	Discontinu	Pecore et al. (2011)
Time-Quality Tracking	/	23	Non	Oui	Continu	Zwillinger et Halpern (1991)
Temporal Dominance of Sensations	TDS	8-10	Non	Oui	Continu	Pineau et al. (2009)

2.4. Applications physico-chimiques

Afin de mieux comprendre comment un aliment est perçu, il semble important d'étudier ses propriétés physico-chimiques. Un grand nombre d'études portant sur le lien éventuel entre la libération des arômes *in vivo* et leurs perceptions sensorielles ont été menées (Taylor & Linforth, 1996). Cependant, au vu de la littérature, la dynamique des perceptions a été peu considérée en comparaison de la cinétique de relargage des composés aromatiques mesurée par spectrométrie de masse (Roberts, Pollien, Yeretzian, & Lindinger, 2004; Taylor, Linforth, Harvey, & Blake, 2000). Néanmoins, quelques études ont été conduites afin de collecter simultanément ces deux composantes par le biais de méthodes temporelles sensorielles descriptives telles que le TI (Brauss, Linforth, Cayeux, Harvey, & Taylor, 1999), le TI discontinue (Pionnier et al., 2004) et la DTS (Deleris et al., 2011). Afin d'établir des liens dynamiques entre les deux ensembles de données, les auteurs de ces différents travaux basent essentiellement l'analyse descriptive de ces données au niveau du panel bien qu'il soit admis que la variabilité interindividuelle soit importante dans ce type de mesure. Ce constat pourrait être la raison pour laquelle les résultats des études citées ci-dessus n'ont pas abouti à une relation claire entre perception sensorielle et relargage aromatique au niveau individuel.

3. Méthodologie temporelle hédonique

L'ingestion d'un aliment conduit à une appréciation ou dépréciation hédonique de ce dernier par la personne consommant le produit. L'appréciation hédonique est communément désignée par le *liking*. Le *liking* peut facilement être mesuré, cependant son évaluation temporelle est beaucoup moins répandue.

3.1. Aspects historiques

L'appréciation hédonique est généralement évaluée par un score unique. Rozin, Ebert, et Schull (1982) ont étudiés la réponse hédonique temporelle suite à la consommation de crackers pimentés. Pour cela, les sujets évaluaient le plaisir-déplaisir des sensations ressenties en bouche à différents temps après la consommation de chaque

cracker. La notation était réalisée toutes les 10 s pour la 1ère minute et toutes les 30 s par la suite. Les auteurs ont ainsi démontré que le *liking* pouvait présenter un aspect temporel. Quelques années plus tard, Lee et Pangborn (1986) ont mentionné dans leurs travaux pour la première fois que le caractère hédonique, répondant à un phénomène de temporalité, était susceptible d'être mesuré continuellement tout au long d'une dégustation par la méthode TI. Caractérisé comme un « descripteur » à part entière, le *liking* suivrait donc une temporalité qui lui est propre et qui serait fonction de différents processus physiologiques (mastication, salivation etc.). La première étude mesurant ce phénomène a été réalisée sur des boissons lactées chocolatées (Taylor & Pangborn, 1990). Avec la méthode TI, les auteurs ont mesuré de façon continue au cours de la dégustation le *liking* de laits chocolatés contenant différentes concentrations de lipides et ont ainsi montré qu'il y avait une variabilité des scores de *liking* concernant les types de produits mais également concernant les sujets. Ces résultats confirment que le *liking* a une temporalité. Notons que dans cette étude les sujets n'avaient aucune expérience avec la méthode TI afin qu'ils ne confondent pas les échelles d'intensité et de *liking*.

3.2. Hédonisme et intensité

Il a souvent été dit que l'hédonisme était corrélé à la perception de l'intensité des différents attributs sensoriels qui caractérisent le produit (Coombs & Avrunin, 1977; de Graaf, van Staveren, & J., 1996; Moskowitz, 1971; Wundt, 1896). Afin de comparer la mesure temporelle du *liking* à l'évolution temporelle de l'intensité d'un ou plusieurs descripteurs sensoriels, il a été demandé à 24 sujets de noter de façon continue au cours de la dégustation l'intensité gustative globale (lors d'une première séance) et le plaisir hédonique (dans une seconde séance) pour trois limonades à l'orange de concentrations différentes (Veldhuizen, Wuister, & Kroeze, 2006). Les échelles visuelles analogiques allaient de « extrêmement déplaisant » à « extrêmement plaisant » pour l'hédonisme et « extrêmement faible » à « extrêmement fort » pour l'intensité. Au début de l'évaluation, le curseur sur l'échelle visuelle hédonique était situé au milieu de celle-ci contrairement à l'échelle d'intensité où le curseur était positionné à l'extrême gauche correspondant ainsi à une intensité « extrêmement faible ». Ce choix peut se justifier par le fait qu'en début de consommation, l'état hédonique est dans un état neutre puis très vite il va y avoir une appréciation ou bien une dépréciation du produit. A l'inverse, l'intensité est nulle puis

augmente lors de la mise en bouche. Cette étude a permis de confirmer la possibilité d'étudier en tant que telle la réponse temporelle hédonique. Les résultats ont mis en avant que la réponse hédonique avait un profil temporel qui lui était propre. Il a ainsi été valider qu'une échelle hédonique temporelle pouvait être utilisée. De plus, Veldhuizen et al. (2006) ont démontré que la courbe temporelle de l'appréciation hédonique n'est pas une simple copie de la courbe temporelle de l'intensité. En effet, la réponse intensité atteint son maximum avant le maximum de la réponse du *liking* ce qui signifie qu'une série de processus interviendrait concernant l'acceptation et les préférences hédoniques d'un aliment dépendant des différentes intensités sensorielles qu'il procure.

3.3. Approches continue et discontinue

Dans le but d'étudier l'aspect temporel hédonique pour différents chewing-gums, Delarue et Loescher (2004) ont développé une méthode permettant de mesurer le plaisir hédonique de manière discontinue, à trois temps de mastication différents : 1, 5 et 30 min. Pour chaque produit, le sujet réitérait trois fois la mastication du produit dans le but d'obtenir les trois mesures. Les auteurs justifient ce choix de procédure par le fait que le sujet puisse avoir tendance à reproduire ses choix de réponses afin de maintenir une certaine cohérence lorsque plusieurs questions de même nature lui sont posées répétitivement. Pour pallier cela, Galmarini, Symoneaux, Visalli, Zamora, et Schlich (2015) ont récemment proposé d'intercaler après chaque notation hédonique (toute les minutes pendant 10 min) une courte histoire à lire permettant d'éviter un effet lassant de la tâche tout en continuant la consommation du chewing-gum. Les résultats de ces deux études ont ainsi confirmé que l'approche discontinue permettait de capturer des différences d'évolution de *liking* en fonction des produits. Galmarini et al. (2015) ont également souligné que la discrimination entre les échantillons était supérieure en évaluation dynamique par rapport à une évaluation statique.

Afin de comparer les approches continue et discontinue de l'évaluation temporelle du *liking*, Sudre, Pineau, Loret, et Martin (2012) ont évalué l'appréciation hédonique en fonction du temps de trois céréales différentes. Dans la première méthode, il était demandé au sujet de noter leur appréciation du produit à quatre temps spécifiques de la dégustation via une échelle hédonique à sept points allant de « j'aime beaucoup » à « je n'aime pas du

tout ». Les quatre temps choisis étaient au début de la mastication, au milieu de la mastication, juste avant la déglutition et après la déglutition. La même échelle était utilisée dans la deuxième méthode mais cette fois de manière continue. Avec les deux méthodes, les auteurs ont noté une interaction temps*produit significative, montrant bien que l'évolution du *liking* dans le temps varie en fonction des produits. Dans l'approche discontinue, les auteurs ont en effet observé une temporalité hédonique positive pour un des trois produits. Concernant l'approche continue, les auteurs ont de nouveau relevé cette cinétique positive pour ce même produit ; les deux autres produits, quant à eux, présentaient une temporalité négative du *liking*. Ces résultats soulignent qu'un sujet est capable d'évaluer de façon continue son appréciation hédonique d'un aliment au cours de sa consommation.

3.4. Le *liking* en tant que descripteur ?

La méthode temporelle descriptive TIP présentée précédemment (page 41) a été étendue au *liking* en ajoutant un descripteur hédonique (Pineau, 2003). Par cette variante, nommée Temps-Intensité Profil Préférence (TIPP), il est donc possible de construire graphiquement la cinétique d'appréciation hédonique au cours de la consommation du produit. Cependant dans ce travail, l'auteur traite les données de manière à représenter graphiquement le taux de citation de chaque descripteur (incluant le descripteur hédonique) en fonction du temps. Il semblerait néanmoins préférable de s'intéresser aux intensités desdits descripteurs et plus particulièrement du descripteur hédonique étant donné qu'aucune notion de dominance n'est introduite via cette méthode.

De la même manière, la méthode MATI présentée précédemment (page 40) a également été appliquée en utilisant des termes hédoniques avec un panel de 20 adultes (Kuesten et al., 2013). Ainsi, les auteurs ont pu mettre en évidence que la méthode MATI était relativement simple d'utilisation et qu'elle pouvait conduire à une bonne discrimination des bonbons testés au cours de leur consommation tout en soulignant une temporalité de leurs acceptabilités au cours de l'expérience de consommation.

3.5. Résumé des travaux

Comme présenté précédemment, peu d'auteurs se sont intéressés à la cinétique du caractère hédonique d'un aliment ou d'une boisson. La Table 5 résume les différentes travaux ayant porté sur ce sujet avant le début des travaux de la présente thèse (année 2013).

4. Lien entre les deux composantes temporelles

A notre connaissance, peu d'auteurs ont mis en regard les cinétiques temporelles descriptive et hédonique d'un même produit. Veldhuizen et al. (2006) semblent être les premiers à avoir enregistré les cinétiques d'intensité et de *liking* issues des mêmes sujets par la méthode TI, en concluant que ces deux composantes étaient caractérisées par deux profils temporels distincts.

Par ailleurs, plusieurs travaux utilisant la DTS avec des sujets entrainés ont fait appel à des panels de consommateurs dans le but de mieux comprendre leurs préférences par la séquentialité des sensations perçues au cours de la consommation (Dinnella et al., 2012; Laguna et al., 2013; Meillon et al., 2010; Paulsen et al., 2013). Dans ces études, la notion de temporalité s'applique uniquement au profil descriptif, les préférences n'étant basées que sur des évaluations non dynamiques. Dans une logique inverse, Delarue et Loescher (2004) réalisent en complément de leur évaluation temporelle hédonique un profil Flash avec des sujets expérimentés avec l'objectif d'expliquer les différences observées de *liking* par les caractéristiques sensorielles des chewing-gums.

Dans leurs travaux, Sudre et al. (2012) abordent brièvement dans leur discussion le parallèle entre les cinétiques hédoniques observées dans leur étude et les profils DTS obtenus pour les mêmes produits dans une étude plus ancienne (Lenfant et al., 2009). Cependant, aucun traitement statistique de ces données n'est proposé.

Table 5 : Travaux portant sur la temporalité du liking.

Catégorie de l'aliment		**Nombre de sujets**	**Type d'évaluation**	**Référence**
Liquide	Laits chocolatés	17	Continu	(Taylor & Pangborn, 1990)
	Solutions sucrées	13	Continu	(Lee et al., 1992)
	Limonades à l'orange	24	Continu	(Veldhuizen et al., 2006)
Semi-solide	Chewing-gums	16	Discontinu	(Pineau, 2003)
	Chewing-gums	42	Discontinu	(Delarue & Loescher, 2004)
	Bonbons	20	Discontinu	(Kuesten et al., 2013)
Solide	Crackers pimentés	40	Discontinu[10]	(Rozin et al., 1982)
	Céréales	49	Continu et Discontinu	(Sudre et al., 2012)

[10] Évaluation réalisée *a posteriori* de la consommation.

Dans le but de comparer les cinétiques hédoniques et descriptives obtenues par deux panels différents, Kuesten et al. (2013) proposent de les représenter dans un même graphique. A l'aide de cette représentation visuelle, les auteurs concluent que la diminution de l'appréciation au cours de la dégustation des bonbons évalués pourrait s'expliquer par une augmentation des notes parasites. De manière intéressante, les auteurs notent un décalage entre ces deux réponses, ce qui semble confirmer les conclusions de Veldhuizen et al. (2006). De manière similaire, par la méthode TIPP, Pineau (2003) propose de représenter la cinétique de *liking* aux côtés des courbes temporelles des descripteurs sensoriels. De plus, l'auteur a calculé les coefficients de corrélation de Pearson entre la courbe relative à la préférence et les courbes relatives aux descripteurs sensoriels. Grâce à une ANOVA de ces coefficients, Pineau (2003) a relevé que les corrélations entre les courbes des préférences et des descripteurs sont différentes entre les sujets et que la cinétique hédonique serait plus proche de celle de l'intensité des saveurs que de celle des arômes.

III- Le consommateur comme outil de mesure sensorielle

Identifiée comme la clé du succès sur le marché des produits, l'opinion des consommateurs est devenue au cours des dernières années une priorité des décisionnaires du développement/optimisation de produits et du marketing. Le but des différentes études menées auprès de consommateurs est de mieux comprendre leurs préférences, et leurs besoins en termes de caractéristiques sensorielles intrinsèques au produit. Bien qu'il soit recommandé de proscrire les consommateurs dans les tests classiques d'analyse sensorielle descriptive, plusieurs méthodes alternatives permettant de faire appel à eux ont été développées ces dix dernières années. Nous nous proposons de mieux comprendre les débuts de l'utilisation de sujets naïfs dans de telles méthodes et de faire un état des lieux des nouvelles techniques dites rapides et faciles à mettre en place.

1. Notation par rapport à l'idéal

La méthode du Profil Idéal (IPM) et l'utilisation des échelles *Just-About-Right* (JAR) dérivent des travaux de Moskowitz (1972) considérant l'idée que les consommateurs sont capables de noter l'intensité des descripteurs perçus lors de la dégustation du produit en fonction de leur propre idéal, considéré ainsi comme référence.

1.1. La méthode du Profil Idéal

La méthode du Profil Idéal (IPM) permet, à partir d'un produit existant, d'identifier les caractéristiques sensorielles nécessitant d'être modifiées dans le but de l'optimiser au mieux. Par l'IPM, il est demandé aux consommateurs de noter les produits en fonction de l'intensité perçue de différents attributs sensoriels et de leurs intensités considérées comme idéales. Pour chaque attribut, deux échelles identiques pouvant être discrètes ou non sont proposées aux consommateurs. Chacune de ces échelles est associée à une question spécifique. La première concerne la notation de la sensation perçue dans le produit (p. ex. « Merci de noter l'amertume de ce produit »). La seconde concerne la notation de l'intensité idéale de la sensation (p. ex. « Merci d'indiquer votre idéal d'amertume pour ce produit »). Par cette méthode il peut être demandé d'évaluer entre 10 et 30 attributs

sensoriels, en prenant soin que les termes employés soient facilement compréhensibles par des sujets naïfs et qu'ils couvrent la totalité de l'univers produit. Cette liste pourra être générée en amont en interne ou bien par un groupe d'experts. Il conviendra pour cette méthode de recruter entre 60 et 100 consommateurs (Moskowitz, 1997). Cette méthode est à la frontière entre les tests descriptifs et les tests hédoniques. De plus, il est généralement demandé aux sujets de noter leur appréciation du produit durant la même séance, en amont ou en aval du questionnaire.

Après une éventuelle segmentation des consommateurs basée sur la distribution des intensités idéales du produit, les données issues de ce test peuvent être traitées par une ACP dans le but de mieux décrire les caractéristiques sensorielles du produit à modifier pour se rapprocher de l'idéal.

Bien qu'utilisée intensément dans des études de marché durant les 20 dernières années, l'IPM n'a jamais été réellement bien accepté par la communauté sensorielle, du fait que les consommateurs ne soient pas aptes à fournir des profils sensoriels valides (Worch & Punter, 2014). Certains travaux ont néanmoins permis de changer l'opinion sur les méthodes consommateurs; c'est le cas par exemple de ceux de Worch, Crine, Gruel, et Lê (2014) qui ont suggéré de revisiter l'analyse de ce type de données.

1.2. Les échelles *Just-About-Right*

Basées également sur l'identification d'une formulation optimale du produit, les échelles JAR ont pour objectif final de déterminer de manière plus directe le produit idéal. Pour chaque attribut il est demandé aux consommateurs de noter le produit dégusté par rapport à leur idéal. Bien qu'elles puissent être continues, les échelles JAR sont généralement présentées aux consommateurs en cinq points, structurées de « Pas du tout assez » à « Beaucoup trop » et avec pour catégorie centrale « Juste bien », représentant ainsi le niveau idéal (Popper, 2014). Similairement à l'IPM, l'utilisation des échelles JAR nécessite un panel d'une soixantaine à une centaine de consommateurs naïfs et l'utilisation de termes sensoriels faciles à comprendre pour le consommateur.

D'un point de vue de l'analyse de données, les réponses des consommateurs peuvent être rapidement synthétisées en calculant pour chaque paire produit*attribut les

pourcentages de réponses obtenues dans chacune des catégories de l'échelle. Ces pourcentages peuvent ainsi représenter graphiquement le profil JAR du produit soit par un diagramme à bandes, soit par un diagramme ternaire.

2. Effet des questions descriptives sur la notation de l'appréciation

Il convient selon la littérature classique d'interroger les consommateurs naïfs uniquement sur des questions hédoniques (Stone & Sidel, 2004). Néanmoins, en pratique, les épreuves hédoniques sont généralement accompagnées de questions relatives aux attributs sensoriels dans le but de mieux comprendre l'opinion des consommateurs (p. ex. Vazquez-Araujo, Chambers, Adhikari, & Carbonell-Barrachina, 2010). La note de *liking* globale est généralement demandée avant afin d'éviter que le produit soit évalué de manière analytique.

Différents travaux ont étudié cette question et ont conclu à des résultats inconsistants. En effet il a été montré que l'ajout de questions hédoniques liées aux attributs et leur intensité n'a pas d'effet sur la notation de l'appréciation globale (Mela, 1989; Vickers, Christensen, Fahrenholtz, & Gengler, 1993). Cependant, une évaluation des produits par des échelles de type JAR conduit à une augmentation (diminution) du score de *liking* des produits les moins (plus) appréciés (Earthy, MacFie, & Hedderley, 1997). Afin de mieux comprendre les résultats contradictoires de ces travaux, Popper, Rosenstock, Schraidt, et Kroll (2004) ont comparé l'impact de ces différentes questions sur l'appréciation hédonique globale chez le consommateur. Les résultats montrent que l'ajout de questions d'intensité, contrairement aux échelles JAR, n'ont pas d'impact sur la notation hédonique globale. Les questions hédoniques liées aux attributs affectent quant à elles cette notation dans une moindre mesure que les échelles JAR. En levant le doute sur l'incohérence des résultats des travaux passés, les auteurs suggèrent que la notion d'idéal des échelles JAR soit, de par sa composante affective, la raison pour laquelle les consommateurs modifient leur appréciation globale.

3. Les méthodes *Free-Choice Profiling* & *Repertory Grid*

Au vu des développements croissants du domaine de l'analyse sensorielle ces 50 dernières années, il semble naturel qu'elle s'oriente sur des méthodes plus rapides, plus souples d'un point de vue de l'entrainement, permettant ainsi un gain de temps et une économie financière. Le développement des méthodes *Free-Choice Profiling* (FCP) (Williams & Arnold, 1985) et *Repertory Grid (RG)* (Thomson & McEwan, 1988) ont, dans les années 1980, marqué définitivement le tournant de l'utilisation des consommateurs naïfs pour des tâches descriptives sensorielles.

La méthode FCP est basée sur le postulat que les sensations perçues par les sujets sont les mêmes mais peuvent être décrites de manière différentes. Dans cette méthode, les consommateurs développent, à partir de leur vocabulaire, leurs propres attributs sensoriels pour décrire les produits. A la suite de cela, similairement à un profil sensoriel conventionnel, l'intensité perçue (Murray, Delahunty, & Baxter, 2001) de ces attributs est quantifiée sur des échelles, généralement non structurées. Le développement de l'analyse procrustéenne généralisée en tant que méthode d'analyse statistique multivariée (Gower, 1975) a rendu possible l'analyse d'un jeu de données différant dans le nombre d'attributs sélectionnés par les consommateurs. La méthode RG suit la même voix que la méthode FCP concernant l'étape de quantification des attributs, mais diffère sur la génération des termes sensoriels qui est basée sur une présentation successive de plusieurs séries de triades d'échantillons lors d'interviews personnalisés.

La méthode FCP, nécessitant entre 25 et 35 consommateurs, est généralement couplée à la méthode RG pour générer les listes individuelles des termes sensoriels (Tárrega & Tarancón, 2014). Comparé aux méthodes classiques, cette méthode descriptive présente de nombreux avantages. En effet, beaucoup moins chronophage concernant l'entrainement, cette méthode permet un gain de temps et une économie financière. De plus, se rapportant directement à l'univers du consommateur, le vocabulaire élicité lors des interviews est une information précieuse pour le marketing. Cependant, le grand nombre de termes générés rend leur interprétation et leur analyse relativement plus compliquées que dans les profils sensoriels dits classiques.

4. Émergence de nouvelles techniques

Depuis le développement des techniques FCP et RG au cours des années 1980, différentes approches ont émergé et ont conduit à de nouvelles méthodes sensorielles descriptives permettant d'utiliser des consommateurs naïfs. La Table 6 établit un tour d'horizon de ces outils et présente leurs caractéristiques principales.

Dans une récente revue de littérature de ces nouvelles méthodes, Varela et Ares (2012) souligne la frontière de plus en plus mince entre analyse descriptive sensorielle et science du consommateur. En reprenant les différents travaux ayant comparé les résultats obtenus avec ces nouvelles méthodes et ceux obtenus par une analyse descriptive classique, les auteurs concluent que l'utilisation de consommateurs fournit des cartes sensorielles très similaires à celles des panels entrainés. D'un point de vue des caractéristiques sensorielles générales, les interprétations finales sont proches, mais l'analyse descriptive est cependant plus robuste d'un point de vue statistique lorsqu'il s'agit d'identifier des différences subtiles entre produits (Albert, Varela, Salvador, Hough, & Fiszman, 2011). Bien moins chronophage que le profil descriptif conventionnel, ces nouvelles méthodes ne requièrent pas de consensus de la part du panel, permettant ainsi une diversité de points de vue pouvant être riche d'informations (Dairou & Sieffermann, 2002). Notons néanmoins que l'interprétation du vocabulaire employé par les consommateurs peut être difficile (Moussaoui & Varela, 2010), et il semble judicieux, lorsque la méthode le permet, d'établir une liste de termes sensoriels qui soient facilement compréhensibles par les consommateurs. Comparées entre elles, les méthodes CATA, *sorting*, *projective mapping* et les échelles d'intensités semblent apportées des informations similaires (Ares, Varela, Rado, & Gimenez, 2011). Concernant la complexité de la tâche, Veinand, Godefroy, Adam, et Delarue (2011) reportent qu'il est plus aisé de pratiquer un profil Flash qu'un *projective mapping* avec des consommateurs. En termes de rapidité, les questions ouvertes, la méthode CATA et les échelles d'intensité assurent un gain de temps comparé aux méthodes *sorting* et *projective mapping* (Ares, Deliza, Barreiro, Giménez, & Gámbaro, 2010).

Table 6[11] : Méthodologie nouvelle en analyse sensorielle.

Nom usuel	**Principe**	**Vocabulaire**	**Référence(s) majeure(s)**
Sorting	Classifier les échantillons au vu de leurs similarités et de leurs différences	Élicité par les sujets ou fourni par l'expérimentateur	Schiffman, Reynolds, et Young (1981)
Profil Flash	Classer les échantillons sur une sélection d'attributs	Élicité par les sujets	Dairou et Sieffermann (2002)
Projective mapping / Napping	Positionner les échantillons sur une carte bidimensionnelle en fonction de leurs similarités et différences	Élicité par les sujets	Pagès (2005); Risvik, McEwan, Colwill, Rogers, et Lyon (1994)
Questions *Check-all-that-apply* (CATA)	Décrire les échantillons en sélectionnant des termes à partir d'une liste proposée	Fourni par l'expérimentateur	Adams, Williams, Lancaster, et Foley (2007)
Échelles d'intensité	Noter sur des échelles l'intensité de plusieurs attributs	Fourni par l'expérimentateur	Husson, Le Dien, et Pagès (2001)
Questions ouvertes	Décrire verbalement les échantillons	Élicité par les sujets	ten Kleij et Musters (2003)
Élicitation d'attributs préférés	Classer les attributs en fonction de leurs importances et noter les produits sur des échelles structurées	Élicité par les sujets	Grygorczyk, Lesschaeve, Corredig, et Duizer (2013)
Positionnement Sensoriel Polarisé (PSP)	Évaluation de différences globales entre échantillons et un ensemble fixe de références	Peut être élicité par les sujets (non recueilli dans la méthode originale)	Teillet et al. (2010)
Comparaison par paire	Comparaison d'un ensemble d'attributs par paire d'échantillon	Fourni par l'expérimentateur	Poirson, Petiot, et Richard (2010)

[11] Table adaptée de Varela et Ares (2012)

5. Les méthodes temporelles

Bien qu'utilisés logiquement et naturellement dans les méthodes temporelles hédoniques, nous avons également pu voir précédemment que certaines méthodes temporelles descriptives multi-attributs telles la DTS ou bien la MATI pouvaient être adaptées pour une utilisation de consommateurs dans le but d'évaluer la cinétique hédonique (Kuesten et al., 2013; Sudre et al., 2012). Cependant, peu de travaux dans la littérature évoquent l'utilisation de consommateurs pour une évaluation descriptive temporelle du produit.

Concernant la DTS, l'entrainement ne semble pas réellement nécessaire du moment que l'intensité des attributs dominants n'est pas demandée et que les termes sensoriels sont suffisamment compréhensibles par l'ensemble des consommateurs naïfs (Albert et al., 2012). Meillon et al. (2009) affirment même qu'un entrainement intensif des sujets conduirait à des réponses types individuelles se caractérisant par une séquentialité des descripteurs équivalente pour tous les produits. Quant à la méthode MATI, Kuesten et al. (2013) ont démontré sa simplicité d'utilisation pour une évaluation temporelle hédonique avec des consommateurs (adultes et enfants) ayant reçu un entrainement minimal uniquement.

Depuis le début des travaux de la présente thèse, plusieurs études ont reporté l'utilisation de méthodes temporelles descriptives (DTS, TCATA, PP) avec des consommateurs (Ares et al., 2015; Brachet et al., 2014; Galmarini, Symoneaux, et al., 2016; Oliveira et al., 2015; Schlich, Visalli, Urbano, & Pineau, 2013). Basée sur le concept de dominance, la méthode DTS est facilement assimilable sans entrainement pour des consommateurs naïfs (Brachet et al., 2014; Schlich et al., 2013), contrairement à la méthode TCATA où il semble compliqué pour ces derniers de désélectionner les attributs qui ne sont plus applicables (Oliveira et al., 2015). Dans leurs travaux, Galmarini, Symoneaux, et al. (2016) concluent que les résultats obtenus en PP avec des consommateurs naïfs sont similaires à ceux obtenus en TI avec un panel entrainé.

Ces récents travaux rejoignent les conclusions de Varela et Ares (2012) soulignant la volonté de développer des outils sensoriels en adéquation avec les perceptions des consommateurs. Notons également que certaines méthodes temporelles telles que l'évaluation dynamique du *liking* (Galmarini et al., 2015), la DTS (Schlich et al., 2013), ou

bien le profil progressif (Galmarini, Symoneaux, et al., 2016), ont été appliquées avec des consommateurs à domicile dans le but de se rapprocher de conditions normales de consommation et ainsi d'être plus proche des habitudes des consommateurs (Martin, Visalli, Lange, Schlich, & Issanchou, 2014). Enfin, les évaluations sensorielles au domicile se révèlent être une stratégie intéressante d'un point de vue financier puisque le nombre de consommateurs qui effectuent le test est indépendant des installations du laboratoire sensoriel (Galmarini et al., 2015).

IV- Sensorialité et processus de contrôle alimentaire

La santé d'un individu est étroitement liée au comportement alimentaire. C'est pourquoi il est important d'étudier les facteurs qui influencent la prise alimentaire et de comprendre les mécanismes de faim et de satiété, aussi bien au niveau psychologique que sensoriel. Cela permet par la suite aux industries agro-alimentaires d'adapter les qualités nutritionnelles et organoleptiques de leurs produits, afin de satisfaire les attentes des consommateurs.

1. Comportement et prise alimentaire

1.1. Généralités

La prise alimentaire est épisodique c'est-à-dire qu'elle est organisée dans le temps avec des périodes de repos. Le principal facteur de régulation du comportement alimentaire, visant à assurer un équilibre énergétique, est l'homéostasie. Le statut nutritionnel de l'organisme est renseigné au niveau de l'hypothalamus par des signaux internes orexigènes et anorexigènes qui vont procurer respectivement les sensations de faim et de satiété. Cependant, le comportement alimentaire n'est pas régi uniquement par cette régulation homéostatique naturelle, mais également par des mécanismes externes tels que l'aspect sensoriel, la densité énergétique ou encore le système de récompense (*food reward*). Ce dernier facteur se compose, lui-même, de deux mécanismes bien distincts dont les fondements théoriques ont été initiés par Berridge (1996): le *liking* est la composante hédonique ou affective qui désigne le plaisir oro-sensoriel alors que le *wanting* est la composante motivationnelle incitative qui se rapporte au désir de vouloir l'aliment. A cela nous ajouterons également une composante cognitive, correspondant aux apprentissages généralement réalisés par conditionnement. Souvent les termes *liking* et *wanting* sont liés : « nous voulons ce que nous aimons et aimons ce que nous voulons ». Mais il y a des exceptions et parfois des distinctions sont observées : il est tout à fait possible que les systèmes cérébraux de la motivation puissent entraîner une hausse de la consommation même avec l'absence de valeur hédonique de l'aliment (Mela, 2006). Des études ont été entreprises pour évaluer l'interaction entre le *liking*, le *wanting* et les phénomènes de faim et de satiété afin de pouvoir expliquer leur participation dans les troubles de l'alimentation.

Il est intéressant d'observer qu'au cours du repas les notes de *wanting* diminuent alors que celles de *liking* restent constantes (Mela, 2006). Faisant intervenir une succession de signaux sensoriels, cognitifs, hormonaux et métaboliques, les mécanismes complexes du contrôle de l'appétit ont été conceptualisés comme la « cascade de la satiété », représentée Figure 4, par Blundell et Burley (1987) puis reprise par Bellisle (2005).

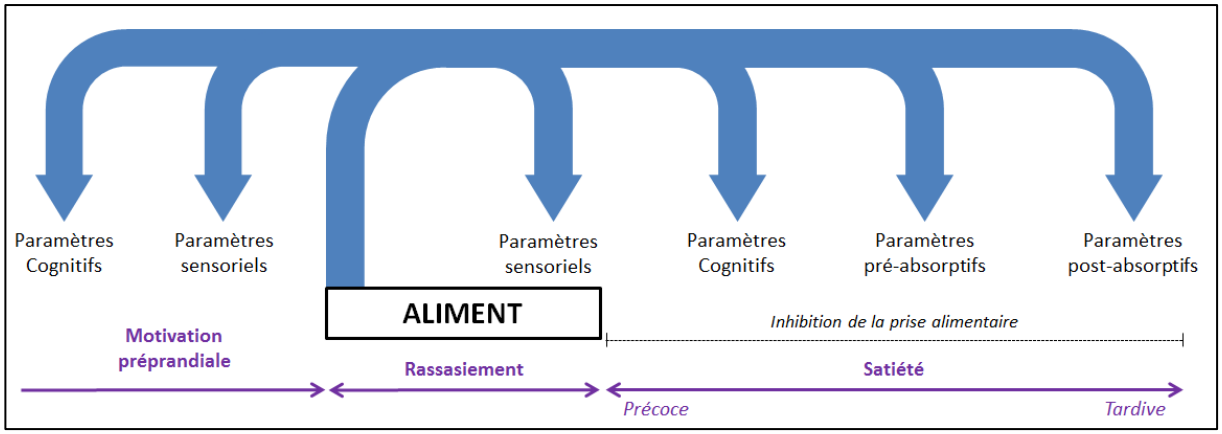


***Figure 4 : Cascade de la satiété*[12].**

1.2. Les différentes phases de la prise alimentaire

Le contrôle de la prise alimentaire pourrait être comparé à cette citation du célèbre gastronome français Brillat-Savarin : « Le créateur, en obligeant l'Homme à manger pour vivre, l'y invite par l'appétit et l'en récompense par le plaisir. ». Dans des termes plus scientifiques, la prise alimentaire est une séquence comportementale composée de plusieurs étapes.

1.2.1. La phase pré-ingestive

Cette phase pré-ingestive comporte elle-même deux étapes. La première est la phase dite céphalique qui précède la prise alimentaire. Cette phase fait appel aux différents stimuli visuels, olfactifs, tactiles… Il y aura également à ce niveau une insulinosécrétion précoce. La deuxième étape est l'initiation qui définit le déclenchement de la prise alimentaire sous l'effet de la faim. La faim n'est autre qu'un état de motivation interne qui préside à

[12] Figure adaptée de Blundell et Burley (1987) et Bellisle (2005)

l'initiation de l'ingestion alimentaire. La diminution de la glycémie entretient le rôle de signal interne initiateur lors de cette phase, accompagnée d'un conditionnement social et/ou culturel.

1.2.2. La phase ingestive ou d'entretien

Lors de cette phase, le choix des aliments est sous l'influence de facteurs hédoniques. Les préférences et aversions alimentaires tiennent donc ici un rôle prépondérant. La palatabilité des différents aliments consommés peut être modulée par un facteur appelé alliesthésie qui définit une diminution du plaisir perçu après un apport énergétique ou bien à l'inverse une augmentation du plaisir perçu lors d'un déficit énergétique. La période ingestive prend fin via des mécanismes et signaux (sensoriels, post-ingestifs…) rassemblés sous le nom de rassasiement. Cette notion, proposée par Le Magnen (1971), est la sensation de réplétion stomacale qui se développe au cours du repas, c'est le signal inhibiteur de la prise alimentaire. Elle est à différencier du rassasiement sensoriel spécifique (RSS) qui fait référence à une réduction temporaire du plaisir à consommer l'aliment par rapport aux autres aliments non consommés (Rolls, Rolls, Rowe, & Sweeney, 1981). Le RSS est un élément important pour déclencher la fin du repas.

1.2.3. La phase post-ingestive

Cette phase post-ingestive est caractérisée par la satiété, état de la période interprandiale désignant l'état psychophysiologique qui marque l'intervalle de temps durant laquelle la faim est inhibée, où le sujet n'éprouve aucune motivation pour la nourriture et dont la durée est dépendante de neurotransmetteurs tels que la sérotonine (Voigt & Fink, 2015). Cette phase cesse donc, lorsque la faim réapparait. D'autres travaux ont montré que la présence de nutriments satiétogènes comme des protéines ou des fibres pouvait conduire à une réduction de la sensation de faim (Lesdéma, 2012; Touyarou, Sulmont-Rossé, Gagnaire, Issanchou, & Brondel, 2012).

2. Méthodologie de la mesure du contrôle de la prise alimentaire

2.1. Méthodes de quantification de l'état de rassasiement

2.1.1. Généralités

L'état de rassasiement est souvent considéré équivalent à la quantité de nourriture consommée. Cependant, cette approche semble simpliste étant donné que l'information concernant les quantités consommées n'est pas suffisante pour comprendre la dynamique du processus de rassasiement (Booth, 2009). Pour quantifier l'état de rassasiement, il faut considérer diverses dimensions de la prise d'un repas.

2.1.2. Caractéristiques des repas évalués

Bien que la structure des repas puisse varier en fonctions des cultures, on retrouve dans la littérature portant sur l'étude du rassasiement, deux types de repas : le buffet et le plat unique.

Le repas comprenant un plat unique limite le comportement alimentaire des sujets en lui imposant l'aliment à consommer. Ce type de repas est souvent préféré au buffet dans les études explorant les relations entre déterminants biologiques et prise alimentaire (Chapelot, Aubert, Marmonier, Chabert, & Louis-Sylvestre, 2000; Gatta et al., 2009).

Contrairement au plat unique, le buffet invite les sujets à choisir à partir d'un large choix d'aliments un de ces derniers et à le consommer jusqu'à ce qu'ils se sentent rassasiés. De par ce type de repas, les sujets sont amenés à réaliser deux tâches consécutives : une première de sélection de l'aliment, régie par les composantes du système de récompense (Berridge, 1996) et une deuxième consistant à consommer l'aliment.

2.1.3. Paramètres généraux d'évaluation du rassasiement

Afin d'évaluer l'état de rassasiement résultant d'une prise alimentaire *ad libitum*, plusieurs paramètres généraux peuvent être cités à titre d'exemples (Chapelot, 2013):

- Paramètres liés au repas : quantité consommée, énergie ingérée, durée de la prise alimentaire…
- Nombre, fréquence, taille mais également durée des bouchées.
- Paramètres masticatoires : durée de mastication durant le repas mais aussi par bouchée, nombre de coups de dents total ou bien par bouchée…
- Nombre et durée des pauses durant le repas.
- Paramètres portant sur la consommation hydrique lors du repas : quantité, durée de la consommation…

2.1.4. Rassasiement Sensoriel Spécifique (RSS)

Comme défini précédemment, le RSS correspond à une diminution de l'appréciation provoquée par les caractéristiques oro-sensorielles d'un aliment, qui peut être observée dès 2 min après la consommation *ad libitum* de ce dernier alors que l'appréciation d'aliments non-consommés est maintenue (Rolls, Rolls, & Rowe, 1983). Résultant d'un mécanisme d'habituation, le RSS est généralement quantifié par une évaluation de l'appréciation des aliments en amont et en aval de la consommation *ad libitum* (Epstein, Temple, Roemmich, & Bouton, 2009).

Ayant eu l'occasion de travailler sur cette thématique au sein de l'équipe 5 (« Détection cérébrale des nutriments et homéostasie énergétique ») du CSGA lors d'un stage de recherche, nous avons pu étudier l'installation du RSS pour trois aliments consommés *ad libitum* séquentiellement au cours d'un repas (Meillon, Thomas, Havermans, Penicaud, & Brondel, 2013). Étudié à notre connaissance pour la première fois au cours d'un repas, les résultats de cette étude montrent que l'installation du RSS établi pour un aliment donné n'est pas perturbée par la consommation d'autres aliments ayant des caractéristiques sensorielles différentes, suggérant ainsi que le RSS, une fois installé, ne semble pas être sujet à un phénomène de déshabituation.

2.2. Méthodes de quantification de l'état de satiété

La satiété est un état complexe qui nécessite d'être étudié tant au niveau métabolique que comportemental. En utilisant une approche multidimensionnelle subjective et objective, il est possible de mesurer trois variables liées à la satiété : l'intensité de faim, la durée entre les repas et la quantité consommée par repas (Chapelot, 2013).

2.2.1. Évaluation subjective de la satiété

L'évaluation de l'intensité de l'état de faim est souvent réalisée à plusieurs intervalles et l'outil le plus couramment utilisé est l'échelle visuelle analogique non graduée de 100 ou 150 mm ayant des labels d'intensité minimum et maximum à chaque extrémité (Rogers & Blundell, 1979). Les sensations couramment évaluées sont l'état de faim, l'envie de manger, l'état de plénitude gastrique et la consommation prospective (Lesdéma et al., 2016). Il est important que chaque échelle soit présentée au sujet de manière indépendante et que les réponses précédentes ne soient pas visibles pour éviter tout biais cognitifs (Blundell et al., 2010). Les intervalles de temps entre les mesures sont généralement comprises entre 15 et 60 min après la prise alimentaire selon les études bien qu'un délai de 30 min semble être le plus courant (Chapelot, 2013). Les scores issus de ces différentes échelles peuvent être moyennés dans le but de représenter un score global d'appétit (Lesdéma et al., 2016). À partir de ces notations, il est également possible de représenter la cinétique de chacune des variables ou bien du score d'appétit moyen calculé. Ces différents paramètres peuvent être traités statistiquement par ANOVA et parfois l'aire sous la courbe du score d'appétit est également calculé dans le but de définir un score de satiété. D'autres paramètres définissant un score de satiété peuvent être trouvés dans la littérature tels que le pouvoir satiétogène (Holt & Miller, 1995), l'indice de satiété (Holt, Miller, Petocz, & Farmakalidis, 1995) ou bien le quotient de satiété (Green, Delargy, Joanes, & Blundell, 1997).

2.2.2. Évaluation objective de la satiété

Les méthodes dites subjectives présentées précédemment peuvent être parfois associées à une évaluation objective de la satiété.

2.2.2.1. Évaluation de la satiété par la durée

La durée correspondant au temps au bout duquel le sujet réclame spontanément à manger à la suite d'un encas est souvent considérée comme une évaluation physiologique de la satiété. Cependant, les moments des repas de la vie quotidienne sont généralement dictés par des contraintes environnementales et non réellement décidés librement (Chapelot, 2013). Dans cette optique, il est recommandé que les conditions expérimentales concernant l'évaluation de la durée de la satiété ne permettent pas au sujet d'être informé du temps qu'il passe dans le but de réduire la possible influence du temps sur la demande du repas. Pour cela, toutes les sources informant du temps passé sont à bannir (horloges, musiques…) et les fréquences de présentation d'éventuelles échelles visuelles analogiques ne doivent pas être connues du sujet. L'expérimentateur doit également rester neutre avec le sujet et ne doit communiquer aucune information relative au repas qui est servi par la suite.

L'analyse des données individuelles relatives à la durée peuvent être traitées par ANOVA mais peuvent également permettre de calculer un index égal au quotient entre la durée et la masse (ou la quantité d'énergie) de l'encas consommé.

2.2.2.2. Évaluation de la satiété par la quantité consommée

Bien que cet effet ne soit que trop peu souvent discuté dans les études rapportant des différences d'intensité de satiété, la quantité consommée lors d'un repas suivant un encas peut se révéler être un marqueur de satiété (Chapelot, 2013). Cependant, il semble important de souligner que la quantité consommée n'est pas impactée par la durée de satiété lorsque celle-ci est libre (Marmonier, Chapelot, & Louis-Sylvestre, 1999).

3. Méthodologie sensorielle temporelle multi-prises

En analyse sensorielle classique, les produits sont généralement évalués par les sujets une seule fois durant la séance. Notons cependant que lors d'épreuves descriptives, les produits peuvent être répétés plusieurs fois au cours d'une séance d'évaluation sensorielle dans le but de tester la répétabilité des panélistes entrainés.

Cependant, lors d'une consommation alimentaire naturelle, les perceptions sensorielles peuvent cependant être modulées par des prises successives répétées. Afin de se rapprocher d'une consommation réelle et pour mieux comprendre les processus sensoriels du contrôle alimentaire, il semble donc intéressant de ne pas se baser uniquement sur l'évaluation unique d'une bouchée ou gorgée mais d'évaluer la succession de prises d'un même aliment pour se rapprocher de la portion complète. Dans la littérature, certains outils ont été développés dans le but de prendre en compte cet aspect temporel multi-prises ; la présente partie présente cette méthodologie.

3.1. Évaluation descriptive multi-prises

3.1.1. Temps-Intensité

Généralement, les études utilisant la méthode TI sont basées sur des protocoles relativement simples, impliquant l'évaluation d'une prise unique (bouchée ou gorgée) de l'aliment testé. Cependant, certains protocoles permettant l'évaluation de prises successives peuvent être utilisés. Pour exemple, dans une étude menée par Courregelongue, Schlich, et Noble (1999), il a été demandé aux sujets d'évaluer l'intensité de l'astringence de laits de soja au cours de la dégustation de quatre gorgées successives du même produit. Après la dernière déglutition, l'évaluation de l'intensité de ce descripteur continuait durant 30 s. Un tel protocole nécessite de définir la quantité à consommer lors des séances d'entrainement. En utilisant un protocole permettant de se rapprocher d'une consommation normale de la boisson testée, les auteurs ont ainsi mis en évidence un effet cumulatif de l'astringence au fil des quatre gorgées successives pour des laits de soja.

3.1.2. Profil séquentiel

Défini précédemment (page 39), le profil séquentiel est un outil d'évaluation sensorielle descriptif permettant aux sujets de noter l'intensité de différents descripteurs à la suite de prises successives d'un même produit (Methven et al., 2010). Comme pour l'étude menée par Courregelongue et al. (1999) via la méthode TI, l'objectif du profil séquentiel est d'étudier les effets cumulatifs d'un (ou plusieurs pour ce qui est du profil séquentiel) descripteur sensoriel donné lors d'une consommation en multi-prises d'un même aliment.

Dans leurs travaux portant sur des compléments nutritionnels oraux, Methven et al. (2010) ont observé une accumulation de certains attributs tels que asséchant, tapissant ou encore métallique. Ces résultats soulignent l'importance de l'évaluation multi-gorgées afin de se rapprocher au mieux des conditions normales de consommation de ce type de produit.

3.1.3. Ordre Temporel des Sensations

Dans leurs travaux, Pecore et al. (2011) utilise la méthode TOS pour capturer les différences de perceptions au cours de trois bouchées de viandes successives.

Le concept de la méthode TOS, associé à la notion de dominance, a été récemment repris dans le but de décrire différentes bouchées/gorgées d'un même produit (Dugas, Pineau, & Folmer, 2012; Vandeputte, Romans, Pineau, & Lenfant, 2011). Dans une première étude, les sujets devaient choisir à partir d'une liste de descripteurs, les trois plus dominants après chaque bouchée (4 à 5 au total) et les classer selon leur ordre d'importance (Vandeputte et al., 2011). Notons que dans cette expérimentation, la liste des descripteurs était susceptible d'être différente d'une bouché à l'autre afin d'alterner les descripteurs de flaveurs et de texture tout au long de la consommation. Dans une seconde étude, portant sur la consommation d'une tasse de café, les sujets indiquaient uniquement le descripteur le plus dominant pour chacune des sept gorgées bues (Dugas et al., 2012).

Ces approches simplifiées, proches du concept de la TOS et de la notion de dominance de la DTS, permettent de mieux appréhender l'expérience réelle du consommateur mais présentent l'inconvénient de ne pas évaluer la temporalité intra-prise.

3.1.4. Dominance Temporelle des Sensations

A notre connaissance, seuls les travaux de Vandeputte et al. (2011) font référence à une utilisation de la DTS en multi-prises, antérieurement au début des travaux de cette thèse. Dans ce travail, deux produits (non renseignés dans la communication affichée) ont été évalués au cours de 4 à 5 bouchées successives du produit. Les résultats de cette expérimentation montrent des différences de séquentialité pour un des deux produits, soulignant ainsi que les sujets semblent être capables de discriminer les différentes prises successives d'un même aliment.

3.2. Évaluation hédonique multi-prises

Bien que les évaluations hédoniques soient généralement basées sur un échantillon unique du produit, certains outils tel que les épreuves d'aversion et de lassitude permettent d'enregistrer une cinétique hédonique au fil de bouchées/gorgées successives (Köster, 2009). L'épreuve de lassitude est basée sur une évaluation successive du caractère agréable de 15 échantillons du même produit. Cependant il est notifié aux consommateurs que ce sont 15 produits différents et qu'il est possible qu'ils ne perçoivent pas de différences entre eux. Les cinétiques de l'appréciation hédonique peuvent alors être étudiées afin de repérer à partir de quelle prise la satisfaction du produit décroit, correspondant alors à un effet de lassitude. Notons que, dans cette épreuve sensorielle, les 15 échantillons correspondent généralement à un cinquième d'une portion normale. Il existe dans la littérature certaines variantes de l'épreuve de lassitude (Köster & Mojet, 2007; Methven et al., 2010), gardant néanmoins pour objectif principal l'évaluation de l'appréciation hédonique de prises successives d'un même produit. Contrairement à l'épreuve de lassitude, l'épreuve d'aversion se base sur une consommation supérieure à la portion normale de l'aliment dans l'optique d'enregistrer une éventuelle aversion du produit par les consommateurs. Invités à consommer différentes portions du produit au cours de quatre étapes distinctes, les sujets doivent noter leur appréciation hédonique à chacune d'entre elles. Soulignons que les consommateurs sont informés que l'évaluation est conduite à partir du même produit tout au long de l'épreuve. Il est également étudié lors de cette épreuve le temps passé à consommer les portions et l'estimation de la quantité consommée par le sujet.

V- Objectifs et plan de cette thèse

Dans cette revue de la littérature, l'analyse sensorielle temporelle descriptive multi-descripteurs a été décrite comme étant en plein essor durant ces dix dernières années et ce notamment, grâce au développement de la méthode DTS. Bien que moins décrite dans la littérature, l'étude des cinétiques d'appréciation hédonique semble prendre également la même voie. Cependant, la notion de temporalité est généralement axée intra-bouchée et ne prend pas en compte les éventuels changements de perception et d'appréciation au cours de prises successives d'un même produit. De plus, nous avons rappelé qu'en analyse sensorielle classique il est souvent fait appel à deux panels distincts pour les épreuves descriptives et hédoniques : des sujets entrainés pour les premières, et des consommateurs naïfs pour les secondes. Néanmoins, parallèlement à l'étude bibliographique des méthodes sensorielles temporelles, nous avons présenté plusieurs méthodes d'évaluation sensorielles développées au cours de ces dernières années ayant pour but de recueillir une caractérisation sensorielle du produit directement auprès du consommateur. Ces développements méthodologiques soulignent la mouvance actuelle de l'analyse sensorielle : utiliser les consommateurs comme outil de mesure sensorielle afin de s'orienter sur des études de consommations réelles, ainsi que de développer des protocoles novateurs pour mieux comprendre les processus influençant le choix des aliments chez les consommateurs.

En s'inscrivant dans cette mouvance, l'objectif de ce travail de thèse est de développer une méthode d'analyse sensorielle couplant la DTS à un suivi temporel de l'appréciation hédonique afin d'identifier les déterminants sensoriels des préférences des consommateurs.

Le deuxième chapitre de cette thèse proposera trois protocoles différents pour coupler la DTS au *liking* temporel. Le premier d'entre eux est basé sur une évaluation des deux composantes temporelles par les mêmes consommateurs dans deux séances indépendantes. Le deuxième protocole reposera sur une évaluation alternée de la DTS et du *liking* dynamique au cours de différentes prises successives d'un même produit dans le but d'étudier la consommation de la portion entière d'un aliment. Quant au dernier protocole, il étendra le concept à un suivi simultané des deux cinétiques durant la dégustation. De plus,

dans ce même chapitre il sera également introduit le nouveau concept de « *Liking While Dominant* », permettant de traiter ce nouveau type de données sensorielles.

Le troisième chapitre étendra le concept méthodologique à des paramètres régulateurs de la prise alimentaire. Pour cela trois études portant sur des produits alimentaires divers seront présentées. La première étude proposera d'interroger de manière répétée le consommateur sur d'autres aspects que le *liking* au cours de la consommation d'une portion de soupe, comme par exemple le *wanting* et l'état de faim. La deuxième étude se focalisera sur le suivi journalier de l'état de soif et d'appétit suite à la consommation d'une portion complète journalière de deux compléments nutritionnels oraux commerciaux. Enfin, la dernière étude portera sur le lien entre les caractéristiques sensorielles et les propriétés rassasiantes et satiétogènes d'un biscuit de type petit déjeuner.

Le quatrième chapitre présentera deux applications hors-laboratoire sensoriel. Dans une première étude, le protocole permettant l'acquisition simultanée de la DTS au *liking* temporel a été déployé au domicile des sujets dans le but de se placer en situation naturelle de consommation. Puis, dans une seconde étude, le concept a été adapté au sein d'un laboratoire physico-chimique afin de coupler au niveau individuel l'évaluation DTS avec un suivi du relargage des composés aromatiques via un spectromètre de masse à transfert de protons.

Pour finir, les résultats seront synthétisés dans un cinquième et dernier chapitre afin de discuter des avantages et des limites méthodologiques d'un couplage de la DTS avec un suivi temporel de l'appréciation hédonique. Ces avantages et limites seront mis en regard avec la revue de littérature des méthodes d'analyse sensorielle temporelle descriptive et hédonique. Suivront alors des recommandations sur les applications d'une telle méthode et des propositions d'améliorations et d'alternatives méthodologiques dans le but de mieux appréhender l'utilisation des consommateurs comme outil de mesure au service des méthodes sensorielles temporelles.

CHAPITRE 2 : COUPLAGE DE LA DTS AU *LIKING* TEMPOREL

I- Rappel du contexte

La mise en lumière de la notion de temporalité dans le domaine de l'analyse sensorielle durant ses dernières décennies a ouvert de nouvelles perspectives quant à la caractérisation du produit évalué. Le développement en plein essor des méthodes temporelles descriptives et/ou hédoniques telles que le TI ou bien plus récemment la DTS prouvent l'intérêt de cette notion aussi bien dans le monde de la recherche académique que privée. Cependant, peu de travaux ont porté sur la mise en relation de ces deux composantes temporelles. Le présent chapitre s'attachera à développer un tel outil sensoriel.

Dans un premier travail (Étude 1 / Article 1), nous proposerons de rapprocher les cinétiques temporelles descriptives et hédoniques enregistrées dans deux séances différentes avec les mêmes consommateurs au cours de la dégustation d'une bouchée de différents fromages aromatisés. Ce nouveau type de données sensorielles sera codé et analysé de manière innovante dans le but de définir des attributs capables, lorsqu'ils sont cités comme dominants, de conduire à une appréciation ou dépréciation du produit. Pour ce faire, nous nous baserons sur le postulat que les sensations perçues comme dominantes via la méthode DTS seraient susceptibles de modifier l'appréciation au cours de la dégustation. De plus, nous proposerons d'identifier la plus-value d'une évaluation temporelle hédonique par rapport à une évaluation hédonique statique.

Dans un second temps (Étude 2 / Article 2), une étude menée en partenariat avec le groupe *Nutricia Research* étendra le concept méthodologique à une évaluation de la DTS et du *liking* dynamique durant la même séance au cours de la succession de prises alimentaires ayant pour but d'étudier la portion entière du produit testé. Pour cela, il a été choisi comme produits d'étude, des compléments nutritionnels oraux. Ce type de produit présente la problématique d'être consommé en quantité suffisante afin d'apporter les avantages escomptés dans le traitement de la dénutrition liée à certains cas pathologiques.

Enfin, s'inscrivant dans un projet de recherche de l'*European Sensory Network*, une troisième étude proposera comme amélioration/alternative méthodologique une évaluation simultanée de la DTS et du *liking* temporel au sein de multiple prises de fromages afin de se rapprocher d'une consommation normale du produit (Étude 3 – Partie 1 / Article 3).

II- Évaluation indépendante des deux cinétiques en prise unique

Étude 1 / Article 1

RÉSUMÉ

Objectifs et méthodes

De manière générale, l'appréciation est évaluée dans son ensemble mais est susceptible d'évoluer durant la consommation d'un aliment, tout comme les perceptions sensorielles. En remplaçant les descripteurs de la Dominance Temporelle des Sensations (DTS) par une échelle classique de *liking*, il est possible de suivre l'évolution du *liking* au cours de la dégustation d'un produit (Sudre et al., 2012). Ainsi, il est possible d'associer des données temporelles hédoniques et des données temporelles descriptives dans le but de mettre en évidence des attributs qui, lorsqu'ils seraient cités comme dominants, conduiraient à une appréciation ou dépréciation du produit. 68 consommateurs français ont participé à quatre séances d'évaluation. Au cours de la 1ère session, les sujets devaient goûter six fromages frais aromatisés et indiquer leur appréciation globale pour chaque produit. Le *liking* temporel des mêmes produits a été évalué tout au long de la dégustation dans la 2ème séance. La 3ème séance était une mesure DTS pour les mêmes produits. Enfin, dans la 4ème séance, la mesure statique d'appréciation des mêmes produits a été enregistrée une minute après le début de la dégustation de chaque échantillon.

Principaux résultats

Les mesures ont montré que le *liking* temporel est plus discriminant que le *liking* classique et que le score de *liking* classique semble être donné avant la déglutition du produit. Cependant, attendre une minute avant la notation du *liking* se traduit par une perte de discrimination. En outre, combiner les données temporelles descriptives et hédoniques, obtenues à partir des mêmes consommateurs a permis de suggérer quels attributs et quels moments auxquels ils sont perçus sont responsables de l'appréciation du produit. En calculant les moyennes individuelles de *liking* lorsqu'un attribut a été perçu comme dominant et en moyennant ces valeurs au niveau du panel, la présente étude propose de définir des attributs appelés « Déterminants Temporels de *Liking* » (DTL).

ARTICLE 1

Temporal Drivers of Liking.

A. Thomas[a], M. Visalli[a], S. Cordelle[a], P. Schlich[a]

[a]Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, CNRS, INRA, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France.

Référence de l'article publié:
Thomas, A., Visalli, M., Cordelle, S., Schlich, P. (2015). Temporal drivers of liking. *Food Quality and Preference, 40*, 365-375.

ABSTRACT

Generally liking is measured overall but is likely to vary over the food intake, like sensory perception. Replacing the attributes in Temporal Dominance of Sensations (TDS) by the categories of a usual ordinal liking scale makes it possible to monitor liking changes while eating a product (Sudre et al., 2012). This methodology allows for a better understanding of the influence of temporal dominance of sensations on liking and liking evolution over the time of product intake. Thus, it is possible to associate hedonic temporal data and descriptive temporal data (TDS profiles), which would identify drivers of liking, that is attributes which, when cited as dominant, would lead to a decrease or an increase of liking. Sixty-eight French consumers participated in four lab sessions. During the 1st session, the subjects had to taste six flavored fresh cheeses and to indicate their overall liking for each product. Temporal liking of the same products was evaluated throughout the tasting in the 2nd session. The 3rd session was a measure of TDS for the same products and only dominance was recorded (no intensity recorded). Finally, in the 4th session, the measure of liking of the same products was recorded 1 min after the beginning of tasting of each sample. Measures of liking showed that temporal liking is more discriminative than classic liking, and that classic liking scores may have been given before swallowing. However, waiting for 1 min before asking a liking score decreases discrimination of the products. Furthermore, combining temporal liking and TDS data obtained from the same consumers allowed to suggest the attributes and the times to which the perception of those attributes is responsible for the liking or disliking of the product. This is a new concept of positive or negative ‘‘Temporal Drivers of Liking’’ (TDL). The paper proposes to compute individual average liking scores while a given attribute was perceived as dominant (LWD) and to average those LWD values over the subject for extracting the TDL of a specific product or of a group of products.

KEYWORDS

Temporal Dominance of Sensations (TDS); Temporal Drivers of Liking (TDL); Temporal liking

1. Introduction

In sensory analysis, various techniques can be used by the food industry to gain a better understanding of what sensory characteristics of food products are responsible for the perceived quality of the products. Among these methods, descriptive techniques are usually used for a simple evaluation of the sensory characteristics of the product in its entirety. Yet, during the consumption of a food product, physical and physiological phenomena, such as mastication or salivation, cause dynamic sensory processes that may change the organoleptic properties of the product. This means that oro-sensory perceptions (such as aroma, taste or texture) are dynamic processes.

Time–Intensity (TI) (Lee & Pangborn, 1986) was the first method developed to study temporality in sensory perceptions. However, TI measures the evolution of a single attribute at a time, and can be biased by halo-dumping effects (Clark & Lawless, 1994) or by individual signatures in TI-curves (Van Buuren, 1992). Other methods evaluating the various descriptive sensations perceived during a product tasting have been developed. The first method that measured the intensity of two attributes over time continuously during the tasting of a product is the Dual Attribute Time Intensity (Duizer, Bloom, & Findlay, 1997). Other methods have also emerged such as Discontinuous Time–Intensity (Clark & Lawless, 1994), Progressive Profiling (Jack, Piggott, & Paterson, 1994) or Sequential Profiling (Methven et al., 2010). Temporal Dominance of Sensations (TDS) (Pineau, Cordelle, & Schlich, 2003) has been used by many authors to assess the temporality of sensations of various food products. The innovation of this method is to allow the subject to choose by himself from a list of attributes the most dominant one, that is to say the one that attracts the most attention at every moment during the tasting of the product. It has been shown that TDS can be complementary to other methods such as TI or descriptive analysis (DA) (Sokolowsky & Fischer, 2012). Moreover, it appears that results of TDS and DA are not in contradiction (Ng et al., 2012). In this study, authors have shown that it is appropriate in a business context to use TDS method in tandem with DA to obtain more informative profiles. Recently two other approaches to capture multiple attributes over time have emerged: Multiple Attribute Time Intensity (MATI) (Kuesten, Bi, & Wu, 2012) and Temporal Order of Sensations (TOS) (Pecore, Rathjen-Nowak, & Tamminen, 2011). There have been many published applications of TDS methodology, illustrating several advances in this approach to multi-attributes temporal analysis. Moreover, TDS requires almost no

training, provided that the attributes are simple enough to be understood by naive consumers (Albert, Salvador, Schlich, & Fiszman, 2012) and provided that no intensity is asked. Finally, Dinnella, Masi, Zoboli, and Monteleone (2012) have highlighted the ability of TDS to establish a precise temporal sensory profile for the interaction of various food components.

During food intake, the sensory characteristics of the product can modulate hedonic appreciation or depreciation. Overall liking of a product can be measured easily; however, temporal liking assessment is much less common. Lee and Pangborn (1986) were the first authors to mention that liking could be a temporal event. The first study measuring this event using the TI method was for chocolate milk (Taylor & Pangborn, 1990). In another study aiming at comparing intensity of flavor and liking, 24 subjects were asked to score continuously, during tasting, flavor intensity (during a first session) and pleasure (in a second session) for three solutions of different concentrations of quinine sulfate (Veldhuizen, Wuister, & Kroeze, 2006). The authors confirmed the possibility of studying the temporal response of liking by establishing a liking profile. Thus, using a liking scale over time is possible for the subject. In addition, the authors demonstrated that temporal liking is not a simple copy of the temporal curve of flavor intensity of a given product. Indeed, the intensity response peaked before the maximum response of pleasure, suggesting serial processes. A simpler approach has been proposed to measure temporal liking for different gums (Delarue & Loescher, 2004). In this approach, liking scores were collected discontinuously at three different mastication times: 1, 5 and 30 min. Results of this study showed that evolution over time of liking was product-dependent.

Recently, a study compared continuous and discontinuous approaches of temporal liking measurements (Sudre, Pineau, Loret, & Martin, 2012). In this study, two methods were developed to record liking of three different types of cereals over time. In the first method, panellists were asked to score their liking at four specific tasting times on a seven-point hedonic scale ranging from ‘‘I like extremely’’ to ‘‘I do not like at all.’’ The four selected times were: (i) beginning of mastication, (ii) middle of mastication period, (iii) just before swallowing and (iv) after swallowing. In the second method, attributes of TDS were replaced by the categories of a usual ordinal liking scale, and panellists were asked to score their liking continuously throughout the tasting. In both methods the interaction ‘‘time by product’’ was significant, meaning that the evolution of liking during the tasting depends

on the products. In the first method, this was due to an increase of liking over time for one of the three cereals; in the second method, it was the case for two of the three cereals. These results highlighted that subjects are able to assess continuously their hedonic feeling for a food during consumption, and that replacing attributes in TDS by the categories of a usual ordinal liking scale makes it possible to monitor continuously liking changes while eating a product.

It seems interesting to bring the hedonic temporal profile closer to the descriptive temporal profile in order to better understand how sensory characteristics modulate the liking of a product during the tasting. In our study, sixty-eight French consumers participated in four lab sessions. In the 1st session, a classic liking test of six flavored fresh cheeses was performed. In the 2nd session, temporal liking of the same products was evaluated. The 3rd session was a measure of TDS for the same products and only dominance was recorded (no intensity recorded). Finally, in the 4th session, the measure of liking of the same products was recorded 1 min after the beginning of tasting of each sample. The aims of such a design were to define the moment when the liking is formed in the mind of the taster during the tasting of a product and to develop a method based on TDS and liking data obtained from the same subjects. Such an approach would allow for the defining of ‘‘Temporal Drivers of Liking’’ (TDL) as sensory attributes inducing a positive or negative trend of liking when they become dominant.

2. Methods

2.1. Participants

Sixty-eight naive consumers (32 men, 36 women) of flavored fresh cheese (at least once every 3 months) from 19 to 66 years of age, participated in this study. Only 64 subjects participated in the third session, and 54 in the fourth session. Half of the subjects had a professional activity, while the other half was made up of students and retirees. The subjects were compensated for their participation (10 € per one-hour session).

2.2. Products

Six commercial flavored fresh cheeses representative from the French market were selected and named P1, P2, P3, P4, P5 and P6. These six products were sampled from Dijon supermarkets. Each product sample (9 g each) was placed into a plastic spoon and presented on a plastic plate coded with a three-digit random number. The samples were prepared about 2 h before each session and stored at 4 °C.

2.3. Procedure

Consumers participated in one session a week during 4 weeks. The sessions occurred at the same time in isolated sensory booths and lasted about 1 h. Products were presented under red light, according to Williams Latin Square experimental designs. Data were captured by the TimeSens© software. The subjects came between 11:00 AM and 01:00 PM. Specific instructions per session, described in the following sections, were given to subjects. Throughout the session, the subjects were allowed to drink water at any time. In addition, to eliminate persistent aftertaste, subjects had to consume a spoonful of plain cottage cheese, a piece of Granny Smith apple, and then a sip of water between each product.

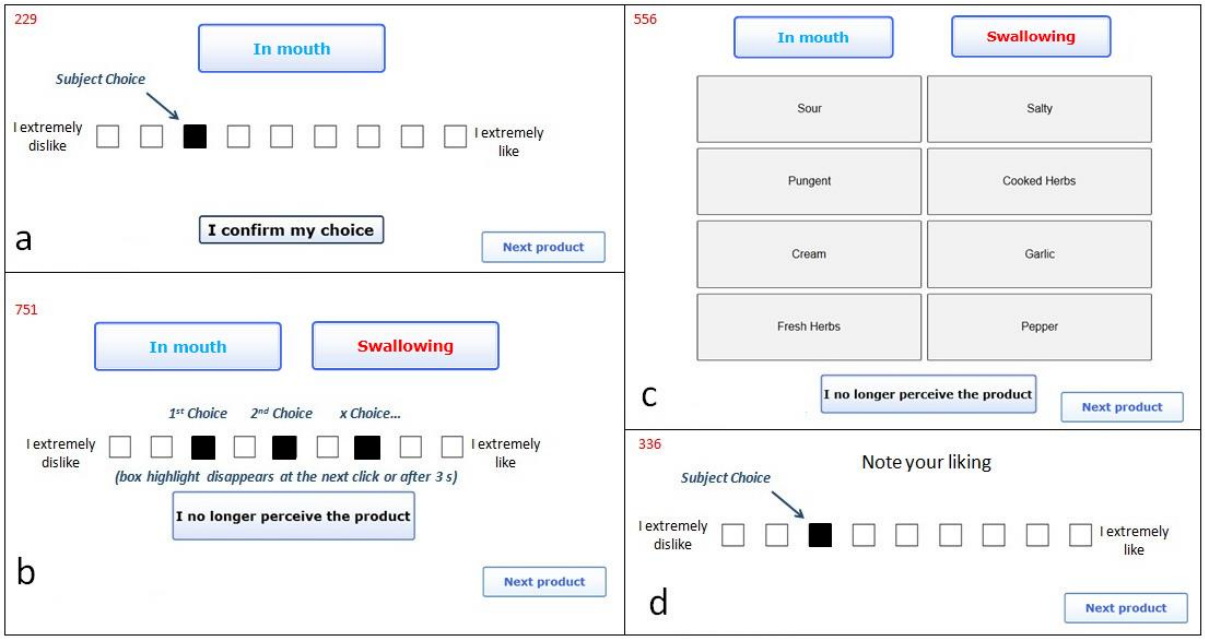


Fig. 1. Measurement screenshots of the different sessions. (a) 1st session: classic liking, (b) 2nd session: temporal liking, (c) 3rd session: Temporal Dominance of Sensations (d) 4th session: liking after 1 min.

2.3.1. Classic liking measurement

During the first session, the consumers completed a classic liking test of the six products presented monadically. They had to taste each sample and to indicate their overall liking on a 9-point hedonic scale ranging from ‘‘I do not like it at all’’ to ‘‘I like it very much’’. No instruction was given to the subjects regarding the moment to give their response: they could answer during or after the tasting of the product. However, when putting the sample in the mouth, the subjects clicked on the ‘‘In mouth’’ button. Fig.1 shows the measurement screenshot for this session. The ‘‘In mouth’’ button triggered a timer allowing to record the time(s) at which the subject gave their liking score(s) (the timer recorded the time of the first score given by the subject and the time(s) of any scoring change(s) that the subject may have made before validating his/her response). This collection of temporal data was not told to the subjects. The button entitled ‘‘I confirm my choice’’ stopped the timer, and then validated the score.

2.3.2. Temporal liking measurement

During their second session, consumers performed a temporal liking test with the same products, presented monadically. They had to taste each sample and to indicate their liking of the sample throughout the tasting on an ordinal hedonic scale of 9 boxes ranging from ‘‘I do not like it at all’’ to ‘‘I like it very much’’. So, they scored from the first sampling of the product until they no longer felt any sensation after the product swallowing. Before the session, it was explained to the subjects that they must change the score on the scale anytime they perceived some liking change. To encourage the subjects to re-evaluate their liking, the blackened box corresponding to their liking score is turned back to white after 3 s. Subjects were instructed to re-evaluate their liking at these moments, eventually by clicking the same box than before if they do not perceive any change in liking. Fig.1 shows the measurement screenshot for this session. As in the first session, the ‘‘In mouth’’ button started a timer recording the rating changes with respective times. The button ‘‘Swallowing’’ recorded the time at which the subject had swallowed the entire sample. Finally, the timer was stopped by the button ‘‘I no longer perceive the product’’. As in session 1, no indication of the existence of this temporal data collection was given to the subjects.

2.3.3. TDS measurement

During the third session, consumers did TDS for the six products without any training. However, two warm-up products preceded the six products tested, in order to familiarize consumers with the TDS method. TDS included eight attributes: garlic, cream, fresh herbs, cooked herbs, pungent, pepper, salty, sour. This list was established previously with pre-tests with an internal panel who was asked to list all vocabulary corresponding to the tasting. TDS attributes were presented on the same screen, and only dominance was recorded (no intensity recorded). The attribute order on the screen was different for each subject, but each subject kept its own order for all products in order to avoid attribute order effects while facilitating the task of the tasters (Pineau et al., 2012). For each product, the subjects put the sample in mouth while clicking on the ‘‘In mouth’’ button. Then, they had to choose at any tasting time the dominant attribute among the eight proposed. The concept of dominant sensation was defined as ‘‘the feeling that attracts the most attention at any

given moment'' (Pineau et al., 2009). Subjects were free to choose several times the same attribute during a tasting, or never to cite a sensation among the eight proposed. After swallowing, the subjects had to continue to evaluate the dominant sensations until they no longer perceived anything. Fig.1 shows the measurement screenshot for this session. As in the second session, the ''In mouth'' button started a timer which recorded times of dominant attribute changes. The button ''Swallowing'' recorded the time at which the subject had swallowed the entire sample. The timer was stopped by the ''I no longer perceive the product'' button. Once clicked, an attribute was highlighted during 3 s. Thus, a sequence of dominant attributes was recorded together with their corresponding time for each product and each subject. For each attribute, a duration of dominance, corresponding to the time elapsed between the citation of that attribute and the following quote, was then calculated. If an attribute was never quoted, its dominance duration was set to zero.

2.3.4. Liking measurement after 1 min

The fourth session was identical to the first one, except that the hedonic scale appeared on the screen 1 min after the subject had begun to taste the product. So, subjects were forced to wait a minute before giving their answer. Fig.1 shows the measurement screenshot for this session. This screen contained only the 9-point hedonic scale, without any other button.

2.4. Data analysis

The risk threshold was 5% for the analysis of variance (ANOVA) tests and the comparison of means by the Least Significant Difference (LSD) method. Statistical calculations were performed with the R software, and TDS curves and temporal liking curves were obtained with the TimeSens© software.

2.4.1. Classic liking versus temporal liking

To compare the results of the first two sessions (especially the last scores of liking recorded from each subject), an ANOVA was performed for each session according to the model: liking = product + judge. Following this, the product means were compared *a posteriori* within each session with a LSD procedure.

2.4.2. Scoring time and swallowing

For each product, a mean comparison test (t-test) was performed to compare the time of the last score of liking (from the first session) with the swallowing time (from the second session). Then, for each product, the average time of the last liking score in sessions 1 and 2 and the average time at which the product was swallowed in the second session were calculated. Finally, these average times were calculated for all products combined.

2.4.3. Liking after 1 min

A two-way ANOVA model (liking = product + judge) was performed on data from session 4 (in that session, remember that liking was measured after a waiting time of 1 min). For each product, the average score of liking was calculated on all consumers and a LSD procedure was used to compare *a posteriori* the averages of the 6 products.

2.4.4. Evolution of the temporal liking

2.4.4.1. Panel kinetics

The temporal liking curves were produced from the session 2 data and were time-standardized between 0 (‘‘First score’’) and 1 (‘‘I no longer perceive the product’’) for each evaluation of a product by a judge, in order to align panellist’s responses (Lenfant, Loret, Pineau, Hartmann, & Martin, 2009).

For each product and consumer, four liking scores corresponding to four distinct moments of tasting were calculated: the first score given by the consumer after the first sampling of the product, the last score given before swallowing the product, the first score given after swallowing and the very last score. Next, an ANOVA was performed for each product on these four scores of liking: liking = time + judge (the time factor corresponds to the four times). Then, an LSD procedure was used to compare *a posteriori* the differences between these four liking scores for the same product.

2.4.4.2. Individual kinetics.

Individual kinetics of temporal liking were built with the TimeSens© software, and they were represented by stair-step graphs. Thus, for each subject, six temporal liking curves (one per product) were obtained. For each consumer, these curves indicate the mouthfeel duration of each sample and the number of liking score changes. Moreover, they allow us to define individual patterns of temporal liking.

2.4.5. Temporal Dominance of Sensations

TDS curves were produced from the session 3 data by the TimeSens© software. A TDS curve represents the proportion of consumers who had cited a given attribute as dominant over time. The TDS curves were smoothed and superimposed (by product) to produce a temporal profile for each product. Times were standardized (Lenfant et al., 2009) between 0 (‘‘First score’’) and 1 (‘‘I no longer perceive the product’’). Furthermore, TDS-bands plot were produced from TDS data in order to simplify TDS curves interpretation by deciding on the best sequence of attribute dominances (Monterymard, Visalli, & Schlich, 2010).

In addition, a Canonical Variate Analysis (CVA) was produced to discriminate the products based on the dominance durations of the eight attributes.

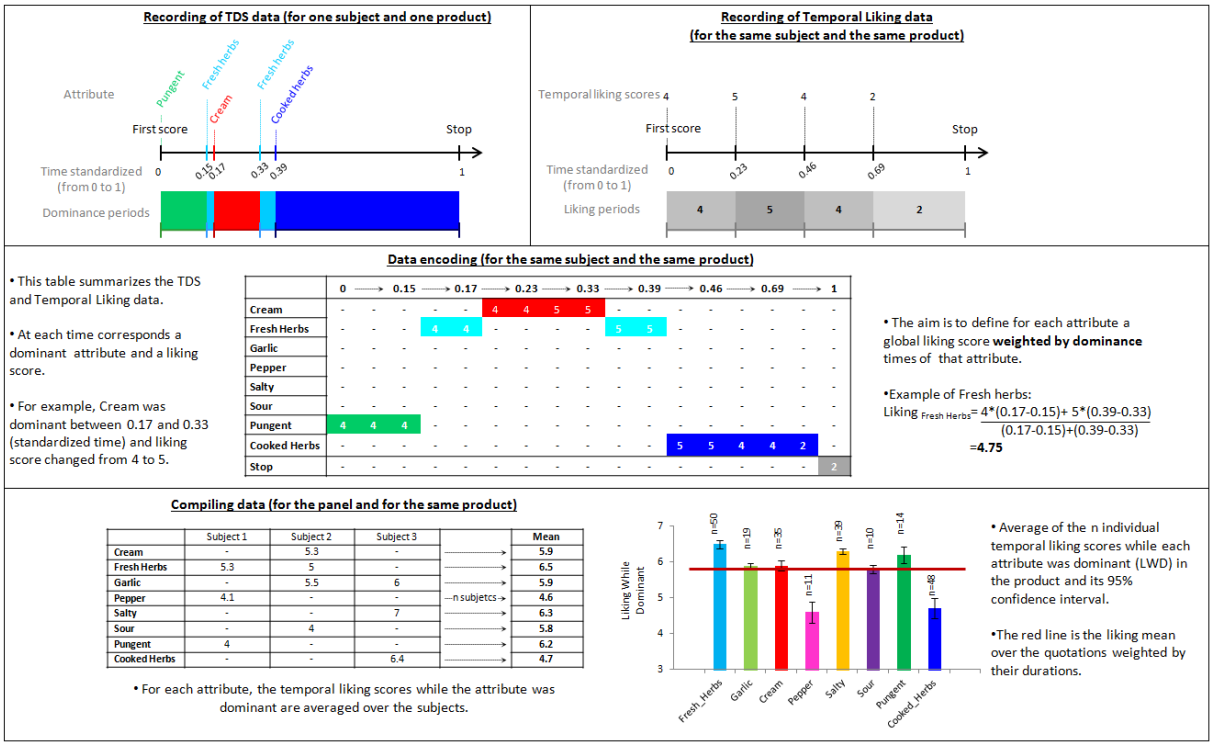


Fig. 2. Methodology to compute Temporal Drivers of Liking.

2.4.6. Relating liking changes to attributes dominances

Fig.2 shows the methodology to compute Temporal Drivers of Liking (TDL). First, the TDS and Temporal Liking data were recorded by a given subject for a given product. These data were then time-standardized from 0 to 1, and were compiled into a single table which summarized for each attribute the temporal liking scores while the attribute was dominant. This means that at each time, there is a unique attribute and a unique liking score corresponding. At the beginning (or at the end) of tasting, either the TDS information or the Liking Temporal information may be missing. In this case, the information could not be treated. Then, we calculated for each attribute a weighted liking score by averaging the different liking scores observed while this attribute was dominant, each being weighted by the corresponding dominance duration. In a second step, the data of all subjects were compiled in order to compute for each attribute an average liking score over subjects while the attribute was dominant. For a given product, these data can be represented by a bar-plot, for each attribute, corresponding to the average liking while the attribute is dominant. The number of subjects having cited each attribute as dominant at least once in this product is indicated on the graph (n =) and the red line is the global mean liking of this product over

all liking scores weighted by their durations. Finally, for each attribute, the 95% confidence intervals of the Liking score While Dominant (LWD) were plotted on the bar-plot.

Fig. 3 shows how to highlight TDL by combining the previous graph (LWD bar-plots) with (i) the representation of the time evolution of the Temporal Last Liking Score minus the Classic Liking and (ii) a TDS-band plot (Monterymard et al., 2010) of the same product. Indeed, the first graph (i) informs us about the global liking kinetics of the product and the TDS-band plot allows us to know the sequence of the dominant attributes in the same product. Thus, the attributes involved in the TDS-band plot and the hedonic kinetics can be related. Finally (iii), the average of the n individual temporal liking scores while the attribute was dominant (Liking While Dominant or LWD) in the product can be compared to the mean liking over the quotations weighted by their durations (represented by the red line). If the LWD is greater than the mean liking, the attribute can be considered as a positive TDL. If it is lower, the attribute is a negative TDL. Note that the attributes which are not in the TDS-band plot (ii) are colored in grey (iii) and cannot be explicitly considered as TDL. However, when significantly different from the red line, they can still be considered as Temporal Drivers of Liking but restricted to some subgroups of consumers with a too small size for reaching significance of dominance at panel level.

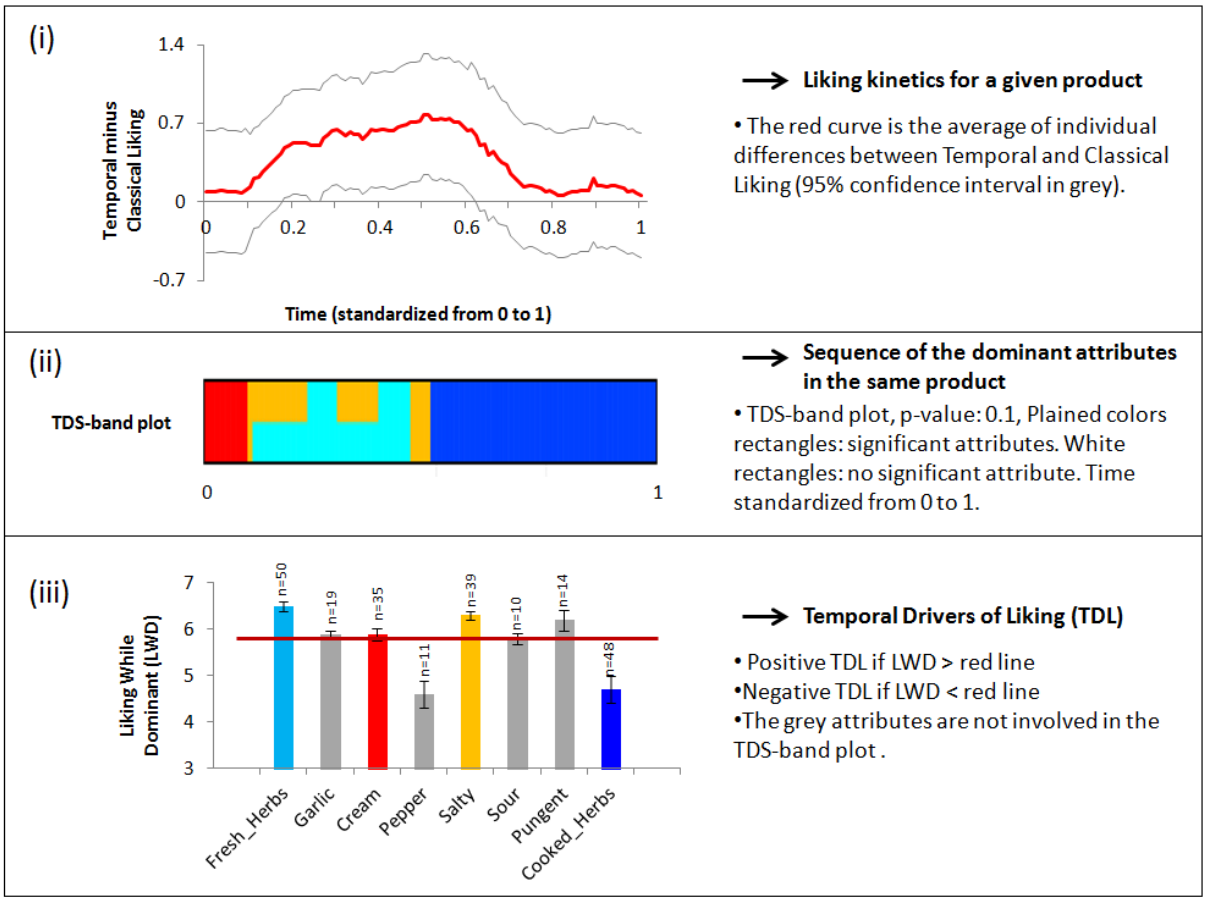


Fig.3. Methodology to highlight TDL.

3. Results

3.1. Classic liking versus temporal liking

Fig. 4 shows the average of the latest liking scores recorded in each of the first two sessions for the six products. These results suggest that the temporal liking is slightly more discriminant than the classic liking (F-product value = 13.69 with temporal liking against 9.52 with classic liking). Global agreement is quite good (Pearson's correlation coefficient = 0.40 between vectors of product means) despite a reversal of liking ratings for products P2 and P4.

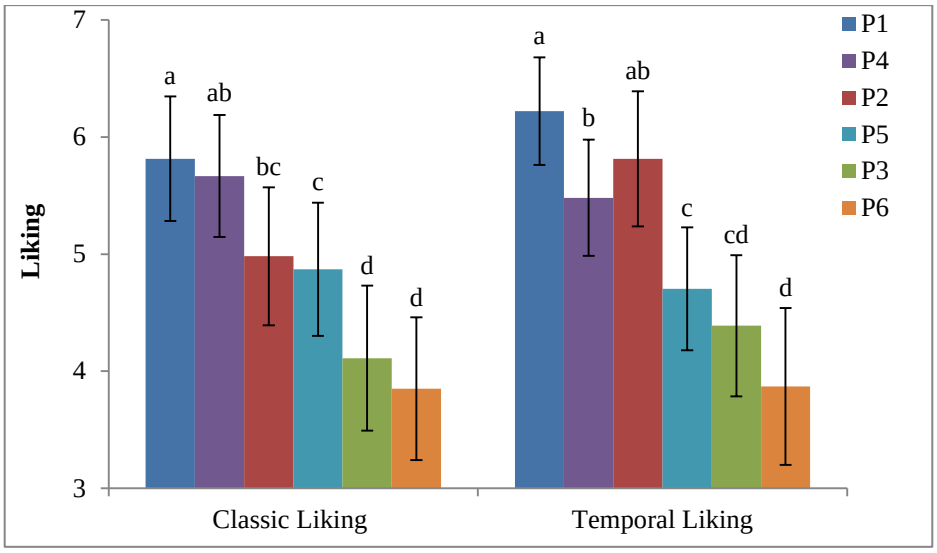


Fig.4. Mean liking scores of 4th session (after 1 m).
Each average is shown with its confidence interval (95%). The averages indicated with different letters on the same histogram are significantly different (LSD, a = 5%).

3.2. Scoring time and swallowing

Table 1 shows the average time of the last scoring of liking in session 1 and session 2, and the average time of swallowing in session 2, for each product and for all consumers. Surprisingly subjects seem to have scored their classic liking before having swallowed the products (t-test: t = 4.76, n = 67; p < 0.001). In the light of these results, it seemed interesting to plan the fourth session described in Section 2.3.3, to measure liking score 1 min after the beginning of tasting of each sample. The hypothesis was that this score would be more comparable to the temporal last liking score.

Table 1: Comparison of different time means (seconds).

Product	Mean of the liking scoring times[a] (1st session)	Mean of the swallowing times (2nd session)	Mean of the last temporal liking scoring times[a] (2nd session)
P1	17.6	26.1	38.5
P2	19.4	29.6	40.8
P3	16.3	23.5	36.7
P4	18.1	22.5	32.4
P5	16.3	22.2	34.8
P6	14.5	23.3	34.3
Mean	17.0	24.5	36.3

[a] Average scoring time corresponds to the last recorded scores.

3.3. Liking after 1 min

Fig. 5 shows the average liking scores recorded for each product 1 min after the invitation to consume the products. This methodology leads to a loss of discrimination, since the value of ANOVA F-product is lower (7.62) than the F-product observed for classic liking (F = 9.52) and for temporal liking (F = 13.69). Order of the liking ratings of the three most liked products (P1, P2 and P4) is different from those obtained in the first two sessions. In comparison with the measures collected in the other sessions, the measurement of temporal liking seems to be the most discriminative (F value = 13.69). In addition, the average liking score of this session (5.08) is between the other two scores (4.88 for classic liking and 5.32 for the liking measured 1 min after).

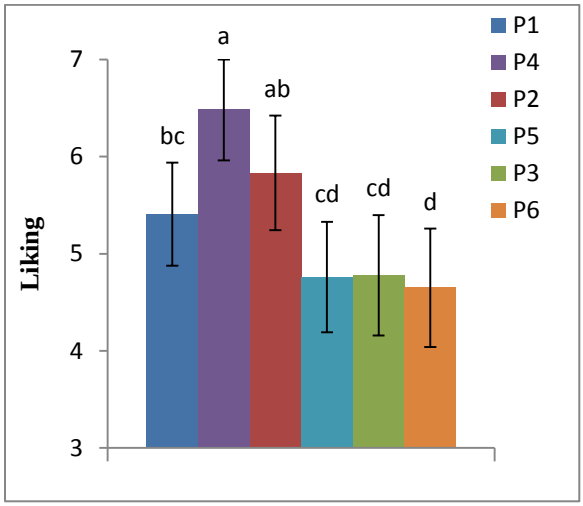


Fig. 5. Mean liking scores of 4th session (after 1 m).
Each average is shown with its confidence interval (95%). The averages indicated with different letters on the same histogram are significantly different (LSD, a = 5%).

3.4. Evolution of the temporal liking

3.4.1. Panel kinetics

Fig. 6 shows the temporal liking curves for the panel in standardized-time. The curves do not show large variation in liking over time. However, a slight increase of liking can be observed for the most liked products (P1, P2 and P4) and a decrease of liking for P6 (the least liked product).

For each product, four distinct liking scores were compared: the first score, the last score given before swallowing, the score after swallowing, and then the very last score. These results are summarized in Table 2.

These results support the previous observations and highlight a positive temporal evolution of liking from the first score for the better products (P1, P2 and P4). The most significant difference between the first and the last score is 0.74 points for P1. In contrast, the hedonic kinetics for the least liked products (P5, P3 and P6) is stable. For P6, there is a slight decrease of liking ($p = 0.10$) before swallowing the product (differential = 0.37 points).

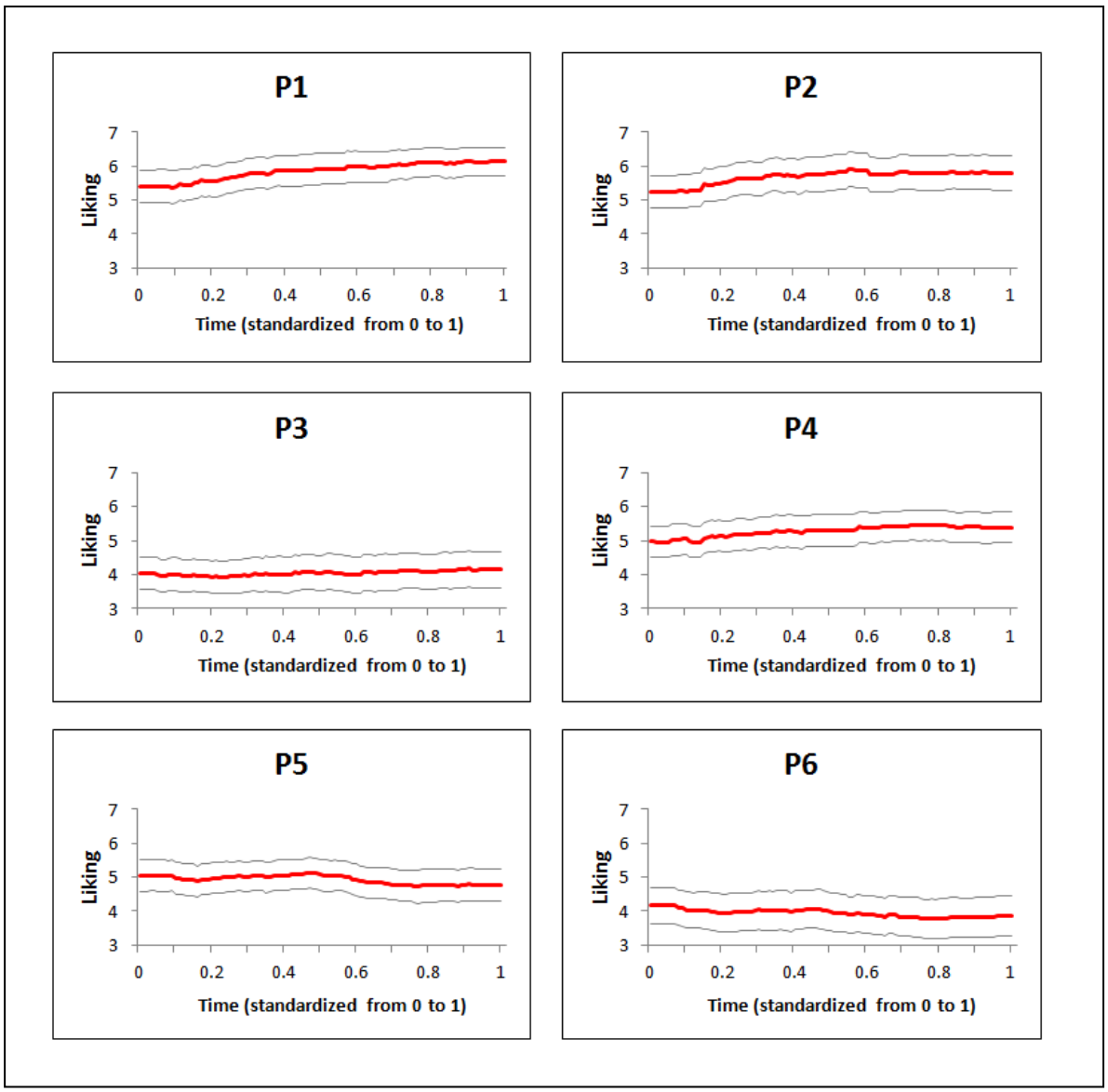


Fig. 6. Kinetics of liking for the six products in standardized time.
The curves are surrounded by their 95% confidence interval.

Table 2: Liking evolution of the panel at 4 time points.

	ANOVA[a]		Average liking scores at 4 time points, compared with LSD procedure (α=5%)[b]			
	F-time Value	*P Value*	*First score*	*Score before swallowing*	*Score after swallowing*	*Last score*
P1	**7.417**	**9.85e-05**	5.39 (b)	5.82 (a)	5.88 (a)	6.13 (a)
P2	**5.791**	**0.000818**	5.25 (b)	5.68 (a)	5.79 (a)	5.79 (a)
P3	0.771	0.511			NA	
P4	**2.826**	**0.0399**	4.97 (b)	5.16 (a,b)	5.34 (a)	5.38 (a)
P5	1.253	0.292			NA	
P6	2.055	0.108	4.16 (a)	3.79 (b)	3.91 (a,b)	3.85 (a,b)

Values in bold: $p < 0.05$.
[a] Liking = time + judge (the time factor corresponds to the 4 time points).
[b] The averages with different letters for the same product are significantly different.

3.4.2. Individual kinetics

In Fig. 7, the individual kinetics of liking of four consumers (for the six tested products) are shown in order to present the variability of individual kinetics. For each consumer, we can see six stair step curves larger or smaller depending on the average duration of tasting of each product by the consumer represented. The numbers at the ends of each curve indicate the evolution of the liking scores. These rough results of individual kinetics of liking show large differences among subjects.

For some consumers (e.g. S1), there is a positive kinetics of liking for virtually all products, that is to say that the liking is growing during the product tasting: those consumers appreciate more and more the product. There is also negative kinetics (e.g. S2): some consumers appreciate less the products. Other consumers have both types of kinetics depending on the products (e.g. S3) or exhibit variations of liking which converge to the first score given (e.g. S4). Finally, the number of different scores of liking given in a single tasting can greatly vary depending on the product and on the consumer.

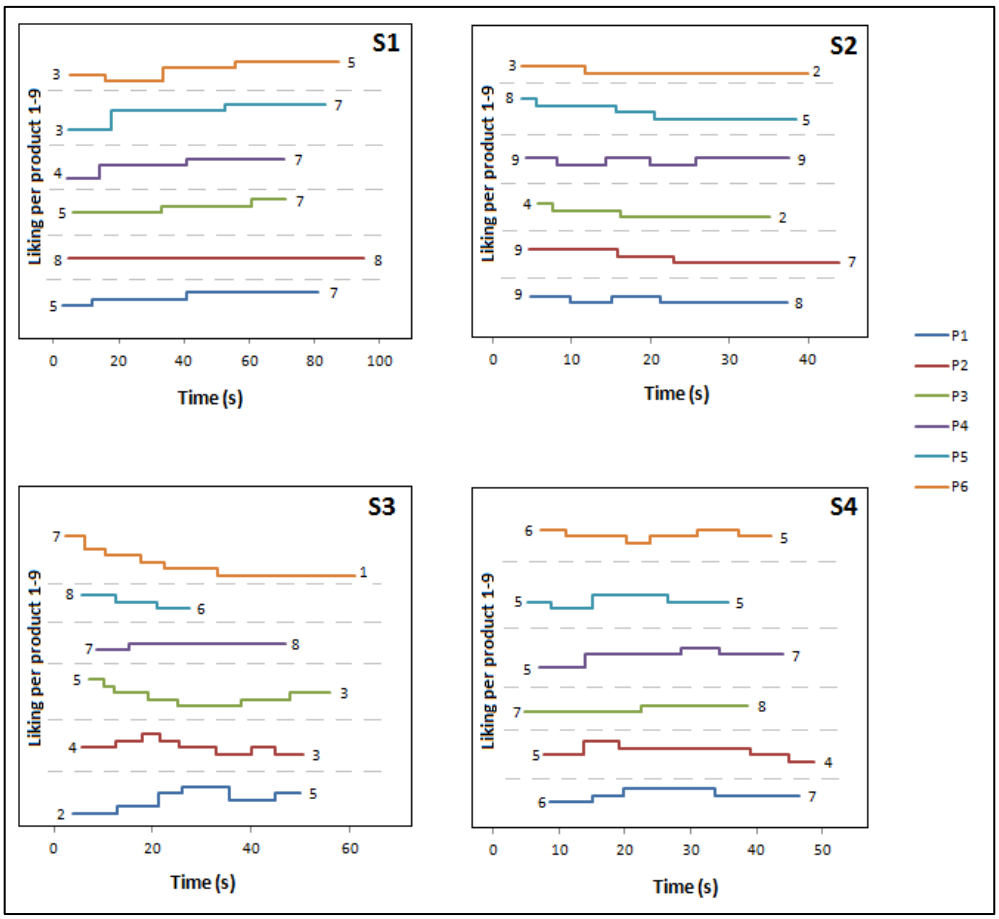


Fig. 7. Examples of individual kinetics of liking.

3.5. Temporal Dominance of Sensations

Fig. 8 shows TDS curves of the six products for the panel of consumers. The products are clearly discriminated by their temporal profile. The most liked products (P1, P2 and P4) are characterized by salty or creamy start, followed by a garlic finish. Dominance of cooked herbs or a pepper finish characterized the least liked products (P3 and P6).

Fig. 9 represents the CVA of the dominance durations. These results suggest a good discrimination of the products by the dominance durations (F value = 6.775) as illustrated by a good separation of confidence ellipses. The least liked products (P6, P3 and P5), characterized by attributes pepper and cooked herbs are well discriminated. Among the most liked products, P1 is strongly characterized by the attributes salty and pungent compared to P2 and P4.

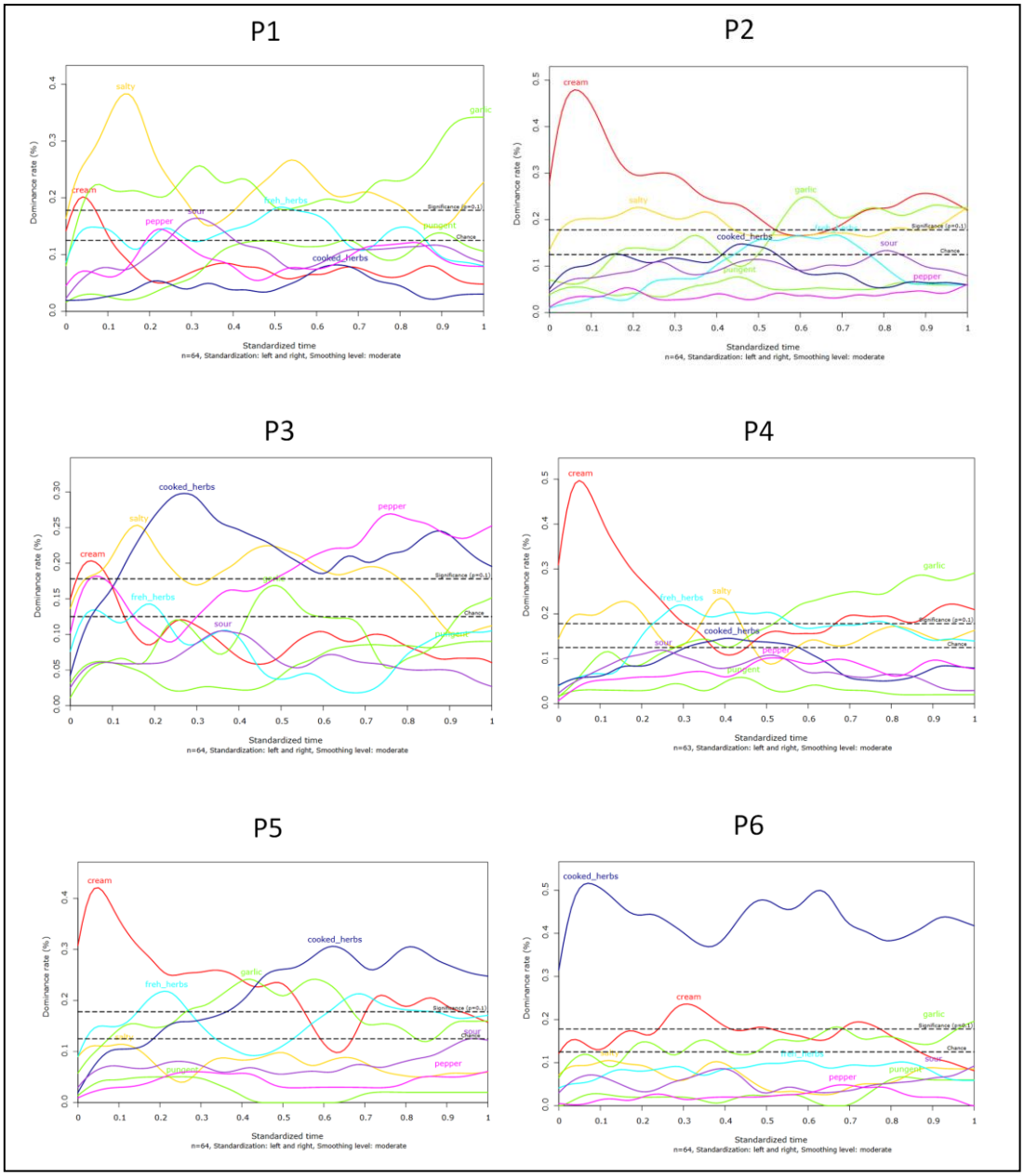


Fig. 8. TDS curves for the six products in standardized time.

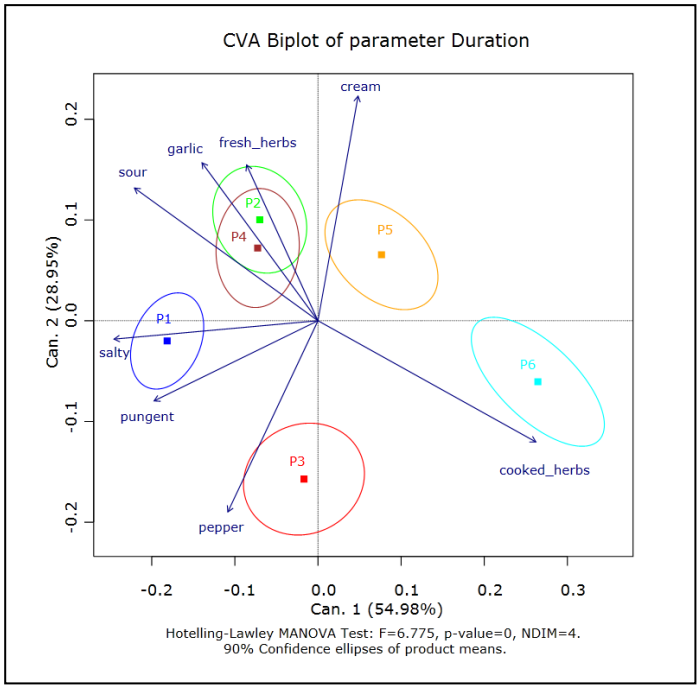


Fig. 9. CVA of the dominance durations.

3.6. Relating liking changes to attribute dominances

To determine Temporal Drivers of Liking (TDL), the data obtained in the TDS session were related to the temporal liking session data. Fig. 10 shows for each product three complementary representations: (i) the average of individual differences between Temporal and Classic Liking, (ii) the TDS-band plot and (iii) the average of the n individual temporal liking scores while each attribute was dominant. So, it is possible to define attributes which can influence the evolution of liking. For example, the attribute Garlic seems to be a positive TDL, since for every product the liking score while Garlic was dominant was never below the mean liking. Moreover, for P1 and P2, the garlic finish allows a positive differential between Temporal and Classic Liking. On the contrary, Cooked Herbs which dominated the perception of P6 is responsible for its poor and continuously decreasing liking score, even if garlic and cream are positive for this product. P5 also has Cooked Herbs as negative TDL, and it presents Fresh Herbs as positive TDL. Surprisingly, Cooked Herbs is a positive TDL for P3 and Cream is a negative TDL for P4. Overall, the differential between Temporal and Classic Liking is equal to less than 1 point (on a scale from 1 to 9 points) but the kinetics depends on the products. Indeed, for P2, the temporal liking score is higher than the classic liking score during all the tasting. For P1 and P4, the temporal liking score is lower than the classic liking score in the beginning of the tasting. P3 and P5 show little differences across the time.

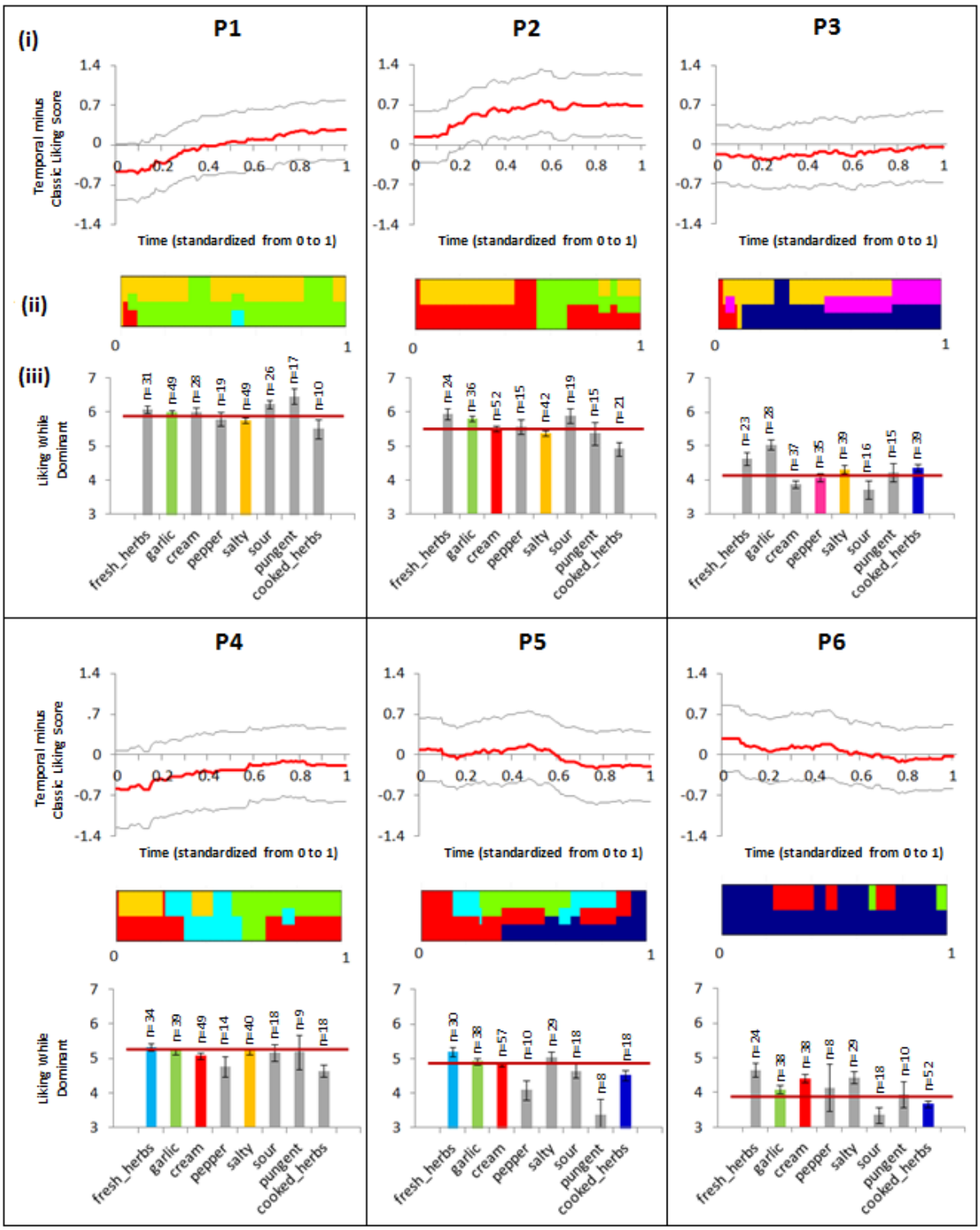


Fig. 10. Temporal Drivers of Liking (TDL).

(i) The red curve is the average of individual differences between Temporal and Classic Liking (95% confidence interval in grey).

(ii) TDS-band plot, p-value: 0.1, plained colors rectangles: significant attributes. White rectangles: no significant attribute. Time standardized from 0 to 1.

(iii) Average of the n individual temporal liking scores while the attribute was dominant (LWD) in the product and its 95% confidence interval. The red line is the liking mean over the quotations weighted by their durations.

4. Discussion

Until now, few studies have examined the temporality of liking. By a methodology close to TDS, we tracked changes in liking during the tasting of a product, in order to better understand when and how liking is formed in the consumer's mind. To the best of our knowledge, no study has focused on the relation between multi-attributes temporal profile and hedonic dynamic profile. By comparing kinetics liking and TDS profile, we put forward sensory markers: the TDL (Temporal Drivers of Liking). TDL are attributes inducing changes of hedonic feeling during the tasting of a given product.

The results of this study confirm that the subjects were able to score temporal liking as it was suggested by Sudre et al. (2012). Moreover, we observed a slightly better discrimination of the products by the temporal liking method compared to a classic liking evaluation and a temporal variation of liking for some products. This is the case especially for the most liked (P1) and the least liked (P6) products, following respectively positive and negative temporal liking evolutions during tasting. On the contrary, Veldhuizen et al. (2006) showed that the hedonic curves were quite flat for three different concentrations of orange lemonades. Certainly, temporal liking curves do not show large variation but tasting was done only on a single bite in a period of less than a minute. And one bite does not usually reflect the overall experience of a product by a consumer.

Sudre et al. (2012) observed a positive correlation between the overall liking score and the dynamic liking score at the beginning of the chewing period. For them, this observation suggested the importance of the first point of contact with the product. But we were able to show that in a classic session of liking, the consumers tend to give their liking scores too early, as this scoring seems to occur before swallowing the product. This could explain the correlation mentioned, but this observation deserves to be validated with other consumers and other products. If confirmed, this would mean that the consumers do not take into account all the temporality of the product when they have to score their overall liking. And it may actually reflect that we are not asking it correctly if we wish to capture more of their experience. In a temporal liking session, the subjects score their liking until they no longer perceive the product, which is closer to reality and also allows for a better discrimination of products. In addition, recording the liking score 1 min after the beginning of tasting of each sample causes a significant loss of discrimination. That may be more related to less flavor overall in the aftertaste. The consumers seemed to differentiate more

the products that they liked the least from those that they liked the most. The discrimination of least liked products may be due to some unpleasant aftertaste. Short-term memory may have a major role in the assessment of the products, with a better overall feel for P4 contrary to P1. Finally, it begs the question of what type of liking score is closest to ‘‘reality’’ and what final sensation will be kept in the memory of the subject after the tasting of a product. To answer this question, it would be interesting to test two products that are characterized by two opposite hedonic temporal profiles (for example a nice start and an unpalatable finish for one of the two products and the opposite for the other product). The aim would be to compare liking scores obtained using a classic liking method with liking scores given after tasting the product, which would be the memorized liking of the product. Depending on the products, the first or the last sensation felt by the subject can more impact the ‘‘hedonic image’’ of the product. This topic is worthy of exploring more.

A point which can also be addressed is the link between the TDS data and the temporal data in order to highlight TDL (Temporal Drivers of Liking). Comparing two temporal profiles acquired in different sessions was a deliberate choice not to mix descriptive and hedonic measurements during the same session. However, such a comparison implies that the tasters consumed the products in the same way (no faster, no slower) regardless of the protocol they had to follow. To address that point, we plan to develop a methodology that would achieve simultaneously a TDS measurement and a temporal liking scored from the same subject. Thus, we could expect results that would reflect those obtained from the TDS and the temporal liking sessions. However, citing a new dominant feeling may influence unconsciously the consumers in their liking rating, by an exacerbation of their scores. But it seems interesting to study this behaviour in order to highlight the attributes which have a hedonic connotation and which can influence variations in the temporal liking during a tasting. Furthermore such an experiment could highlight a possible response latency between the peaks of dominance and liking. Veldhuizen et al. (2006) showed that the intensity response peaked before the maximum response of liking but the subjects were asked to score continuously flavor intensity and liking in two different sessions. Moreover, to our knowledge there are no data comparing response latencies for picking dominance and for scoring liking. Anyway, if response latencies are very different between dominance and liking, then collecting them in two separate sessions as in the current paper is questionable.

Finally, it seems important to notice that the concept of dominance applied in the TDS methodology could be supplemented by notions of balance/blend of components (Sjöström & Cairncross, 1952). The dominance of specific attributes play a major role in the temporal liking and generally in the overall liking, but drivers of liking may be about the synergy of several components. This interesting concept should be taken into account in the understanding Temporal Drivers of Liking challenge.

5. Conclusion

This study proposes a new methodology for characterizing Temporal Drivers of Liking (TDL), based on the ability of consumers to record their changes of liking and to perform a TDS task. We have shown that the measure of temporal liking avoided the subjects to give their scores of liking too early, taking into account all the hedonic kinetics of the product. We also showed that consumer liking ratings could be driven by TDL, which are characteristics of certain products inducing positive or negative changes in liking. This finding is extremely important for food companies who wish to make products with temporal sensory profiles consistent with the consumers hedonic expectations. Future experiments are to be performed to allow TDS and temporal liking data recording in the same session in order to define TDL more directly.

References

Albert, A., Salvador, A., Schlich, P., & Fiszman, S. (2012). Comparison between temporal dominance of sensations (TDS) and key-attribute sensory profiling for evaluating solid food with contrasting textural layers: Fish sticks. *Food Quality and Preference, 24*, 111–118.

Clark, C. C., & Lawless, H. T. (1994). Limiting response alternatives in time–intensity scaling: An examination of the halo-dumping effect. *Chemical Senses, 19*(6), 583–594.

Delarue, J., & Loescher, E. (2004). Dynamics of food preferences: A case study with chewing gums. *Food Quality and Preference, 15*, 771–779.

Dinnella, C., Masi, C., Zoboli, G., & Monteleone, E. (2012). Sensory functionality of extra virgin olive oil in vegetable foods assessed by Temporal Dominance of Sensations and Descriptive Analysis. *Food Quality and Preference, 26*, 141–150.

Duizer, L. M., Bloom, K., & Findlay, C. J. (1997). Dual-attribute time–intensity measurement of sweetness and peppermint perception of chewing-gum. *Journal of Food Science, 61*(3), 636–638.

Jack, F. R., Piggott, J. R., & Paterson, A. (1994). Analysis of textural changes in hard cheese during mastication by progressive profiling. *Journal of Food Science, 59*, 539–543.

Kuesten, C., Bi, J., Wu, J. (2012). Use of single or multiple attribute time-intensity and conventional panel results to compare sucralose, stevia, or sucrose sweetened chocolate meal replacements beverages. In: *5th European conference on sensory and consumer research, 9–12 September 2012. Bern, Switzerland.*

Lee, W. E., III, & Pangborn, R. M. (1986). Time–intensity: The temporal aspects of sensory perception. *Food Technology, 40*(11), 71–78. 82.

Lenfant, F., Loret, C., Pineau, N., Hartmann, C., & Martin, N. (2009). Perception of oral food breakdown: The concept of sensory trajectory. *Appetite, 52*, 659–667.

Methven, L., Rahelu, K., Economou, N., Kinneavy, L., Ladbrooke-Davis, L., Kennedy, O. B., et al. (2010). The effect of consumption volume on profile and liking of oral nutritional supplements of varied sweetness: Sequential profiling and boredom tests. *Food Quality and Preference, 21*, 948–955.

Monterymard, C., Visalli, M., Schlich, P., (2010). The TDS-band plot: A new graphical tool for Temporal Dominance of Sensations data. In: *2nd conference of the society of sensory professionals, 27–29 October 2010. Napa, CA, USA.*

Ng, M., Lawlor, J. B., Chandra, S., Chaya, C., Hewson, L., & Hort, J. (2012). Using quantitative descriptive analysis and temporal dominance of sensations analysis as complementary methods for profiling commercial blackcurrant squashes. *Food Quality and Preference, 25*, 121–134.

Pecore, S., Rathjen-Nowak, C., Tamminen, T. (2011). Temporal Order of Sensations. In: *9th Pangborn sensory science symposium, 4–8 September 2011, Toronto, Canada.*

Pineau, N., Cordelle, S., Schlich, P. (2003). Temporal dominance of sensations: A new technique to record several sensory attributes simultaneously over time. In: *5th Pangborn, symposium, July 20–24 (pp. 121), Boston.*

Pineau, N., Goupil de Bouillé, A., Lepage, M., Lenfant, F., Schlich, P., et al. (2012). Temporal Dominance of Sensations: What is a good attribute list? *Food Quality and Preference, 26*, 159–165.

Pineau, N., Schlich, P., Cordelle, S., Mathonnière, C., Issanchou, S., Imbert, A., et al. (2009). Temporal Dominance of Sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time–intensity. *Food Quality and Preference, 20*, 450–455.

Sjöström, L. B., & Cairncross, S. E. (1952). What makes flavor leadership? *Food Technology, 7*, 56.

Sokolowsky, M., & Fischer, U. (2012). Evaluation of bitterness in white wine applying descriptive analysis, time–intensity analysis, and temporal dominance of sensations analysis. *Analytica Chimica Acta, 732*, 46–52.

Sudre, J., Pineau, N., Loret, C., & Martin, N. (2012). Comparison of methods to monitor liking of food during consumption. *Food Quality and Preference, 24*, 179–189.

Taylor, D. E., & Pangborn, R. M. (1990). Temporal aspects of hedonic responses. *Journal of Sensory Studies, 4*, 241–247.

Van Buuren, S. (1992). Analysing TI responses in sensory evaluation. *Food Technology, 46*(2), 101–114.

Veldhuizen, M. G., Wuister, M. J. P., & Kroeze, J. H. A. (2006). Temporal aspects of hedonic and intensity responses. *Food Quality and Preference, 17*, 489–496.

III- Évaluation alternée de la DTS et du *liking* dynamique en prises multiples

Étude 2 / Article 2

RÉSUMÉ

Objectifs et méthodes

Classiquement il est demandé aux consommateurs de noter leur appréciation globale d'un produit par une évaluation unique d'une gorgée ou bouchée pour ce produit. Cependant, les résultats obtenus à partir d'une seule note ne reflètent pas nécessairement l'appréciation relative à la consommation de la portion entière du produit. Une approche méthodologique dynamique peut fournir ce type d'information. Ainsi, comprendre pourquoi les notes de *liking* varient au cours de la consommation serait bénéfique quant à l'amélioration du développement du produit. Dans la précédente étude (Étude 1) nous avons suggéré d'évaluer la DTS et le *liking* temporel avec les mêmes consommateurs lors de deux séances indépendantes consistant en l'évaluation d'une prise unique de fromages aromatisés. Ce nouveau type de données sensorielles a été analysé au niveau individuel dans le but d'identifier des déterminants temporels de *liking* (DTL), entrainant une augmentation ou une diminution de *liking* lorsqu'ils sont dominants. La présente étude propose une extension de cette méthode dans le but d'évaluer la DTS et le *liking* dynamique lors d'une même séance au cours de la consommation d'une portion entière d'un produit. Pour expérimenter cette nouvelle méthode, deux compléments nutritionnels oraux (CNO) sous forme de boissons lactées hyper-protéinées ont été évalués au laboratoire par 64 consommateurs, durant deux séances de dégustation séparées d'une semaine. Le protocole consistait en une évaluation DTS lors de chaque gorgée, immédiatement suivie par une échelle de *liking*, et ce durant toute la consommation du produit.

Principaux résultats

Cette méthode, appelée « Déterminants Temporels de *Liking* – Alternée » (A-TDL), souligne la capacité des consommateurs à notifier les changements de *liking* et à effectuer la tâche DTS au cours de gorgées successives durant la consommation de la portion d'une boisson. Les résultats ont montré que le CNO étant le plus apprécié a également été celui qui a été le plus consommé résultant ainsi en une consommation énergétique plus

importante. En revanche, l'autre produit a engendré une augmentation de l'état de soif plus importante et a présenté plus de DTL négatifs (asséchant, métallique, tapissant) au cours des gorgées successives.

ARTICLE 2

Alternating Temporal Dominance of Sensations and Liking Scales during the Intake of a Full Portion of an Oral Nutritional Supplement.

Thomas, A.[a], van der Stelt, A. J.[b], Prokop, J.[a], Lawlor, J. Ben.[b], Schlich, P.[a]

[a]Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, CNRS, INRA, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France.
[b]Nutricia Research, Nutricia Advanced Medical Nutrition, Utrecht, The Netherlands.

Référence de l'article publié:
Thomas, A., van der Stelt, A. J., Prokop, J., Lawlor, J. B., & Schlich, P. (2016). Alternating temporal dominance of sensations and liking scales during the intake of a full portion of an oral nutritional supplement. *Food Quality and Preference, 53*, 159-167.

ABSTRACT

Measurement of liking with consumers is often performed on a single sip or mouthful of the product and results in a single liking score that does not necessarily reflect the liking over consumption of a whole product. A dynamic approach could provide this type of information. Thus, obtaining reasons why the liking score is changing over consumption could help to gain insights for product improvement. Recently, Thomas, Visalli, Cordelle, and Schlich (2015) suggested collecting with the same consumers liking scores dynamically and Temporal Dominance of Sensations (TDS) during mono-intakes of flavoured cheeses, in two independent sessions. This new type of sensory data has been analysed at individual level to identify "temporal drivers of liking" for each product.

The present paper further develops this method consisting of collecting TDS and dynamic liking data in the same session and during the consumption of the full portion of a product. The products used to experiment this new method were two commercial oral nutritional supplements (ONS) assessed by 65 consumers over two lab sessions separated by one week.

The protocol consisted of a TDS evaluation of 5 flavor, 2 texture and 3 taste sensations during each sip, immediately followed by a liking scale. This protocol was repeated over sips. This method, named "Alternated Temporal Drivers of Liking" (A-TDL), required that consumers record liking changes and do TDS over sips during food consumption. Results showed that one of the two ONS was more liked than the other and consumed in a larger volume resulting in a higher energy intake. In contrast, the other product resulted in a stronger thirst and presented more negative temporal drivers of liking (dry, metallic, filming) over the consecutive sips.

KEYWORDS

Temporal Dominance of Sensations (TDS); Liking; Temporal Drivers of Liking (TDL); ONS

1. Introduction

The sensory cascade of food consumption, composed of various oro-sensory perceptions, is a dynamic process driven by a specific food oral processing (Chen, 2009; Lawless & Heymann, 2010). For food companies, improvement of the characterization of the temporal descriptive profile is a key to better understand the consumers' product experience. The classic sensory analysis methods are generally static and do not take into account temporality of descriptive/hedonic profiles. Further, those tests are often performed with a single intake of the product and therefore do not reflect normal conditions of food consumption which usually is composed of several intakes (bites for a solid food or sips for a beverage).

Temporality in sensory perception is commonly evaluated by the Time-Intensity (TI) method (Lee & Pangborn, 1986). However, TI presents some biases as halo-dumping effects (Clark & Lawless, 1994) or individual signatures in TI-curves (Van Buuren, 1992). Further, the evaluation of different attributes with TI increases the amount of sessions and can quickly become relatively expensive. In order to overcome these limitations several temporal sensory methods have been introduced over the last 20 years: Discontinuous Time-Intensity (Clark & Lawless, 1994), Progressive Profiling (Jack, Piggott, & Paterson, 1994), Dual Attribute Time Intensity (Duizer, Bloom, & Findlay, 1997), Temporal Dominance of Sensations (Pineau et al., 2009), Sequential Profiling (Methven et al., 2010), Temporal Order of Sensations (Pecore, Rathjen-Nowak, & Tamminen, 2011), Multiple Attribute Time Intensity (Kuesten, Bi, & Feng, 2013) and more recently Temporal Check-All-That-Apply (Castura, Antúnez, Giménez, & Ares, 2016).

The hedonic response is often investigated by an overall liking score, but certain authors showed that liking presented a temporal aspect during the consumption of piquant crackers (Rozin, Ebert, & Schull, 1982) and liquids (Lee, Barrick, & Welling, 1992; Taylor & Pangborn, 1990). More recently some methods have been developed in order to study the temporal profile of liking discontinuously at different moments of chewing-gum mastication (Delarue & Loescher, 2004) or continuously during consumption of orange lemonades (Veldhuizen, Wuister, & Kroeze, 2006). These two studies showed the feasibility of the task over time. The continuous and discontinuous measurement methods allowed to evaluate the dynamic liking of three different types of cereals over time and the results confirmed time by product interactions of the two approaches (Sudre, Pineau, Loret,

& Martin, 2012). These results confirmed that the liking is driven by a specific kinetic and can be evaluated continuously or discontinuously during food consumption.

In recent work, the hedonic and descriptive temporal profiles of fresh flavored cheeses have been studied in order to better understand how sensory characteristics modulate the liking during tasting (Thomas et al., 2015). In this study, sixty-four French consumers participated to a temporal liking and to a TDS sessions, which were separated by one week. Based on descriptive and hedonic temporal data obtained from the same subjects, an innovative concept of "Liking While Dominant" (LWD) has been developed, allowing the consumers to identify sensory attributes able to significantly increase or decrease liking in the product when they are dominant. This method, called "Temporal Drivers of Liking" (TDL), allows individual temporal descriptive and hedonic data recorded from the same consumers to be linked. The results of this study confirmed the added value of a liking kinetic compared to a classic static score. They also suggested that it was possible to describe both perception and liking, from a same consumer in two separate sessions. However, with this concept, the average of the individual temporal liking scores while each attribute was dominant (LWD) in the product is directly compared to the liking mean over the quotations weighted by their durations. This means that the comparison is not based on the same number of panelists. In a workshop at the 2014 Sensometrics meeting, some other authors proposed alternative methods to code and/or analyse this new type of sensory data (Carr & Lesniauskas, 2016; Castura & Li, 2016; Meyners, 2016). The present paper aims at collecting TDS and dynamic liking data simultaneously rather than in two separate sessions in order to relate TDS to liking and proposes an improvement of LWD data analysis.

In addition, to get closer to understanding regular consumption of a product it seems interesting to not base the evaluation on a single bite/sip only, as usually practiced in the classic sensory methods. It was shown before that during usual food consumption the sensory perception can be modulated by successive repeated intakes (Köster, 2003). Recently multi-bite/sip evaluation concept was applied to TDS and TCATA methods, thus highlighting characteristics not discerned by classic static sensory methods (Galmarini, Visalli, & Schlich, In press; Oliveira et al., 2015; Schlich, Visalli, Urbano, & Pineau, 2013; Vandeputte, Romans, Pineau, & Lenfant, 2011; Zorn, Alcaire, Vidal, Giménez, & Ares, 2014).

In the present study the main objective was to expand the TDL concept by recording TDS and dynamic liking data in the same session and during the consumption of the full portion of a product. Oral nutritional supplements (ONS) were chosen for that purpose, because the full portion must be consumed to deliver expected benefits in the management of disease-related malnutrition (Hubbard, Elia, Holdoway, & Stratton, 2012). However, Methven et al. (2010) showed that a decrease in liking over consecutive sips, due to dynamic changes of taste perception, might lead to the subject not finishing the ONS portion. In their work, a trained panel characterised the ONS by means of a sequential profiling over eight consecutive aliquots (5 mL) and found a buildup effect for specific attributes (mouthdrying, metallic and mouthcoating). These results were used to explain why the liking recorded by another group of naïve subjects decreased over repeated consumption (60 mL in total). However this temporal sensory method focuses on the temporal profile between the successive intakes and does not take into account the changes within sips. Note also that each trained subject consumed 40 mL of each product in one sequential profiling session. However, an average intake of ONS is of 80 mL, considering that the classic bottle size is of 220 mL (Gosney, 2003).

In this context, a new sensory multi-intake method able to identify temporal drivers of liking using a panel of consumers describing perception and appreciation of a full portion of an ONS could contribute to a better understanding of the consumer's preference of this type of product. In addition, the present study proposes a methodology to analyse temporal descriptive and hedonic data obtained with a free multi-intake consumption protocol.

2. Methods

2.1. Products

Two commercial ONS (P1 & P2) were used for this study. P1 and P2 differed in energy density and volume. In order to not identify them, these information cannot be mentioned in the present paper. Each product was presented with its own unbranded white bottle (shape slightly different between products) and coded with a three-digit random number. Samples were served at ambient temperature (20 ± 1°C). In order to get closer to

regular ONS consumption, the consumers drunk straight from the bottle and thus sip sizes were not controlled.

2.2. Participants

The usual consumers of this type of products (ONS) are elderly and/or hospitalized people who have difficulties to consume enough proteins in their daily diets. However, hiring a panel of such types of consumers is very difficult and they may have great difficulties to use computers in their conditions. As our research was mostly methodological and not about the products for themselves, we preferred using 40-60 years old subjects used to consume dairy products. Thus, sixty-five naïve French consumers (31 men, 34 women) of dairy products and aged 40 to 60 years old participated in this study. Consumers were recruited by means of an on-line questionnaire from a population registered in the Chemosens Platform's PanelSens database. This database has been declared to the relevant authority (Commission Nationale Informatique et Libertés – CNIL – n° d'autorisation 1148039). Each consumer participated in two sessions. The consumers were compensated for their participation. All the participants provided written consent to participate in the experiment, which was approved by the Regional Ethics Committee of Burgundy (France).

2.3. Procedure

2.3.1. General procedure

The sessions took place in isolated sensory booths and lasted about one hour. Products were presented under red light. Each consumer tasted a full ration of P1 in one session and P2 in the other session. Half of the consumer started with P1 and the other half with P2. Data were captured using TimeSens software version 1.0 (INRA, Dijon, France). The consumers came between noon and 1 pm and they were instructed not to eat three hours before sessions. Before tasting, detailed instructions were given to consumers, then they had to rinse their mouth in order to neutralize the palate. Throughout the session, the consumers were not allowed to consume water in order not to eliminate cumulative effects

of certain attributes specifics of oral nutritional supplements (Methven et al., 2010; Withers, Lewis, Gosney, & Methven, 2014).

The consumers did Alternated-TDL (A-TDL) for the two products without any specific training. A-TDL protocol consisted of a TDS during each sip (see section 2.3.2), followed by a liking scale appearing on the screen immediately after completion of the TDS (see section 2.3.3). Then, consumers were asked whether they wanted to have another sip or not. If yes, they repeated the protocol on the new sip, and so on for the next sips. If no, the reason of the stop consumption was asked (see section 2.3.4). Fig. 1 explains the data acquisition protocol and shows the measurement screenshot (TDS & Liking) for the session.

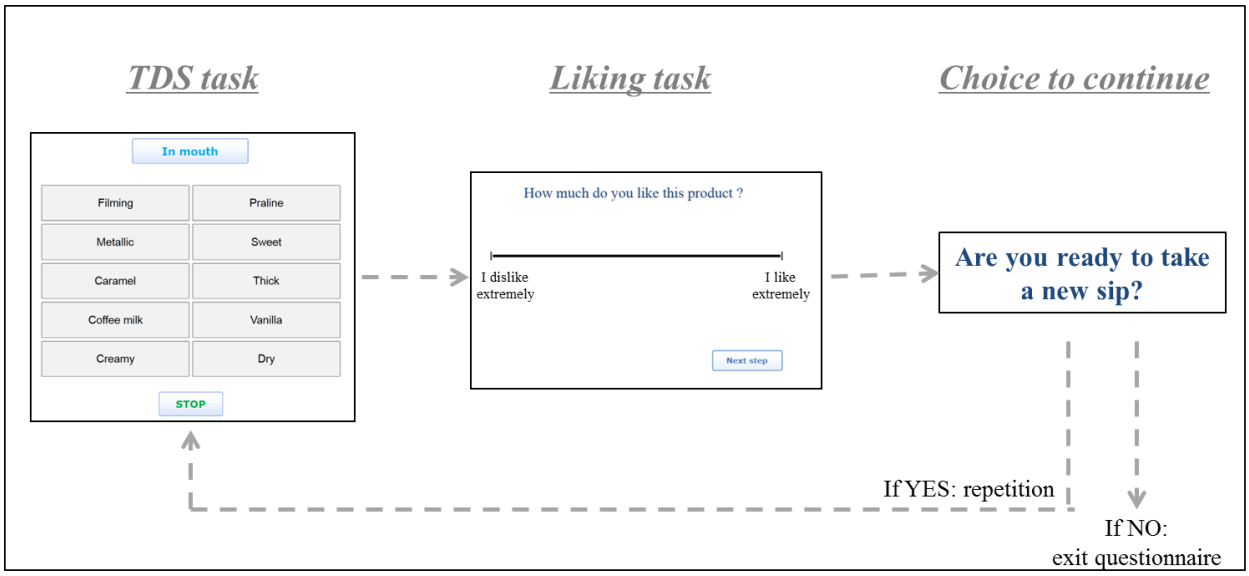


Fig. 1. Protocol of data acquisition (translated to English from the original French screens).

2.3.2. TDS evaluation

The TDS list included ten attributes: filming, thick, dry, praline, caramel, coffee-milk, vanilla, creamy, sweet, and metallic. This list was established previously based on pre-tests with an internal panel asked to list all vocabulary corresponding to the tasting.

During the test, the selected TDS attributes were presented on one screen, and only dominance was recorded (no intensity recorded). The attribute order on the screen was different for each consumer, but each consumer kept his or her own order for all sips and products in order to avoid attribute order effects while facilitating the task of the tasters

(Pineau et al., 2012). For each product and sip, the consumers drank the sip of the sample and kept it in mouth while clicking on the "In mouth" button. Then, they had to choose at any tasting time the dominant attribute among the ten proposed. The concept of dominant attribute was defined as "the attribute associated to the sensation catching the attention at a given time" (Pineau et al., 2009). Consumers were free to choose several times the same attribute during a tasting, or never use a sensation among the ten proposed. After free swallowing, the consumers had to continue to evaluate the dominant sensations until they no longer perceived anything. At this moment, they had to click on the "STOP" button. Attributes became clickable only right after the click on the “In mouth” button. Moreover, a special attention was given to the “In mouth” and “STOP” buttons by the panel leader thanks to a live demonstration before both sessions. For each sip the "In mouth" button started a timer that recorded the time a certain attribute was considered as dominant before another attribute became dominant for the participant. This means that each sip can have multiple sequential dominant attributes. The timer was stopped by the "STOP" button. It was impossible to get no STOP, as one was automatically generated 40 s after the click on the “In Mouth” button. Once clicked, an attribute was highlighted until the next choice. In the end, a sequence of dominant attributes was recorded together with their corresponding time for each product and each consumer over sips. For each attribute, duration of dominance, corresponding to the time elapsed between the citation of that attribute and the following quote, was calculated. If an attribute was never quoted, its dominance duration was set to zero.

2.3.3. Dynamic liking evaluation

At the end of each TDS evaluation the consumers clicked on the “STOP” button and they had to indicate their actual liking for the product on a [0-10] continuous hedonic scale ranging from “I dislike extremely” to “I like extremely”.

2.3.4. Thirst and hunger sensations & reasons to end consumption

Before the first and after the last sip, the participants indicated their level of hunger using a [0-10] continuous scale that was anchored at its ends by the statements “I am not at

all hungry" (0) and "I am extremely hungry" (10). The participants also indicated the level of thirst using a [0-10] continuous scale that was anchored at its ends by the statements "I am not at all thirsty" (0) and "I am extremely thirsty" (10).

Immediately after consumption, consumers were asked to select the reason for ending consumption among three possible answers: "I have finished the bottle", "I have preferred ending because I did not really like the taste of the beverage" and "I have felt satiated". The participants could choose more than one reason.

2.3.5. Total energy intake

Finally, after the tasting, total energy quantities consumed were calculated after having weighed the remaining product in the bottle. Consumers were not informed that leftover ONS would be measured.

2.4. Data analysis

Data treatments were run with R 3.0.3 (R Core Team, 2014) and SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA). TDS curves and the Canonical Variate Analysis map were produced with TimeSens 1.0 (INRA, Dijon, France).

2.4.1. Taking into account three tasting periods

In the present study, the consumers were free to drink all or part of the portion resulting in a different number of sips for each consumer (7.9 in average with a standard deviation of 3.5). In order to take into account all the sips of each consumer, three individual periods were defined. The first period correspond to the beginning of the tasting, the second period to the middle of tasting and the third period to the end of the tasting. Each of sips was assigned at the corresponding period in function of number of sips of each consumer. For example, if this number is divisible by three, the first third of sips corresponds to the first period, the second third to the second period and the last third to the

last period. But in the case of a number of sips not divisible by three, the sips are assigned in order to have the same number of sips in the first and third periods.

2.4.2. Dynamic liking

For each consumer by product and period, an individual liking average was computed, taking into account the different liking scores given during the different sips defining a specific period. Then, a mixed model ANOVA was used:

$$\text{Liking} = \text{prod} + \text{per} + \text{cons} + \text{prod*per} + \text{prod*cons} + \text{per*cons} + \text{error} \quad [1]$$

Where "prod", "per" and "cons" mean respectively product, period and consumer. Consumer and its interactions with all of the other factors are random effects. Finally, an average of the individual liking means was computed for each product by period pair and these means were compared with Least Significant Difference (LSD) at $p < 0.05$.

2.4.3. Temporal Dominance of Sensations

2.4.3.1. Total durations

An average of the total duration of dominant attributes was computed for each consumer by product and period in order to have a balanced dataset. These data were analysed by the mixed ANOVA model of equation [1] where liking is replaced by total duration. Consumer and its interactions with all of the other factors are random effects. Finally, an average of the individual total duration means was computed for each product by period pair and these means were compared with Least Significant Difference (LSD) at $p < 0.05$.

2.4.3.2. TDS curves

A TDS curve represents the proportion of consumers who had cited a given attribute as dominant over time (Pineau et al., 2009). The different evaluations of a same consumer in a same period were taken into account as replicates. Times were standardized between 0

("First citation") and 1 ("STOP") for each evaluation of a sip by consumer in order to align their responses (Lenfant, Loret, Pineau, Hartmann, & Martin, 2009). Then, TDS curves were smoothed and superimposed (by product and period) to produce a temporal profile for the two products and the three periods.

2.4.3.3. Attribute dominance durations

The dominance duration analysis of each attribute is a complementary approach to the TDS curves in order to better analyze multi-intake TDS data (Galmarini et al., In press). Based on this approach, times were standardized as explained in the section 2.4.3.2 and the dominance durations were expressed as standardized durations. Then, a standardized dominance duration average of each attribute was computed for each consumer by product and period in order to have a balanced dataset. These data were analysed by the mixed ANOVA model of equation [1] where liking is replaced by duration. Consumer and its interactions with all of the other factors are random effects. Finally, for each TDS attribute by product and period, an average of the individual dominance durations was computed and means were compared with Least Significant Difference (LSD) at $p < 0.05$. In the case of an attribute with a significant product by period interaction, the following mixed ANOVA model by product was adjusted:

$$\text{Duration} = \text{period} + \text{consumer} + \text{error} \qquad [2]$$

In addition, a Canonical Variate Analysis (CVA) (see Peltier, Visalli, & Schlich, 2015, for the application of CVA to sensory data) was produced in order to discriminate the six samples (two products by three periods) based on the standardized dominance durations of the ten attributes. Only significant attributes ($p = 0.15$) were kept in this multivariate analysis.

2.4.4. Temporal Drivers of Liking

The methodology to compute Temporal Drivers of Liking (TDL) is based on the concept of "Liking While Dominant" (Thomas et al., 2015). Liking While Dominant (LWD) is the average of the liking scores given by a consumer to a product while the

attribute was dominant. This average was computed over citations of this attribute and weighted by their duration. In the present experiment (A-TDL), the liking score was applied at all dominant descriptors listed in the corresponding sip at individual level, in order to obtain the LWD. Each of these individual LWD was centred towards the average liking scores (weighted by the sip durations) given by the corresponding consumer to this product (CLWD). CLWD were averaged over consumers by attribute and product. This procedure is illustrated with a three sips example in Fig. 2.

Nullity of each of these CLWD averages was tested using a t-distribution with a number of degrees of freedom equal to the number of consumers having quoted this attribute in this product minus 1. When significantly higher (smaller) than 0 ($p < 0.1$), it denotes a positive (negative) temporal driver of liking.

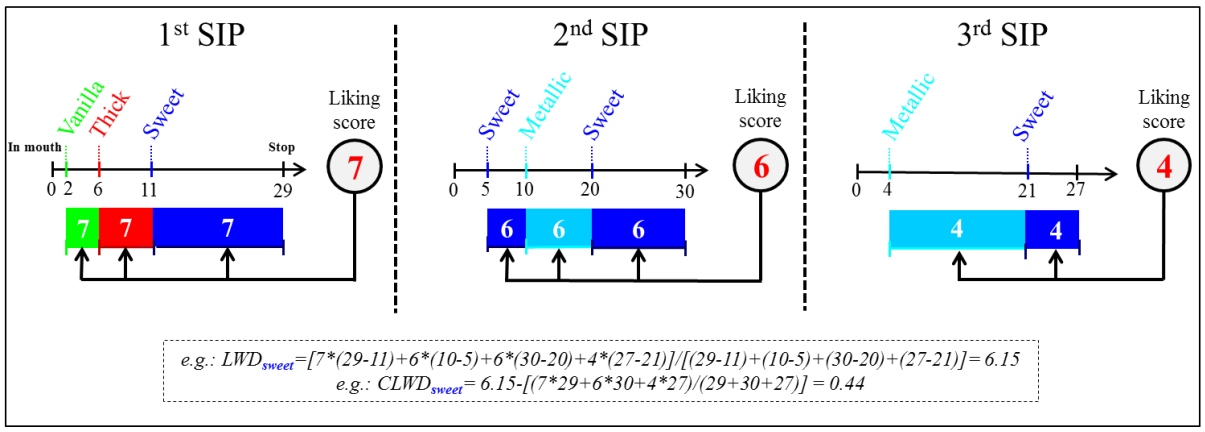


Fig. 2. Liking and Centred Liking While Dominant (LWD and CLWD) computation for one subject and one product (e.g. with 3 sips).

2.4.5. Correlation between liking and dominance durations

For each consumer by period an individual difference of liking (P2-P1) and a difference of standardized dominance duration for each attribute were computed. Then, Pearson's correlation coefficients were computed between these two variables by period for the ten attributes. Finally, significance of each of these Pearson's correlation coefficients was statistically assessed by a test of nullity of a correlation coefficient.

2.4.6. Hunger and thirst

At the individual level, the difference between the level of hunger after and before the tasting was computed and noted delta. A mixed ANOVA was performed on these data according to the following model where Y is the delta of hunger:

$$Y = \text{product} + \text{consumer} + \text{error} \quad [3]$$

Finally, an average of the individual delta of hunger was computed for each product. Same analyses were applied for the thirst variable (refer to equation [3] where Y is the delta of thirst).

2.4.7. Consumption behaviour

A mixed ANOVA model (equation [3] where Y is the number of sips) was performed on data of the two sessions. For each product, the average number of sips was calculated on all consumers.

Another mixed ANOVA was performed on data of the two sessions according to the same model where Y is the energy intake. For each product, the average energy intake (kcal) was calculated on all consumers.

Regarding the reasons of the consumption end, a count of responses was done taking into account the multiple answers and a χ^2 test was performed by modality in order to compare the percentages between the two products.

3. Results

3.1. Dynamic liking

Fig. 3 shows the mean liking scores of each product by period. The associated ANOVA model do not show a significant product by period interaction ($F = 1.09$; $p = 0.34$), which means that the liking evolves in the same way for the two products over the three periods. However, the model show a strong significant period effect ($F = 8.2$; $p < 0.001$) and a significant product effect ($F = 4.9$; $p = 0.03$). On average, the liking score

decreased during the tasting by half a point between the first and the last period. Finally, P2 is globally more liked compared to P1 (6.1 vs. 5.6).

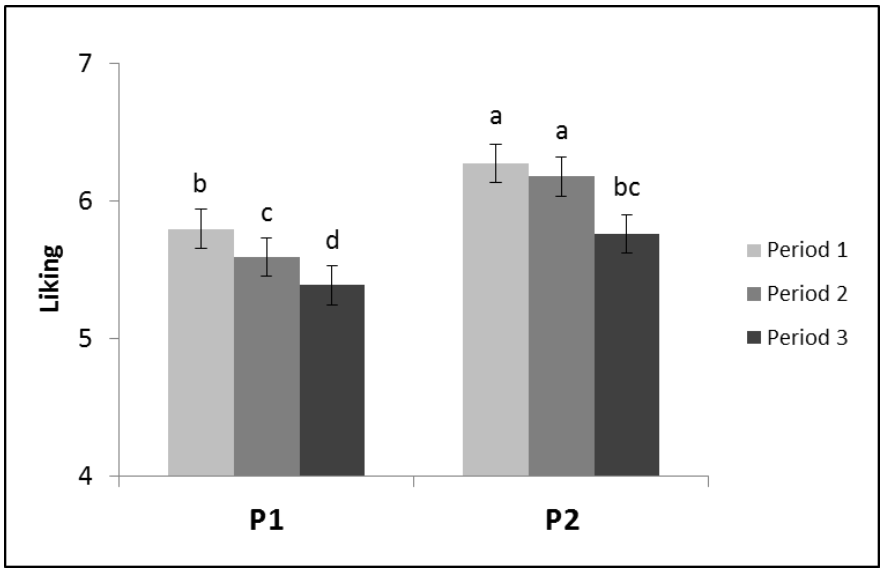


Fig. 3. Liking averages by product and period.
95% confidence intervals (using residual MS).
Two means with a same letter are not significantly different (p = 0.05).

3.2. Temporal Dominance of Sensations

3.2.1. Total durations

The ANOVA results in Table 1 do not show a significant product by period interaction ($F = 0.47$; $p = 0.63$). So, the durations of the two products evolved in the same way along periods. The total duration of a sip was not significantly different between products ($F = 2.44$; $p = 0.12$) with an average of 17.5 s. However, the sips in the last period were significantly shorter than those of the first ($F = 80.22$; $p < 0.001$). Indeed, a sip in the first period is to 22.8 s in average, compared to 13.4 s for a sip in the last period. Note that these results should be kept in memory, especially in the next analyses where time is standardized.

3.2.2. TDS curves

The TDS curves of the three periods of the two products in Fig. 4 show, for both products, an increase of the dryness dominance rate during the tasting, unlike praline attribute which is less dominant. Dominance of sweet characterized the two products. Compared to P2, P1 was dominated longer by creamy and dry, especially during the last period of the tasting whereas P2 was more dominated by praline and filming. Although the creamy attribute characterized more the product P1 compared to P2, this attribute showed an interesting negative evolution of the dominance rate during the tasting of P2.

3.2.3. Attribute dominance durations

The ANOVA results in Table 1 show a slight significant product by period interaction only for the caramel attribute ($F = 2.44$; $p = 0.09$). For this attribute, the ANOVA by product shows a significant period effect in P1 ($F = 3.36$; $p = 0.04$) and no significant period effect in P2 ($F = 0.81$; $p = 0.45$). Indeed, the duration of caramel decreased relatively by one half between the first (duration = 0.12) and the last period (duration = 0.06) in P1. Regarding the other attributes, no significant product by period interaction is observed. The product P2 is slightly longer dominated than P1 by the attribute thick ($F = 3.68$; $p = 0.06$) and filming ($F = 3.48$; $p = 0.07$). Finally, two attributes highlight a strong temporality along sips for both products. The duration of dry increased relatively between the first and the last period ($F = 18.3$; $p < 0.001$). At contrary, the duration of praline decreased relatively between the same periods ($F = 6.42$; $p = 0.002$).

The CVA of the standardized dominance durations for the three periods and the two products in Fig. 5 suggests an overall good discrimination ($F = 2.79$; $p < 0.001$). Especially in the first period, the product P2 seemed longer dominated by thick and filming compared to P1 which was more characterized by caramel. The third period for both products was relatively longer dominated by dry compared to the first period which was relatively more characterized by praline for both products and caramel for P1.

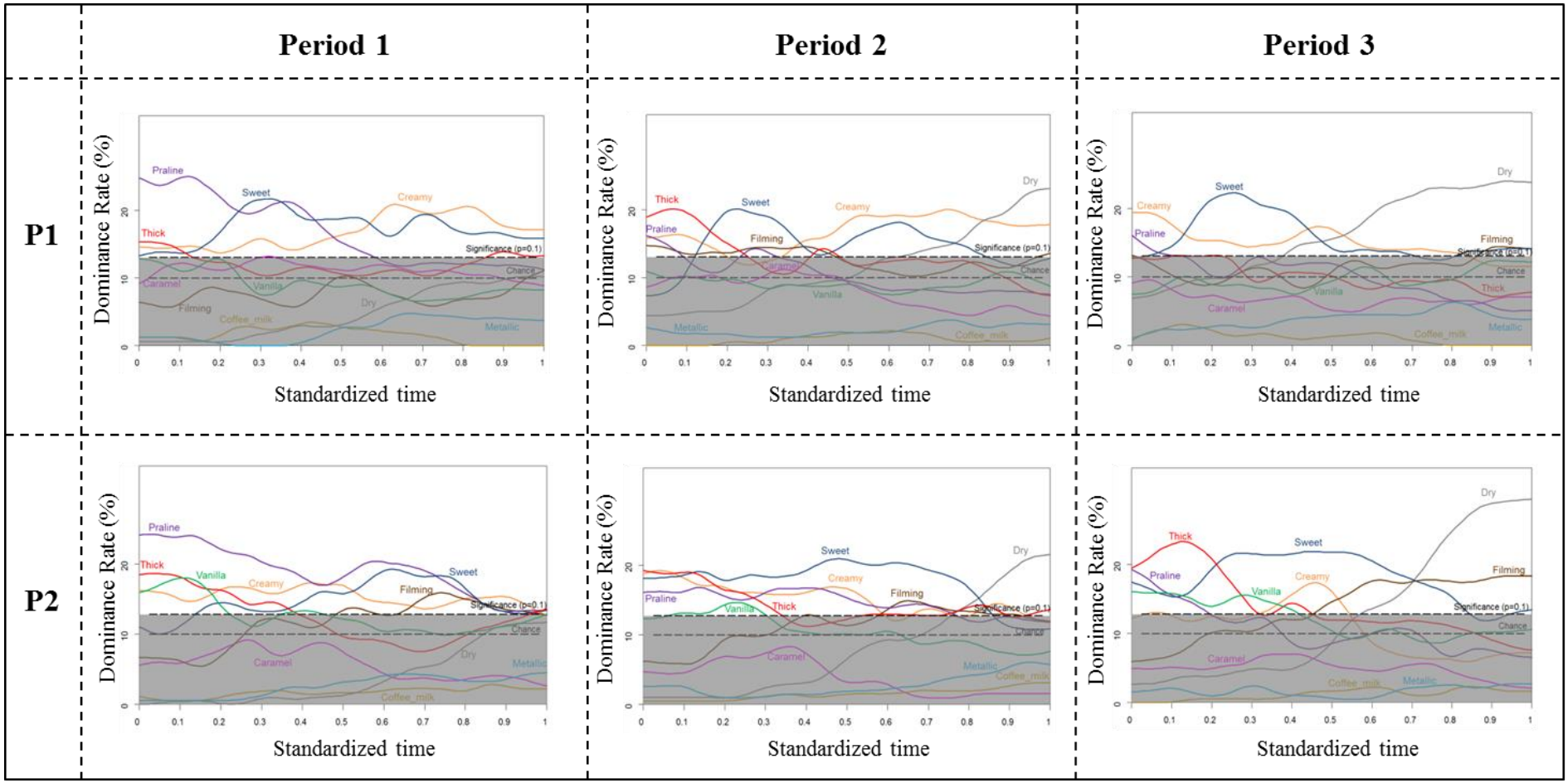


Fig. 4. TDS curves for the two products and the three periods in standardized time.
Tthe grey area below the significance level is noise.

Table 1: ANOVA of total durations (s) and standardized dominance durations by attribute. Multiple comparison of product and period means.

	F-value			**Product**		**Period**		
Attribute	**F-Product**	**F-Period**	**F-Product*Period**	**P1**	**P2**	**Period 1**	**Period 2**	**Period 3**
Caramel	8.11***	3.19**(-)	2.44*	0.09(b)	0.05(a)	0.08(b)	0.06(ab)	0.06(a)
Thick	3.68*	1.46	0.53	0.11	0.15	0.12	0.15	0.12
Filming	3.48*	1.5	1.56	0.1	0.13	0.1	0.12	0.13
Dry	2.52	18.3***(+)	0.41	0.09	0.07	0.03(a)	0.09(b)	0.12(c)
Creamy	1.45	1.12	1.49	0.16	0.14	0.17	0.14	0.14
Vanilla	0.74	0.39	0.3	0.1	0.11	0.11	0.1	0.1
Coffee_milk	0.37	0.83	0.29	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
Metallic	0.36	0.34	0.96	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Praline	0.22	6.42***(-)	0.92	0.13	0.14	0.17(b)	0.14(ab)	0.11(a)
Sweet	0.04	0.25	1.11	0.15	0.16	0.15	0.15	0.16
Total duration	2.44	80.22***(-)	0.47	18.04	17.01	21.77(a)	17.44(b)	13.37(c)

Significance levels: *10%, **5%, ***1%. Two products/periods means with a same letter are not significantly different (p = 0.05). Symbol + (-) indicates a significant increase (decrease) along periods.

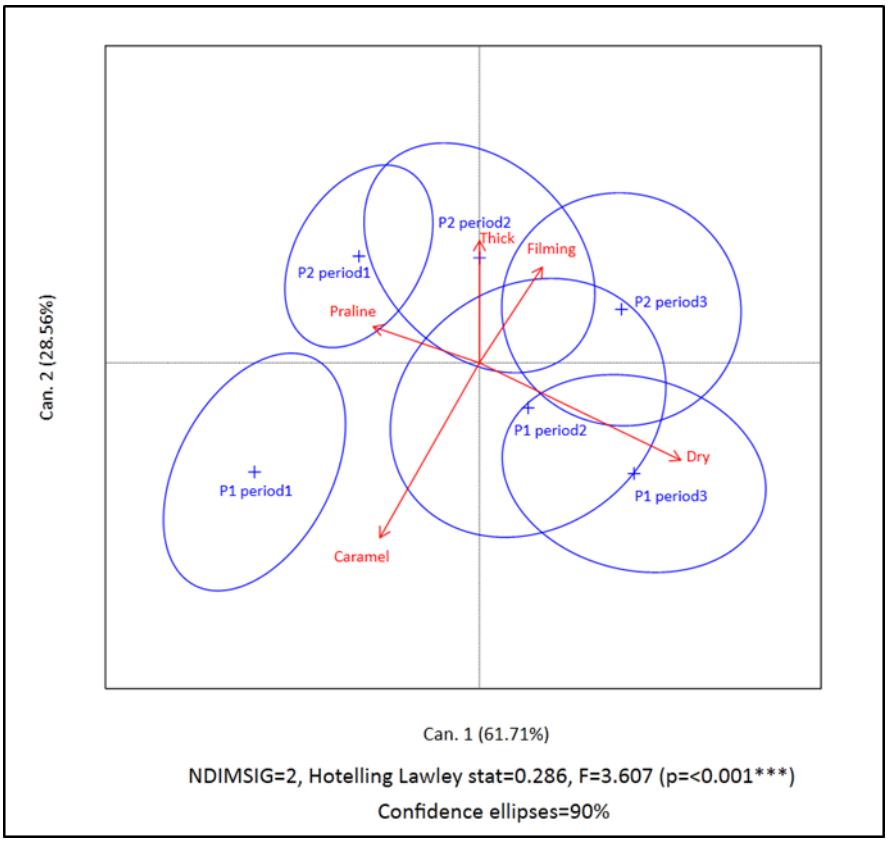


Fig. 5. Canonical Variate Analysis of the standardized dominance durations for the two products and the three periods based on significant attributes (p = 0.15).

3.3. Temporal Drivers of Liking

Table 2 highlights the Temporal Drivers of Liking (TDL) of the two products. Both products had a single positive TDL: caramel in P1 (p = 0.01) and vanilla in P2 (p = 0.09). These two attributes were cited as dominant on average by 65% of the panel. For the two products dry was a negative TDL and the only one in P2 (a decrease of liking equal to 0.20 on average when dry is mentioned dominant in P2 ; p = 0.05) whereas dry, filming and metallic were negative TDL in P1. Metallic is strong negative TDL for the group of 17 consumers having cited this attribute as dominant in P1. Precisely, the liking of this product drops off by 0.37 when this attribute is cited as dominant. This decrease of 0.37 is significantly larger than 0 at p = 0.07.

Table 2: Temporal Drivers of Liking.

	Product P1		Product P2	
Attribute	**n**	**CLWD**	**n**	**CLWD**
Caramel	40	0.33***	25	0.10
Coffee_milk	10	0.52	10	0.14
Creamy	49	0.11	46	0.08
Vanilla	42	0.11	45	0.11*
Praline	48	0.04	41	0.07
Thick	43	0.02	53	0.05
Sweet	54	-0.01	50	-0.03
Metallic	17	-0.37*	20	-0.07
Filming	44	-0.22**	48	-0.05
Dry	36	-0.13**	33	-0.20**

CLWD: Average of individual Centered LWD.
n: number of subjects having cited the attribute in the product.
Significance levels: *10%, **5%, ***1%.

3.4. Correlation between liking and dominance durations

The Pearson's correlation coefficients in Table 3 show significant negative correlations for three attributes in the first period: dry ($r = -0.21$; $p = 0.09$), praline ($r = -0.31$; $p = 0.01$) and metallic ($r = -0.31$; $p = 0.01$). A significant negative correlation is also observed in the last period for the attribute metallic ($r = -0.28$; $p = 0.03$). Moreover, the results in Table 3 indicate a significant positive correlation for only one attribute in the first period: thick ($r = 0.21$; $p = 0.10$). These results presuppose that the difference of liking between the products (P2 minus P1), especially in the first period of the tasting, can be explained by a product P1 longer dominated by the attributes dry, metallic and praline. On the opposite, dominance duration of thickness, more important in P2 during the first period, contributes to a better hedonic response to this product compared to P1.

Table 3: Pearson's correlation coefficients by period between the difference of liking of the two products (P2-P1) and their difference of standardized dominance duration for each attribute.

	Period		
Attribute	**Period 1**	**Period 2**	**Period 3**
Vanilla	0.17	0.19	0.20
Caramel	0.02	0.18	0.17
Creamy	0.17	0.17	-0.05
Sweet	0.15	0.08	0.01
Thick	0.21*	-0.18	0.05
Filming	0.04	-0.17	0.03
Coffee_milk	-0.13	0.02	-0.13
Dry	-0.21*	-0.02	-0.03
Praline	-0.31***	-0.07	-0.09
Metallic	-0.31***	-0.17	-0.28**

Significance levels: *10%, **5%, ***1%.

3.5. Hunger and thirst

Table 4 summarizes the hunger and thirst delta average comparison between products. The associated ANOVA model shows an increase of the thirst statement between the beginning and the end of the tasting twice as high in P1 compared to P2 ($F = 4.56$; $p = 0.04$). However, no significant product effect ($F = 0.37$; $p = 0.54$) is observed for the "hunger delta" variable, meaning that the two products were equally satiating.

3.6. Consumption behaviour

The number of sips and the energy consumption average comparison between products for all consumers are mentioned in Table 4. The associated ANOVA models highlight that consumers took more sips ($F = 14.4$; $p < 0.001$) from the product P2 (8.5 sips) compared to P1 (7.3 sips). Moreover, consumers took 17% kcal more with P2 compared to P1 ($F = 26.48$; $p < 0.001$).

The counts of responses in percentages of the reasons of the consumption end presented in Table 5 are not significantly different between the two products (p-values > 0.20). On average, 72.3% of consumers have finished the entire quantity proposed and only 13.1% of consumers have stopped the consumption because they did not

really like the taste of the beverages. Finally, 27.7% of consumers on average have mentioned to feel satiated at the consumption end.

Table 4: Consumption behaviour and feelings analysis.

Variable	F-Product	P1 average	P2 average
Hunger delta	0.37	-2.8	-3
Thirst delta	4.56**	2.2	1.1
Number of sips	14.4***	7.3	8.5
Energy consumption (kcal)	26.48***	422	494

Significance levels: *10%, **5%, ***1%.

Table 5: Comparison of the reasons to end consumption between the two products.

Reason title	P1	P2	χ^2-value	p-value
"I have finished the bottle"	75.4%	69.2%	0.61	0.4330
"I have preferred ending because I did not really like the taste of the beverage"	13.8%	12.3%	0.07	0.7948
"I have felt satiated"	23.1%	32.3%	1.38	0.2396

4. Discussion

The present work aimed at extending the TDL method (Thomas et al., 2015) in collecting both TDS and liking data on the same products with the same untrained consumers on free multi-intake. Recently, several publications studied the temporal descriptive sensory analysis on multi-bite/sip intakes with TDS method (Galmarini et al., In press; Schlich et al., 2013; Vandeputte et al., 2011; Zorn et al., 2014) or TCATA method (Oliveira et al., 2015) and the authors suggested the interest of studying several intakes in order to better understand the descriptive sensory temporality of a product while being closer to the normal consumption of the product. But in these studies, the number of intakes was generally limited, thus not fully reflecting a complete food portion. Regarding the liking, Galmarini, Symoneaux, Visalli, Zamora, and Schlich (2015) showed that the consumers were able to score dynamic liking at different times of a full consumption of a chewing gum product. In the present paper, a full ONS portion was evaluated with a free number of sips for both TDS and liking. The free number was decided in order to not force the consumers to drink the full portion and because one of the secondary objectives was to

compare the volume consumed of the two ONS products chosen. Evidence suggests that compliance to ONS prescriptions can be low, and therefore the full nutritional benefits of ONS may not be achieved by elderly people (Hubbard et al., 2012). One of the reasons most cited for a low compliance is a poor taste and a large volume to be consumed. In a previous study, Methven et al. (2010) applied the sequential profiling with a trained panel to characterize the descriptive profile of ONS over a total consumption volume of 40 ml. The authors showed that buildup of taste and mouthfeel attributes over repeat consumption could explain a decrease of liking after a consumption of 60 ml with naïve subjects. The results of the present study confirm a decrease of liking after a consumption of several sips of this type of products and confirm also an interesting temporality of certain attributes (e.g. dryness which was relatively longer dominant at the end of the tasting). Moreover we observed that the product being the most liked was the most consumed. Although the protein consumption was comparable with both products, the product P2 provided 72 kcal more than product P1 (+17%). Despite this difference, the two ONS seem to be as satiating with a decrease of the hunger statement not significantly different between the two products, as well as the percentage of consumers having reported to be satiated after the product consumption. However, results may have been impacted by the fact that the two products were not equal in volume and nutritional content. For assessing the proper effect of volume, it would be interesting to compare ONS having the same energy content but with a different volume. Conversely, comparing products with the same density energy would be interesting for studying the effect of sensory attributes on hunger and satiety.

In sensory science, the assessment of attributes and preferences requires traditionally different types of panelists (Stone & Sidel, 2004). Indeed, consumers are often called on to give liking scores for products but they are sometimes also asked *a posteriori* to answer questions related to sensory attributes (e.g. Vazquez-Araujo, Chambers, Adhikari, & Carbonell-Barrachina, 2010). Overall liking is usually asked before attributes in order to avoid an analytical way of evaluating the product. But it was shown that the use of intensity scales have no effect on overall liking (Mela, 1989; Popper, Rosenstock, Schraidt, & Kroll, 2004; Vickers, Christensen, Fahrenholtz, & Gengler, 1993). To the best of our knowledge, only one work paired overall liking with a temporal descriptive method (Oliveira et al., 2015). In their study, consumers were asked to rate their overall liking after completing a TCATA task on a single sip of probiotic chocolate-flavored milk samples. In this type of protocol, liking question can be logically asked only after the temporal

descriptive task. A-TDL method takes the same way where consumers are asked about sensory attributes and using TDS follow these attributes over time, before giving their liking. The concept of dominance for TDS used in the present work is based on an instinctive task in which consumers are asked to select the attribute associated to the sensation catching the attention at a given time, and cannot be really considered as a classic analytic sensory method. We believe that asking liking after TDS along intakes from the same consumers is an interesting way to better understand their preferences.

This new method could be also applied to a fixed food portion with a free multi-intake. However, such protocol leads to unbalanced datasets (number of intakes different by product) and needs to apply a concept based on periods or a similar data analysis method. The concept of periods presented in the present paper is similar to time interval concept proposed by Pineau, Neville, and Lepage (2011) and further developed by Dinnella, Masi, Naes, and Monteleone (2013) and by Lepage et al. (2014). In these studies, the authors have fixed time intervals in a same intake and then have assessed the best number of intervals to use in order to simplify TDS results interpretation. In the present study, the periods do not define intervals of a same sip but the typical profile of sips at different moment of the whole tasting. We choose to define three periods to respectively represent the beginning, the middle and the end of the whole tasting. A point which can also be addressed with this concept is the aggregation of a different number of intakes depending on each subject. To address that point, a protocol with a fixed number of intakes could permit to obtain a balanced dataset.

The main advantage of the A-TDL method is to relate multi-attributes temporal profile and hedonic dynamic profile for a full portion. Based on a new type of sensory data coding, the present results highlighted specific positive TDL for each of the two ONS (caramel for P1 and vanilla for P2) and confirm that the attributes dry, filming and metallic play a negative temporal role on the liking over the sips as it was suggested by Methven et al. (2010). Moreover, we observed that the least appreciated product (P1) presented more significant negative TDL (dry, metallic and filming) and increased thirst more than the other product (P2). It could be possible that increase of thirst in P1 driving by specific attributes (e.g. metallic) leads to an early end to consumption compared to P2. Record dynamically the temporality of thirst between sips would be an interesting way to better understand this point.

Computing TDL by period was not conducted in this paper since consumers with a small number of sips may not have more than one sip in some periods making the computation of TDL critical. To overcome this limitation, the correlation between the difference of liking (P2 - P1) and their difference of dominance duration for each attribute was studied by period. This complementary approach permits a direct explanation of the difference of liking of two products by the dominance durations. For instance, dominance durations of the attributes dry, metallic and praline more important in P1, especially during the first period, contribute to a lesser hedonic response of this product compared to P2.

In a previous study, Paulsen, Næs, Ueland, Rukke, and Hersleth (2013) used TDS data obtained with a trained panel to relate to consumer preferences. More recently, it was studied TDS and dynamic liking with two independent groups of subjects (Di Monaco, Miele, Volpe, Masi, & Cavella, 2016). However, using two different panels may result in no causal correlations. Brachet et al. (2014) highlighted recently the importance to take into account the TDS profiles obtained with consumers in order to better understand their preferences. From this perspective and based on the new concept of "Liking While Dominant", the A-TDL methodology permits to link dynamic hedonic profile of consumers directly with their TDS profile with several intakes of a same product. Note that it could be equally possible to perform A-TDL with a fixed number of intakes. Such a protocol would have the advantage to standardize the size of sips or bites and would permit to have the same number of evaluations by consumer. It could be also possible to perform the method with unlimited standardized intakes in order to study an *ad libitum* consumption. Unlike Thomas et al. (2015), the present paper proposes to centre individual LWD values towards the average liking scores given by the corresponding consumer to this product. This procedure permits to average the individual centered LWD over consumers by attribute and product and to test the nullity of their average, thus reflecting more precisely if an attribute leads to a decrease or increase of liking when it is cited as dominant. However in A-TDL, the CLWD concept assumes that attribute order within sip has no impact on liking. To address that, Schlich, Thomas, Kostyra, Gilbert, and Dreyfuss (2015) have recently proposed to record simultaneously liking and TDS of multi-intake of Gouda cheeses.

Finally, two methodological points can also be addressed in the present paper. Firstly, Thomas et al. (2015) proposed in their study to keep the button corresponding to the dominant TDS lighted on for 3 s, as was done for temporal liking in order to stimulate re-

actualization of the liking. However, A-TDL asking for a single mandatory liking score per sip, fading the liking button after 3 s would be irrelevant and thus it was decided to do the same for the attribute buttons. Note also that the present protocol recorded dominant attributes from mouthing to end of perception with no capture of swallowing times, as we believed such an additional task in the short time period of a beverage sip might have disrupted consumers during the attribute selection. The last point is the standardization of the time in the analysis. Indeed, the analysis of attribute dominance durations should be done systematically in standardized times since eventual differences of duration between intakes could induce differences in duration of dominance attributes only because one intake is shorter than another. To limit that, Zorn et al. (2014) proposed to set the TDS task at 20 seconds by sip in a multi-sip TDS evaluation of sweetened juices. However such a protocol should allow consumers to choose a possible "no dominance" with a corresponding button.

5. Conclusion

This study introduces A-TDL method by collecting descriptive and hedonic temporal profiles with consumers in the same session for a product consumed in its entirety, and proposes to extend the LWD concept (Thomas et al., 2015) by centering individual values towards the average liking scores from consumer by product. We observed that one of the two ONS was more liked and consumed in a larger volume resulting in a higher energy intake. In contrast, the other product resulted in a stronger thirst and presented more negative temporal drivers of liking over the consecutive sips. The present results confirm the conclusions of Methven et al. (2010) with a decrease of liking after a consumption of several sips of an ONS due to a buildup of mouthfeel attributes. These interesting findings should be useful to ONS producers for improving consumers' preference of this type of product.

Acknowledgments

The authors would like to thank the scientific reviewers whose constructive comments have allowed us to improve this publication.

References

Brachet, S., Galmarini, M., Chatelet, B., Loiseau, A. L., Cordelle, S., Lempereur, V., et al. (2014). Evaluation de la Dominance Temporelle des Sensations de vins rouges de Bourgogne et du Beaujolais par un panel d'experts et de consommateurs. In, *37th World Congress of Vine and Wine and 12th General Assembly of the OIV. Mendoza, Argentina, November 9-14.*

Carr, B. T., & Lesniauskas, R. O. (2016). Analysis of variance for identifying temporal drivers of liking. *Food Quality and Preference, 47*, 97-100.

Castura, J. C., Antúnez, L., Giménez, A., & Ares, G. (2016). Temporal Check-All-That-Apply (TCATA): A novel dynamic method for characterizing products. *Food Quality and Preference, 47*, 79-90.

Castura, J. C., & Li, M. (2016). Using TDS dyads and other dominance sequences to characterize products and investigate liking changes. *Food Quality and Preference, 47*, 109-121.

Chen, J. (2009). Food oral processing—A review. *Food Hydrocolloids, 23*(1), 1-25.

Clark, C. C., & Lawless, H. T. (1994). Limiting response alternatives in time–intensity scaling: An examination of the halo-dumping effect. *Chemical Senses, 19*(6), 583-594.

Delarue, J., & Loescher, E. (2004). Dynamics of food preferences: a case study with chewing gums. *Food Quality and Preference, 15*(7-8), 771-779.

Di Monaco, R., Miele, N. A., Volpe, S., Masi, P., & Cavella, S. (2016). Temporal dominance of sensations and dynamic liking evaluation of polenta sticks. *British Food Journal, 118*(3), 749-760.

Dinnella, C., Masi, C., Naes, T., & Monteleone, E. (2013). A new approach in TDS data analysis: A case study on sweetened coffee. *Food Quality and Preference, 30*(1), 33-46.

Duizer, L. M., Bloom, K., & Findlay, C. J. (1997). Dual-attribute time–intensity measurement of sweetness and peppermint perception of chewing-gum. *Journal of Food Science, 61*(3), 636-638.

Galmarini, M. V., Symoneaux, R., Visalli, M., Zamora, M. C., & Schlich, P. (2015). Static vs. dynamic liking in chewing gum: A new approach using a background task and a natural setting. *Food Quality and Preference, 40*, 381-386.

Galmarini, M. V., Visalli, M., & Schlich, P. Advances in representation and analysis of mono and multi-intake Temporal Dominance of Sensations data. *Food Quality and Preference* (2016), http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.01.011.

Gosney, M. (2003). Are we wasting our money on food supplements in elder care wards? *Journal of Advanced Nursing, 43*(3), 275-280.

Hubbard, G. P., Elia, M., Holdoway, A., & Stratton, R. J. (2012). A systematic review of compliance to oral nutritional supplements. *Clinical Nutrition, 31*(3), 293-312.

Jack, F. R., Piggott, J. R., & Paterson, A. (1994). Analysis of textural changes in hard cheese during mastication by progressive profiling. *Journal of Food Science, 59*, 539-543.

Köster, E. P. (2003). The psychology of food choice: some often encountered fallacies. *Food Quality and Preference, 14*, 359-373.

Kuesten, C., Bi, J., & Feng, Y. (2013). Exploring taffy product consumption experiences using a multi-attribute time–intensity (MATI) method. *Food Quality and Preference, 30*(2), 260-273.

Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). Time–Intensity Methods. In H. T. Lawless & H. Heymann (Eds), *Sensory evaluation of food: Principles and practices*. (2nd ed., pp. 179-201). New York: Springer.

Lee, W. E., III, Barrick, D. M., & Welling, E. S. (1992). Time-intensity study of prolonged sweet stimuli. *Journal of Food Science, 57*(2), 524-529.

Lee, W. E., III, & Pangborn, R. M. (1986). Time–intensity: The temporal aspects of sensory perception. *Food Technology, 40*(11), 71-82.

Lenfant, F., Loret, C., Pineau, N., Hartmann, C., & Martin, N. (2009). Perception of oral food breakdown. The concept of sensory trajectory. *Appetite, 52*(3), 659-667.

Lepage, M., Neville, T., Rytz, A., Schlich, P., Martin, N., & Pineau, N. (2014). Panel performance for Temporal Dominance of Sensations. *Food Quality and Preference, 38*, 24-29.

Mela, D. J. (1989). A comparison of single and concurrent evaluations of sensory and hedonic attributes. Journal of *Food Science, 54*(4), 1098-1100.

Methven, L., Rahelu, K., Economou, N., Kinneavy, L., Ladbrooke-Davis, L., Kennedy, O. B., et al. (2010). The effect of consumption volume on profile and liking of oral nutritional supplements of varied sweetness: Sequential profiling and boredom tests. *Food Quality and Preference, 21*(8), 948-955.

Meyners, M. (2016). Temporal liking and CATA analysis of TDS data on flavored fresh cheese. *Food Quality and Preference, 47*, 101-108.

Oliveira, D., Antúnez, L., Giménez, A., Castura, J. C., Deliza, R., & Ares, G. (2015). Sugar reduction in probiotic chocolate-flavored milk: Impact on dynamic sensory profile and liking. *Food Research International, 75*, 148-156.

Paulsen, M. T., Næs, T., Ueland, Ø., Rukke, E. O., & Hersleth, M. (2013). Preference mapping of salmon–sauce combinations: The influence of temporal properties. *Food Quality and Preference, 27*(2), 120-127.

Pecore, S., Rathjen-Nowak, C., & Tamminen, T. (2011). Temporal Order of Sensations. In, *9th Pangborn Sensory Science Symposium. Toronto, Canada, September 4-8.*

Peltier, C., Visalli, M., & Schlich, P. (2015). Canonical Variate Analysis of Sensory Profiling Data. *Journal of Sensory Studies, 30*(4), 316-328.

Pineau, N., Goupil de Bouillé, A., Lepage, M., Lenfant, F., Schlich, P., Martin, N., et al. (2012). Temporal Dominance of Sensations: What is a good attribute list? *Food Quality and Preference, 26*(2), 159-165.

Pineau, N., Neville, T., & Lepage, M. (2011). Panel performance tool for Temporal Dominance of Sensations studies. In, *9th Pangborn Sensory Science Symposium. Toronto, Canada, September 4-8.*

Pineau, N., Schlich, P., Cordelle, S., Mathonnière, C., Issanchou, S., Imbert, A., et al. (2009). Temporal Dominance of Sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time–intensity. *Food Quality and Preference, 20*(6), 450-455.

Popper, R., Rosenstock, W., Schraidt, M., & Kroll, B. J. (2004). The effect of attribute questions on overall liking ratings. *Food Quality and Preference, 15*(7-8), 853-858.

R Core Team. (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL http://www.R-project.org/.

Rozin, P., Ebert, L., & Schull, J. (1982). Some like it hot: A temporal analysis of hedonic responses to chili pepper. *Appetite, 3*(1), 13-22.

Schlich, P., Thomas, A., Kostyra, E., Gilbert, C., & Dreyfuss, L. (2015). Temporal dominance of sensations paired with temporal liking. In, *11th Pangborn Sensory Science Symposium. Gothenburg, Sweden, 23-27 August.*

Schlich, P., Visalli, M., Urbano, C., & Pineau, N. (2013). Multi-bites or multi-sips TDS with untrained subjects: a live demonstration on chocolates. In, *10th Pangborn Sensory Science Symposium. Rio de Janeiro, Brazil, August 11-15.*

Stone, H., & Sidel, J. L. (2004). *Sensory Evaluation Practices.* London, U.K.: Elsevier Academic Press.

Sudre, J., Pineau, N., Loret, C., & Martin, N. (2012). Comparison of methods to monitor liking of food during consumption. *Food Quality and Preference, 24*(1), 179-189.

Taylor, D. E., & Pangborn, R. M. (1990). Temporal aspects of hedonic responses. *Journal of Sensory Studies, 4*, 241-247.

Thomas, A., Visalli, M., Cordelle, S., & Schlich, P. (2015). Temporal Drivers of Liking. *Food Quality and Preference, 40*, 365-375.

Van Buuren, S. (1992). Analysing TI responses in sensory evaluation. *Food Technology, 46*(2), 101-114.

Vandeputte, A., Romans, J., Pineau, N., & Lenfant, F. (2011). Innovative methods to assess the evolution of the sensory characteristics during the tasting of a full product portion (several bites). In, *9th Pangborn Sensory Science Symposium. Toronto, Canada, September 4-8.*

Vazquez-Araujo, L., Chambers, E. t., Adhikari, K., & Carbonell-Barrachina, A. A. (2010). Sensory and physicochemical characterization of juices made with pomegranate and blueberries, blackberries, or raspberries. *Journal of Food Science, 75*(7), 398-404.

Veldhuizen, M. G., Wuister, M. J. P., & Kroeze, J. H. A. (2006). Temporal aspects of hedonic and intensity responses. *Food Quality and Preference, 17*(6), 489-496.

Vickers, Z. M., Christensen, C. M., Fahrenholtz, S. K., & Gengler, I. M. (1993). Effect of questionnaire design and the number of samples tasted on hedonic ratings. *Journal of Sensory Studies, 8*, 189-200.

Withers, C. A., Lewis, M. J., Gosney, M. A., & Methven, L. (2014). Potential sources of mouth drying in beverages fortified with dairy proteins: A comparison of casein- and whey-rich ingredients. *Journal of Dairy Science, 97*(3), 1233-1247.

Zorn, S., Alcaire, F., Vidal, L., Giménez, A., & Ares, G. (2014). Application of multiple-sip temporal dominance of sensations to the evaluation of sweeteners. Food Quality and Preference, 36, 135-143.

IV- Évaluation simultanée de la DTS et du *liking* temporel en prises multiples

Étude 3 – Partie 1/ Article 3

RÉSUMÉ

Objectifs et méthodes

Les deux précédentes études (Étude 1 et Étude 2) ont proposé de coupler la DTS à une évaluation temporelle de l'appréciation hédonique avec les mêmes consommateurs naïfs de manière indépendante (deux séances différentes) et de manière alternée au cours de prises successives d'un même produit. Cette nouvelle étude, menée dans différents pays d'Europe, tend à appliquer la méthodologie DTL tout en étendant ce concept à une évaluation simultanée des deux composantes temporelles par les consommateurs. Afin de se rapprocher de la situation naturelle de consommation où perception sensorielle et appréciation hédonique évoluent et interagissent dans le temps, les sujets ont évalué trois prises successives d'un même produit. Un projet de recherche incluant 10 membres de l'*European Sensory Network* a été mené afin d'investiguer cette thématique. Les consommateurs de six pays européens (n = 667) ont évalué en une seule séance, au laboratoire, trois fromages de type Gouda ayant des niveaux de maturation et de matières grasses différents. L'écran de l'ordinateur utilisé par les consommateurs incluait les descripteurs DTS ainsi qu'une échelle hédonique à 9 points. Tout en réalisant la tâche DTS, les consommateurs pouvaient modifier leur appréciation hédonique aussi souvent qu'ils le souhaitaient. Dans le but de mettre en évidence des DTL, le traitement de ce nouveau type de données sensorielles est basé sur le calcul des CLWD présenté dans la précédente étude. De plus, une segmentation des consommateurs basée sur leur appréciation moyenne des produits a été menée afin d'observer d'éventuels DTL spécifiques par groupes de sujets.

Principaux résultats

Bien qu'il y ait des différences significatives d'appréciation hédonique entre les pays (p. ex. les consommateurs Britanniques apprécient plus les fromages affinés), il est cependant possible d'établir une appréciation globale plus importante pour les fromages étant plus longtemps dominés par des textures fondantes, grasses et tendres. L'attribut spécifique à l'arôme fromage est de loin le meilleur DTL positif, alors que l'amertume est

indiscutablement un DTL négatif. Cependant, une segmentation des 667 consommateurs a permis d'identifier trois groupes ayant chacun un produit plus apprécié différent. Le calcul des DTL par groupe a mis en évidence des attributs sensoriels entrainant des modifications de l'appréciation hédonique spécifiques en fonctions de ces groupes. Par exemple, le descripteur âcre s'est révélé être un DTL positif uniquement pour le groupe ayant plus apprécié le fromage le plus affiné. Ces résultats démontrent l'intérêt d'une segmentation des consommateurs avant une analyse DTL dans l'optique de mieux comprendre leurs propres dynamiques d'appréciation au cours de la dégustation d'un produit.

ARTICLE 3

Measuring temporal liking simultaneously to Temporal Dominance of Sensations in several intakes. An application to Gouda cheeses in 6 Europeans countries.

Thomas, A.[a], Chambault, M.[b], Dreyfuss, L.[c], Gilbert, C. C.[d], Hegyi, A.[e], Henneberg, S.[f], Knippertz, A.[g], Kostyra, E.[h], Kremer, S.[i], Silva, A. P.[j], Schlich, P.[a]

[a]Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, CNRS, INRA, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France.
[b]Campden BRI, Chipping Campden, United Kingdom
[c]Biofortis, Paris, France
[d]ACCE, Mississauga, Canada
[e]Campden BRI, Budapest, Hungary
[f]ISI, Munich, Germany
[g]FrieslandCampina, Amersfoort, The Netherlands
[h]Warsaw University of Life Sciences WULS-SGGW, Faculty of Human Nutrition and Consumer Sciences, Department of Functional Food, Ecological Food and Commodities, Nowoursynowska 159C, 02-776 Warsaw, Poland
[i]Wageningen Food & Biobased Research, Consumer Science & Health, Bornse Weilanden 9, 6708 WG Wageningen, The Netherlands
[j]Universidade Católica Portuguesa, CBQF – Centro de Biotecnologia e Química Fina – Laboratório Associado, Escola Superior de Biotecnologia, Porto, Portugal

Soumis le 10 octobre 2016 au journal Food Research International.

ABSTRACT

The idea of having untrained consumers performing Temporal Dominance of Sensations (TDS) and dynamic liking in the same session was recently introduced (Thomas, van der Stelt, Prokop, Lawlor, & Schlich, 2016). In the present study, a variation of the data acquisition protocol was done, aiming to record TDS and liking simultaneously on the same screen in a single session during multiple product intakes. This method, called Simultaneous-TDL (S-TDL), was used to describe samples of Gouda cheese in an international experiment.

A research project including 10 members of the European Sensory Network (ESN) was conducted to test this idea. Consumers from six European countries (n = 667) assessed 4 Gouda cheeses with different ages and fat contents during one sensory evaluation session. Ten sensory attributes and a 9-point hedonic scale were presented simultaneously on the computer screen. While performing TDS, consumers could reassess their liking score as often as they wanted. This new type of sensory data was coded by individual average liking scores while a given attribute was perceived as dominant (Liking While Dominant; LWD).

Although significant differences in preference were observed among countries, there were global preferences for a longer dominance of *melting*, *fatty* and *tender* textures. The *cheese* flavour attribute was the best positive TDL, whereas *bitter* was a strong negative TDL. A cluster analysis of the 667 consumers identified three significant liking clusters, each with different most and least preferred samples. For the TDL computation by cluster, significant specific TDL were observed. These results showed the importance of overall liking segmentation before TDL analysis to determine which attributes should have a longer dominance duration in order to please specific consumer targets.

KEYWORDS

Temporal Dominance of Sensations (TDS); Liking; Temporal Drivers of Liking (TDL); Gouda cheese

1. Introduction

Sensory analysis is an important step prior to launching novel foods on the market, and sectors other than food (e.g., cosmetics, pharmaceuticals, pet foods) also use sensory analysis. Sensory analysis provides a good understanding of consumers' product experience to better meet their preferences and optimize the product. For this purpose, sensory methods can be divided into hedonic tests performed by consumers and product characterization traditionally performed by a trained panel. These methods are usually static because they are based on an *a posteriori* evaluation of the product. However, food consumption is a dynamic process driven by physical and physiological phenomena (Lawless & Heymann, 2010). In recent decades, multiple temporal sensory methods have been developed (Castura, Antúnez, Giménez, & Ares, 2016; Clark & Lawless, 1994; Duizer, Bloom, & Findlay, 1997; Jack, Piggott, & Paterson, 1994; Kuesten, Bi, & Feng, 2013; Lee & Pangborn, 1986; Methven et al., 2010; Pecore, Rathjen-Nowak, & Tamminen, 2011; Pineau, Cordelle, & Schlich, 2003).

Hedonic appreciation is usually based on the overall liking, and the first study of temporal liking dates to the beginning of the 1980s (Rozin, Ebert, & Schull, 1982). Some authors have developed methods around this temporal aspect and have confirmed that liking is a dynamic process that can be recorded by consumers during food intake (Delarue & Loescher, 2004; Galmarini, Symoneaux, Visalli, Zamora, & Schlich, 2015; Kuesten et al., 2013; Lee, Barrick, & Welling, 1992; Sudre, Pineau, Loret, & Martin, 2012; Taylor & Pangborn, 1990; Thomas, Visalli, Cordelle, & Schlich, 2015; Veldhuizen, Wuister, & Kroeze, 2006). These works proposed different types of measurement, which have been recently reviewed by Delarue and Blumenthal (2015), to compare certain methodological points.

In classic static sensory analysis, temporal descriptive and hedonic methods are usually performed on a single intake to establish a temporal profile within a bite/sip of the product. However, some authors have recently studied the temporal descriptive profile of the same product between successive bites/sips (Appelqvist, Poelman, Cochet-Broch, & Delahunty, 2016; Dugas, Pineau, & Folmer, 2012; Galmarini, Visalli, & Schlich, 2016; Methven et al., 2010; Oliveira et al., 2015; Pecore et al., 2011; Schlich, Visalli, Urbano, & Pineau, 2013; Thomas et al., 2016; Vandeputte, Romans, Pineau, & Lenfant, 2011; Withers, Barnagaud, Mehring, Ferris, & Thomson, 2016; Zorn, Alcaire, Vidal, Giménez, &

Ares, 2014). Similarly, to better understand the temporal aspects of consumer preferences, Delarue and Blumenthal (2015) suggested more realistic experiments that take into account several intakes of a product to more accurately simulate normal food consumption. Few studies demonstrated the feasibility of consumers scoring temporal liking at different times during a full consumption of a chewing gum product (Delarue & Loescher, 2004; Galmarini et al., 2015) or over successive intakes of the same beverage (Methven et al., 2010; Rocha-Parra, García-Burgos, Munsch, Chirife, & Zamora, 2016; Thomas et al., 2016). These works provided two ways to record liking: dynamic liking, referring to one score given after each intake, and temporal liking, where the subject continuously rates his liking score within and between intakes. The multi-bite/multi-sip evaluation concept is more expensive than a single intake evaluation but permits the analysis of sensory temporal descriptive and hedonic proprieties not included in classic sensory methods.

Another important point is that descriptive sensory methods are no longer exclusively performed by trained panels. As reported by Varela and Ares (2012) in their review of novel methods for product characterization, the use of consumers provides sensory maps that are similar to the maps obtained by classic descriptive analysis with highly trained panels. Thus, using consumers for sensory characterization is becoming increasingly popular, and this trend also applies to descriptive temporal sensory analysis. Some temporal methods have recently followed the same course using naïve consumers (Ares, 2015; Ares et al., 2016; Brachet et al., 2014; Galmarini, Symoneaux, Visalli, Zamora, & Schlich, 2016; Oliveira et al., 2015; Rodrigues et al., 2016; Thomas et al., 2016; Thomas et al., 2015). For Temporal Dominance of Sensations (TDS), because intensity is not generally included, training is not necessary, provided that the attributes are simple enough to be understood by naïve consumers (Albert, Salvador, Schlich, & Fiszman, 2012; Di Monaco, Su, Masi, & Cavella, 2014). This was recently confirmed by Rodrigues et al. (2016), who showed that training did not seem to improve discrimination of samples by panellists.

Few studies have considered the temporal descriptive profiles obtained from consumers to better understand the temporal aspects of preferences during the tasting within or between intakes (Thomas et al., 2016; Thomas et al., 2015; Veldhuizen et al., 2006). In their study, Thomas et al. (2015) correlated the individual TDS and temporal liking data of fresh flavoured cheeses recorded from the same consumers in two separate

sessions. This new method, called Temporal Drivers of Liking (TDL), identifies sensory attributes that significantly increase or decrease the liking of a product when they are dominant. This concept was recently extended to the free multi-intake normal consumption of oral nutritional supplements by alternately overs sips collecting TDS and temporal liking data (Thomas et al., 2016). The present study records TDS and temporal liking simultaneously on the same screen from the same consumers in a single session during three intakes of a Gouda cheese. This method, called Simultaneous-TDL (S-TDL), was applied in six European countries to compare the temporal descriptive and hedonic profiles across these countries. In addition, cluster analysis based on overall preference was proposed. This segmentation enabled TDL computation by cluster and highlighted the specific attributes responsible for the temporal preference differences between groups.

2. Methods

2.1. Participants

Six hundred and sixty-seven consumers of hard/semi-hard cheese (at least once per week) from six European countries, aged 18 to 65 years old, participated in this study: 117 German (GE), 112 French (FR), 105 Polish (PL), 116 Portuguese (PR), 100 Hungarian (HU) and 117 British (UK) consumers. Of the participants, 87% consumed hard/semi-hard cheese several times a week.

2.2. Products

Four Gouda cheeses (including a warm-up) with different ages (young, medium aged and mature) and fat contents (standard and low fat) were selected: one medium aged and standard fat cheese (warm-up), one young and standard fat cheese, one young and low fat cheese and one mature and low fat cheese. These four products were produced and provided to the six countries by the Dutch dairy cooperative FrieslandCampina. Each sample (three cubes of 1.5 cm^3) was placed onto a plastic plate coded with a three-digit random number. During the session each participant consumed twelve cubes of Gouda cheese, which represent a regular portion of such a cheese. The samples were prepared 1 to

2 hours before each session and stored at 4 °C. The samples were removed from the refrigerator 5 minutes prior to consumption.

2.3. Procedure

2.3.1. General procedure

Consumers participated in one session of the study. The session was conducted in individual sensory booths and lasted approximately one hour. Products were presented under white light, following a Williams Latin Square experimental design. The warm-up product preceded the three tested products to familiarize consumers with the S-TDL method. Data were captured by TimeSens 1.0 (INRA, Dijon, France). The S-TDL screens were designed in English and translated by the partners to the five other languages (French, Polish, German, Hungarian, and Portuguese). To validate each S-TDL questionnaire, a back-translation to English was performed. The specific instructions given to the participants are described in the following sections. Note that a one day workshop was performed to align the panel leaders into the method, the attributes and the software utilization. To be consistent in the different countries, a unique English script was provided to the six panel leaders. Throughout the session, the subjects drank water between each product to eliminate the aftertaste, but they were not allowed to consume water between the three bites of the same product. In addition, consumers were forced to wait one minute between each product.

The consumers performed S-TDL for four products without any specific training. The S-TDL protocol consisted of TDS coupled with a liking scale during each of the three bites of the same product. Consumers were asked to continue when they were ready to take another piece of the same cheese, and they repeated the protocol for each of the three cubes of cheese. Fig. 1 shows a measurement screenshot (TDS & Liking) of the S-TDL test.

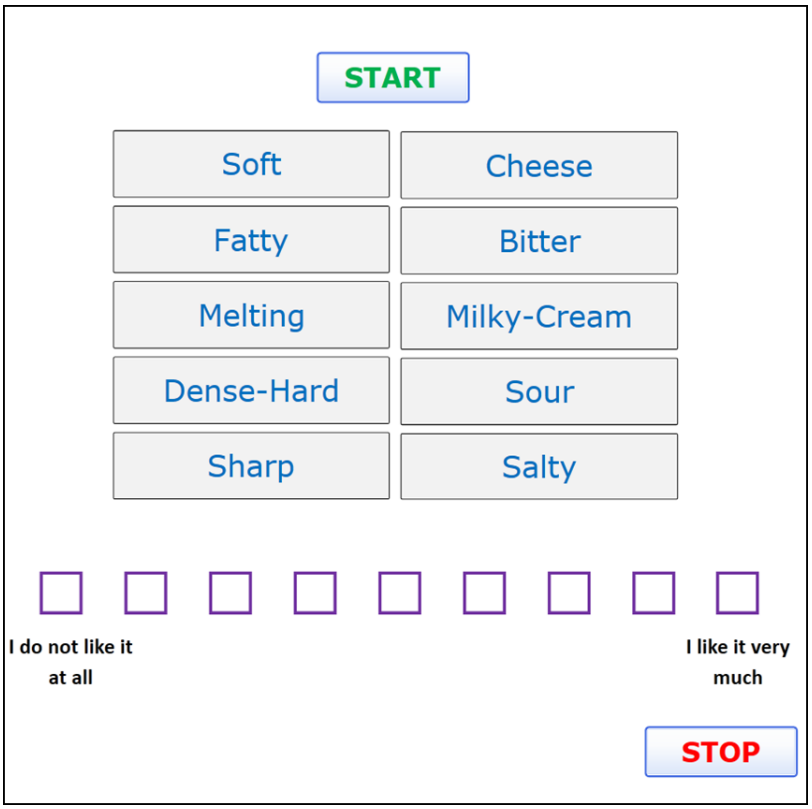


Fig. 1. Measurement screenshot of the S-TDL test (English language).

2.3.2. S-TDL evaluation

The TDS included 10 attributes: *soft*, *cheese*, *fatty*, *bitter*, *melting*, *milky-cream*, *dense-hard*, *sour*, *sharp* and *salty*. The list was established on pre-tests with an internal panel that was asked to list all applicable attributes for Gouda cheese. The ten attributes were discussed with the six panel leaders to obtain an accurate translation for each language. During the test, the selected TDS attributes were presented on the computer screen, and only dominance was recorded (intensity was not recorded). To facilitate the task, attributes were divided into two columns (Fig. 1). The first column (on the left side of the screen) contained textural and trigeminal sensations, whereas the second column (on the right side of the screen) contained flavour and taste sensations. For each column, the order of the attributes on the screen was randomized to avoid an attribute order effect. However, each consumer was shown the same order for all bites and products to facilitate the task (Pineau et al., 2012). For each product and bite, consumers put the piece of cheese in their mouth while clicking on the "START" button. Then, they selected the dominant attributes. The concept of dominant sensation was defined as "the feeling that attracts the most attention at any given moment" (Pineau et al., 2009). Consumers were free to choose a

given attribute several times or not at all. After free swallowing, the consumers continued to evaluate the dominant sensations until they no longer perceived anything. At this moment, they clicked on the "STOP" button. For each bite, the "START" button started a timer that recorded the time that a certain attribute was considered as dominant before another attribute became dominant. Therefore, each bite could have multiple sequentially dominant attributes. The timer was stopped by the "STOP" button when consumers had finished each bite. A maximum time of 1 minute was allowed per bite for the S-TDL task. Once clicked, an attribute was highlighted for three seconds to encourage the subjects to re-evaluate their dominant sensation. The sequence of dominant attributes was recorded together with their corresponding time for each product and each consumer by bite. For each attribute, the duration of dominance, corresponding to the time elapsed between the selection of an attribute and the following attribute, was calculated. If an attribute was not selected, its dominance duration was set to zero.

Simultaneously with the TDS task, consumers performed a temporal liking test. They indicated their liking of the sample throughout the tasting on an ordinal hedonic scale of 9 boxes ranging from "I do not like it at all" to "I like it very much". Before the session, it was explained to consumers that they could change the score on the scale anytime they perceived some liking change until they no longer felt any sensation after swallowing the product. They repeated the temporal liking evaluation for the three bites of each product. To encourage consumers to re-evaluate their liking, the box corresponding to their liking score was changed from black to white after three seconds (Thomas et al., 2015). Consumers were instructed to re-evaluate their liking at these moments by clicking the same box as before if they did not perceive a change in liking.

2.4. Data analysis

Data analysis was performed with SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA). TDS band-plots and the Canonical Variate Analysis (CVA) maps were produced with TimeSens 1.0 (INRA, Dijon, France).

2.4.1. Consumer behaviour for the S-TDL protocol

Different TDS indicators (Lepage et al., 2014; Rodrigues et al., 2016) were analysed to evaluate consumer behaviour during the S-TDL evaluation (corresponding to one bite): the evaluation duration, the number of attribute selections per evaluation and the time for the first attribute. The liking indicators were also defined: the number of liking clicks per evaluation, the time for the first liking click and the liking range (difference between the maximum and the minimum scores during an evaluation). A split-plot ANOVA model was used for each indicator at the global group level with country, bite, product and their interactions as fixed effects. For each indicator, the average of the individual means was computed for each country, and these means were compared by least significant difference (LSD) at $p < 0.05$.

2.4.2. Cheese liking and TDS comparison among countries

2.4.2.1. Temporal liking

For each consumer, an individual liking average was computed, by product and bite. This average was computed over the liking selections and was weighted by their duration. These liking averages were analysed by a mixed ANOVA model (by country) with product, bite and their interaction as fixed effects. The random part of the model was composed of subject and its interactions with the fixed effects. An average of the individual liking means was computed for each product, and these means were compared by LSD at $p < 0.05$. Moreover, a split-plot ANOVA model was used at the global group level with country, bite, product and their interactions as fixed effects. The average of the individual liking means was computed for each product (and country), and these means were compared by LSD at $p < 0.05$.

2.4.2.2. TDS band-plots

To avoid inspection of numerous TDS curves, TDS band-plots were produced by considering only the attributes with a significant dominance rate ($p < 0.1$) within an interval of time (Galmarini, Visalli, et al., 2016; Monterymard, Visalli, & Schlich, 2010). The three

evaluations (bites) completed by a consumer were considered as replicates. Time was standardized between 0 (“First citation”) and 1 (“Stop”) for each TDS evaluation, and band-plots were drawn to produce a temporal profile for the three products by country.

2.4.2.3. Attribute dominance durations

For each country, a CVA (see Peltier, Visalli, & Schlich, 2015, for the application of CVA to sensory data) was performed with bites as replicates to discriminate the three products based on the dominance duration of each attribute. Based on the six CVA, the attributes with longer dominance duration than at least one other product were listed for each product and country to summarize the characterization of the three cheeses by country.

2.4.3. Centred liking while dominant at global group level

Liking While Dominant (LWD) is the average of the liking scores given by a consumer to a product while the attribute was dominant (Thomas et al., 2015). This average was computed over selections of this attribute and was weighted by their duration over three bites. Then, a centring procedure towards the average liking scores by consumer and product was performed (CLWD) and individual CLWD were averaged over consumers by attribute and product (Thomas et al., 2016). A t-distribution was used to test the nullity of each CLWD average. A CLWD score significantly (α = 5%) greater than 0 denotes a sensory attribute inducing a positive trend of liking when it is dominant. A CLWD score significantly (α = 5%) lower than 0 denotes a sensory attribute inducing a negative trend of liking when it is dominant.

2.4.4. Temporal drivers of liking explained by liking clustering

2.4.4.1. Construction of the cheese liking clustering

A global clustering of the 667 consumers pooled in a single group was based on the weighted individual averages over the three bites for the cheese liking data (the weights

were the individual liking durations) and was performed using a Varclus procedure with the Centroid option (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA).

2.4.4.2. Cheese TDS band-plot comparison among clusters

To produce a temporal profile for the three products by cluster, TDS band-plots were performed in the same way as for the countries (see section 2.4.2.2).

2.4.4.3. Specific temporal drivers of liking by cluster

At the cluster level, the CLWD were calculated by attribute and product. A t-distribution was used to test the nullity of each CLWD average. A CLWD score significantly ($\alpha = 5\%$) greater than 0 denotes a sensory attribute inducing a positive trend of liking when it is dominant for a given cluster. A CLWD score significantly ($\alpha = 5\%$) lower than 0 denotes a sensory attribute inducing a negative trend of liking when it is dominant for a given cluster.

3. Results

3.1. Consumer behaviour for the S-TDL protocol

The averages of the different indicators during an S-TDL evaluation for each country are shown in Table 1. The ANOVA models indicate a country effect (p-values < 0.001) for all indicators, suggesting that the behaviour in response to the S-TDL protocol was not the same for each country. On average, the consumers performed the S-TDL task in 34.6 s, with a difference of 15.5 s between the fastest (Polish group) and slowest (German group). Regarding the TDS, 3.8 attributes were selected on average per evaluation. Polish and British consumers selected 4.5 attributes per evaluation, whereas German consumers selected only 2.7. The first selection was given at 5.6 s on average, corresponding to approximately one sixth of the total duration. The British and Polish groups made their first attribute selection before 5 s, whereas the German group was the only to have made their first attribute selection after 6 s. Regarding liking, the consumers

clicked on the liking scale an average of three times during an S-TDL evaluation, with the first liking score given at 16.4 s on average, corresponding to approximately one half of the total evaluation duration. This means that in the second half of an S-TDL run, the consumers changed their liking score every 6 s. In addition, the liking range at the global level was 1.2 on average. However, differences were observed between countries. British and Polish consumers were more active (with a total of 5.4 clicks on average over a longer duration), while French and German consumers made a total of 1.3 click (over a shorter duration). When the number of liking clicks was near 1, the range was logically near 0.

Table 1. Consumer behaviour indicators for each country during an S-TDL run.

Country	General indicator	TDS indicators		Liking indicators		
	Duration (s)	Time to 1st selection (s)	Number of attributes	Time to 1st click (s)	Number of clicks	Range
F-Country	34.10	5.10	32.93	65.89	121.39	122.50
GE	25.8 (d)	6.8 (a)	2.7 (d)	18.5 (b)	1.4 (cd)	0.4 (d)
FR	30.7 (c)	5.9 (ab)	3.7 (c)	24.8 (a)	1.2 (d)	0.1 (e)
HU	36.8 (b)	5.7 (bc)	4.1 (b)	19.2 (b)	2.4 (b)	0.8 (c)
PL	41.4 (a)	4.8 (cd)	4.5 (a)	7.4 (c)	5.4 (a)	2.7 (a)
PR	32.3 (c)	6.0 (ab)	3.4 (c)	20.2 (b)	1.9 (c)	0.5 (d)
UK	40.5 (a)	4.6 (d)	4.5 (a)	8.5 (c)	5.4 (a)	2.4 (b)
GLOBAL	34.6	5.6	3.8	16.4	3.0	1.2

Country F-values from the ANOVA (p-values < 0.001) are given.
For each indicator, means with different letters are significantly different (α = 5%).
GLOBAL lists the average over countries for each indicator.

3.2. Cheese liking and TDS comparison among countries

3.2.1. Temporal liking

The global ANOVA model shows a very strong product effect ($F = 84.08$; $p < 0.001$) and a strong country by product interaction ($F = 19.66$; $p < 0.001$), indicating that even though some products were globally most appreciated, those preferences were not exactly the same in each country. On average, the standard fat cheese was the most appreciated product in all but one country; British consumers preferred the mature product, which was globally the least appreciated (Table 2). Moreover, we observed a country effect

(F = 12.69; p < 0.001) indicating that overall liking was not the same between countries; British consumers least appreciated the Gouda cheeses overall (global mean = 5.1), whereas Hungary group had the highest overall liking score (global mean = 6.4). Finally, the global ANOVA model does not show a significant product by bite interaction (F = 0.69; p = 0.60) or bite effect (F = 0.68; p = 0.51), which means, on average, over products, the liking did not evolve throughout the three bites. However, we noted for the French consumers a slight increase of 0.2 points of liking between the first and the last bite on average (F-Bite = 5.88; p = 0.003).

Table 2. F-values and significances from the liking ANOVA by country and product comparisons by country.

Country	F-Product	F-Bite	F-Product*Bite	Mature Low Fat	Young Low Fat	Young Std Fat	Overall mean
HU	9.59***	1.46	0.25	6.0^{b}	6.4^{a}	6.7^{a}	6.4^{a}
FR	12.93***	5.88**(+)	0.47	5.1^{b}	5.7^{a}	5.9^{a}	5.6^{bc}
GE	10.06***	0.05	0.98	5.5^{b}	5.6^{b}	6.3^{a}	5.8^{b}
PL	6.61**	0.22	1.55	5.1^{b}	5.6^{a}	5.7^{a}	5.4^{c}
PR	10.48***	1.77	1.6	5.1^{b}	5.7^{a}	5.8^{a}	$5.5b^{c}$
UK	10.12***	1.26	0.37	5.4^{a}	4.7^{b}	5.0^{b}	5.1^{d}
GLOBAL	84.08***	0.68	0.69	5.4^{c}	5.6^{b}	5.9^{a}	5.6

Significance levels: *5%, **1%, ***0.1%.
For each country, means with different letters are significantly different (α = 5%).
Symbol + (-) indicates a significant increase (decrease) along bites.
GLOBAL lists the F-values of the global ANOVA model and the global mean liking of each product. This global ANOVA included also country (F-Country = 12.69***) and its interactions with bite (F-Country*Bite = 0.75) and product (F-Country*Product = 19.66***) as fixed effect. The overall column lists the overall mean liking of each country.

3.2.2. TDS band-plots

The TDS band-plots in standardized time by country of the three products in Fig. 2 enable investigation of specific temporal perception differences among products and countries. For instance, *sourness* was significantly dominant during the second part of the tasting only in the mature cheese and for only three countries (Poland, Hungary and Germany). In the same way, *bitterness* was significantly dominant only in the two low fat cheeses for these same three countries (and Portugal). *Bitterness* was dominant for a longer time in the mature cheese. Moreover, British consumers perceived the two young cheeses as dominated more by *fattiness* than the other European consumers. Despite small differences, these TDS band-plots show the same temporal structures between countries. Overall, the mature cheese was more dominated by *sharpness*, whereas the standard fat

cheese was more dominated by *meltingness*. The young standard fat cheese was less dominated by these two attributes than the two other products.

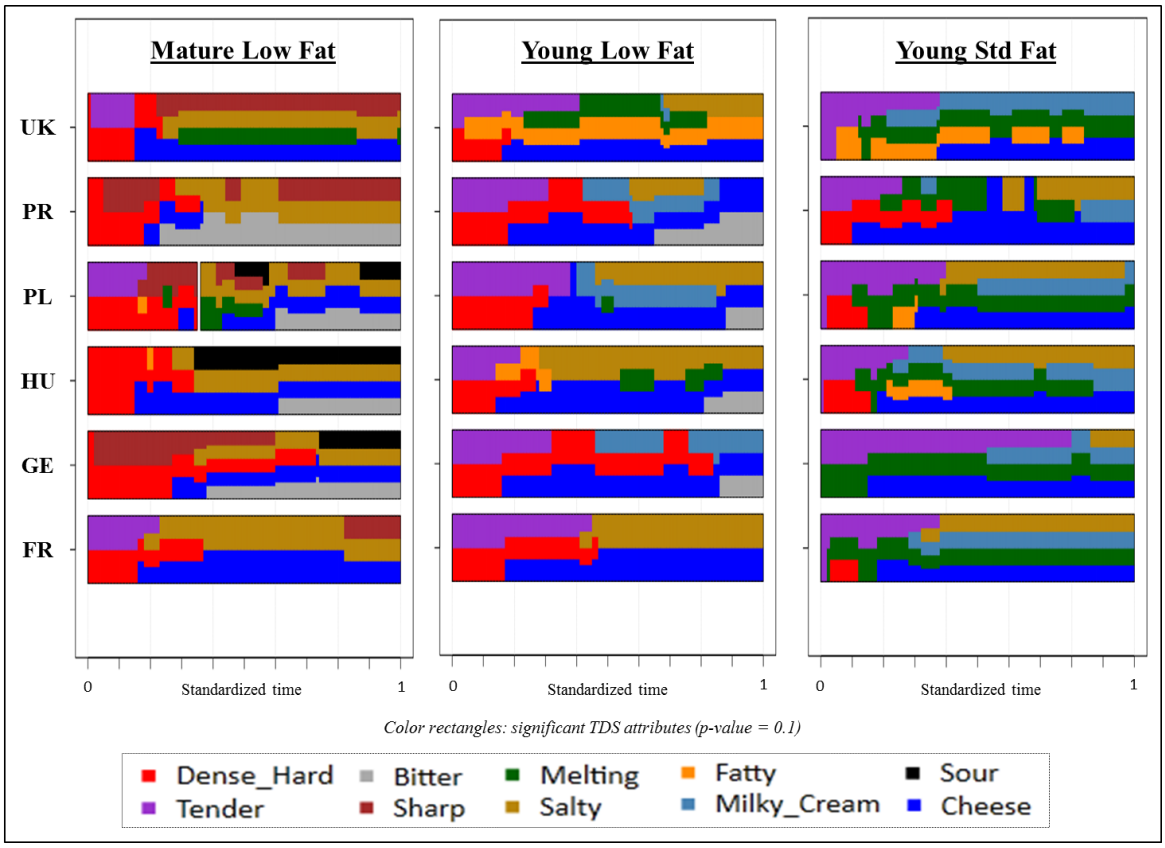


Fig. 2. Cheese TDS band-plots comparison among countries.

3.2.3. Attribute dominance durations

Based on the CVA of the dominance durations by country, the characterization of the three cheeses by country is summarized in Table 3. The description was consensual across countries in characterizing the mature cheese by a longer dominance of *sharpness*, *sourness*, *saltiness* and *bitterness* compared to the young and standard fat cheese, which was characterized by a longer dominance of *meltingness*, *fattiest* and *tenderness*. The characterization of the intermediate cheese (young low fat) was not as consensual, although all but one country (Portugal) showed a longer dominance of *cheese* flavour. Overall, all but one country discriminated the three products in two significant dimensions (NDim = 1 for the Hungarian group). Finally, German consumers were the most discriminant (F-MANOVA = 30.3) among the six countries, whereas the Polish group was the least discriminant (F-MANOVA = 12.1).

Table 3. Cheese dominance duration comparison among countries.

Country	F-MANOVA	NDim	Mature Low Fat	Young Low Fat	Young Standard Fat
HU	16.6	1	Dense	Fatty - Cheese	Milky - Cheese - Salty
FR	16.3	2	Dense - Cheese	Dense - Cheese	Milky
GE	30.3	2		Bitter - Dense - Cheese	Milky - Cheese
PL	12.1	2	Dense	Cheese - Dense	Milky
PR	18.4	2		Dense - Milky	Cheese
UK	23.7	2	Dense - Cheese	Fatty - Bitter - Cheese - Dense	Milky
GLOBAL			Sharp - Sour - Salty - Bitter		Melting - Fatty -Tender

Based on the CVA of the dominance durations, the table lists the attributes having a longer dominance duration than at least one other product for each product and country. The shared attributes between all countries are summarised in the GLOBAL line.
Product F-values from the MANOVA (p-values < 0.001) and the numbers of significant canonical dimensions (NDim) are given.

3.3. Centred liking while dominant indices at the global group level

The centred liking while dominant indices in Table 4 were computed to highlight the TDL. This analysis, performed on the six countries being pooled, indicated that the *cheese* flavour attribute was by far the highest TDL, with an increase of liking equal to 0.25 on average ($p < 0.001$) when this attribute was dominant for 76% of the group in the two young cheeses and 67% in the mature cheese. In contrast, *bitterness* was the worst TDL, with a decrease of liking equal to 0.29 on average ($p < 0.001$) when it was dominant in the three products. Moreover, *sourness* and *fattiness* were also negative TDL in the three cheeses (p-values < 0.001). Finally, the CLWD values highlighted specific TDL for one or two products. For instance, the dominance of the attribute *milky-cream* (*salty*) allowed a positive (negative) evolution of liking only in the two young chesses (p-values < 0.01).

Table 4. Global temporal drivers of liking.

	Mature Low Fat		**Young Low Fat**		**Young Std Fat**	
Attribute	%Group	CLWD	%Group	CLWD	%Group	CLWD
Cheese	67	**0.27*** **	76	**0.24*** **	76	**0.23*** **
Milky_Cream	38	0.03	54	**0.18*** **	67	**0.17*** **
Dense_Hard	73	**0.09** **	63	0.02	32	-0.04
Tender	45	0.06	62	**0.10** **	81	0.05
Melting	52	0.04	53	0.02	78	**0.07** **
Sharp	59	0.05	28	**-0.14***	26	-0.1
Salty	69	-0.05	55	**-0.10** **	58	**-0.18*** **
Fatty	45	**-0.20*** **	50	**-0.16*** **	56	**-0.22*** **
Sour	49	**-0.22*** **	35	**-0.34*** **	33	**-0.26*** **
Bitter	52	**-0.24*** **	42	**-0.40*** **	30	**-0.22*** **

CLWD: Average of individual centred LWD.
Significance levels: *5%, **1%, ***0.1%.
CLWD significantly greater (lower) than 0 denoting a positive (negative) temporal driver of liking are highlighted in bold.
%Group: Proportion of consumers (n = 667) that selected the attribute as dominant.

3.4. Temporal drivers of liking explained by liking clustering

3.4.1. Construction of the cheese liking clustering

Table 5 reports the clustering of the six consumer groups pooled in a single one based on overall cheese liking. Three clusters were retained (Hotelling-Lawley trace = 2.13 and PseudoF = 343.70), each with a different most liked and least liked cheese. The most important cluster (n = 258) liked the standard fat cheese the most (liking mean = 6.6) and disliked the mature cheese (liking mean = 4.2). The second cluster (n = 236) liked the mature cheese (liking mean = 6.6) and disliked the young low fat cheese (liking mean = 4.9). The last and smallest cluster (n = 167) liked the young low fat cheese (liking mean = 6.1) and disliked the standard fat cheese (liking mean = 4.9).

3.4.2. Cheese TDS band-plot comparison among clusters

The TDS band-plots in standardized time by cluster of the three products in Fig. 3 highlight the specific significant dominant attributes by cluster among products. The standard fat product had no significant dominance of *fattiness* in the group liking it the most and the mature cheese was strongly dominated by *sourness* in the same group

compared to the two others. *Bitterness* was never significantly dominant in the most liked product of any group. Moreover, the two low fat products were liked less when *bitterness* was dominant at the end of tasting. Finally, *sharpness* was exclusively dominant in the mature product and was selected less often by the cluster that liked the standard fat cheese.

Table 5. Construction of the cheese liking clustering.

Cluster	n	F-value	Gmean	Mature Low Fat	Young Low Fat	Young Std Fat
"Mature Low Fat"	236	210	5.8	6.6+	4.9-	5.8
"Young Low Fat"	167	106	5.5	5.4	6.1+	4.9-
"Young Std Fat"	258	381	5.5	4.2-	5.8+	6.6+
GLOBAL	661	26.6	5.6	5.3-	5.6	5.9+

Proc Varclus, option Centroid (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA). Hotelling-Lawley trace = 2.13 and PseudoF = 343.70 for segmentation in 3 groups. Product means significantly (p <= 0.05) lower than (-) or greater than (+) the grand mean (Gmean) within each cluster.
Six subjects with constant liking scores could not be classified.

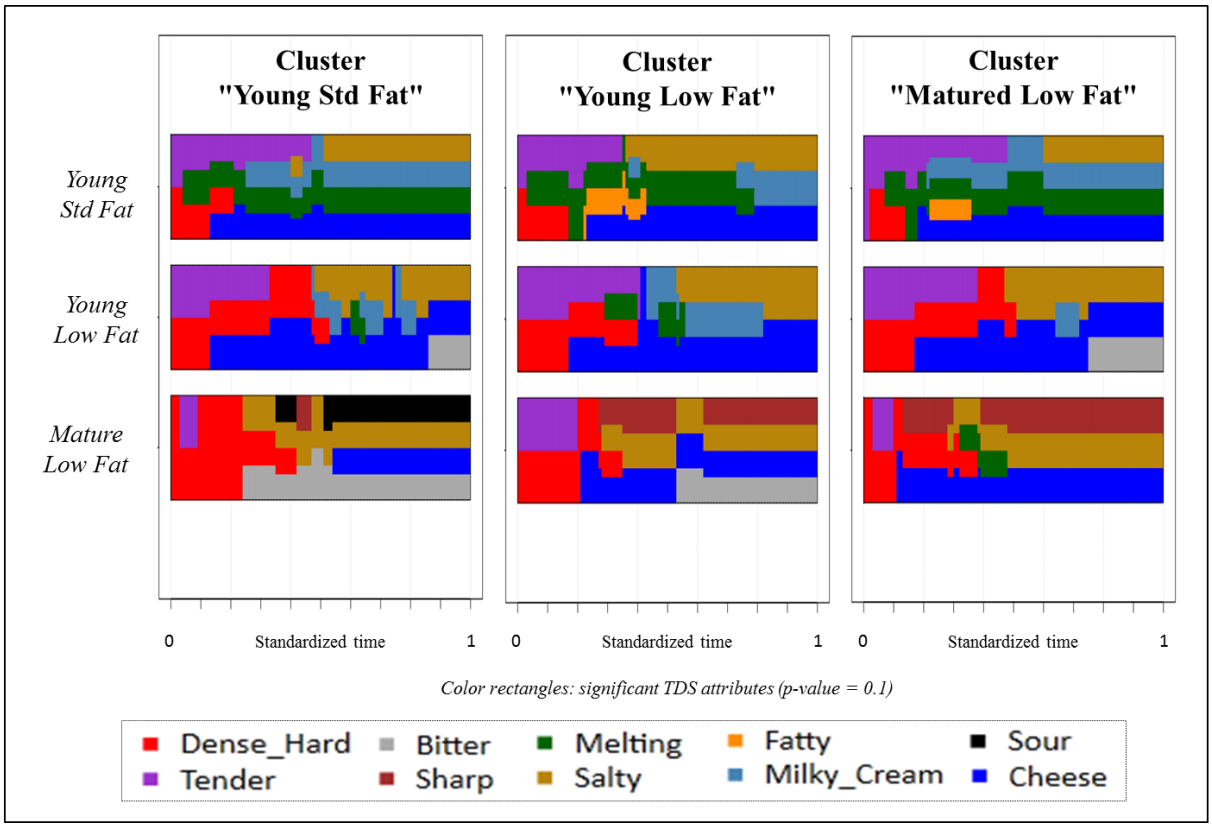


Fig. 3. Cheese TDS band-plots comparison among clusters.

3.4.3. Specific temporal drivers of liking by cluster

The TDL by cluster and by product are summarized in Table 6. The *cheese* flavour was the best temporal driver of liking with significant CLWD (p-values < 0.01) in every product by cluster and an increase in liking equal to 0.25 on average when this attribute was dominant. The role of the attributes as TDL were not the same between groups and between cheeses. For instance, *sharpness* increased the liking of the mature cheese exclusively in the group liking it the most (CLWD = +0.10 on average). *Fattiness* was a strong negative TDL for the two clusters that liked the young low fat cheese (CLWD = -0.22 on average). Interestingly, this attribute decreased also the liking of the standard fat cheese in the group that liked it the most. On the other hand, the attribute *tender* was a positive TDL only for the group that preferred the standard fat cheese (CLWD = +0.21 on average). *Sourness* was not a significant negative TDL of the young low fat cheese in the group that liked it the most, whereas this attribute negatively affected the liking of this cheese in the two other clusters (CLWD = -0.38 on average). Finally, *bitterness* was a negative TDL in all three clusters, especially for the young low fat cheese, where the decrease in liking was 0.39 on average.

Table 6. Specific temporal drivers of liking by cluster.

	Cluster "Young Low Fat"			**Cluster "Young Std Fat"**			**Cluster "Mature Low Fat"**		
Attribute	Mature Low Fat	Young Low Fat	Young Std Fat	Mature Low Fat	Young Low Fat	Young Std Fat	Mature Low Fat	Young Low Fat	Young Std Fat
Cheese	**0.26****	**0.19*****	**0.41*****	**0.35*****	**0.28*****	**0.13*****	**0.20*****	**0.23*****	**0.20*****
Milky_Creamy	-0.1	0.13	**0.22****	0.21	**0.17***	**0.22*****	-0.02	**0.23*****	**0.09***
Dense_Hard	**0.17***	0.07	-0.04	**0.13***	0.01	-0.18	-0.03	-0.02	0.15
Tender	-0.05	-0.05	0.06	**0.32*****	**0.22*****	**0.11****	-0.1	0.1	-0.03
Melting	-0.08	-0.11	0.05	**0.21***	0.04	**0.12****	-0.02	0.1	0.03
Sharp	0.11	-0.12	0.02	-0.06	**-0.25***	-0.26	**0.10***	-0.06	-0.08
Salty	-0.06	-0.11	-0.09	-0.05	**-0.14***	**-0.33*****	-0.06	-0.07	-0.08
Fatty	**-0.20***	**-0.22****	**-0.20****	-0.14	-0.1	**-0.19****	**-0.26****	**-0.18****	**-0.26*****
Sour	**-0.21***	-0.19	**-0.24***	**-0.17***	**-0.40*****	**-0.29****	**-0.28*****	**-0.35*****	**-0.25****
Bitter	**-0.28*****	**-0.36*****	-0.05	**-0.20*****	**-0.50*****	**-0.31****	**-0.29****	**-0.31*****	**-0.30****

CLWD: Average of individual centred LWD.
Significance levels: *5%, **1%, ***0.1%.
CLWD significantly greater (less) than 0 denoting a positive (negative) temporal driver of liking are highlighted in bold.

4. Discussion

By proposing an original approach to link descriptive and hedonic data recorded simultaneously, this paper reports a clustering of six European consumer groups that are pooled into a single one based on cheese liking to highlight specific TDL by cluster. The attribute *sharp* was the most specific TDL. It was a positive TDL only in the group preferring the mature cheese, which means that the liking scores increased when this attribute was dominant. These results demonstrate the usefulness of overall liking segmentation before TDL analysis to determine which attribute should dominate during food tasting for specific consumer targets.

Naïve consumers are generally used in classic hedonic tests, whereas descriptive analysis is traditionally performed by a trained panel to obtain the most detailed and consistent results (Stone & Sidel, 2004). However, questions related to sensory attributes are sometimes added after the liking scoring, and studies have shown that overall liking is not affected by the use of intensity scales (Mela, 1989; Popper, Rosenstock, Schraidt, & Kroll, 2004; Vickers, Christensen, Fahrenholtz, & Gengler, 1993). Moreover, temporal methods, such as TDS or temporal check-all-that-apply (TCATA), cannot judge liking before the descriptive task; few works therefore proposed scoring liking after the descriptive task (Galmarini, Loiseau, Visalli, & Schlich, 2016; Oliveira et al., 2015; Thomas et al., 2016). By evaluating TDS and liking simultaneously on multiple product intakes, the present work offers new sensory perspectives for consumers and continues to blur the line between sensory descriptive analysis and consumer science, evoked by Varela and Ares (2012) in a review of novel methods for product characterization. Contrary to the Alternated-TDL protocol, where liking and TDS were alternated over successive intakes (Galmarini, Loiseau, et al., 2016; Thomas et al., 2016), the present study extends the TDL concept to evaluating TDS and temporal liking simultaneously. This extension allows re-evaluation of liking by consumers during intake and thus several liking scores per bite. To ensure the consumers do not focus their attention only on the TDS task, the blackened box corresponding to the liking score was turned back to white after 3 s to encourage the consumers to re-evaluate their liking (Thomas et al., 2015). Additionally, the button corresponding to the dominant TDS was highlighted for 3 s. This simultaneous descriptive and hedonic task raised questions about the influence of eventual halo effects associated with TDS attributes on the liking scores. To answer this question, Prescott, Lee, and

Kim (2011) observed that overall flavour liking decreased when analytical scales were visible during the hedonic evaluation. However, temporal liking was evaluated under the same conditions for all consumers (i.e., paired with TDS) in the present study, and the aim was not to compare external rating values but to compare scores between products and groups of consumers to obtain relative and not absolute information. Prescott et al. (2011) did not find liking differences between "negative" and "positive" attributes, highlighting the lack of a halo effect on the rating. This finding is promising for the present work in the sense that the connotation of the terms chosen in the TDS evaluation did not directly impact the temporal liking that was performed simultaneously. Finally, the selection of dominant attributes is related to an instinctive task.

The feasibility of these two simultaneous tasks (TDS & temporal liking) is also questionable. The average total duration of an S-TDL evaluation (corresponding to one bite) was between 26 and 41 s (according to the countries), with a selection of 3.8 attributes on average. These results are in line with the works of Pineau et al. (2012), who showed that a TDS evaluation lasted between 20 and 45 s for 17 out of 21 TDS datasets, with a selection of 4 attributes on average per TDS run. Two countries (French and German) had only 1.3 clicks on the liking scale on average per intake, whereas this number was between 1.9 and 5.4 for the four other countries. Although the aim of is paper is not to compare the performance of the six European groups, this raises questions about the instructions given before tasting. The six panel leaders had the same explanation script, but it is possible that a misunderstanding of the method by the technicians caused differences between countries regarding the liking scale use. However, it was mentioned by participants at a workshop based on this topic at the 11th Pangborn Sensory Science Symposium (23-27 August 2015, Svenska Mässan, The Swedish Exhibition & Congress Centre, Gothenburg, Sweden) that clear step-by-step instructions provided to consumers in person are critical for the success of this type of protocol (Schlich, Thomas, Kostyra, Gilbert, & Dreyfuss, 2015).

The present results showed that consumers' preferences were not identical in each country. British consumers preferred the mature cheese, which was globally the least preferred. To the best of our knowledge, no research explains these differences, but these results might be due a culture effect where the habits of consumption are not the same between countries, e.g., British consumers are more exposed to stronger cheeses of that type (e.g. mature Cheddars). British consumers perceived the two young cheeses to be more

dominated by the attribute *fatty* than the other European consumers, which could explain their liking differences. Moreover, no evidence of a bite effect at the global group level was found on liking or TDS, with a consensual description across countries; three bites may not have been sufficient to observe such an effect.

The temporal liking task of the S-TDL protocol is a continuous liking scoring for each of three successive intakes of Gouda cheese. A recent study proposed a similar method to continuously measure liking during three sips of a red wine-based powder beverage, where time was standardized with one sip every 20 s (Rocha-Parra et al., 2016). Consumers rated their liking continuously during 60 s and they had to check a timer to known when to drink the 2nd and 3rd sips at 20 s and 40 s. The visibility of the timer in such a protocol may disturb the attention given to the hedonic evaluation. Pop-up messages inviting consumers to take a new intake at specific times could provide an interesting alternative. Same authors propose analysing temporal liking data using parameters commonly used to assess Time-Intensity (TI) data, such as maximum intensity (Imax) and area under the curve (AUC). Authors have presented temporal liking results based on TI curves suggesting with the starting position at the extreme left of the slider, which was not recommended by Veldhuizen et al. (2006). Starting the liking score at 0 introduces bias into the results (especially in the AUC analysis). The present work suggests standardizing the data based on the first liking score and then averaging for each product by bite and individual liking selections weighted by their duration.

5. Conclusion

The present work proposes a novel way to apply TDL that enables simultaneous evaluation of TDS and temporal liking during several intakes of the same product. Globally, consumers can record their changes in liking simultaneously while performing the TDS task. However, it is important to be cautious when using this type of method, which requires specific instructions from the panel leader before tasting. Future experiments are needed with other categories of products to validate the sensory approach. A segmentation of the 667 consumers based on overall liking showed that specific TDL could be highlighted when they are computed by clusters. This approach could be useful for food industries that want to develop products with particular temporal sensory profiles for specific consumer targets.

Acknowledgments

The authors would like to thank the European Sensory Network (ESN) who funded this project.

References

Albert, A., Salvador, A., Schlich, P., & Fiszman, S. (2012). Comparison between temporal dominance of sensations (TDS) and key-attribute sensory profiling for evaluating solid food with contrasting textural layers: Fish sticks. *Food Quality and Preference*, 24(1), 111-118.

Appelqvist, I. A., Poelman, A. A., Cochet-Broch, M., & Delahunty, C. M. (2016). Impact of model fat emulsions on sensory perception using repeated spoon to spoon ingestion. *Physiology & Behavior*, 160, 80-86.

Ares, G. (2015). Methodological challenges in sensory characterization. *Current Opinion in Food Science*, 3, 1-5.

Ares, G., Castura, J. C., Antúnez, L., Vidal, L., Giménez, A., Coste, B., et al. (2016). Comparison of two TCATA variants for dynamic sensory characterization of food products. *Food Quality and Preference*, 54, 160-172.

Brachet, S., Galmarini, M., Chatelet, B., Loiseau, A. L., Cordelle, S., Lempereur, V., et al. (2014). Evaluation de la Dominance Temporelle des Sensations de vins rouges de Bourgogne et du Beaujolais par un panel d'experts et de consommateurs. In, *37th World Congress of Vine and Wine and 12th General Assembly of the OIV*. Mendoza, Argentina, November 9-14.

Castura, J. C., Antúnez, L., Giménez, A., & Ares, G. (2016). Temporal Check-All-That-Apply (TCATA): A novel dynamic method for characterizing products. *Food Quality and Preference*, 47, 79-90.

Clark, C. C., & Lawless, H. T. (1994). Limiting response alternatives in time–intensity scaling: An examination of the halo-dumping effect. *Chemical Senses*, 19(6), 583-594.

Delarue, J., & Blumenthal, D. (2015). Temporal aspects of consumer preferences. Current Opinion in Food Science, 3, 41-46.

Delarue, J., & Loescher, E. (2004). Dynamics of food preferences: a case study with chewing gums. *Food Quality and Preference*, 15(7-8), 771-779.

Di Monaco, R., Su, C., Masi, P., & Cavella, S. (2014). Temporal Dominance of Sensations: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 38(2), 104-112.

Dugas, V., Pineau, N., & Folmer, B. (2012). Evaluating whole cup experience in gourmet espresso coffee by using dynamics methods. In, *5th European Conference on Sensory and Consumer Research*. Bern, Switzerland, 9-12th September.

Duizer, L. M., Bloom, K., & Findlay, C. J. (1997). Dual-attribute time–intensity measurement of sweetness and peppermint perception of chewing-gum. *Journal of Food Science*, 61(3), 636-638.

Galmarini, M. V., Loiseau, A.-L., Visalli, M., & Schlich, P. (2016). Use of Multi-Intake Temporal Dominance of Sensations (TDS) to Evaluate the Influence of Cheese on Wine Perception. *Journal of Food Science*, DOI: 10.1111/1750-3841.13500.

Galmarini, M. V., Symoneaux, R., Visalli, M., Zamora, M. C., & Schlich, P. (2015). Static vs. dynamic liking in chewing gum: A new approach using a background task and a natural setting. *Food Quality and Preference*, 40, 381-386.

Galmarini, M. V., Symoneaux, R., Visalli, M., Zamora, M. C., & Schlich, P. (2016). Could Time–Intensity by a trained panel be replaced with a progressive profile done by consumers? A case on chewing-gum. *Food Quality and Preference*, 48, 274-282.

Galmarini, M. V., Visalli, M., & Schlich, P. (2016). Advances in representation and analysis of mono and multi-intake Temporal Dominance of Sensations data. *Food Quality and Preference*, DOI: 10.1016/j.foodqual.2016.1001.1011.

Jack, F. R., Piggott, J. R., & Paterson, A. (1994). Analysis of textural changes in hard cheese during mastication by progressive profiling. *Journal of Food Science*, 59, 539-543.

Kuesten, C., Bi, J., & Feng, Y. (2013). Exploring taffy product consumption experiences using a multi-attribute time–intensity (MATI) method. *Food Quality and Preference*, 30(2), 260-273.

Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). Time–Intensity Methods. In H. T. Lawless & H. Heymann (Eds), *Sensory evaluation of food: Principles and practices*. (2nd ed., pp. 179-201). New York: Springer.

Lee, W. E., III, Barrick, D. M., & Welling, E. S. (1992). Time-intensity study of prolonged sweet stimuli. *Journal of Food Science*, 57(2), 524-529.

Lee, W. E., III, & Pangborn, R. M. (1986). Time–intensity: The temporal aspects of sensory perception. *Food Technology*, 40(11), 71-82.

Lepage, M., Neville, T., Rytz, A., Schlich, P., Martin, N., & Pineau, N. (2014). Panel performance for Temporal Dominance of Sensations. *Food Quality and Preference*, 38, 24-29.

Mela, D. J. (1989). A comparison of single and concurrent evaluations of sensory and hedonic attributes. *Journal of Food Science*, 54(4), 1098-1100.

Methven, L., Rahelu, K., Economou, N., Kinneavy, L., Ladbrooke-Davis, L., Kennedy, O. B., et al. (2010). The effect of consumption volume on profile and liking of oral nutritional supplements of varied sweetness: Sequential profiling and boredom tests. *Food Quality and Preference*, 21(8), 948-955.

Monterymard, C., Visalli, M., & Schlich, P. (2010). The TDS-band plot: A new graphical tool for Temporal Dominance of Sensations data. In, *2nd conference of the society of sensory professionals*. Napa, CA, USA, 27-29th October.

Oliveira, D., Antúnez, L., Giménez, A., Castura, J. C., Deliza, R., & Ares, G. (2015). Sugar reduction in probiotic chocolate-flavored milk: Impact on dynamic sensory profile and liking. *Food Research International*, 75, 148-156.

Pecore, S., Rathjen-Nowak, C., & Tamminen, T. (2011). Temporal Order of Sensations. In, *9th Pangborn Sensory Science Symposium*. Toronto, Canada, 4-8th September.

Peltier, C., Visalli, M., & Schlich, P. (2015). Canonical Variate Analysis of Sensory Profiling Data. *Journal of Sensory Studies*, 30(4), 316-328.

Pineau, N., Cordelle, S., & Schlich, P. (2003). Temporal dominance of sensations: A new technique to record several sensory attributes simultaneously over time. In, *5th Pangborn Sensory Science Symposium*. Boston, USA, 20-24th July.

Pineau, N., Goupil de Bouillé, A., Lepage, M., Lenfant, F., Schlich, P., Martin, N., et al. (2012). Temporal Dominance of Sensations: What is a good attribute list? *Food Quality and Preference*, 26(2), 159-165.

Pineau, N., Schlich, P., Cordelle, S., Mathonnière, C., Issanchou, S., Imbert, A., et al. (2009). Temporal Dominance of Sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time–intensity. *Food Quality and Preference*, 20(6), 450-455.

Popper, R., Rosenstock, W., Schraidt, M., & Kroll, B. J. (2004). The effect of attribute questions on overall liking ratings. *Food Quality and Preference*, 15(7-8), 853-858.

Prescott, J., Lee, S. M., & Kim, K.-O. (2011). Analytic approaches to evaluation modify hedonic responses. *Food Quality and Preference*, 22(4), 391-393.

Rocha-Parra, D., García-Burgos, D., Munsch, S., Chirife, J., & Zamora, M. C. (2016). Application of hedonic dynamics using multiple-sip temporal-liking and facial expression for evaluation of a new beverage. *Food Quality and Preference*, 52, 153-159.

Rodrigues, J. F., de Souza, V. R., Lima, R. R., Carneiro, J. d. D., Nunes, C. A., & Pinheiro, A. C. M. (2016). Temporal dominance of sensations (TDS) panel behavior: A preliminary study with chocolate. *Food Quality and Preference*, 54, 51-57.

Rozin, P., Ebert, L., & Schull, J. (1982). Some like it hot: A temporal analysis of hedonic responses to chili pepper. *Appetite*, 3(1), 13-22.

Schlich, P., Thomas, A., Kostyra, E., Gilbert, C. C, & Dreyfuss, L. (2015). Temporal dominance of sensations paired with temporal liking. In, *11th Pangborn Sensory Science Symposium*. Gothenburg, Sweden, 23-27th August.

Schlich, P., Visalli, M., Urbano, C., & Pineau, N. (2013). Multi-bites or multi-sips TDS with untrained subjects: a live demonstration on chocolates. In, *10th Pangborn Sensory Science Symposium*. Rio de Janeiro, Brazil, 11-15th August.

Stone, H., & Sidel, J. L. (2004). *Sensory Evaluation Practices*. London, U.K.: Elsevier Academic Press.

Sudre, J., Pineau, N., Loret, C., & Martin, N. (2012). Comparison of methods to monitor liking of food during consumption. *Food Quality and Preference*, 24(1), 179-189.

Taylor, D. E., & Pangborn, R. M. (1990). Temporal aspects of hedonic responses. *Journal of Sensory Studies*, 4, 241-247.

Thomas, A., van der Stelt, A. J., Prokop, J., Lawlor, J. B., & Schlich, P. (2016). Alternating temporal dominance of sensations and liking scales during the intake of a full portion of an oral nutritional supplement. *Food Quality and Preference*, 53, 159-167.

Thomas, A., Visalli, M., Cordelle, S., & Schlich, P. (2015). Temporal Drivers of Liking. *Food Quality and Preference*, 40, 365-375.

Vandeputte, A., Romans, J., Pineau, N., & Lenfant, F. (2011). Innovative methods to assess the evolution of the sensory characteristics during the tasting of a full product portion (several bites). In, *9th Pangborn Sensory Science Symposium*. Toronto, Canada, 4-8th September

Varela, P., & Ares, G. (2012). Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. *Food Research International*, 48(2), 893-908.

Veldhuizen, M. G., Wuister, M. J. P., & Kroeze, J. H. A. (2006). Temporal aspects of hedonic and intensity responses. *Food Quality and Preference*, 17(6), 489-496.

Vickers, Z. M., Christensen, C. M., Fahrenholtz, S. K., & Gengler, I. M. (1993). Effect of questionnaire design and the number of samples tasted on hedonic ratings. *Journal of Sensory Studies*, 8, 189-200.

Withers, C., Barnagaud, C., Mehring, P., Ferris, S., & Thomson, D. M. H. (2016). Adapting and enhancing sequential profiling to understand the effects of successive ingestion, using the sensory characteristics of high intensity sweeteners as a case study. *Food Quality and Preference*, 47, 139-147.

Zorn, S., Alcaire, F., Vidal, L., Giménez, A., & Ares, G. (2014). Application of multiple-sip temporal dominance of sensations to the evaluation of sweeteners. *Food Quality and Preference*, 36, 135-143.

V- Conclusion

Les trois études de ce chapitre ont présenté trois différentes façons de coupler la méthode DTS à une mesure dynamique de l'appréciation hédonique avec les mêmes consommateurs. Réalisé dans un premier temps de manière indépendante (i.e. lors de deux séances différentes) puis dans un second temps, au cours de la même séance de manière alternée ou simultanée, ce couplage a permis d'étendre le concept de temporalité en analyse sensorielle de une à plusieurs prises successives d'un même produit. Basé sur le concept du « *Liking While Dominant* » (LWD), l'analyse de ce nouveau type de données sensorielles a permis de mettre en évidence des attributs responsables d'une dynamique positive ou négative de l'appréciation hédonique du produit consommé. Appelés « Déterminants Temporels de Liking » (DTL), ces attributs ont pu être étudié au sein même de la prise jusqu'à la portion entière du produit.

Dans ce chapitre, nous avons également montré que, lors d'une évaluation réalisée dans des conditions classiques, le score de *liking* est souvent donné avant même la déglutition du produit par le consommateur. Ce résultat suggère de privilégier un protocole issu de la méthode DTL afin que le sujet puisse prendre en compte l'ensemble de la temporalité du produit. Une dynamique négative de liking a été observée au cours de la consommation d'un CNO ; en revanche, nous n'avons pas mis en évidence un tel effet au niveau du panel lors de l'évaluation de trois prises successives d'un même fromage (Gouda). Malgré ce résultat, nous avons souligné l'importance de la temporalité au niveau individuel, nécessaire pour l'identification des DTL pour chacun des six panels européens. Enfin, nous avons démontré qu'une segmentation des consommateurs basée sur leurs scores de *liking* pouvait être utile pour les industriels alimentaires afin de développer des produits aux profils sensoriels temporels particuliers destinés à des groupes cibles de consommateurs.

CHAPITRE 3 : EXTENSION MÉTHODOLOGIQUE À DES PARAMÈTRES RÉGULATEURS DE LA PRISE ALIMENTAIRE

I- Rappel du contexte

Nous avons proposé dans le précédent chapitre une voie innovante dans l'acquisition et l'analyse des données temporelles descriptives et hédoniques collectées auprès de consommateurs. Nous avons pu voir que le concept DTL pouvait à la fois étudier la temporalité hédonique intra-prise mais également la dynamique au cours de différentes prises successives jusqu'à la portion complète d'un produit.

L'objectif de ce troisième chapitre est d'étendre ce nouveau concept à d'autres paramètres régulateurs de la prise alimentaire (état de faim, de soif et *wanting*) dans le but de mieux comprendre leurs éventuels liens avec les caractéristiques sensorielles intrinsèques aux produits évalués. En évaluant ainsi la portion entière d'un produit, nous chercherons à expliquer comment son pouvoir rassasiant et satiétogène peut être influencé par ses dimensions sensorielles. Pour comprendre cette relation trois projets de recherche ont été menés en parallèle.

Le premier de ces travaux (Étude 4) s'intéressera à étendre la méthode A-DTL à la mesure dynamique de l'état de faim et du *wanting*. Dans cette étude, les profils temporels hédoniques et descriptifs de quatre portions complètes de soupe aux saveurs et aux arômes modifiées seront étudiés. Dans un second temps, nous comparerons également les résultats obtenus avec des mesures sensorielles classiques (mesures individuelles du *liking* et de la DTS, en prise unique et multiple).

Dans la deuxième étude de ce chapitre (Étude 5 / Article 4), nous étendrons le procédé en proposant de mesurer deux fois par jour, au laboratoire, en sus du *liking* et de la DTS, les états de soif et d'appétit. Ces derniers paramètres seront également évalués au domicile du sujet dans le but de reproduire, avec des consommateurs seniors, l'expérience journalière des deux CNO utilisés dans l'étude 2.

Enfin, dans l'étude 6 nous tenterons de mieux comprendre l'éventuel lien entre les dimensions sensorielles et satiétogènes de dix recettes de biscuits céréaliers. Nous comparerons et nous rapprocherons les données temporelles issues d'un groupe de consommateurs naïfs avec celles d'un groupe entrainé à évaluer le pouvoir satiétogène et avec celles d'un panel sensoriel expert ayant réalisé un profil QDA (*Quantitive Descriptive Analysis*).

II- Extension aux cinétiques de *wanting* et d'état de faim
Étude 4

1. Objectifs

Nous proposons ici d'étendre le concept méthodologique développé dans le précédent chapitre au suivi dynamique de l'état de faim et de la composante motivationnelle du système de récompense (*wanting*). Un projet de recherche en partenariat avec le groupe *Ajinomoto Co., Inc.*, leader de l'industrie agroalimentaire au Japon, a été mené dans cette optique en prenant la soupe comme produit d'étude.

Bien que le rendement énergétique des liquides a généralement un effet satiétogène plus faible que celui des aliments solides, les soupes présentent de fortes propriétés rassasiantes (Mattes, 2005). Il a également été montré que les stimulations orosensorielles produites par certains nutriments, notamment les glucides et les lipides ajoutés dans les soupes, jouaient un rôle important dans la régulation de l'appétit (Cecil, Francis, & Read, 1999). Basé sur ce constat, 82 consommateurs français ont été recrutés dans la présente étude dans le but d'évaluer tout au long de la consommation d'une portion de soupe (correspondant à 30 cuillères) leur état de faim et leur désir de vouloir davantage du produit (*wanting*) alternativement l'un après l'autre à une évaluation de la DTS et du *liking*. Pour cela, une soupe standard a été modifiée pour obtenir une soupe plus crémeuse, une soupe avec un goût umami plus prononcé et une troisième soupe avec un arôme végétal plus fort. En complément de ces séances d'évaluations multi-gorgée, les mêmes sujets ont pris part à une évaluation classique, en prise unique, de *liking* et de la DTS. Les cinétiques descriptives (DTS) et hédoniques (*liking* dynamique) individuelles de la portion entière de la recette standard ont également été évaluées par les consommateurs lors de deux autres séances.

En résumé, les principaux objectifs de cette étude sont :

- Acquérir et analyser les profils temporels descriptifs (DTS) et hédoniques (*liking* dynamique) de quatre portions de soupe modifiées en arôme et saveur.
- Étendre cette méthodologie à la mesure dynamique de l'état de faim et de *wanting*.
- Comparer les résultats obtenus avec des mesures sensorielles classiques.

2. Matériels et méthodes

2.1. Participants

Ont participé à cette étude 82 consommateurs[13] de soupes (consommation de soupe faite maison ou industrielle au minimum une fois tous les quinze jours) : tous français, 39 hommes et 43 femmes âgés de 18 à 60 ans (39 ans en moyenne). Les sujets ont été recrutés par mail via la base de données PanelSens du CSGA. Notons que le recrutement ainsi que l'étude se sont déroulés en hiver pour être au plus proche des conditions de consommation de ce type de produit. Une gratification, sous forme de bons d'achat, leur a été versée à hauteur de dix euros par séance.

2.2. Produits

Suite à un pré-test en association avec le partenaire industriel de cette étude, sept soupes ont été préparées à partir d'une soupe commerciale française dans le but de définir deux niveaux de concentrations augmentant les perceptions des arômes de crème et de légumes mais également de la saveur umami. La Table 7 présente ces échantillons.

Table 7 : Élaboration des sept échantillons de soupe.

Échantillons	Ingrédients	Concentrations en % (m/m)
Standard	Velouté de 9 légumes, Knorr	/
0,5_MSG	MSG en poudre, Ajinomoto	0,5
1_ MSG		1
5_ crème	Crème fraîche fluide Fleurette 20%, Yoplait	5
10_ crème		10
1_ vég	Pâte Soupissime-Instant 8 légumes, Knorr	1
2_ vég		2

Des références ont également été élaborées afin que le consommateur se familiarise avec les sensations correspondant aux descripteurs DTS (Table 8). La saveur umami, peu connue en France, a été caractérisée par le descripteur *bouillon cube*.

[13] Deux sujets supplémentaires ont participé aux deux premières séances et seront pris en compte pour l'analyse des données correspondantes à ces séances

Table 8 : Élaboration des références DTS.

Descripteurs	Ingrédients	Concentrations	Type d'évaluation
Sucré	Sucre cristal, Daddy	10 g/L (eau Evian)	goût
Salé	Sel fin, Cerebos	2 g/L (eau Evian)	goût
Acide	Acide tartrique	0.8 g/L (eau Evian)	goût
Bouillon cube	Kub or	1 cube/L (eau Evian)	goût
Crème	Crème fraîche fluide Fleurette 20%	N/A	orthonasale
Légumes	Pâte Soupissime-Instant 8 légumes	25 g/L (soupe standard)	orthonasale
Piquant	Perrier	N/A	Sensation trijéminale (en bouche)

2.3. Procédure

L'étude s'est déroulée sur sept séances, à raison d'une par semaine, à l'heure du déjeuner. Les consommateurs étaient accueillis avant chacune des séances pour leurs présenter les consignes relatives. Les séances ont eu lieu dans des cabines sensorielles individuelles sous lumière rouge. Avant chaque séance les échantillons étaient préparés et maintenus au réfrigérateur dans la matinée, avant d'être chauffés à 70 ± 2°C et servis directement dans les cabines.

Les séances différaient au niveau du type d'évaluation afin de pouvoir comparer les résultats sur le plan méthodologique. Lors de la première séance, les participants ont d'abord réalisé un test de *liking* classique puis une mesure DTS sur les sept échantillons de soupes de manière monadique en prise unique dans le but de sélectionner une concentration unique pour chaque ingrédient pour les séances 4 à 7. Lors de cette première séance, les échantillons ont été servis dans des verres en plastique et l'ordre de présentation a été randomisé (carré latin de Williams) en deux blocs dans le but d'évaluer dans un premier temps le *liking* puis dans un deuxième temps le profil DTS. Les six autres séances étaient dévolues à des évaluations multi-prises correspondant à une portion de soupe par jour. Il a été défini qu'une portion de soupe contenait 30 cuillères de 12 mL. Ainsi une portion de 360 mL était servie dans des mugs isothermes de 380 mL. Afin de limiter le nombre d'évaluations DTS durant une séance, les évaluations ont été faites toutes les trois gorgées.

Ainsi un total de dix cuillérées ont été évaluées. Les séances 2 et 3 étaient consacrées respectivement à la mesure du *liking* dynamique et de la DTS sur la portion entière de la soupe standard. Les séances 4 à 7 correspondaient à l'évaluation mixte (DTS + *liking* + état de faim + *wanting*) pour les portions de soupes sélectionnées à partir de la première séance. L'ordre de présentation entre ces quatre séances a été randomisé par un carré latin de Williams. La Table 9 résume le contenu de ces différentes séances. Notons qu'avant chaque évaluation DTS, les références aux descripteurs décrits en Table 8 étaient présentées aux consommateurs dans le but de définir les différentes sensations proposées.

Table 9 : Présentation des séances de dégustation.

Séance	Présentation références DTS	Type d'évaluations	Produits	Nombre de gorgées consommées	Nombre de gorgées évaluées
1	non	*Liking* classique	7 échantillons de soupe	1 par échantillon	
	oui	DTS	7 échantillons de soupe	1 par échantillon	
2	non	*Liking* temporel	Soupe normale	30	10
3	oui	DTS	Soupe normale	30	10
4-7	oui	Séance mixte	Soupe normale Soupe + MSG Soupe + crème fraîche Soupe + arômes légumes	30	10

Afin d'observer d'éventuels effets d'accumulation au cours des différentes gorgées successives, les consommateurs ne se rinçaient pas la bouche entre chaque gorgée. De plus, dans le but d'étudier la reproductibilité des résultats inter-séances, les différentes évaluations suivaient un timing défini : 30 s pour la DTS et 10 s pour chacune des autres évaluations (*liking*, état de faim et *wanting*). Dans les séances 2 et 3, les paramètres non évalués ont été remplacés par un temps de latence correspondant. La Figure 5 résume cette procédure.

Le design expérimental des séances ainsi que l'acquisition des données ont été réalisés via le logiciel TimeSens version 1.0 (INRA, Dijon, France).

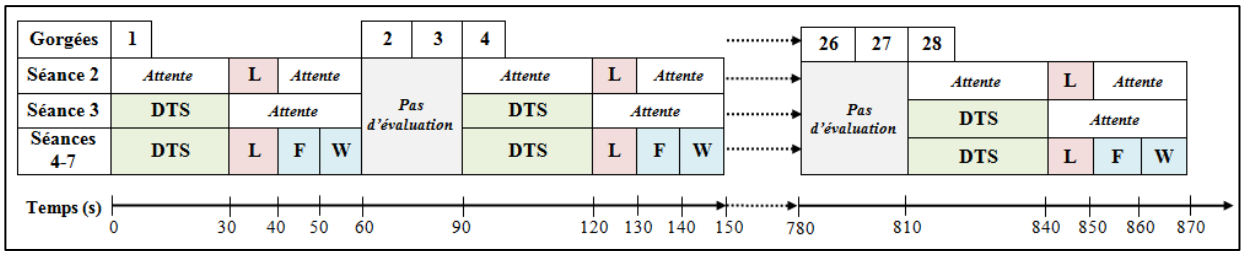


Figure 5 : Procédure des temps d'évaluation pour les séances temporelles.
(L : Liking ; F : Faim ; W : Wanting)

L'évaluation DTS comprenait les sept descripteurs de la Table 8 plus un bouton *rien* qui devait être cliqué par le sujet dès lors qu'aucune des sept sensations n'était perçue comme dominante. L'ordre des descripteurs à l'écran était randomisé mais restait le même pour chaque sujet pour faciliter l'identification des items de la liste au cours des gorgées successives.

Pour les paramètres de *liking*, état de faim et *wanting*, des échelles visuelles analogiques de 0 à 10 avec des labels d'intensité minimum et maximum à chaque extrémité ont été utilisées. Pour chaque gorgée, les sujets devaient, à la suite de la DTS, cliquer sur les échelles pour répondre aux trois questions successives suivantes : (1) « Comment appréciez-vous le produit maintenant ? » de « Je n'aime pas du tout » à « J'aime énormément », (2) « Quel est votre état de faim en ce moment ? » de « Je n'ai pas du tout faim » à « J'ai extrêmement faim », (3) « Désirez-vous consommer davantage cette soupe ? » de « Pas du tout » à « Énormément ».

2.4. Analyses des données

Les résultats graphiques DTS (courbes, bandes et AVC) ont été obtenus via TimeSens version 1.0 (INRA, Dijon, France). Les autres traitements statistiques ont été réalisés sous SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA).

2.4.1. Sélection des produits

Les scores individuels de *liking* issus la première séance ont été analysés par une ANOVA ayant produit comme effet fixe et consommateur comme effet aléatoire.

Concernant les données DTS, les courbes de dominances en temps standardisé ont été produites pour les sept produits. Pour plus d'informations sur la standardisation des temps, le lecteur peut se référer à la partie *Data Analysis* de l'article 1.

2.4.2. Évaluation multi-gorgée

2.4.2.1. Dynamiques hédoniques et d'état de faim

Les notes individuelles associées aux variables *liking*, état de faim et *wanting* obtenues lors des séances mixtes (séance 4 à 7) ont été traitées statistiquement par trois modèles d'ANOVA à mesures répétées. Pour plus d'informations sur ce type d'analyse, le lecteur peut se référer à la partie *Data analysis* de l'article 4 du présent chapitre.

2.4.2.2. Profils DTS

Une AVC basée sur les durées de dominance standardisées a été produite en prenant les différentes prises comme répétitions. Puis les profils DTS multi-prises ont été représentés via les bandes DTS par attribut. Cette récente représentation des données DTS (Galmarini, Visalli, et al., 2016) permet une lecture simplifiée des données lorsque plusieurs prises sont évaluées.

2.4.2.3. Déterminants temporels globaux

Les déterminants temporels ont été calculés pour les différentes variables (*liking*, état de faim et *wanting*). Pour plus d'informations sur ce type d'analyse, le lecteur peut se référer à la partie *Data analysis* de l'article 4 du présent chapitre.

2.4.2.4. DTL expliqués par une segmentation des préférences

Une segmentation des consommateurs basée sur les notes de *liking* classique obtenue lors de la 1ère séance a été réalisée en utilisant la procédure VARCLUS de SAS

(SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA) avec l'option CENTROID. Puis, les DTL pour chacun des groupes issus de cette segmentation ont été calculés.

2.4.3. Comparaison méthodologique inter-séances

2.4.3.1. Données hédoniques

Les moyennes de *liking* de la première gorgée de la soupe standard issues de la séance 3 et de la séance mixte ont été comparées à la moyenne de *liking* classique (séance 1) par un test t de Student pour échantillons appariés. De la même manière les moyennes des deux cinétiques (séance 3 vs. séance 4-7) ont été comparées pour chacune des prises de la soupe standard.

2.4.3.2. Données descriptives

Les données DTS de la première gorgée issues de la séance mixte ont été comparées à celle de la séance classique par une AVC basée sur les durées de dominance standardisées, discriminant ainsi les quatre produits en fonction des deux types de séance. De plus les bandes DTS par attribut de la soupe standard ont été comparées pour les séances 3 vs. 4-7.

3. Résultats – Discussion

3.1. Sélection des produits

La Figure 6 présente les moyennes sur l'ensemble des consommateurs des notes de *liking* obtenues dans la première séance pour les sept échantillons de soupes. L'ANOVA associée ne met pas en évidence d'effet produit ($F = 1.14$; $p = 0.34$). Les produits sont donc globalement appréciés de la même manière avec une moyenne générale de 6.1.

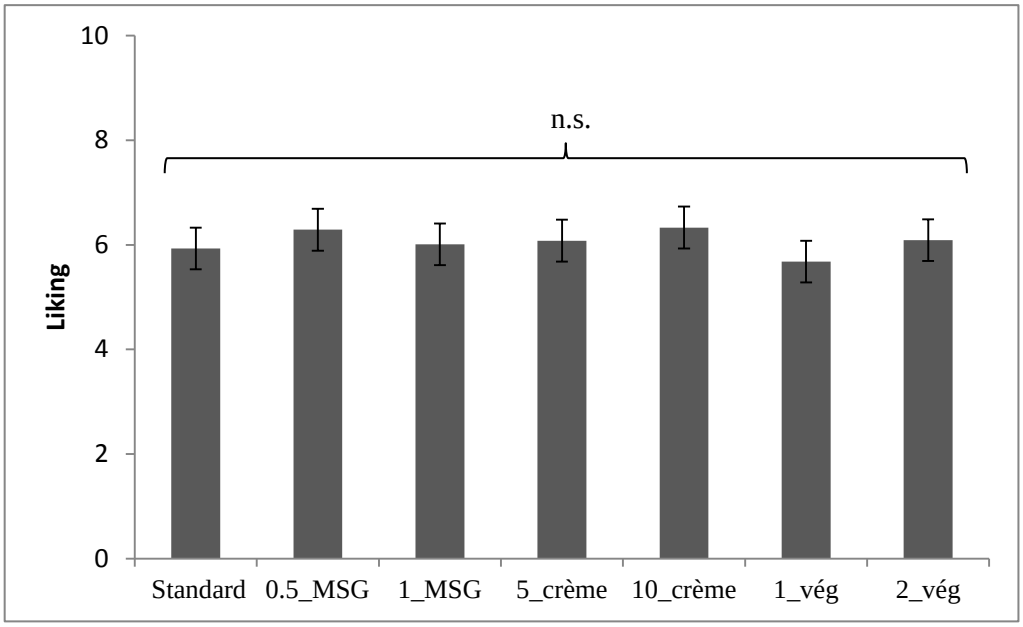


Figure 6 : Comparaison des scores de liking entre les différents échantillons.
Les intervalles de confiances ont été calculés à partir du CM de la résiduelle du modèle de l'ANOVA.

Sur la Figure 7, les courbes DTS des sept échantillons de soupes ont été représentées. Tout d'abord, le descripteur *légumes* est significativement dominant pour tous les produits tout au long de la dégustation de la gorgée (avec un taux allant de 20 à 50% en fonction des produits). Dans les soupes supplémentées en MSG, le descripteur *salé* domine la perception avec une augmentation du taux en fonction de la concentration en glutamate de sodium. De plus, la dominance du descripteur *bouillon cube* (caractérisant la saveur umami) est présente en début de gorgée pour la soupe 0.5_MSG alors qu'elle est présente en fin de gorgée pour la soupe 1_MSG. Dans les soupes additionnées en crème, le descripteur *crème* a été largement cité comme dominant par les consommateurs, en particulier pour la soupe ayant la plus forte concentration (10_crème). Enfin, les deux soupes supplémentées en arômes de légumes ont été décrites par le descripteur *légumes* mais ont aussi été légèrement perçues comme *acide* et *salé* à différents moments de la gorgée. Du fait principalement des caractéristiques sensorielles modifiées (umami, crème et légumes), les produits ont clairement été discriminés par leurs profils temporels descriptifs issus de la DTS.

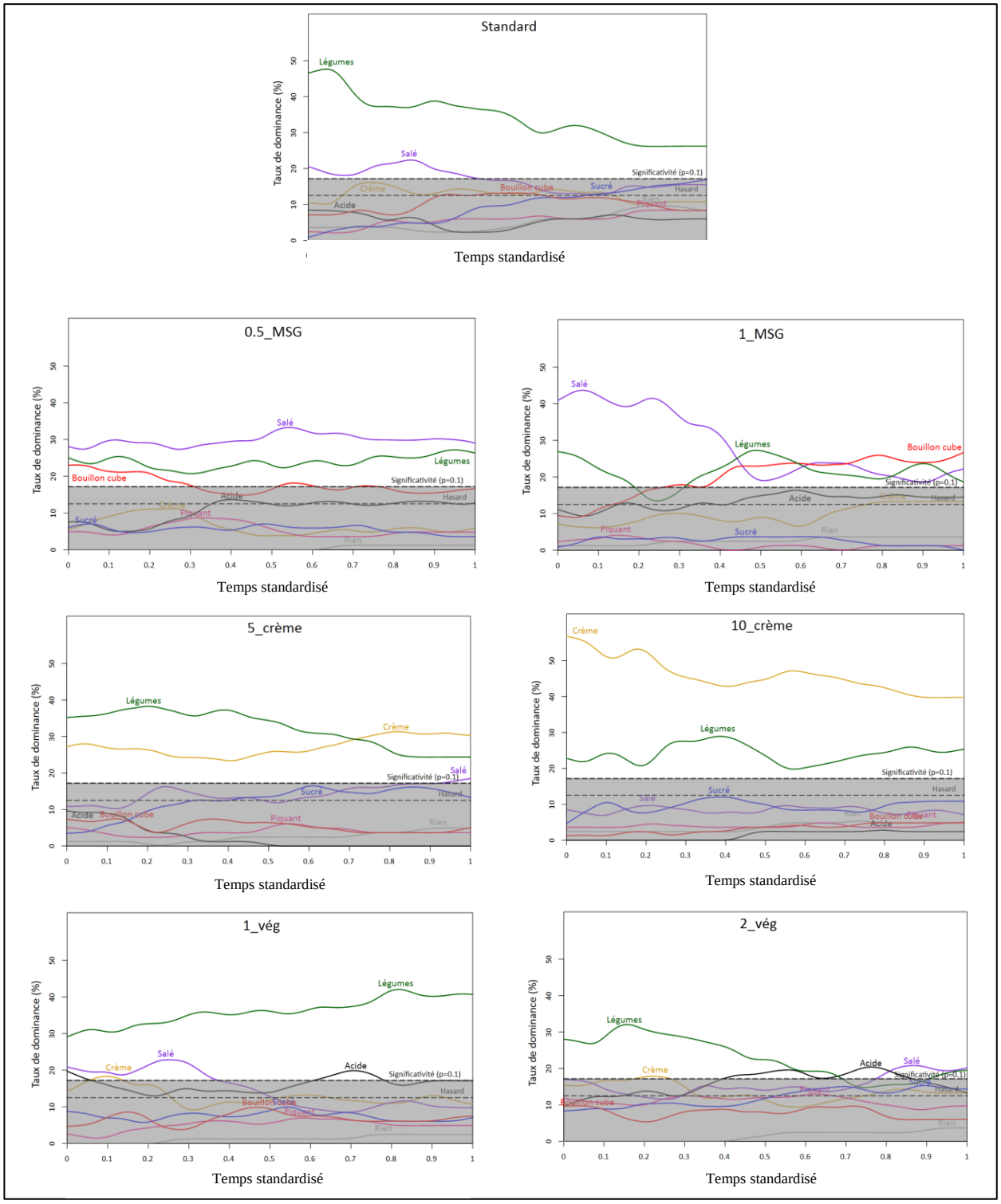


Figure 7 : Courbes DTS pour les sept échantillons en temps standardisé (α = 0.1).

Cette première séance a permis de sélectionner, en fonction des résultats des données descriptives, les niveaux de MSG, crèmes et légumes pour l'étude des portions entières, lors des futures séances 4 à 7 :

- **Soupe 10_crème :** présence d'une forte dominance du descripteur *crème* couvrant les sensations de salé et de légumes en comparaison avec la soupe normale.
- **Soupe 1_MSG** : son profil temporel a montré une forte dominance du descripteur *bouillon cube* en fin de gorgée reflétant davantage la perception umami attendue en arrière-goût.
- **Soupe 1_vég :** taux de dominance pour le descripteur *légumes* plus important comparée à la soupe 2_vég. Ce résultat contre-intuitif s'explique par une acidité plus prononcée pour la soupe supplémentée à 2% (m/m).

3.2. Évaluation multi-gorgée

3.2.1. Dynamiques hédoniques et d'état de faim

Dans la Figure 8, les cinétiques de *liking*, de *wanting* et d'état de faim au cours des 28 prises successives sont représentées. Nous pouvons observer que la diminution moyenne du score de *liking* sur l'ensemble de la portion (-0.4 points sur l'échelle) est inférieure à celle des paramètres de *wanting* et d'état de faim (-1.7 points en moyenne pour les deux). Les analyses de variance associées pour chacun de ces paramètres n'indiquent aucun effet produit significatif (valeurs-p > 0.15) mais un effet gorgée très significatif (valeurs-p < 0.001). En effet, les cinétiques décroissantes des quatre produits ne sont pas discriminées pour chacun de ces trois paramètres. Soulignons cependant que la soupe 10_crème présente la plus faible baisse de *liking* (-0.1 point) par rapport à la soupe 1_MSG ayant une baisse de 0.7 points sur l'échelle. Bien qu'il semble y avoir une tendance, les présents résultats ne semblent donc pas confirmer statistiquement ceux de Masic et Yeomans (2013) montrant que le glutamate de sodium pouvait réduire le rassasiement de par sa palatabilité. Enfin, notons que la cinétique de *liking* augmente légèrement dans la première partie de la dégustation puis diminue par la suite pour l'ensemble des produits. A notre connaissance, seuls les récents travaux de Rocha-Parra, García-Burgos, Munsch, Chirife, et Zamora (2016) ont montré une augmentation du score de *liking* au cours de prises successives d'un même produit. Dans ces travaux, 73 consommateurs ont noté de

manière continue leur appréciation hédonique lors de trois gorgées d'une boisson en poudre. Pour expliquer ce résultat, les auteurs associent ces changements hédoniques à d'éventuelles différences de perception (non présentées dans l'étude) au cours de prises répétées. Cependant, nous émettons l'hypothèse que la cinétique de *liking* aurait certainement décru avec un nombre plus important d'évaluations, tout comme dans notre étude.

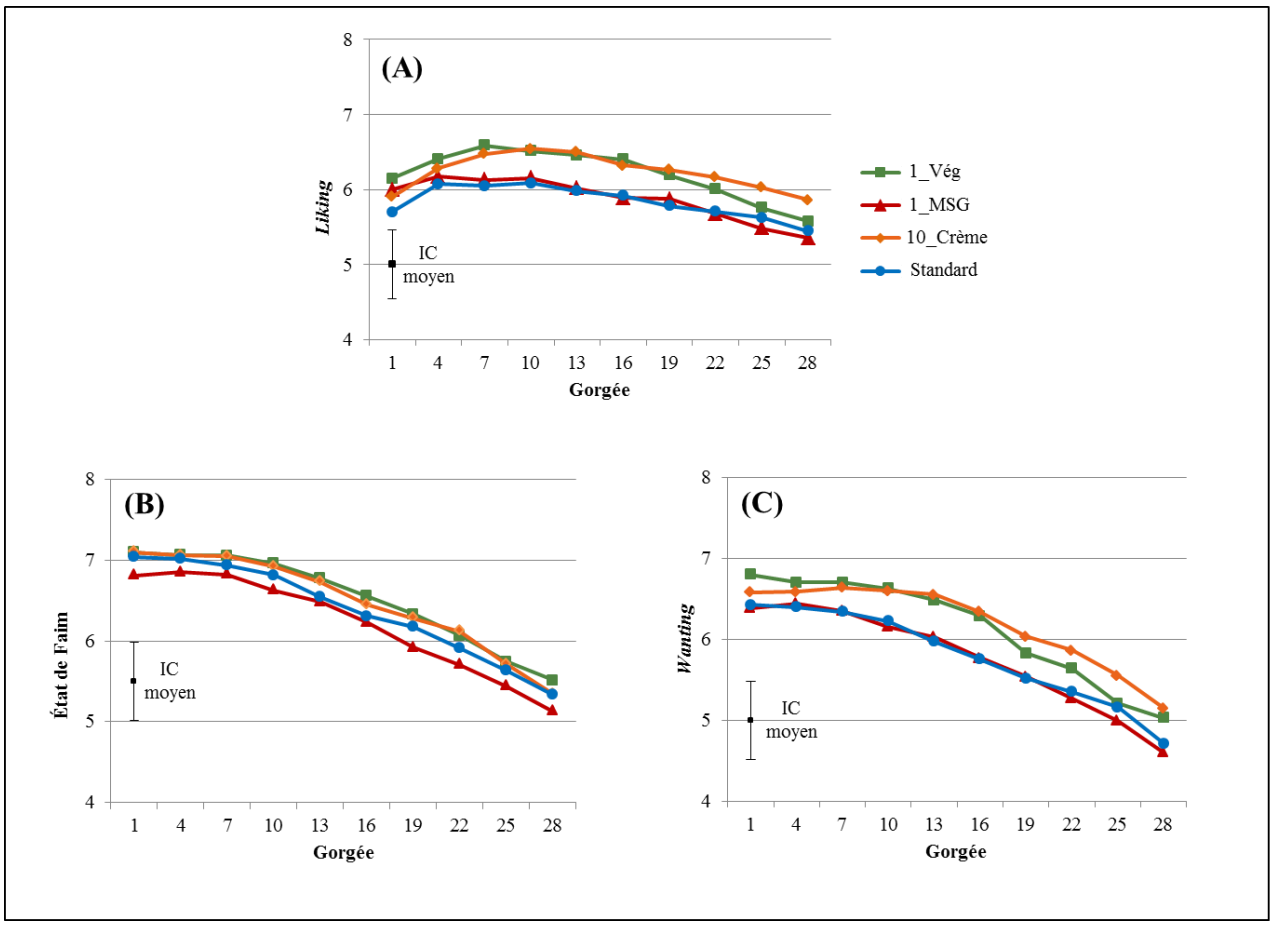


Figure 8 : Cinétiques de liking (A), d'état de faim (B) et de wanting (C) pour les quatre produits sur l'ensemble des gorgées.
Pour chaque cinétique, l'intervalle de confiance moyen (95%) est représenté.

D'après la Figure 9, nous pouvons voir que les notes de *liking* sont plus fortement corrélées à celles de *wanting* (r = 0.89 en moyenne, tous produits confondus) qu'à celles de l'état de faim (r = 0.45). Les scores de *wanting* et d'état de faim sont également moyennement corrélés (r = 0.55). Ce résultat indique un faible effet de report entre deux questions successives, signifiant que le consommateur ne semble pas utiliser le score de *liking* (resp. état de faim) comme référence pour noter la question suivante au cours de la

même gorgée, soit l'état de faim (resp. *wanting*). Cependant, il est intéressant de constater que les questions relatives aux variables *liking* et *wanting*, non successives dans le protocole, semblent être comprises de la même manière chez le consommateur. Bien que les mécanismes cérébraux des deux composantes du système de récompense (*liking* et du *wanting)* soient différenciés (Berridge, 1996), la forte corrélation entre ces deux paramètres observée dans cette étude confirme la difficulté du consommateur à différencier l'appréciation hédonique du produit à la motivation d'en consommer davantage (Zandstra, Weegels, Van Spronsen, & Klerk, 2004).

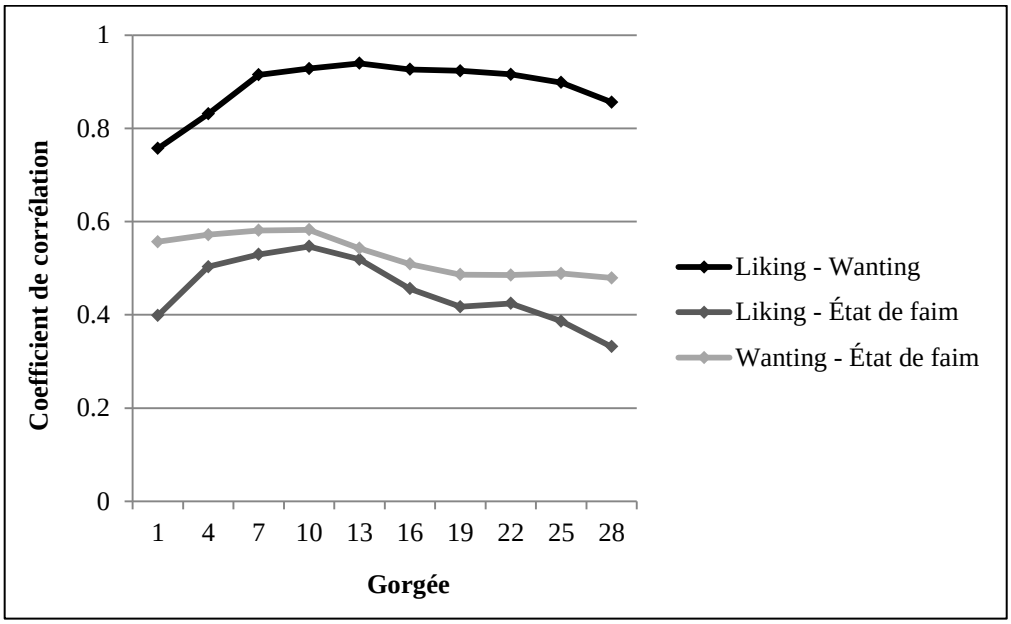


Figure 9 : Corrélations des variables liking, wanting et état de faim au cours des gorgées.

3.2.2. Profils DTS

Basée sur les durées de dominance standardisées, l'analyse en variables canoniques (Figure 10) indique une discrimination des produits en deux dimensions significatives. Nous noterons une discrimination du produit 10_crème (resp. 1_MSG) due à une durée de dominance plus importante du descripteur *crème* (resp. *bouillon cube*). Quant aux produits standard et 1_vég, ils semblent être plus longtemps dominés par les descripteurs *acide* et *légumes* mais ne sont pas discriminés entre eux, en termes de durées de dominance (chevauchement de leurs ellipses).

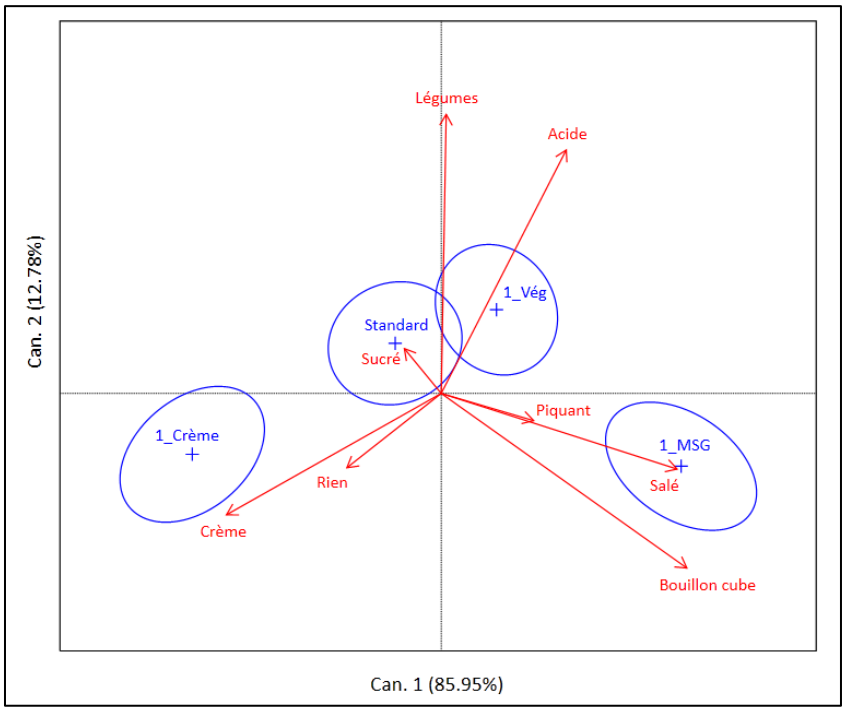


Figure 10 : AVC basée sur les durées de dominance standardisées.
Prises considérées comme répétitions. NDimSig = 2. Statistique de Hotelling Lawley = 0.83, F = 8.13 (p < 0.001). Ellipses de confiance = 90%

Les séquences des descripteurs dominants pour chaque gorgée de chaque produit sont présentées en Figure 11. Le descripteur *crème* (de couleur orange dans les bandes) est largement dominant tout au long de la portion de la soupe 10_crème. Le descripteur *salé* (en violet) caractérise davantage la soupe supplémentée en glutamate de sodium mais aussi dans une moindre mesure la soupe standard non modifiée. Cette dernière voit une légère accumulation d'acidité (en noir) dans les dernières gorgées ; cet effet est aussi présent pour la soupe 1_vég à partir de la moitié de la portion. Le descripteur *bouillon cube* (en rouge), caractérisant la saveur umami, est significativement dominant uniquement pour la soupe 1_MSG et ce, plus particulièrement longtemps lors des premières gorgées.

3.2.3. Déterminants temporels globaux

Les déterminants temporels calculés pour les paramètres de *liking*, d'état de faim et de *wanting* sont résumés dans la Table 10. Du fait de la forte corrélation observée précédemment entre les scores de *liking* et de *wanting*, nous observons globalement pour ces deux variables les mêmes déterminants temporels. Ainsi, les descripteurs *crème* et

légumes vont conduire en général à une augmentation des deux composantes hédoniques lorsqu'ils vont être cités comme dominants par le consommateur. A l'inverse, l'attribut *acide*, mentionné dominant par plus de la moitié du panel, va entrainer une diminution de ces composantes. Nous noterons cependant quelques spécificités selon les produits :

- La saveur sucrée est un déterminant temporel de *wanting* significativement positif uniquement pour la soupe 1_vég avec une augmentation de 0.34 points lorsqu'il est cité comme dominant par 35 consommateurs.
- La saveur salée permet une augmentation des scores de *wanting* et d'état de faim pour la soupe standard.
- Étonnamment, le choix du descripteur *rien* conduit à une diminution du *liking* de 0.31 points dans la souple supplémentée en glutamate de sodium pour 32 consommateurs. Bien que représentée dans la liste des descripteurs via *bouillon cube*, il est possible que les sujets aient cliqué sur *rien* pour définir une sensation difficilement descriptible telle que la saveur umami.

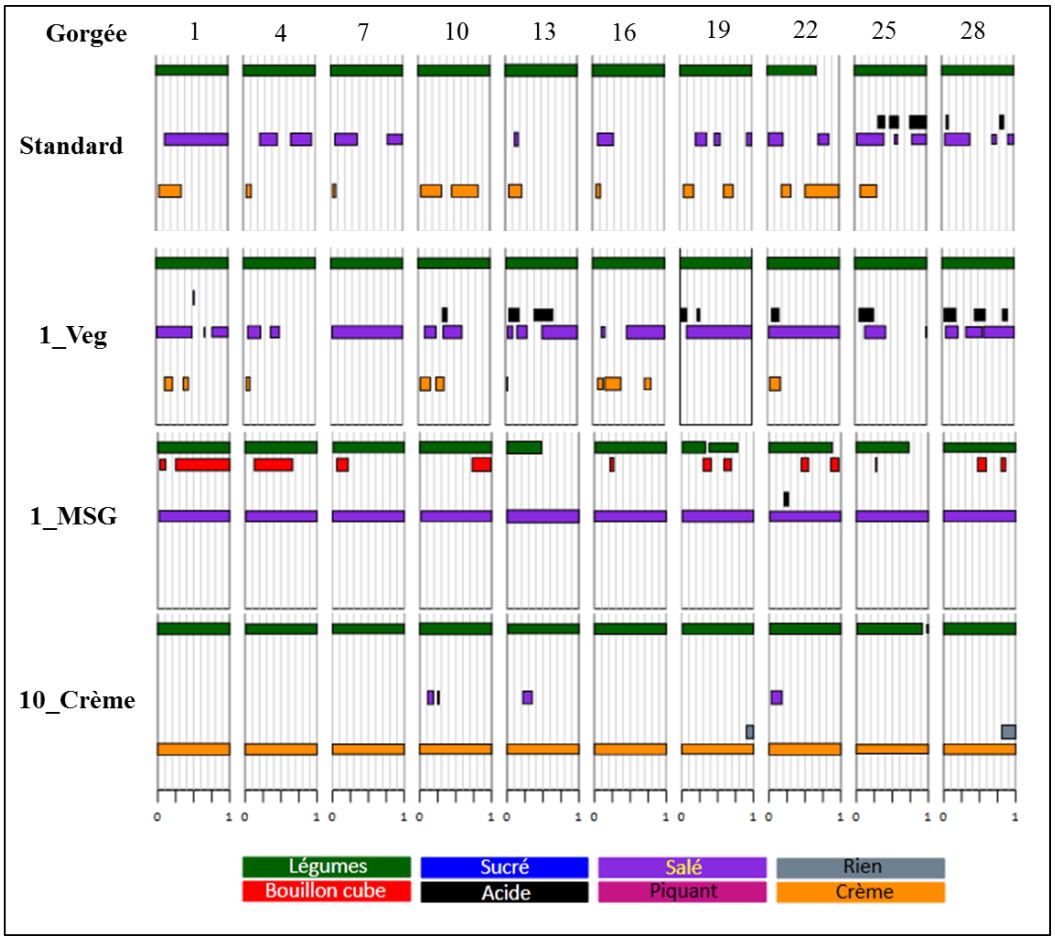


Figure 11 : Comparaison des bandes DTS multi-prises par attribut entre les quatre produits.
*Un rectangle coloré est significativement dominant pour la paire produit*gorgée (α = 0.1).*

Table 10 : Déterminants temporels de liking (L), de faim (H) et de wanting (W).

	Soupe standard				**Soupe 10_crème**				**Soupe 1_vég**				**Soupe 1_MSG**			
Attributs	**N**	**CLWD**	**CHWD**	**CWWD**	**N**	**CLWD**	**CHWD**	**CWWD**	**N**	**CLWD**	**CHWD**	**CWWD**	**N**	**CLWD**	**CHWD**	**CWWD**
Légumes	79	**0.16*** **	**0.14** **	**0.23*** **	76	**0.20*** **	0.12	**0.23** **	78	**0.15*** **	0.05	**0.21*** **	78	**0.14*** **	**0.13* **	0.09
Crème	64	**0.18*** **	0.10	**0.27*** **	78	**0.12** **	0.02	**0.14** **	55	**0.11* **	0.11	**0.16* **	48	**0.16* **	0.02	0.11
Salé	70	-0.01	**0.08* **	**0.14* **	61	0.03	0.11	0.13	72	0.03	-0.03	0.02	75	0.07	0.09	0.12
Bouillon cube	48	0.18	0.00	0.24	41	-0.12	0.22	0.07	46	0.08	0.01	-0.06	69	-0.05	0.04	0.03
Sucré	35	0.04	0.02	0.19	44	-0.15	0.05	-0.23	47	0.13	0.16	**0.34** **	30	-0.06	0.08	0.02
Piquant	25	-0.18	-0.02	-0.24	18	0.09	0.14	0.12	26	0.02	-0.15	-0.03	32	-0.07	-0.05	0.11
Acide	47	**-0.25*** **	**-0.18** **	**-0.38*** **	37	0.02	**-0.29*** **	-0.20	58	**-0.09* **	-0.02	**-0.18*** **	53	**-0.15* **	-0.15	**-0.25* **
Rien	32	-0.22	0.00	-0.24	32	0.08	0.14	-0.23	23	-0.26	-0.13	-0.24	20	**-0.31* **	0.07	-0.02

CLWD / CHWD / CWWD : Moyenne des scores individuels LWD / CHWDs / CWWDs.
Niveau de significativité : *10%, **5%, ***1%.
Un score significativement supérieur (resp. inférieur) à 0 indique un déterminant temporel de liking/wanting/faim positif (resp. négatif) surligné en vert (resp. rouge).
N : nombre de consommateurs ayant cité le descripteur comme dominant.

3.2.4. DTL expliqués par une segmentation des préférences

Les scores de *liking* des sept soupes, obtenus de manière classique (une seule gorgée) en 1ère séance, ont permis de définir une segmentation des consommateurs représentée en Table 11. Deux groupes de consommateurs ont été retenus (Trace de Hotelling-Lawley = 1.96 et PseudoF = 19.43). Le groupe le plus important (n = 48) apprécie plus les produits supplémentés en glutamate de sodium avec une moyenne de *liking* de 7.4 pour la soupe ayant une concentration à 1% (m/m). L'autre groupe (n = 36) apprécie plus les produits supplémentés en crème avec une moyenne de *liking* de 7.3 pour la soupe ayant une concentration à 10% (m/m). Notons que pour ce deuxième groupe, la soupe 1_MSG est la moins appréciée (moyenne de 4.2).

Table 11 : Segmentation des consommateurs basée sur les scores de liking.

Groupe	n	F-valeur	Gmoyenne	Standard	5_Crème	_10_Crème	0.5_MSG	1_MSG	1_Vég	2_Vég
"Crème"	36	11.6	6.1	6.4	6.6+	7.3+	5.6	4.2-	5.9	6.5
"MSG"	48	9.05	6.0	5.6-	5.7	5.6	6.8+	7.4+	5.5-	5.8
Global	84	1.14	6.1	5.9	6.1	6.3	6.3	6.0	5.7-	6.1

Statistiques de la procédure Centroid Varclus de SAS : trace de Hotelling-Lawley = 1.96 et PseudoF = 19.43, pour une segmentation en 2 groupes. Les moyennes des produits sont symbolisées par un «-» ou un «+» selon si elles sont significativement (p <= 0.05) plus petites ou plus grandes que la grande moyenne (Gmoyenne).
En gris, sont représentés les produits n'étant pas évalué en multi-prises.

Le calcul des DTL basé sur cette segmentation est résumé dans la Table 12. Nous pouvons voir que le descripteur *sucré* se comporte comme un DTL négatif dans les deux groupes, pouvant expliquer ainsi pourquoi la soupe supplémentée en glutamate de sodium (resp. crème) est moins appréciée par le groupe préférant les soupes supplémentées en crème (resp. MSG). *Piquant* se révèle également un DTL négatif pour les deux groupes. Nous noterons aussi que *rien* entraîne une diminution de *liking* de plus d'un demi-point sur l'échelle lorsqu'il est cité dominant dans la soupe standard pour le groupe préférant les soupes supplémentées en MSG. Enfin, bien que le groupe "MSG" apprécie plus la soupe 1_MSG, il est intéressant d'observer une cinétique négative de *liking* pour ce produit, et ce, dû en partie aux DTL significatifs *acide* et *rien*. Ce résultat souligne la mise en évidence d'une cinétique propre aux produits et indépendante de l'appréciation globale du produit ; en d'autres termes, un produit peut être apprécié mais pour autant présenter une cinétique négative de *liking*.

Table 12 : Déterminants temporels de liking par groupe.

	Groupe "Crème"				Groupe "MSG"			
Attributs	**Standard**	**10_crème**	**1_vég**	**1_MSG**	**Standard**	**10_crème**	**1_vég**	**1_MSG**
Légumes	**0.19***	**0.29****	**0.19***	**0.21*****	**0.14*****	0.05	**0.12****	0.09
Crème	**0.16***	0.05	0.11	0.28	**0.21*****	**0.12*****	0.12	0.09
Salé	0.08	0.11	0.1	0.13	-0.07	-0.01	-0.02	0.03
Bouillon cube	0.14	-0.2	0.06	-0.02	0.2	-0.04	0.1	-0.07
Sucré	0.07	0.12	0.27	**-0.2***	0.03	**-0.33****	0.05	0.02
Piquant	0.05	-0.1	0.25	**-0.37***	**-0.27***	0.15	-0.18	0.12
Acide	**-0.42*****	-0.13	-0.02	-0.16	-0.1	0.1	**-0.16****	**-0.15***
Rien	0.32	-0.02	-0.8	-0.42	**-0.58****	-0.07	-0.11	**-0.24***

Les scores réprésentent les CLWD calculés par groupe.
CLWD: Moyenne des scores individuels LWD.
Niveau de significativité : *10%, **5%, ***1%.
Un CLWD significativement supérieur (resp. inférieur) à 0 indique un Déterminant Temporel de *Liking* positif (resp. négatif) surligné en vert (resp. rouge).

3.3. Comparaison méthodologique inter-séances

3.3.1. Données hédoniques

La Figure 12 compare les cinétiques de *liking* obtenues lors des deux séances dynamiques pour la soupe standard : la séance 2 où seul le *liking* a été évalué et les séances 4 à 7 où le *liking* a été évalué en association avec la DTS et les questions de *wanting* et d'état de faim. La note moyenne de *liking* classique obtenue pour cette soupe standard lors de 1ère séance est représentée en rouge (5.9 points).

Tout d'abord, nous notons qu'en comparaison avec la note de *liking* classique, aucune différence significative ($p > 0.10$) n'est observée entre les notes données à la suite de la première gorgée. Mentionnons que ce résultat est confirmé pour les trois autres soupes (10_crème, 1_MSG, 1_vég) qui ont également été évaluées en séance mixte (valeurs-$p > 0.10$). Ce résultat suggère donc que l'évaluation DTS ne semble pas impacter la note d'appréciation hédonique, tout comme il a déjà été montré que l'utilisation d'échelles d'intensité n'avait pas d'effet sur la note de *liking* globale (Mela, 1989; Popper et al., 2004; Vickers et al., 1993).

Étrangement, nous observons cependant une différence d'évolution du *liking* au cours des gorgées en fonction des deux séances dynamiques pour la soupe standard. En séance 2, la temporalité est continuellement positive alors qu'en séance mixte elle est

positive durant les dix premières gorgées puis négative jusqu'à la fin de la consommation de la portion. Les deux cinétiques sont discriminées significativement à partir de la 13ème gorgée ($p < 0.02$). Il semble difficile d'avancer une explication rationnelle à ces résultats apparemment contradictoires. La cinétique positive observée en séance 2 n'était pas attendue du fait qu'il est admis que l'appréciation hédonique pour un aliment diminue au cours du repas ; phénomène connu sous le nom d'alliesthésie (Cabanac & Fantino, 1977). Nous émettons l'hypothèse que le temps de latence de 30 s (établi dans le but de reproduire la durée de l'évaluation DTS) lors de la deuxième séance aurait biaisé l'évaluation hédonique. Cette hypothèse se base notamment sur un des résultats de l'étude 1 où nous avons pu mettre en évidence une augmentation du score de *liking*, 1 min après la mise en bouche de fromages frais aromatisés. Comme discuté dans l'article associé à cette étude, la mémoire à court terme semble avoir un rôle majeur dans « l'image hédonique » mémorisée du produit par le consommateur.

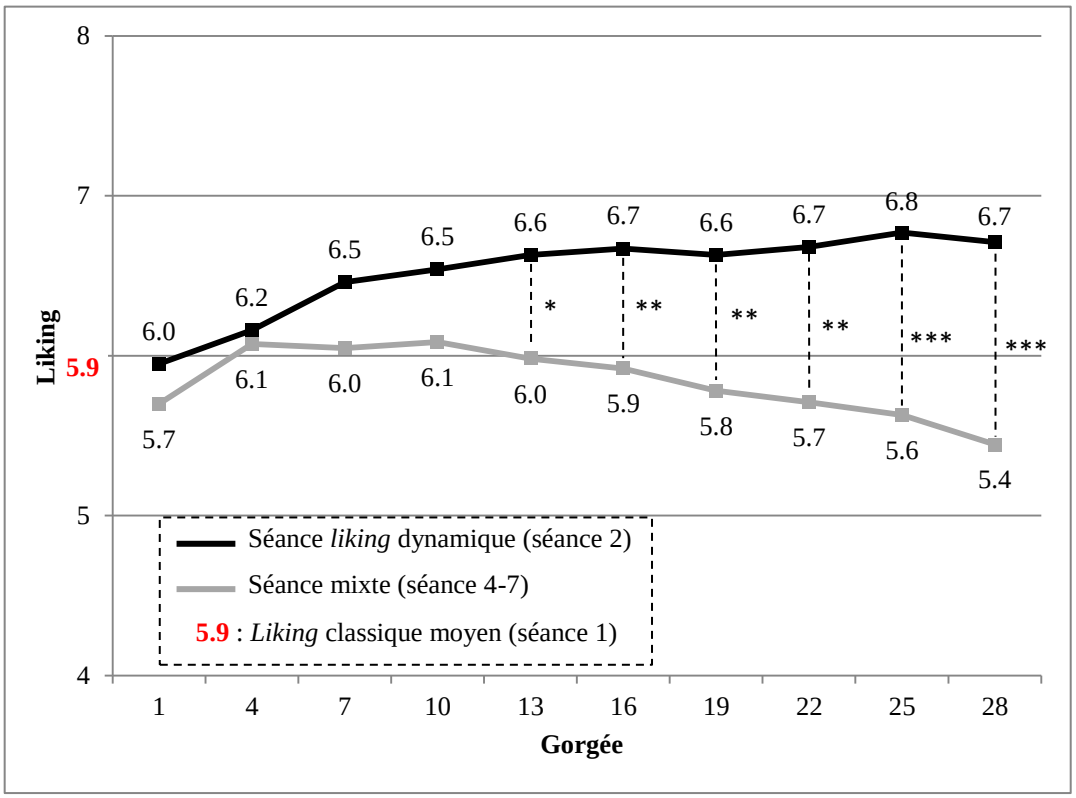


Figure 12 : Comparaison des cinétiques de liking (soupe standard).
*Niveau de significativité : *5%, **1%, ***0.1%.*

3.3.2. Données descriptives

Afin de comparer les résultats DTS obtenus entre la première séance et la séance mixte lors de la 1ère gorgée, une AVC basée sur les durées de dominance standardisées (Figure 13) a été calculée. Nous observons que les durées de dominance des produits sont globalement similaires entre les deux séances bien qu'il y ait une légère surévaluation des caractéristiques intrinsèques liées aux produits durant la première séance. Cet effet peut s'expliquer par une comparaison des produits qui n'est pas possible lors des séances mixtes (4 à 7) du fait qu'un seul produit est évalué par séance. Par conséquent, bien que les échantillons de soupes aient été servis de façon randomisée en séance classique, l'effet d'ordre semble avoir joué un rôle non marginal. L'une des solutions serait donc d'évaluer un seul produit à la fois afin de mieux refléter la réalité de la perception. Il n'est d'ailleurs pas rare de voir certains industriels demander à leurs sujets d'évaluer plusieurs échantillons alors qu'ils analysent par la suite uniquement les résultats du premier échantillon servi. Cependant, les coûts ainsi que la durée des expérimentations engendrés par de tels protocoles sont nettement plus élevés. Une des alternatives serait de tester au maximum trois ou quatre produits différents par séance tout en évitant des produits présentant des caractéristiques sensorielles persistantes qui pourraient biaiser l'évaluation des autres échantillons.

Les bandes DTS issues de la portion de la soupe standard en séance 3 (évaluation DTS seule) et en séance 4-7 (évaluation mixte) ont été comparées en Figure 14. Globalement, nous observons le même profil descriptif temporel entre les deux séances, suggérant que l'évaluation DTS au cours des gorgées successives n'est pas biaisée par l'alternance des questions *liking* / état de faim / *wanting*. Ce résultat confirme également une bonne répétabilité au niveau du panel.

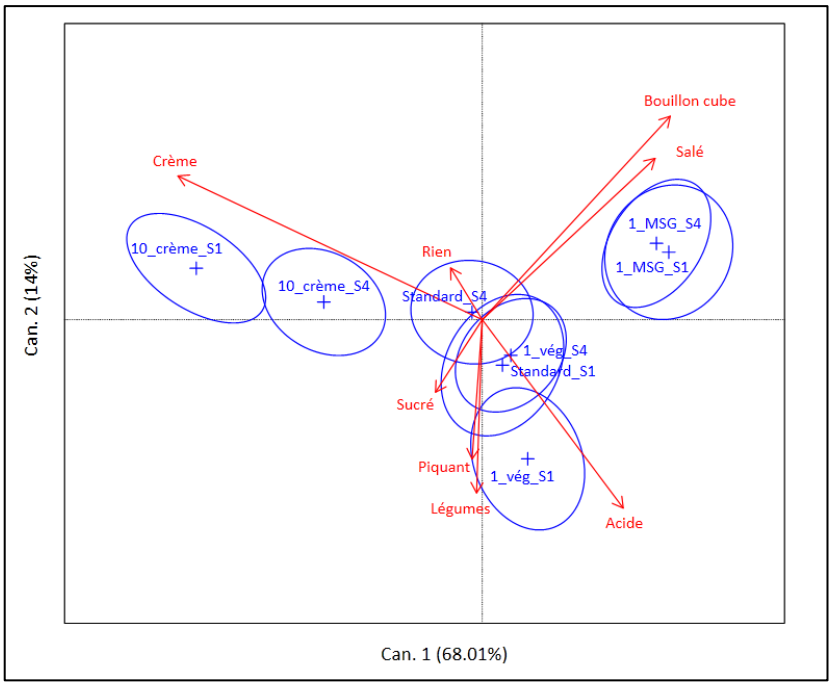


Figure 13 : Comparaison inter-séances par une AVC basée sur les durées de dominance standardisées de la première gorgée (S1 : séance classique ; S3 : séance mixte).
NDimSig = 3. Statistique de Hotelling Lawley = 0.59, F = 5.99 (p < 0.001).
Ellipses de confiance = 90%.

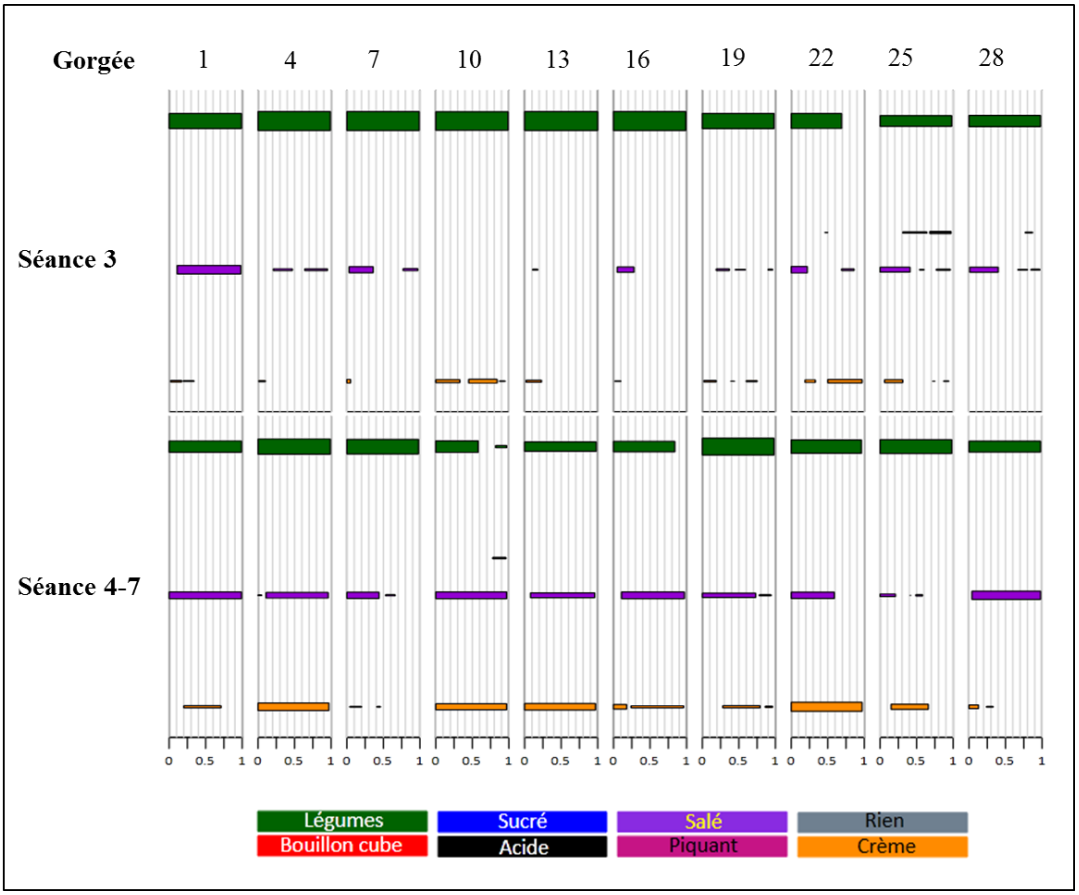


Figure 14 : Comparaison inter-séances des profils DTS (soupe standard ; α = 0.1).
Hauteur des rectangles proportionnelle aux taux de dominance relatifs à la gorgée.

4. Conclusion

Concernant les quatre portions de soupe aux saveurs et arôme modifiés, les profils temporels descriptifs (DTS) ont été plus discriminants que les dynamiques hédoniques (*liking* et *wanting*) et d'état de faim. Ces dynamiques, négatives pour l'ensemble des produits en séances mixtes, ont pu être expliquées notamment par la saveur *acide*. Malgré la corrélation des scores de *liking* et de *wanting* (et dans une moindre mesure de l'état de faim), nous avons pu relever certains déterminants temporels spécifiques à ces variables tel que la saveur *salée* entrainant une augmentation des scores de *wanting* et d'état de faim pour la soupe standard. La taille du panel permettant une segmentation des consommateurs en fonction de leurs préférences a permis de mettre en évidence un groupe préférant les soupes supplémentées en glutamate de sodium et un autre préférant celles avec un ajout de crème. Fait intéressant, la saveur *sucrée* est un DTL négatif significatif pour les soupes moins appréciées de chacun de ces deux groupes.

La comparaison inter-séances souligne que les scores d'appréciation hédonique donnés à la suite d'une évaluation DTS ne sont statistiquement pas différents de ceux pouvant être issus d'une évaluation hédonique classique. Par contre, il a été observé des cinétiques inverses quant au *liking* dynamique, suggérant qu'il serait préférable que le consommateur soit directement interrogé à la fin de la prise ; un temps de latence peut en effet entrainer une surnotation du score de *liking*. Enfin, le profil temporel DTS multi-prises n'a pas été perturbé par les autres évaluations (*liking*, *wanting* et état de faim) ; de plus il a été observé une bonne répétabilité du panel entre les séances descriptives.

III- Extension au suivi journalier de l'état de soif et d'appétit pour deux CNO

Étude 5 / Article 4

RÉSUMÉ

Objectifs et méthodes

La présente étude s'inscrit en étroite continuité de l'étude 2, où pour rappel, la DTS et le *liking* dynamique ont été couplés lors d'une même séance au cours de la consommation d'une portion d'un complément nutritionnel oral (CNO) au laboratoire avec des adultes âgés de 40 à 60 ans. L'étude 5 apporte plusieurs développements de la méthode A-TDL où la DTS et le *liking* dynamique ont été évalués deux fois par jour au laboratoire (séance le matin et l'après-midi) pour deux CNO (les mêmes boissons que celles utilisées dans l'étude 2). Additionnellement aux mesures de la DTS et de *liking*, les états de soif et de faim ont été mesurés au laboratoire mais également au domicile des sujets avant et après le déjeuner et le dîner. L'objectif était de reproduire l'expérience journalière d'un CNO avec des seniors indépendants âgés de 60 à 75 ans. De plus, cela a permis de mieux anticiper d'éventuels effets indésirables des CNO sur la prise des repas durant la journée (déjeuner et dîner).

Pour cela, 62 participants français ont testé les deux produits à raison d'un seul produit par jour, à une semaine d'intervalle. Dix échantillons du même produit servis dans de petits verres étaient consommés par chaque consommateur lors de la séance du matin et de l'après-midi. Le protocole consistait en une évaluation DTS au cours de chaque gorgée suivie par des échelles successives de *liking*, de soif et de faim. Ce protocole a été répété au cours des dix verres. En se connectant à internet depuis leur domicile, les participants ont renseigné leur état d'appétit et de soif avant et après le déjeuner et le dîner.

Principaux résultats

Le développement du concept A-TDL avec des seniors indépendants a montré que la consommation d'un CNO au laboratoire réduisait très modérément l'état de faim des seniors par rapport à un repas normal consommé au domicile. A l'inverse, leur consommation a fortement augmenté leur état de soif, et ce notamment dû à des phénomènes d'accumulation des perceptions d'asséchement en bouche au cours des différentes gorgées successives. Les résultats de cette étude n'ont montré aucune différence

de *liking* concernant la première gorgée, alors que l'un des deux produits a été plus apprécié en moyenne sur l'ensemble des gorgées. Cela confirme ainsi toute l'importance, en analyse sensorielle, d'étudier les profils multi-prises et de les comparer à des évaluations en prise unique.

ARTICLE 4

Determination of the temporal drivers of liking for Oral Nutritional Supplements for older adults measured at two time points throughout the day with monitoring of hunger and thirst status.

Thomas, A.[a], van der Stelt, A. J.[b], Schlich, P.[a], Lawlor, J. Ben.[b]

[a]Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, CNRS, INRA, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France.
[b]Nutricia Research, Nutricia Advanced Medical Nutrition, Utrecht, The Netherlands.

Soumis le 3 octobre 2016 au journal Food Quality and Preference

ABSTRACT

The present paper reports on the further development of Alternated Temporal Drivers of Liking (A-TDL) method (Thomas, van der Stelt, Prokop, Lawlor, & Schlich, 2016) in which Temporal Dominance of Sensations (TDS) and dynamic liking were still paired at the lab, but twice a day (morning and afternoon sessions) for two oral nutritional supplements (ONS). In addition, hunger and thirst status were monitored at the lab and also before and after lunch and dinner at home. The objective was to reproduce the full daily experience of an ONS.

A total of 62 French older adults tested the two products over two days, a week apart (a single product per day). Ten small glasses of the product were given to each participant in both morning and afternoon sessions, each one was consumed in a single sip. The protocol consisted of a TDS evaluation during each sip, followed by liking-thirst-hunger scales appearing successively. This protocol was repeated over the ten glasses. Before and after lunch and dinner, thirst and hunger status were recorded at home using the internet.

Participants seemed to be able to perform these rather sophisticated tasks quite well. Their use of the hunger scale was quite narrow and ONS consumed at lab reduced very moderately hunger, at least compared to a regular meal being taken at home. Both products increased thirst by an average of 2 scale points along the ten sips confirming that drinking an ONS increased thirst during tasting. Interestingly, no liking difference was observed in the first sip, but one of the two products was slightly more appreciated on average over sips. Temporal drivers of liking of this preferred product suggest that it would be due to longer praline and coffee-milk flavours and to shorter metallic and dry sensations.

KEYWORDS

Temporal Drivers of Liking (TDL); Thirst; Appetite; ONS

1. Introduction

Although most sensory studies are classically based on an overall sample evaluation, other methods have been developed to investigate the perceptual dynamics within intake (Lawless & Heymann, 2010). Methodology based upon temporal aspects of consumer liking have also evolved for the same purpose (Delarue & Blumenthal, 2015). However, consumption of both solid foods and beverages are dynamic processes composed of successive intakes (bites or sips) with each one impacting both sensory perception and liking (Köster, Couronne, Léon, Lévy, & Marcelino, 2002; Kremer, Shimojo, Holthuysen, Köster, & Mojet, 2013; Stein, Nagai, Nakagawa, & Beauchamp, 2003; Zandstra, Weegels, Van Spronsen, & Klerk, 2004). To date, a number of temporal methods have been either adapted (Courregelongue, Schlich, & Noble, 1999; Galmarini, Loiseau, Visalli, & Schlich, 2016; Galmarini, Visalli, & Schlich, 2016; Oliveira et al., 2015; Zorn, Alcaire, Vidal, Giménez, & Ares, 2014), or developed specifically for this purpose (Methven et al., 2010; Pecore, Rathjen-Nowak, & Tamminen, 2011; Rocha-Parra, García-Burgos, Munsch, Chirife, & Zamora, 2016). Two recent studies illustrate this by looking at repeated ingestion for sweetened solutions (Withers, Barnagaud, Mehring, Ferris, & Thomson, 2016) and fat emulsions (Appelqvist, Poelman, Cochet-Broch, & Delahunty, 2016).

Recently Methven, Jiménez-Pranteda, and Lawlor (2016) pointed to the importance of both understanding and developing sensory methodologies when studying older adults. Regarding TDS, Hutchings, Foster, Grigor, Bronlund, and Morgenstern (2014) compared older versus younger adults to measure dynamic texture perception. Despite differences in method usage between the two groups, the authors concluded that TDS was an appropriate tool for older adults (aged 55-70 years) as both age groups showed no differences of intra-subjects variability in the TDS profile based on three replicates for each subject. Moreover, the dominance concept of TDS could be an interesting way to investigate temporal descriptive profiles without requiring intensity ratings from older adults as flavor intensity perception may decrease with ageing (Doets & Kremer, 2016). Training is often debated currently for TDS. As long as intensity is not asked, TDS requires almost no training provided, that the attributes are simple enough to be understood by consumers (Albert, Salvador, Schlich, & Fiszman, 2012; Di Monaco, Su, Masi, & Cavella, 2014) and an over training may result in individual typed-responses (Meillon, Urbano, & Schlich, 2009). While investigating the benefits of a TDS training, Rodrigues et al. (2016) observed that

consumers were able to discriminate products and that training did not seem to improve this discrimination level.

In previous work (Thomas et al., 2016), we used a novel method named "Alternated Temporal Drivers of Liking" (A-TDL), consisting of an alternated evaluation of Temporal Dominance of Sensations (Pineau et al., 2009) and liking over successive intakes for a whole portion of two oral nutritional supplements (ONS). A-TDL was used to understand the temporal off-note profiles of ONS (see Methven et al., 2010). Thomas et al. (2016) highlighted the attribute dry as a strong negative temporal driver of liking (TDL) for both products. Additionally to the TDS and liking measurements along sips, consumers were asked to indicate their hunger and thirst status before and after consumption. Interestingly, the disliked product resulted in stronger thirst and presented more negative TDL (metallic and filming). Regarding some additional information for the reader on the ONS products themselves, ONS are nutritionally complete drinks containing both micro- (vitamins/mineral) and macro (calories/protein) ingredients/nutrients. The European Society of Parental and Enteral Nutrition recommends the use of ONS to improve nutritional intake in those who are malnourished or at risk of malnourishment. However, low compliance/adherence (i.e. not consuming the prescribed whole portion) is generally recognized as a limiting factor in their potential nutritional effectiveness and is frequently linked to the taste profile.

Extending the use of A-TDL method beyond issues around the temporal taste (off-notes) and liking profile of ONS, is an important consideration as additional factors such as thirst and hunger - may also be limiting ONS intake/adherence. Extending the TDS task to thirst and hunger would therefore be a natural extension for an ONS-type product – the question being; do specific sensory attributes affect hunger and thirst over the consumption period. Both an increase in thirst and a decrease in hunger (particularly for high protein ONS products), might be undesirable effects of ONS consumption. For instance, an increase in perceived thirst, contributing to a dominance/build-up of 'dry' (Thomas et al., 2016) may negatively affect the ONS drinking experience and therefore affect intake. Globally therefore, and putting other patient, context, and product factors aside, we believe that extending A-TDL method beyond taste and liking may allow us to deepen our understanding of the consumption experience of ONS. In a recent study Ruark, Vingerhoeds, Kremer, Nijenhuis-de Vries, and Piqueras-Fiszman (2016) used a

combination of Check-All-That-Apply with ideal (CATA-I) and Ideal Profile method (IPM) with older adults in order to investigate the consumption of high-protein dairy drinks at home. CATA-I and IPM were performed after drinking the beverages with this protocol designed to take sensory changes over successive sips of a protein-enriched product into account (Kremer et al., 2013; Methven et al., 2010). However, changes over successive sips were not captured and Ruark et al. (2016) suggested that this would have been interesting. Additionally, participants were asked to score their hunger at three different time (before, just after and one hour after the ONS consumption), but this result was not presented. In practical terms, authors recommended the use of online questionnaires instead of paper questionnaires in order to facilitate the data collection process.

The objective of this work was to extend the A-TDL protocol with a TDS and dynamic liking pairing at the lab twice a day (morning and afternoon sessions) with older adults. In addition, hunger and thirst status were rated along successive sips. Appetite and thirst were monitored before and after lunch and dinner at home to determine the impact of ONS consumption on later meal intake. To our knowledge no such study has already been reported in the literature and therefore insights may help us improving the more global ONS experience (beyond taste) and consequentially, improve nutritional recovery of older adults. The current work therefore was not just methodological in conception but was also a practical application to help us understand the important product related issues of off-notes, thirst formation, hunger state and later meal intake in older adults.

2. Methods

2.1. Products

Two commercial ONS products (P1 & P2) were used for this study. These products were the same as those used by Thomas et al. (2016). In each session, ten samples (each to be drunk in a single sip) of the same product were served in small plastic containers, thereby standardizing sip size. As mentioned in the previous work, energy density differed between products and this information cannot be disclosed in order to protect their identity. Contrary to the work of Ruark et al. (2016) where the total volume was the same between samples, we proposed to have the same protein intake between products. Protein generally increases satiety to a greater extent than carbohydrates or fat and in this way may facilitate

a reduction of food intake (De Graaf, 2005; Paddon-Jones et al., 2008). As we were mainly interested in the sensory factors of the satiety cascade we standardized for protein to limit bias coming from nutritional content. Thus, the ten sips correspond to a protein intake of 15 ± 0.5 g for both products. Each product was coded with a three-digit random number and consumers were deliberately informed that the ten samples evaluated within a session were from the same product. Samples were served at ambient temperature (20 ± 1°C).

2.2. Participants

Consumers of dairy products were used by Thomas et al. (2016). In the same way, sixty-eight naïve French consumers of dairy products participated in the present study. Participants were aged between 60 to 75 years to get closer to ONS user age range (malnourished older adults). Each consumer participated in two test days. Six participants did not understand the task and were deleted from the data analysis. Thus, analyses were based on sixty-two participants (26 males, 36 females). Participants were recruited by means of an on-line questionnaire from a population registered in the Chemosens Platform's PanelSens database. This database has been declared to the relevant authority (Commission Nationale Informatique et Libertés – CNIL – n° d'autorisation 1148039). The online recruitment was designed to select only older adults who were able to use a computer. Moreover, only subjects who could connect to the Internet from any location via any device (computer, laptop, smartphone…) during lunch and dinner of the two test days were selected. Subjects were asked to provide their mobile phone number in order to send them notifications during the day. Subjects were compensated for their participation and provided written consent to participate in the experiment.

2.3. Procedure

2.3.1. General procedure

Participants tested the two products in two days a week apart (a single product per day). Half of the participants started with P1 and the other half with P2. Ten samples of the product were given to each participant in the morning and the afternoon sessions and each

one was drunk in a single sip. Participants came at 10:00 AM and 04:00 PM at lab and they were instructed not to eat two hours before sessions. All sessions took place in isolated sensory booths and lasted about one hour. Participants had to connect to Internet during the lunch and the dinner of the two test days in order to answer several questions. Data at lab and outside were captured using TimeSens software version 1.0 (INRA, Dijon, France).

2.3.2. Lab sessions

Before tasting the panel leader explained in detail the session to the participants. Following this, the participants indicated their level of thirst using a [0-10] continuous scale. In order to evaluate appetite feelings, they also completed ratings for hunger, desire to eat, fullness and prospective consumption with one question per screen (Blundell et al., 2010). These different questions are presented in Table 1. After that, they had to rinse their mouth with water. Given that the aim of this study is to study the evolution of perception during ten successive sips, participants were not allowed to consume water throughout the tasting.

The protocol consisted of a TDS evaluation during each sip, followed by liking-thirst-hunger scales appearing successively. This protocol is an extension of the Alternated-TDL (A-TDL) method (Thomas et al., 2016) and it was repeated during the ten samples but only at four sip points (sips n°1, 4, 7, 10) to avoid boredom. Moreover, a screen composed of three trivia questions between the liking-thirst scales and between the thirst-hunger scales was given as a distraction task during 30 s and the answers appeared automatically during this period of time. The questions changed along the tasting. The main aim of the distraction task was to avoid boredom (Galmarini, Symoneaux, Visalli, Zamora, & Schlich, 2015) and response biases between the three scales (liking-thirst-hunger). TDS and liking evaluations were performed in the same way as in the A-TDL protocol described in Thomas et al. (2016). In summary, focussed at the information required to understand this paper, participants had to click at any time (before and after swallowing) the dominant attribute among a list that included ten attributes: filming, thick, dry, praline, caramel, coffee-milk, vanilla, creamy, sweet, and metallic. As a reminder, the concept of dominant attribute is defined as "the attribute associated to the sensation catching the attention at a given time" (Pineau et al., 2009). Start and end times of each evaluation and durations of

dominance for each attribute were recorded. Just after the TDS evaluation, participants had to rate their actual liking via a [0-10] continuous hedonic scale. As mentioned above, the A-TDL protocol was extended. After the liking screen and the first distraction screen, participants had to indicate their level of thirst. Then, after a second distraction screen, they had to rate their level of hunger. Thirst and hunger levels were measured with the same scale as those used at the beginning of the session. This new protocol was repeated only for the sips n°1, 4, 7 and 10. Between each sip evaluated, two sips were drunk without any evaluation. Following the tasting participants completed ratings for desire to eat, fullness and prospective consumption. This protocol was repeated for both products and the morning and afternoon sessions.

Table 1: Measurements made throughout the lab session.

Moment	**Task or questions asked (VAS)**
Before tasting	How thirsty are you now?
	How hungry are you now?
	How strong is your desire to eat
	How full do you feel now?
	How much do you think could you eat now?
Sips n°1, 4, 7 and 10	TDS evaluation
	How much do you like this product now?
	Distractive task (30 s)
	How thirsty are you now?
	Distractive task (30 s)
	How hungry are you now?
After tasting	How strong is your desire to eat
	How full do you feel now?
	How much do you think could you eat now?

2.3.3. In-home evaluation

Following the lab session, participants returned home for lunch/dinner. At noon and at 7:00 PM they received a notification on their smartphone reminding them to connect to Internet before eating. Before taking their meals, they were asked how much they liked the product consumed during the last session. They also rated their level of thirst, hunger, desire to eat, fullness and prospective consumption. Then, after the end of their meal, participants had to reconnect to Internet in order to complete ratings for level of thirst and the four scales to evaluate appetite feelings.

2.4. Data analysis

Data analysis was performed with SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA). TDS difference curves and TDS band-plots were produced with TimeSens 1.0 (INRA, Dijon, France).

2.4.1. Dynamics throughout the day

For each participant, an individual appetite score was computed by product and moment (eight moments are defined throughout the day: before and after each session and each meal). This score was the average between the four following parameters: hunger, desire to eat, prospective consumption and a 100-fulness score (Lesdéma et al., 2016). These appetite scores were analysed by a repeated measures ANOVA model having product, moment and their interaction as fixed effects. The random effects were participants and its interaction with each fixed effect. Moment was repeated within participants by product with an heterogeneous first-order autoregressive (ARH(1)) covariance structure. Finally, the average of the individual appetite scores was computed for each product by moment pair, and these means were compared by least significant difference (LSD) at $p < 0.05$. Same analyses were applied for the thirst variable. Note that for the two variables (appetite and thirst), 13 out of 992 observations (being 1.3 % of the dataset) were missed at home and considered as missing values in the model.

2.4.2. Dynamics within tasting

Individual liking scores given after the sips n°1, 4, 7 and 10 for both products during the two sessions (morning or afternoon) were analysed with a repeated measures ANOVA model where the fixed effects were product, session, sip nested within session and their interactions. Sips within session was considered as repeated in subject by product and the covariances among consecutive sips modeled by an ARH(1) structure. The random part of the model was subject and its interaction with the fixed effects. Finally, the average of the individual liking scores were computed for each product by sip (nested within session) pair,

and these means were compared by LSD at $p < 0.05$. The same analyses were applied for the thirst and hunger variables (these two parameters were also rated before the 1st sip).

2.4.3. "Memorized" liking

For each participant by product and session (morning and afternoon) an individual difference of liking (score given at home and score given at lab) was computed. These individual differences were analysed by a repeated measures ANOVA model having product, session and their interaction as fixed effects. The random effects were participants and its interaction with each fixed effect. Session was repeated within participant by product with an heterogeneous first-order autoregressive (ARH(1)) covariance structure. Finally, the average of the individual differences of liking was computed for each product by session pair, and these means were compared by LSD at $p < 0.05$. Note that, 5 out of 248 observations (being 2 % of the dataset) were missed at home and considered as missing values in the model.

2.4.4. Temporal Dominance of Sensations

2.4.4.1. Total durations

For each participant by product and session (morning and afternoon) an individual total duration of dominant attributes was computed. These durations were analysed by a mixed ANOVA model having product, session, sip nested within session and their interactions as fixed effects. The random part of the model was subject and its interaction with the fixed effects. Finally, the average of the individual total durations was computed for each product by sip (nested within session) pair, and these means were compared by LSD at $p < 0.05$.

2.4.4.2. TDS session effect

For each product, TDS difference curves (Pineau et al., 2009) between the two sessions (morning and afternoon) were constructed with sips as replicates and where time

was standardized between 0 (“First citation”) and 1 (“STOP”) in order to align the responses of the participants (Galmarini, Visalli, et al., 2016; Lenfant, Loret, Pineau, Hartmann, & Martin, 2009). Nullity of dominance rate differences was tested at the 10% significance level.

2.4.4.3. TDS band-plots

A TDS band-plot represents only the attributes having a significant rate ($p < 0.1$) for a given period and simplifies the interpretation of the TDS curves which are commonly used (Galmarini, Visalli, et al., 2016; Monterymard, Visalli, & Schlich, 2010). This graphical representation of TDS data permitted us to limit the number of TDS curves. In the present case TDS band-plots were produced by product and sip where the two sessions (morning and afternoon) were taken as replicates and where time was standardized as explained in the section 2.4.4.2.

2.4.4.4. Attribute dominance durations

Attribute dominance duration analysis was an additional approach to treat the TDS data (Galmarini, Visalli, et al., 2016). Based on the time standardization explained in the section 2.4.4.2, durations were expressed as standardized durations for each participant by product and sip. For each attribute, the individual standardized durations were analyzed by a mixed ANOVA model having product, sip and their interaction as fixed effects. The random effects were participants and its interaction with each fixed effect. Finally, the average of the individual standardized durations was computed for each product by sip pair, and these means were compared by LSD at $p < 0.05$. When an attribute presented a significant product by sip interaction, a mixed ANOVA model was adjusted by product having only sip as fixed effect and participant as random effect.

2.4.5. Temporal drivers of liking, thirst & hunger

Temporal Drivers of Liking (TDL) were computed via the concept of "Liking While Dominant" (Thomas, Visalli, Cordelle, & Schlich, 2015) where the individual average of the liking scores given to a product while an attribute was dominant (LWD) were computed. These individual LWD scores were centred (CLWD) and nullity of each CLWD averages was tested as proposed in Thomas et al. (2016) in order to denote positive and negative TDL. The same analyses were applied for the thirst and hunger variables in order to highlight Temporal Drivers of Thirst (TDT) & Hunger (TDH). Only scores given after the sips n°1, 4, 7 and 10 were effective to compute Centred Thirst & Hunger While Dominant scores (CTWD & CHWD).

3. Results

3.1. Dynamics throughout the day

3.1.1. Appetite feeling throughout the day

The dynamics of appetite throughout the day were relatively similar between products (Fig. 1). However, for an unknown reason appetite was higher at 10:00 AM in the P1 session compared to the P2 session, resulting in a slightly significant product effect ($F = 4.31$; $p = 0.04$) in the associated mixed model. The significant interaction between product and moment ($F = 2.92$; $p = 0.01$) was due to a larger reduction in appetite by P2 in the afternoon session. Indeed, in this session the decrease of the appetite score was 0.5 point on the scale for P2 on average, compared to 0.2 for P1. On average having a meal decreased hunger scores by more than 3.1 points, whereas having any of the two products reduced those scores only marginally (0.4 point). It was noted that subjects gave very low appetite scores (2.6 on average on a 10-point scale).

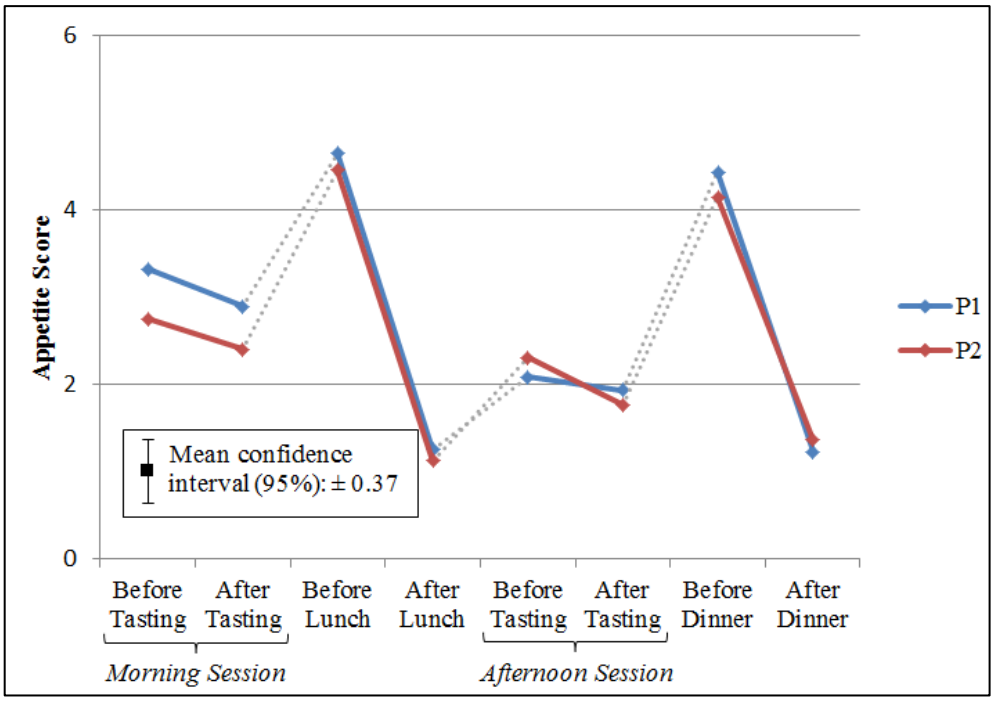


Fig. 1. Dynamic appetite throughout the day.

3.1.2. Thirst feeling throughout the day

Fig. 2 shows the mean thirst scores of each product by moment along day. The associated mixed model does not show a significant product by moment interaction ($F = 0.72$; $p = 0.65$), which means that the level of thirst evolved in the same way for the two products throughout the day. Moreover, the model does not show a significant product effect ($F = 0.13$; $p = 0.73$) but show a strong significant moment effect ($F = 33.22$; $p < 0.001$). On average, drinking an ONS increased thirst score to 2 points on the scale. Then, this level of thirst decreased on average to 2.2 points during the meals.

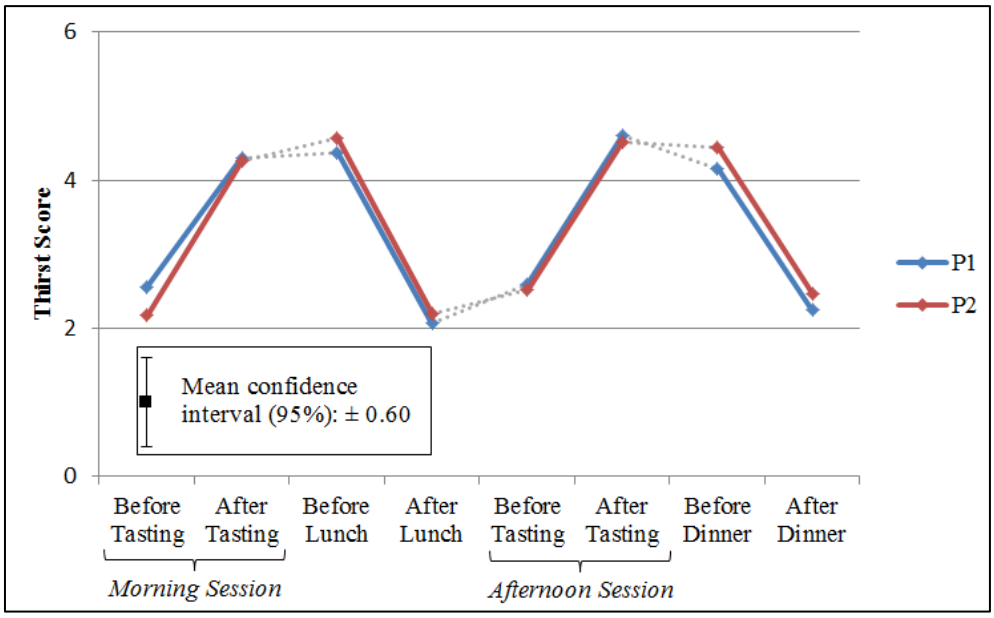


Fig. 2. Dynamic thirst throughout the day.

3.2. Dynamics within tasting

3.2.1. Hunger feeling along ten sips

The dynamics of hunger within sessions along the ten successive sips are presented in Fig. 3. The associated mixed model does not show significant product by sip (nested within session) and product by session interactions (respectively $F = 0.49$; $p = 0.86$ & $F = 2.63$; $p = 0.11$). This meant that the hunger score evolved in the same way for the two products along the ten sips and between both sessions (morning & afternoon). However, the model showed a significant sip (nested within session) effect ($F = 4.08$; $p < 0.001$), where the decrease of hunger score was only to 0.4 point on average. Interestingly, a significant session effect ($F = 15.03$; $p < 0.001$) was observed describing a higher hunger in the morning compared to the afternoon session for both products (deviation of 0.7 point). Finally, the model showed a trend regarding the product effect ($F = 3.22$; $p = 0.08$). As previously noted for the appetite score, for an unknown reason hunger score was slightly higher at 10:00 AM in the P1 session compared to P2.

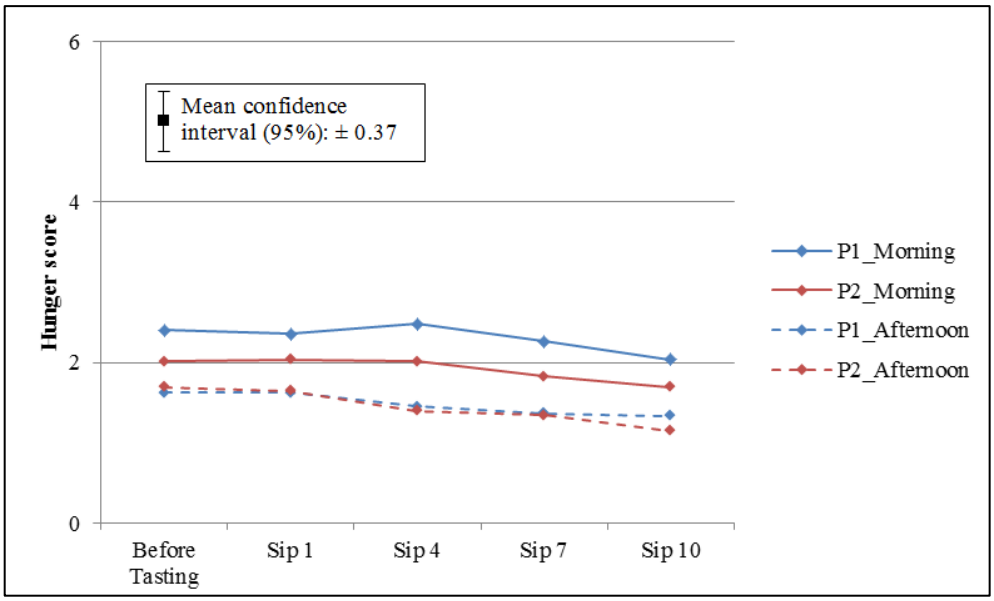


Fig. 3. Dynamic hunger within tasting.

3.2.2. Thirst feeling along ten sips

The thirst dynamics within tasting in Fig. 4 showed a clear increase confirmed by a strong significant sip (nested within session) effect ($F = 22.78$; $p < 0.001$) in the associated mixed model. Thirst roughly doubled during tasting. However, no significant product by sip (nested within session) and product by session interactions were observed (respectively $F = 0.34$; $p = 0.95$ & $F = 0.06$; $p = 0.80$). This meant that the thirst score evolved in the same way for the two products along the ten sips and between both sessions (morning & afternoon). No significant difference between the two products within tasting ($F = 0.34$; $p = 0.56$) and between the two sessions ($F = 1.73$; $p = 0.19$) were observed.

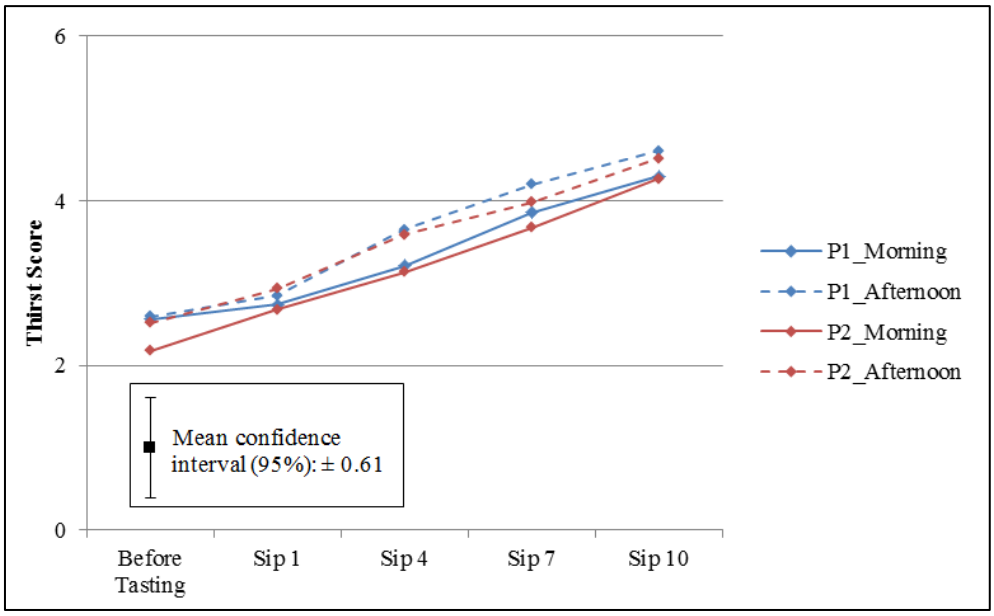


Fig. 4. Dynamic thirst within tasting.

3.2.3. Dynamic liking

Fig. 5 shows the mean liking scores of each product by sip and session. The associated mixed model does not show a significant product by session interaction indicating that the liking evolved in the same way for the two products between both sessions ($F = 1.26$; $p = 0.27$). On average, overall liking dropped off significantly to one half point from sip n°1 to n°4, then stayed more or less stable. However this observation is especially true for P1 as exemplified by the slightly significant interaction between product and sip nested within session ($F = 1.77$; $p = 0.10$). The model shows a significant session effect ($F = 4.31$; $p = 0.04$) and a trend regarding the product effect ($F = 3.09$; $p = 0.08$). On average, liking score was a bit higher (+ 0.3 point) in the afternoon compared to morning; especially for P1. Finally, P2 is slightly more liked compared to P1 (5.5 vs. 5.1) but not at the first sip.

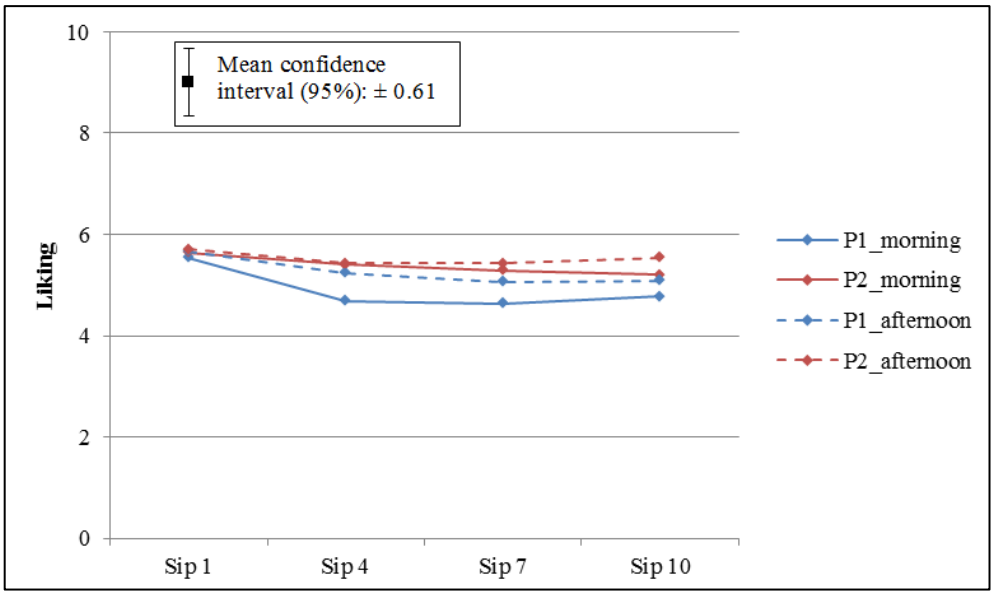


Fig. 5. Dynamic liking within tasting.

3.3. "Memorized" liking

The comparison between "memorized" liking and liking given at the lab for the two products is shown in Fig. 6. Interestingly, a significant product by session interaction ($F = 3.88$; $p = 0.05$) is observed with the associated mixed model. This means that this liking score comparison evolved differently for the two products between sessions. Before lunch, the "memorized" liking of P1 is clearly better (+0.5 point) than the liking during tasting. This difference is less significant after the dinner (only 0.2 point). Regarding P2, a liking difference between the "memorized liking" and the score given at lab was observed only before dinner (+0.2 point). Surprisingly, note that the memorized liking is slightly better (5.5) than the liking during tasting (5.3) and that P2 is no longer significantly more appreciated when based on memory two hours after the lab tasting.

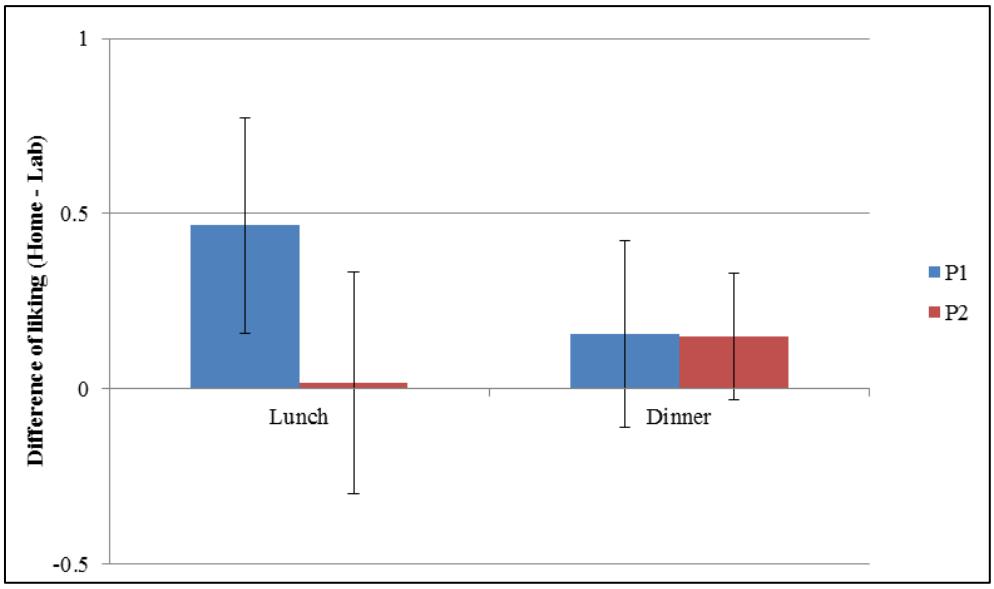


Fig. 6. Comparison between "memorized" liking and liking given at lab for both products.
Each average is shown with its confidence interval (95%).

3.4. Temporal Dominance of Sensations

3.4.1. Total durations

Table 2 summarizes the total TDS duration means by sip and session for the two products. The results of the associated ANOVA showed a significant sip nested within session effect ($F = 19.59$; $p < 0.001$) and no significant product by sip (nested within session) interaction ($F = 0.61$; $p = 0.72$). This meant that the total durations evolved in the same way for both products over the ten sips. However, last sips were shorter especially during the morning sessions where the difference between the last and the first sips is to 10 s on average. Moreover, the sips in the afternoon sessions were significantly shorter than those of the morning ($F = 67.32$; $p < 0.001$). Indeed, a sip in the morning session was 26.9 s on average compared to 21.4 s for a sip in the afternoon session. Finally, a significant product effect ($F = 5.41$; $p = 0.02$) indicates that sips in P1 were shorter compared to P2 on average (23 vs. 25.4 s).

Table 2: ANOVA of total TDS durations (s) and multiple comparison means.

Product	Moment	Sip n°1	Sip n°4	Sip n°7	Sip n°10	Grand Mean
P1	Morning	29.49(b)	26.48(cd)	24.24(de)	20.47(gh)	*25.17*
	Afternoon	21.53(fgh)	20.69(gh)	21.37(fgh)	19.49(h)	*20.77*
P2	Morning	34.42(a)	30.24(b)	26.71(c)	23.50(ef)	*28.72*
	Afternoon	22.77(efg)	22.89(efg)	21.46(fgh)	20.85(gh)	*21.99*
Grand Mean		*27.05*	*25.07*	*23.44*	*21.08*	*24.16*

Two means with a same letter in this table are not significantly different (p = 0.05).

3.4.2. TDS session effect

Given that no differences were observed between morning and afternoon sessions for both products in standardized time with the TDS difference curves, it was decided not print their associated graphs and to take into account the two sessions as replicates in the next analyses.

3.4.3. TDS band-plots

The TDS band-plots in Fig. 7 show the dynamic perception along the ten sips for the two products. Product P1 was perceived less *vanilla* and *praline* and more *creamy*, *dry* and *filming* along the ten sips whereas P2 was perceived as more *sweet* and *dry* along the tasting. Product P2 was more dominated by *filming* and *vanilla* than P1. *Caramel* was more dominant in P1 compared to P2.

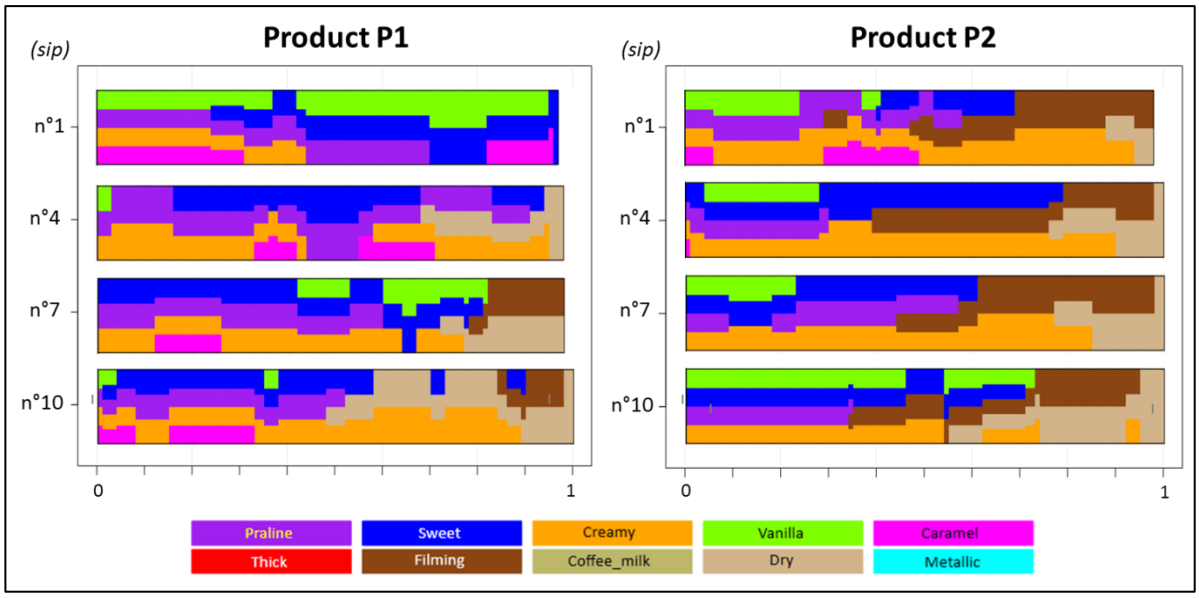


Fig. 7. TDS band-plots for the two products along the ten sips in standardized time.
Plained colors rectangles: significant attributes (p = 0.1).

3.4.4. Attribute dominance durations

The ANOVA results in Table 3 showed a significant product by sip interaction only for the *vanilla* attribute ($F = 2.90$; $p = 0.04$) due to a decrease of the duration of this attribute between the first and the last sips for P1 but not for P2. Regarding the other attributes, *caramel* was relatively less and less dominant along the ten sips ($F = 5.25$; $p = 0.001$) for both products. On the contrary the *dry* standardized duration doubled ($F = 13.39$; $p < 0.001$) between the first and the last sips. Finally, the product P2 was clearly longer dominated by the attribute *filming* compared to P1, which was slightly longer dominated by *metallic* and *caramel*.

Table 3: ANOVA of standardized dominance durations by attribute and multiple comparison of product and sip means.

	F-value			**Product**		**Sip**			
Attribute	**F-Product**	**F-Sip**	**F-Product*Sip**	**P1**	**P2**	**Sip 1**	**Sip 4**	**Sip 7**	**Sip 10**
Filming	22.55***	1.26	0.12	0.09(a)	0.13(b)	0.1	0.1	0.12	0.11
Metallic	7.02**	1.64	0.94	0.05(b)	0.03(a)	0.03	0.04	0.03	0.04
Caramel	5.81*	5.25**(-)	0.51	0.11(b)	0.08(a)	0.12(b)	0.10(ab)	0.08(a)	0.08(a)
Coffee_milk	3.37	2.49	1.43	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	0.02
Praline	2.02	1.6	0.41	0.15	0.13	0.16	0.14	0.13	0.13
Thick	1.41	1.46	1	0.05	0.06	0.07	0.06	0.05	0.05
Creamy	0.99	0.79	1.74	0.16	0.17	0.16	0.18	0.16	0.17
Vanilla	0.43	3.02*	2.90*	0.13	0.12	0.15(b)	0.10(a)	0.12(ab)	0.12(ab)
Sweet	0.04	1.16	1.5	0.16	0.15	0.14	0.16	0.16	0.16
Dry	0	13.39***(+)	0.11	0.09	0.09	0.05(a)	0.09(b)	0.10(bc)	0.13(c)

Significance levels: *10%, **5%, ***1%.
Two products / sips means with a same letter are not significantly different (p = 0.05).
Symbol + (-) indicates a significant increase (decrease) along periods.

3.5. Temporal drivers of liking, thirst & hunger

TDL of the two products are shown in Table 4. Only the product P1 showed significant (p-values < 0.05) specific TDL along the ten sips. *Vanilla* and *praline* attributes drove positive liking in P1 whereas *dry* and *metallic* were negative TDL for this product. Note that the attribute *metallic* was picked as dominant only by 21 persons, and drove a decrease of liking of about 0.33 over the successive sips. No significant (p-values > 0.10) TDL were highlighted for P2, suggesting a better sensory balance of the product and resulting in a more stable liking over time. The LWD concept has been extended at the scores of thirst and hunger in order to highlight Temporal Drivers of Thirst (TDT) and Temporal Drivers of Hunger (TDH) for both products. Table 4 summarized them by computing their centred scores while a given attribute was dominant (CTWD for thirst scores and CHWD for hunger scores). For both products, thirst increased by 0.33 on average when dry was cited as dominant (increases significantly larger than 0 at p-values < 0.05). Conversely, the dominant perception of *creamy* flavor seemed to decrease to a lower extent (CTWD equal to -0.12 point only on average; p-values < 0.10) the feeling of thirst. For the product P1, *metallic* and *sweet* increased (p-values < 0.10) thirst score, whereas it decreased when *praline* was cited as dominant in this product (p = 0.02). No TDH were significant for both products (p-values > 0.10).

Table 4: Temporal Drivers of Liking / Thirst & Hunger.

	Product P1				**Product P2**			
Attribute	**n**	**CLWD**	**CTWD**	**CHWD**	**n**	**CLWD**	**CTWD**	**CHWD**
Caramel	42	0.00	-0.13	0.05	38	0.10	-0.06	0.04
Coffee_milk	12	0.28	-0.13	0.18	15	0.00	-0.02	-0.06
Creamy	55	0.05	-0.13**	-0.04	56	0.06	-0.10*	0.04
Dry	35	-0.29***	0.29**	-0.03	39	-0.05	0.36***	-0.05
Filming	41	-0.03	0.11	-0.05	46	-0.06	0.01	-0.03
Metallic	21	-0.33**	0.33**	-0.05	12	0.00	0.12	0.14
Praline	44	0.24***	-0.16**	0.01	43	0.03	-0.05	0.04
Sweet	49	0.05	0.13*	0.04	50	-0.03	0.06	-0.05
Thick	29	0.03	0.23	0.01	34	-0.05	-0.15	0.08
Vanilla	49	0.21**	-0.10	0.02	46	0.07	-0.09	0.02

CLWD: Average of individual Centered Liking While Dominant scores.
CTWD: Average of individual Centered Thirst While Dominant scores.
CHWD: Average of individual Centered Hunger While Dominant scores.
n: number of subjects (averaged between the two sessions) having cited the attribute in the product.
*Significance levels: *10%, **5%, ***1%.*

4. Discussion

Using A-TDL, this study reproduced the full daily experience of an ONS using older adults. A-TDL was measured twice a day at the lab (two sessions per day for each subject), and was extended to measure both hunger and thirst status as well. In addition, thirst and appetite were monitored at their homes at meals times. To the best of our knowledge, no published study has investigated this type of pairing throughout a daily consumption experience.

Ten sips of ONS (corresponding of a protein intake of 15 ± 0.5 g) marginally reduced hunger status (0.4 point on the scale on average) but strongly increased the thirst scores (2 points on the scale on average) of older adults. Hubbard, Elia, Holdoway, and Stratton (2012) reported that ONS had little suppressive effect on appetite and food intake and that the majority of ONS energy was additive to food, resulting in significant increases in total energy and nutritional intakes. The results here can be read as an addition to a previous study where hunger and thirst were rated only before and after tasting by subjects aged 40-60 years old who consumed same ONS in free multi-intake between noon and 01:00 pm (Thomas et al., 2016). In this study hunger score decreased seven times more on average. This difference between the two studies may be partly due by the age differences between the two groups and by the low scores given by older participants. Moreover, the different times at which the ONS was consumed in the two studies could also explain these differences. In the present study it was decided to standardize the ONS consumption to ten standardized sips in one session, corresponding of an individual protein intake of 15 ± 0.5 g. Indeed, asking participants to consume *ad libitum* would seem problematic as some participants may stop tasting after just a few sips. It is important to note that some subjects (among the six excluded for analysis) did not entirely complete all sips. This specific issue can be easy controlled at the lab by checking cups or blocking artificially sinks in sensory booth in order to avoid eventual “cheats”, but is probably more difficult if ONS consumption were to be performed at home as proposed by Ruark et al. (2016). This possible source of bias should be systematically explored. However, in this study we did record a high completion rate regarding the questionnaire at home.

Interestingly, thirst score increased by an average of 2 scale points along the ten sips suggesting that drinking an ONS increased the perception of thirst. However, no product effect was observed here as previously reported between the two products (Thomas et al.,

2016). This lack of product effect might be explained by a diminished thirst sensitivity in this type of population (Kenney & Chiu, 2001). In addition, the attribute *dry* was clearly identified as a temporal driver of thirst for both products with a 0.33 increase on the thirst scale being observed when this attribute was dominant. Withers, Lewis, Gosney, and Methven (2014) suggested that (whey) proteins may largely explain mouth drying in these dairy-based beverages. The mucoadhesion of this type of proteins seems to increase the dry sensation (Bull et al., 2016; Withers, Cook, Methven, Gosney, & Khutoryanskiy, 2013) and thus could increase the perception of thirst. Unfortunately Withers et al. (2014) also highlighted the difficulty in minimizing this effect by masking agents alone. In addition, higher hunger was observed in the morning session for both products whereas they were less liked during this session compared to that of afternoon. Beyond the multiple interpretations of the term palatability (Yeomans & Symes, 1999), this observation seemed to highlight that its role is not really confirmed on appetite sensations as suggested by Sørensen, Møller, Flint, Martens, and Raben (2003). However, De Castro, Bellisle, Dalix, and Pearcey (2000) showed that the size of meal could be enhanced with a better palatability. With this in mind, the present paper suggests a proper support from the health care professionals in the morning if the product is naturally less liked at this moment of the day, or to try to find other product solutions that fit their appetite even better.

Regarding liking dynamics, differences between products and sessions were observed only from the second rating and confirmed previous findings which suggested that the evaluation of a single intake could be insufficient in classic hedonic test (Methven et al., 2010; Rocha-Parra et al., 2016; Thomas et al., 2016). Similarly to the results found previously (Thomas et al., 2016), P1 was less liked due to the attributes *dry* and *metallic* as temporal drivers of (dis)liking but no TDL were highlighted in P2 for older adults. This point is explained by a small temporal difference in liking over sips for P2 compared to P1 with the older participants. By linking the sensory changes with liking dynamics at an individual level, TDL method suggests to be able to identify sensory characteristics that drive satiation over ONS consumption. However, in order to investigate more the role of the dominant attributes on the satiety cascade (Blundell, Rogers, & Hill, 1987) and especially on the sensory specific satiety, it would be better to study an *ad libitum* consumption to understand better how sensory characteristics contribute to finalization of product consumption. As suggested above, sensory booths may be not the most appropriate

place for this type of experiment and care-home or hospital locations might be better as they would be closer to a natural consumption situation.

Classically, memory tests are based on a test session where subjects have to recognize among targets and distractors, if samples are the same or not from the one consumed during a learning phase which takes place from a few hours up to one week before (Morin-Audebrand et al., 2012). Although the aim of this paper was not to investigate food memory, participants were asked to rate, at home, how much they liked the previously tasted product in order to capture the memorized liking of the product. These scores were slightly better than those given at the lab and showed a loss of discrimination between the two products. These findings are in line with previous results where same conclusions were observed just only one minute after the beginning of flavored cheese tasting (Thomas et al., 2015) and it is suggested that this is a topic that is worth of further investigation.

The use of unstructured scales in this study can also be questioned in the present paper since category scales are preferable when older adults are involved (Griep, Borg, Collys, & Massart, 1998; Maitre, Symoneaux, & Sulmont-Rossé, 2015). However, regarding the dynamics over sips it was decided to use the same type of scale as previously proposed in the A-TDL protocol (Thomas et al., 2016) to prevent participants from using a previously chosen category to score the next sip. Moreover, the 4 scales used to self-report appetite were recommended for healthy adults (Blundell et al., 2010) and more recently applied with naïve consumers (Lesdéma et al., 2016).

Finally, the main TDS results in older adults appeared to be in line with those observed by Thomas et al. (2016) in adults aged 40-60 years of age despite the two multi-sip protocols being slightly different : the dominance duration of dry increased during the tasting while that of caramel decreased, P1 was dominated for longer by creamy whereas filming dominated for longer in P2. This finding suggests that TDS is an appropriate method for older adults as previously reported by Hutchings et al. (2014) and could be an easier alternative compared to other temporal tools scoring intensity as flavor intensity perception decreased with age (Doets & Kremer, 2016). Moreover, TDS is simple to use and is an instinctive task since no intensity is rated (Galmarini, Loiseau, et al., 2016) and seem to be here an adapted tool as cognitive abilities decrease with age. In this respect, Meyners (2010) recommended recruiting subjects that had not been involved in classical

descriptive methods in order to avoid an eventual confusion between dominance and intensity concepts. Interestingly, total TDS duration decreased along sips but only during the morning session. This has previously been observed with the same ONS products (Thomas et al., 2016). We hypothesize an "habituation" of consumers in the TDS method during the morning session which could be used as a reference for the afternoon one. By investigating training effect on TDS behaviour, Rodrigues et al. (2016) conducted evaluations with a pre-determined total duration of 40 s. Using this method, this effect can be easily eliminated, but might also mask difference between products regarding their total durations as in the present paper. This point should be considered systematically by the panel leader according to their study objectives and Thomas et al. (2016) recommend to standardize times in the case where a sip and/or a product is shorter than another.

5. Conclusion

This study proposed an extension of the A-TDL method (Thomas et al., 2016) in order to reproduce the full daily experience of an ONS in older adults. Results showed that ONS consumed in a lab setting reduced hunger moderately compared to a regular meal being taken at home. Conversely, drinking ONS strongly increased perception of thirst due to longer dry sensations along sips. This study confirmed the importance to investigate multi-intake profiles in sensory analysis since results from this study showed no liking difference in the first sip, whereas one of the two products was more liked on the average over sips. Although temporality aspects are more and more considered in sensory methodology to investigate perceptions and/or liking changes within intakes, our findings also recommend that researchers consider temporality between intakes in the case where the panel leader suspects differences between products along the full portion consumption.

References

Albert, A., Salvador, A., Schlich, P., & Fiszman, S. (2012). Comparison between temporal dominance of sensations (TDS) and key-attribute sensory profiling for evaluating solid food with contrasting textural layers: Fish sticks. *Food Quality and Preference*, 24(1), 111-118.

Appelqvist, I. A., Poelman, A. A., Cochet-Broch, M., & Delahunty, C. M. (2016). Impact of model fat emulsions on sensory perception using repeated spoon to spoon ingestion. *Physiology & Behavior*, 160, 80-86.

Blundell, J. E., de Graaf, C., Hulshof, T., Jebb, S., Livingstone, B., Lluch, A., et al. (2010). Appetite control: methodological aspects of the evaluation of foods. *Obesity Reviews*, 11(3), 251-270.

Blundell, J. E., Rogers, P. J., & Hill, A. J. (1987). Evaluating the satiating power of foods: implications for acceptance and consumption. In: J. Solms, D. A. Booth, R. M. Pangbourne & O. Raunhardt (Eds), *Food Acceptance and Nutrition*. Academic Press: London, 1987, pp. 205–219.

Bull, S. P., Hong, Y., Khutoryanskiy, V. V., Parker, J. K., Faka, M., & Methven, L. (2016). Whey protein mouth drying influenced by thermal denaturation. *Food Quality and Preference*, DOI: 10.1016/j.foodqual.2016.1003.1008.

Courregelongue, S., Schlich, P., & Noble, A. C. (1999). Using repeated ingestion to determine the effect of sweetness, viscosity and oiliness on temporal perception of soymilk astringency. *Food Quality and Preference*, 10(4/5), 273-279.

De Castro, J. M., Bellisle, F., Dalix, A., & Pearcey, S. M. (2000). Palatability and intake relationship in free-living humans: characterization and independence of influence in North Americans. *Physiology & Behavior*, 70, 343–350.

De Graaf, C. (2005). 7 - Sensory responses, food intake and obesity A2 - Mela, David J. In, *Food, Diet and Obesity*: Woodhead Publishing.

Delarue, J., & Blumenthal, D. (2015). Temporal aspects of consumer preferences. *Current Opinion in Food Science*, 3, 41-46.

Di Monaco, R., Su, C., Masi, P., & Cavella, S. (2014). Temporal Dominance of Sensations: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 38(2), 104-112.

Doets, E. L., & Kremer, S. (2016). The silver sensory experience – A review of senior consumers' food perception, liking and intake. *Food Quality and Preference*, 48, 316-332.

Galmarini, M. V., Loiseau, A.-L., Visalli, M., & Schlich, P. (2016). Use of Multi-Intake Temporal Dominance of Sensations (TDS) to Evaluate the Influence of Cheese on Wine Perception. *Journal of Food Science*, DOI: 10.1111/1750-3841.13500.

Galmarini, M. V., Symoneaux, R., Visalli, M., Zamora, M. C., & Schlich, P. (2015). Static vs. dynamic liking in chewing gum: A new approach using a background task and a natural setting. *Food Quality and Preference*, 40, 381-386.

Galmarini, M. V., Visalli, M., & Schlich, P. (2016). Advances in representation and analysis of mono and multi-intake Temporal Dominance of Sensations data. *Food Quality and Preference*, DOI: 10.1016/j.foodqual.2016.1001.1011.

Griep, M. I., Borg, E., Collys, K., & Massart, D. L. (1998). Category ratio scale as an alternative to magnitude matching for age-related taste and odour perception. *Food Quality and Preference*, 9(1), 67-72.

Hubbard, G. P., Elia, M., Holdoway, A., & Stratton, R. J. (2012). A systematic review of compliance to oral nutritional supplements. *Clinical Nutrition*, 31(3), 293-312.

Hutchings, S. C., Foster, K. D., Grigor, J. M. V., Bronlund, J. E., & Morgenstern, M. P. (2014). Temporal dominance of sensations: A comparison between younger and older subjects for the perception of food texture. *Food Quality and Preference*, 31, 106-115.

Kenney, W. L., & Chiu, P. (2001). Influence of age on thirst and fluid intake. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(9), 1524-1532.

Köster, E. P., Couronne, T., Léon, F., Lévy, C., & Marcelino, A. S. (2002). Repeatability in hedonic sensory measurement: a conceptual exploration. *Food Quality and Preference*, 14, 165-176.

Kremer, S., Shimojo, R., Holthuysen, N., Köster, E. P., & Mojet, J. (2013). Consumer acceptance of salt-reduced "soy sauce" bread over repeated in home consumption. *Food Quality and Preference*, 28(2), 484-491.

Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). Time–Intensity Methods. In H. T. Lawless & H. Heymann (Eds), *Sensory evaluation of food: Principles and practices*. (2nd ed., pp. 179-201). New York: Springer.

Lenfant, F., Loret, C., Pineau, N., Hartmann, C., & Martin, N. (2009). Perception of oral food breakdown. The concept of sensory trajectory. *Appetite*, 52(3), 659-667.

Lesdéma, A., Marsset-Baglieri, A., Talbot, L., Arlotti, A., Delarue, J., Fromentin, G., et al. (2016). When satiety evaluation is inspired by sensory analysis: A new approach. *Food Quality and Preference*, 49, 106-118.

Maitre, I., Symoneaux, R., & Sulmont-Rossé, C. (2015). 23 - Sensory testing in new product development: working with older people. In, *Rapid Sensory Profiling Techniques*: Woodhead Publishing.

Meillon, S., Urbano, C., & Schlich, P. (2009). Contribution of the Temporal Dominance of Sensations (TDS) method to the sensory description of subtle differences in partially dealcoholized red wines. *Food Quality and Preference*, 20(7), 490-499.

Methven, L., Jiménez-Pranteda, M. L., & Lawlor, J. B. (2016). Sensory and consumer science methods used with older adults: A review of current methods and recommendations for the future. *Food Quality and Preference*, 48, 333-344.

Methven, L., Rahelu, K., Economou, N., Kinneavy, L., Ladbrooke-Davis, L., Kennedy, O. B., et al. (2010). The effect of consumption volume on profile and liking of oral nutritional supplements of varied sweetness: Sequential profiling and boredom tests. *Food Quality and Preference*, 21(8), 948-955.

Meyners, M. (2010). On the design, analysis and interpretation of temporal dominance of sensations data. In, *Proceedings of the 11th European Symposium on Statistical Methods for the Food Industry (AgroStat)*, . Benevento, Italy, 23-26th February.

Monterymard, C., Visalli, M., & Schlich, P. (2010). The TDS-band plot: A new graphical tool for Temporal Dominance of Sensations data. In, *2nd conference of the society of sensory professionals*. Napa, CA, USA, 27-29th October.

Morin-Audebrand, L., Mojet, J., Chabanet, C., Issanchou, S., Moller, P., Koster, E., et al. (2012). The role of novelty detection in food memory. *Acta Psychologica (Amst)*, 139(1), 233-238.

Oliveira, D., Antúnez, L., Giménez, A., Castura, J. C., Deliza, R., & Ares, G. (2015). Sugar reduction in probiotic chocolate-flavored milk: Impact on dynamic sensory profile and liking. *Food Research International*, 75, 148-156.

Paddon-Jones, D., Westman, E., Mattes, R. D., Wolfe, R. R., Astrup, A., & Westerterp-Plantenga, M. (2008). Protein, weight management, and satiety. *The American journal of clinical nutrition*, 87(5), 1558S-1561S.

Pecore, S., Rathjen-Nowak, C., & Tamminen, T. (2011). Temporal Order of Sensations. In, *9th Pangborn Sensory Science Symposium.* Toronto, Canada, 4-8th September.

Pineau, N., Schlich, P., Cordelle, S., Mathonnière, C., Issanchou, S., Imbert, A., et al. (2009). Temporal Dominance of Sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time–intensity. *Food Quality and Preference*, 20(6), 450-455.

Rocha-Parra, D., García-Burgos, D., Munsch, S., Chirife, J., & Zamora, M. C. (2016). Application of hedonic dynamics using multiple-sip temporal-liking and facial expression for evaluation of a new beverage. *Food Quality and Preference*, 52, 153-159.

Rodrigues, J. F., de Souza, V. R., Lima, R. R., Carneiro, J. d. D., Nunes, C. A., & Pinheiro, A. C. M. (2016). Temporal dominance of sensations (TDS) panel behavior: A preliminary study with chocolate. *Food Quality and Preference*, 54, 51-57.

Ruark, A., Vingerhoeds, M. H., Kremer, S., Nijenhuis-de Vries, M. A., & Piqueras-Fiszman, B. (2016). Insights on older adults' perception of at-home sensory-hedonic methods: A case of Ideal Profile Method and CATA with ideal. *Food Quality and Preference*, 53, 29-38.

Sørensen, L. B., Møller, P., Flint, A., Martens, M., & Raben, A. (2003). Effect of sensory perception of foods on appetite and food intake: a review of studies on humans. *International Journal of Obesity*, 27(10), 1152-1166.

Stein, L. J., Nagai, H., Nakagawa, M., & Beauchamp, G. K. (2003). Effects of repeated exposure and health-related information on hedonic evaluation and acceptance of a bitter beverage. *Appetite*, 40(2), 119-129.

Thomas, A., van der Stelt, A. J., Prokop, J., Lawlor, J. B., & Schlich, P. (2016). Alternating temporal dominance of sensations and liking scales during the intake of a full portion of an oral nutritional supplement. *Food Quality and Preference*, 53, 159-167.

Thomas, A., Visalli, M., Cordelle, S., & Schlich, P. (2015). Temporal Drivers of Liking. *Food Quality and Preference*, 40, 365-375.

Withers, C., Barnagaud, C., Mehring, P., Ferris, S., & Thomson, D. M. H. (2016). Adapting and enhancing sequential profiling to understand the effects of successive ingestion, using the sensory characteristics of high intensity sweeteners as a case study. *Food Quality and Preference*, 47, 139-147.

Withers, C. A., Cook, M. T., Methven, L., Gosney, M. A., & Khutoryanskiy, V. V. (2013). Investigation of milk proteins binding to the oral mucosa. *Food & Function*, 4(11), 1668-1674.

Withers, C. A., Lewis, M. J., Gosney, M. A., & Methven, L. (2014). Potential sources of mouth drying in beverages fortified with dairy proteins: A comparison of casein- and whey-rich ingredients. *Journal of Dairy Science*, 97(3), 1233-1247.

Yeomans, M. R., & Symes, T. (1999). Individual differences in the use of pleasantness and palatability ratings. *Appetite*, 32, 383-394.

Zandstra, E. H., Weegels, M. F., Van Spronsen, A. A., & Klerk, M. (2004). Scoring or boring? Predicting boredom through repeated in-home consumption. *Food Quality and Preference*, 15(6), 549-557.

Zorn, S., Alcaire, F., Vidal, L., Giménez, A., & Ares, G. (2014). Application of multiple-sip temporal dominance of sensations to the evaluation of sweeteners. *Food Quality and Preference*, 36, 135-143.

IV- Extension à l'étude du pouvoir satiétogène de biscuits pour petit-déjeuner

Étude 6

1. Objectifs

Les deux précédentes études ont permis de montrer l'influence de différents paramètres sensoriels sur la cinétique de l'appréciation hédonique au cours de la dégustation d'une portion entière d'un aliment. Cependant, elles n'ont pas clairement établi une discrimination des produits basée sur leurs pouvoirs rassasiants (Étude 4) ou satiétogènes (Étude 5). L'étude 6 compare les résultats obtenus entre un panel de consommateurs naïfs et un panel entrainé spécifiquement à la mesure du pouvoir satiétogène d'un aliment (Lesdéma et al., 2016). Pour ce faire, l'étude 6 a été menée en partenariat avec le groupe *Mondelēz International, Inc.* pour qui l'un des objectifs actuel est de développer des biscuits céréaliers à bénéfice satiété. De récents travaux suggèrent que le pouvoir satiétogène de biscuits n'est pas dépendant uniquement de la composition nutritionnelle (et plus particulièrement des teneurs en fibres et protéines) et que d'autres caractéristiques liées aux produits pourraient rentrer en jeu (Lesdéma, 2012). D'après la littérature, il a été montré qu'un ensemble de facteurs divers (nutritionnels, sensoriels, hédoniques, physico-chimiques, physiologiques et même psychologiques) influence la satiété (Blundell et al., 2010). D'un point de vue sensoriel, certains travaux ont montré que la texture et certaines saveurs ou flaveurs pouvaient influencer le rassasiement ou encore la satiété (Blundell et al., 2010; Chambers, Ells, & Yeomans, 2013; Merrill, Cardello, Kramer, Lesher, & Schutz, 2004; Sørensen, Møller, Flint, Martens, & Raben, 2003). Havermans, Janssen, Giesen, Roefs, et Jansen (2009) soulignent que les variations de l'intensité des flaveurs n'influencent pas directement le RSS contrairement à la nature de ces dernières. Harthoorn et al. (2008) suggèrent quant à eux, que le rassasiement pourrait être impacté positivement par une complexité aromatique bien qu'il ait été montré par d'autres auteurs que la complexité du signal sensoriel global (toutes perceptions confondues) pouvait diminuer le RSS (Weijzen, Zandstra, Alfieri, & Graaf, 2008) contrairement à l'intensité et à la durée de ce signal (Blundell et al., 2010; Weijzen et al., 2008). Ainsi, la complexité d'un aliment, caractérisée par un renouvellement des stimulations sensorielles lors de sa dégustation entrainerait une diminution du RSS. Cette hypothèse peut être mis en parallèle des travaux de Brondel et al. (2009) qui ont démontré qu'une alimentation variée par ajout

de condiments pouvait augmenter la prise alimentaire à court terme et causer ainsi une diminution du rassasiement.

Au vu de ces différents travaux, nous proposons dans la présente étude d'évaluer l'éventuel lien entre les dimensions sensorielles et satiétogènes d'une matrice céréalière de type biscuit. Pour cela dix recettes, équivalant chacune à une portion de 300 kcal, ont été élaborées spécifiquement dans le but de tester les hypothèses suivantes :

- Une texture plus épaisse et pâteuse pourrait induire un niveau de satiété plus important.
- L'hétérogénéité de la texture (comprenant des inclusions) conduirait à un plus fort pouvoir satiétogène.
- Un produit avec un plus grand volume et donc une texture moins compacte. augmenterait le pouvoir satiétogène alors qu'un produit plus aéré le diminuerait.
- La perception d'un arôme de citron diminuerait le pouvoir satiétogène.
- La consommation d'un nombre de prise plus important augmenterait la satiété.
- Un contenu protéique supérieur dans le produit augmenterait le pouvoir satiétogène.

Un groupe de consommateurs naïfs a réalisé pour chacune des dix portions une évaluation A-DTL couplée à une mesure d'état de faim et de *wanting*. Similairement à l'étude 5, l'état d'appétit a été renseigné en début et en fin de séance, mais également 10 min après la fin de la consommation[14]. Ces données ont ensuite été mises en parallèle avec celles obtenues avec un panel entraîné spécifiquement à l'évaluation du pouvoir satiétogène d'aliments ainsi que celles d'un panel sensoriel entraîné ayant réalisé un profil QDA.

Enfin, durant cette étude nous tenterons de mieux comprendre les différences de cinétique hédonique obtenues dans l'étude 4. Pour cela, il sera comparé pour un même produit les dynamiques de *liking* dans trois conditions différentes: évaluation du *liking* dynamique seul, avec la DTS et en séance mixte.

[14] Dû à une contrainte technique de l'opérateur téléphonique devant notifier aux consommateurs de se connecter chez eux, il n'a pas été possible de suivre l'évolution de l'état d'appétit à domicile 2 h après la séance similairement à l'étude 5.

2. Matériels et méthodes

2.1. Participants

64 sujets naïfs consommant tous les jours (ou presque) un petit déjeuner ont participé à cette étude. Le panel était composé de 37 femmes et 27 hommes âgés de 18 à 60 ans (36 ans en moyenne). Les sujets ont été recrutés par mail via la base de données PanelSens du CSGA. Une gratification, sous forme de bons d'achat, leur a été versée à hauteur de dix euros par séance.

Le panel satiété et le panel sensoriel réalisant le profil QDA étaient respectivement composés de 13 et 12 sujets entrainés. Ces deux panels ont été recrutés et entrainés par le partenaire industriel. Pour plus d'informations sur l'entrainement des sujets du panel satiété, le lecteur peut se référer aux travaux de Lesdéma et al. (2016).

2.2. Produits

Afin de répondre aux hypothèses énoncées dans les objectifs, dix recettes ont été élaborées par le partenaire industriel. Celles-ci varient en fonction de différents critères listées dans la Table 13. Les photos des produits sont présentées dans la Figure 15. Le choix de ces produits a été basé sur leur niveau d'acceptabilité évalué en interne et leurs caractéristiques potentiellement plus ou moins satiétogènes.

Pour chacune des séances, une portion unique d'un des dix produits a été dégustée par les panels « consommateurs » et « satiété ». Chaque portion équivalait à 300 kcal et était consommée en un nombre de bouchées non fixé. De manière plus classique, le panel sensoriel (QDA) évaluait les produits en mono-bouchée.

Table 13 : Caractéristiques des recettes de biscuits céréaliers.

Code du produit	Type	Inclusions	Volume	Unités	Aromes	Protéines
S_gr_aer	Soft	Sans	Grand	Peu	Vaniline	Standard
S_bcp_cit	Soft	Sans	Moyen	Beaucoup	Citron	Standard
S_cit	Soft	Sans	Moyen	Peu	Citron	Standard
S_std	Soft	Sans	Moyen	Peu	Vaniline	Standard
S_pet	Soft	Sans	Petit	Peu	Vaniline	Standard
M_std	Moist	Sans	Moyen	Peu	Vaniline	Standard
M_incl	Moist	Avec	Moyen	Peu	Vaniline	Standard
M_incl_bcp	Moist	Avec	Moyen	Beaucoup	Vaniline	Standard
S_gr	Soft	Sans	Grand aéré	Peu	Vaniline	Standard
M_incl_prot	Moist	Avec	Moyen	Peu	Vaniline	Beaucoup

Correspondance des lettres : soft (S), moist (M), grand volume (gr), petit volume (pet), volume aéré (aer), beaucoup d'unités (bcp), citron (cit), standard (std), inclusions (incl), protéines (prot).
En raison de la familiarité des termes anglais « soft » et « moist » pour ce type de produits nous les utiliserons par la suite.

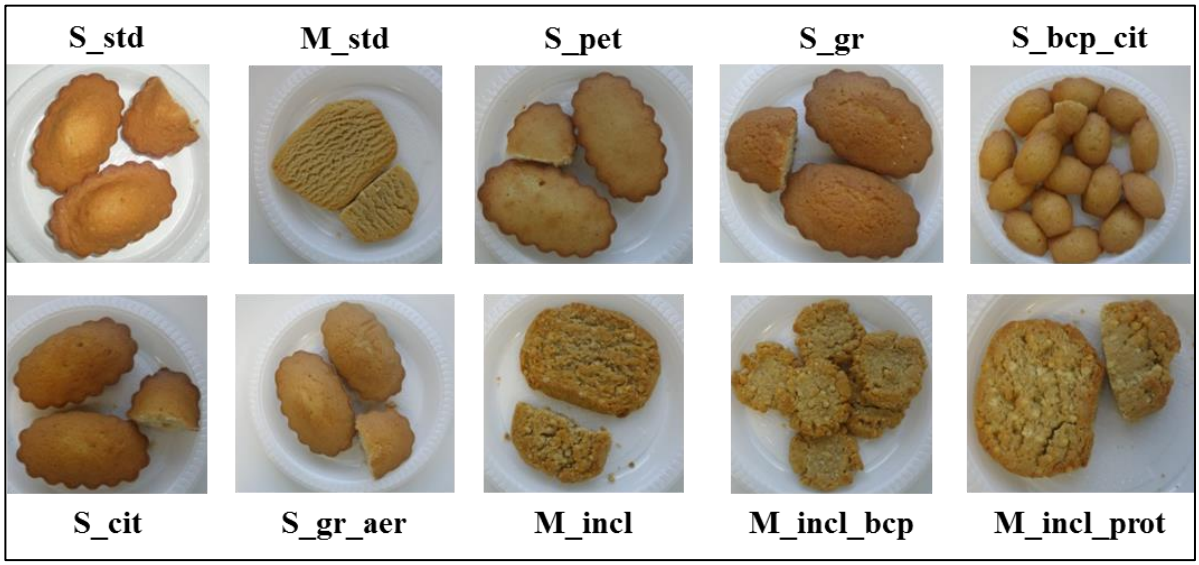


Figure 15 : Photos des différents produits.

2.3. Procédure

2.3.1. Panel consommateurs

Les 64 consommateurs ont participé (à jeun) à douze séances de dégustation (à raison de deux séances par semaine) à l'heure du petit déjeuner entre 8 h et 9 h. Les produits étaient présentés sous lumière blanche et les données ont été enregistrées via le logiciel TimeSens version 1.0 (INRA, Dijon, France). Pour chacune des douze séances, un

verre d'eau d'une contenance de 20 cl était servi afin que le sujet puisse boire lorsqu'il le souhaitait tout au long de la dégustation.

Les douze séances correspondaient à trois types de séances distinctes :

- Séance 1 : évaluation du *liking* dynamique avec le produit soft standard. Les consommateurs devaient évaluer, pour chaque bouchée, leur appréciation hédonique tout au long de la portion complète du produit (nombre de bouchées libre). Le type d'échelle hédonique utilisée était similaire à celle des études 4 et 5.
- Séance 2 : évaluation A-DTL avec le soft standard. Les consommateurs réalisaient une évaluation DTS suivie d'une évaluation hédonique pour chaque bouchée de la portion complète du produit (nombre de bouchées libre). L'évaluation DTS est dite double car elle comprenait deux listes de descripteurs : une liste de descripteurs de texture (moelleux, collant-pâteux, sec-sableux, aéré-léger, croustillant-croquant, dense-compact, asséchant-astringent, « pas de texture pour le moment ») et une autre pour les arômes-saveurs (sucré, vanille, farine-céréales, beurre-gras, noisette-grillé, citron-acide, lait, « pas d'arôme pour le moment »). L'ordre des attributs sur l'écran était randomisé par liste mais chaque sujet avait son propre ordre tout au long de la dégustation afin de faciliter la tâche. De plus les descripteurs « Pas de texture pour le moment » et « Pas d'arôme pour le moment » étaient systématiquement placés en dernier. Ces derniers permettaient aux sujets de signaler aucune dominance de texture et/ou d'arôme à chaque instant de la dégustation. Les sujets étaient libres de choisir une sensation de texture mais également une sensation d'arôme-saveur simultanément tout au long de l'évaluation.
- Les séances 3 à 12 correspondaient à des séances combinant une évaluation A-DTL (similaire à la deuxième séance) avec une évaluation de l'état de faim et du *wanting* tout au long de la portion (pour plus d'informations sur l'évaluation de ces deux paramètres, le lecteur peut se référer à la partie Procédure de l'étude 4). Additionnellement à cela, une évaluation du score d'appétit était réalisée en début de séance, immédiatement après la fin de la consommation de la portion et 10 min après cette dernière (pour plus d'informations sur l'évaluation du score d'appétit, le lecteur peut se référer à la partie *Procedure* de l'article 4). Les dix produits étaient présentés selon un carré latin de Williams sur l'ensemble de ces séances en respectant la condition « un produit par séance ».

Avant chaque nouveau type de séance, des instructions spécifiques étaient présentées aux consommateurs avant de se rendre dans les cabines d'analyse sensorielle.

2.3.2. Panel satiété

Les treize sujets experts de ce panel ont évalué leur état d'appétit pour chacune des dix recettes (à raison d'un produit par semaine) au cours d'une séance de 3 h se déroulant chaque jeudi matin. L'état d'appétit était évalué avant de débuter le petit-déjeuner. Il a ensuite était évalué 20 min après le début de la consommation du biscuit puis toutes les 30 min suivantes jusqu'à 2h50 après avoir commencé le petit déjeuner. Additionnellement, l'état d'appétit était évalué 10 min après la fin de la dégustation de la portion dans le but de pouvoir comparer cette mesure aux données issues du panel de consommateurs. Pour plus d'informations sur l'évaluation du score d'appétit, le lecteur peut se référer à la partie *Procedure* de l'article 4 et aux travaux de Lesdéma et al. (2016) pour plus de détails sur l'utilisation d'un tel panel.

2.3.3. Panel sensoriel (QDA)

Les douze sujets entrainés de ce panel ont réalisé un profil QDA sur l'ensemble des dix produits avec un maximum de six évaluations par jour. Chaque produit était répété trois fois. Les descripteurs quantifiés en profil QDA sont listés en Table 14.

2.4. Analyse des données

Les résultats graphiques DTS ainsi que le profil QDA des 10 échantillons ont été obtenus via TimeSens version 1.0 (INRA, Dijon, France). Les autres traitements statistiques ont été réalisés sous SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA).

Table 14: Liste des descripteurs utilisés pour le profil QDA.

Type de descripteur	**Descripteurs**
Odeur	Intensité globale de l'odeur / Vanille / Sucré / Citron / Céréales / Fruits à coque / Riz soufflé / Œuf / Matière grasse / Cuisson / Mais - Pop-corn / Sirop d'érable (miel) / Parasite / Alcool - fermenté
Aspect visuel extérieur	Brillant / Couleur du dessus du produit / Epaisseur du biscuit / Qualité du moulage / Visualisation des grains / Rugueux au toucher / Gras au toucher / Ferme au toucher / Cassant au toucher / Emiettement au toucher
Aspect visuel intérieur	Couleur de la pâte intérieure / Aération de la pâte intérieure
Texture à l'attaque	Emiettement à l'attaque / Tendreté à l'attaque
Texture en bouche	Croustillant / Collant en bouche / Pâteux / Farineux / Sec / Perception de céréales
Goût - Saveur	Intensité globale du goût / Sucré / Farine - Fécule / Citron / Œuf / Vanille / Matière grasse / Cuisson / Céréales / Fruits à coque / Riz soufflé / Sirop d'érable (miel) / Mais - Pop-corn / Pâte à gâteau crue / Parasite
Goût – Sensation laissée en bouche	Intensité globale du goût / Sucré / Salé /Amer / Citron / Vanille / Farine - Fécule / Céréales / Fruits à coque / Riz soufflé / Matière grasse / Pâte à gâteau crue / Particules laissées en bouche / Astringent / Assèchement / Piquant / Parasite

2.4.1. Données QDA

Les données issues du panel sensoriel ont été traitées par une ACP non normée du tableau produits x descripteurs contenant les notes moyennes des intensités obtenues par chaque produit pour chaque descripteur.

2.4.2. Dynamique d'appétit – Panel satiété

Les scores individuels d'appétit ont été calculés à partir des quatre questions posées aux sujets aux différents instants de la consommation. Pour plus de précisions sur le détail de ces questions, le lecteur peut se référer à la partie *Data Analysis* de l'article 4.

Ces scores ont été traités statistiquement par un modèle d'ANOVA à mesures répétées similairement à celui présenté dans l'article 4 (cf. partie *Data Analysis*).

2.4.3. Données du panel de consommateurs

2.4.3.1. Dynamiques hédoniques et d'état de faim

Les notes individuelles associées aux variables *liking*, état de faim et *wanting* obtenues lors des séances mixtes (séance 3 à 12) ont été moyennées selon trois périodes puis traitées statistiquement par trois modèles d'ANOVA à mesures répétées. Pour plus d'informations sur ce type d'analyse, le lecteur peut se référer à la partie *Data Analysis* de l'article 4 de ce chapitre.

2.4.3.2. Double-DTS

2.4.3.2.1. Comportement des consommateurs en double-DTS

Les nombres de citations individuelles ainsi que les temps de 1ère citation pour chaque produit et type de descripteur (textures ou bien arômes-saveurs) ont été traités statistiquement par un modèle d'ANOVA ayant produit, type de descripteur et leur interaction comme effets fixes. L'effet consommateur ainsi que ses interactions avec chacun des effets fixes étaient considérés comme aléatoires.

2.4.3.2.2. Comparaison des profils en double-DTS

Les profils DTS multi-prises ont été représentés par période via les bandes DTS pour chacune des catégories de descripteurs en temps standardisé à droite (i.e., à la fin de l'évaluation) dû à un temps de latence important avant la 1ère citation d'un attribut arômes-saveurs.

2.4.3.3. TDL par type de descripteurs

Les TDL ont été calculés pour chacun des produits (cf. la partie *Data Analysis* de l'article 2 pour plus de détails). De plus, les CLWD moyens (basés sur la moyenne des n consommateurs ayant cité l'attribut comme dominant dans le produit) ont été traités

statistiquement par un modèle d'ANOVA où les effets produit et type de descripteurs étaient fixes. Chacune de ces moyennes était pondérée par l'inverse de l'erreur type[15]. A la suite de cela, les moyennes des descripteurs ont été comparées par type de descripteurs en utilisant la méthode de la PPDS (Plus Petite Différence Significative).

2.4.3.4. Dynamique d'appétit – Panel consommateurs

Comme pour le panel satiété, les scores individuels d'appétit ont été calculés mais uniquement en début de séance, immédiatement après la fin de la consommation de la portion et 10 min après la dernière bouchée. Puis les différences individuelles entre la fin et le début de la consommation (ainsi qu'entre 10 minutes après la fin et le début de la dégustation) ont été traitées statistiquement par un modèle d'ANOVA ayant l'effet produit comme effet fixe et l'effet consommateur comme aléatoire. A la suite de cela, les moyennes des produits ont été comparées par la méthode de la PPDS.

2.4.3.5. Déterminants temporels de faim

Les déterminants temporels de l'état de faim ont été calculés puis traités statistiquement de la même manière que les déterminants temporels de *liking* de la présente étude.

2.4.3.6. Comparaison méthodologique des cinétiques de liking

Les moyennes de *liking* individuelles par période pour le produit soft standard ont été comparées entre les différentes sessions (*liking* dynamique seul, avec la DTS et en séance mixte). Pour cela, ces données ont été traitées statistiquement par une ANOVA ayant séance, période et leur interaction comme effets fixes. L'effet consommateur ainsi que ses interactions avec chacun des effets fixes étaient considérés comme aléatoires. A la

[15] Dans le cas où le nombre de sujets était égal à 1, le plus petit poids observé était appliqué

suite de cela, les moyennes des périodes pour chacune des séances ont été comparées par la méthode de la PPDS.

3. Résultats – Discussion

3.1. Profils QDA

D'après la Figure 16 qui résume l'espace sensoriel défini par le panel expert, trois groupes de produits peuvent être retenus :

- Les produits dits moist caractérisés par des notes de maïs, riz soufflé, sirop d'érable et pâte à gâteau crue. Ces produits sont plus rugueux au toucher avec un émiettement facile. Ces produits sont également moins aérés.
- Les produits dits soft caractérisés par une texture farineuse et collante en bouche, avec des notes d'œuf et de farine. On notera également un arrière-goût d'assèchement plus prononcé.
- Les deux produits aromatisés au citron qui ont un profil similaire aux autres soft mais avec une flaveur citron plus marquée.

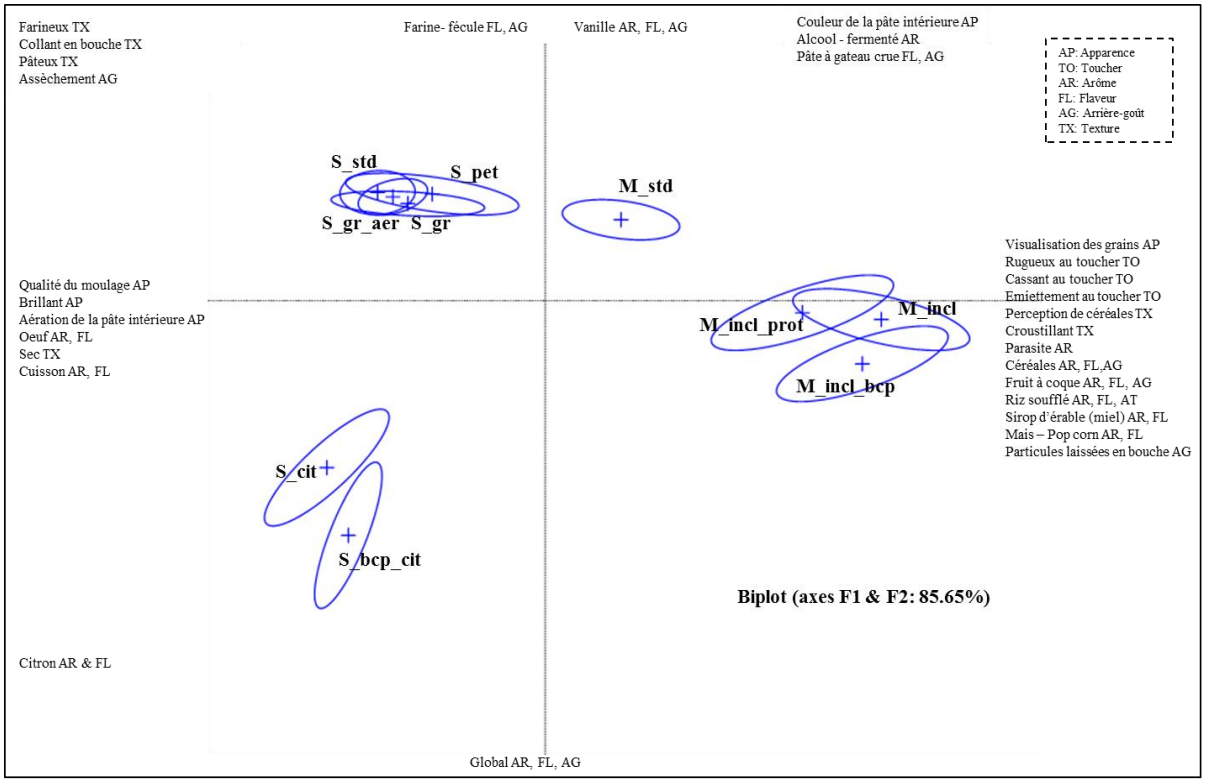


Figure 16 : ACP basée sur le profil QDA des 10 échantillons.

3.2. Évaluation multi-bouchées

3.2.1. Dynamiques hédoniques et d'état de faim

Dans la Figure 17, les cinétiques de *liking*, de *wanting* et d'état de faim au cours des trois différentes périodes de la dégustation sont représentées. Similairement à l'étude 4, nous observons que la diminution moyenne du score de *liking* sur l'ensemble de la portion (-0.7 points sur l'échelle) est légèrement inférieure que pour les paramètres *wanting* et état de faim (respectivement de -1.9 et -2.2 points en moyenne). Les analyses de variance associées pour chacun de ces paramètres indiquent une interaction produit*période significative (valeurs-p < 0.05) ce qui signifie que ces paramètres n'évoluent pas de la même manière en fonction des différents produits. Concernant les cinétiques de *liking*, le produit ayant des inclusions protéinées présente la plus importante diminution (1 point en moyenne) alors que la recette similaire sans ajout de protéines présente une augmentation de *liking* entre les deux premières périodes pour finalement diminuer de 0.3 point lors de la dernière période. Trois produits semblent être plus appréciés (F-produit = 9.85 ; p < 0.001). En effet, contrairement au soft ayant un petit volume qui est moins apprécié (*liking* moyen de 4.7), les produits à inclusions (hormis celui ayant les inclusions protéinées) et le soft citron présenté en plusieurs unités sont fortement appréciés avec une note de *liking* moyenne de 6.8. Ces différences sont observées également pour la variable *wanting*, avec une forte corrélation des variables *liking* et *wanting* (r = 0.83). Nous observons cependant que le désir de consommer davantage des unités au citron diminue fortement tout au long de la dégustation (-2.2 points en moyenne). La variable de l'état faim discrimine moins les produits que les paramètres hédoniques. Néanmoins, notons que les produits moist standard et soft ayant un grand volume aéré sont ceux présentant une des plus faibles diminutions de l'état faim (-1.9 points en moyenne contre -2.3 pour les autres produits). Comme nous l'avons vu dans l'étude 4, les scores de l'état de faim sont moins corrélés au variables *liking* (r = 0.36) et *wanting* (r = 0.59).

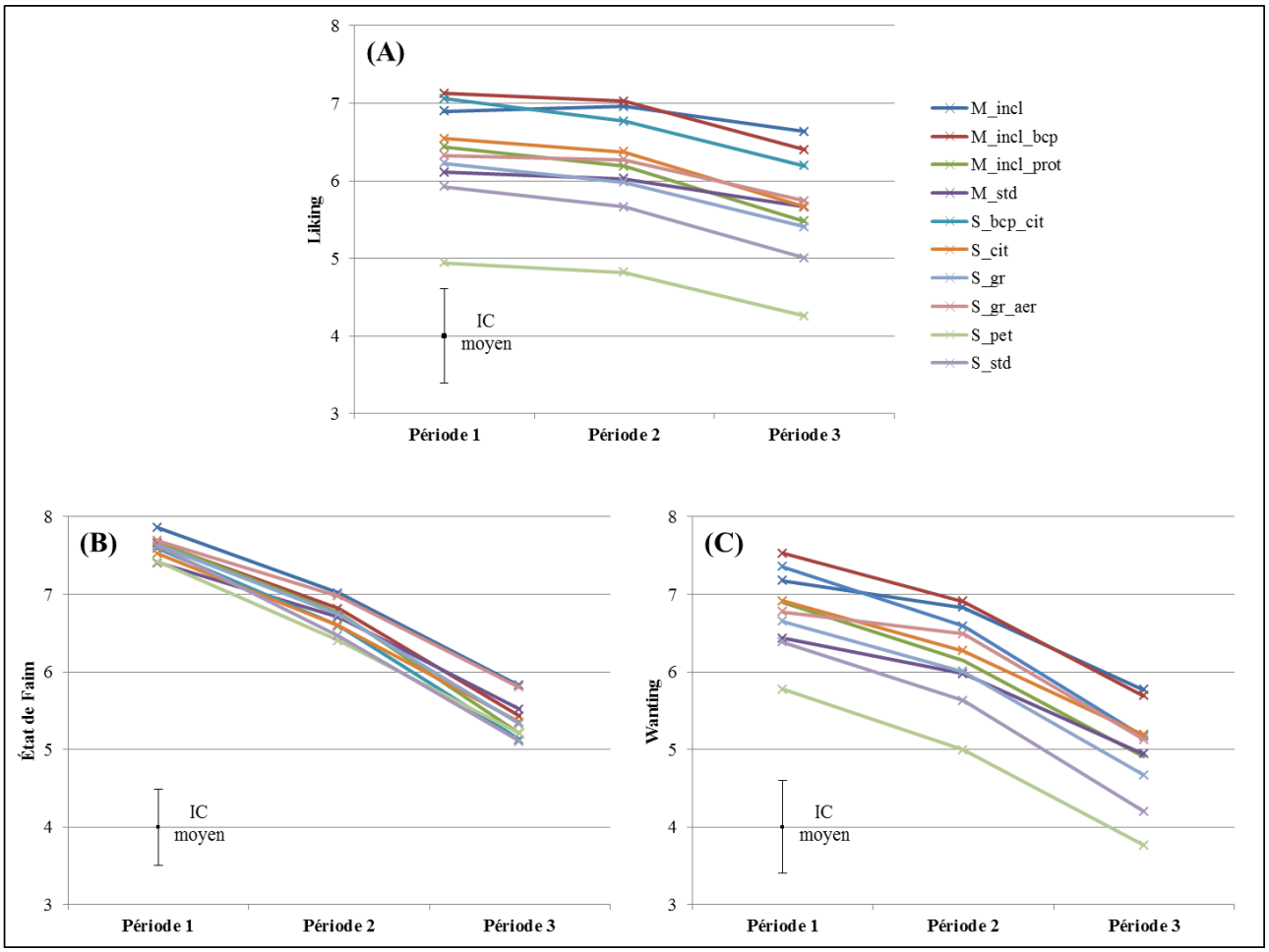


Figure 17 : Cinétiques de liking (A), d'état de faim (B) et de wanting (C) pour les quatre produits par période sur l'ensemble des gorgées.
Pour chaque cinétique, l'intervalle de confiance moyen (95%) est représenté.

3.2.2. Double-DTS

3.2.2.1. Comportement des consommateurs en double-DTS

La Figure 18 nous renseigne sur l'utilisation des deux colonnes de descripteurs par les consommateurs en fonction des produits. En moyenne, 4.7 descripteurs ont été utilisés par « run » DTS (graphique A). Cependant l'interaction produit*descripteur significative ($F = 10.36$; $p < 0.001$) de l'analyse de variance associée indique une utilisation différente des deux colonnes de descripteurs selon les produits. De manière générale, les produits moist ont été davantage décrits par les descripteurs de flaveurs contrairement aux produits soft plus caractérisés par les textures. Sur le graphique B, nous notons que la 1ère dominance correspond systématiquement à un descripteur de texture cliqué à 5.8 secondes en moyenne. Ce résultat s'explique logiquement par la cascade sensorielle des perceptions

orosensorielles dictée par la transformation en bouche de l'aliment (Chen, 2009). Notons néanmoins que l'interaction produit*descripteur est significative ($F = 8.64$; $p < 0.001$) indiquant que le temps entre les 1ers clics des descripteurs de flaveur et de texture est plus ou moins prononcé selon les produits.

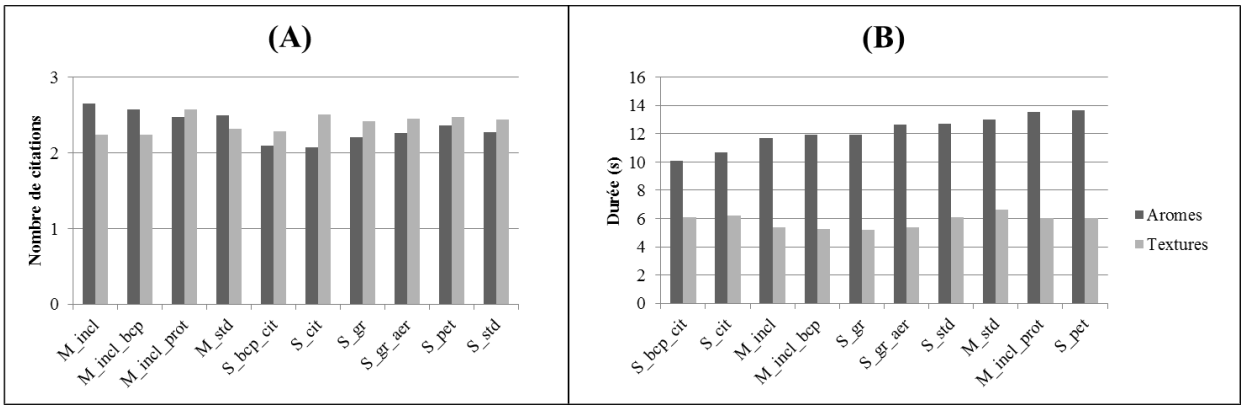


Figure 18 : Comportement des consommateurs en double-DTS. (A) Nombre moyen de descripteurs utilisés par produit. (B) Temps de latence moyen avant la 1ère citation par produit.

La méthode double-DTS a récemment été introduite par Schlich et al. (2016) et la présente étude semble confirmer que les sujets sont capables d'utiliser les deux colonnes de descripteurs. La possibilité laissée au sujet de choisir deux descripteurs simultanément permet d'analyser les données descriptives par type de descripteurs.

3.2.2.2. Comparaison des profils en double-DTS

Les profils temporels des dix recettes au cours des trois périodes sont présentés par type de descripteurs dans les figures 19 et 20. Les produits ayant des inclusions ont ainsi été plus longtemps dominés par les descripteurs *croustillant-croquant* et *noisette-grillé*. Les soft ayant un plus grand volume ont été caractérisés comme *aéré-léger* alors que les produits standards (moist et soft) ont été perçus plus *sec-sableux*. L'arôme *citron* a bien été perçu par les consommateurs.

Bien que les différences soient plus marquées entre produits (au sein d'une même colonne) qu'entre périodes (au sein d'une même ligne) quel que soit le type de descripteurs, nous pouvons identifier quelques changements temporels pour certains produits :

- Le soft ayant le grand volume est dominé par les descripteurs *sec-sableux* et *asséchant-astringent* uniquement en seconde et troisième période.
- Le soft citron est également plus *asséchant-astringent* lors de la dernière période de consommation. Il est aussi plus *sucré* qu'en première période.
- Les produits à inclusions semblent moins *moelleux* et plus *collant-pâteux* au fil des trois périodes de consommation.

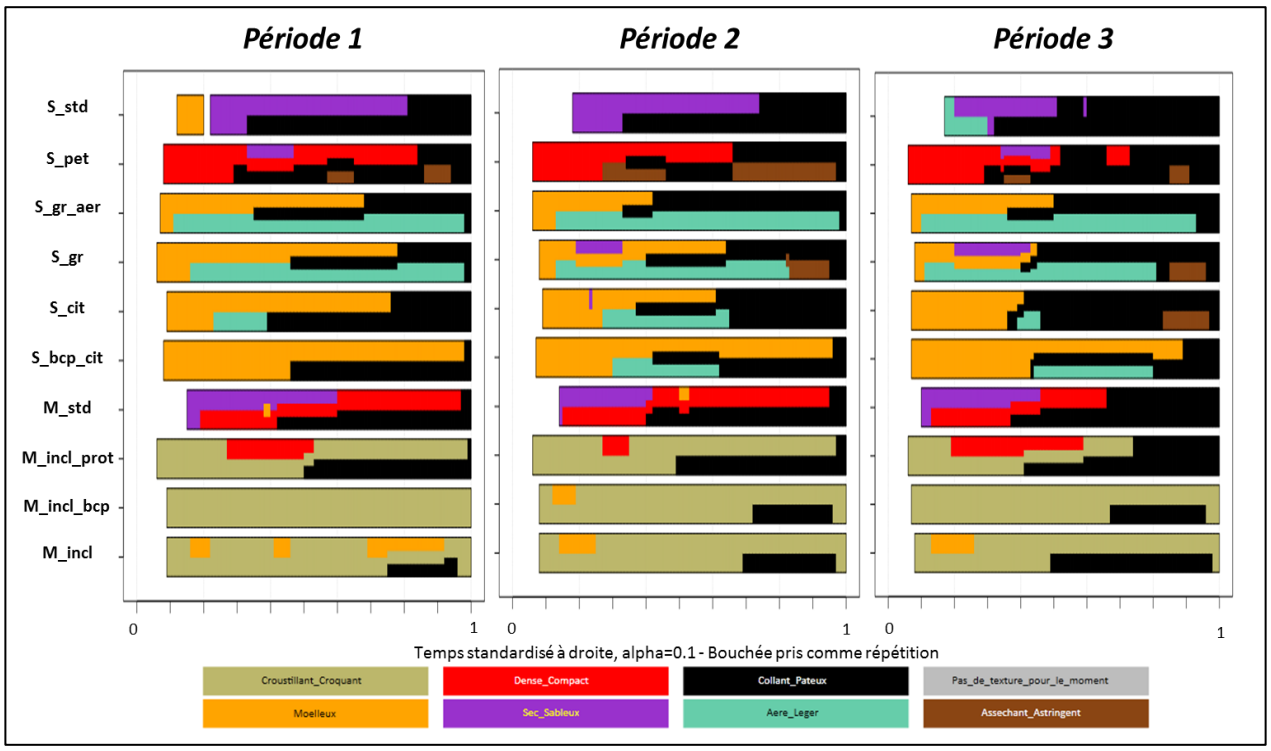


Figure 19 : Comparaison des bandes DTS par période pour les descripteurs de textures.

3.2.3. TDL par type de descripteurs

Au vu du peu de différences des scores CLWD entre les produits (valeurs-p > 0.1 pour les deux familles de descripteurs), la Table 15 présente la moyenne des scores CLWD entre les dix produits pour chacun des descripteurs dans le but de différencier le rôle des attributs DTS sur l'appréciation hédonique. Le descripteur *asséchant-astringent* est celui entrainant une diminution de *liking* la plus importante lorsqu'il est cité comme dominant (-0.19 points en moyenne) alors que *croustillant-croquant* et *aéré-léger* sont des TDL positifs, tout comme l'arôme de *vanille*. Notons que le fait de mentionner qu'aucun arôme n'est dominant est lié à une diminution de l'appréciation hédonique (-0.14 points en moyenne).

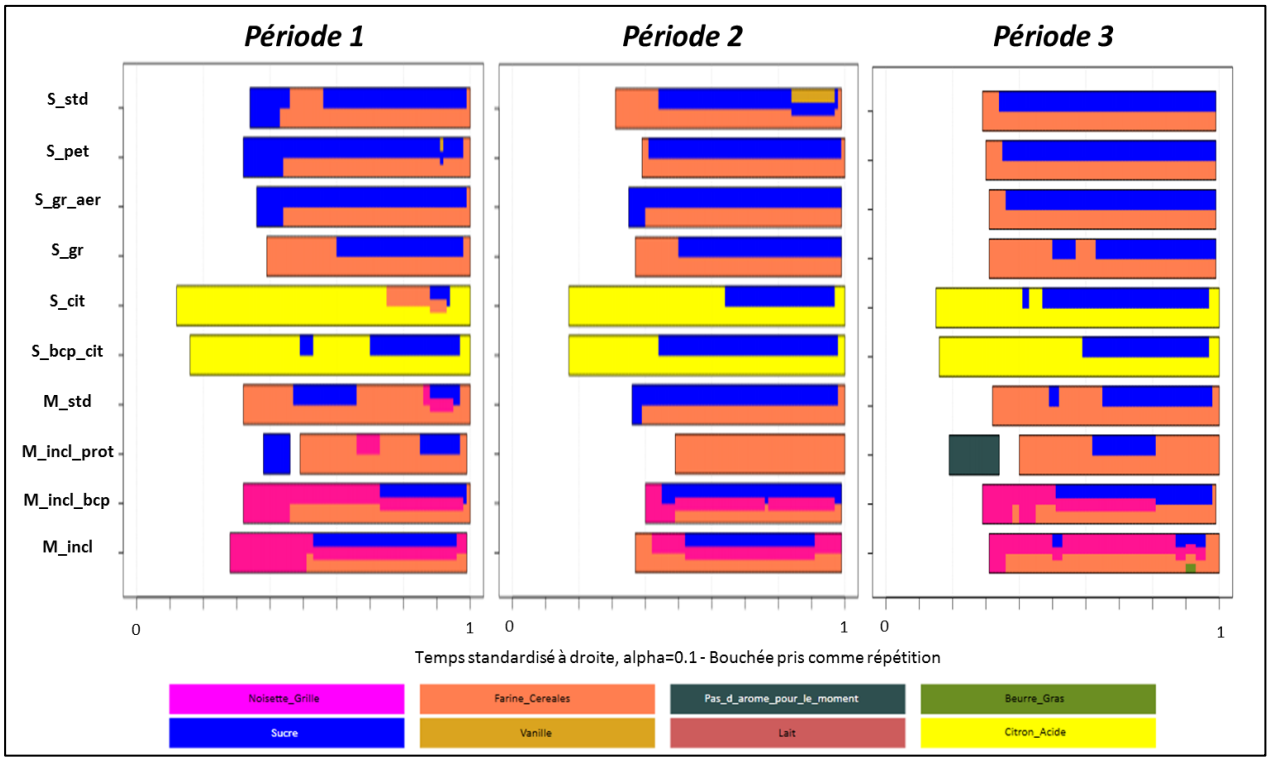


Figure 20 : Comparaison des bandes DTS par période pour les descripteurs d'arômes-saveurs.

Table 15 : CLWD par type de descripteurs.

Textures		**Arômes-Saveurs**	
*F-Produit = 0.87 ; F-Descripteur = 10.32****		*F-Produit = 0.49 ; F-Descripteur = 5.81****	
Descripteur	**Moyenne CLWD**	**Descripteur**	**Moyenne CLWD**
Croustillant-Croquant	0.18 (a)	Vanille	0.13 (a)
Aéré-Léger	0.17 (a)	Lait	0.09 (ab)
Moelleux	0.09 (ab)	Noisette-Grillé	0.08 (ab)
Pas de textures	0.03 (bc)	Sucré	0.02 (bc)
Sec-Sableux	-0.04 (cd)	Beurre-Gras	-0.04 (cd)
Collant-Pâteux	-0.1 (de)	Farine-Céréales	-0.05 (cd)
Dense-Compact	-0.11 (de)	Citron-Acide	-0.09 (d)
Asséchant-Astringent	-0.19 (e)	Pas d'arômes	-0.14 (d)

CLWD : Moyenne des scores individuels LWD.
Niveau de significativité : *5%, **1%, ***0.1%.
Les lettres permettent de mettre en évidence les différences entre descripteurs pour chacune des deux familles - 2 descripteurs n'ayant aucune lettre en commun entrainent un changement de *liking* significativement différent ($\alpha = 5\%$).

3.3. Pouvoir satiétogène des produits

3.3.1. Dynamique d'appétit – Panel satiété

L'évolution des scores moyens d'appétit des dix produit pour le panel satiété est représentée Figure 21. D'après le modèle d'ANOVA associé, l'interaction produit*temps ainsi que l'effet produit ne sont pas significatifs (respectivement $F = 1.09$; $p = 0.35$ et $F = 1.24$; $p = 0.28$). L'effet temps est sans surprise fortement significatif ($F = 394.76$; $p < 0.001$). Ainsi, les dix produits ne semblent pas être discriminés de par leur pouvoir satiétogène par le panel expert.

Cependant, nous notons que le produit à inclusions protéinées (représenté en rouge sur le graphique) est systématiquement légèrement en dessous des autres produits (écart moyen de 1 point, correspondant à 10 mm sur l'échelle visuelle analogique, avec les neuf autres produits entre 20 et 170 min). Si l'on considère que 10 mm sur l'échelle semble être un écart de score d'appétit minimal afin d'avoir un effet non marginal du pouvoir satiétogène entre deux produits (Blundell et al., 2010), alors seul le produit moist protéiné semble être légèrement plus satiétogène que les neuf autres produits. De plus, le score d'appétit du produit moist à inclusions protéinées est significativement inférieur à ceux des autres moist (valeurs-$p < 0.02$) avec une comparaison temps par temps à partir de 80 min.

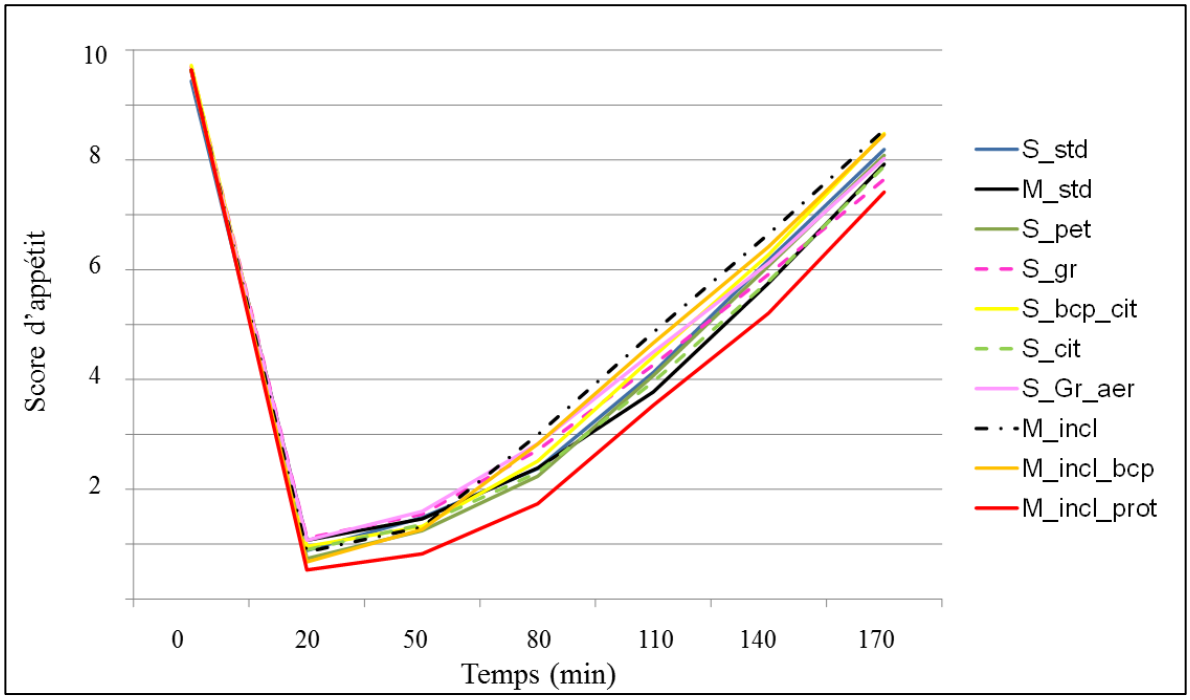


Figure 21 : Pouvoir satiétogène des échantillons d'après le panel satiété.

3.3.2. Liens entre dimensions sensorielles et satiétogènes

Plusieurs hypothèses avaient été listées en débutant cette étude ; ces hypothèses concernaient l'éventuel rôle de certaines caractéristiques sensorielles sur le pouvoir satiétogène des produits. Nous les reprenons ici afin de les valider ou de les invalider.

Une texture plus épaisse et pâteuse induirait un niveau de satiété plus important.

Bien que le produit moist standard ait été perçu moins épais que le produit soft standard (profil QDA), les deux produits ont été autant satiétogènes.

L'hétérogénéité de la texture (comprenant des inclusions) conduirait à un plus fort pouvoir satiétogène.

Les inclusions, perçues par le panel sensoriel (QDA) et les consommateurs (DTS) dans le produit moist en contenant comparé au moist standard, n'ont pas eu d'effet sur l'évolution du score d'appétit.

Un produit avec un plus grand volume et donc une texture moins compacte. augmenterait le pouvoir satiétogène alors qu'un produit plus aéré le diminuerait.

Pour une catégorie similaire de produits tel que les biscuits, une différence de volume ne semble pas avoir un impact majeur sur le pouvoir satiétogène. Cependant, les produits ayant un volume plus important (les deux soft à grand volume) ont été comparés à des produits perçus comme plus fermes (soft standard et soft ayant un volume plus petit). Ainsi, il est possible que ces deux effets (volume plus petit vs. fermeté du produit) s'annulent dans un pareil cas. Il est donc impossible de déterminer lequel de ces deux facteurs peut avoir un effet sur la satiété. Bien que le produit aéré ait été dominé par le descripteur *aéré-léger*, cette dimension sensorielle ne semble pas impacter l'évolution du score d'appétit par rapport à un produit de même volume non aéré.

La perception d'un arôme de citron diminuerait le pouvoir satiétogène.

Perçu aussi bien en QDA qu'en DTS, l'arôme citron n'a pas eu d'effet sur la diminution de l'état d'appétit.

Un produit présenté en plus petites unités augmenterait la satiété.

Proches d'un point de vue sensoriels les produits variant sur le nombre d'unités présentent un même niveau de satiété.

Un contenu protéique supérieur dans le produit augmenterait le pouvoir satiétogène.

La différence du score d'appétit entre le produit moist à inclusions protéinées et les autres moist à inclusions à partir de 80 min (valeurs-p < 0.02) peut s'expliquer par un produit protéiné caractérisé par une intensité plus marquée d'une note *parasite* pouvant rappeler l'éther dans le profil QDA ainsi qu'une texture plus *collante-pâteuse* en fin de consommation dans le profil DTS.

3.3.3. Dynamique d'appétit – Panel consommateurs

Les données issues du panel satiété ont pu être mises en regard de celles du panel de consommateurs naïfs. Pour ce dernier, nous pouvons observer dans la Figure 22 une diminution de l'état d'appétit égale à 3.3 point en moyenne entre la fin et le début de la consommation ; l'ANOVA associée nous indique un effet produit significatif ($F = 2.47$; $p = 0.01$). Le produit aéré et les moist (excepté celui avec protéines) sont les moins rassasiants.

Après 10 minutes, le score d'appétit continue de diminuer (0.7 points en moyenne) mais plus aucune différence entre les dix produits n'est observée ($F = 0.96$; $p = 0.47$), similairement au panel entrainé. Cependant, la diminution moyenne du score d'appétit est de 8.7 points pour le panel satiété contre 4 points pour les consommateurs. Cette différence, certainement due à un effet d'entrainement suggère un potentiel pouvoir de discrimination plus important pour le panel entrainé.

Notons enfin que la diminution du score d'appétit observée entre la fin de la dégustation et 10 min après celle-ci confirme que les mécanismes inhérents à l'état de rassasiement peuvent prendre quelques minutes à se mettre en place (Rolls et al., 1983). Cette observation suggère de ne pas interroger le sujet sur son état d'appétit uniquement à la fin de la dégustation. D'autres travaux seraient nécessaires pour mieux évaluer le temps optimal correspondant à une diminution du score d'appétit maximal.

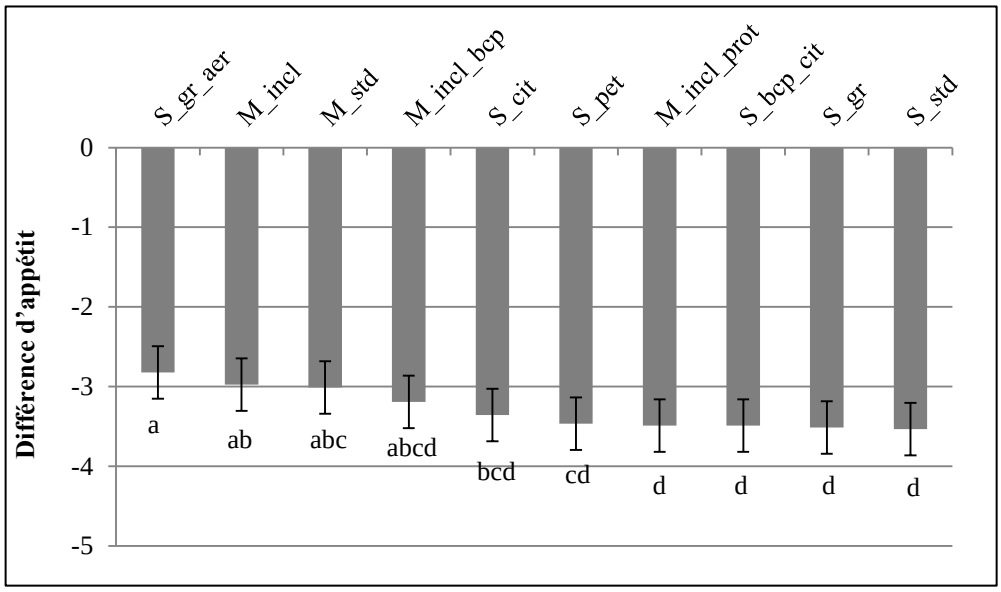


Figure 22 : Différences d'appétit moyen pour les dix produits observés entre la fin et le début de consommation pour les sujets naïfs.

Les intervalles de confiance à 95% sont représentés à partir du CM de la résiduelle du modèle. Les lettres permettent de mettre en évidence les différences entre produits - 2 produits n'ayant aucune lettre en commun entrainent une diminution du score d'appétit significativement différent (α = 5%).

Afin de mettre en parallèle la cinétique de l'état de faim mesurée au cours de la dégustation avec les propriétés sensorielles issues de la séance A-DTL avec les consommateurs, la Table 16 présente les déterminants temporels de faim. Le descripteur *asséchant-astringent* entraine, lorsqu'il est cité dominant dans les produits, une diminution de l'état de faim (-0.31 points en moyenne) au cours de la dégustation. La texture *collante-pâteuse* ainsi que l'arôme de *citron* peuvent être également considéré, dans une moindre mesure, comme des déterminants temporels négatifs de l'état de faim. Bien que la perception aromatique peut impactée le rassasiement (Harthoorn et al., 2008), il semble que le fait de ne pas percevoir d'arômes (ou saveurs) comme dominant conduise à une cinétique négative de l'état de faim. En outre, la perception de l'arôme citron tout au long de la dégustation des deux recettes en contenant, confirmerait une augmentation du rassasiement par un signal aromatique prolongé (Ruijschop, Boelrijk, Ru, De Graaf, & Westerterp-Plantenga, 2008). Au contraire, les arômes de *vanille* et de *noisette-grillé*, perçues comme moins dominants suggèrent une diminution du rassasiement. La texture *moelleuse* est quant à elle, celle impactant le moins le rassasiement avec une augmentation du score d'état de faim de 0.18 point en moyenne lorsqu'elle est citée comme dominante par les consommateurs.

Table 16 : Déterminants temporels de faim par type de descripteurs.

Textures		**Arômes-Saveurs**	
*F-Produit = 0.70 ; F-Descripteur = 8.88****		*F-Produit = 1.25 ; F-Descripteur = 5.12****	
Descripteur	**Moyenne CHWD**	**Descripteur**	**Moyenne CHWD**
Moelleux	0.18 (a)	Vanille	0.18 (a)
Croustillant-Croquant	0.16 (ab)	Noisette-Grillé	0.16 (a)
Pas de textures	0.13 (ab)	Farine-Céréales	0.06 (ab)
Aéré-Léger	0.09 (ab)	Lait	0.06 (ab)
Sec-Sableux	0.05 (ab)	Sucré	0 (bc)
Dense-Compact	0.01 (b)	Beurre-Gras	-0.06 (bcd)
Collant-Pâteux	-0.14 (c)	Citron-Acide	-0.14 (cd)
Asséchant-Astringent	-0.31 (d)	Pas d'arômes	-0.17 (d)

CHWD : Moyenne des scores individuels HWDs.
Niveau de significativité : *5%, **1%, ***0.1%.
Les lettres permettent de mettre en évidence les différences entre descripteurs pour chacune des deux familles - 2 descripteurs n'ayant aucune lettre en commun entrainent un changement de l'état de faim significativement différent ($\alpha = 5\%$).

3.4. Comparaison méthodologique inter-séances

Les cinétiques hédoniques au cours des trois périodes pour le produit soft standard sont représentées dans la Figure 23 dans le but de comparer les trois séances différentes (évaluation du *liking* seul, avec la DTS et en séance mixte). Durant la première période des différences d'appréciation sont observées entre les séances. Cependant, leurs cinétiques sont toutes négatives sur l'ensemble de la portion et suggèrent un même niveau d'acceptabilité dans la dernière partie de la dégustation.

Ces résultats permettent de mieux comprendre les cinétiques inverses obtenues dans l'étude 4. En effet, la dynamique négative de *liking* dans les trois séances de la présente étude suggère que le laps de temps fixé dans l'étude 4 (avant d'évaluer la note de *liking*) aurait biaisé les scores, conduisant ainsi à une dynamique positive du *liking*.

Les différences observées pour la première période (correspondant aux premières bouchées) pourraient être expliquées par la non-randomisation des deux premières séances. Un tel protocole avait pour but de ne pas introduire les notions descriptives (DTS) aux consommateurs avant d'évaluer le *liking* dynamique seul. La séance mixte pour le produit soft standard a ainsi suivi une randomisation des dix produits durant une période de cinq

semaines en fonction des sujets. Il est possible qu'au fil des séances, les sujets se soient habitués à ce type de produit et aient ainsi surévalué la ou les premières bouchées correspondant à la première période.

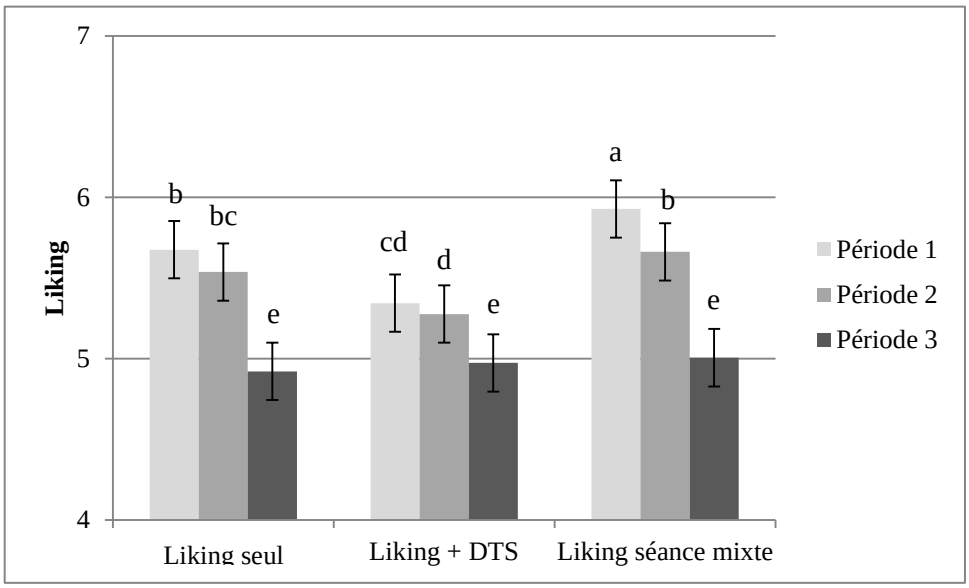


Figure 23 : Comparaison inter-séances des cinétiques de liking par périodes (soft standard).
Les intervalles de confiance à 95% sont représentés à partir du CM de la résiduelle du modèle.
Les lettres permettent de mettre en évidence les différences de dynamique de liking entre les séances - 2 moyennes n'ayant aucune lettre en commun sont significativement différentes (α = 5%).

4. Conclusion

Malgré une bonne discrimination sensorielle des produits par les profils QDA et DTS, l'utilisation du panel expert satiété n'a pas montré de fortes différences de pouvoir satiétogène. Seul le produit moist à inclusions protéinées semble légèrement plus satiétogène. Ce résultat peut s'expliquer par une note aromatique *parasite* plus intense et une texture de plus en plus *collante-pâteuse* au cours de la dégustation de la portion.

D'un point de vue méthodologique, proposer au consommateur deux listes distinctes en double-DTS suggère une utilisation différente des deux colonnes de descripteurs selon les produits. Ainsi, nous avons montré que l'analyse des données par familles de descripteurs pouvait être pertinente pour déterminer leurs propres profils temporels descriptifs. Les cinétiques négatives hédoniques et d'état de faim plus ou moins prononcées selon les produits au cours des trois périodes de la consommation de la portion soulignent l'importance d'une évaluation dynamique par rapport à l'évaluation d'une prise unique.

Cependant, la forte corrélation entres les variables *liking* et *wanting* confirme les résultats observés dans l'étude 4 et questionne sur l'intérêt d'évaluer ces deux variables durant la même séance. Concernant l'évaluation du score d'appétit par les consommateurs, nous concluons que l'amplitude de l'échelle utilisée est environ deux fois moins importante que celle du panel satiété. Cette différence non négligeable nous renseigne sur le potentiel pouvoir de discrimination plus important et plus significatif du panel satiété entraîné.

Enfin, contrairement aux résultats de l'étude 4, nous n'avons pas observé d'évolutions inverses de l'appréciation hédonique lorsque celle-ci est évaluée seule ou en alternance avec la DTS et d'autres variables (*wanting* et état de faim). Ainsi l'hypothèse qu'un temps d'attente avant l'évaluation du *liking* pourrait entrainer une surnotation semble être confirmée par ces dernières données obtenues sans temps de latence.

V- Conclusion

A partir de trois projets de recherche différents, ce chapitre a permis d'étendre le protocole alterné de la méthode DTL à d'autres paramètres régulateurs de la prise alimentaire. Ainsi, nous avons montré que les états de soif et/ou de faim suivaient une dynamique spécifique au cours de la consommation d'une portion complète pour différents produits testés (soupes, CNO et biscuits céréaliers). Concernant la dynamique de la composante motivationnelle du système de récompense (*wanting*), nous avons noté de fortes corrélations individuelles de cette variable avec le score de *liking*. Ce résultat suggère qu'il serait préférable de ne pas évaluer ces deux variables durant la même séance. Dans l'étude reproduisant l'expérience journalière d'un CNO avec des seniors indépendants, l'état d'appétit a été mesuré au laboratoire ainsi qu'à domicile tout au long de la journée. Ces résultats ont démontré que la consommation d'un CNO au laboratoire réduisait très modérément l'état d'appétit de cette population vis-à-vis d'un repas normal consommé au domicile.

Les résultats issus de ce chapitre ont confirmé l'intérêt d'évaluer le *liking* de manière dynamique au cours de la consommation d'une portion entière contrairement à une évaluation unique ; cette mesure dynamique permet de mettre en évidence des différences entre produits d'un point de vue temporel. Nous n'avons cependant pas clairement établi une discrimination des produits basée sur leurs pouvoirs rassasiants ou satiétogènes. Malgré ce résultat, nous avons noté qu'un panel entrainé semblait être plus à même, contrairement à un panel de consommateurs naïfs, de discriminer des produits selon leur pouvoir satiétogène.

Dans ce chapitre, nous avons enfin montré que l'évaluation de la DTS n'impactait pas la dynamique de *liking* obtenue durant une même séance et réciproquement. Néanmoins, nous avons constaté qu'un temps d'attente avant l'évaluation du *liking* pouvait entrainer une surnotation.

CHAPITRE 4 : APPLICATION HORS LABORATOIRE SENSORIEL

I- Rappel du contexte

Deux constats retiennent notre attention au vu des différentes thématiques méthodologiques abordées dans les congrès internationaux d'analyse sensorielle ayant eu lieu durant les dernières années (Pangborn, EuroSense, SenseAsia...). D'une part, nous notons l'intérêt croissant de la communauté scientifique pour l'ouverture de l'analyse sensorielle à d'autres disciplines (physiologie, physique-chimie, neurosciences…) dans le but de mieux comprendre les variations inter-individuelles. D'autre part, nous pouvons également retenir une volonté de mener les études sensorielles en situation naturelle de consommation afin de mieux répondre aux habitudes du consommateur. Pour appréhender ces deux enjeux, nous proposons dans la présente partie deux applications basées sur les méthodologies présentées dans les deux précédents chapitres.

La première application (Étude 7 / Chapitre d'ouvrage) s'inscrit dans une dynamique pluridisciplinaire du CSGA associant les deux composantes de la plateforme ChemoSens (sensorielle et physico-chimique) ainsi que l'équipe 1 du CSGA (« Interactions moléculaires, mécanismes en bouche et perception de la flaveur »). Afin de mieux comprendre le lien entre la libération des composés aromatiques et les perceptions sensorielles des consommateurs lors de la consommation de produits alimentaires, nous proposons de coupler la méthode DTS à un spectromètre de masse à réaction de transfert de proton avec analyseur à temps de vol (PTR-TOF-MS). Afin d'analyser ce nouveau type de données, le concept LWD présenté dans les chapitres précédents sera revisité.

La deuxième application (Étude 3 – Partie 2) a pour objectif de déployer en situation naturelle de consommation la méthode DTL. S'inscrivant dans le projet ESN présenté dans l'article 3, plus de 600 consommateurs européens ont évalué par le protocole S-TDL cinq chocolats au lait à leur domicile. Bien que les méthodes d'analyse sensorielle temporelle (descriptive et hédonique) soient très peu appliquées à des études en situation naturelle de consommation, nous prenons le pari qu'elles y trouveront progressivement leur place tout comme l'ont progressivement fait certaines nouvelles méthodes statiques (CATA, Profil Flash…). L'application proposée dans cette thèse entre pleinement dans cette démarche.

II- Couplage de la DTS à un PTR-TOF-MS

Étude 7 / Chapitre d'ouvrage

RÉSUMÉ

Objectifs et méthodes

L'étude 7 fait état d'un projet de recherche entre la plateforme ChemoSens et l'équipe 1 du CSGA (« Interactions moléculaires, mécanismes en bouche et perception de la flaveur ») afin d'étendre la méthode DTS à des mesures physico-chimiques. Pour cela, la DTS a été couplée à un spectromètre de masse à réaction de transfert de proton avec analyseur à temps de vol (PTR-TOF-MS). L'objectif d'un tel couplage est de mieux comprendre, au niveau individuel, les liens entre la perception temporelle d'un produit et la cinétique de relargage des composés chimiques libérés au cours de la dégustation. Pour cela, seize sujets non entraînés ont évalué trois fromages frais aromatisés commerciaux (présentés dans la première étude[16]) tandis que la fraction aromatique capturée dans la cavité nasale du sujet lors de la consommation des produits était recueillie simultanément par PTR-TOF-MS. Les évaluations se déroulaient en laboratoire physico-chimique de manière individuelle.

Nous proposons d'analyser conjointement ces deux ensembles de données: basé sur le concept LWD précédemment présenté, un indice d'abondance de chaque composé chimique lorsqu'un attribut est cité comme dominant (AWD) a été défini. Calculé au niveau individuel, ce nouvel indice a permis d'évaluer statistiquement par analyse de correspondance les relations entre composés aromatiques et attributs sensoriels.

Principaux résultats

En conclusion, le couplage de la DTS à un appariement de type PTR-TOF-MS fournit des données qui peuvent être analysées au niveau individuel grâce aux indices AWD. L'analyse multivariée descriptive de ces indices a mis en avant des résultats prometteurs quant à la possibilité d'évaluer statistiquement au niveau individuel l'importance des relations entre la libération d'arômes et la perception d'un aliment au

[16] Le produit P2 de l'étude 7 correspond au produit P4 de l'étude 1

cours de sa consommation. Pour exemple, la perception de l'attribut crème est clairement associée aux composés butan-2-one et diacétyle alors que piquant est associé avec des acides mais également avec des composés sulfurés comme le 3-vinyl-1,2-dithi-4-ène et le diallyl trisulfide.

CHAPITRE D'OUVRAGE

Collecting and analysing in vivo aroma release and perception by pairing nosespace PTR-ToF-MS and Temporal Dominance of Sensations.

Schlich, P., Thomas, A., Visalli, M., Labarre, D., Sémon, E., Le Quéré, J.-L.

Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, CNRS, INRA, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France.

Référence du chapitre d'ouvrage publié:
Schlich, P., Thomas, A., Visalli, M., Labarre, D., Sémon, E., Le Quéré, J.-L. (2015). Collecting and analysing in vivo aroma release and perception by pairing nosespace PTR-ToF-MS and Temporal Dominance of Sensations. In: Taylor, Andrew J., Mottram, Donald S., *Flavour Science: Proceedings of the XIV Weurman Flavour Research Symposium* (p. 327-332). Nottingham, GBR : Context Products.

ABSTRACT

The paper reports a research in which sixteen untrained subjects did a temporal dominance of sensations (TDS) evaluation of three commercial flavoured fresh cheeses in duplicate while the aromas released in their nose were simultaneously collected by a proton transfer reaction – time-of-flight mass spectrometer (PTR-ToF-MS). A new way of analysing conjointly these two sets of data was proposed: it consisted in defining an index of abundance of each compound while a given attribute was dominant, the Abundance While Dominance (AWD) clue. This index was computed at individual level making it possible to assess statistically the relationships. Through correspondence analyses (CA) some relationships between certain compounds and the sensory attributes expected to be related to them were found.

KEYWORDS

Temporal Dominance of Sensations (TDS); PTR-TOF-MS; Aroma release

1. Introduction

A better knowledge of the potential relationships between sensory perception and physicochemical properties of foods has for a long time been an objective to better understand their sensory properties. A great number of studies conducted so far dealt with the relationships between aroma perception and in vivo aroma release (nosespace or breath-by-breath analysis [1]). It has been acknowledged for a long time that flavour perception is a dynamic process during which the intensity and the quality of the perception vary from one moment to another with intrinsic significant intra- and inter-individual variability. However the dynamics of perception have been considered only scarcely in comparison to aroma release over time measured either by atmospheric pressure chemical ionization (APCI) [2] or proton transfer reaction (PTR) [3] mass spectrometry (MS).

Time-intensity (TI) is not able to capture multidimensionality of perception as generally only one sensory attribute is evaluated at a time. Sequential TI that overcomes the mono-dimensional nature of TI has been used in some studies [4], but is a very demanding method and therefore seldom used. The Temporal Dominance of Sensations (TDS) method [5] studies the sequence of dominant sensations given off by a food product during a certain time period. Therefore it allows evaluating several attributes simultaneously or more precisely dynamically during consumption of a food product or a beverage. For practical reasons, TI or TDS have been generally conducted in sessions parallel to in vivo aroma release experiments, limiting the impact of the results and of the inferred conclusions. Simultaneous data recordings have been conducted only in a few studies essentially on flavoured model foods (see for instance [4, 6, 7]), and barely on real foodstuffs [8]. Although various temporal links could be proposed in these papers, no clear relationships between the two sets of data could be safely established. We believe this was due to the fact that the conclusions were mainly based on a descriptive analysis of the data conducted at panel level, whereas it could be done at individual levels and assessed statistically, as it will be presented in the present paper.

2. Experimental

2.1. Samples

Commercial flavoured ("garlic and herbs") fresh cheeses of 3 different brands (noted P1, P2, and P3) were purchased at a local supermarket.

2.2. Static headspace SPME and GC-MS

Ten grams of cheese sample were transferred to a 20 ml glass flask maintained at 40°C for 1 h equilibration time. A PDMS/DVB/CAR SPME fibre was exposed in the headspace for 1 h and then desorbed at 240°C for 3 mn in a splitless injector of a GC-MS instrument. The GC-MS system (Agilent, Massy, France) was a 6890 GC coupled to a 5973N mass selective detector. The capillary column (J&W DB-WAX; 30 m x 0.32 mm, 0.5µm thickness) was temperature programmed from 40°C to 240°C at 4°C/min. Helium was used as carrier at 44 cm/s velocity. Linear retention indices were calculated using C10-C30 hydrocarbons analysed in the same conditions. The ion source maintained at 230°C was operated at 70 eV. The mass range m/z 29-350 was scanned at a speed of 4.37 scans/s. Compounds were identified by comparing their mass spectra and linear retention indices to those of authentic standards when available or compared to available literature data.

2.3. Combined TDS – PTR-ToF-MS measurements

Sixteen untrained subjects were recruited to perform TDS measurements for the 3 products (8 g sample on 3 g neutral bread randomly presented in 2 replicates on a plastic plate coded with a three-digit random number). TDS included eight attributes: garlic, cream, fresh herbs, cooked herbs, pungent, pepper, salty, sour. This list was established previously with pre-tests with an internal panel who was asked to list all vocabulary corresponding to the tasting. A warm-up product preceded the tested samples in order to familiarize consumers with the TDS protocol and with the nosepiece used for nosespace sampling. This ergonomic Teflon® nosepiece was mounted on a light helmet allowing the subject moving his head freely and connected to the transfer line of the PTR instrument by a flexible heated (70°C) PEEK tubing (70 cm long, 1 mm internal diameter). The TDS

procedure was conducted as previously described [9] with the TimeSens software (timesens.com).

Nosespace data were obtained simultaneously using a PTR-ToF-MS 8000 instrument (Ionicon Analytik GmbH, Innsbruck, Austria). Sampling was performed at a total flow rate of 88 ml/min with the transfer line maintained at 110°C. All the measurements were carried out under drift tube conditions of 480 V, pressure of 2.30 mbar, temperature 100°C, and E/N value of 118 Td. Data acquisition was carried out at 1 mass spectrum ranging from m/z 0 to 250 per 0.108 second. Breath volatile concentrations were expressed as normalized cps (ncps) taking into account corrected transmission and normalization to the protonated water and first water cluster ions $(H2O)nH+$ with n = 1, 2.

2.4. Statistics

Statistical analyses were done with TimeSens and SAS ver. 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, USA).

3. Results

3.1. Temporal Dominance of Sensations

The simultaneous data collection setup (TDS and nosespace) was considered comfortable enough by the panellists and it did not affect the quality of the sensory results. Thus the TDS data produced by the panel were similar to those obtained from another panel of 64 assessors having TDS-profiled the same products with no simultaneous aroma release collection [9].

The 3 products were found significantly different in a canonical variate analysis of the TDS dominance durations (data not shown). P3 was mainly characterized by an initial cooked herbs note followed by a significant pepper note, P1 and P2 were characterized significantly by the successive cream, garlic and fresh herbs notes, P1 being differentiated from P2 by a final significant pungent note (Figure 1).

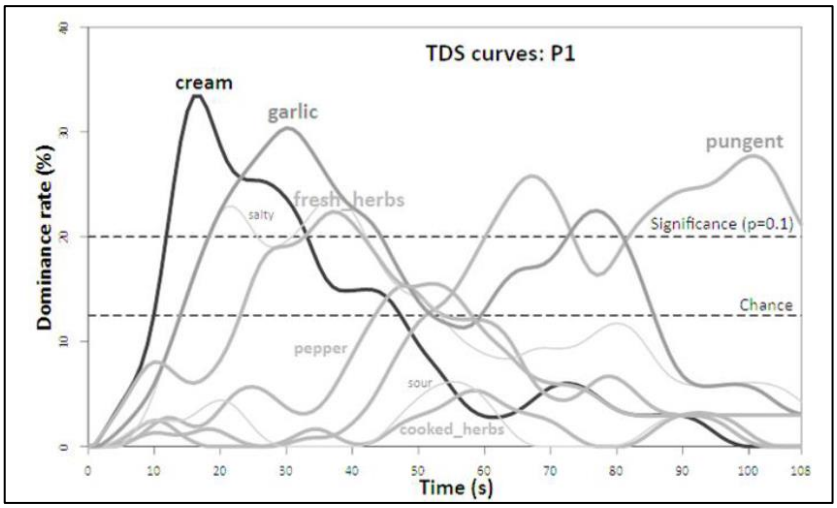


Figure 1. TDS curves at panel level (16 subjects, 2 replicates) for product P1.

3.2. Instrumental Analysis

A list of 16 aroma compounds was included in this study (Table 1). They were preselected in previous headspace and nosespace pre-tests analyses of the products conducted with the PTR-ToF-MS. They were characterized by the experimental exact mass of diagnostic ions postulated to be their protonated molecular ions MH+. Their identities have been confirmed by independent headspace GC-MS analyses of the products. They were characteristic of traditional dairy aroma (organic acids, methylketones, diacetyl, acetoin), with many additional sulfur compounds probably coming from garlic, and some terpenes (indistinguishable MH+ ions at m/z 137.132) probably coming from herbs.

Individual breath-by-breath release curves were obtained for each selected volatile for each product. They displayed large inter-individual variability in terms of release behaviour and release rates for the aroma molecules, and swallowing time. Such a large inter-individual variability has been also noticed for temporal sensory analyses like TI or TDS.

Table 1. Aroma compounds selected for the study, with their respective codes.

Volatile compound	Code	Diagnostic ion[a] (m/z)	Identification reliability[d]
Acetic acid	AcAc	61.028	MS, RI, exact mass
sulfur fragment	C3H5Sp	73.013[b]	exact mass
Butan-2-one	C4_ONE	73.067	MS, RI, exact mass
Propanoic acid	PropAc	75.044	MS, RI, exact mass
Diacetyl	DIAC	87.044	MS, RI, exact mass
Butyric acid/Acetoin [c]	ButAc	89.060[c]	MS, RI, exact mass [c]
3H-1,2-dithiolene	Dithiole	104.983	gc-ms, exact mass
Heptan-2-one	C7_ONE	115.112	MS, RI, exact mass
Methylpropenyldisulfide	MePropDS	121.014	gc-ms, exact mass
Terpenes (mixt.)	TERP	137.132	gc-ms, exact mass
3-vinyl-1,2-dithi-4-ene	DiThien	145.017	gc-ms, exact mass
Diallyldisulfide	DAllylDS	147.030	MS, RI, exact mass
Estragole	Estragol	149.096	gc-ms, exact mass
Methylallyltrisulfide	MeAllylTS	152.986	gc-ms, exact mass
Decanoic acid	DecAc	173.154	MS, RI, exact mass
Diallyltrisulfide	DAllylTS	179.002	gc-ms, exact mass

[a]PTR-ToF-MS [MH+] diagnostic ion, except [b]sulfur fragment. [c]same monoisotopic mass, not distinguishable with PTR-ToF-MS. [d]reliability of identification: MS, RI = mass spectra (ms) and retention indices (ri) identical to those of authentic standards; gc-ms = ms and/or ri identical to literature data; exact mass = exact mass measured with the PTR-ToF-MS.

The release of some selected aroma molecules from product P1 after smoothing each release curve and averaging on the entire panel is shown in Figure 2 (normalized data). The large differences in maximum intensities (Imax) displayed in absolute data (not shown) reflect the respective volatile concentrations and release behaviours due to their varying volatility and hydrophobicity. The normalized data in Figure 2 show further detail not clearly apparent with the absolute data. Particularly a clear temporal effect was evidenced with significant longer Tmax (time to reach Imax) for some molecules: for example diacetyl (m/z 87.044) appeared early followed by terpenes (m/z 137.132) and sulfur compounds (like diallyldisulfide at m/z 147.030), whereas 3-vinyl-1,2-dithi-4-ene (m/z 145.017) was released later, its Tmax being delayed by more than 30 s compared to diacetyl Tmax. The latter, together with butyric acid (+ acetoin, m/z 89.060) also lasted longer in the breath.

3.3. Abundance while dominance (AWD) scores

In order to draw conclusions beyond simple descriptive analyses of the two sets of data (sensory and instrumental) at panel level, a new way of analysing conjointly both datasets is proposed. It consists in defining an index of abundance of each volatile compound while a given attribute is dominant, the Abundance While Dominance (AWD) index.

To get the AWD scores the total duration of each released ion is split in successive periods corresponding to the successive sensations indicated as dominant by the subject. AWD scores are the surfaces under the ion intensity curves of these successive time periods. Surfaces corresponding to multiple citations of the same attribute are summed up to provide a single AWD per attribute. This is computed at individual level, for each ion in each replicate for one product (that means 16 ions, 16 subjects, 2 replicates for each attribute while it is dominant) conducting to one AWD mean table per product (see Table 2 for product P1).

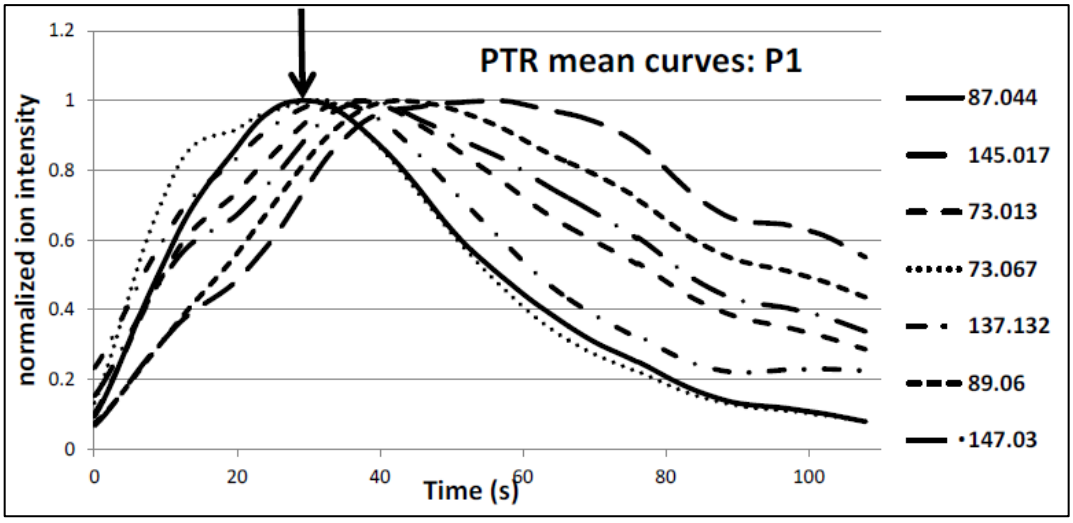


Figure 2. Release of some selected volatiles (see Table 1) from product P1, normalized data.
Each curve is the panel mean curve (n=16, 2 replicates).
The vertical arrow is the panel mean swallowing time.

Table 2. Abundance while dominance (AWD) means scores for product P1.

attribute	Dithiole	C7_ONE	MePropDS	TERP	DiThien	DAllylDS	Estragol	MeAllylTS
Cooked_Herbs	58	23	25	82	75	31	4	16
Cream	410	187	191	706	408	225	18	98
Fresh_Herbs	372	159	165	569	429	205	17	90
Garlic	585	260	257	895	701	333	28	150
Pepper	230	98	93	311	275	127	12	56
Pungent	417	169	156	492	702	260	26	109
Salty	467	224	222	752	544	262	25	117
Sour	95	43	44	161	120	56	7	26
attribute	**DecAc**	**DAllylTS**	**AcAc**	**C3H5Sp**	**C4_ONE**	**PropAc**	**DIAC**	**ButAc**
Cooked_Herbs	4	16	314	314	1036	127	1114	869
Cream	22	96	3161	2231	10338	1029	10380	5830
Fresh_Herbs	21	95	2744	1991	7945	957	8034	6153
Garlic	32	156	4270	3181	11818	1601	11300	9629
Pepper	14	60	1860	1150	4098	607	4214	4197
Pungent	31	136	2571	2235	4861	1475	4931	8216
Salty	30	118	3431	2622	10079	1244	9856	7172
Sour	6	26	581	537	1758	269	1520	1029

As the AWD indices are computed at individual level it becomes possible to assess the statistical significance of differences over subjects and replicates. Some ions are naturally more abundant than others in a product, while it does not mean they are more impacting perception of this product. Moreover some attributes naturally last longer in a product, while it does not mean that they are more driven by specific ions. In other words, the analysis of the Attribute x Ion table composed of AWD scores of a given product (like Table 2 for P1) should be free of both line and column margin heterogeneities. This calls for Correspondence Analysis (CA) of these tables. The contingency tables of the 3 products were analyzed by CA. Being all significant by the $\chi 2$ statistics of independence, the CAs denote significant correspondences between attributes and ions displayed through proximities in the CA plots.

Figure 3 shows the CA plot obtained for P1. The cream attribute is clearly associated to butan-2-one and diacetyl. Pungent is associated with acids but also with some sulfur compounds, particularly 3-vinyl-1,2-dithi-4-ene (DiThien) and diallyltrisulfide (DAllylTS). Garlic, but also herbs-related attributes seem associated to a mixture of odorants possibly reflecting the “freshness” character of the product significantly described as “garlic” and “fresh herbs” by the panel.

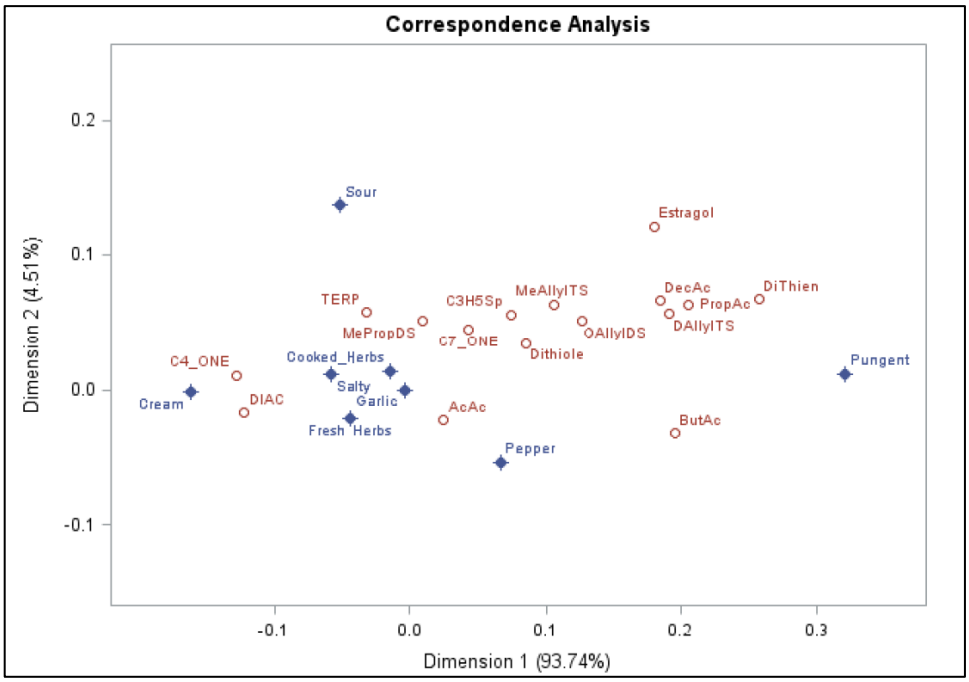


Figure 3. Correspondence Analysis plot of product P1 AWD scores.
(plain symbols: attributes, blank circles: ions, n = 32, $\chi 2$ = 4245, df = 105, p <0.0001).

4. Conclusion

In conclusion, pairing nosespace with TDS provides meaningful data that can be analyzed at individual level thanks to the AWD indices. Descriptive multivariate analyses of these AWD indices gave promising results in our first study reported here. Development of more sophisticated analysis of this new type of data is necessary for assessing statistically the significance of the relationships between the release of multiple key-aromas and the temporal perception of real food products.

References

1. Taylor, A.J., Linforth, R.S.T., (1996) Trends Food Sci. Technol., 7: 444-448.
2. Taylor, A.J., Linforth, R.S.T., Harvey, B.A., Blake, A., (2000) Food Chem., 71: 327-338.
3. Roberts, D.D., Pollien, P., Yeretzian, C., Lindinger, C., (2004) In: *Handbook of flavor characterization*, (Deibler, K.D., Delwiche, J., Eds.); Marcel Dekker, Inc.: New-York: p. 151-162.
4. Pionnier, E., Nicklaus, S., Chabanet, C., Mioche, L., Taylor, A.J., Le Quéré, J.L., Salles, C., (2004) Food Qual. Pref., 15: 843-852.
5. Pineau, N., Schlich, P., Cordelle, S., Mathonniere, C., Issanchou, S., Imbert, A., Rogeaux, M., Etievant, P., Koster, E.P., (2009) Food Qual. Pref., 20: 450-455.
6. Brauss, M.S., Linforth, R.S.T., Cayeux, I., Harvey, B., Taylor, A.J., (1999) J. Agric. Food Chem., 47: 2055-2059.
7. Déléris, I., Saint-Eve, A., Dakowski, F., Sémon, E., Le Quéré, J.L., Guillemin, H., Souchon, I., (2011) Food Chem., 127: 1615-1624.
8. Salles, C., Hollowood, T.A., Linforth, R.S.T., Taylor, A.J., (2003) In: *Flavour research at the dawn of the twenty-first century*, (Le Quéré, J.L., Etiévant, P.X., Eds.); Lavoisier Tec & Doc: Paris (France): p. 170-175.
9. Thomas, A., Visalli, M., Cordelle, S., Schlich, P., (2014) Food Qual. Pref., DOI: 10.1016/j.foodqual.2014.03.003.

III- Application de la méthode S-DTL en condition naturelle de consommation

Étude 3 – Partie 2

1. Objectifs

Cette étude s'inscrit directement dans la continuité du projet ESN présenté dans l'étude 3 - Partie 1, où, pour rappel, 667 consommateurs européens ont participé, au laboratoire, à une évaluation simultanée de la DTS et de l'appréciation hédonique au cours de la dégustation de trois bouchées de fromage de type Gouda. A la suite de cette séance et profitant des explications qui leur avaient été donné en amont, il a été demandé aux mêmes sujets d'évaluer par la même méthode cinq chocolats, mais à domicile. L'objectif d'un tel test consommateur est d'appliquer cette nouvelle méthode en situation naturelle de consommation dans le but d'être au plus près des habitudes du consommateur. Pour ce faire, un outil permettant l'acquisition en temps réel des données dans six pays différents a été utilisé. Afin de disposer d'un produit d'étude acceptable et attractif pour la majorité du panel, pouvant être consommé à n'importe quel moment de la journée et pratique à manger devant un écran d'écran d'ordinateur, d'un smartphone ou d'une tablette, cinq chocolats au lait ont été choisis puis produits, sous différentes formes, par un industriel chocolatier. Bien que les sujets étaient libres de consommer une partie seulement ou la portion entière de chaque produit, ils étaient invités à déguster et à évaluer au moins trois bouchées de chaque produit (à raison d'un seul produit par jour). Le but est ici de répliquer les analyses développées dans l'article 3 et ainsi de mieux comprendre les liens entre perceptions et appréciations hédonique au cours de prises successives d'un produit plaisir consommé au domicile tel que le chocolat au lait.

2. Matériels et méthodes

2.1. Participants

Les 667 consommateurs présentés dans l'étude 3 (le lecteur peut se référer à la section *Participants* de l'article 3 pour plus d'informations) ont été invités à prendre part à ce test à domicile. Il a été demandé aux sujets en amont de la séance au laboratoire s'ils possédaient une connexion internet chez eux dans le but d'évaluer cinq chocolats à

domicile, à raison d'un échantillon par jour. Seules les personnes ayant répondu oui à cette question ont été sélectionnés. 657 participants ont finalement participé à ce test à domicile, représentant ainsi uniquement 1.5% d'attrition.

2.2. Produits

Pour cette étude, cinq chocolats au lait ont été produits par un industriel chocolatier. Les produits, de formes différentes, ont été nommés P1, P2, P3, P4 et P5. Aucune information complémentaire concernant les qualités organoleptiques ou nutritionnelles de ces produits ne nous a été communiquée par le partenaire industriel.

2.3. Procédure

Ayant participé à l'étude 3, les consommateurs ont déjà pu expérimenter la méthode S-TDL en laboratoire. Pour plus d'informations sur les explications données aux sujets concernant la méthode, le lecteur peut se référer à la partie *Procedure* de l'article 3.

A la fin de la séance de dégustation de fromages au laboratoire (étude 3), il a été remis à chaque participant un sachet contenant cinq portions de chocolats au lait ainsi qu'un code sujet et un mot de passe à trois chiffres permettant un accès individuel à la séance depuis leur domicile. Les participants ont été invité à évaluer, chez eux, les cinq chocolats par la méthode S-DTL avec pour consigne d'en déguster qu'un par jour. L'ordre de présentation des produits était randomisé selon un carré latin de Williams. L'acquisition des données s'est faite en ligne via le logiciel TimeSens version 1.0 (INRA, Dijon, France). Afin de respecter la consigne d'un produit par jour, il était techniquement[17] impossible de se connecter à la séance pour un même sujet deux fois dans un délai de 24 h. Un délai de 15 jours était accordé au sujet pour réaliser l'ensemble des cinq évaluations.

La liste des descripteurs DTS était la suivante : *lait-crème*, *lisse*, *fondant*, *cacao*, *caramel*, *noisette*, *sucré*, *dur*, *tapissant*, *collant*.

[17] Option disponible du logiciel TimeSens version 1.0 (INRA, Dijon, France)

A la suite du dernier échantillon, le sujet était questionné sur le niveau de difficulté de la tâche.

2.4. Analyse des données

Les résultats graphiques DTS (bandes et AVC) ont été obtenus via TimeSens version 1.0 (INRA, Dijon, France). Les autres traitements statistiques ont été réalisés sous SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA).

2.4.1. Nombre de prises

Afin d'avoir une vision globale du nombre de bouchées évaluées par produit, le pourcentage de consommateur ayant consommé 1, 2, 3 et plus de 3 prises a été calculé pour chaque produit. De plus, pour chaque consommateur par produit, il a été dénombré le total de prises évaluées. Ce paramètre a été analysé par un modèle d'ANOVA ayant produit comme effet fixe et consommateur comme effet aléatoire. A la suite de cela, les moyennes des produits ont été comparées par la méthode de la PPDS.

2.4.2. Niveau de difficulté de la tâche

Les pourcentages de réponses ont été calculés pour chacune des catégories de réponse à la question « Comment évalueriez-vous la difficulté de l'ensemble de l'évaluation ? ». Les sept catégories étaient les suivantes : extrêmement facile - très facile - facile - ni facile, ni difficile - difficile - très difficile - extrêmement difficile.

2.4.3. Données temporelles

Les données DTS, *liking* temporel et DTL ont été analysées de la même manière que les données issues du test pratiqué en laboratoire. Le lecteur peut se référer à la partie *Data Analysis* de l'article 3 pour plus d'informations concernant l'analyse de ces données sensorielles temporelles.

3. Résultats – Discussion

3.1. Nombre de prises évaluées

Pour rappel, les consommateurs avaient pour consigne d'évaluer au moins trois bouchées de chaque produit. La Figure 24 nous informe que cette consigne a plutôt bien été respectée avec près de 94% du panel ayant consommé au moins trois bouchées des cinq chocolats. Seulement la moitié du panel a continué l'évaluation en bouchée n°4. Au vu du respect de la consigne initiale, ces résultats sont prometteurs quant à la capacité des sujets à réaliser une tâche descriptive temporelle multi-prises en autonomie à domicile.

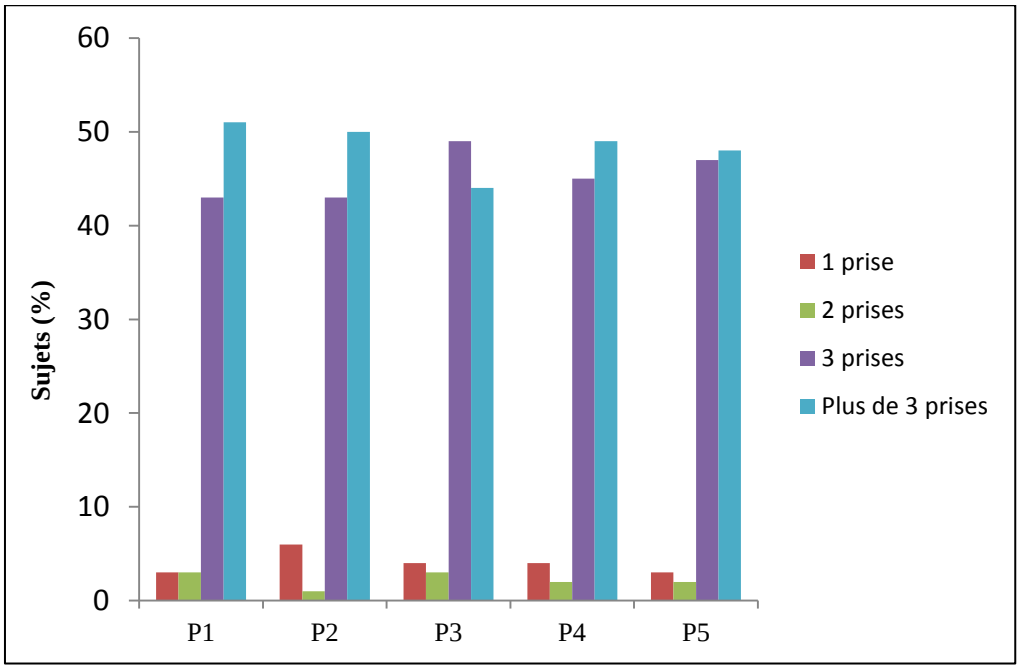


Figure 24 : Pourcentage de consommateurs ayant évalué un nombre de prises défini par produit.

En moyenne, les consommateurs ont consommé 3.7 bouchées de chacun des cinq chocolats (Figure 25). Le modèle d'ANOVA associé montre qu'il n'y a pas d'effet produit significatif ($F = 1.54$; $p = 0.19$) suggérant que les consommateurs ont évalué les cinq échantillons en un nombre de prises équivalent. Il est important de noter que ce paramètre ne reflète pas forcément la consommation totale de chaque produit. En effet, les consommateurs ont pu très bien continuer à consommer les chocolats sans pour autant les évaluer. Pour obtenir cette information il aurait fallu les interroger à la fin de chacune des séances d'évaluation ou bien lors d'un questionnaire de sortie à la suite du dernier produit

évalué. Au vu de ces résultats, les analyses suivantes seront basées sur les trois premières prises dans le but de prendre en compte la quasi-totalité des sujets.

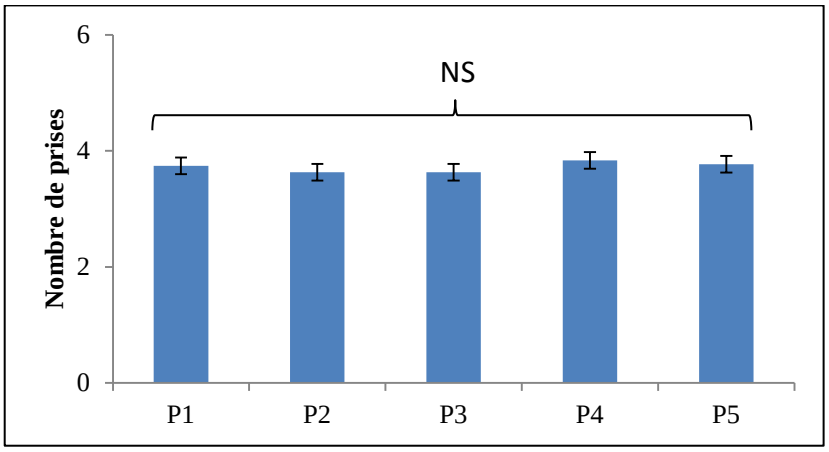


Figure 25 : Comparaison du nombre de prises moyen par produit.
Chaque moyenne est indiquée avec son intervalle de confiance à 95% calculé à partir du CM de la résiduelle du modèle associé.

3.2. Niveau de difficulté de la tâche

Selon les résultats de la Table 17, seulement 5% des consommateurs ont trouvé la tâche S-TDL difficile et 77% l'ont trouvé facile, voire plus. Ces résultats soulignent que les sujets sont capables de leur point de vue de réaliser la tâche DTS simultanément à une évaluation temporelle de l'appréciation hédonique. Ces résultats vont dans le sens de certains travaux passés suggérant l'utilisation de la DTS avec des consommateurs naïfs (Albert et al., 2012; Brachet et al., 2014; Rodrigues et al., 2016; Schlich et al., 2013) et la possibilité d'étendre les méthodes d'analyse sensorielle temporelles au domicile des consommateurs (Galmarini et al., 2015; Galmarini, Symoneaux, et al., 2016; Schlich et al., 2013). Notons néanmoins que ces résultats découlent d'un avis subjectif de la part du consommateur pouvant éventuellement affirmer que la tâche était facile, dans l'espoir d'être de nouveau recruter pour une prochaine étude.

Table 17 : Pourcentage de réponses qualifiant la facilité / difficulté de la tâche.

Réponse	Pays						
	FR	**GE**	**HU**	**PL**	**PR**	**UK**	**Global**
Extrêmement facile	12	9	42	2	13	12	15
Très facile	39	31	22	11	27	34	28
Facile	23	38	24	46	42	32	34
Ni facile, ni difficile	21	17	11	28	12	16	18
Difficile	6	4	0	12	5	6	5
Très difficile	0	1	0	1	0	1	0
Extrêmement difficile	0	0	0	0	0	0	0

3.3. DTS et appréciation hédonique des chocolats: comparaison entre pays.

3.3.1. *Liking* temporel

Le modèle global d'ANOVA présenté dans la Table 18 présente un effet produit modéré ($F = 4.70$; $p < 0.001$) du fait que seul le produit P4 soit légèrement moins apprécié que les quatre autres produits, et ce essentiellement pour les Polonais. Au niveau du panel global, notons que cette différence d'appréciation est très faible : 6.3 pour le produit P4 contre 6.4 en moyenne pour les autres produits. Malgré leurs différences de formes, les cinq produits sont donc appréciés de la même manière. Dans le but d'expliquer ce résultat et sans informations complémentaires de la part de l'industriel chocolatier nous ayant fourni ces produits, nous émettons l'hypothèse que ces derniers ont été élaborés à partir de la même recette. Nous notons également que pour aucun des six pays, un effet prise n'est significatif, suggérant peu de temporalité hédonique au cours des trois bouchées successives. Cette observation rejoint les résultats de l'étude 3 - partie 1 où il n'a également pas été montré d'effet de la bouchée lors de l'évaluation par les mêmes sujets de trois bouchées de fromage de type Gouda. Même s'il a été montré récemment que trois prises successives étaient suffisantes pour observer une évolution significative de l'appréciation hédonique (Rocha-Parra et al., 2016), il est possible que, dans le cas présent, trois bouchées ne soient pas assez représentatives de la consommation usuelle du produit et par conséquent, ne soient pas suffisantes pour déclencher des modifications d'appréciation de la part du consommateur. Afin de vérifier cette hypothèse, il pourrait être envisagé de reproduire l'expérimentation en invitant le sujet à une consommation *ad libitum*. Ainsi il serait alors possible d'établir le nombre de bouchées nécessaire pour observer une évolution significative du *liking*.

Table 18 : Résultats d'ANOVA des scores de liking par pays et comparaison des produits par pays.

Pays	F-Produit	F-Prise	F-Produit*Prise	P1	P2	P3	P4	P5	Global
HU	0.37	0.6	0.73	7	7.1	7	7.1	7	7.0a
FR	2.18	0	1.47	6.0	6.2	6.2	5.9	6.3	6.1c
GE	0.15	0.2	1.43	6.4	6.4	6.4	6.3	6.3	6.4c
PL	4.22***	1.13	0.43	6.4a	6.5a	6.5a	6.0b	6.5a	6.4c
PR	1.31	0.51	1.41	6.8	6.6	6.7	6.8	6.5	6.7b
UK	2.16	0.15	0.14	6.2	6	6.2	6.1	6.1	6.1c
Global	4.7***	0.21	0.16	6.4a	6.5a	6.5a	6.3b	6.4a	6.4

Niveau de significativité : *5%, **1%, ***0.1%.
La ligne "Global" liste les valeurs F de l'ANOVA globale et les moyennes globales de *liking* pour chaque produit. La colonne "Global" liste les moyennes globales de *liking* pour chaque pays.
Les lettres permettent de mettre en évidence les différences entre produit pour chaque pays (et au niveau du panel global) - 2 produit n'ayant pas la même lettre sont significativement aimés différemment ($\alpha = 5\%$). Ce principe s'applique également dans la dernière colonne entre pays.

3.3.2. Bandes DTS

Les bandes DTS en temps standardisé par produit et par pays sont représentées dans la Figure 26. Cette représentation simplifiée des 30 courbes DTS (6 pays*5 produits) nous permet une lecture rapide de l'information. Nous observons que les différences entre pays sont plus importantes que celles entre produits. En effet nous notons peu de différences entre produits au niveau de chacun des six panels alors que l'utilisation d'attributs spécifiques semble caractéristique dans certains pays. Pour exemple, les Britanniques utilisent plus les descripteurs *lisse* et *tapissant* (représentés en bordeaux et en gris dans les bandes DTS) pour décrire les chocolats, alors que l'arôme *cacao* (représenté en noir) est un descripteur significativement dominant pour les consommateurs Français et Hongrois. Quant aux Allemands, ils semblent être plus en accord pour décrire ces chocolats comme étant dominés par la saveur *sucrée* (de couleur bleue) et ce plus particulièrement pour les produits P1, P2 et P4. Enfin, ce peu de différences observées entre les cinq chocolats permet d'expliquer pourquoi ces produits ne sont pas discriminés d'un point de vue hédonique.

Le parallèle entre cette étude et l'étude 3 - partie 1 permet de conclure que les différences entre pays dépendent fortement du produit évalué. En effet, les six panels (constitués des mêmes consommateurs que pour la présente étude) avaient décrit de manière relativement consistante les fromages de type Gouda. Dans le cas présent, les

différences entre pays suggèrent des différences culturelles de perceptions concernant l'évaluation de ces cinq chocolats au lait. A notre connaissance, aucune publication dans la littérature ne relate ce résultat. Afin de le valider et de tenter de mieux comprendre les raisons de telles différences, d'autres méthodes descriptives non temporelles pourraient être envisagées (CATA ou bien Profil Flash par exemple). De même, il serait informatif d'interroger les sujets sur leurs habitudes de consommation concernant l'univers produit correspondant.

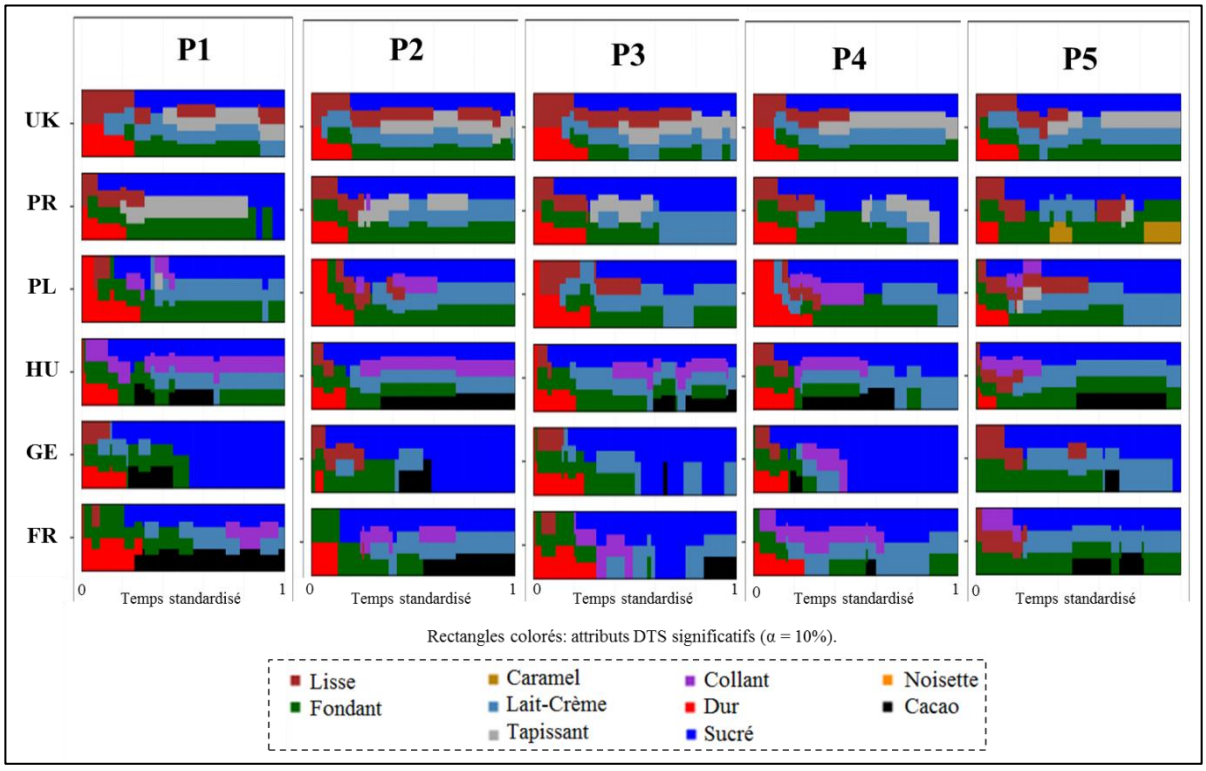


Figure 26 : Comparaison des bandes DTS entre les cinq produits et les six pays.

3.3.3. Durées de dominance des attributs

Basée sur les AVC des durées de dominance par pays, la caractérisation des cinq chocolats est résumée en Table 19. Comme précédemment pour l'observation des bandes DTS, la description des produits n'est pas consensuelle parmi les pays. Notons cependant quelques similarités entre les pays : les descripteurs *dur* et *fondant* sont respectivement dominants plus longtemps pour P3 et P5 bien que ce ne soit pas le cas pour l'un des panels (Pologne). Le produit P1 est lui aussi davantage caractérisé par le descripteur *dur* pour quatre des six panels (France, Allemagne, Grande-Bretagne, Pologne). La durée de

dominance de l'attribut *collant* est plus importante pour le produit P2 (vérifié pour les pays suivants : Portugal, Allemagne, Grande-Bretagne, Hongrie). P4 est quant à lui le produit ayant été caractérisé de manière la moins consensuelle entre les pays.

Globalement, la moitié des panels (Allemagne, Pologne, Portugal) a discriminé les produits en deux dimensions significatives, contre une pour les autres pays. Enfin, les consommateurs français ont été les plus discriminants (F-MANOVA = 5) parmi les six pays alors que les panels polonais et britannique ont été les moins discriminants (F-MANOVA = 2.8 et 2.9 respectivement).

Table 19 : Comparaison des durées de dominances entre les pays.

Pays	F	NDim	P1	P2	P3	P4	P5
HU	3.1	1	Collant Tapissant	Collant Tapissant	Dur Noisette	Dur Noisette	Fondant Lait-Crème
FR	5	1	Noisette Dur Cacao	Fondant Lisse Lait-Crème Caramel	Tapissant Noisette Dur	Collant Sucré Tapissant Lait-Crème Caramel	Fondant Lisse Lait-Crème Caramel
GE	4.3	2	Dur	Sucré Lisse Fondant Collant Noisette	Dur Caramel Lait-Crème	Tapissant Noisette Collant Dur	Sucré Lisse Fondant Lait-Crème
PL	2.8	2	Caramel Fondant Noisette Dur	Caramel Fondant Noisette	Cacao	Dur	Lait-Crème Tapissant Lisse Cacao
PR	4	2		Collant Noisette Tapissant	Dur Sucré		Cacao Fondant Lisse Caramel
UK	2.9	1	Dur	Lisse Tapissant Collant	Dur	Lait-Crème	Cacao Fondant

Basée sur les AVC des durées de dominance, la table liste pour chaque produit et chaque pays les attributs ayant une durée de dominance plus importante qu'au moins un autre produit. Pour chaque AVC par pays, les valeurs F de la MANOVA et le nombre de dimensions discriminantes significatives (NDim) sont notés.

3.4. Indices CLWD au niveau du panel global

La Table 20 résume les indices CLWD pour l'ensemble des produits au niveau du panel global dans le but de mettre en évidence des déterminants temporels de *liking*. Consensuels entre les cinq produits, les résultats indiquent que le descripteur *lait-crème* semble être le meilleur DTL avec une augmentation moyenne de l'appréciation hédonique égale à 0.15 points quand cet attribut est cité comme dominant pour près de 72% du panel. A l'inverse, *collant* est le DTL diminuant le plus le score de *liking* (-0.24 point en moyenne) lorsque celui-ci est cité dominant pour 55.7% du panel. Dans une moindre mesure *lisse* et *tapissant* sont tous deux des DTL significatifs, respectivement positif et négatif, pour l'ensemble des produits. Concernant les autres descripteurs significatifs, notons que l'augmentation (ou la diminution) moyenne du score de *liking* associée est relativement faible (proche de 0.1 point).

Table 20: Déterminants temporels de liking globaux.

	P1		**P2**		**P3**		**P4**		**P5**	
Descripteurs	%Panel	CLWD	%Panel	CLWD	%Panel	CLWD	%Panel	CLWD	%Panel	CLWD
Lait_Crème	72.3	**0.16*** **	71.1	**0.16*** **	72.5	**0.09*** **	71.5	**0.21*** **	72.3	**0.13*** **
Lisse	63.9	**0.11*** **	70.6	**0.16*** **	62.3	**0.11*** **	62.7	**0.11*** **	73.5	**0.08*** **
Fondant	77.6	0.03	80.8	**0.09*** **	76.0	**0.05***	77.2	**0.06** **	84.0	**0.07*** **
Cacao	49.8	**0.11** **	50.4	**0.08** **	48.6	0.03	50.1	**0.12*** **	51.1	0.05
Caramel	27.2	0.09	29.5	0.07	31.5	0.06	29.2	0.03	32.0	**0.09***
Noisette	20.1	-0.04	19.9	-0.09	17.7	-0.12	21.3	0.05	16.4	-0.07
Sucré	83.6	-0.03	81.4	**-0.05***	82.8	**-0.05***	83.6	-0.02	82.5	-0.04
Dur	54.0	**-0.09***	39.1	-0.05	58.9	-0.06	49.3	**-0.10** **	29.8	**-0.14** **
Tapissant	60.6	**-0.17*** **	57.2	**-0.12*** **	61.0	**-0.12*** **	58.1	**-0.16*** **	55.4	**-0.18*** **
Collant	57.4	**-0.24*** **	59.4	**-0.28*** **	52.7	**-0.24*** **	57.5	**-0.23*** **	51.6	**-0.23*** **

CLWD: Moyenne des scores individuels LWD
Niveau de significativité : *5%, **1%, ***0.1%.
Un CLWD significativement supérieur (resp. inférieur) que 0 indique un Déterminant Temporel de *Liking* positif (resp. négatif) surligné en vert (resp. rouge).
%Panel: Proportion de consommateurs (n = 657) ayant cité le descripteur comme dominant.

3.5. DTL expliqués par une segmentation des préférences

3.5.1. Construction de la segmentation

La Table 21 présente la segmentation de l'ensemble des six panels de consommateurs réunis. Cette segmentation est basée sur les scores individuels moyens de *liking* (pondérés par les durées de citation) pour chacun des cinq produits. Trois groupes de consommateurs ont été retenus (Trace de Hotelling-Lawley = 1.91 et PseudoF = 110.25). Le groupe le plus important (n = 233) apprécie plus les produits P4 et P5 (moyennes de *liking* respectives de 6.8 et 7.0) contrairement aux produits P1 et P2 notés en moyenne à 6.1. Le second groupe (n = 198) apprécie également plus P5 (moyenne de 6.7) mais également P2 (moyenne de 6.9) alors que c'est le produit P4 qui est le moins apprécié (moyenne de 5.4). Enfin, le dernier groupe (n = 193) apprécie plus les produits P1, P3 et P4 (moyennes respectives de 6.8, 6.5 et 6.7). P5 est par ailleurs moins apprécié dans ce groupe (moyenne de 5.5) contrairement au reste des consommateurs.

Fait intéressant, aucune différence d'appréciation entre les cinq chocolats (variance nulle) n'a été observée pour 33 sujets, ce qui représente environ 5% du panel. Cette observation pourrait être expliquée par l'hypothèse avancée précédemment suggérant une recette similaire pour les cinq produits de formes différentes.

Table 21 : Segmentation des consommateurs basée sur les scores de liking.

Groupe	n	F-valeur	Gmoyenne	P1	P2	P3	P4	P5
"P4-P5"	233	51.7	6.5	6.1-	6.1-	6.4	6.8+	7.0+
"P2-P5"	198	95.8	6.4	6.5	6.9+	6.5	5.4-	6.7+
"P1-P3-P4"	193	76.8	6.4	6.8+	6.5	6.5+	6.7+	5.5-
GLOBAL	624	1.69	6.4	6.4	6.5	6.5	6.3-	6.4

Statistiques de la procédure Centroid Varclus de SAS : trace de Hotelling-Lawley = 1.91 et PseudoF = 110.25, pour une segmentation en 3 groupes. Les moyennes des produits sont symbolisées par un «-» ou un «+» selon si elles sont significativement (p <= 0.05) plus petites ou plus grandes que la grande moyenne (Gmoyenne). Pour 33 sujets, aucune différence d'appréciation n'a été observée entre les 5 produits.

3.5.2. Bandes DTS par groupes

Les bandes DTS en temps standardisé par groupe et pour chacun des cinq produits représentées en Figure 27 suggèrent peu de différences descriptives entre les trois groupes. Cependant, nous pouvons noter que les produits les plus appréciés sont perçus moins *collant* (représenté en violet) que les produits les moins aimés. Cette observation confirme la conclusion précédente (section 3.4) montrant que ce descripteur impacte négativement la note de *liking* lorsqu'il est cité comme dominant (CLWD négatif). Soulignons également que le groupe appréciant plus les produits P4 et P5 tend à caractériser davantage que les autres groupes l'ensemble des produits par le descripteur *tapissant* (représenté en gris).

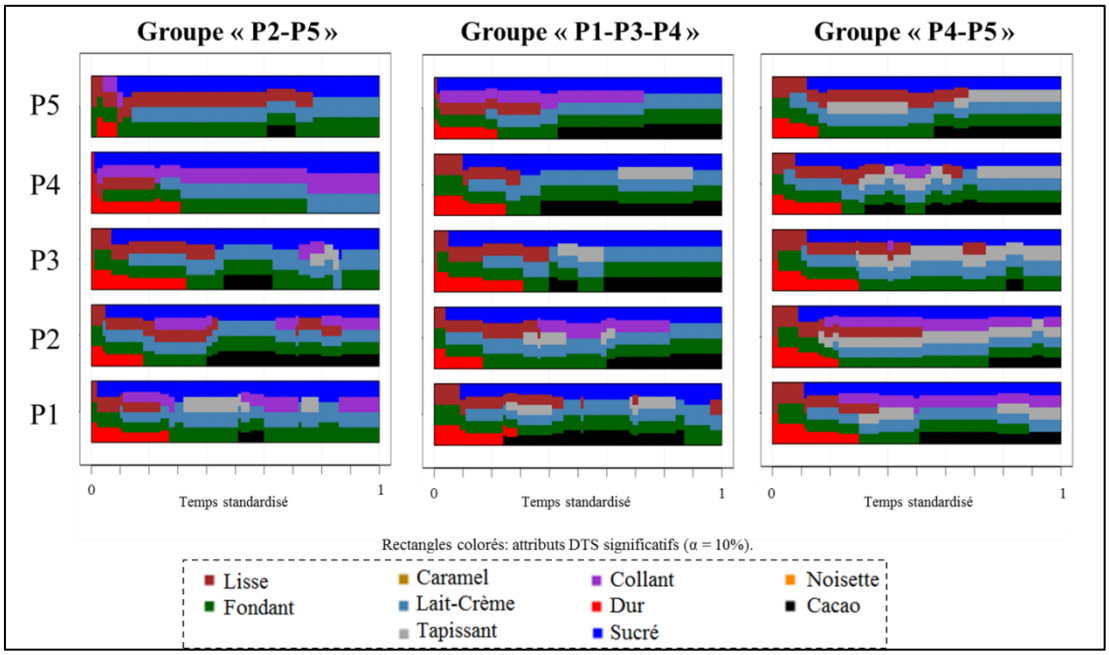


Figure 27 : Comparaison des bandes DTS entre les groupes issues de la segmentation.

3.5.3. Déterminants Temporels de *Liking* spécifiques par groupes

La Table 22 résume et synthétise les DTL significatifs pour chacun des trois groupes issus de la segmentation basée sur les notes de *liking* moyennes des cinq chocolats. Une lecture rapide de cette table suggère que les descripteurs *lisse* et *lait-crème* sont les DTL positifs les plus importants (+0.15 point en moyenne) alors que *collant* est celui qui va entrainer une diminution de *liking* quasi-systématique (-0.25 point en moyenne). Enfin, certains DTL semblent plus spécifiques à certains groupes comme *fondant* et *tapissant* respectivement DTL positif et négatifs pour les consommateurs appréciant plus les chocolats P2 et P5. Pour ce même groupe notons que, bien que les produits P2 et P5 soient

les plus appréciés, une diminution de *liking* au cours des trois bouchées est significativement due à la dominance du descripteur *dur* pour 28% de ce groupe (-0.22 point en moyenne lorsque ce descripteur est cité comme dominant). Enfin, les produits P2 et P4 semblent plus aimés lorsque le descripteur *cacao* est cité comme dominant (+0.13 point en moyenne).

4. Conclusion

Pratiquer l'évaluation sensorielle au domicile du consommateur s'avère être une stratégie permettant d'être au plus près des habitudes du consommateur (Martin et al., 2014). Cette approche, financièrement intéressante, pourrait bien être une des priorités de recherche de demain tant au niveau académique qu'industriel (Jaeger et al.). Bien que cette pratique soit déjà développée avec des méthodes sensorielles statiques (p. ex. Ruark, Vingerhoeds, Kremer, Nijenhuis-de Vries, & Piqueras-Fiszman, 2016), peu d'études reportent l'utilisation de méthodes temporelles au domicile du sujet (Galmarini et al., 2015; Galmarini, Symoneaux, et al., 2016; Schlich et al., 2013) ; la présente étude s'inscrit dans cette mouvance novatrice.

La tâche S-DTL à domicile s'est déroulée dans de bonnes conditions dans chacun des six pays avec uniquement 1.5% d'attrition. De plus le fait d'évaluer simultanément DTS et appréciation hédonique n'a pas été jugé difficile par les consommateurs. D'après les différents animateurs de séance, les consommateurs ont même été enthousiastes concernant la nouveauté de ces évaluations. Rappelons toutefois qu'il est indispensable que l'ensemble du personnel impliqué dans ce type d'expérimentation ait compris la tâche et que des instructions détaillées accompagnées d'une démonstration de la séance sur le logiciel utilisé soient fournies avant le début de la dégustation. Il est important de noter également qu'il était techniquement impossible (option spécifique au logiciel utilisé), pour un même sujet, de se connecter deux fois dans la même journée afin de ne pouvoir évaluer qu'un seul produit par jour. Cependant, cette limitation a engendré quelques problèmes de connexions pour certains participants. Malgré ces quelques soucis, nous nous permettons d'insister sur le fait qu'un tel procédé semble nécessaire afin de mener à bien des évaluations à domicile. Cela permet d'impliquer le sujet dans l'évaluation et ainsi de pouvoir suivre à distance (via internet) son avancée dans l'étude.

Table 22 : Déterminants temporels de liking par groupes.

	Groupe "P2-P5"					**Groupe "P1-P3-P4"**					**Groupe "P4-P5"**				
Attribut	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**
Lait_Crème	**0.15***	**0.15****	**0.10***	**0.35*****	0.07	**0.09****	**0.11****	0.04	**0.14*****	**0.19*****	**0.19*****	**0.20*****	**0.13****	**0.18*****	**0.11****
Lisse	**0.09***	**0.10***	**0.09***	**0.20*****	0.06	**0.07***	**0.11****	**0.12****	0.08	**0.15****	**0.17****	**0.23*****	**0.11****	**0.11****	0.06
Fondant	0.04	**0.13*****	**0.12****	**0.13****	**0.09***	-0.02	0.03	-0.02	0.00	**0.08***	0.09	**0.11****	0.06	0.06	0.04
Cacao	**0.14***	**0.14*****	**0.10***	0.09	0.10	0.06	0.04	0.05	**0.09***	0.10	0.07	0.07	-0.08	**0.17****	-0.04
Caramel	0.06	0.12	0.02	0.12	0.09	0.05	0.08	0.12	-0.01	0.04	0.10	-0.03	0.02	0.00	0.08
Noisette	0.12	-0.27	-0.03	0.20	-0.06	-0.22	-0.01	-0.22	-0.06	-0.02	-0.04	-0.03	-0.19	0.02	-0.09
Sucré	-0.03	**-0.11****	-0.04	-0.01	-0.03	-0.05	0.00	-0.04	-0.02	0.03	-0.03	-0.09	-0.09	-0.05	**-0.13****
Dur	-0.13	**-0.19***	-0.07	0.03	**-0.25***	-0.04	-0.09	0.05	-0.12	0.03	-0.11	0.03	**-0.15***	**-0.19****	-0.18
Tapissant	**-0.30*****	**-0.22*****	**-0.35*****	**-0.39*****	**-0.27*****	**-0.18*****	-0.08	0.01	**-0.10***	**-0.14***	-0.05	**-0.09***	-0.06	-0.07	**-0.14****
Collant	**-0.15****	**-0.38*****	**-0.28*****	**-0.24*****	**-0.27*****	**-0.24****	**-0.15****	-0.10	**-0.26*****	**-0.17****	**-0.28*****	**-0.27*****	**-0.30*****	**-0.22*****	**-0.23****

Les scores réprésente les CLWD calculés par groupe.
CLWD: Moyenne des scores individuels LWD.
Niveau de significativité : *5%, **1%, ***0.1%.
Un CLWD significativement supérieur (resp. inférieur) que 0 indique un Déterminant Temporel de *Liking* positif (resp. négatif) surligné en vert (resp. rouge).

D'un point de vue hédonique, les chocolats n'ont pas été discriminés par l'ensemble des panels. Leurs profils temporels obtenus par la DTS n'ont également montré que peu de différences. Cependant, une segmentation de l'ensemble des consommateurs a mis en avant trois groupes ayant des préférences distinctes. Le descripteur *collant* semble clairement être plus dominant dans les produits les moins appréciés pour chacun des trois groupes. Enfin , comme discuté dans l'article 3, cette segmentation a permis de mettre en avant des DTL spécifiques à certains groupes de consommateurs, confirmant ainsi son intérêt en amont d'une analyse conjointe des données temporelles descriptives et hédoniques.

IV- Conclusion

Deux applications de la méthode DTL hors du laboratoire sensoriel ont été proposées dans ce chapitre. En couplant la méthode DTS à un appariement *nosespace* de type PTR-TOF-MS au sein d'un laboratoire physico-chimique, nous avons établi un lien direct au niveau individuel entre la cinétique de libération d'arômes et la perception d'un aliment au cours de sa consommation.

D'autre part, nous avons souhaité orienter les expérimentations en situation naturelle de consommation. Pour cela nous avons déployé la méthode DTL au domicile des participants. Bien que les produits testés (chocolats au lait) n'aient pas été véritablement discriminés pour chacun des six pays, aussi bien d'un point de vu hédonique que descriptif, nous avons noté que les consommateurs avaient trouvé la tâche facile et que les consignes concernant l'évaluation multi-prises avaient bien été respectées. Enfin, nous avons confirmé qu'une segmentation des consommateurs basée sur les scores hédoniques permettait de mettre en évidence des DTL spécifiques pour des groupes cibles de consommateurs.

CHAPITRE 5 :
DISCUSSION GÉNÉRALE

I- Discussion des résultats issus de ce travail

A notre connaissance, il n'existait pas de travaux traitant d'un lien entre profil dynamique multi-descripteurs et appréciation hédonique temporelle dans la littérature. Le premier objectif de ce travail a été de développer une méthodologie permettant une acquisition de données temporelles descriptive et hédonique issues des mêmes consommateurs. Au cours de ces trois années de thèse, les divers partenariats nous ont conduits à développer, sans relâche, nos protocoles dans le but d'apporter une réponse adaptée aux problématiques liées à chaque type de produit. Nous proposons dans la Figure 28 d'établir un résumé de l'avancée méthodologique conduite au cours de ces trois années de thèse. Cette avancée a ainsi permis d'étendre le concept de temporalité de la prise unique à la portion entière.

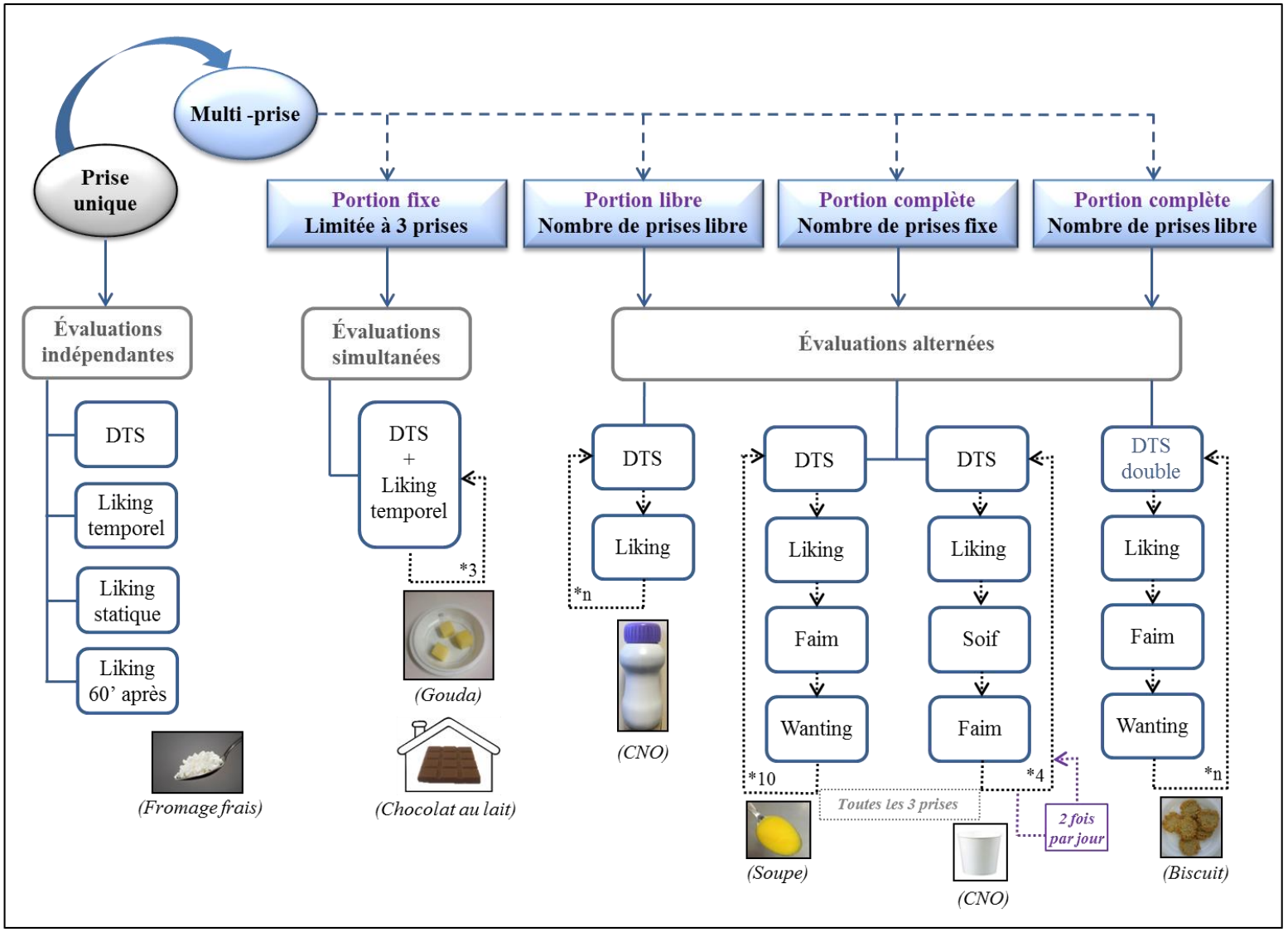


Figure 28: Récapitulatif des différents protocoles DTL utilisés au cours de la thèse.

1. Le consommateur en tant qu'outil de mesure sensorielle

L'évaluation de l'intensité des descripteurs DTS, jugée non réellement nécessaire par Pineau et al. (2012), est de moins en moins courante dans la littérature depuis qu'il a été montré que la notion de dominance suffisait à fournir les informations temporelles importantes (Dinnella et al., 2013; Paulsen et al., 2013). Concernant l'entrainement des sujets, Albert et al. (2012) ont mentionné que la méthode ne requiert presque pas d'entrainement tant que les attributs sont suffisamment simples à comprendre par les sujets. A partir de ce constat, il nous a semblé intéressant d'utiliser la méthode DTS directement avec des consommateurs afin de mieux comprendre quelles étaient pour eux les sensations dominantes et ainsi de savoir si ces dernières pouvaient expliquer leurs préférences.

Dans les différentes expérimentations menées au cours de cette thèse, les consommateurs ont été capables de discriminer les produits du point de vue de leur profil temporel. De plus, leur utilisation de la DTS s'est avérée en accord avec les travaux de Pineau et al. (2012) aussi bien dans la durée de l'évaluation totale que dans le nombre de descripteurs utilisés pour chacune des évaluations. Les résultats obtenus suite à nos travaux ainsi que les retours positifs des participants vis-à-vis de la méthode suggèrent que la notion de dominance est facilement compréhensible par un sujet naïf. Récemment, Rodrigues et al. (2016) ont confirmé que les consommateurs sont capables de discriminer les produits en DTS. Les auteurs ont également montré qu'un entrainement préalable ne semblait pas améliorer ce niveau de discrimination. Ces résultats vont dans le sens des travaux de Meillon et al. (2009) suggérant qu'un surentrainement peut conduire à des réponses individuelles types. Enfin, parallèlement à nos travaux, Brachet et al. (2014) ont souligné l'importance de prendre en compte les profils DTS obtenus avec des consommateurs naïfs afin de mieux expliquer leurs préférences. Quelques récents travaux ont suggéré l'utilisation de la DTS pour mieux comprendre les préférences des consommateurs (Di Monaco, Miele, Volpe, Masi, & Cavella, 2016; Paulsen et al., 2013). Ces deux études se sont basées sur l'utilisation de deux panels différents pour l'évaluation descriptive et hédonique, ce qui pourrait résulter en un manque de causalité des corrélations. Contrairement à ces travaux, cette thèse propose d'évaluer les deux composantes à partir des mêmes consommateurs ; ce travail de thèse s'inscrit ainsi dans une démarche méthodologique innovante. Récemment repris dans d'autres travaux (Galmarini, Dufau, Loiseau, Visalli, & Schlich, 2016; Galmarini, Loiseau, Visalli, & Schlich, 2016; Goupil de

Bouillé & Krog, 2015; Guilbot, Ng, Goupil de Bouillé, & Cullingworth, 2015; Ng, Guilbot, Goupil de Bouillé, & Cullingworth, 2015; Oliveira et al., 2015), ce type de méthodologie souligne pour la recherche industrielle mais également académique, l'intérêt de mieux comprendre le rôle des sensations perçues par les consommateurs pour mieux expliquer leurs préférences. Ainsi, l'utilisation du consommateur en tant qu'outil de mesure sensorielle permet de se rapprocher d'une situation naturelle de consommation, mais aussi de pouvoir s'intéresser à d'autres paramètres influençant la prise alimentaire.

2. De la prise unique à la portion entière

Classiquement, la notion de temporalité en analyse sensorielle défini un suivi temporel intra-prise où l'objectif est de caractériser d'éventuels changements de perception, hédonique ou descriptif, au sein même d'une prise d'un aliment ou d'une boisson (Delarue & Blumenthal, 2015; Lawless & Heymann, 2010). Résumés dans la Figure 28, les différents protocoles mis en place durant cette thèse ont permis d'étendre le concept de temporalité de la prise unique à la portion entière du produit. Initialement, nos travaux menés sur l'évaluation d'une bouchée unique de fromages frais aromatisés ont confirmé une temporalité descriptive et hédonique. Dans un même temps, nous avons confirmé les travaux de Sudre et al. (2012) suggérant que les consommateurs sont capables d'évaluer leur appréciation hédonique durant la dégustation d'un aliment. Ces travaux nous ont menés à étendre le concept de temporalité à une succession de prises d'un même produit afin de se rapprocher d'une situation normale de consommation. En passant de trois prises (évaluation de Goudas) à une portion libre (évaluation de CNO), le protocole s'est ainsi complexifié avec une quantité consommée différente entre sujets. Cela a entrainé de surcroit, un nombre d'évaluations différent en fonction des sujets et des produits. Le concept des périodes présenté dans l'article 2 répond à cette limite. Notons toutefois que nous avons fixé à trois le nombre de périodes afin de définir le début, la fin et la phase intermédiaire de la consommation de la portion. Enfin, nous avons étendu le protocole à la portion complète, en fixant dans un premier temps le nombre de prises (évaluations de soupes et de CNO) puis en laissant libre la consommation (évaluation de biscuits), dans un second temps. Il est important de fixer correctement la quantité de la portion complète afin que chaque sujet puisse la consommer sans difficulté. Pour exemple, la portion de biscuits correspondait à un apport énergétique de 300 kcal, représentant l'apport moyen d'une

portion individuelle. Soulignons que les participants aux études menées dans ce travail ne se sont jamais plaints d'avoir rencontré des difficultés à consommer l'intégralité de la portion du produit proposé. L'étude de la portion entière d'un produit nécessite également de restreindre le nombre d'évaluations réalisées par un sujet durant une même séance. Pour exemple, les sujets n'ont évalué que 10 gorgées de soupes sur les 30 consommées. A l'inverse, lorsqu'il est choisi un protocole en prise libre (comme par exemple l'étude portant sur les biscuits) il est préférable d'appliquer le concept de périodes afin de traiter l'ensemble des données de chaque sujet.

L'utilisation de la DTS pour étudier la portion entière a confirmé certains travaux de la littérature ayant utilisé le TI ou le profil séquentiel dans le but de mettre en évidence l'accumulation de certains attributs au cours de prises successives d'un même produit (Courregelongue et al., 1999; Methven et al., 2010). L'idée d'utiliser des méthodes temporelles descriptives multi-descripteurs pour étudier le profil multi-prises d'un produit a récemment été reprise dans différents travaux (Galmarini, Visalli, et al., 2016; Oliveira et al., 2015; Zorn, Alcaire, Vidal, Giménez, & Ares, 2014). Concernant la composante hédonique, Rocha-Parra et al. (2016) ont confirmé la possibilité d'évaluer de manière continue le *liking* au cours de la consommation de trois gorgées successives d'une même boisson.

En s'inscrivant dans une démarche de consommation naturelle du produit, nous avons pris le parti dans nos travaux de mentionner aux consommateurs que les échantillons consommés provenaient du même produit. Bien que ce choix méthodologique puisse être discuté et non partagé par certains auteurs (p. ex. Appelqvist, Poelman, Cochet-Broch, & Delahunty, 2016), de récentes études portant sur l'évolution des sensations descriptives ou hédoniques en multi-prises ont suivi cette même voie (Galmarini, Visalli, et al., 2016; Oliveira et al., 2015; Rocha-Parra et al., 2016; Zorn et al., 2014). Il nous semble que le choix de ne fournir aucune information quant à savoir si les échantillons sont les mêmes ou non peut conduire à des différences d'interprétations de la part des participants. En effet, un biais méthodologique pourrait s'installer si certains sujets étaient persuadés de consommer des échantillons issus de produits différents alors que d'autres pourraient avoir des doutes ou bien seraient persuadés de consommer le même produit.

3. Alternance ou simultanéité des composantes temporelles

La Figure 28 présente les deux protocoles permettant d'évaluer conjointement dans la même séance les composantes temporelles descriptive et hédonique en multi-prises. Dans la méthode alternée (A-DTL), la notation hédonique est discontinue (i.e., après chaque prise évaluée) alors que dans la méthode simultanée (S-DTL) le consommateur peut notifier d'éventuels changements au sein même des prises.

Via l'approche simultanée, il est important que le sujet réactualise son score de *liking* au cours de la dégustation tout en n'étant pas influencé par sa réponse précédente (Rozin et al., 1982). L'utilisation de la méthode TI (Taylor & Pangborn, 1990) ou d'échelles structurées (Kuesten et al., 2013; Sudre et al., 2012) lors d'une évaluation continue du *liking* ne semble donc pas répondre à cela. Ainsi, dans nos travaux, nous avons adapté une échelle hédonique à 9 points permettant d'encourager le sujet à évaluer de nouveau le produit. Pour cela, la surbrillance de la case liée à la réponse du sujet était éteinte après un temps fixé à 3 s. Notons qu'avec ce type de procédé, la petite taille des curseurs généralement utilisés avec des échelles continues aurait eu un impact visuel plus faible ce qui aurait eu pour conséquence de limiter le nombre de réponses éventuelles au sein même d'une prise.

Utilisée initialement durant une prise unique (fromages frais), nous avons étendu le concept de cette échelle à l'évaluation successive de trois bouchées de Gouda, simultanément à la tâche DTS (méthode S-DTL). A notre connaissance seuls les travaux de Rocha-Parra et al. (2016) ont également utilisé l'approche continue pour explorer de manière dynamique le *liking* au cours de prises successives d'un même aliment. Comme discuté ci-dessus, une telle méthodologie ne permet cependant pas de masquer la réponse précédente.

L'approche discontinue utilisée dans la méthode alternée (A-DTL) correspondant à une notation hédonique unique à chaque prise a été inspirée par certaines variantes de l'épreuve de lassitude trouvées dans la littérature (Köster & Mojet, 2007; Methven et al., 2010). Le procédé présenté précédemment pour éteindre la surbrillance de la réponse hédonique n'a donc plus lieu d'être. Ainsi, une échelle continue a été privilégiée dans cette méthode afin que le sujet ne suive pas un schéma de réponse dicté par ses précédentes réponses. La méthode A-DTL proposant d'alterner l'évaluation DTS à une notation

hédonique à chaque prise du produit, a été récemment reprise par Galmarini, Loiseau, et al. (2016) dans le but d'étudier l'influence d'une consommation de fromage sur la perception du vin.

A notre sens, il semblerait raisonnable de privilégier l'évaluation continue à un nombre limité de prises évaluées alors que l'approche discontinue serait à considérer lorsque le nombre d'évaluations d'un même produit est supérieur à trois afin d'éviter un ennui et une fatigue chez le consommateur. De plus, trois prises conditionnent un nombre suffisant de scores hédonique afin d'appliquer le concept du LWD en A-DTL. Enfin, en élargissant la méthodologie alternée à la portion entière, nous avons rendu possible l'évaluation de la dynamique d'autres paramètres régulateurs de la prise alimentaire tels que l'état de faim, de soif ou encore le *wanting*.

4. Faisabilité et comparaison méthodologique

La Figure 28 souligne le niveau de complexité croissant des différents protocoles DTL mis en place au cours de ce travail de thèse. Le protocole DTL évaluant indépendamment les composantes hédonique et descriptive n'a présenté aucune difficulté supplémentaire par rapport à ce que l'on peut trouver dans la littérature (Pineau et al., 2009; Sudre et al., 2012). En comparant les données issues de ce protocole avec une évaluation classique de *liking*, nous avons observé que les consommateurs avaient tendance à donner leurs scores avant même d'avoir dégluti le produit. Ce résultat pourrait expliquer pourquoi Sudre et al. (2012) ont observé une corrélation positive entre le score de *liking* global et le score de *liking* dynamique donné en début de mastication. Si cette observation venait à être validée avec d'autres participants et d'autres produits, cela signifierait que les consommateurs ne prennent pas en compte toute la temporalité du produit lorsqu'ils donnent leur score de *liking* global. La comparaison méthodologique menée dans nos travaux a également souligné une meilleure discrimination des produits lors d'une évaluation continue par rapport à une évaluation dite statique.

L'évaluation simultanée ou bien alternée des composantes temporelles hédonique et descriptive durant la même séance semble de prime abord outrepasser un des principes majeurs de l'analyse sensorielle qui suggère que ces données devraient être obtenues par différents types de panélistes (Stone & Sidel, 2004). Toutefois, il n'est pas rare dans la

littérature que les consommateurs soient interrogés à la suite de l'évaluation hédonique sur des questions relatives aux attributs sensoriels (p. ex. Vazquez-Araujo et al., 2010). Dans notre cas, il parait acceptable de ne pas considérer le concept de dominance comme une méthode sensorielle analytique classique, puisqu'il s'appuie sur une tâche instinctive de la part du consommateur. Concernant l'influence d'une évaluation DTS sur la notation hédonique, nous n'avons pas montré de différences par rapport au score de *liking* donné en séance classique suite à une première gorgée de soupe. Ces résultats suggèrent l'absence d'effet de report du choix de descripteurs dominants sur une notation hédonique donnée *a posteriori* et vont dans le sens de précédents travaux ayant validé que l'utilisation d'échelles d'intensité n'impactait pas la note de *liking* globale (Mela, 1989; Popper et al., 2004; Vickers et al., 1993). Soulignons également que la cinétique hédonique sur l'ensemble de la portion consommée d'un biscuit n'a été modifiée ni par une évaluation DTS, ni par d'autres variables additionnelles telles que le *wanting* ou bien l'état de faim. Réciproquement, les profils DTS multi-prises ne semblent pas être modifiés par l'évaluation alternée du *liking* mais également du *wanting* et de l'état de faim. La méthode DTL simultanée n'a pas été reportée difficile par plus de 600 consommateurs. Cependant, il semble discutable que d'éventuels effets de report puissent entrer en jeu entre les composantes descriptive et hédonique et ainsi biaiser les résultats. Il est en effet envisageable que le dégustateur soit inconsciemment influencé dans sa notation du *liking* par la citation d'une nouvelle sensation dominante connotée positivement ou négativement. Le travail entrepris par Prescott, Lee, et Kim (2011) permet d'apporter un début de réponse. En effet, les auteurs n'ont pas observé de différences d'effet de report sur la note hédonique entre des attributs connotés positivement et d'autres connotés négativement. Ce résultat est prometteur quant à la possibilité d'évaluer dans la même séance la DTS et le *liking* (et plus particulièrement via la S-DTL où les évaluations sont simultanées).

Dans l'étude 4, nous avons noté que les caractéristiques sensorielles intrinsèques liées aux soupes pouvaient être surévaluées dans les profils DTS lorsque différents produits étaient évalués dans la même séance. L'une des solutions pour limiter cela serait d'évaluer par séance un maximum de trois ou quatre produits différents n'ayant pas une caractéristique sensorielle persistante susceptible de biaiser la perception des autres produits.

Aussi, il semble qu'un temps de latence trop important avant de donner la note de *liking* entraine une augmentation continue de sa cinétique. Ainsi, une évaluation continue tout au long de la bouchée ou bien uniquement après la déglutition permettrait de se rapprocher de la « réalité ». alors qu'une évaluation réalisée une minute après le début de la dégustation de l'échantillon a entrainé une diminution du niveau de significativité de la discrimination. Ces différences d'observation posent la question de savoir quel type d'évaluation hédonique est la plus proche de la réalité et quelle est finalement la sensation qui va être gardée en mémoire par le sujet après la dégustation du produit.

5. Améliorations et alternatives à la DTS

Récemment, la méthode TCATA a été développée (Castura et al., 2016) et proposée aujourd'hui comme une alternative à la DTS. Contrairement au concept de dominance, le sujet est invité à définir l'ensemble des sensations perçues à chaque moment de la dégustation avec la possibilité de cocher et de décocher autant de descripteurs qu'il le souhaite à partir d'une liste imposée. Bien que l'information apportée par ces deux méthodes soit comparables (Ares et al., 2015), le fait qu'un sujet puisse désélectionner les attributs n'étant plus perçu à un instant donné semble discutable. D'ailleurs, Oliveira et al. (2015) soulignent qu'il est compliqué pour des consommateurs naïfs de désélectionner les attributs qui ne sont plus applicables. Afin de répondre à cette limite, Ares et al. (2016) proposent d'éteindre les termes sélectionnés après un temps prédéfini dans le but d'encourager le sujet à se questionner de nouveau concernant cet attribut. Utilisée initialement dans cette thèse au sein des protocoles DTL indépendant et simultané pour inciter le sujet à réévaluer son score hédonique, nous avons étendu ce concept à l'évaluation DTS afin d'adopter une cohérence de protocole entre les deux composantes temporelles.

La méthode double-DTS a récemment été introduite par Schlich et al. (2016). Cette méthode, utilisée dans l'évaluation de la portion entière de biscuits, permet aux participants de sélectionner à tout temps un descripteur de texture et un descripteur d'arôme-saveur comme dominants à partir de deux listes distinctes. L'un des avantages d'un tel procédé est de pouvoir analyser les données en fonction du type de descripteur. Un autre point pouvant être discuté concernant la DTS est la possibilité de laisser le choix au sujet de ne pas cliquer

sur un descripteur de la liste dans le cas où aucune sensation ne serait dominante à un instant donné. Cela d'autant plus lorsqu'un temps d'évaluation est prédéfini, ne permettant pas au sujet de stopper l'évaluation si plus aucune sensation n'est dominante. Dans l'étude portant sur les soupes, l'évaluation DTS de 30 s comprenait un bouton permettant au sujet de signaler qu'aucun descripteur ne domine. Sur le même principe, il est proposé dans le protocole double-DTS deux boutons de ce type, un pour chaque type de descripteur. Utile dans de tels protocoles, la généralisation de ce procédé à la méthode DTS classique pourrait être nécessaire pour pallier à d'éventuels effets d'équilibre entre certaines sensations. Similairement à la méthode TCATA, Schlich et al. (2016) proposent de pouvoir décliquer sur un descripteur n'étant plus dominant entrainant ainsi une période de non dominance. Cependant, la capacité des consommateurs à décliquer un attribut au cours de la dégustation reste discutable au vu des résultats obtenus par Oliveira et al. (2015) et Ares et al. (2016) en TCATA. Ainsi, la possibilité d'appliquer ce concept à la DTS nécessiterait d'être validé. Pour cela, deux groupes de consommateurs pourraient être comparés : le premier ayant pour consigne de décliquer l'attribut lorsque celui-ci n'est plus dominant et l'autre qui auraient reçu les consignes standards en DTS.

6. Analyses d'un nouveau type de données sensorielles

Au cours de cette thèse, l'extension des méthodes temporelles nous a conduits à adapter les différents types d'analyse de données descriptives et hédoniques. Pour ce qui est de la DTS, Galmarini, Visalli, et al. (2016) ont récemment présenté les différentes représentations (courbes et bandes DTS) et analyses basées sur les durées de dominance qui ont pu être utilisées au cours des différentes travaux de cette thèse. Concernant les données hédoniques, nous rappellerons le concept basé sur les périodes permettant de traiter des données issues d'un protocole ayant un nombre de prises variant en fonction des sujets, ainsi que la possibilité de pondérer les moyennes de *liking* individuelles par les durées de citations de ces scores. Dans leurs travaux, Rocha-Parra et al. (2016) suggèrent de traiter les données hédoniques continues multi-prises via des paramètres hérités de la méthode TI tel que l'aire sous la courbe ou bien l'intensité maximal. Cependant, ces travaux semblent présenter un biais du fait qu'un score hédonique de 0 est considéré, pour chaque participant, avant le premier clic sur l'échelle lors de la première prise. Le développement du concept LWD (*Liking While Dominant*), fondement de la méthode DTL, s'inscrit clairement comme

un nouveau genre dans l'analyse des données sensorielles. Initialement les scores LWD étaient calculés au niveau individuel puis moyennés au niveau du panel afin d'être comparés au score de *liking* moyen du produit. Nous avons ensuite adapté ce concept en centrant ces scores individuels par rapport aux scores de *liking* moyens individuels du produit correspondant.

Au cours de cette thèse, les données hédoniques dynamiques n'ont pas été traitées systématiquement en mesures répétées (prise ou période étant pris comme effet répété dans le modèle d'ANOVA). Néanmoins, Delarue et Blumenthal (2015) ont suggéré récemment de traiter ces données en mesures répétées afin de limiter d'éventuels biais de réponses de la part du consommateur. Bien que nous ayons suivi cette recommandation, il nous a semblé que les conclusions sensorielles apportées par un modèle à mesures répétées étaient similaires à celles d'un modèle ne prenant pas l'effet temps comme effet répété. L'idée d'extraire des DTL spécifiques à des groupes de consommateurs issus d'une segmentation basée sur leurs préférences a également été introduite. Bien que concluante dans notre cas, nous pouvons nous questionner sur la possibilité de réaliser une analyse similaire en segmentant les consommateurs différemment comme par exemple en fonction des scores individuels CLWD.

Un autre point discutable concerne les fortes corrélations observées entre les variables de *liking* et de *wanting* mesurées successivement. Un tel résultat interroge quant à l'utilité d'évaluer ces variables dans la même séance. Inspiré par les travaux de Galmarini et al. (2015), une solution pourrait être de proposer entre les deux mesures une tâche distractive comme appliquée dans l'étude des CNO. Ces deux dynamiques pourraient également être évaluées alternativement au cours des prises ou bien encore être évaluées indépendamment dans des séances différentes.

7. Les applications hors-laboratoire

L'application du concept DTL au domicile des consommateurs ouvre de nouvelles perspectives quant à l'évaluation de produits dans des conditions naturelles de consommation. Cependant nous tenons à rappeler l'importance de briefer les consommateurs le mieux possible avant, afin d'éviter toutes mauvaises pratiques de leur part durant l'évaluation. Ce type d'expérimentation sensorielle ne devrait concerner

uniquement les produits présentant un attrait positif hédonique pour le consommateur. En effet, il est possible qu'un sujet puisse délibérément ne pas évaluer un produit qu'il ne souhaiterait pas déguster. Le risque d'un tel comportement serait de recueillir des données générées au hasard par ce type de sujets. N'ayant aucun contrôle sur les sujets en dehors du laboratoire, il serait intéressant de développer des moyens de valider l'information obtenue de leur part. Pour cela, on peut imaginer la possibilité d'utiliser la photographie où les consommateurs auraient pour consigne de se prendre en photo lors de la consommation du produit et de l'envoyer à l'expérimentateur en parallèle de leurs réponses. L'implication du sujet dans un pareil protocole parait essentielle à son bon déroulement et travailler avec des vrais consommateurs du produit semble alors primordial.

Dans la dernière étude de cette thèse, nous avons pu appliquer le concept DTL en laboratoire physico-chimique afin d'évaluer au niveau individuel l'importance des relations entre la libération d'arômes et la perception d'un aliment au cours de sa consommation. Différents travaux dans la littérature se sont intéressés à un tel couplage. Parmi ces travaux, certains se basent sur deux panels indépendants (Barron et al., 2012; Charles et al., 2015; Mesurolle, Saint-Eve, Deleris, & Souchon, 2013) alors que d'autres réalisent les deux types de mesures simultanément à partir des mêmes sujets (Déléris et al., 2011; Deleris et al., 2011). L'ensemble de ces travaux conclut à l'existence d'un lien entre la dynamique des perceptions et le relargage aromatique bien que les données sensorielles et physico-chimiques soient analysées indépendamment les unes des autres. En proposant de définir au niveau individuel un indice d'abondance de chaque composé chimique lorsqu'un attribut DTS est cité comme dominant, les résultats issus de nos travaux confirment ainsi un lien direct entre ces deux dynamiques. Notons pour finir qu'un tel protocole nécessitant un spectromètre de masse limite le nombre de sujet à une seule personne par appareil, rendant cette méthodologie très coûteuse financièrement et en temps.

II- Recommandations à l'issue de ce travail

Les résultats issus des différentes études de ce travail de thèse aboutissent à des recommandations concernant la mise en œuvre d'un protocole temporel descriptif et hédonique tel que la méthode DTL.

1. Les sujets

Un minimum de 60 consommateurs est à considérer pour la mise en place d'un protocole DTL. Les participants doivent être naïfs et n'avoir jamais pris part à d'autres études leur ayant demandé de mesurer l'intensité de descripteurs sensoriels afin d'éviter une éventuelle confusion entre les concepts de dominance et d'intensité. Sur ce point, nous rejoignons Meyners (2010) qui recommande de ne pas recruter des sujets ayant participé à des tests descriptifs classiques afin d'éviter d'éventuelles confusions entre les concepts de dominance et d'intensité.

Comme nous l'avons discuté, l'entrainement des consommateurs n'est pas primordial tant que le choix des descripteurs DTS est suffisamment compréhensible pour eux. Notons néanmoins qu'il est indispensable que les participants suivent un briefing commun mené par l'animateur de la séance, dans le but de leur présenter les deux concepts primordiaux de la méthode : l'évaluation temporelle du produit et la dominance d'un attribut qui doit être défini comme une sensation qui attire l'attention à un moment donné. Il est conseillé d'accompagner les explications apportées aux consommateurs par une démonstration simulant la dégustation sur le logiciel d'acquisition des données. La mise en place d'un ou deux produits d'échauffement peut également permettre aux consommateurs de mieux appréhender la méthode, notamment pour la méthode simultanée (S-DTL) nécessitant plus d'attention.

Un point méritant d'être mentionné ici concerne la nécessité d'informer ou non le sujet quant à l'évaluation successive d'un même produit. Afin de se rapprocher au mieux d'une situation naturelle de dégustation, nous pensons qu'il est préférable de l'en informer. De plus, dissimuler cette information pourrait conduire à des différences d'interprétations entre les sujets, pouvant ainsi mener à un biais expérimental.

2. Le choix du protocole DTL

2.1. Dynamiques intra vs. inter-prises

L'étude de la dynamique des préférences chez le consommateur peut se placer à différents niveaux et ainsi conditionner le choix du protocole DTL. En effet, s'il est par exemple important de mieux comprendre l'influence des sensations perçues avant la déglutition d'un produit sur la dynamique hédonique, il est préférable de s'orienter sur un protocole permettant aux sujets d'évaluer continuellement sa note de *liking* (DTL indépendant ou simultané). A l'inverse, s'il s'agit d'étudier la portion entière d'un produit, comprenant une succession de bouchées ou de gorgées, une évaluation hédonique entre chaque prise semble suffisante et moins fastidieuse pour le consommateur. Notons, qu'en DTL alterné, un minimum théorique de deux prises est suffisant pour calculer au niveau individuel les scores de CLWD. Concernant l'étude de la portion entière, il est tout à fait envisageable de ne pas fixer le nombre de prises dégustées et évaluées par le consommateur. Un tel protocole ne devrait pas être réalisé avec la méthode simultanée qui pourrait être perçue ennuyeuse pour les participants évaluant un nombre important de prises. Sur ce point, le nombre d'évaluations successives pour un même produit ne devrait pas être supérieur à celui pratiqué dans des séances sensorielles classiques. Afin de répondre à cette limite, l'évaluation d'une prise toutes les n prises peut être envisagée ; n étant fixé en fonction du nombre total de bouchées ou de gorgées nécessaires pour consommer la totalité de la portion. De manière évidente, un seul produit par séance doit être évalué lorsque la portion entière est étudiée.

2.2. Le type de produit

Le type de produit étudié conditionne également en grande partie le choix du protocole DTL. En effet, la mesure simultanée de la DTS et du *liking* au cours d'une gorgée d'une boisson semble ne pas être adapté du fait d'un temps d'évaluation trop court pour réaliser les deux tâches simultanément. Il semble préférable de privilégier la méthode S-DTL pour des aliments solides permettant une durée de mastication relativement suffisante. Quant aux boissons/aliments liquides, la méthode alternée est recommandée pour l'étude de la portion entière alors que la méthode DTL indépendant est à préférer pour l'étude de la dynamique des préférences intra-gorgée.

2.3. L'évaluation additionnelle d'autres variables

Nous avons pu voir au cours des travaux issus de cette thèse qu'il pouvait être envisagé d'étudier d'autres variables additionnelles à la DTS et au *liking* telles que le *wanting*, l'état de faim ou encore l'état de soif. Un tel choix dans le protocole nécessite que les mesures soient réalisées de manière alternée ou bien indépendante. Les résultats issus de nos travaux suggèrent néanmoins de ne pas mesurer successivement les variables *liking* et *wanting*.

3. Spécificités liées aux composantes descriptives et hédoniques

Lors de la mise en place d'un protocole DTL, différents points nécessitent d'être pris en compte en fonction des objectifs de l'étude.

Premièrement, il doit être décidé si les temps d'évaluation doivent être standardisés ou non pour tous les participants. Un tel procédé présente l'inconvénient de ne pas identifier d'éventuelles différences de longueurs en bouche entre produits et/ou entre prises. Cependant il aurait l'avantage de supprimer la tendance qu'ont les consommateurs à raccourcir leurs durées d'évaluations au cours de prises successives d'un même produit. Notons qu'il est indispensable via un tel procédé de proposer au sujet un bouton lui permettant d'indiquer que plus aucune dominance n'est perceptible à un instant donné.

Deuxièmement, la possibilité d'évaluer la DTS par type de descripteurs au cours de la même évaluation (double-DTS) devrait être appliquée uniquement lorsque l'évaluation hédonique est alternée ou indépendante de l'évaluation descriptive afin de limiter la difficulté de la tâche. De plus, la double-DTS devrait être appliquée uniquement aux produits présentant une durée de mastication suffisamment longue.

Troisièmement, le type d'échelles hédoniques doit se faire en fonction du protocole DTL choisi pour l'étude. L'échelle hédonique horizontale non graduée est tout à fait adaptée lors d'une évaluation dynamique inter-prise. A l'inverse, l'échelle hédonique à 9 points est à considérer lorsque la mesure du *liking* est demandée au sein de la prise. Une telle échelle permet d'encourager le sujet à réévaluer sa note continuellement en désactivant la surbrillance de la case choisie après un temps généralement fixé à 3 s (pouvant néanmoins être supérieur en fonction de la durée totale du produit en bouche). Afin de

limiter les éventuels biais liés à une incompréhension de la tâche entre les composantes hédonique et descriptive, il est préférable de reproduire cette option à la DTS en désactivant la surbrillance du descripteur choisi après ce même temps de latence. Signalons cependant que dans le traitement des données, la dominance du descripteur cliqué doit rester effective jusqu'à la sélection du descripteur suivant (idem pour l'évaluation temporelle hédonique).

Notons enfin qu'il est indispensable de ne pas appliquer un protocole de rinçage entre chaque prise d'un même produit afin de reproduire au mieux la consommation normale de l'aliment et pouvoir ainsi évaluer d'éventuels effets d'accumulation.

4. Traitement des données DTL

4.1. Données DTS

Pour représenter la séquentialité des attributs dominants au sein de la prise, les courbes DTS sont à privilégier. Les bandes DTS peuvent quant à elles permettre de synthétiser l'information dans le but de comparer les profils issus de différents produits. Concernant l'évaluation multi-prises, les bandes DTS par attribut présentent une nouvelle alternative de représentation.

Les durées de dominance peuvent être traitées par des modèles d'ANOVA/MANOVA afin de mettre en évidence des différences entre les produits mais également entre les prises. L'ANOVA à considérer pour chaque attribut prend produit et prise comme effets fixes et consommateur et les interactions l'incluant comme effets aléatoires. En outre, les différences multidimensionnelles sur l'ensemble des attributs peuvent être résumées par une MANOVA et représentées par une AVC, permettant ainsi la comparaison des différentes prises d'un même produit ou des différents produits. Notons que les produits et leurs prises respectives peuvent être projetées sur la même carte lorsque l'interaction produit*prise est significative. Enfin, lorsque la consommation est libre, l'effet prise peut alors être remplacé par le concept de périodes.

En double-DTS, les données doivent être traitées en fonction du type de descripteurs et ne pas être standardisées afin de ne pas masquer les éventuelles différences de temps de latence avec la première citation. Concernant la standardisation en DTS, cette procédure doit être réalisée uniquement après avoir vérifié d'éventuelles différences de durées totales

d'évaluations (pour la standardisation à droite) et/ou de temps de latence du premier descripteur cliqué (pour la standardisation à gauche) entre les produits et les prises.

4.2. Données hédoniques

Les scores de *liking* temporel au sein d'une prise sont à moyenner au niveau individuel en pondérant par les durées de chaque score. Concernant l'évaluation dynamique multi-prises, les scores de *liking* peuvent être moyennés par période au niveau individuel lorsque le nombre de prise est libre. Les données hédoniques peuvent être traitées par une ANOVA prenant produit et prise (ou période) comme effets fixes et consommateur et les interactions l'incluant comme effets aléatoires. Nous préconisons de déclarer l'effet prise comme répété uniquement lorsque les données n'ont pas été moyennées précédemment par prise (comme par exemple en S-DTL) ou bien par périodes.

Ce type de recommandations s'applique également aux variables pouvant être mesurées additionnellement ou à la place du *liking* (états de faim et de soif, *wanting*).

4.3. Centrage du score LWD

Il est important de centrer individuellement les scores LWD en fonction du protocole utilisé. Lorsque les profils hédonique et descriptif sont évalués indépendamment (i.e., dans deux séances distinctes), la moyenne individuelle de *liking* (pondérée par les durée des scores) est prise en compte pour ce centrage. Dans le protocole alterné (A-DTL) c'est la moyenne des scores de l'ensemble des prises (pouvant être pondérée par leurs durées) qui permet de centrer individuellement les scores LWD. En S-DTL, le choix de centrer intra ou inter-prises est au choix de l'expérimentateur en fonction de ses objectifs initiaux. En effet, s'il est intéressé de mettre en évidence les attributs pouvant entrainer des changements de *liking* au cours de la dégustation de la prise, le choix de centrer intra-prise sera privilégié. Au contraire si l'expérimentateur souhaite étudier le rôle des sensations dominantes sur la dynamique hédonique au cours de prises successives, le choix de centrer inter-prises sera préféré.

Notons qu'il peut être envisagé également de calculer les LWD centrés par périodes en définissant un nombre de prises pour chacune d'elles. Pour exemple, la consommation

d’un produit comprenant neuf prises successives peut facilement être divisible en trois périodes comprenant chacune trois évaluations, correspondant ainsi au début, à la phase intermédiaire et à la fin de la consommation de la portion. Ainsi les DTL peuvent être calculés pour chacune des périodes définies. Ce procédé peut aussi être appliqué intra-prise en « découpant » la séquence de la bouchée ou de la gorgée en un nombre de périodes jugées propices à un changement temporel descriptif ou hédonique (p. ex. une évaluation durant 60 s pourrait se décomposer en trois périodes de 20 s).

III- Perspectives méthodologiques

Au cours de ce travail de thèse, nous avons constaté que l'évaluation DTS n'impactait pas la notation hédonique contrairement à un temps d'attente avant d'évaluer le produit. Ces résultats mériteraient d'être reproduits avec d'autres sujets et différents types de produits dans le but de pouvoir valider, de manière plus robuste, la méthode DTL. Pour cela, un protocole proche de celui présenté dans l'étude 6 pourrait être envisagé. Ainsi pourraient être comparées les cinétiques de *liking* seules avec les cinétiques de *liking* accompagnées d'une tâche DTS pour un nombre de prises fixes. L'idéal serait de répéter ces deux séances pour différents échantillons.

Bien que l'objectif de telles méthodes temporelles ne soit pas que le consommateur devienne répétable, il semblerait cependant nécessaire de définir le nombre de consommateurs utile pour obtenir une bonne répétabilité au niveau du panel. Afin de répondre à cela, nous pourrions simuler, à partir d'un jeu de données, des AVC ayant un effectif croissant issu aléatoirement du panel. Ainsi, nous pourrions estimer l'effectif pour lequel le taux de discrimination des produits semble être optimisé. Notons qu'il est fort probable que cette estimation varie en fonction de la complexité des produits. Un dernier point méritant d'être mis en perspective concerne les améliorations et les alternatives pouvant être apportées aux analyses de données issues de ces méthodes temporelles. La thèse de Guillaume Lecuelle en cours (2015-2018) au sein de la plateforme ChemoSens, a pour but d'analyser et de modéliser ce nouveau type de données sensorielles de manière novatrice. Pour exemple, Lecuelle, Visalli, Cardot, et Schlich (2016b) ont récemment proposé l'utilisation d'une approche bayésienne des semi-chaînes de Markov permettant ainsi de représenter la chronologie des principales transitions entre les différents attributs DTS. Cette approche a pu être ensuite appliquée dans le but de segmenter un panel de consommateurs en fonction de leur pattern de réponse en DTS (Lecuelle, Visalli, Cardot, & Schlich, 2016a). Enfin, l'objectif secondaire de la thèse de Guillaume Lecuelle sera d'utiliser ces nouvelles méthodes afin de mettre en relation l'ensemble des données temporelles (physico-chimique, sensorielle et hédonique/physiologique) acquises au cours de la consommation d'un produit.

L'ensemble des expérimentations présentées dans ce travail s'est limité à n'évaluer qu'un seul type de produit par séance. Des travaux récents ont montré que la méthode

S-DTL pouvait être utilisée dans l'étude des aspects temporels pour une association de deux produits tels que le vin et le fromage. (Galmarini, Dufau, et al., 2016). La perspective d'étudier d'autres types d'association, mais également un repas entier constitué successivement de plusieurs plats, est à envisager. Sur ce point, Meillon et al. (2013) ont montré que l'introduction d'un nouvel aliment consommé *ad libitum* n'affectait pas le RSS de produits précédemment consommés, suggérant ainsi que le RSS, une fois atteint, n'est pas soumis à un phénomène de déshabituation au cours d'un repas. La méthode DTL pourrait permettre de mettre en évidence quelles perceptions sensorielles sont corrélées à la mise en place du RSS (phénomène d'habituation) de différents plats consommés successivement lors d'un repas.

Comme nous avons pu le souligner dans l'introduction de cette thèse, il est primordial que l'analyse sensorielle s'ouvre pluri-disciplinairement. L'évaluation DTS couplée à un PTR-TOF-MS présentée dans l'étude 7 a pris cette direction mais les applications méthodologiques à d'autres disciplines sont multiples. L'une d'entre elles serait de coupler ces nouvelles méthodes temporelles à l'enregistrement des potentiels évoqués gustatifs (PEG) chez le consommateur. En effet, un tel couplage aurait pour but de mieux comprendre le rôle de la composante hédonique et du rassasiement sur les différences de traitement cortical de l'information observées récemment via l'enregistrement des PEG en réponse à une stimulation sucrée (Jacquin-Piques et al., 2014).

Nous pensons également que ces nouvelles méthodes temporelles devraient se tourner progressivement vers des évaluations plus proches des conditions naturelles de consommation comme dans les cafétérias, au restaurant, ou bien directement au domicile du sujet comme nous l'avons fait durant cette thèse. Afin de limiter le manque de contrôle de tels protocoles, le développement de moyens de validation de l'information obtenue semble cependant nécessaire. Comme discuté précédemment, ceux-ci pourraient être basés par exemple sur un système de photographies pouvant ainsi attester de l'évaluation réelle du produit. Ce type de procédé est déjà utilisé aujourd'hui dans d'autres domaines. C'est le cas par exemple de l'application « Clic and Walk » (Clic and Walk, Tourcoing, France) qui se place comme leader européen dans la collecte de données (marketing, habitudes de consommation, intention d'achat…) directement auprès d'une communauté de 350 000 inscrits. L'analyse sensorielle pourrait très bien s'inscrire dans une telle démarche.

Enfin, nous suggérons de mieux comprendre la signification des scores hédoniques donnés lors de séances sensorielles dites classiques. S'il s'avérait confirmé, avec d'autres produits et d'autres participants, que les consommateurs donnent précocement leur score de *liking* (cf. étude 1), il serait préférable d'inviter le sujet à évaluer le produit qu'après déglutition. De plus, les évaluations hédoniques déclaratives utilisées lors de ce travail de thèse ne permettent pas de prévoir les intentions d'achat des consommateurs. Une perspective de travail pourrait être de définir le moment le plus opportun pour demander une notation de *liking* qui soit une réponse la plus prédictive possible d'un comportement de choix. Pour ce faire, différentes mesures de *liking* seraient réalisées à différents temps de la consommation de la portion et ce, pour différents produits. Ces mesures seraient ensuite corrélées à une mesure d'intention d'achat pour ces mêmes produits.

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'objectif principal de ce travail de thèse visait à développer une méthode d'analyse sensorielle couplant la méthode Dominance Temporelle des Sensations (DTS) à un suivi temporel de l'appréciation hédonique afin d'identifier les déterminants sensoriels des préférences des consommateurs. Les trois protocoles mis en place pour permettre un tel couplage ont conclu à une temporalité du *liking* au sein de la prise mais également au cours de la consommation d'une portion entière du produit. En développant la méthodologie Déterminants Temporels du *Liking* (DTL), nous avons introduit le nouveau concept de *Liking While Dominant* (LWD) permettant de traiter ce nouveau type de données sensorielles. Cette nouvelle méthode nous a permis d'identifier des déterminants sensoriels positifs et négatifs caractérisant la temporalité des préférences des consommateurs pour différents type de produits alimentaires solides et liquides (fromages frais aromatisés, compléments nutritionnels oraux, fromages Gouda, soupes, biscuits céréaliers et chocolats au lait). Par ailleurs, une segmentation des consommateurs selon leurs préférences a été concluante quant à la possibilité d'extraire des DTL spécifiques à chaque groupe de consommateurs ; pour exemple, le descripteur âcre s'est révélé être un DTL conduisant à une augmentation du *liking* uniquement pour les consommateurs ayant plus apprécié le fromage Gouda le plus affiné. Une telle stratégie pourrait s'avérer prometteuse pour les industriels alimentaires qui souhaiteraient développer un produit répondant aux attentes d'un groupe cible de consommateurs. D'autre part, en explorant la temporalité de la prise unique à la portion entière, il nous a été possible d'étendre la méthodologie DTL à d'autres variables que le *liking*, comme le *wanting*, l'état de faim ou de soif. Du fait des fortes corrélations individuelles observées entre les scores de *wanting* et de *liking*, nous retiendrons dans cette conclusion générale qu'il peut être suffisant de n'évaluer qu'une variable par séance.

La méthode DTL a ensuite été déployée hors du laboratoire d'analyse sensorielle comme par exemple au domicile de plus de 600 consommateurs européens afin de se placer en situation naturelle de consommation. Ainsi, nous avons montré que les consommateurs respectaient les consignes données et trouvaient la tâche facile. Ce constat est prometteur quant au développement de l'analyse sensorielle dans d'autres situations naturelles de consommation (bars, restaurants, cantines…). Nous avons pu également adapter le concept LWD à des mesures physico-chimiques dans le but d'expliquer la dynamique de perception

sensorielle par les cinétiques de relargage des composés aromatiques capturées par PTR-TOF-MS. En évaluant statistiquement au niveau individuel les données issues du couplage de la DTS à un appariement *nosespace*, nous avons conclu à des associations entre les composés aromatiques libérés et les descripteurs DTS cités comme dominants lors de la consommation de fromages frais.

Les résultats issus de la méthodologie DTL ont été comparés à ceux obtenus par des méthodes plus classiques. Ainsi, nous avons pu conclure que la méthode DTS n'impactait pas la dynamique du *liking* alors qu'une attente avant d'évaluer le produit pouvait conduire à une augmentation continue du score de *liking*. De plus, nous avons observé qu'il était préférable d'évaluer plusieurs prises d'un même produit dans l'optique de mettre en évidence certains phénomènes d'accumulation pouvant expliquer des dynamiques de *liking* différentes entre produits. Ce travail de thèse recommande donc de privilégier des protocoles dits temporels, d'autant plus que nous avons observé que les consommateurs donnent précocement leur score de *liking* dans des conditions classiques d'évaluation.

En ouvrant une nouvelle voie de l'analyse sensorielle temporelle avec ce travail de thèse, la plateforme ChemoSens a pour futur enjeu de continuer à développer des outils statistiques innovants afin de mettre en relation l'ensemble de toutes ces nouvelles données sensorielles. Enfin, en utilisant les consommateurs comme outil de mesure sensorielle, ce travail de thèse s'est orienté progressivement sur des études de consommation réelle. Il nous semble important que le domaine de l'analyse sensorielle continue dans cette mouvance en proposant et en adaptant des protocoles toujours plus proches des conditions naturelles de consommation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

Adams, J., Williams, A., Lancaster, B., & Foley, M. (2007). Advantages and uses of check-all-that-apply response compared to traditional scaling of attributes for salty snacks. In, *7th Pangborn Sensory Science Symposium*. Minneapolis, USA, 12-16th August.

Albert, A., Salvador, A., Schlich, P., & Fiszman, S. (2012). Comparison between temporal dominance of sensations (TDS) and key-attribute sensory profiling for evaluating solid food with contrasting textural layers: Fish sticks. *Food Quality and Preference, 24*(1), 111-118.

Albert, A., Varela, P., Salvador, A., Hough, G., & Fiszman, S. (2011). Overcoming the issues in the sensory description of hot served food with a complex texture. Application of QDA®, flash profiling and projective mapping using panels with different degrees of training. . *Food Quality and Preference, 22*, 463-473.

Appelqvist, I. A., Poelman, A. A., Cochet-Broch, M., & Delahunty, C. M. (2016). Impact of model fat emulsions on sensory perception using repeated spoon to spoon ingestion. *Physiology & Behavior, 160*, 80-86.

Ares, G., Castura, J. C., Antúnez, L., Vidal, L., Giménez, A., Coste, B., et al. (2016). Comparison of two TCATA variants for dynamic sensory characterization of food products. *Food Quality and Preference, 54*, 160-172.

Ares, G., Deliza, R., Barreiro, C., Giménez, A., & Gámbaro, A. (2010). Comparison of two sensory profiling techniques based on consumer perception. *Food Quality and Preference, 21*, 417-426.

Ares, G., Jaeger, S. R., Antúnez, L., Vidal, L., Giménez, A., Coste, B., et al. (2015). Comparison of TCATA and TDS for dynamic sensory characterization of food products. *Food Research International, 78*, 148-158.

Ares, G., Varela, P., Rado, G., & Gimenez, A. (2011). Are consumer profiling techniques equivalent for some product categories? The case of orange-flavoured powdered drinks. *International Journal of Food Science and Technology, 46*, 1600-1608.

Armed-Forces-Food, Container-Institute, Peryam, D. R., Pilgrim, F. J., & Peterson, M. S. (1954). *Food Acceptance Testing Methodology*: Advisory Board on Quartermaster Research and Development, Committee on Foods, Nat'l Academy of Sciences-National Research Council.

B

Barron, D., Pineau, N., Matthey-Doret, W., Ali, S., Sudre, J., Germain, J. C., et al. (2012). Impact of crema on the aroma release and the in-mouth sensory perception of espresso coffee. *Food & Function, 3*(9), 923-930.

Barylko-Pikielna, N., Matuszewska, I., & Hellemann, U. (1990). Effect of salt on time-intensity characteristics of bread. *LWT-Food Science and Technology, 23*, 422-426.

Bellisle, F. (2005). Faim et satiété, contrôle de la prise alimentaire. *EMC - Endocrinologie, 2*(4), 179-197.

Berridge, K. C. (1996). Food reward: brain substrates of wanting and liking. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 20*(1), 1-25.

Birch, G. G., & Munton, S. L. (1981). Use of the "SMURF" in taste analysis. *Chemical Senses, 6*, 45-52.

Blundell, J. E., & Burley, V. J. (1987). Satiation, satiety and the action of fibre on food intake. *International journal of obesity, 11*(1), 9-25.

Blundell, J. E., de Graaf, C., Hulshof, T., Jebb, S., Livingstone, B., Lluch, A., et al. (2010). Appetite control: methodological aspects of the evaluation of foods. *Obesity Reviews, 11*(3), 251-270.

Boinbaser, L., Parente, M. E., Castura, J. C., & Ares, G. (2015). Dynamic sensory characterization of cosmetic creams during application using Temporal Check-All-That-Apply (TCATA) questions. *Food Quality and Preference, 45*, 33-40.

Booth, D. A. (2009). Learnt reduction in the size of a meal. Measurement of the sensory-gastric inhibition from conditioned satiety. *Appetite, 52*(3), 745-749.

Brachet, S., Galmarini, M., Chatelet, B., Loiseau, A. L., Cordelle, S., Lempereur, V., et al. (2014). Evaluation de la Dominance Temporelle des Sensations de vins rouges de Bourgogne et du Beaujolais par un panel d'experts et de consommateurs. In, *37th World Congress of Vine and Wine and 12th General Assembly of the OIV*. Mendoza, Argentina, 9-14th November.

Brauss, M. S., Linforth, R. S. T., Cayeux, I., Harvey, B., & Taylor, A. J. (1999). Altering the fat content affects flavor release in a model yogurt system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47*, 2055-2059.

Brondel, L., Romer, M., Van Wymelbeke, V., Pineau, N., Jiang, T., Hanus, C., et al. (2009). Variety enhances food intake in humans: role of sensory-specific satiety. *Physiology & Behavior, 97*(1), 44-51.

Brown, W. E., Landgley, K. R., Martin, A., & MacFie, H. J. H. (1994). Characterization of patterns of chewing behavior in human subjects and their influence on texture perception. *Journal of Texture Studies, 15*, 33-48.

Bruzzone, F., Ares, G., & Giménez, A. (2013). Temporal aspects of yoghurt texture perception. *International Dairy Journal, 29*(2), 124-134.

C

Cabanac, M., & Fantino, M. (1977). Origin of olfacto-gustatory alliesthesia: intestinal sensitivity to carbohydrate concentration? *Physiology & Behavior, 18*, 1039-1045.

Cadena, R. S., Vidal, L., Ares, G., & Varela, P. (2014). Dynamic sensory descriptive methodologies. In P. Varela & G. Ares (Eds), *Novel techniques in sensory characterization and consumer profiling*. (pp. 333-363). Boca Raton: CRC Press.

Cairncross, S. E., & Sjöström, L. B. (1950). Flavour profiles: A new approach to flavour problems. *Food Technology, 4*, 308-311.

Castura, J. C., Antúnez, L., Giménez, A., & Ares, G. (2016). Temporal Check-All-That-Apply (TCATA): A novel dynamic method for characterizing products. *Food Quality and Preference, 47*, 79-90.

Cecil, J. E., Francis, J., & Read, N. W. (1999). Comparison of the Effects of a High-Fat and High-Carbohydrate Soup delivered orally and intragastrically on gastric Emptying, Appetite and Eating Behaviour. *Physiology & Behavior, 67*, 299-306.

Chambers, L., Ells, H., & Yeomans, M. R. (2013). Can the satiating power of a high energy beverage be improved by manipulating sensory characteristics and label information? *Food Quality and Preference, 28*(1), 271-278.

Chapelot, D. (2013). Quantifying satiation and satiety. In J. E. Blundell & F. Bellisle (Eds), *Satiation, Satiety and the Control of Food Intake. Theory and Practice*. Cambridge (UK): Woodhead Publishing Limited.

Chapelot, D., Aubert, R., Marmonier, C., Chabert, M., & Louis-Sylvestre, J. (2000). An endocrine and metabolic definition of the intermeal interval in humans: evidence for a role of leptin on the prandial pattern through fatty acid disposal. *The American Journal of Clinical Nutrition, 72*(2), 421-431.

Charles, M., Romano, A., Yener, S., Barnabà, M., Navarini, L., Märk, T. D., et al. (2015). Understanding flavour perception of espresso coffee by the combination of a dynamic sensory method and in-vivo nosespace analysis. *Food Research International, 69*, 9-20.

Chen, J. (2009). Food oral processing—A review. *Food Hydrocolloids, 23*(1), 1-25.

Clark, C. C., & Lawless, H. T. (1994). Limiting response alternatives in time–intensity scaling: An examination of the halo-dumping effect. *Chemical Senses, 19*(6), 583-594.

Cliff, M. (1987). Temporal perception of sweetness and fruitiness and their interaction in model system. (MS thesis, University of California, US).

Cliff, M., & Heymann, H. (1993). Development and use of time-intensity methodology for sensory evaluation - a review. *Food Research International, 26*(5), 375-385.

Coombs, C. H., & Avrunin, G. S. (1977). Single-peaked functions and the theory of preference. *Psychological Review, 84*, 216-230.

Courregelongue, S., Schlich, P., & Noble, A. C. (1999). Using repeated ingestion to determine the effect of sweetness, viscosity and oiliness on temporal perception of soymilk astringency. *Food Quality and Preference, 10*(4/5), 273-279.

𝒟

Dairou, V., & Sieffermann, J.-M. (2002). A Comparison of 14 Jams Characterized by Conventional Profile and a Quick Original Method, the Flash Profile. *Journal of Food Science, 67*, 826-834.

de Graaf, C., van Staveren, W., & J., B. (1996). Psychophysical and psychohedonic functions of four common food flavours in elderly subjects. *Chemical Senses, 21*(3), 293-302.

de Loubens, C., Panouillé, M., Saint-Eve, A., Déléris, I., Tréléa, I. C., & Souchon, I. (2011). Mechanistic model of in vitro salt release from model dairy gels based on standardized breakdown test simulating mastication. *Journal of Food Engineering, 105*(1), 161-168.

Delarue, J., & Blumenthal, D. (2015). Temporal aspects of consumer preferences. *Current Opinion in Food Science, 3*, 41-46.

Delarue, J., & Loescher, E. (2004). Dynamics of food preferences: a case study with chewing gums. *Food Quality and Preference, 15*(7-8), 771-779.

Déléris, I., Saint-Eve, A., Dakowski, F., Sémon, E., Le Quéré, J.-L., Guillemin, H., et al. (2011). The dynamics of aroma release during consumption of candies of different structures, and relationship with temporal perception. *Food Chemistry, 127*(4), 1615-1624.

Deleris, I., Saint-Eve, A., Guo, Y., Lieben, P., Cypriani, M. L., Jacquet, N., et al. (2011). Impact of swallowing on the dynamics of aroma release and perception during the consumption of alcoholic beverages. *Chem Senses, 36*(8), 701-713.

Depledt, F., & Sauvageot, F. (2002). Évaluation sensorielle des produits alimentaires. In, *Techniques de l'ingénieur Biochimie alimentaire, analyses et alimentation humaine*: Editions T.I.

Depledt, F., & SSHA. (2009). Evaluation sensorielle : manuel méthodologique (3e édition). In, *Collection Sciences & Techniques Agroalimentaires (ISSN 0243-5624)*. Paris (FRA): Lavoisier, Tec et Doc.

Di Monaco, R., Miele, N. A., Volpe, S., Masi, P., & Cavella, S. (2016). Temporal dominance of sensations and dynamic liking evaluation of polenta sticks. *British Food Journal, 118*(3), 749-760.

Di Monaco, R., Su, C., Masi, P., & Cavella, S. (2014). Temporal Dominance of Sensations: A review. *Trends in Food Science & Technology, 38*(2), 104-112.

Dijksterhuis, G. (1996). Time-intensity methodology: review and preview. In, *Proceedings, COST96 Meeting: Interaction of food matrix with small ligands influencing flavour and texture*. Dijon, France, 20th November 1995.

Dijksterhuis, G., Flipsen, M., & Punter, P. (1994). Principal component analysis of TI-curves: Three methods compared. *Food Quality and Preference, 5*(1), 121-127.

Dinnella, C., Masi, C., Naes, T., & Monteleone, E. (2013). A new approach in TDS data analysis: A case study on sweetened coffee. *Food Quality and Preference, 30*(1), 33-46.

Dinnella, C., Masi, C., Zoboli, G., & Monteleone, E. (2012). Sensory functionality of extra-virgin olive oil in vegetable foods assessed by Temporal Dominance of Sensations and Descriptive Analysis. *Food Quality and Preference, 26*(2), 141-150.

Dugas, V., Pineau, N., & Folmer, B. (2012). Evaluating whole cup experience in gourmet espresso coffee by using dynamics methods. In, *5th European Conference on Sensory and Consumer Research*. Bern, Switzerland, 9-12th September.

Duizer, L. M., Bloom, K., & Findlay, C. J. (1997). Dual-attribute time–intensity measurement of sweetness and peppermint perception of chewing-gum. *Journal of Food Science, 61*(3), 636-638.

E

Earthy, P. J., MacFie, H. J. H., & Hedderley, D. (1997). Effect of question order on sensory perception and preference in central location trials. *Journal of Sensory Studies, 12*, 215-237.

Epstein, L. H., Temple, J. L., Roemmich, J. N., & Bouton, M. E. (2009). Habituation as a Determinant of Human Food Intake. *Psychological Review, 116*(2), 384-407.

F

Fischer, U., Boulton, R. B., & Noble, A. C. (1994). Physiological factors contributing to the variability of sensory assessments: Relationship between salivary flow rate and temporal perception of gustatory stimuli. *Food Quality and Preference, 5*(1-2), 55-64.

G

Galmarini, M. V., Dufau, L., Loiseau, A.-L., Visalli, M., & Schlich, P. (2016). Wine and cheese: two products or one association? Use of Temporal Dominance of Sensations (TDS) to evaluate perception and appreciation of paired products. In, *7th European Conference on Sensory and Consumer Research*. Dijon, France, 11-14th September.

Galmarini, M. V., Loiseau, A. L., Visalli, M., & Schlich, P. (2016). Use of Multi-Intake Temporal Dominance of Sensations (TDS) to Evaluate the Influence of Cheese on Wine Perception. *Journal of Food Science, 81*(10), S2566-S2577.

Galmarini, M. V., Symoneaux, R., Visalli, M., Zamora, M. C., & Schlich, P. (2015). Static vs. dynamic liking in chewing gum: A new approach using a background task and a natural setting. *Food Quality and Preference, 40*, 381-386.

Galmarini, M. V., Symoneaux, R., Visalli, M., Zamora, M. C., & Schlich, P. (2016). Could Time–Intensity by a trained panel be replaced with a progressive profile done by consumers? A case on chewing-gum. *Food Quality and Preference, 48*, 274-282.

Galmarini, M. V., Visalli, M., & Schlich, P. (2016). Advances in representation and analysis of mono and multi-intake Temporal Dominance of Sensations data. *Food Quality and Preference*, DOI: 10.1016/j.foodqual.2016.1001.1011.

Gatta, B., Zuberbuehler, C., Arnold, M., Aubert, R., Langhans, W., & Chapelot, D. (2009). Acute effects of pharmacological modifications of fatty acid metabolism on human satiety. *British Journal of Nutrition, 101*(12), 1867-1877.

Gordin, H. H. (1987). Intensity variation descriptive methodology: development and application of a new sensory evaluation technique. *Journal of Sensory Studies, 2*, 187-198.

Goupil de Bouillé, A., & Krog, N. (2015). Temporal Dominance of Sensations and Cocktails. In, *11th Pangborn Sensory Science Symposium*. Gothenburg, Sweden, 23-27th August.

Gower, J. C. (1975). Generalized procrustes analysis. *Psychometrika, 40*(1), 33-50.

Green, S. M., Delargy, H. J., Joanes, D., & Blundell, J. E. (1997). A satiety quotient: a formulation to assess the satiating effect of food. *Appetite, 29*(3), 291-304.

Grygorczyk, A., Lesschaeve, I., Corredig, M., & Duizer, L. (2013). Extraction of consumer texture preferences for yogurt: Comparison of the preferred attribute elicitation method to conventional profiling. *Food Quality and Preference, 27*(2), 215-222.

Guilbot, N., Ng, M., Goupil de Bouillé, A., & Cullingworth, M. (2015). Give me time to like it! Can dynamic liking provide additional insights to the traditional one measurement approach? In, *11th Pangborn Sensory Science Symposium*. Gothenburg, Sweden, 23-27th August.

Guinard, J. X., Pangborn, R. M., & Shoemaker, C. F. (1985). Computerized procedure for the time-intensity sensory measurement. *Journal of Food Science, 50*, 543-546.

H

Halpern, B. P. (1991). More than meets the tongue: temporal characteristic of taste intensity and quality. In H. T. Lawless & B. P. Klein (Eds.), *Sensory science theory and applications in foods*. (p. 95) New York: Dekker.

Harthoorn, L. F., Ruijschop, R. J., Weinbreck, F., Burgering, M. J., Wijk, R., Ponne, C. T., et al. (2008). Effects of aroma–texture congruency within dairy custard on satiation and food intake. *Food Quality and Preference, 19*(7), 644-650.

Havermans, R., Janssen, T., Giesen, J., Roefs, A., & Jansen, A. (2009). Food liking, food wanting, and sensory-specific satiety. *Appetite, 52*(1), 222-225.

Holt, S. H., & Miller, J. B. (1995). Increased insulin responses to ingested foods are associated with lessened satiety. *Appetite, 24*(1), 43-54.

Holt, S. H., Miller, J. C., Petocz, P., & Farmakalidis, E. (1995). A satiety index of common foods. *European Journal of Clinical Nutrition, 49*(9), 675-690.

Holway, A. H., & Hurvich, L. M. (1937). Differential gustatory sensitivity to salt. *American Journal of Psychology, 49*, 37-48.

Husson, F., Le Dien, S., & Pagès, J. (2001). Which value can be granted to sensory profiles given by consumer, Methodology and results. *Food Quality and Preference, 12*(5-7), 291-296.

J

Jack, F. R., Piggott, J. R., & Paterson, A. (1994). Analysis of textural changes in hard cheese during mastication by progressive profiling. *Journal of Food Science, 59*, 539-543.

Jacquin-Piques, A., Leloup, C., Gigot, V., Meillon, S., Pénicaud, L., & Brondel, L. (2014). P217: Potentiels evoqués gustatifs chez l'Homme en réponse à une stimulation sucrée. *Nutrition Clinique et Métabolisme, 28, Supplement 1*, S182-S183.

Jaeger, S. R., Hort, J., Porcherot, C., Ares, G., Pecore, S., & MacFie, H. J. H. Future directions in sensory and consumer science: Four perspectives and audience voting. *Food Quality and Preference* (2016), http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.1003.1006.

Jellinek, G. (1964). Introduction to and critical review of modem methods of sensory analysis (odor, taste and flavour evaluation) with special emphasis on descriptive analysis (flavour profile method). *Journal Nutrition and Dietetics, 1*, 219-260.

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

K

Kälviäinen, N., Schlich, P., & Tuorila, H. (2000). Consumer texture preferences: Effect of age, gender, and previous experience. *Journal of Texture Studies, 31*, 593-607.

Köster, E. P. (2009). Les épreuves hédoniques. In, *Evaluation sensorielle : manuel méthodologique (3^{e} édition)*. Paris (FRA): Lavoisier, Tec et Doc.

Köster, E. P., & Mojet, J. (2007). Boredom and the reasons why some new food products fail. In, *Consumer-led food product development*. (pp. 262–280). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

Kostyra, E., Baryłko-Pikielna, N., Dąbrowska, U., & Wasiak-Zys, G. (2008). Possibility of simultaneous measurement of pungency and leading flavour attributes in natural food matrices – temporal aspects. In, *3rd European conference on sensory and consumer research*. 7–10th September, Hamburg, Germany.

Kuesten, C., Bi, J., & Feng, Y. (2013). Exploring taffy product consumption experiences using a multi-attribute time–intensity (MATI) method. *Food Quality and Preference, 30*(2), 260-273.

Kuesten, C., Bi, J., & Wu, J. (2012). Use of Single or Multiple Attribute Time-Intensity and conventional panel results to compare sucralose, stevia, or sucrose sweetened chocolate meal replacements beverages. In, *5th European Conference on Sensory and Consumer Research.* Bern, Switzerland, 9-12th September.

L

Labbe, D., Schlich, P., Pineau, N., Gilbert, F., & Martin, N. (2009). Temporal dominance of sensations and sensory profiling: A comparative study. *Food Quality and Preference, 20*(3), 216-221.

Laguna, L., Varela, P., Salvador, A., & Fiszman, S. (2013). A new sensory tool to analyse the oral trajectory of biscuits with different fat and fibre contents. *Food Research International, 51*(2), 544-553.

Larson-Powers, N. L., & Pangborn, R. M. (1978). Paired comparison and time-intensity measurements of the sensory properties of beverages and gelatins containing sucrose or synthetic sweeteners. *Journal of Food Science, 43*, 41-46.

Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). Time–Intensity Methods. In H. T. Lawless & H. Heymann (Eds), *Sensory evaluation of food: Principles and practices*. (2nd ed., pp. 179-201). New York: Springer.

Lawless, H. T., & Skinner, E. Z. (1979). The duration and perceived intensity of sucrose taste. *Perception & Psychophysics, 3*, 180-184.

Le Magnen, J. (1971). Advances in studies of the physiological control and regulation of food intake. In, *Progress in Physiological Psychology*. Academic Press, New York, pp. 203-261.

Le Révérend, F. M., Hidrio, C., Fernandes, A., & Aubry, V. (2008). Comparison between temporal dominance of sensations and time intensity results. *Food Quality and Preference, 19*(2), 174-178.

Lecuelle, G., Visalli, M., Cardot, H., & Schlich, P. (2016a). A method based on semi-Markov chains for segmenting a consumer TDS panel In, *7th European Conference on Sensory and Consumer Research*. Dijon, France, 11-14th September.

Lecuelle, G., Visalli, M., Cardot, H., & Schlich, P. (2016b). Modeling Temporal Dominance of Sensations data by semi-Markov chains. In, *13th Sensometrics*. Brighton, UK, 27-29th July.

Lee, W. E., III. (1985). Evaluation of time-intensity sensory response using personal computer. *Journal of Food Science, 50*, 1750-1753.

Lee, W. E., III, Barrick, D. M., & Welling, E. S. (1992). Time-intensity study of prolonged sweet stimuli. *Journal of Food Science, 57*(2), 524-529.

Lee, W. E., III, & Pangborn, R. M. (1986). Time–intensity: The temporal aspects of sensory perception. *Food Technology, 40*(11), 71-82.

Lenfant, F., Loret, C., Pineau, N., Hartmann, C., & Martin, N. (2009). Perception of oral food breakdown. The concept of sensory trajectory. *Appetite, 52*(3), 659-667.

Lesdéma, A. (2012). *Study of the single and combined fibres and proteins effects on satiety and influence of psychological parameters.* (Thèse de doctorat, AgroParisTech, FRA).

Lesdéma, A., Marsset-Baglieri, A., Talbot, L., Arlotti, A., Delarue, J., Fromentin, G., et al. (2016). When satiety evaluation is inspired by sensory analysis: A new approach. *Food Quality and Preference, 49*, 106-118.

M

MacFie, H. J. H., & Liu, Y. H. (1992). Developments in the analysis of time-intensity curves. . *Food Technology*, *46*(11), 92-97.

Mammasse, N. (2012). *Le nombre de sujets dans les panels d'analyse sensorielle : une approche base de données.,* (Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, FRA).

Marmonier, C., Chapelot, D., & Louis-Sylvestre, J. (1999). Metabolic and behavioral consequences of a snack consumed in a satiety state. *The American Journal of Clinical Nutrition, 70*(5), 854-866.

Martin, C., Visalli, M., Lange, C., Schlich, P., & Issanchou, S. (2014). Creation of a food taste database using an in-home "taste" profile method. *Food Quality and Preference, 36*(0), 70-80.

Masic, U., & Yeomans, M. R. (2013). Does monosodium glutamate interact with macronutrient composition to influence subsequent appetite? *Physiology & Behavior, 116*, 23-29.

Mattes, R. (2005). Soup and satiety. *Physiology & Behavior, 83*, 739-747.

McNulty, P. B., & Moskowitz, H. R. (1974). Time-intensity curves for flavored oil-in-water emulsions. *Journal of Food Science, 39*, 55-57.

Meilgaard, M. C., Civille, G. V., & Carr, B. T. (1991). *Sensory evaluation techniques*. (2nd edition) Boca Raton, FL: CRC Press.

Meillon, S., Thomas, A., Havermans, R., Penicaud, L., & Brondel, L. (2013). Sensory-specific satiety for a food is unaffected by the ad libitum intake of other foods during a meal. Is SSS subject to dishabituation? *Appetite, 63*, 112-118.

Meillon, S., Urbano, C., & Schlich, P. (2009). Contribution of the Temporal Dominance of Sensations (TDS) method to the sensory description of subtle differences in partially dealcoholized red wines. *Food Quality and Preference, 20*(7), 490-499.

Meillon, S., Viala, D., Medel, M., Urbano, C., Guillot, G., & Schlich, P. (2010). Impact of partial alcohol reduction in Syrah wine on perceived complexity and temporality of sensations and link with preference. *Food Quality and Preference, 21*(7), 732-740.

Meiselman, H. L. (1968). Magnitude estimation of the course of gustatory adaptation. *Perception & Psychophysics, 17*, 591-595.

Mela, D. J. (1989). A comparison of single and concurrent evaluations of sensory and hedonic attributes. *Journal of Food Science, 54*(4), 1098-1100.

Mela, D. J. (2006). Eating for pleasure or just wanting to eat? Reconsidering sensory hedonic responses as a driver of obesity. *Appetite, 47*(1), 10-17.

Merrill, E. P., Cardello, A. V., Kramer, F. M., Lesher, L. L., & Schutz, H. G. (2004). The development of a perceived satiety index for military rations. *Food Quality and Preference, 15*(7-8), 859-870.

Mesurolle, J., Saint-Eve, A., Deleris, I., & Souchon, I. (2013). Impact of fruit piece structure in yogurts on the dynamics of aroma release and sensory perception. *Molecules, 18*(5), 6035-6056.

Methven, L., Rahelu, K., Economou, N., Kinneavy, L., Ladbrooke-Davis, L., Kennedy, O. B., et al. (2010). The effect of consumption volume on profile and liking of oral nutritional supplements of varied sweetness: Sequential profiling and boredom tests. *Food Quality and Preference, 21*(8), 948-955.

Meyners, M. (2010). On the design, analysis and interpretation of temporal dominance of sensations data. In, *Proceedings of the 11th European Symposium on Statistical Methods for the Food Industry (AgroStat),* . Benevento, Italy, 23-26th February.

Meyners, M. (2011). Panel and panelist agreement for product comparisons in studies of Temporal Dominance of Sensations. *Food Quality and Preference, 22*(4), 365-370.

Monterymard, C., Visalli, M., & Schlich, P. (2010). The TDS-band plot: A new graphical tool for Temporal Dominance of Sensations data. In, *2nd conference of the society of sensory professionals*. Napa, CA, USA, 27-29th October.

Moskowitz, H. R. (1971). The sweetness and pleasantness of sugars. *American Journal of Psychology, 84*(3), 387-405.

Moskowitz, H. R. (1972). Subjective ideals and sensory optimization in evaluating perceptual dimensions in food. *Journal of Applied Psychology, 56*(1), 60-66.

Moskowitz, H. R. (1997). Base size in product testing: A psychophysical viewpoint and analysis. *Food Quality and Preference, 8*(4), 247-255.

Moussaoui, K. A., & Varela, P. (2010). Exploring consumer product profiling techniques and their linkage to a quantitative descriptive analysis. *Food Quality and Preference, 21*(8), 1088-1099.

Murray, J. M., Delahunty, C. M., & Baxter, I. A. (2001). Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food Research International, 34*(6), 461-471.

N

Neilson, A. J. (1957). Time-Intensity studies. *Drug & Cosmetic Industry, 80*, 452.

Ng, M., Guilbot, N., Goupil de Bouillé, A., & Cullingworth, M. (2015). Evaluating crisps experience by using dynamic methods In, *11th Pangborn Sensory Science Symposium*. Gothenburg, Sweden, 23-27th August.

Ng, M., Lawlor, J. B., Chandra, S., Chaya, C., Hewson, L., & Hort, J. (2012). Using quantitative descriptive analysis and temporal dominance of sensations analysis as complementary methods for profiling commercial blackcurrant squashes. *Food Quality and Preference, 25*(2), 121-134.

O

Oliveira, D., Antúnez, L., Giménez, A., Castura, J. C., Deliza, R., & Ares, G. (2015). Sugar reduction in probiotic chocolate-flavored milk: Impact on dynamic sensory profile and liking. *Food Research International, 75*, 148-156.

Ovejero-López, I., Bro, R., & Bredie, W. L. P. (2005). Univariate and multivariate modelling of flavour release in chewing gum using time-intensity: a comparison of data analytical methods. *Food Quality and Preference, 16*(4), 327-343.

P

Pagès, J. (2005). Collection and analysis of perceived product inter-distances using multiple factor analysis: Application to the study of 10 white wines from the Loire Valley. *Food Quality and Preference, 16*(7), 642-649.

Palazzo, A. B., & Bolini, H. M. A. (2009). Multiple time-intensity analysis and acceptance of raspberry-flavored gelatin. *Journal of Sensory Studies, 24*(5), 648-663.

Paulsen, M. T., Næs, T., Ueland, Ø., Rukke, E. O., & Hersleth, M. (2013). Preference mapping of salmon–sauce combinations: The influence of temporal properties. *Food Quality and Preference, 27*(2), 120-127.

Pecore, S., Rathjen-Nowak, C., & Tamminen, T. (2011). Temporal Order of Sensations. In, *9th Pangborn Sensory Science Symposium*. Toronto, Canada, 4-8th September.

Peltier, C. (2015). *L'analyse statistique du profil sensoriel revisitée par une approche base de données.* (Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, FRA).

Peyvieux, C., & Dijksterhuis, G. (2001). Training a sensory panel for TI: a case study. *Food Quality and Preference, 12*(1), 19-28.

Piggott, J. R. (1994). Understanding flavour quality: difficult or impossible? *Food Quality and Preference, 5*, 167-171.

Piggott, J. R. (2000). Dynamism in flavour science and sensory methodology. *Food Research International, 33*, 191-197.

Pineau, N. (2003). *Acquisition et analyse de profils sensoriels temporels.* (DEA, ENSBANA, FRA).

Pineau, N. (2007). *La performance en analyse sensorielle, une approche base de données* (Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, FRA).

Pineau, N., Cordelle, S., Imbert, A., Rogeaux, M., & Schlich, P. (2003). Dominance temporelle des sensations - Codage et analyse d'un nouveau type de données sensorielles. In, *35èmes Journées de statistique*. Lyon, France, 2-6th June.

Pineau, N., Goupil de Bouillé, A., Lepage, M., Lenfant, F., Schlich, P., Martin, N., et al. (2012). Temporal Dominance of Sensations: What is a good attribute list? *Food Quality and Preference, 26*(2), 159-165.

Pineau, N., Neville, T., & Lepage, M. (2011). Panel performance tool for Temporal Dominance of Sensations studies. In, *9th Pangborn Sensory Science Symposium*. Toronto, Canada, 4-8th September.

Pineau, N., Schlich, P., Cordelle, S., Mathonnière, C., Issanchou, S., Imbert, A., et al. (2009). Temporal Dominance of Sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time–intensity. *Food Quality and Preference, 20*(6), 450-455.

Pionnier, E., Nicklaus, S., Chabanet, C., Mioche, L., Taylor, A. J., Le Quéré, J. L., et al. (2004). Flavor perception of a model cheese: relationships with oral and physico-chemical parameters. *Food Quality and Preference, 15*(7-8), 843-852.

Poirson, E., Petiot, J. F., & Richard, F. (2010). A method for perceptual evaluation of products by naive subjects: Application to car engine sounds. *International Journal of Industrial Ergonomics, 40*, 504-516.

Popper, R. (2014). Use of Just-About-Right Scales in Consumer Research. In P. Varela & G. Ares (Eds), *Novel techniques in sensory characterization and consumer profiling*. Boca Raton, FL (United States): CRC Press.

Popper, R., Rosenstock, W., Schraidt, M., & Kroll, B. J. (2004). The effect of attribute questions on overall liking ratings. *Food Quality and Preference, 15*(7-8), 853-858.

Prescott, J., Lee, S. M., & Kim, K.-O. (2011). Analytic approaches to evaluation modify hedonic responses. *Food Quality and Preference, 22*(4), 391-393.

ℛ

Rine, S. (1987). Computerized analysis of the sensory properties of peanut butter. (MS thesis, University of California, US).

Risvik, E., McEwan, J. A., Colwill, J. S., Rogers, R., & Lyon, D. H. (1994). Projective mapping: A tool for sensory analysis and consumer research. *Food Quality and Preference, 5*, 263-269.

Roberts, D. D., Pollien, P., Yeretzian, C., & Lindinger, C. (2004). Nosespace analysis with proton-transfer reaction mass spectrometry: intra- and interpersonal variability. In K. D. Deibler & J. Delwiche (Eds), *Handbook of flavor characterization*. (pp. 151-162) Marcel Dekker, Inc.: New-York.

Rocha-Parra, D., García-Burgos, D., Munsch, S., Chirife, J., & Zamora, M. C. (2016). Application of hedonic dynamics using multiple-sip temporal-liking and facial expression for evaluation of a new beverage. *Food Quality and Preference, 52*, 153-159.

Rodrigues, J. F., de Souza, V. R., Lima, R. R., Carneiro, J. d. D., Nunes, C. A., & Pinheiro, A. C. M. (2016). Temporal dominance of sensations (TDS) panel behavior: A preliminary study with chocolate. *Food Quality and Preference, 54*, 51-57.

Rogers, P. J., & Blundell, J. E. (1979). Effect of anorexic drugs on food intake and the micro-structure of eating in human subjects. *Psychopharmacology, 66*(2), 159-165.

Rolls, B. J., Rolls, E. T., Rowe, E. A., & Sweeney, K. (1981). Sensory specific satiety in man. *Physiology & Behavior, 27*(1), 137-142.

Rolls, E. T., Rolls, B. J., & Rowe, E. A. (1983). Sensory-specific and motivation-specific satiety for the sight and taste of food and water in man. *Physiology & Behavior, 30*(2), 185-192.

Rozin, P., Ebert, L., & Schull, J. (1982). Some like it hot: A temporal analysis of hedonic responses to chili pepper. *Appetite, 3*(1), 13-22.

Ruark, A., Vingerhoeds, M. H., Kremer, S., Nijenhuis-de Vries, M. A., & Piqueras-Fiszman, B. (2016). Insights on older adults' perception of at-home sensory-hedonic methods: A case of Ideal Profile Method and CATA with ideal. *Food Quality and Preference, 53*, 29-38.

Ruijschop, R. J., Boelrijk, A. M., Ru, J., De Graaf, C., & Westerterp-Plantenga, M. S. (2008). Effects of retro-nasal aroma release on satiation. *British Journal of Nutrition, 99*(5), 1140-1148.

S

Saint-Eve, A., Déléris, I., Panouillé, M., Dakowski, F., Cordelle, S., Schlich, P., et al. (2011). How Texture Influences Aroma and Taste Perception Over Time in Candies. *Chemosensory Perception, 4*(1-2), 32-41.

Schiffman, S. S., Reynolds, M. L., & Young, F. W. (1981). *Introduction to Multidimensional Scaling*. New York: Academic Press.

Schlich, P. (2007). *De la sensométrie à l'étude des préférences et des comportements alimentaires.*, (HDR, Université de Bourgogne, FRA).

Schlich, P., & Chabanon, C. (2000). L'analyse sensorielle appliquée au confort de freinage. *Revue Française de Marketing, 179/180*, 129-142.

Schlich, P., Li, J., Cordelle, S., Lange, C., Jager, G., & Visalli, M. (2016). Introducing no dominance and dual dominance periods in Temporal Dominance of Sensations (TDS). In, *2nd Asian Sensory and Consumer Research Symposium*. Shanghai, China, 15-17th May.

Schlich, P., & Visalli, M. (2014). Temporal dominance of sensations with consumers is feasible and useful. Evidence from chocolate, cheese, wine and spirit data. In, *The Asian Sensory and Consumer Research Symposium*. SingEx, Singapore, 11-13th May.

Schlich, P., Visalli, M., Urbano, C., & Pineau, N. (2013). Multi-bites or multi-sips TDS with untrained subjects: a live demonstration on chocolates. In, *10th Pangborn Sensory Science Symposium*. Rio de Janeiro, Brazil, 11-15th August.

Schmitt, D. J., Thompson, L. J., Malek, D. M., & Munroe, J. H. (1984). An improved method for evaluating Time-Intensity data. *Journal of Food Science, 49*, 539-542.

Seo, H.-S., Lee, M., Jung, Y.-J., & Hwang, I. (2009). A novel method of descriptive analysis on hot brewed coffee: time scanning descriptive analysis. *European Food Research and Technology, 228*(6), 931-938.

Sjöström, L. B. (1954). The descriptive analysis of flavor. In D. Peryan, F. J. Pilgrim & M. Peterson (Eds), *Food Acceptance Testing Methodology*. (pp. 25-61). Chicago, IL: Quartermaster Food & Container Studies.

Sokolowsky, M., & Fischer, U. (2012). Evaluation of bitterness in white wine applying descriptive analysis, time-intensity analysis, and temporal dominance of sensations analysis. *Analytica Chimica Acta, 732*, 46-52.

Sørensen, L. B., Møller, P., Flint, A., Martens, M., & Raben, A. (2003). Effect of sensory perception of foods on appetite and food intake: a review of studies on humans. *International Journal of Obesity, 27*(10), 1152-1166.

Stone, H., & Sidel, J. L. (2004). *Sensory Evaluation Practices*. London, U.K.: Elsevier Academic Press.

Stone, H., Sidel, J. L., Olivier, S., Woolsey, A., & Singleton, R. C. (1974). Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technology, 28*(11), 24-33.

Strigler, F., Touraille, C., Sauvageot, F., Barthélémy, J., Issanchou, S., & Pagès, J. (2009). Les épreuves discriminatives et descriptives. In, *Evaluation sensorielle : manuel méthodologique (3^{e} édition)*. Paris (FRA): Lavoisier, Tec et Doc.

Sudre, J., Pineau, N., Loret, C., & Martin, N. (2012). Comparison of methods to monitor liking of food during consumption. *Food Quality and Preference, 24*(1), 179-189.

$\mathcal{T}$

Takagaki, M., & Asakura, Y. (1984). Taste time-intensity measurements using a new computerized system. In, *Proceedings of the 18th Japanese Symposium on Taste and Smell*. Ed. K. Ueda, 12-13th November 1984, pp. 105-108, Tokyo, Japan.

Tárrega, A., & Tarancón, P. (2014). Free-Choice Profile Combined with Repertory Grid Method. In P. Varela & G. Ares (Eds), *Novel techniques in sensory characterization and consumer profiling*. Boca Raton, FL (United States): CRC Press.

Taylor, A. J., & Linforth, R. S. T. (1996). Flavour release in the mouth. *Trends in Food Science & Technology, 7*(12), 444-448.

Taylor, A. J., Linforth, R. S. T., Harvey, B. A., & Blake, A. (2000). Atmospheric pressure chemical ionisation mass spectrometry for in vivo analysis of volatile flavour release. *Food Chemistry, 71*(3), 327-338.

Taylor, D. E., & Pangborn, R. M. (1990). Temporal aspects of hedonic responses. *Journal of Sensory Studies, 4*, 241-247.

Teillet, E., Schlich, P., Urbano, C., Cordelle, S., & Guichard, E. (2010). Sensory methodologies and the taste of water. *Food Quality and Preference, 21*(8), 967-976.

ten Kleij, F., & Musters, P. A. D. (2003). Text analysis of open-ended survey responses: a complementary method to preference mapping. *Food Quality and Preference, 14*, 43-52.

Thomson, D., & McEwan, J. A. (1988). An application of the repertory grid method to investigate consumer perceptions of foods. *Appetite, 10*, 181-193.

Touyarou, P., Sulmont-Rossé, C., Gagnaire, A., Issanchou, S., & Brondel, L. (2012). Monotonous consumption of fibre-enriched bread at breakfast increases satiety and influences subsequent food intake. *Appetite, 58*(2), 575-581.

V

Van Buuren, S. (1992). Analysing TI responses in sensory evaluation. *Food Technology, 46*(2), 101-114.

Vandeputte, A., Romans, J., Pineau, N., & Lenfant, F. (2011). Innovative methods to assess the evolution of the sensory characteristics during the tasting of a full product portion (several bites). In, *9th Pangborn Sensory Science Symposium*. Toronto, Canada, 4-8th September

Varela, P., & Ares, G. (2012). Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. *Food Research International, 48*(2), 893-908.

Vazquez-Araujo, L., Chambers, E. t., Adhikari, K., & Carbonell-Barrachina, A. A. (2010). Sensory and physicochemical characterization of juices made with pomegranate and blueberries, blackberries, or raspberries. *Journal of Food Science, 75*(7), 398-404.

Vázquez-Araújo, L., Parker, D., & Woods, E. (2013). Comparison of Temporal-Sensory Methods for Beer Flavor Evaluation. *Journal of Sensory Studies, 28*(5), 387-395.

Veinand, B., Godefroy, C., Adam, C., & Delarue, J. (2011). Highlight of important product characteristics for consumers. Comparison of three sensory descriptive methods performed by consumers. *Food Quality and Preference, 22*, 474-485.

Veldhuizen, M. G., Wuister, M. J. P., & Kroeze, J. H. A. (2006). Temporal aspects of hedonic and intensity responses. *Food Quality and Preference, 17*(6), 489-496.

Vickers, Z. M., Christensen, C. M., Fahrenholtz, S. K., & Gengler, I. M. (1993). Effect of questionnaire design and the number of samples tasted on hedonic ratings. *Journal of Sensory Studies, 8*, 189-200.

Voigt, J. P., & Fink, H. (2015). Serotonin controlling feeding and satiety. *Behavioural Brain Research, 277*, 14-31.

W

Weijzen, P. G., Zandstra, E. H., Alfieri, C., & Graaf, C. (2008). Effects of complexity and intensity on sensory specific satiety and food acceptance after repeated consumption. *Food Quality and Preference, 19*(4), 349-359.

Williams, A., & Arnold, G. (1985). A comparison of the aromas of six coffees characterised by conventional profiling, free-choice profiling and similarity scaling methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 36*, 204-214.

Worch, T., Crine, A., Gruel, A., & Lê, S. (2014). Analysis and validation of the Ideal Profile Method: Application to a skin cream study. *Food Quality and Preference, 32, Part A*, 132-144.

Worch, T., & Punter, P. (2014). Ideal Profiling. In P. Varela & G. Ares (Eds), *Novel techniques in sensory characterization and consumer profiling*. Boca Raton, FL (United States): CRC Press.

Wundt, W. (1896). Grundriss der psychologie. Stuttgart: Engelmann.

Y

Yoshida, M. (1986). A microcomputer (PC 9801/MS mouse) system to record and analyse time-intensity curves of sweetness. *Chemical Senses, 11*, 105-118.

Z

Zandstra, E. H., Weegels, M. F., Van Spronsen, A. A., & Klerk, M. (2004). Scoring or boring? Predicting boredom through repeated in-home consumption. *Food Quality and Preference, 15*(6), 549-557.

Zimoch, J., & Gullett, E. A. (1997). Temporal aspects of perception of juiciness and tenderness of beef. *Food Quality and Preference, 8*(3), 203-211.

Zorn, S., Alcaire, F., Vidal, L., Giménez, A., & Ares, G. (2014). Application of multiple-sip temporal dominance of sensations to the evaluation of sweeteners. *Food Quality and Preference, 36*, 135-143.

Zwillinger, S. A., & Halpern, B. P. (1991). Time-quality tracking of monosodium glutamate, sodium saccharin and a citric acid-saccharin mixture. *Physiology & Behavior, 49*, 855-862.